



BAROFD

BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
BARTIN JOURNAL OF FACULTY OF FORESTRY

1997

Bartın Orman Fakültesi Dergisi
Journal of Bartın Faculty of Forestry
2024, 26 (2)



ISSN: 1302-0943

e-ISSN: 1308-5875

Period: Third times per year

Founded: 1997

Publisher: Bartın University

Bartın Orman Fakültesi Dergisi

Journal of Bartın Faculty of Forestry

Publisher and Editor's Office

Bartın University
Faculty of Forestry, 1st Floor, Agdaci District,
Center Campus, 74100 Bartın-Turkey. Tel:
+90(378) 223 5101, Fax: +90(378) 2235062
E-mail: bofdergi@bartin.edu.tr, bofdergi@gmail.com

Editor-in-Chief

Birsen Durkaya, Prof.

Co-editor and Section Editors

Rıfat Kurt, Assoc. Prof.

Sinan Kaptan, Assoc. Prof.

Eser Sozen, Assoc. Prof.

Erol İmren, Assoc. Prof.

Ahmet Can, Assoc. Prof.

Editorial Board

Abdullah İstek

Bartın University, Bartın, Turkey.

E-mail: aistek@bartin.edu.tr

Antonio Lanzotti

The University of Naples Federico II, Napoli,
Italy.

E-mail: antonio.lanzotti@unina.it

Aslı Korkut

Namik Kemal University, Bartın, Turkey.

E-mail: aslikorkut@nku.edu.tr

Azize Toper Kaygın

Bartın University, Bartın, Turkey.

E-mail: atoperkaygin@bartin.edu.tr

Dalia Abbas

The University of Georgia, Athens, GA, USA.

E-mail: dabbas@uga.edu

Deniz Aydemir

Bartın University, Bartın, Turkey.

E-mail: denizaydemir@bartin.edu.tr

Dick Sandberg

Lulea University of Technology, Skelleftea,
Sweden.

E-mail: dick.sandberg@ltu.se

Haldun Muderrisoğlu

Duzce University, Duzce, Turkey.

E-mail: haldunm@duzce.edu.tr

Hideo Sakai

University of Tokyo, Tokyo, Japan.

E-mail: sakaih@fr.a.u-tokyo.ac.jp

Huseyin Sivrikaya

Bartın University, Bartın, Turkey.

E-mail: hsivrikaya@bartin.edu.tr

İsmet Dasdemir

Bartın University, Bartın, Turkey.

E-mail: idasdemir@bartin.edu.tr

Jerzy Smardzewski

Poznan University of Life Sciences, Poznan,
Poland.

E-mail: jsmardzewski@up.poznan.pl

Kevin Boston

Oregon State University, Corvallis, OR, USA.

E-mail: evin.boston@oregonstate.edu

Mir Mozaffar Fallahchai

Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

E-mail: Fallahchai@Liau.ac.ir

Peter Niemz

ETH-Zurich, Zurich, Switzerland.

E-mail: niemzp@retired.ethz.ch

Bartın Orman Fakültesi Dergisi (BAROFD) is a peer-reviewed journal published online three times a year (April, August, and December). Original research and invited review papers in English and Turkish are accepted for publication in the BAROFD. The Manuscripts submitted to the BAROFD are reviewed by the reviewers, and the review process is completed in 60 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or declined. Manuscripts must be submitted on the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. BAROFD is open access, and the BAROFD provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd>.

The BAROFD is abstracted and indexed by

Academic Journals Database	J-Gate: E-Journals Gateways
AGRIS-FAO: Food and Agriculture Organization	Journal Factor
AraştırMax	OAJI: Open Academic Journals Index
Bielefeld Academic Search Index	OCLC WorldCat
CAB Abstracts & Full Text	OpenAIRE
Clarivate Analytics	ResearchBIB: Academic Resource Index
Cosmos Impact Factor	ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources
CrossRef	Scientific Indexing Service
Directory of Open Access Journals	Scientific World Index
Directory of Research Journals Indexing	Scilit
DOI: Digital Object Identifier	Sobiad: Sosyal Bilimler Atf Dizini
Eurasian Scientific Journal Index	TROVE: National Library of Australia
Euro Forest Portal	International Institute of Organized Research (I2OR)
Google Scholar	ZDB
TR Dizin-ULAKBİM	ASOS Index
National Library OF Australia	Directory for Medical Articles (ScopeMed)
Journal TOCS	
Index Copernicus	

Neither the University of Bartın nor the Faculty of Forestry accepts responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the BAROFD. The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability, or utility of any information, apparatus, product, or processes discussed in this publication; therefore, it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced or stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc., or otherwise without the prior written permission of the BAROFD and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Orman Fakültesi, BAROFD yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, BAROFD'nin yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

CONTENTS

Research Articles

Pages

- Triangular Greenness Index Analysis for Monitoring Fungal Disease in Pine Trees:
A UAV-based Approach 1 - 15
*Çam Ağaçlarında Mantar Hastalığının İzlenmesi için Üçgen Yeşillik İndeksi Analizi: İHA Tabanlı
Bir Yaklaşım*
Nizar Polat, Abdulkadir Memduhoğlu, Yunus Kaya
- Ips sexdentatus*'un Duyarlılığının Maksimum Entropi (MaxEnt) ile Modellenmesi..... 16 - 27
Modeling the Susceptibility of Ips sexdentatus with Maximum Entropy (MaxEnt)
Gonca Ece Özcan
- Ornithofauna of Bartın Sökü Wildlife Development Area 28 - 43
Bartın Sökü Yaban Hayatı Geliştirme Sahasının Ornitofaunası
İlkan Kalkan, Nuri Kaan Özkazanç
- Akdeniz ve İran-Anadolu Sıcak Noktalarının İç İç Geçtiği Besni (Adıyaman-Türkiye)
İlçesinde Tehlike Altındaki Taksonlar 44 - 57
*Endangered Taxa in Besni (Adıyaman-Turkey) District, Where Medi-terranean and Iranian-Anatolian
Hotspots are Intersect*
Şener Özcan
- Farklı Odun ve Tutkal Türleri Kullanılarak Üretilen Lamine Kerestelerin (Glulam)
Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri 58 - 68
*Some Physical and Mechanical Properties of Laminated Timber (Glulam) Produced Using Different
Types of Wood and Glue*
Ramazan Bülbül, Musa Kaya, H. Özgür İmirzi, Nihat Döngel
- Türkiye'de Defne Üretimi Yapılan Sahalardan Toplanan Defne Yapraklarına Ait
Uçucu Yağ Verimleri ve Kimyasal Yapısı 69 - 75
Yield and Chemical Structure of Bay Leaf Volatile Oil Collected from Laurel Production Areas of Türkiye
Ayben Kılıç Pekgözlü, Seher Kuş Cengiz, Hikmet Yazıcı
- Orman Ürünlerinin Endüstri-İçi Ticaretinin Analizi: Türkiye Örneği 76 - 86
Analysis of Intra-Industry Trade in Forest Products: The Case of Türkiye
Muhammed Fatih Aydemir
- Mobilya İmalatı Sektöründe Çalışma Sermayesi Etkinliğinin Ölçek Temelinde Analizi 87 - 97
Scale-Based Analysis of Working Capital Efficiency in The Furniture Manufacturing Sector
Erdinç Karadeniz, Ömer İskenderoğlu
- Poliüretan Köpük Esaslı Kavak Kompozit Panellerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. 98 - 106
Physical and Mechanical Properties of Polyurethane Foam Based Pop-lar Composite Panels
Gülyaz Al, Deniz Aydemir, Kivanc Bakir
- The Effect of Different Ambient Temperatures on the Adhesion Performance
of Black Pine (*Pinus nigra*) Wood..... 107 - 115
Farklı Ortam Sıcaklıklarının Karaçam (Pinus nigra) Odununun Yapışma Performansına Etkisi
Orhan Kelleci, Süheyla Esin Köksal
- Mobilya Sanayinde Fason Üretim: Ahşap Levha Ebatlamada Optimizasyon Örneği .. 116 - 123
Contract Manufacturing in the Furniture Industry: Optimization Example in Wood Board Sizing
Abdullah İstek, Hatice Oguz

Review Articles and Editorials

Kızılcam Kabuğundan Üretilen Doğal Boyarmaddenin Kullanım Olanakları 124 - 132
Usage Possibilities of Natural Dyestuff Produced From Turkish Red Pine Bark

Cengiz Keşmer

Nanoselüloz: yapısı, çeşitleri ve kullanım alanları..... 133 - 147
Nanocellulose: structure, types, and applications

Gülyaz Al, Deniz Aydemir

Triangular Greenness Index Analysis for Monitoring Fungal Disease in Pine Trees: A UAV-based Approach

Nizar Polat¹, Abdulkadir Memduhoğlu², Yunus Kaya^{3,*}

^{1, 2, 3,*} Harran University, Faculty of Engineering, Department of Geomatic Engineering, Şanlıurfa, Türkiye

Article History

Received: 30.08.2023

Accepted: 15.02.2024

Published: 23.04.2024

Research Article



Abstract – The Triangular Greenness Index (TGI) is a vegetation index derived from high-resolution aerial images acquired using unmanned aerial vehicles (UAVs). It serves as a valuable tool for quantifying vegetation health and dynamics in the visible spectrum. The TGI combines key components, including red reflectance and green reflectance, extracted from UAV-based imagery. The red component represents chlorophyll absorption and photosynthetic activity, while the green component reflects vegetation density and canopy structure. By integrating these components, the TGI offers a comprehensive measure of photosynthetically active vegetation, utilizing UAVs as a data collection platform. This study highlights the importance of the TGI derived from UAV-based imagery in monitoring vegetation changes, assessing ecosystem responses, and tracking variations in land cover and biodiversity. Furthermore, the application of TGI analysis using UAV-based aerial imagery shows promise in accurately identifying and monitoring vegetation affected by fungal diseases. This integrated approach enables the detection of diseased trees based on distinct changes in greenness observed in their foliage. Because fungal diseases dry the plant and cause the green areas to disappear. The integration of UAV technology enhances the accuracy and efficiency of TGI calculation, contributing to effective management and conservation strategies in the context of fungal disease detection in vegetation. In this study, TGI was produced using UAV-based orthophoto and healthy and sick trees were determined. According to the accuracy analysis, producer accuracy for detecting green plants was 99.7% and user accuracy was 98.5%. Fungal disease could be detected with 98.5% producer accuracy and 96.5% user accuracy. The overall accuracy of the study was calculated as 98.6%.

Keywords – UAV Photogrammetry, visible region vegetation index, Triangular Greenness Index (TGI), fungal disease, pine tree

Çam Ağaçlarında Mantar Hastalığının İzlenmesi için Üçgen Yeşillik İndeksi Analizi: İHA Tabanlı Bir Yaklaşım

^{1, 2, 3,*} Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 30.08.2023

Kabul: 15.02.2024


Yayın: 23.04.2024


Araştırma Makalesi

Öz – Üçgen Yeşillik İndeksi (TGI), insansız hava araçları (İHA) kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü hava görüntülerinden türetilen bir bitki örtüsü indeksidir. Görünür spektrumunda bitki örtüsünün sağlığını ve dinamiklerini ölçmek için değerli bir araç olarak hizmet eder. TGI, İHA tabanlı görüntülerden elde edilen kırmızı yansıma ve yeşil yansıma dahil olmak üzere temel bileşenleri birleştirir. Kırmızı bileşen klorofil emilimini ve fotosentetik aktiviteyi temsil ederken, yeşil bileşen bitki örtüsü yoğunluğunu ve kanopi yapısını yansıtır. Bu bileşenleri entegre eden TGI, İHA'ları bir veri toplama platformu olarak kullanarak fotosentetik olarak aktif bitki örtüsünün kapsamlı bir ölçümünü sunmaktadır. Bu çalışma, İHA tabanlı görüntülerden elde edilen TGI'nın bitki örtüsü değişikliklerinin izlenmesinde, ekosistem tepkilerinin değerlendirilmesinde ve arazi örtüsü ve biyoçeşitlilikteki değişimlerin izlenmesindeki önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, İHA tabanlı hava görüntüleri kullanılarak TGI analizinin uygulanması, mantar hastalıklarından etkilenen bitki örtüsünün doğru bir şekilde tanımlanması ve izlenmesinde umut vaat etmektedir. Bu entegre yaklaşım, yapraklarında gözlemlenen yeşillikteki belirgin değişikliklere dayanarak hastalıklı ağaçların tespit edilmesini sağlar. Çünkü mantar hastalıkları bitkiyi kurutur ve yeşil alanların yok olmasına neden olur. İHA teknolojisinin entegrasyonu, TGI hesaplamasının doğruluğunu ve verimliliğini artırarak bitki örtüsündeki mantar hastalıklarının tespiti bağlamında etkili yönetim ve koruma stratejilerine katkıda bulunur. Bu çalışmada, İHA tabanlı ortofoto kullanılarak TGI üretilmiş ve sağlıklı ve hasta ağaçlar belirlenmiştir. Doğruluk analizine göre, yeşil bitkileri tespit etmek için üretici doğruluğu %99,7 ve kullanıcı doğruluğu %98,5'tir. Mantar hastalığı %98,5 üretici doğruluğu ve %96,5 kullanıcı doğruluğu ile tespit edilebilmiştir. Çalışmanın genel doğruluğu %98,6 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler – İHA fotogrametrisi, görünür bölge bitki örtüsü indeksi, Üçgen Yeşillik İndeksi (TGI), mantar hastalığı, çam ağacı

¹  nizarpolat@harran.edu.tr

²  akadirm@harran.edu.tr

³  yunuskaya@harran.edu.tr

*Corresponding Author / Sorumlu Yazar

1. Introduction

Environmental monitoring is a crucial element in comprehending and effectively managing Earth's resources and ecosystems (Roy et al., 2022). It encompasses the systematic and efficient observation and evaluation of changes in land use, land cover, and natural processes over time. Remote sensing, a pivotal technique in Earth observation, plays a vital role in this endeavor by acquiring information about the Earth's surface and atmosphere without direct physical contact (Sohl and Sleeter, 2012; Chowhan and Chakraborty, 2022). It involves the utilization of sensors mounted on satellites, aircraft, or unmanned aerial vehicles (UAVs) to collect data by measuring the interaction between electromagnetic radiation and the Earth's features. Through remote sensing, environmental scientists and researchers can effectively monitor various phenomena such as deforestation, urbanization, soil erosion, and the impacts of climate change (Aksoy and Kaptan, 2020; Durkaya et al., 2020; Blaga et al., 2023). The utilization of remote sensing data provides valuable information for the development of effective environmental policies, resource management strategies, and conservation efforts.

Vegetation analysis (Demir and Başayığit, 2021) is an integral aspect of environmental monitoring and management as it serves as a fundamental indicator of ecosystem health and dynamics. Assessing the health and dynamics of vegetation is crucial for understanding ecological processes, monitoring ecosystem responses to environmental stressors, and identifying changes in land cover and biodiversity. Greenness indices, including the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979), Enhanced Vegetation Index (EVI) (Huete et al., 2002), and Triangular Greenness Index (TGI) (Hunt et al., 2011), are essential tools for quantifying vegetation health and dynamics. These indices exploit the differential reflectance properties of vegetation in the red and near-infrared (NIR) regions of the electromagnetic spectrum. Healthy and vigorously growing vegetation typically exhibits high reflectance in the NIR region due to strong chlorophyll absorption in the red region, resulting in higher greenness index values. The utilization of greenness indices, derived from remote sensing data, seamlessly integrates with the previous discussion on vegetation analysis.

In recent decades, unmanned aerial vehicles (UAVs) have gained significant popularity in various engineering projects. These projects include tasks such as determining pond volume (Kaya et al., 2019), assessing landslide sites (Kusak et al., 2021), analyzing rockfall sites (Yakar et al., 2022), creating cultural heritage models (Yilmaz et al., 2012; Yakar and Doğan, 2018), and evaluating soil erosion (d'Oleire-Oltmanns et al., 2012). These applications have emerged as the most utilized applications of UAV technology in engineering projects. It has now revolutionized detailed and up-to-date monitoring by providing a flexible, cost-effective platform for data collection in environmental studies.

UAVs have diverse applications across various fields, including water resource management (Kaya et al., 2023), product observation, equipment and building inspection, mapping, yield monitoring, soil erosion assessment, water stress analysis, disease (Bhupathi and Sevugan, 2021) and pest detection, as well as weed control (Türkseven et al., 2016; Özgüven, 2018; Şin and Kadioğlu, 2019; Demir and Başayığit, 2020). To combat these weeds, different types of cameras with specific features are utilized (Bannari et al., 1995; Brovkina et al., 2018). By collecting data from cameras mounted on UAVs, it becomes feasible to map the existing flora (Özgüven, 2018). Additionally, the potential losses in crop yield can be estimated. Studies focusing on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and similar metrics are conducted as green plants exhibit a heightened sensitivity to infrared wavelengths (Türkseven et al., 2018). UAVs offer a unique advantage in vegetation analysis by acquiring high-resolution aerial imagery. Integrating Triangular Greenness Index (TGI) analysis with UAV technology offers a promising solution for the identification and monitoring of vegetation. The TGI, a visible vegetation index, quantifies the relative abundance of photo synthetically active vegetation and serves as a proxy for vegetation health and dynamics. It is calculated by exploiting the differential reflectance properties of vegetation in the red and green regions of the electromagnetic spectrum.

UAV-based TGI analysis involves capturing aerial imagery using RGB (red, green, blue) digital cameras mounted on UAV platforms.

In the specific context of this study, there is an ongoing issue of fungal disease in pine trees at Harran University Osmanbey Campus. This disease causes the leaves of pine trees to dry up and lose their green color. To address this problem, an approach is being taken to detect the affected trees by generating the TGI from images obtained using UAV technology. By utilizing UAV-based aerial imagery and applying TGI analysis, it is anticipated that the diseased trees can be accurately identified based on distinct changes in greenness observed in their foliage.

This study aims to achieve the following objectives: firstly, to assess the applicability of the TGI obtained from UAV-based aerial images for the detection and monitoring of fungal disease affecting pine trees at Harran University Osmanbey Campus. Secondly, to examine the relationship between TGI values and the severity of the fungal disease, with the goal of establishing a quantitative measure of vegetation health and identifying areas with a high disease prevalence. Lastly, to evaluate the feasibility and effectiveness of utilizing UAV-based aerial imagery and the TGI as a cost-effective and efficient method for early detection and monitoring of fungal disease in pine trees.

2. Material and Methods

The methodology section of this study encompasses the implementation of a data collection, the subsequent image processing, the generation of the TGI, and the accuracy analysis of the obtained results.

2.1. Data Collection

The data collection process using UAVs for acquiring high-resolution aerial images involves planning the flight path and imaging parameters. A photogrammetric flight plan is meticulously designed to ensure comprehensive coverage of the target area and optimize the image acquisition process. Factors such as spatial resolution, image overlap, and flight altitude are carefully considered during the planning stage. The flight plan determines the path that the UAV will follow to capture images of the designated area, often designed in a grid or zigzag pattern with sufficient image overlap. Imaging parameters, including camera settings and image capture intervals, are also determined during the flight planning phase (Uysal et al., 2013; Demirel et al., 2022). These parameters ensure high-quality images with optimal exposure and sufficient overlap for accurate photogrammetric analysis.

During the actual UAV flight, the system follows the predetermined flight plan, capturing images at regular intervals. The onboard camera system captures high-resolution images at specified locations along the flight path. The images are geotagged with GPS coordinates, providing precise location information for each captured image. Geotagging enables accurate spatial referencing and integration of the images into a coordinate system. After data collection, the images undergo post-processing, which includes georeferencing, distortion correction, and image mosaicking. Georeferencing aligns the images with reference points, establishing their accurate geographic location. Distortion correction corrects any lens or perspective distortions, ensuring accurate measurements and analysis. Image mosaicking stitches the individual images together, creating a seamless orthomosaic for a comprehensive view of the target area. This carefully planned and executed data collection process using photogrammetric UAV flights provides high-resolution aerial images with precise geolocation, supporting vegetation analysis, land cover mapping, and environmental monitoring endeavors.

This study was carried out with the DJI Mavic 2 Pro UAV system, which is useful in data collection and has high sensitivity. It is a successful system with features such as an effective range of 8 km, a maximum flight time of 31 minutes, 4K recording with a Hasselblad camera, a 1" CMOS sensor, GPS sensor, 4-way obstacle sensing, automatic return to home, and a weight of approximately 1 kg. The UAV used in the study is depicted in Figure 1.



Figure 1. The UAV system used in the study (URL-1)

2.2. Fungal Monitoring

Vascular wilt diseases represent a significant threat to pine forests on a global scale, inducing swift wilting, discoloration, and eventual demise. These afflictions primarily stem from fungal pathogens infiltrating the xylem, the vital water transport system within trees, disrupting water flow and triggering dehydration, nutrient deficiencies, and ultimately mortality. Common culprits encompass *Bursaphelenchus xylophilus*, the pinewood nematode, often coupled with *Bursaphelenchus conicentrus*, a fungal symbiont, culminating in pine wilt disease (PWD), and *Ceratocystis fagacearum*, accountable for *Ceratocystis* wilt in diverse pine species (Zhou et al., 2017; Costanza et al., 2018). PWD has notably wrought widespread havoc in Asia, decimating millions of hectares of pine forests. Its dissemination is facilitated by insect vectors such as the pine sawyer beetle (*Monochamus* spp.), which transmit the nematode to uninfected trees. Initial symptoms manifest as wilting and discoloration of needles, escalating to complete crown browning over weeks to months (Kim et al., 2020). A comprehensive understanding of the intricate interplay between fungus, insect vector, and host tree is indispensable for devising effective management tactics. Contemporary strategies are centered around thwarting vector dispersal via insecticide applications and implementing silvicultural measures. Moreover, ongoing research into resilient pine varieties and biological control agents offers promising avenues for future disease mitigation efforts (Kim et al., 2020; Wang et al., 2011).

2.3. Image Processing

The image processing section of this study focuses on the post-processing of UAV-based aerial images using the structure from motion (SfM) algorithm, a widely used technique in photogrammetry (Akca and Polat, 2022, Uysal et al., 2015; Yiğit, 2020). The SfM algorithm plays a crucial role in reconstructing three-dimensional structures by establishing correspondences between common features in a collection of two-dimensional images and estimating camera positions and orientations (Snavely et al., 2008). By applying the SfM algorithm to the captured aerial images, accurate orthomosaics and three-dimensional models can be generated, providing researchers with precise geometric information about the study area. The SfM algorithm examines shared points or features that appear in multiple images and employs intrinsic and extrinsic camera parameters, including focal length, distortion, principal point, camera position, and orientation. By utilizing these parameters, the algorithm calculates the 3D coordinates of the points in the scene, generating a point cloud that represents the scene's structure (Remondino and El-Hakim, 2006). SfM algorithms are grounded in the principles of photogrammetry, computer vision, and machine learning, representing advanced techniques that are widely acknowledged and embraced in the field (Toprak et al., 2019)

The generated orthomosaics and three-dimensional models offer numerous applications, including vegetation analysis, topographic mapping, and infrastructure planning. These representations provide detailed and reliable information about the spatial distribution and characteristics of vegetation, as well as the topography of the

area of interest. This information is valuable for assessing vegetation health, quantifying land cover changes, and supporting decision-making processes related to infrastructure development and management.

By utilizing the capabilities of the SfM algorithm and image processing techniques, this study aims to gain insights into various aspects, such as vegetation dynamics, topographic features, and spatial relationships. These findings will contribute to effective environmental monitoring and management practices, enhancing the understanding and decision-making capabilities in relevant fields.

2.4. Triangular Greenness Index (TGI)

Currently, spectral information plays a crucial role in agriculture for distinguishing vegetation types and conducting in-depth analysis of vegetation characteristics. Typically, these analyses are based on spectral indices, which are derived by calculating ratios of different bands or normalizing band differences (Jackson and Huete, 1991). Many of these indices utilize NIR wavelengths, which are sensitive to both chlorophyll content and leaf area index (LAI). Haboudane et al. (2008) introduced the triangular chlorophyll index based on green, red, and red-edge bands to quantify leaf nitrogen levels. Subsequently, red-edge bands have been incorporated into various satellite sensors (Eitel et al., 2007; Herrmann et al., 2011; Ramoelo et al., 2012), thereby enhancing the sensitivity for chlorophyll detection (Gitelson, 2011). However, low-cost multispectral sensors typically lack NIR or red-edge bands and are limited to visible wavelength bands. To address this limitation, a visible-band index known as the TGI was developed (Hunt et al., 2011). The proposed method relies on chlorophyll content as its basis.

TGI is an important vegetation index utilized to assess the greenness and vigor of vegetation using remotely sensed data. It serves as a valuable tool for evaluating vegetation health and dynamics in various applications. The TGI is computed by utilizing three spectral bands, namely the red, green, and blue bands, which are typically extracted from remote sensing imagery. The selection of these bands is contingent upon the particular remote sensing system or sensor employed. In the context of this study, the visible region of the electromagnetic spectrum (RGB) captured by a consumer-grade digital camera is utilized for TGI calculation. TGI is calculated as follows.

$$TGI = (GREEN - (0,39 * RED) - (0,61 * BLUE) \quad (1)$$

The TGI formula compares the spectral differences between the green band and the red/blue bands, capturing the greenness component of vegetation. Higher TGI values indicate healthier and more vigorous vegetation, reflecting a greater level of greenness. It is worth noting that the choice of spectral bands in the TGI formula may vary depending on the remote sensing system's characteristics and the specific objectives of the analysis.

The calculation of the TGI incorporates key components that contribute to its biological significance in assessing vegetation health. The green band represents the reflectance of green light, which is strongly absorbed by chlorophyll, the primary pigment responsible for photosynthesis. The red band reflects the absorption of red light, and healthy vegetation tends to reflect more green light and absorb more red light due to its high chlorophyll content. The inclusion of the blue band in the TGI formula further emphasizes the greenness component. Herewith, higher TGI values indicate vegetation with higher chlorophyll content and greater greenness, while lower TGI values may suggest stressed or less vigorous vegetation with reduced chlorophyll levels and diminished photosynthetic activity (Hunt et al., 2011).

2.5. Raster Color Slices

The color slice technique is a valuable tool used in image processing to highlight specific data ranges and colors within an image (Yu et al., 2023). By utilizing the raster color slices tool, users can select desired data ranges and assign corresponding colors to visually emphasize certain areas of interest (Harris Geospatial, 2016). The output of this tool is a raster image where pixel values are color-mapped based on the defined

ranges and colors. This resultant image can be treated as a classification image in subsequent processing, enabling further analysis and interpretation. The color slices effectively group pixel values into discrete ranges, each represented by a unique color. Overlaying a color slice on an associated image enhances the visualization of image processing results, allowing for a clearer understanding of the spatial distribution and characteristics of the highlighted areas. This technique is particularly useful in applications where specific data ranges or features need to be emphasized and analyzed in the context of the overall image.

2.6. Accuracy Analysis

The methodology for calculating a confusion matrix with ground truth region of interest (ROI) involves comparing predicted and actual class labels. This is done by applying a classification or prediction model to a dataset with labeled instances and comparing the predicted labels with the ground truth labels. The confusion matrix, a tabular representation of the predicted and actual class labels, is constructed based on the counts of instances in each combination. From the confusion matrix, producer accuracy (sensitivity), user accuracy (precision), overall accuracy, and Kappa coefficient can be calculated (Story and Congalton, 1986). Producer accuracy measures the proportion of correctly predicted instances for each class, while user accuracy calculates the proportion of correctly predicted instances based on the predicted labels. Omission errors, also known as false negatives, occur when the model fails to predict instances that belong to a particular class. Commission errors, also known as false positives, occur when the model incorrectly predicts instances to belong to a particular class. These errors can be identified by examining the entries in the confusion matrix. Overall accuracy provides an assessment of the model's accuracy across all classes, taking into account both omission and commission errors. The Kappa coefficient takes into account chance agreement between predicted and actual labels and provides a measure of the model's performance beyond random chance.

To calculate the confusion matrix and associated metrics, appropriate formulas and calculations are applied based on the counts within the matrix. These metrics offer valuable insights into the model's performance, indicating its accuracy in classifying instances and providing an overall assessment of its performance, considering omission and commission errors. By evaluating the producer and user accuracy, overall accuracy, and Kappa coefficient, researchers can gain a comprehensive understanding of the classification model's strengths and weaknesses, enabling further analysis and improvement (Wang et al., 2022).

Errors of commission indicate the proportion of values that were erroneously predicted to belong to a particular class, despite not actually belonging to that class. These errors, often referred to as false positives, can be observed in the rows of the confusion matrix, excluding the values on the main diagonal. On the other hand, errors of omission represent the fraction of values that truly belong to a specific class but were inaccurately predicted to be part of a different class. These errors, known as false negatives, can be found in the columns of the confusion matrix, except for the values along the main diagonal.

Producer accuracy, also known as sensitivity, measures the probability that a value belonging to a certain class is correctly classified as such. It is derived by calculating the ratio of correctly predicted values to the total number of values in that class. User accuracy, also referred to as precision, assesses the likelihood that a predicted value truly belongs to a given class. This probability is determined by evaluating the fraction of correctly predicted values against the total number of values predicted to be in that class.

Overall accuracy, a fundamental metric, is computed by summing the number of correctly classified values and dividing it by the total number of values. The correctly classified values correspond to the elements along the diagonal from the upper-left to the lower-right of the confusion matrix. The total number of values used for this calculation can be obtained from either the ground truth or predicted-value arrays, as they should be of equal size and reflect the entire dataset.

$$OA = \frac{\text{correctly classified pixels}}{\text{total number of pixels}} \quad (2)$$

All calculations and ROI selections were performed in Envi software. For detailed information about confusion matrix and associated metrics, please check the (HarrisGeospatial, 2023) resource.

3. Results

In this study, a total of 1,263 aerial images were acquired using a single camera station. The unmanned aerial vehicle (UAV) was flown at an altitude of 50 meters, resulting in a ground resolution of 1.53 centimeters per pixel. The coverage area of the imagery was approximately 0.136 square kilometers. To ensure comprehensive coverage and minimize data gaps, a 70% overlap between adjacent images was maintained during the flight. This overlap ensured sufficient redundancy and allowed for the creation of accurate orthomosaics and three-dimensional models. Additionally, during the processing stage, 323,584 tie points were identified and used to establish precise georeferencing and alignment of the images. The combination of the extensive image dataset, high overlap, and numerous tie points provides a robust foundation for detailed analysis, mapping, and interpretation in this study. As a result of the data processing and analysis, several outputs were obtained for the study area. Firstly, a point cloud was generated, which represents a digital elevation model (DEM) capturing the three-dimensional structure of the terrain. This point cloud provides detailed information about the elevation and topography of the study area (Figure 2).

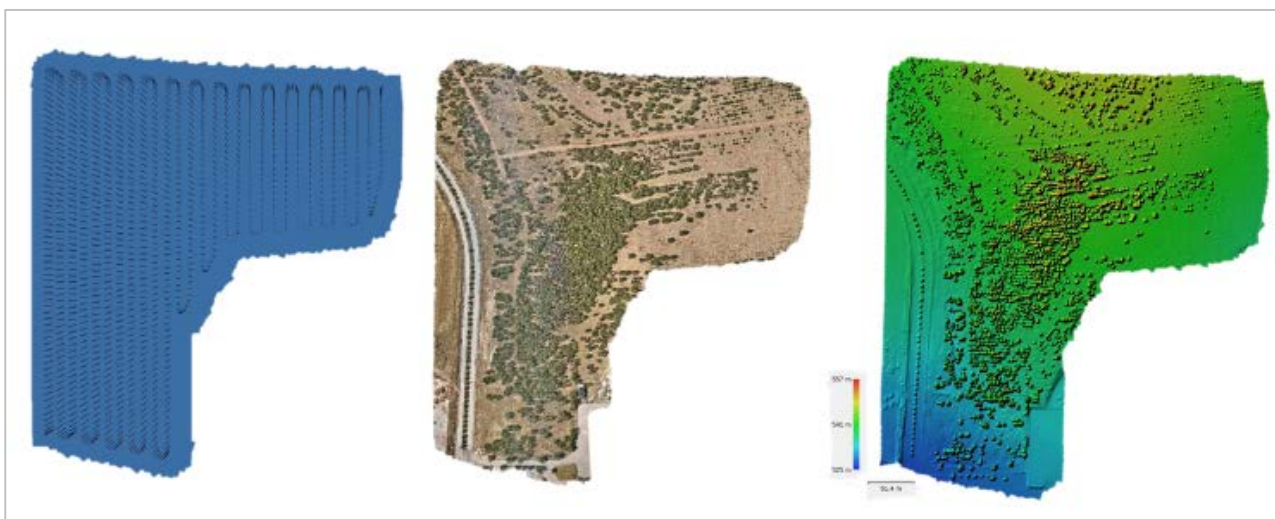


Figure 2. UAV Flight path, dense point cloud and DSM

Additionally, a high-resolution orthophoto was produced, which is an orthorectified image with consistent scale and minimal geometric distortions. This orthophoto accurately represents the study area from a top-down perspective, allowing for visual interpretation and analysis. Figure 3 displays the high-resolution orthophoto, providing a clear and detailed view of the study area and its features.

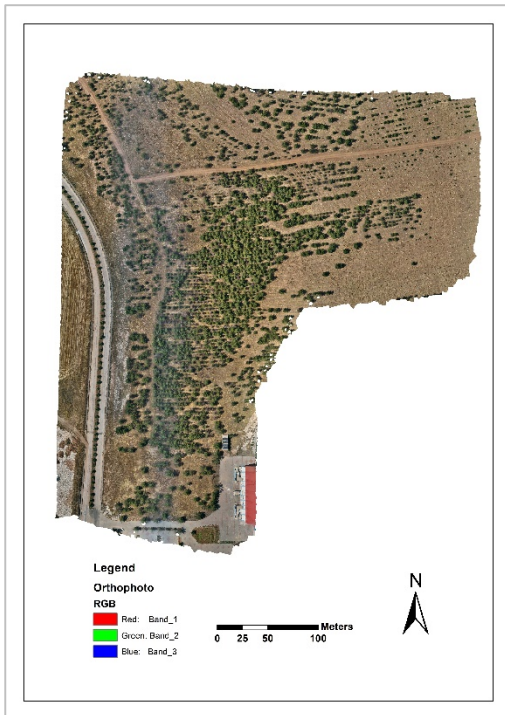


Figure 3. Generated orthophoto

The next step in the study involved generating the TGI using the band math tool in Envi software, based on Equation 1 (Figure 4). The pixel values derived from the color slice operation exhibit a range between -42,9 and 60,46. Figure 4 visually demonstrates that positive pixel values correspond to greener vegetation, indicating higher levels of vigor. Based on the conducted analysis, pixel values equal to or greater than 15.3 are indicative of green vegetation. In contrast, pixel values falling within the range of -5.5 to 15.3 suggest the presence of fungal disease. Negative pixel values represent other elements present in the scene, such as soil and roads. The color slice technique, as illustrated in the figure, facilitates the effective classification and interpretation of the TGI image, allowing for the differentiation and delineation of specific features and components based on their corresponding pixel values.

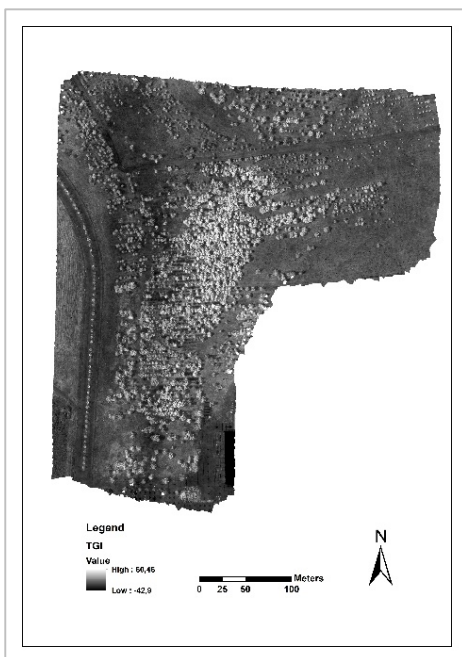


Figure 4. Generated TGI

By considering the defined thresholds for each class, a color slice technique was employed to classify the TGI image, resulting in the delineation of three distinct categories as depicted in Figure 5. These classes include green vegetation, fungal disease, and others. The "other" class encompasses various non-vegetation elements, such as soil, roads, buildings, and shadows, which are not directly related to the vegetation health analysis. Through the successful segmentation and classification of the TGI image, a comprehensive understanding of the spatial distribution and characteristics of different components within the imagery was achieved. This segmentation approach provides a valuable foundation for further analysis and interpretation of the study area, facilitating the identification of specific regions of interest and supporting decision-making processes in vegetation monitoring and management.

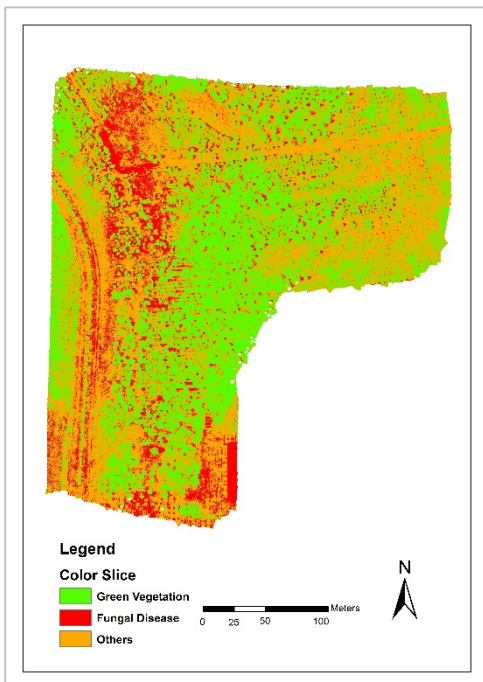


Figure 5. TGI color slice result

Within the scope of the study, a three-class image was generated using TGI color slice. The resulting color slice was initially visually analyzed by comparing it with the orthophoto. Since TGI is sensitive to green color, the accuracy of correctly identifying green pixels representing trees was assessed. The comparative visual representation of three selected sample regions from the area is presented in Figure 6.

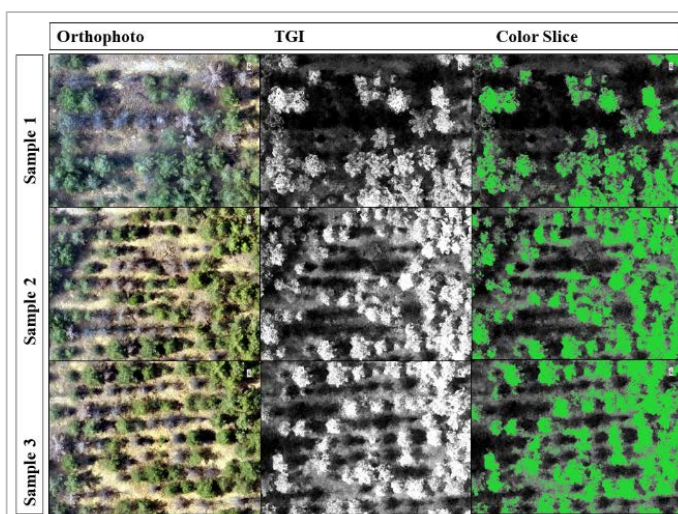


Figure 6. The comparative visual representation of three selected sample regions

It is clear in Figure 6 that TGI is highly successful in detecting green color. Similarly, regions affected by fungal disease are visibly represented as darker shades. Through more detailed visual analysis, it was observed that TGI also performs reasonably well in partially diseased trees. In other words, it provides accurate results for trees that have partially dried due to fungal infection but still have green branches. An example of a partially diseased tree can be seen in Figure 7.

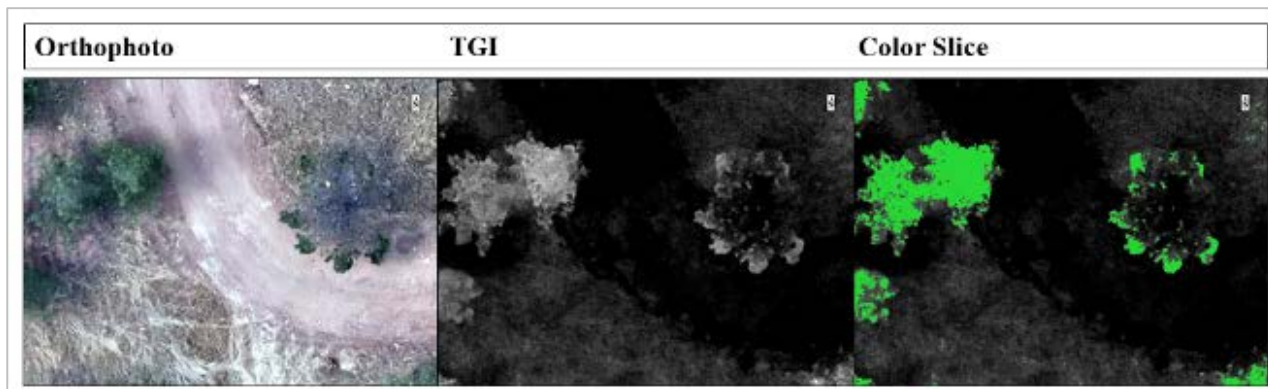


Figure 7. View of a partially diseased tree

In Figure 7, the green branches of the partially diseased tree are clearly visible in the orthophoto. Similarly, these green branches are distinctively separated in the TGI image as well.

To assess the accuracy of the color slice classification, a general accuracy calculation was performed in addition to the visual analysis. In this regard, the confusion matrix was computed depending on the ground truth ROIs, as described in section 2.5. For each class, manual ground truth samples were collected from the field, representing the pixels that truly belonged to each class. Subsequently, using these ROIs, the accuracy of the classified image was calculated. The confusion matrix, generated using the ground truth ROIs, is presented in Table 1.

Table 1
Confusion matrix

Ground Truth Pixels		Green Vegetation	Fungal Disease	Soil and others	Total
Predicted Pixels	Green vegetation	4490	9	0	4499
	Fungal Disease	12	3185	74	3271
	Soil and others	56	105	10207	10368
	Total	4558	3299	10281	18138

In the confusion matrix, the diagonal represents the ground truth values of each class and the number of correctly estimated pixels. The horizontal and vertical elements of the matrix indicate commission and omission errors, respectively, which represent the number of pixels that have been misclassified or transitioned between classes. Based on the pixel values in the confusion matrix, Commission and Omission errors for each class, as well as Producer and User Accuracy values, were calculated (Table 2).

Table 2
Producer accuracy and user accuracy

	Green vegetation	Fungal Disease	Others
Errors of Commission	0.002	0.026	0.016
Errors of Omission	0.015	0.035	0.008
Producer Accuracy	0.997	0.974	0.985
User Accuracy	0.985	0.965	0.993

Commission errors, as previously mentioned, indicate the proportion of pixels that were erroneously assigned to a specific class, despite not belonging to that class. Upon reviewing Table 2, it becomes evident that the lowest commission error value is observed in the “Green vegetation” class, indicating a high level of accuracy in correctly classifying pixels as green. On the other hand, omission errors represent the proportion of pixels that truly belong to a particular class but are mistakenly classified as belonging to a different class. Upon examining Table 2, it is observed that the lowest omission error value is found in the “Other” class, indicating the misclassification of pixels that should have been assigned to the “Other” class.

Based on these error values, user accuracy and producer accuracy are calculated. Notably, the lowest user and producer accuracies are observed in the fungal disease class. This outcome is expected due to the significant occurrence of both commission and omission errors in this class. It suggests that pixels associated with fungal disease are less accurately detected and tend to be mixed with other classes. Consequently, to gain further insights into this finding, a visual analysis was conducted, aiming to identify the specific classes with which the fungal disease class was frequently confused and to explore the underlying reasons for this confusion (see Figure 8).

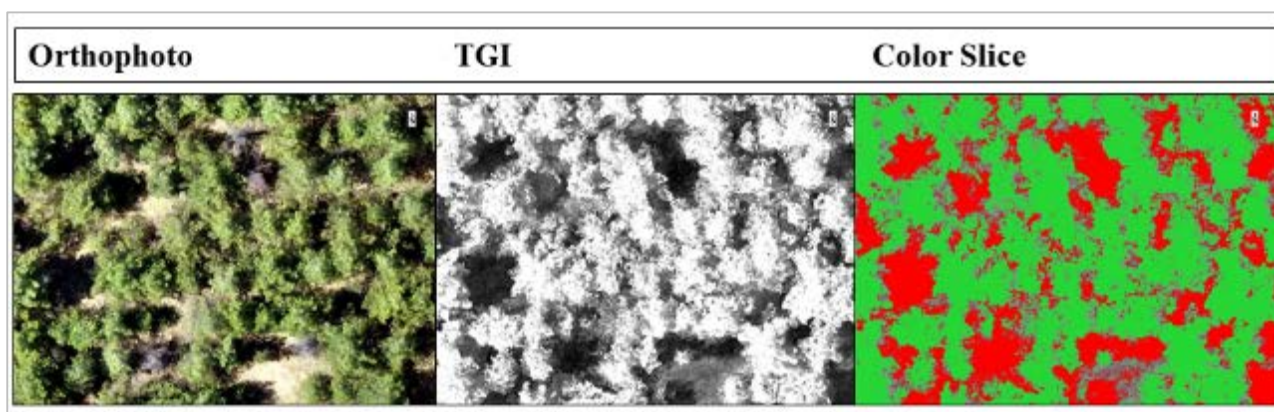


Figure 8. Fungal disease mixed with shadow.

During the analysis, it was observed that shadows, which are included in the “Other” class, were partially mixed with fungal disease. Despite this partial mixing with shadows, it is believed that this index can be utilized for detecting diseased trees. Especially in dense forests and data where the shadow is very little in the orthophoto depending on flight time and weather conditions, it is thought that this index will give higher results. From the perspective of end-users, the “Green vegetation” class achieved a detection rate of 98.5%, while the “Fungal Disease” class achieved a detection rate of 96.5%. The overall accuracy of the study, calculated using equation 2, yielded a general accuracy of 98.6%.

4. Discussions

The results obtained from the application of the TGI using UAV-based aerial imagery for the detection and monitoring of fungal disease in pine trees at Harran University Osmanbey Campus are promising. The TGI analysis effectively identified distinct changes in greenness observed in the foliage of affected trees, enabling accurate detection of diseased vegetation. The integration of UAV technology in data collection enhanced the accuracy and efficiency of TGI calculation, contributing to effective management and conservation strategies in the context of fungal disease detection in vegetation.

The high-resolution aerial images acquired through UAV flights provided detailed information about the study area, allowing for precise vegetation analysis and monitoring. The SfM algorithm was applied to the aerial images for image processing, enabling the generation of accurate orthomosaics and three-dimensional models. These representations facilitated the assessment of vegetation dynamics, topographic features, and spatial relationships, supporting environmental monitoring and management practices.

The TGI, calculated using the red, green, and blue spectral bands from the UAV-based aerial imagery, served as a valuable tool for evaluating vegetation health and dynamics. The TGI formula exploited the spectral differences between the green and red/blue bands, capturing the greenness component of vegetation. Higher TGI values indicated healthier and more vigorous vegetation, while lower values suggested stressed or less vigorous vegetation. By quantifying vegetation greenness, the TGI provided insights into vegetation health, stress, and productivity, supporting various environmental applications such as agriculture, forestry, and ecosystem studies.

The accuracy analysis of the TGI results involved the calculation of a confusion matrix and associated metrics, including producer accuracy, user accuracy, overall accuracy, and the Kappa coefficient. These metrics provided a comprehensive assessment of the classification model's performance, considering both omission and commission errors. By evaluating these metrics, researchers gained insights into the strengths and weaknesses of the classification model and identified areas for improvement.

The successful application of UAV-based TGI analysis in detecting and monitoring fungal disease in pine trees highlights the potential of this integrated approach for vegetation assessment and management. The early detection of diseased trees based on changes in greenness observed in their foliage allows for timely intervention and targeted conservation efforts. The cost-effective and efficient nature of UAV technology, combined with the TGI analysis, offers a practical solution for environmental monitoring and management endeavors.

TGI analysis has several limitations that need to be considered. Firstly, it is sensitive to lighting conditions, and variations in cloud cover or shadows can affect the accuracy of results. Additionally, the effectiveness of the TGI can vary depending on the vegetation type and coverage, as different species may respond differently to the spectral bands used in the analysis. Furthermore, the TGI may have limited sensitivity to factors beyond chlorophyll content, such as nutrient deficiencies or non-chlorophyll-related diseases. Spatial and temporal limitations, as well as the need for ground truth validation, should also be considered. Despite these limitations, addressing them through calibration, validation, and complementary analyses can enhance the utility of the TGI in vegetation assessment and management.

5. Conclusions

This study demonstrated the applicability and effectiveness of the TGI derived from UAV-based aerial imagery for the detection and monitoring of fungal disease in pine trees. The integration of UAV technology in data collection and the utilization of the TGI provided accurate and timely identification of diseased vegetation, enabling effective management and conservation strategies.

The high-resolution aerial images acquired through UAV flights, along with the application of the SfM algorithm, supported precise vegetation analysis, topographic mapping, and spatial relationship assessment. The TGI, calculated using the red, green, and blue spectral bands, served as a valuable tool for evaluating vegetation health and dynamics. The TGI analysis allowed for the quantification of vegetation greenness and provided insights into vegetation stress, productivity, and overall condition.

The successful detection and monitoring of fungal disease in pine trees using UAV-based TGI analysis demonstrate the potential of this integrated approach for vegetation assessment and management. The early identification of diseased trees based on changes in greenness observed in their foliage facilitates targeted conservation efforts and intervention strategies. The cost-effective and efficient nature of UAV technology, combined with the TGI analysis, offers a practical and promising method for environmental monitoring and management in the context of fungal disease detection in vegetation.

Further research can explore the application of the TGI analysis in other vegetation types and disease scenarios, expanding its potential for environmental monitoring and management. Additionally, the integration of other

remote sensing such as thermal imaging or multispectral analysis, could enhance the capabilities of the TGI analysis for comprehensive vegetation assessment.

Author Contribution

Nizar Polat: Literature review, in-situ measurement, photogrammetric process, and writing.

Abdulkadir Memduhoğlu: Literature review, in-situ measurement, interpretation of results, and writing.

Yunus Kaya: Literature review, interpretation of results, and writing. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare that they have received no funds and there is no conflict of interest.

References

- Akca, S. and Polat, N. (2022). Semantic segmentation and quantification of trees in an orchard using UAV orthophoto. *Earth Science Informatics*, 15(4), 2265-2274.
- Aksoy, H. and Kaptan, S. (2020). Simulation of future forest and land use/cover changes (2019-2039) using the Cellular Automata-Markov Model. *Geocarto International*, 1-17, DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1778102>.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F. and Huete, A. R. (1995). A Review of Vegetation Indices. *Remote Sensing Reviews*, 13(1), 95- 120.
- Bhupathi, P. and Sevugan, P. (2021). Application of hyperspectral remote sensing technology for plant disease forecasting: An applied review. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 4555-4566.
- Blaga, L., Ilieş, D. C., Wendt, J. A., Rus, I., Zhu, K. and Dávid, L. D. (2023). Monitoring Forest Cover Dynamics Using Orthophotos and Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 15(12), 3168.
- Brovkina, O., Cienciala, E., Surový, P. and Janata, P. (2018). Unmanned aerial vehicles (UAV) for assessment of qualitative classification of Norway spruce in temperate forest stands. *Geo-spatial Information Science*, 21(1), 12-20.
- Chowhan, P. and Chakraborty, A. P. (2022). Remote Sensing Technology—A New Dimension in Detection, Quantification and Tracking of Abiotic and Biotic Stresses. In *Plant Stress: Challenges and Management in the New Decade*, 445-457.
- Costanza, K. K., Whitney, T. D., McIntire, C. D., Livingston, W. H. and Gandhi, K. J. (2018). A synthesis of emerging health issues of eastern white pine (*Pinus strobus*) in eastern North America. *Forest Ecology and Management*, 423, 3-17.
- d'Oleire-Oltmanns, S., Marzloff, I., Peter, K. D. and Ries, J. B. (2012). Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco. *Remote Sensing*, 4(11), 3390-3416.
- Demir, S. and Başayığit, L. (2020). Sorunlu Gelişim Gösteren Bitkilerin İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Belirlenmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2 (1), 12-22.
- Demir, S. and Başayığit, L. (2021). Kısıtlı Sulama Uygulamalarının İHA Multispektral Algılamaya Dayalı Vejetasyon İndekslerine Etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(3), 629-643.
- Demirel, M., Kaya, Y. and Polat, N. (2022). Investigation of the effect of UAV flight altitude in map production. In *Intercontinental Geoinformation Days*, 4, 21-24.
- Durkaya, B., Kaptan, S. and Durkaya, A. (2020). Socio-economic and cultural sources of conflict between forest villagers and forest; a case study from Black Sea region, Turkey. *Crime, Law and Social Change*, 74, 155-173.
- Eitel, J. U. H., Long, D. S., Gessler, P. E. and Smith, A. M. S. (2007). Using in situ measurements to evaluate the new RapidEye™ satellite series for prediction of wheat nitrogen status. *International Journal of Remote Sensing*. 28, 4183–4190.
- Gitelson, A. A. (2011). Nondestructive estimation of foliar pigment (chlorophylls, carotenoids, and anthocyanins) contents: Evaluating a semianalytical three-band model. *Hyperspectral remote sensing of vegetation*, 141.

- Haboudane, D., Tremblay, N., Miller, J. R. and Vigneault, P. (2008). Remote estimation of crop chlorophyll content using spectral indices derived from hyperspectral data. *IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing*, 46, 423–437.
- Harris Geospatial. (2016). Raster Color Slices. <https://www.harrisgeospatial.com/docs/ColorSlices.html> Accessed 24 June 2023.
- Harris Geospatial. (2023). Calculate Confusion Matrices. <https://www.harrisgeospatial.com/docs/CalculatingConfusionMatrices.html>, Accessed 24 June 2023.
- Herrmann, I., Pimstein, A., Karnieli, A., Cohen, Y., Alchanatis, V. and Bonfil, D. J. (2011). LAI assessment of wheat and potato crops by VENS and Sentinel-2 bands. *Remote Sensing of Environment*, 115, 2141–2151.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. and Ferreira, L. G., (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195–213.
- Hunt, E. R., Daughtry, C. S. T., Eitel, J. U. H. and Long, D. S. (2011). Remote sensing leaf chlorophyll content using a visible band index. *Agronomy Journal*, 103, 1090–1099.
- Jackson, R. D. and Huete, A. R. (1991). Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 185–200.
- Kaya, Y., Sanli, F. B. and Abdikan, S. (2023). Determination of long-term volume change in lakes by integration of UAV and satellite data: the case of Lake Burdur in Türkiye. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 117729–117747.
- Kaya, Y., Şenol, H. İ., Memduhoğlu, A., Akça, Ş., Ulukavak, M. and Polat, N. (2019). Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1(1), 7-10.
- Kim, B. N., Kim, J. H., Ahn, J. Y., Kim, S., Cho, B. K., Kim, Y. H. and Min, J. (2020). A short review of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 12, 297-304.
- Kusak, L., Unel, F. B., Alptekin, A., Celik, M. O. and Yakar, M. (2021). Apriori association rule and K-means clustering algorithms for interpretation of pre-event landslide areas and landslide inventory mapping. *Open Geosciences*, 13(1), 1226-1244.
- Özgüven, M. M. (2018). Hassas Tarım. *Akfon kitap kırtasiye*, 334s. Ankara. ISBN: 978-605-68762-4-0.
- Ramoelo, A., Skidmore, A. K., Cho, M. A., Schlerf, M., Mathieu, R. and Heitkönig, I. M. A. (2012). Regional estimation of savanna grass nitrogen using the red-edge band of the spaceborne RapidEye sensor. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 151–162.
- Remondino, F. and El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D modelling: a review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269-291.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. and Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA Special Publications*, 351(1), 309.
- Roy, P. S., Ramachandran, R. M., Paul, O., Thakur, P. K., Ravan, S., Behera, M. D., Sarangi, C. and Kanawade, V. P. (2022). Anthropogenic land use and land cover changes—A review on its environmental consequences and climate change. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(8), 1615-1640.
- Şin, B. and Kadioğlu, İ. (2019) İnsansız Hava Aracı (İHA) ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı ot tespitinin yapılması. *Turkish Journal of Weed Science*, 20(2), 211-217
- Snavely, N., Seitz, S. M. and Szeliski, R. (2008). Modeling the world from internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 80, 189-210.
- Sohl, T. and Sleeter, B. (2012). 15 Role of Remote Sensing for Land-Use and Land-Cover Change Modeling. *Remote Sensing of Land Use and Land Cover*, 225.
- Story, M. and Congalton, R. G. (1986) Remote Sensing Brief Accuracy Assessment: A User's Perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 523, 397–399
- Toprak, A. S., Polat, N. and Uysal, M. (2019). 3D modeling of lion tombstones with UAV photogrammetry: a case study in ancient Phrygia (Turkey). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(5), 1973-1976.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.
- Türkseven, S., Kızmaz, M. Z., Tekin, A. B., Urkan, E. and Serim, A. T. (2016). Tarımda dijital dönüşüm, insansız hava araçlarının kullanılması. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 12 (4), 267-271.

- Türkseven, S., Tekin, B., Kızmaz, M. Z., Urkan, E. and Serim, A. T. (2018). İnsansız hava araçları ile pamukta yabancı ot florasının tespit edilme olanakları. *Türkiye VII. Bitki Koruma Kongresi*, 14-17 Kasım 2018, Muğla Türkiye.
- URL-1: <https://www.dji.com/global>
- Uysal, M., Toprak, A. S. and Polat, N. (2013). Photo realistic 3D modeling with UAV: Gedik ahmet pasha mosque in afyonkarahisar. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 659-662.
- Uysal, M., Toprak, A. S. and Polat, N. (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539-543.
- Wang, C. Y., Fang, Z. M., Wang, Z., Zhang, D. L., Gu, L. J., Lee, M. R., Liu, L. and Sung, C. K. (2011). Biological control of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* by application of the endoparasitic fungus *Esteya vermicola*. *BioControl*, 56, 91-100.
- Wang, L., Li, R., Duan, C., Zhang, C., Meng, X. and Fang, S. (2022) A novel transformer based semantic segmentation scheme for fine-resolution remote sensing images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 19,1-5.
- Yakar, M. and Doğan, Y. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(2), 50-55.
- Yakar, M., Ulvi, A., Yiğit, A. Y. and Alptekin, A. (2022). Discontinuity set extraction from 3D point clouds obtained by UAV Photogrammetry in a rockfall site. *Survey Review*, 1-13.
- Yiğit, A. Y. (2020). İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla yol tespiti, Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, Türkiye.
- Yılmaz, H. M., Yakar, M., Mutluoglu, O., Kavurmaci, M. M. and Yurt, K. (2012). Monitoring of soil erosion in Cappadocia region (Selime-Aksaray-Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 66(1), 75-81.
- Yu, L., Li, G., Yu, J., Bao, L., Li, X., Zhang, S. and Yang, J. (2023). Effect of conservation tillage on seedling emergence and crop growth-evidences from UAV observations. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2240164.
- Zhou, L. F., Chen, F. M., Xie, L. Y., Pan, H. Y. and Ye, J. R. (2017). Genetic diversity of pine-parasitic nematodes *Bursaphelenchus xylophilus* and *Bursaphelenchus mucronatus* in China. *Forest Pathology*, 47(4), 12334.

Ips sexdentatus'un Duyarlılığının Maksimum Entropi (MaxEnt) ile Modellenmesi

Gonca Ece ÖZCAN^{1,*}

^{1,*}Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 07.11.2023

Kabul: 08.02.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – İklim değişimi ve buna bağlı faktörlerden en çok etkilenen ormanlardır. İklim değişikliği, konukçu ağaçların ve bunlarla ilişkili olan zararlıların dağılımlarında değişikliğe neden olmaktadır. Ekoloji ve koruma alanındaki planlamacılara yol gösterecek uygulamalar için türlerin coğrafi dağılımlarını belirleyen tahmine dayalı modeller önemlidir. Orman ekosistemlerinde ciddi olumsuzluklara neden olan kabuk böceklerinin her yıl artarak devam eden zararlarının önemli sonuçlar meydana getireceği beklenmektedir. Bu nedenle orman ekosistemlerinde bulunan kabuk böceği türlerinin potansiyel dağılımlarının belirlenmesi sürdürülebilir orman yönetimi açısından oldukça önemlidir. Bu türlerin salgınlarını iklim, topoğrafik ve meşcere parametreleri önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, Maksimum Entropi (MaxEnt) yaklaşımı kullanılarak 19 farklı biyoiklimsel değişken ile kapalılık, yükselti ve eğim değişkenlerini dikkate alarak *Ips sexdentatus*'un zararına ilişkin potansiyel duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Modelin doğruluğu alıcı çalışma karakteristiği (ROC) analizi ile değerlendirilmiş eğitim verilerinde eğri altında kalan alan (Area Under Curve, (AUC)) 0,846; test verilerinde ise 0,855 olarak hesaplanmıştır. *Ips sexdentatus*'un duyarlılık haritasında model sonucunu en çok etkileyen parametrenin kapalılık olduğu ve modelin %68.5'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Bunun yanında kapalılık, eğim ve en nemli ayın yağış miktarı değişkenlerinin toplu olarak modelin %88.4'ünü oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca, çalışma alanının %51.6'sı *Ips sexdentatus* istilası açısından riskli kategoride yer almaktadır. Bu çalışmanın sonuçları *Ips sexdentatus*'un izlenmesi ve mücadele stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda diğer salgın yapma potansiyeline sahip kabuk böceği türlerinin yönetimi için bir öngörü oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler – Kabuk böceği, MaxEnt, duyarlılık haritası, iklim değişimi, ROC analizi, *Ips sexdentatus*

Modeling the Susceptibility of *Ips sexdentatus* with Maximum Entropy (MaxEnt)

^{1,*}Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Kastamonu, Türkiye

Article History

Received: 07.11.2023


Accepted: 08.02.2024

Published: 23.04.2024

Research Article

Abstract – Forests are most affected by climate change and related factors. Climate change causes changes in the distribution of host trees and their associated pests. Predictive models that determine the spatial distributions of species are important for applications that will guide planners in the field of ecology and conservation. It is predicted that the ever-increasing damage of bark beetles, which cause significant negativities in forest ecosystems, will have serious consequences. Therefore, determining the potential distributions of bark beetle species in forest ecosystems is important for sustainable forest management. Climate, topographic and stand parameters significantly affect the epidemics of these species. In this study, a potential susceptibility map for the damage of *Ips sexdentatus* was created using the Maximum Entropy (MaxEnt) approach, taking into account 19 different bioclimatic, crown closure, elevation, and slope variables. The accuracy of the model was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) analysis. AUC was 0.846 in the training data, and it was calculated as 0.855 in the test data. In the susceptibility map of *Ips sexdentatus*, it was determined that the variable that most affected the model result was crown closure, which constituted 68.5% of the model. In addition, it was observed that the variables of crown closure, slope, and precipitation of the wettest month collectively included 88.4% of the model. In addition, 51.6% of the study area is in the risk category regarding *I. sexdentatus* invasion. The results of this study will contribute to monitoring *Ips sexdentatus* and determining control strategies. It will also provide insight for the management of other bark beetle species with epidemic potential.

Keywords – Bark beetle, MaxEnt, susceptibility map, climate change, ROC analysis, *Ips sexdentatus*

¹  goncaece@kastamonu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Sürdürülebilir orman yönetimini, biyolojik çeşitliliği, ekosistem hizmetlerini dolayısıyla orman ekosistemlerini olumsuz olarak etkileyen (Choi ve Park, 2019) orman zararlılarının dağılımını etkileyen ana faktörlerden biri iklimdir (Volney vd., 2000). İklim değişikliğinin türlerin popülasyon dalgalanmaları üzerindeki etkisi oldukça karmaşık (Johnson ve Haynes, 2023) olup iklim değişikliğinin, orman zararlılarının salgınlarının sıklığının ve yoğunluğunun artmasına ve salgının yönünün değişmesine neden olabileceği tahmin edilmektedir (Jactel vd., 2019; Johnson ve Haynes, 2023).

Sıcaklık artışının meydana gelmesi ve iklim anormalliklerinin artması kabuk böceği (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) salgınlarını tetiklemekte (Marini vd., 2019) ve çok sayıda ağaç ölümlerine neden olmaktadır (Kamińska vd., 2021). Bu türlerin popülasyonlarında meydana gelen artış, iklim değişikliğine özellikle de sıcaklıkların yükselmesine bağlanmaktadır (Bentz vd., 2010). Şiddetli yaz kuraklıklarının meydana gelmesinden sonra kabuk böceği zararlarının arttığı analizler ile belirlenmiştir (Nardi vd., 2023). Bu durumun böceğin iklim koşulları nedeniyle tercih etmediği ekosistemlere yayılmasına neden olacağı açıktır (Buotte vd., 2016; Seidl vd., 2008). Kabuk böcekleri özellikle iğne yapraklı ormanlar için oldukça büyük tehdit içermektedir (Evangelista vd., 2011) ve son yıllarda ormanlarda salgınların şiddeti, yoğunluğu ve dağılımı oldukça artmıştır (Dale vd., 2001, Schelhaas vd., 2003).

Kabuk böceklerinden *Ips sexdentatus* (Böerner) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) Avrasya'da geniş ormanlık alanlara yayılmıştır (Gil ve Pajares 1986; Jeger vd., 2017). Düşük popülasyon seviyesinde zayıf ve ölmekte olan ağaçları konukçu olarak seçerken Winter vd., 2015), biotik ve abiyotik faktörler nedeniyle üremeleri için uygun koşulları oluşması durumunda salgın oluşturarak sağlıklı ağaçlara da saldırabilmektedir (Gil ve Pajares 1986; Romon vd., 2007; Rossi vd., 2009). Türkiye'de karaçam, sarıçam, ladin ve göknar ormanlarında zararı bulunmaktadır (Oymen, 1992; Özcan et al. 2011, Yüksel ve Akbulut 2005). Ancak zararlıların mekansal dağılımı üzerine iklim değişikliğinin neden olacağı etkiler hala tam olarak anlaşılammıştır (Hansen vd., 2020). Uygun iklim ve topoğrafik koşullar ile meşcere parametreleri kabuk böceği risk değerlendirilmelerinde oldukça önemli faktörlerdir (Bentz vd., 2010, Jenkins vd., 2014; Jaime vd., 2022; Özcan vd., 2022).

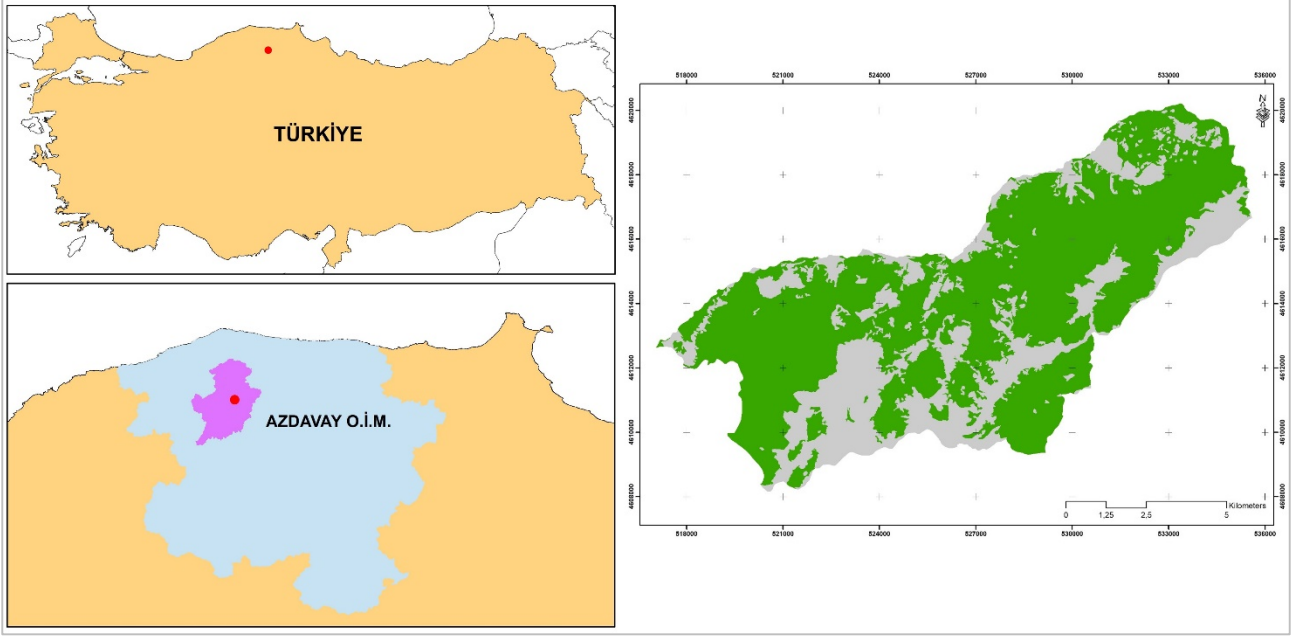
Tahmine dayalı modeller birçok disiplinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yates vd., 2018). Bunlardan ekolojik tahmin modellemeleri bir ekosistemin gelecekteki durumunu ekolojik bilgi, veri ve yöntemler ile ortaya koymayı amaçlamaktadır (Luo vd., 2011). Bu kapsamda canlı organizmaların mekansal dağılımının modellenmesi için en popüler algoritmalarından biri olan (Lissovsy ve Dudov 2021; Phillips vd., 2006; Phillips ve Dudik, 2008;) ve bitki, böcek ve mantarların dağılım çalışmalarında tercih edilen (Moat vd., 2017) Maksimum Entropy (MaxEnt) modeli yüksek tahmin performansına sahip olması nedeniyle (Fitzgibbon vd., 2022; Olivera vd., 2020; Phillips vd., 2017) orman zararlılarının ve özellikle kabuk böceklerinin potansiyel dağılımını tahmin etmede tercih edilmektedir (González-Hernández vd., 2020; Negrete vd., 2020; Økland vd., 2019; Sivrikaya ve Özcan, 2023; Sivrikaya vd., 2023; Sarikaya vd., 2018; Wu vd., 2002). Bu çalışmada, saf ve karışık karaçam meşcerelerinde yükselti, kapalılık, eğim ve bioklimatik faktörler ile ilişkili olarak *Ips sexdentatus*'un istilalarına hassas olan alanları belirlemek için MaxEnt yaklaşımı ile potansiyel duyarlılık haritaları oluşturulmuştur. Geliştirilen modelin doğruluğu alıcı çalışma karakteristiği (ROC) analizi ile ortaya koyulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Azdavay Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kirazdağı Orman İşletme Şefliğinde gerçekleştirilmiştir. Kirazdağı Orman İşletme Şefliği coğrafi konum olarak UTM koordinat sistemine göre (WGS 84 Datum, 36 Zone) 517000-535650 doğu boylamları ile 4608000-4620250

kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının toplam alanı 10106.0 ha olup alanın %71'i (7125.9 ha) ormanlık alan vasfındadır. Ormanlık alanın ise %71'i (5034.3 ha) normal kapalı, %29'u (2091.6 ha) ise boşluklu kapalı ormandır. Planlama birimindeki hakim ağaç türleri karaçam (*Pinus nigra*), sarıçam (*Pinus sylvestris*), göknar (*Abies nordmanniana*), kayın (*Fagus orientalis*) ve meşe (*Quercus* ssp.) türleridir. Çalışma alanındaki saf ve karışık karaçam meşcerelerinde 2008-2018 yılları arasında yoğun olarak *I. sexdentatus*'un neden olduğu zarar ve kuruma kaydı bulunmamaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Materyal ve Yöntem

Ips sexdentatus'un zararına ilişkin 10 yıllık (2008-2018) kayıtlar Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM), Kirazdağı Orman İşletme Şefliğinin “Orman Zararlıları ile Mücadele Projesi” cetvellerinden ve Orman Koruma Şubesinin arazi çalışmalarından elde edilmiştir. Düzenlenen bu projeler kullanılarak Kirazdağı Orman İşletme Şefliğinin *I. sexdentatus* zararı görülen alanlar meşcere haritasına işlenmiş ve bu meşcerelerden ArcGIS 10.6 ortamında 54 adet var verisi nokta katmanı olarak elde edilmiştir. Biyoklimatik değişkenler (BIO 1, BIO 2, BIO 3, BIO 4, BIO 5, BIO 6, BIO 7, BIO 8, BIO 9, BIO 10, BIO 11, BIO 12, BIO 13, BIO 14, BIO 15, BIO 16, BIO 17, BIO 18 ve BIO 19) WorldClim web sitesinden 750 m konumsal çözünürlükte raster formatında ücretsiz olarak sağlanmıştır (WorldClim, 2023). 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM, Digital Elevation Model), <https://earthexplorer.usgs.gov> (USGS, 2023) adresinden ücretsiz olarak indirilmiştir. DEM verileri kullanılarak ArcGIS 10.6 yazılımında yükseklik ve eğim haritaları üretilmiştir. Sayısal meşcere haritası ise Kastamonu OBM'den temin edilmiş ve kapalılık haritası bu meşcere haritasından üretilmiştir (Tablo 1). Değişkenlerin çözünürlükleri farklılık gösterdiğinden tüm değişkenler, bilinear resampling yaklaşımı kullanılarak ArcGIS ortamında 30 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Tüm CBS uygulamaları ArcGIS 10.6 yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1

Çalışmada kullanılan değişkenler

Kod	Değişken Adı	Birimi
KP	Kapalılık	%
YK	Yükselti	m
EG	Eğim	%
BIO 1	Yıllık Ortalama Sıcaklık	°C
BIO 2	Günlük ortalama değişim aralığı	°C
BIO 3	İzotermalite	%
BIO 4	Mevsimsel sıcaklık	°C
BIO 5	En Sıcak Ayın Maksimum Sıcaklığı	°C
BIO 6	En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı	°C
BIO 7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı	°C
BIO 8	En nemli ilk üç ayın ortalama sıcaklığı	°C
BIO 9	En kurak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı	°C
BIO 10	En sıcak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı	°C
BIO 11	En soğuk ilk üç ayın ortalama sıcaklığı	°C
BIO 12	Yıllık Yağış miktarı	mm
BIO 13	En nemli ayın yağış miktarı	mm
BIO 14	En kurak ayın yağış miktarı	mm
BIO 15	Mevsimsel yağış miktarı	%
BIO 16	En nemli ilk üç ayın yağış miktarı	mm
BIO 17	En kurak ilk üç ayın yağış miktarı	mm
BIO 18	En sıcak ilk üç ayın yağış miktarı	mm
BIO 19	En soğuk ilk üç ayın yağış miktarı	mm

2.3. Maksimum Entropy (MaxEnt) Modeli

Tür dağılım modellerinde en iyi performansı gösterdiği ve yalnızca var verilerine dayandığından dolayı (Elith vd., 2006; Phillips vd., 2006), bu çalışmada *Ips sexdentatus*'un belirlenen çalışma alanındaki potansiyel dağılımını belirlemek için maksimum entropi yaklaşımı (MaxEnt) tercih edilmiş ve MaxEnt 3.4.4 programı kullanılmıştır (Steven vd., 2023). MaxEnt modelinde bağımlı ve bağımsız olmak üzere iki değişken girişi vardır (Muttaqin vd., 2019) ve bu model çevresel değişkenleri bağımsız değişken, türlerin dağılım noktalarını bağımlı değişken olarak kullanarak potansiyel tür dağılımlarını modelleyebilmektedir (Elith vd., West vd., 2016).

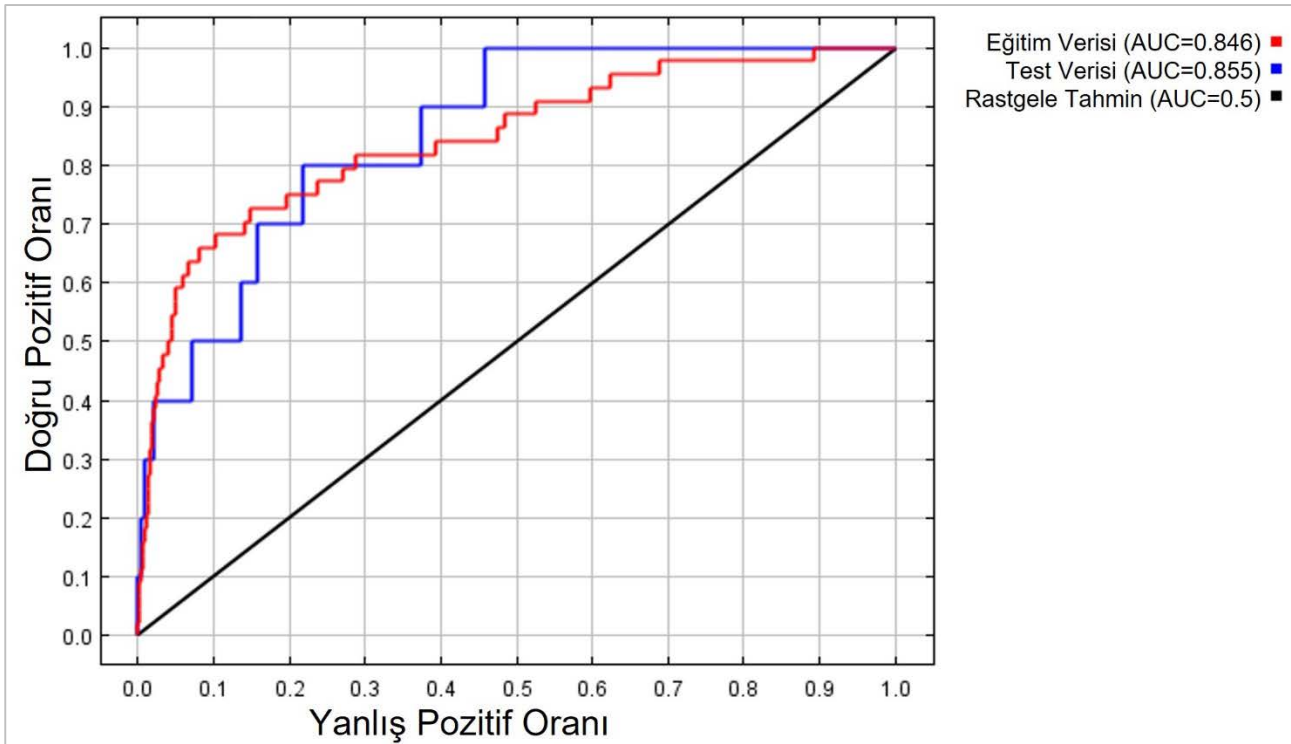
MaxEnt modelini oluşturmak için öncelikle veri setleri hazırlanmıştır. Bu çalışmada 19 adet biyoklimatik değişken ile yükseklik, eğim ve kapalılık olmak üzere toplam 22 adet bağımsız değişken kullanılmıştır. Yükselti (Salinas Moreno vd., 2004; Williams vd., 2014; Özcan vd., 2022), eğim ve bakı (Sproull vd., 2017, Özcan vd., 2022) değişkenleri kabuk böceği istilasını etkileyen önemli faktörlerden olduğu için bu çalışmada kullanılmıştır. Değişkenler arasında güçlü bir korelasyonun varlığı, modelin aşırı uyumuna (overfitting) neden olmakta ve bu durum da tahminlerin doğruluğunu olumsuz etkilemektedir (Méndez-Encina vd., 2021). Bu nedenle değişkenler arasındaki korelasyonu değerlendirmek için Pearson korelasyon katsayısı (r) kullanılmıştır. ArcGIS 10.6'daki Band Collection Statistics modeli kullanılarak, 0,90'dan büyük korelasyona sahip değişkenler modelden çıkartılmıştır (Yusup vd., 2018). Tahmine dayalı modellerin en önemli aşamalarından biri performanslarının değerlendirilmesidir. Modele dayalı tahminleri doğrulamak için en popüler yöntemlerden biri, olasılıksal ve deterministik modellerin kesinliğini sıralayan ve bunları karşılaştıran ROC eğrisi analizidir (Peterson, 2008). Bu nedenle bu çalışmada duyarlılık haritasının doğruluğu ROC analizi ile değerlendirilmiştir. Eğri altındaki alan (AUC, Area Under the Curve), ROC analizinde tahmin doğruluğunu değerlendirmede yaygın olarak kullanılan bir göstergedir. ROC analizinde en iyi sonuç, 0 ile 1 arasında değişen en yüksek AUC puanına sahip olmaktır. AUC puanının 1 olması, modelin mükemmel olduğunu ifade

etmektedir. AUC puanını kategorize etmek için genellikle beş kategori kullanılır: zayıf (0.5-0.6), orta (0.6-0.7), iyi (0.7-0.8), çok iyi (0.8-0.9) ve mükemmel (0.9-1.0) (Polo Miot, 2020; Craig vd., 2014). Geliştirilen modelde değişkenlerin katkı oranlarını belirlemek için ise Jackknife testi kullanılmıştır. Böcek zararına ilişkin var verilerinin %75'i model geliştirmek için, % 25'i ise model doğruluğunun test edilmesi için kullanılmıştır. Model sonucu elde edilen harita ArcGIS 10.6 yazılımında Jenks natural breaks sınıflandırma yöntemine göre düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört ayrı kategoride sınıflandırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Değişkenler arasında aşırı uyum riskini minimize etmek için yapılan korelasyon analizi sonucunda 14 değişkenin diğer değişkenlerle güçlü bir korelasyon ($>0,90$) gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre *I. sexdentatus*'a duyarlı meşcereleri belirlemek için sekiz ayrı ilişkisiz değişken kullanılmıştır. Bu değişkenler izotermalite (BIO 3), en nemli ilk üç ayın ortalama sıcaklığı (BIO 8), en nemli ayın yağış miktarı (BIO 13) ve en sıcak ilk üç ayın yağış miktarı (BIO 18), yükselti (YK), eğim (EG) ve kapalıdır (KP).

Belirlenen ilgili değişkenler kullanılarak geliştirilen MaxEnt modelinin doğruluğu ROC analizi ile gerçekleştirilmiştir. ROC analiz sonuçlarına göre eğitim verilerinde AUC 0,846 ve test verilerinde ise 0,855 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre geliştirilen modelin doğru çok yüksek olup oluşturulacak kabuk böceği duyarlılık haritasının ormancılık yönetim, işletme ve koruma faaliyetlerinde kullanılabilirliğini göstermektedir (Şekil 2).



Şekil 2. *Ips sexdentatus* duyarlılık modeli için ROC analizi

Farklı kabuk böceklerinin tür dağılım modellerinin alıcı çalışma karakteristiği (ROC) analizi ile yapılan doğruluk değerleri AUC 0,705 (Sivrikaya ve Özcan, 2023), 0,739 (Sivrikaya vd., 2023), 0,931 (González-Hernández vd., 2020), 0,978 ve 0,966 (Li vd., 2021), 0,75'ten yüksek (Jaime vd., 2019), 0,088 (Sarıkaya vd., 2018) bulunmuştur. Bu çalışmada olduğu gibi kabuk böcekleri için yapılan tür dağılım modellerinin iyi bir performans doğruluğuna sahip olduğu görülmektedir.

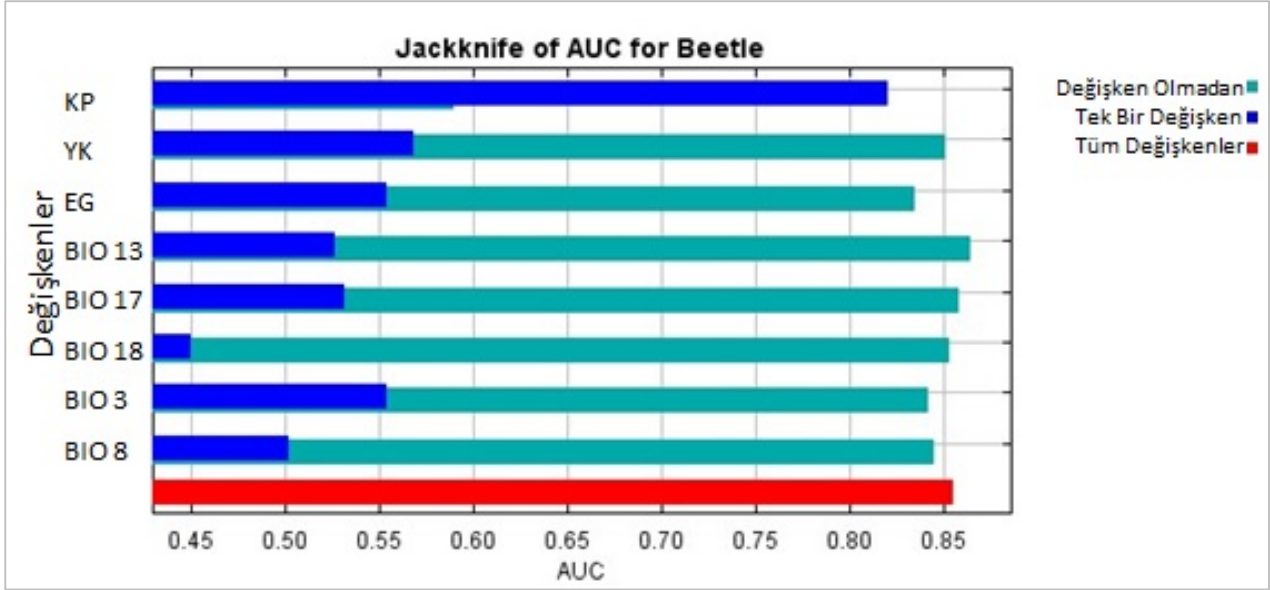
MaxEnt'e göre *I. sexdentatus*'un duyarlılık haritasında model sonucunu en çok etkileyen parametrenin kapalılık olduğu ve modelin %68.5'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. BIO13, EG, BIO 17, YK, BIO 3, BIO 8 ve BIO 18 değişkenlerinin katkısı ise sırasıyla %13.5, %6.4, %4.1, %3.3, %1.7, %1.4 ve %1.1'dir. Bunun yanında KP, BIO 13 ve EG değişkenleri toplam olarak modelin %88.4'ünü oluşturmaktadır. Kabuk böceği duyarlılığı için en yüksek permütasyon önemine sahip ilk üç değişken KP (%59.6), BIO 13 (%11.5) ve BIO 18 (%9.4)'dir (Tablo 2).

Tablo 2
Model değişkenlerin katkısı ve önem yüzdesi

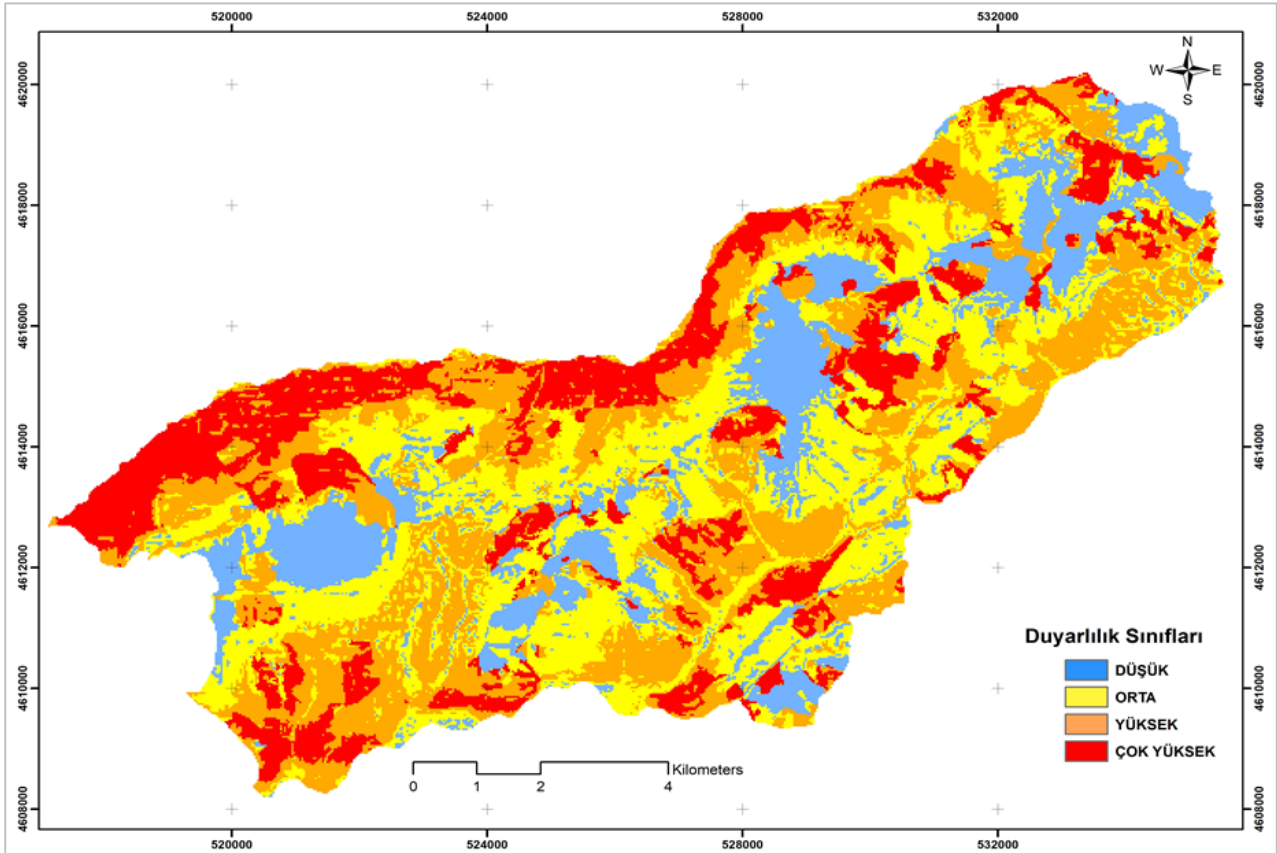
Değişkenler	Yüzdeler Katkı (%)	Permütasyon Önemi (%)
KP	68.5	59.6
BIO 13	13.5	11.5
EG	6.4	7.4
BIO 17	4.1	8
YK	3.3	0
BIO 3	1.7	3.1
BIO 8	1.4	1.1
BIO 18	1.1	9.4
Toplam	100	100

Sadece bioklimatik iklim değişkenleri ile yapılan MaxEnt modellemesinde “yıllık ortalama sıcaklık” *Ips sexdentatus*'a duyarlı karaçam meşcerelerinin belirlenmesinde en etkili faktör olarak bulunmuştur (Sivrikaya ve Özcan, 2023). Diğer kabuk böceklerinden biri olan *Pityokteines curvidense* duyarlı alanlarda ise MaxEnt ve AHP modellerine göre meşcere karışımı, NDVI ve yükseklik en önemli faktörler olduğu ifade edilmektedir (Sivriya vd., 2023). MaxEnt yaklaşımı ile *Dendroctonus mexicanus*'un mekansal dağılımının modellendiği çalışmada ise tür için en duyarlı alanların belirlenmesinde en önemli faktörün sıcaklık olduğu belirlenmiştir (González-Hernández vd., 2020). Yayılış yaptığı bölgelerde *Ips calligraphus* ve *I. grandicollis* için ise en kurak ilk üç ayın yağış miktarı ve yıllık yağış modele en önemli katkı sağlayan faktörler olarak bulunmuştur (Li d., 2021). *I. amitinus* için ise MaxEnt tahmininin %70,8'ini açıklayan en etkili iklim değişkenleri, yılın en sıcak üç ayının ortalama sıcaklıkları, Temmuz ayının maksimum sıcaklığı, ağustos ayının toplam aylık yağışı miktarı ve ocak ayının minimum sıcaklık miktarları olmuştur (Økland vd., 2019). *Ips mannsfeldi*'nin bugün ve gelecekteki dağılımının modellendiği çalışmada model için en önemli faktörün yükseklik olduğu belirtilmiştir (Sarıkaya vd., 2018).

Eğitim veri setini kullanan Jackknife analizinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Jackknife yöntemine göre modelde yer alan değişkenler arasında KP, YK, BIO 3 ve EG değişkenlerinin maksimum düzeyde etki gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3). KP değişkeninin modele tek başına katkısının en yüksek olduğu görülmüştür. *Ips sexdentatus* ve *Tomicus piniperda*'nın MaxEnt ile yapılan dağılım modellemesinde ise değişkenlerin göreceli katkısı ve jackknife testine göre, her iki tür içinde en soğuk ilk üç ayın ortalama sıcaklığı modele en yüksek katkıyı yapmıştır. Bunu en kurak ilk üç ayın ortalama sıcaklığı, mevsimsel sıcaklık ve izotermalite takip etmiştir (Jaime vd., 2019).

Şekil 3. *Ips sexdentatus* için Jacknife testi

Ips sexdentatus'un duyarlılık haritası MaxEnt modeline göre oluşturulmuştur (Şekil 4). Oluşturulan harita düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört ayrı duyarlılık sınıfına ayrılmıştır.

Şekil 4. *Ips sexdentatus* duyarlılık haritası

Buna göre çalışma alanının %17.2'i, %31.2'si, %31.8'i ve %19.8'i düşük, orta, yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıflarında yer almaktadır (Tablo 3). Alanının %31,8'i yüksek ve %19,8'i ise çok yüksek duyarlılık sınıfında bulunmaktadır.

Tablo 3

Ips sexdentatus duyarlılık haritasının alansal dağılımı

Duyarlılık Sınıfları	Alan	
	ha	%
Düşük	1733.3	17.2
Orta	3157.8	31.2
Yüksek	3210.7	31.8
Çok Yüksek	2004.2	19.8
Toplam	10106.0	100.0

Diğer bir ifadeyle çalışma alanının % 51.6'sı riskli kategoride bulunmakta ve bu durum alanın *Ips sexdentatus* riski açısından duyarlı olduğunu göstermektedir. Benzer diğer bir çalışmada çalışma alanının büyük bir kısmının kabuk böceği istilasına karşı duyarlı alanlar olduğu belirtilmiştir (Sivrikaya ve Özcan, 2023).

4. Sonuçlar

İklim değişikliği başta olmak üzere pek çok faktör ağaç ölümlerine ve dolayısıyla ciddi ekonomik kayıplara neden olan kabuk böceklerinin dağılımını etkilemektedir. Zararın olduğu ormanlarda bu türlere karşı duyarlı olan meşcerelerin belirlenmesi yönetim ve mücadele stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Bu çalışmada *I. sexdentatus* zararına karşı duyarlı alanların belirlendiği modelde kapalılık en etkili faktör olarak bulunmuştur. ROC eğrisi altındaki alandır (AUC) tür modelleme yöntemlerinin performanslarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada ROC analiz sonuçlarına göre eğitim verilerinde AUC 0,846 ve test verilerinde ise 0,855 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca alanın yarısından fazlasının bu türe karşı hassas olduğu duyarlılık haritasında belirlenmiştir. Model sonucunu en çok etkileyen parametrenin kapalılık olduğu ve modelin %68.5'ini oluşturduğu ortaya konulmuştur. Bunun yanında kapalılık, eğim ve en nemli ayın yağış miktarı değişkenlerinin toplu olarak modelin %88.4'ünü oluşturduğu görülmüştür. Çalışma alanının kabuk böceklerinden *Ips sexdentatus* zararına duyarlı olması nedeniyle bu alanda zararlıya karşı gerekli önlemlerin alınması ve salgın oluşmasını önlemek amacıyla zararlının izlenmesi önemlidir.

Teşekkür

Ips sexdentatus'un zararına ilişkin veriler ve sayısal meşcere haritası için Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Kirazdağı Orman İşletme Şefliğine ve Orman Koruma Şubesinin tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Bentz, B.J., Régnière J., Fettig, C.J., Hansen, E.M., Hayes, J.L., Hicke, J.A., Kelsey, R.G., Negrón, J.F., Seybold, S.J. (2010). Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects. *BioScience*, 60 (8), 602–613. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.6>
- Buotte, P.C., Hicke, J.A., Preisler, H.K., Abatzoglou, j.T., Raffa, K.F., Logan, J.A. (2016). Climate influences on whitebark pine mortality from mountain pine beetle in the Greater Yellowstone Ecosystem. *Ecological Applications*, 26(8), 2507-2524. <https://doi.org/10.1002/eap.1396>
- Choi, W.I., Park, Y S. (2019). Monitoring, assessment and management of forest insect pests and

- diseases. *Forests*, 10(10), 865. <https://doi.org/10.3390/f10100865>
- Craig, E., Bland, R., Ndirangu, J., Reilly, J.J. (2014). Use of mid-upper arm circumference for determining overweight and overfatness in children and adolescents. *Archives of disease in childhood*, 99(8), 763-766. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2013-305137>
- Dale, V. H., Joyce, L.A., McNulty, S.M., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., Hanson, P.J., Irland, L.C., Lugo, A.E., Peterson, C.J., Simberloff, D., Swanson, F.J., Stocks, B.J., Wotton, B.M. 2001. Climate change and forest disturbances: climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51(9), 723-734. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2)
- Elith, J., Kearney, M., Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1(4), 330-342. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x>
- Evangelista, P.H., Kumar, S., Stohlgren, T.J., Young, N.E. (2011). Assessing forest vulnerability and the potential distribution of pine beetles under current and future climate scenarios in the Interior West of the US. *Forest Ecology and Management*, 262(3), 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.036>
- Fitzgibbon, A., Pisut, D., Fleisher, D. (2022). Evaluation of Maximum Entropy (Maxent) machine learning model to assess relationships between climate and corn suitability. *Land*, 11(9), 1382. <https://doi.org/10.3390/land11091382>
- Gil, L., Pajares, J.A. (1986). Los escoltados de las coníferas en la Península Ibérica. *Monografías INIA*, (53), 194.
- González-Hernández, A., Morales-Villafaña, R., Romero-Sánchez, M.E., Islas-Trejo, B., Pérez-Miranda, R. (2020). Modelling potential distribution of a pine bark beetle in Mexican temperate forests using forecast data and spatial analysis tools. *Journal of Forestry Research*, 31(2), 649-659. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0858-4>
- Hansen, B.B., Grøtan, V., Herfindal, I., Lee, A.M. (2020). The Moran effect revisited: spatial population synchrony under global warming. *Ecography*, 43(11), 1591-1602. <https://doi.org/10.1111/ecog.04962>
- Jactel, H., Koricheva, J., Castagneyrol, B. (2019). Responses of forest insect pests to climate change: not so simple. *Current Opinion in Insect Science*, 35, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.010>
- Jaime, L., Batllori, E., Margalef-Marrase, J., Navarro, M. Á. P., Lloret, F. (2019). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) mortality is explained by the climatic suitability of both host tree and bark beetle populations. *Forest Ecology and Management*, 448, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.070>
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Miret, J.A.J., MacLeod, A., Navarro, M.N., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Van Bruggen, S., Werf, W.V., West, J., Winter, S., Kertész, V., Aukhojee, M., Grégoire, J.C. (2017). Pest categorisation of *Ips sexdentatus*. *EFSA Journal*, 15(11), 4999. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4999>
- Jenkins, M.J., Hebertson, E.G., Munson, A.S. (2014). Spruce beetle biology, ecology and management in the Rocky Mountains: an addendum to spruce beetle in the Rockies. *Forests*, 5(1), 21-71. <https://doi.org/10.3390/f5010021>
- Johnson, D.M., Haynes, K.J. (2023). Spatiotemporal dynamics of forest insect populations under climate change. *Current Opinion in Insect Science*, 53, 101020. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101020>
- Kamińska, A., Lisiewicz, M., Kraszewski, B., Stereńczak, K. (2021). Mass outbreaks and factors related to the spatial dynamics of spruce bark beetle (*Ips typographus*) dieback considering diverse management regimes in the Białowieża forest. *Forest Ecology and Management*, 498, 119530. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119530>
- Li, Y., Johnson, A. J., Gao, L., Wu, C., Hulcr, J. (2021). Two new invasive Ips bark beetles

- (Coleoptera: Curculionidae) in mainland China and their potential distribution in Asia. *Pest Management Science*, 77(9), 4000-4008. <https://doi.org/10.1002/ps.6423>
- Lissovsky, A.A., Dudov, S.V. (2021). Species-distribution modeling: advantages and limitations of its application. 2. MaxEnt. *Biology Bulletin Reviews*, 11(3), 265-275.
- Luo, Y., Ogle, K., Tucker, C., Fei, S., Gao, C., LaDeau, S., Clark, J.S., Schimel, D.S. (2011). Ecological forecasting and data assimilation in a data-rich era. *Ecological Applications*, 21, 1429–1442. <https://doi: 10.1890/09-1275.1>
- Marini, L., Ayres, M.P., Battisti, A., Faccoli, M. (2012). Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change*, 115, 327-341.
- Méndez-Encina, F.M., Méndez-González, J., Mendieta-Oviedo, R., López-Díaz, J.Ó., Nájera-Luna, J.A. (2021). Ecological niches and suitability areas of three host pine species of bark beetle *Dendroctonus mexicanus* Hopkins. *Forests*, 12(4), 385. <https://doi.org/10.3390/f12040385>
- Moat, J., Williams, J., Baena, S., Wilkinson, T., Gole, T.W., Challa, Z.K., Demissew, S., Davis, A.P. (2017). Resilience potential of the Ethiopian coffee sector under climate change. *Nature Plants*, 3, 17081
- Muttaqin, L. A., Murti, S. H., Susilo, B. (2019, November). MaxEnt (Maximum Entropy) model for predicting prehistoric cave sites in Karst area of Gunung Sewu, Gunung Kidul, Yogyakarta. In *Sixth Geoinformation Science Symposium* (Vol. 11311, pp. 87-95). SPIE.
- Nardi, D., Jactel, H., Pagot, E., Samalens, J.C., Marini, L. (2023). Drought and stand susceptibility to attacks by the European spruce bark beetle: A remote sensing approach. *Agricultural and Forest Entomology*, 25(1), 119-129. <https://doi.org/10.1111/afe.12536>
- Negrete, L., Lenguas Francavilla, M., Damborenea, C., Brusa, F. (2020). Trying to take over the world: potential distribution of *Obama nungara* (Platyhelminthes: Geoplanidae), the Neotropical land planarian that has reached Europe. *Global Change Biology*, 26, 4907–4918. <https://doi.org/10.1111/gcb.15208>
- Økland, B., Flø, D., Schroeder, M., Zach, P., Cocos, D., Martikainen, P., Siitonen, J., Mandelshtam, M.Y., Musolin, D.L., Neuvonen, S., Vakula, J., Nikolov, C., Lindelöw, Å., Voolma, K. (2019). Range expansion of the small spruce bark beetle *Ips amitinus*: a newcomer in northern Europe. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(3), 286-298. <https://doi.org/10.1111/afe.12331>
- Olivera, L., Minghetti, E., Montemayor, S.I. (2020). Ecological niche modeling (ENM) of *Leptoglossus clypealis* a new potential global invader: Following in the footsteps of *Leptoglossus occidentalis*? *Bulletin Entomological Research*, 111, 289–300
- Oymen, T. (1992). The forest scolytidae of Turkey. *Journal of Faculty of Forestry. Istanbul U. A*, 42, I, 77–91.
- Özcan, G.E., Eroğlu, M., Alkan-Akıncı, H. (2011). Use of pheromone-baited traps for monitoring *Ips sexdentatus* (Boerner) (Coleoptera: Curculionidae) in oriental spruce stands. *African Journal of Biotechnology*, 10, (72), 16351-16360. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1709>
- Özcan, G.E., Sivrikaya, F., Sakici, O.E., Enez, K. (2022). Determination of some factors leading to the infestation of *Ips sexdentatus* in crimean pine stands. *Forest Ecology and Management*, 519, 120316. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120316>
- Peterson, A. T., Papeş, M., Soberón, J. (2008). Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological modelling*, 213(1), 63-72. <https://doi:10.1016/j.ecolmodel.2007.11.008>
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., Blair, M.E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40: 887–893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S.J., Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161–175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>

- Polo, T.C.F., Miot, H.A. (2020). Use of ROC curves in clinical and experimental studies. *Jornal Vascular Brasileiro*, 19. <https://doi:10.1590/1677-5449.200186>
- Romon, P., Zhou, X., Iturrondobeitia, J.C., Wingfield, M.J., Goldarazena, A. (2007). Ophiostoma species (Ascomycetes: Ophiostomatales) associated with bark beetles (Coleoptera: Scolytinae) colonizing *Pinus radiata* in northern Spain. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(6), 756-767. <https://doi.org/10.1139/W07-001>
- Rossi, J.P., Samalens, J.C., Guyon, D., van Halder, I., Jactel, H., Menassieu, P., Piou, D. (2009). Multiscale spatial variation of the bark beetle *Ips sexdentatus* damage in a pine plantation forest (Landes de Gascogne, Southwestern France). *Forest Ecology and Management*, 257, 1551–1557. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.12.012>
- Salinas-Moreno, Y., Mendoza, M.G., Barrios, M.A., Cisneros, R., Macias-Samano, J., Zuniga, G. (2004). Aerography of the genus *Dendroctonus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Mexico. *Journal of Biogeography*, 31, 1163-1177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01110.x>
- Sarikaya, O., Karaceylan, I.B., Sen, I. (2018). Maximum entropy modeling (maxent) of current and future distributions of *Ips mannsfeldi* (Wachtl, 1879) (Curculionidae: Scolytinae) in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3), 2527-2535. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1603_25272535
- Schelhaas, M., Nabuurs, G., Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9:1620–1633. <http://doi:10.1046/j.1529-8817.2003.00684.x>
- Seidl, R., Rammer, W., Jeaeger, D., Lexer, M.J. (2008). Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management*, 256(3), 209–20. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.002>
- Sivrikaya, F., & Özcan, G. E. (2023). Modeling spatial distribution of bark beetle susceptibility using the maximum entropy approach. *Intercontinental Geoinformation Days*, 6, 105-109.
- Sivrikaya, F., Özcan, G. E., Enez, K. (2023). Predicting the susceptibility to *Pityokteines curvidens* using GIS with analytical hierarchy process and, maximum entropy models in fir forests. In *Analytic Hierarchy Process-Models, Methods, Concepts, and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1001074>
- Sproull, G.J., Bukowski, M., McNutt, N., Zwijacz-Kozica, T., Szwagrzyk, J. (2017). Landscape-level spruce mortality patterns and topographic forecasters of bark beetle outbreaks in managed and unmanaged forests of the Tatra Mountains. *Polish Journal of Ecology*, 65, 24–37. <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2017.65.1.003>
- Steven J. Phillips, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2023-10-26.
- U.S. Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov/>, 2021. (accessed 3 March 2023).
- Volney, W.J.A., Fleming, R.A. (2000). Climate change and impacts of boreal forest insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82 (1-3), 283–294. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00232-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00232-2)
- West, A.M., Kumar, S., Brown, C.S., Stohlgren, T.J., Bromberg, J. (2016). Field validation of an invasive species Maxent model. *Ecological Informatics*, 36, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.11.001>
- Williams, K.K., McMillin, J.D., DeGomez, T.E., Clancy, K.M., Miller, A. (2014). Influence of elevation on bark beetle (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) community structure and flight periodicity in ponderosa pine forests of Arizona. *Environmental Entomology*, 37 (1), 94-109. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[94:IOEOBB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[94:IOEOBB]2.0.CO;2)
- Winter, M.B., Baier, R., Ammer, C. (2015). Regeneration dynamics and resilience of unmanaged mountain forests in the Northern Limestone Alps following bark beetle induced spruce dieback.

- European Journal of Forest Research*, 134, 949–968. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0901-3>
- Worldclim 2023. Global Climate Data, Version 2 (Free climate data for ecological modeling and GIS). <http://worldclim.org/version2>.
- Wu, Z., Gao, T., Luo, Y., Shi, J. (2022). Prediction of the global potential geographical distribution of *Hylurgus ligniperda* using a maximum entropy model. *Forest Ecosystems*, 9:100042. <https://doi.org/10.1016/j.fecs.2022.100042>
- Yates, K.L., Bouchet, P.J., Caley, M.J., Mengersen, K., Randin, C. F., Parnell, S., Fielding, A.H., Bamford, A.J., Ban, S., Barbosa, A.M., Dormann, C.F., Elith, J., Embling, C.B., Ervin, G.N., Fisher, R., Gould, S., Graf, R.F., Gregr, E.J., Halpin, P.N., Heikkinen, R.K., Heinänen, S., Jones, A.R., Krishnakumar, P.K., Lauria, V., Lozano-Montes, H., Mannocci, L., Mellin, C., Mesgaran, M.B., Moreno-Amat, E., Mormede, S., Novaczek, E., Opper, S., Crespo, G.O., Peterson, A.T., Rapacciuolo, G., Roberts, J.J., Ross, R.E., Scales, K.L., Schoeman, D., Snelgrove, P., Sundblad, G., Thuiller, W., Torres, L.G., Verbruggen, H., Wang, L., Wenger, S., Whittingham, M.J., Zharikov, Y., Zurell, D., Sequeira, A.M.M. (2018). Outstanding challenges in the transferability of ecological models. *Trends in Ecology & Evolution*, 33(10), 790-802.
- Yusup, S., Sulayman, M., Ilghar, W., Zhang, Z. X. (2018). Prediction of potential distribution of *Didymodon* (Bryophyta, Pottiaceae) in Xinjiang based on the MaxEnt model. *Plant Science Journal*, 36(4), 541-553.
- Yüksel, B., Akbulut, S. (2005). Doğu Ladini ormanlarında *Ips sexdentatus* (Boern.)'un doğal düşmanlarının belirlenmesi. *Journal of Faculty of Forestry, Istanbul University*. 55, (2), 59-70.

Ornithofauna of Bartın Sökü Wildlife Development Area

İlkan KALKAN¹, Nuri Kaan ÖZKAZANÇ^{2,*}

¹ Amasya Regional Directorate of Forestry, Alaçam Forest Management Directorate, Kuruçay Forest Management Chief, 55800, Samsun, Türkiye

^{2,*} Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 23.11.2023

Accepted: 13.02.2024

Published: 23.04.2024

Research Article



Abstract – Birds, which are important elements of biodiversity, are also an indicator of an ecosystem. However, this is only possible by knowing the bird species living in each region and their population densities. For this purpose, this study that we did, have based on two years of field observations. As a result of the observations and field studies carried out by point counting and line counting methods on nine different test routes, the species identified were identified, and their densities and their status in the area were determined. Guidebooks were used to determine the species obtained of from the observations. As a result of the study, 53 different bird species belonging to 11 orders and 23 families were identified in the study area. Among the bird species identified, the Passeriformes order is the most common order in the area, with 34 different species, followed by the Falconiformes order, with five different species. They were identified species from Muscicapidae 8, Fringillidae 5, Paridae 4, Turdidae 4, Corvidae 3, Motacillidae 2, Sylviidae 2 and other families 1 in the Passeriformes order. In addition, 34 species identified in the area were native, 13 were summer migrants, 3 were winter migrants, and the remaining 3 were transit birds. Although it is a protected area, the intensive use of this area for wood production and the high hunter pressure in the area has been identified as the most important problems affecting the populations of bird species in the region. Determining the bird species of the Sökü Wildlife Development Area, where large mammal wild animals were previously identified, will contribute to other biodiversity studies to be carried out in the region.

Keywords – Sökü Wildlife Development Area, bird, ornithofauna, biodiversity

Bartın Sökü Yaban Hayatı Geliştirme Sahasının Ornitofaunası

¹ Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Alaçam Orman İşletme Müdürlüğü, Kuruçay Orman İşletme Şefliği, 55800, Samsun, Türkiye

^{2,*} Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 23.11.2023

Kabül: 13.02.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi

Özet – Biyolojik çeşitliliğin önemli unsurlarından olan kuşlar aynı zamanda bir ekosistemin göstergesidir. Ancak bu durum her bölgede yaşayan kuş türleri ve onların popülasyon yoğunluklarının bilinmesi ile mümkün olmaktadır. Bu amaçla yaptığımız bu çalışma yaklaşık 2 yıllık arazi gözlemlerine dayanmaktadır. Dokuz farklı deneme güzergahta nokta sayım ve hat boyu sayım yöntemleri yapılan gözlem ve arazi çalışmaları sonucunda tespit edilen türlerin teşhisleri yapılmış, alandaki yoğunlukları ile yine alandaki statüleri belirlenmiştir. Gözlem sonucunda elde edilen türlerin belirlenmesinde rehber niteliği taşıyan kitaplardan yararlanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda çalışma alanında 11 takıma bağlı, 23 familyaya dahil 53 farklı kuş türü tespit edilmiştir. Tespit edilen kuş türlerinden Passeriformes takımı 34 farklı tür ile alandaki en yaygın takımı oluştururken, bunu 5 farklı türün tespit edildiği Falconiformes takımı izlemektedir. Passeriformes takımında ise sırası ile Muscicapidae familyası 8, Fringillidae 5, Paridae 4, Turdidae 4, Corvidae 3, Motacillidae ve Sylviidae familyaları 2 diğeri ise 1'er tür olarak belirlenmiştir. Ayrıca alanda tespit edilen türlerin 34'ü yerli, 13'ü yaz göçmeni, 3'ü tür kış göçmeni ve kalan 3'ü ise transit geçiş kuşu olarak gözlemlenmiştir. Bir korunan alan olmasına rağmen bu sahanın aynı zamanda odun üretimi açısından çok yoğun olarak kullanılması ve saha da avcı baskısının çok olmasının bölgedeki kuş türlerinin popülasyonlarını etkileyen en önemli problem olarak tespit edilmiştir. Daha öncesinde büyük memeli yaban hayvanlarının tespit edildiği Sökü Yaban Hayatı Geliştirme Sahası'nın kuş türlerinin belirlenmesi bölgede yapılacak olan diğer biyolojik çeşitlilik çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler– Sökü Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, kuş, ornitofauna, biyolojik çeşitlilik

¹  kalkanilk@hotmail.com

²  nozkazanc@bartin.edu.tr

*Corresponding Author / Sorumlu Yazar

1. Introduction

It is estimated that there are approximately 18,000 species of birds, which constitute an important class of the living world (Synider, 2016), and that the world population of these species is approximately between 200 billion and 400 billion (Gaston and Blackburn, 1997). However, it is reported that about 95% of today's birds have been identified, and many new species or subspecies may emerge in some studies conducted by examining bird feathers (Synider, 2016). Birds are part of the world's species diversity and have some ecological functions such as pest control and natural seed transportation (Tabur and Ayvaz, 2010). It is possible to list the benefits of birds for the ecosystem as cleaning carrion and waste, controlling the populations of harmful species, pollination, and seed dispersal (Şekercioğlu, 2006). In particular, the return of many fruit seeds eaten by birds to the soil with feces and their germination is very effective in plant geographical distribution and spread (Tabur and Ayvaz, 2010). In addition, it is also known that some bird species bury plant seeds in the soil for different purposes and contribute to the growth of many trees in forests (Çanakçıoğlu and Mol, 1996). Species change in birds, a crucial ecosystem indicator, differentiation of migrations, and changes in populations provide us with information about ecosystem changes (Şekercioğlu et al., 2007).

With its different geographical structure and ecosystem characteristics, Türkiye has a biodiversity that stands out in the Palearctic region. Özay and Özkazanç (2022) reported the number of bird species in Türkiye as 491, it has now reached 500, with 9 species added to the fauna today (URL1). However, 38 of these species have not been seen in Türkiye for a long time. The Türkiyehigh number of species in Türkiye is because two bird migration routes from Europe to Africa pass through Anatolia, which is the most important (Dizdaroğlu, 2015). However, despite the high species diversity, the low population levels of many species are seen as an essential problem for our country. On a global scale, nearly 200 bird species have been negatively affected for different reasons in the last three hundred years (Tabur and Ayvaz, 2010). In the 20th century, the causes of this increasing extinction (Turan, 1990) were listed by Özkazanç and Özay (2019) as human activities, increased natural enemies, abnormal climatic conditions, and natural disasters.

It is possible to observe birds which with a wide range of life areas and habitat preference characteristics between 0-6,000 meters altitude. These values can sometimes reach up to 11,500 meters during migration (Özay and Özkazanç, 2022). Wordatlas (2019) lists the highest altitudes that some species can reach during migration as follows; stork 4,800 m., coastal mud snipe 6,000 m., mallard duck 6,500 m., bearded vulture 7,300 m., mountain crow 8,000 m., swan 8,200 m., red vulture 11,300 m.

Birds, which have adapted to many different ecosystems, from poles to deserts, from dunes to wetlands, from steppes to forests, can increase both their species diversity and their populations in that area depending on the habitat quality (Özay and Özkazanç, 2022). Forested areas have a very important place among the birds' habitats due to their size and the different life characteristics they harbor.

Observing and studying birds, which are in integrity with human beings in many moments of life, has become the passion of many people from past to present. Birdwatching, which started to spread in the early 1800s, is based on watching and observing birds in their natural habitat. This activity, which has gradually increased over time, has become an ecotourism activity that even governments support (Lee et al., 2010). The birdwatching activity, which is carried out with two different methods, consists of the point count method, which is done by hiding at specific points, and the transect or along-line count method, which is done by walking on designated routes (Bibby et al., 2000; Buckland, 2006; Hamel et al., 1996; Ralph et al., 1997).

In this context, to determine the spatial and temporal analysis of bird species in our country, bird species and population sizes living in many different ecosystems have been investigated, and different data belonging to the birds of that region have been obtained. Some of these studies conducted in the last ten years are given in Table 1.

Table 1

In the last ten years, some ornithofauna studies have been conducted at the provincial level in Türkiye.

Autor	Year	Provincial	R	SM	WM	T	Total
Kızılkaya et al.	2013	Denizli	49	39	29	35	162
Topal	2014	Kocaeli	28	13	3		44
Kızılkaya	2014	Denizli	50	39	23	20	132
			51	35	18	23	127
Aslan	2015	Kastamonu					54
İliker et al.	2015	Kırıkkale	93	82	51	37	263
Kaya	2015	Edirne	47	37	17		101
Yaşa	2015	Kocaeli	42	21	22	8	93
Uğış et al.	2016	Kastamonu	8	8		1	17
			9	10	1	2	22
Uysal	2016	Çanakkale	60	59	55	52	226
Avcı et al..	2017	Muş	55	68	14	11	144
Aksan and Mert	2016	Isparta	47	5	4	43	99
Özkazanç	2016	Bartın	13	27		10	50
Azizoğlu and Adızel	2017	Hakkari	29	61	8	26	124
Çelik and Durmuş	2017	Van	32	49	4	6	91
Türnüklü	2017	Afyonkarahisar	56	51	13	25	145
Barış	2017	Mardin	49	52	14	26	111
Günay	2017	Çanakkale	38	1	1	59	99
Ünal	2017	Hatay				29	45
Şirin and Kızılocak	2017	Tekirdağ	45	31	3	6	98
Tunç	2017	Antalya	69	73	31	26	199
Cenger	2018	Muş	59	74	21	18	172
Acar	2018	Bitlis-Muş	51	22	92	8	173
Atabey	2018	Diyarbakır	28	12	23	9	73
Azizoğlu	2018	İstanbul	38	32	74	55	199
Süel et al.	2018	Burdur	42	18	11	1	72
Çelik	2018	Batman	98	64	17	9	188
Simsar	2019	Afyon	49	25	17	17	108
Alar and Nergiz	2019	Artvin	34	32	3	19	88
Büyük	2019	Adıyaman	35	16	15	6	73
Keten et al..	2019	Düzce	39	33	18	39	129
Albağ	2019	İstanbul	53			115	171
Fındık	2019	İzmir	36	25	17	12	90
Yılmaz	2019	İstanbul	41	20	12	35	108
Baykan	2019	Çankırı	115	56	6	5	182
Özkazanç et al.	2019	Eskişehir	103	78	24	5	210
Yaşa	2020	Kocaeli	29	8	4	2	43
Doğan	2020	Tekirdağ	43	25	22	28	118
Bağrıaçık	2020	Van	34	45	2	8	89
Öztemel	2021	Balıkesir	26	7	4	14	51
		Hatay	26	15	4	9	54
		Kırklareli	19	13	10	25	67
Aydın	2021	Bolu	81	49	8	19	165
Uysal and Uysal	2021	Çanakkale	35	30	43	46	154
Çelik	2021	İzmir	83	81	57	48	269
Çoban and Özmen	2022	Giresun	51	36	34	56	181
Gök and Adıgüzel	2022	Van	42	64	7	28	141
Doğan	2022	Çanakkale					83
Gökşen	2022	Adıyaman	24	41		7	72
Zehiroğlu	2022	İstanbul					94
Buruk	2022	Trabzon	24	51	15	42	132
Özten	2022	Burdur	38	21	20	26	105
Özay and Özkazanç	2022	Eskişehir	100	76	21	6	206
Urhan et al.	2022	Denizli	58	35	16	34	143
Mengen	2023	Trabzon	42	29	23	26	120
Oran	2023	Sakarya	44	15	12		88
Atille	2023	Van	10	59	9	11	89

R: Resistant, SM: Summer migration, WM: Winter migration T: Transit

As can be seen, bird species identified in studies conducted in different regions differ in number and status. In this context, Bartın-Ulus Sökü Wildlife Development Area, where the study was conducted, is in a very important position in terms of both habitat and wildlife diversity. Previously, Özkazanç et al. (2017) investigated the mammalian wild animals in the area and identified 12 large mammals at the end of the study. However, a study to determine the bird species in the area, which is a very important protected area for our country and the Western Black Sea region, has not been conducted before. In this context, this study was conducted to determine the bird species distributed in the area.

2. Material and Method

2.1. Material

In the field studies conducted to identify bird species in the study area, 10x42 binoculars, x60 bird telescope, digital cameras, 150-600 mm and 400 mm tele objective lenses, hiding tents, and nets were used to observe, identify and document the species. GPS was used to determine the observation points and paths along the lines, and a notebook was used to record field data, weather, time, and other information about the observation day. Bird identification guides were used to identify and verify the observed birds such as Turan (1990), Svensson et al. (2016), Porter et al. (1996), Furtun (2021), Kiziroğlu (2009).

2.2. Study area

Sökü Wildlife Development Area, which was declared as a wildlife development area with the decision of the Council of Ministers published in the Official Gazette dated 26.10.2005 and numbered 26310, covers an area of 6374,31 hectares within the administrative borders of Bartın and Karabük provinces. In terms of forest management, approximately 95% of the area, which is located within the service area of Ulus Forest Management Directorate, consists of beech and fir forests and yellow pine, larch, oak, hornbeam, ash, poplar, yew, maple, plane, and walnut trees are also encountered. Although it is located in the Black Sea climate zone, winters in the study area are very harsh, and snow thickness reaches 2-3 meters. The site's highest point, where the average elevation is 1400 m, is Erenler Hill, with an altitude of 1700 m (Özkazanç et al., 2017) (Figure 1).

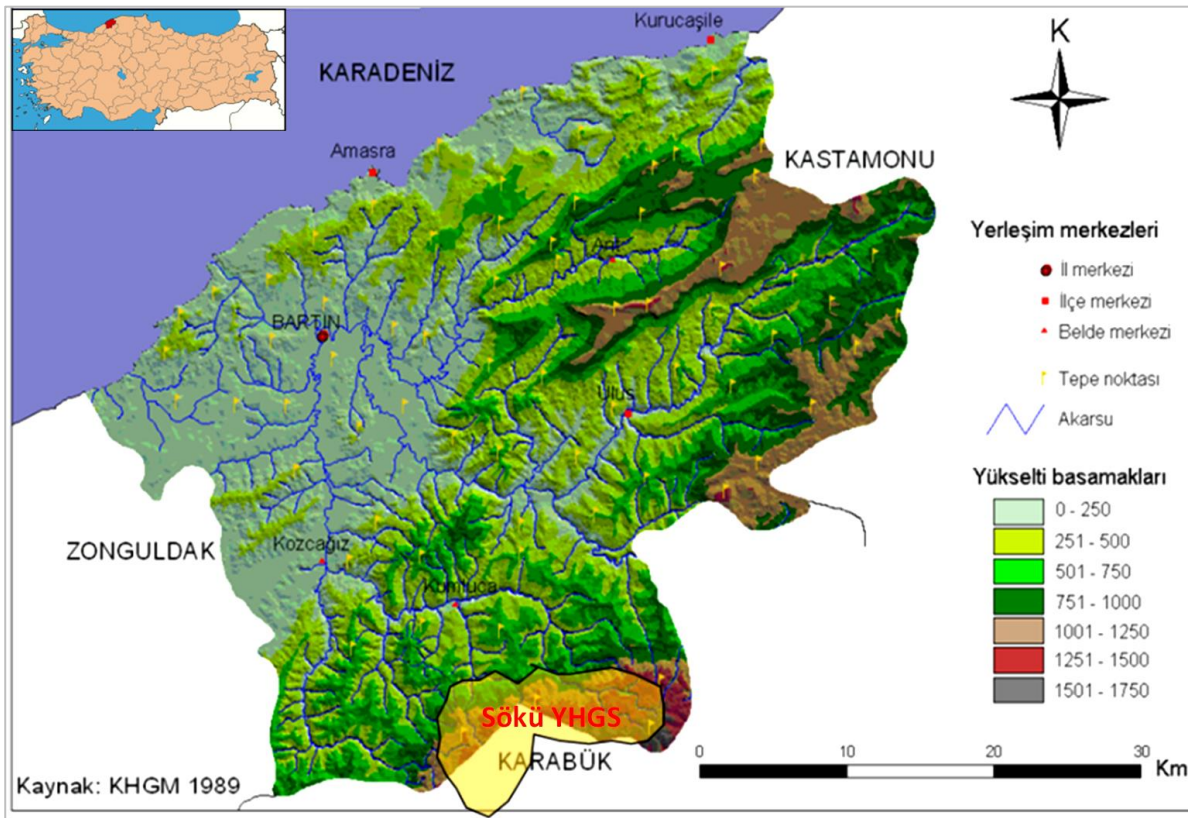


Figure 1. Sökü Wildlife Development Area geographical location.

2.3. Method

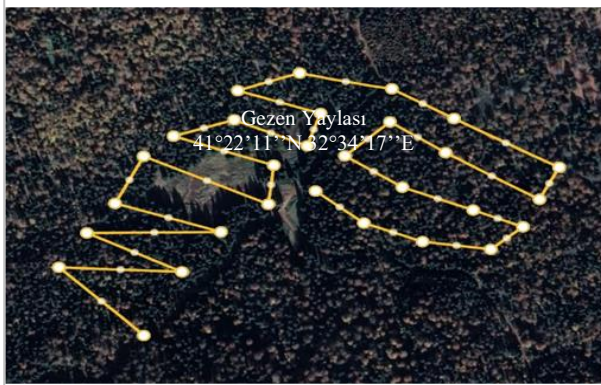
Two different methods were used to identify bird species in the study area: point count and along-the-lines count. These methods were defined according to the same principles by Ralph et al., 1997, Hamel et al., 1996, Bibby et al., 2000, and Buckland, 2006. The point count method is applied by waiting under camouflage tents or nets at predetermined points in the area. Depending on the characteristics of the area, not only the species but also the characteristics of the use of the area by birds are determined during the observations made by waiting for one or several hours. In the transect or line count method, birds were observed walking briskly from a point or, where applicable, moving vehicle. When this method was applied, species were stopped when they were seen, and information about the species seen was recorded in the field notebook. Depending on the nature of the terrain and the weather conditions, short-term point counting methods were also applied by stopping every 1/2, 1, or 1.5 hours or every 1, 2, or 3 km and taking breaks of 30-45 or 60 minutes. Photographs were taken to document the bird species observed in both methods.

Line length counting method was performed on nine different routes in the study area, and these routes are given in Figure 2.



Route 1

Route 2



Route 3



Route 4



Route 5



Route 6

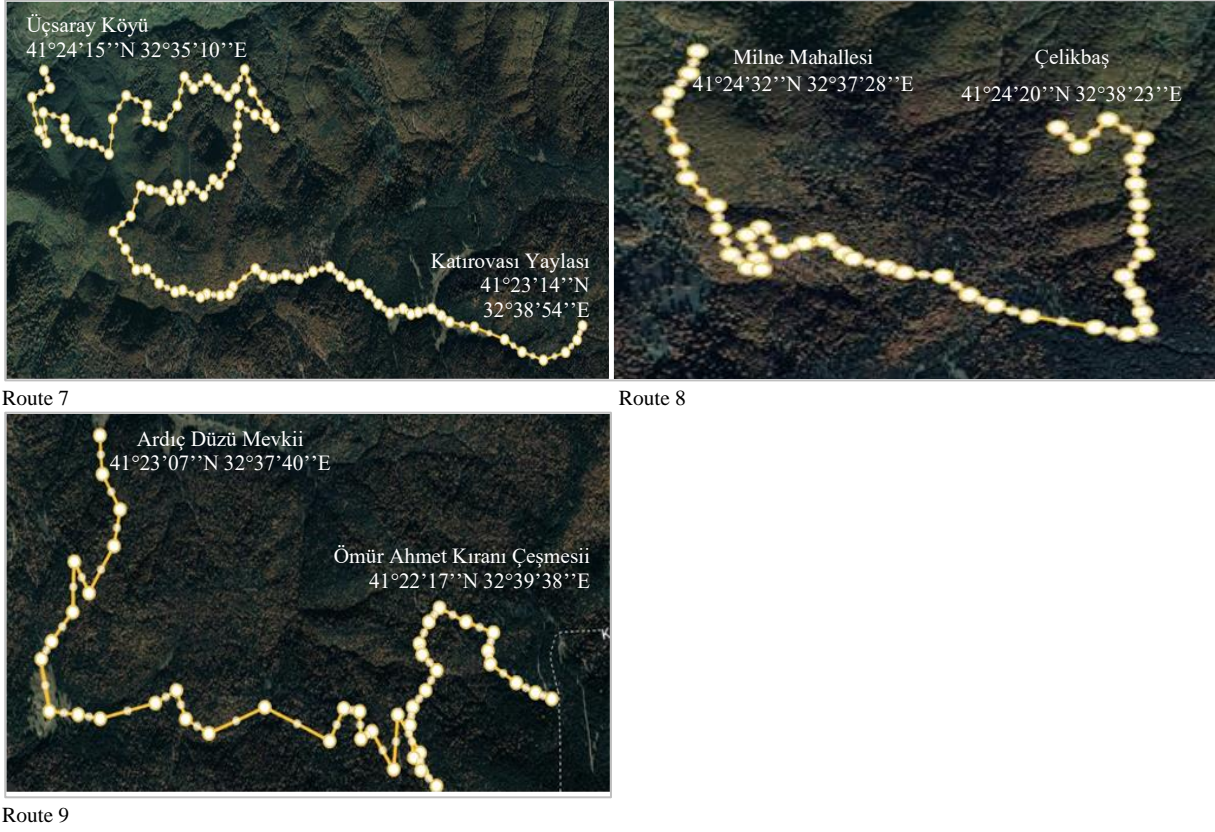


Figure 2. Routes used in the line length counting method.

3. 3. Results and Discussion

As a result of the field studies and bird observations in Sökü Wildlife Development Area, 53 different bird species from 23 families belonging to 11 orders were identified. The observation information of the identified bird species, their characteristics in the area, and their global scale status are given in Table 2.

Table 2

Bird species detected in Sökü Wildlife Conservation Area and their status

Ordo	Family	Latin	Common name	IUCN*	Cites	Route	Status*
APODIFORMES	Apodidae	<i>Apus melba</i> (L.)	Alpine Swift	LC	-	1	SM
CHARADRIIFORMES	Scolopacidae	<i>Scolopax rusticola</i> L.	Eurasian Woodcock	LC	-	1	WM
CICONIIFORMES	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i> L.	Grey Heron	LC	-	9	R
		<i>Ciconia nigra</i> (L.)	Black Stork	LC	List II	7-9	SM
COLUMBIFORMES	Columbidae	<i>Columba livia</i> Gmelin,	Rock Dove	LC	-	1	R
		<i>Columba palumbus</i> L.	Common Wood Pigeon	LC	-	1-2	R
		<i>Streptopelia turtur</i> (L.)	European Turtle Dove	LC	-	1-2	SM
CORACIIFORMES	Upupidae	<i>Upupa epops</i> (L.)	Eurasian Hoopoe	LC	-	2-9	SM
CUCULIFORMES	Cuculidae	<i>Cuculus canorus</i> L.	Common Cuckoo	LC	-	1-2-4	SM
		<i>Accipiter gentilis</i> (L.)	Northern Goshawk	LC	List II	1	R
		<i>Accipiter nisus</i> (L.)	Eurasian Sparrowhawk	LC	List II	1	R
FALCONIFORMES	Accipitridae	<i>Buteo buteo</i> (L.)	Common Buzzard	LC	List II	1-2-3-4-5-6-7-8-9	R
		<i>Falco peregrinus</i> Tunstall	Peregrine Falcon	LC	List I R	1	R
		<i>Falco subbuteo</i> L.	Eurasian Hobby	LC	List II	1	SM

Table 2
(continues)

Ordo	Family	Latin	Common name	IUCN*	Cites	Route	Status*	
GRUIFORMES	Gruidae	<i>Grus grus</i> (L.)	Common Crane	LC	List II	1	T	
	Aegithalidae	<i>Aegithalos caudatus</i> (L.)	Long-tailed Tit	LC	-	2-3-4	R	
	Corvidae		<i>Corvus corax</i> L.	Northern Raven	LC	-	1-2-3- 4-5-6- 7-8-9	R
			<i>Corvus corone</i> L.	Hooded Crow	LC	-	1-3-4- 8	R
			<i>Garrulus glandarius</i> (L.)	Eurasian Jay	LC	-	1-2-4- 8	R
			<i>Carduelis carduelis</i> (L.)	European Goldfinch	LC	-	1-2	R
			<i>Carduelis chloris</i> (L.)	European Greenfinch	LC	-	1-2-4	R
	Fringillidae		<i>Pyrrhula pyrrhula</i> (L.)	Eurasian Bullfinch	LC	-	1	R
			<i>Fringilla coelebs</i> L.	Common Chaffinch	LC	-	1-2-3- 4-5-6- 7-8-9	R
			<i>Fringilla montifringilla</i> (L.)	Brambling	LC	-	3-8	WM
			<i>Hirundo rustica</i> L.	Barn Swallow	LC	-	1-2-4- 6-7-9	SM
	Laniidae	<i>Lanius collurio</i> L.	Red-backed Shrike	LC	-	1-2	SM	
	Motacillidae		<i>Motacilla alba</i> L.	White Wagtail	LC	-	1-2-6- 7-9	R
			<i>Motacilla cinerea</i> Tunstall	Grey Wagtail	LC	-	1-2-7- 9	R
			<i>Erithacus rubecula</i> (L.)	European Robin	LC	-	1-2-9	R
			<i>Ficedula semitorquata</i> (Homeyer)	Semicollared Flycatcher	LC	-	1	SM
			<i>Ficedula albicollis</i> (Temminck)	Collared Flycatcher	LC	-	1	T
			<i>Luscinia megarhynchos</i> Chr. L. Brehm;	Common Nightingale	LC	-	1	SM
			<i>Muscicapa striata</i> (Pallas)	Spotted Flycatcher	LC	-	1-2	SM
	ASSERIFORMES	Muscicapidae		<i>Phoenicurus ochruros</i> (Gmelin)	Black Redstart	LC	-	1
			<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (L.)	Common Redstart	LC	-	1	SM
			<i>Saxicola rubetra</i> (L.)	Whinchat	LC	-	5	T
			<i>Parus ater</i> L.	Coal Tit	LC	-	3-8	R
Paridae			<i>Parus caeruleus</i> L.	Eurasian Blue Tit	LC	-	1-2	R
			<i>Parus major</i> L.	Great Tit	LC	-	1-2	R
			<i>Parus palustris</i> L.	Marsh Tit	LC	-	1	R
Passeridae		<i>Passer domesticus</i> (L.)	House Sparrow	LC	-	1-2-9	R	
Sittidae		<i>Sitta europaea</i> L.	Eurasian Nuthatch	LC	-	9	R	
Sylviidae			<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot)	Common Chiffchaff	LC	-	1-2	SM
			<i>Regulus regulus</i> (L.)	Goldcrest	LC	-	1-2-4	R
Troglodytidae			<i>Troglodytes troglodytes</i> L.	Eurasian Wren	LC	-	1-2	R
			<i>Turdus merula</i> L.	Common Blackbird	LC	-	1-2-3- 4-5-6- 7-8-9	R
Turdidae		<i>Turdus philomelos</i> Chr. L. Brehm	Song Thrush	LC	-	1-2-4- 9	R	
		<i>Turdus pilaris</i> L.	Fieldfare	LC	-	1	WM	
		<i>Turdus viscivorus</i> L.	Mistle Thrush	LC	-	1-2-4- 5-6-7- 9	R	

Table 2
(continues)

Ordo	Family	Latin	Common name	IUCN*	Cites	Route	Status*
PICIFORMES		<i>Dendrocopos major</i> (L.)	Great Spotted Woodpecker	LC	-	1-2-9	R
	Picidae	<i>Dendrocopos minor</i> (L.)	Lesser Spotted Woodpecker	LC	-	1	R
		<i>Picus viridis</i> L.	European Green Woodpecker	LC	-	1-2	R
STRIGIFORMES	Strigidae	<i>Strix aluco</i> L.	Tawny Owl	LC	List II	1-2-9	R

LC: Least concern, R: Resistant, SM: Summer migration, WM: Winter migration T: Transit

At the end of the studies, 34 of the 53 bird species identified in the area are members of the Passeriformes order. With five different species, Falconiformes order ranked second, while Columbiformes 3, Ciconiiformes 2, and Piciformes 2 were represented respectively in the area with species. Only one species was identified from the other orders (Figure 3). The distribution of the species in Passeriformes, where most species were found, according to families, is as follows. Muscicapidae 8, Fringillidae 5, Paridae 4, Turdidae 4, Corvidae 3, Motacillidae and Sylviidae 2, others 1 species.

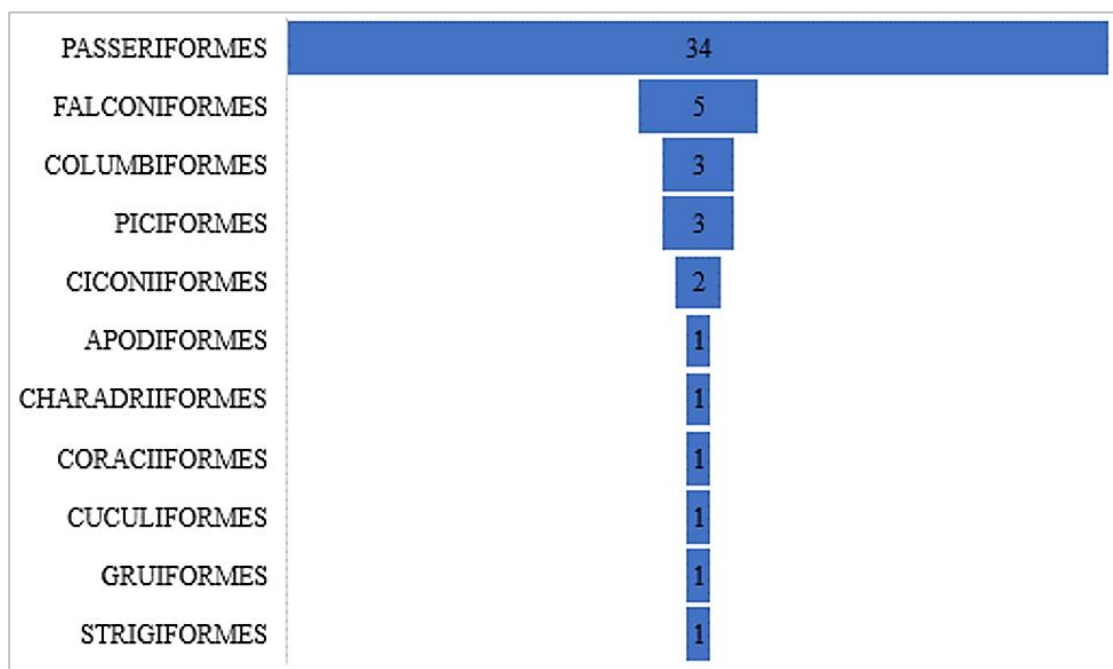


Figure 3. Distribution of the species identified in the study area according to orders

Among the species detected during the study, *Buteo buteo* (L.), *Corvus corax* L., *Fringilla coelebs* L., and *Turdus merula* L. were the most common species seen at all locations. *Corvus corone* L., *Garrulus glandarius* (L.), *Hirundo rustica* L., *Motacilla alba* L., *Motacilla cinerea* Tunstall, *Turdus philomelos* Chr. L. Brehm and *Turdus viscivorus* L. are common species in at least four and at most eight different routes. Other species were seen in 1-3 additional and are relatively rarely observed in the area.

In the studies conducted, it is seen that each different route and observation point differ in terms of species diversity. Route 1, where 45 other bird species were observed, was the route with the most species. This route was followed by Route 2, where 29 species were observed; Route 9, where 17 species were observed; and Route 4, where 13 species were observed. Route 5, where six different bird species were observed, was the route with the least number of species.

Although all bird species detected are at LC, i.e., low-risk level in the IUCN red list, it is also reported in the IUCN data that the world populations of these species are scale declining globally. The field status of the bird species identified in the Sökü Wildlife Development Area is 34 species as native, 13 species as summer migrants, three species as winter migrants, and three species as transit species. However, the most important

record for the region is that *Ciconia nigra*, which is included in the species protection and monitoring program in many areas, is breeding in the area (Figure 4).



Apus melba (L.)



Scolopax rusticola L.



Ardea cinerea L.



Ciconia nigra (L.)



Columba livia Gmelin,



Columba palumbus L.



Streptopelia turtur (L.)



Upupa epops (L.)



Cuculus canorus L.



Accipiter gentilis (L.)



Accipiter nisus (L.)



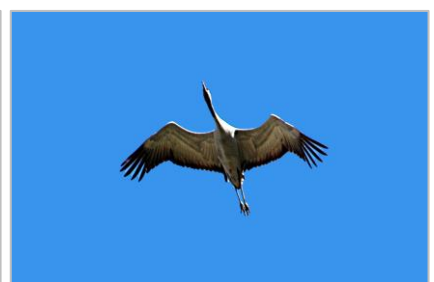
Buteo buteo (L.)



Falco peregrinus Tunstall



Falco subbuteo L.



Grus grus (L.)



Aegithalos caudatus (L.)



Corvus corax L.



Corvus corone L.



Garrulus glandarius (L.)



Carduelis carduelis (L.)



Carduelis chloris (L.)



Pyrrhula pyrrhula (L.)



Fringilla coelebs L.



Fringilla montifringilla (L.)



Hirundo rustica L.



Lanius collurio L.



Motacilla alba L.



Motacilla cinerea Tunstall



Erithacus rubecula (L.)



Ficedula semitorquata (Homeyer)



Ficedula albicollis (Temminck)



Luscinia megarhynchos Chr. L. Brehm;



Muscicapa striata (Pallas)



Phoenicurus ochruros (Gmelin)



Phoenicurus phoenicurus (L.)



Saxicola rubetra (L.)



Parus ater L.



Parus caeruleus L.



Parus major L.



Parus palustris L.



Passer domesticus (L.)



Sitta europaea L.



Phylloscopus collybita (Vieillot)



Regulus regulus (L.)



Troglodytes troglodytes L.

*Turdus merula* L.*Turdus philomelos* Chr. L. Brehm*Turdus pilaris* L.*Turdus viscivorus* L.*Dendrocopos major* (L.)*Dendrocopos minor* (L.)*Picus viridis* L.*Strix aluco* L.

Figure 4. Photographs of the detected birds

4. Results

Sökü Wildlife Development Area, which is a very important protected area in terms of fauna richness in the Western Black Sea region, has shown its importance with 53 different bird species identified by us, apart from the 12 large mammal species (Özkazanç et al., 2017). During the field studies, line and point count methods were used to identify bird species. As a result of our studies, the most common group among 53 bird species from 23 families belonging to 11 orders was Passeriformes, with 34 other species. Of the bird species identified, 34 were native, 13 were summer migrants, 3 were winter migrants, and 3 were transit species. However, the most important record for the region is that *Ciconia nigra*, which is included in the species protection and monitoring program in many areas, is breeding in the area. In addition, *Buteo buteo* (L.), *Corvus corax* L., *Fringilla coelebs* L., and *Turdus merula* L. are the most common species of the area as the species detected at all observation points.

However, although Sökü Wildlife Development Area is an important protected area and a bird sanctuary for the region; it is under tremendous pressure due to intensive forest use and human activities. Increasing pollution and environmental degradation, poaching, and excessive wood production are among this area's most critical problems. In addition to environmental degradation due to excessive wood production, the continuation of forest cutting in April and May, which coincides with the breeding period of many bird species, the temporary accommodation of forest workers in the area, the high noise emitted by motorized vehicles and tools used in tree cutting and transportation significantly prevent these activities of birds and mammalian wild animals that enter the breeding period in this area. In addition, the felling of trees causes severe damage to potential nesting sites for many bird species.

Another critical factor threatening the wildlife in the area is poaching. Poachers, who mostly come to the area to hunt roe deer or deer, threaten the bird species in the area, especially the species' nesting or mating activities, especially the species' nesting or mating activities in the breeding period, which are significantly reduced.

To protect the birds and other wild animals distributed in the area and to carry out the area in a systematic control mechanism, a permanent protection center should be established, and sufficient personnel should be provided. Also:

- Forestry activities in the area should be limited and controlled,
- Increase incentives for non-forestry work in the region, opening different income opportunities for the local people,
- Prevention of temporary and permanent constructions by slaughter workers and the so-called say van,
- Establishing wildlife observation towers and permanent stations at different points in the region and carrying out its principal activities in the area,
- Controlling illegal hunting and increasing the frequency of inspections are some of the practices that need to be done for the protection and sustainability of the area and the increase in bird and mammal populations.

Acknowledgements

This study was produced from the project numbered 1919B012104037 supported within the scope of TÜBİTAK 2209-A projects. We would like to thank TUBITAK for their support for the realization of the study and the project.

Author Contribution

N. Kaan Özkazanç: Literature review, field studies, photography, species identification, interpretation of results and writing.

İlkan Kalkan: Literature review, field studies, photography and writing.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Acar, Ş. (2015). İron sazlığının (Bitlis-Muş) ornitolojik potansiyelinin belirlenmesi. (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Aksan, Ş., Mert, A. (2016). Isparta Atabey Ovası'nın kuş türleri. Türkiye Ormanlık Dergisi 17(2), 153-157.
- Alar, M.M., Nergiz, H. (2019). Artvin Borçka Karagöl Tabiat Parkı'nın Ornitofaunası. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 8(3), 883-888.
- Albağ, N. (2019) İstanbul Küçükçekmece gölünün ornitofaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Aslan, F., (2015) Ilgaz Dağı Milli Parkı'nın kuş faunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye
- Atabey, A., (2018) Ergani ilçesi Zülküf (Makam) Dağı ve yakın çevresinin kuş çeşitliliğinin belirlenmesi ve koruma önerilerinin geliştirilmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye.
- Atille, S., (2023) Değirmi sulak alanı (Van-Saray) ornitofaunası üzerine bir araştırma (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Avcı, F., Adızel, Ö., Azizoglu, E., (2017) A Study on ornithofauna of Muş Plain. ADYUTAYAM 5(1); 20-32.
- Aydın, T. (2021) Bazı ekolojik ve orografik değişkenlere göre Köroğlu dağları avifaunası üzerine araştırmalar

- (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
- Azizoğlu E., Adızel Ö. (2017) Determination of seasonal habitat usage and population distributions of bird species detected in and around of Yüksekova Nehil Reed (Hakkari -Türkiye). ADYUTAYAM 5(1), 10-19.
- Azizoğlu, E. (2018) İstanbul Terkos (Durusu) Gölü'nün ornitolojik potansiyeli ve kullanım alanlarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Bağrıaçık, B. (2020) Sarımeşmet barajı ornitofaunası (Van) (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Barış, S., (2017) Mardin ornitofaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Baykan, M.O. (2019) Çankırı ilinin avifaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye.
- Bibby, C.J., Burgess, N.D., Hill, D.A., Mustoe, S.H. (2000) Bird census techniques. 2nd Edition. Academic Press, London.
- Buckland, S.T. (2006) Point transect surveys for songbirds: Robust methodologies. The Auk 123(2), 345-357.
- Buruk, M., (2022) Sera Gölü Tabiat Parkı avifaunası üzerine ekolojik bir değerlendirme (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
- Büyük, G., (2019) Adıyaman Gölbaşı gölleri (İnekli, Azaplı ve Gölbaşı gölü) ile yakın çevresinin avifaunası üzerine araştırmalar (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye.
- Cenger, D. (2018) Bulanık Ovası (Muş) ornitofaunası üzerine bir araştırma (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T. (1996) Yaban Hayvanları Bilgisi. İÜ No: 3948, Fakülte No: 440. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi Müdürlüğü, İstanbul.
- Çelik, A. (2021) Gediz deltası kuş türlerinin ekoturizm potansiyeli (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
- Çelik, E. (2018). Batman ili ornitofaunası. Doğu Fen Bilimleri Dergisi 1(2), 1-10.
- Çelik, E., Durmuş, A. (2017) Determining the Seasonal Ornithological Potential of the Dönemeç (Engil) Delta and Generate the Digital Maps Using Geographical Information Systems (GIS). Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 7(3),73-78.
- Çoban, M., Özmen, M. (2022) Investigation on Karakaya Basin Ornithofauna. 1st International Symposium of Biodiversity Studies (pp.99). Ankara, Türkiye.
- Dizdaroğlu, E. (2015) Avrupa Kuşları Kırmızı Listesi. Doğa Araştırmaları Derneği Yayınları, Lüksemburg Avrupa Toplulukları Resmi Yayın Ofisi, Ankara.
- Doğan, A. (2020) Tekirdağ Balabanlı rüzgar enerji santrali ve çevresinde süzülen göçmen kuş türlerinin göç hareketlerinin belirlenmesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- Doğan, K. (2022) Karadağ dağı (Çanakkale-Çan) bölgesindeki kuşların bolluğunun uzaktan örnekleme metodu ile araştırılması (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Fındık, C. (2019) Bergama'da yer alan Berges rüzgar enerji santrali ve çevresindeki kuş göç hareketliliğinin araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- Furtun, Ö.L. (2021) Trakuş Türkiye'ni Kuşları. Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları Sertifika No:40077 ISBN: 978-625-405-476-1 Genel Yayın: 5178 Golden Medya Matbaacılık ve Tic. A.Ş. İstanbul.
- Gaston, K.J., Blackburn, T.M., (1997) How many birds are there? Biodiversity and Conservation 6, 615-625.
- Gök, G., Adızel, Ö. (2022) Koçköprü Barajının Ornitofaunası (Erciş / Van). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 27(2), 206-218.
- Gökşen, İ. (2022) Nemrut Kalderası Tabiat Anıtı'nın Kuş Faunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye.
- Günay, U.K., (2017) Troya tarihi milli parkı çevresindeki amfibi ve kuş popülasyonları üzerine ekolojik araştırmalar (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.
- Hamel, P.B., Smith, W.P., Twedt, D.J., Woehr, J.R., Morris, E., Hamilton, R.B., Cooper, R.J. (1996) A Land Manager's Guide to Point Counts of Birds in The Southeast. General Technical Report SO-I 20. U.S.

- Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville.
- İlker, A., Albayrak A., Tabur, M.A. (2015) Kızılırmak vadisinde kuşları etkileyen olumsuz faktörler. Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science 19(1), 98-102.
- Kaya, M., (2015) Suloğlu baraj gölü ve çevresinin (Edirne) kuşları üzerine bir araştırma. Trakya University Journal of Natural Sciences 16(1), 1-7.
- Keten, A., Arslangündoğdu, Z., Selmi, E. (2012) Düzce-Efteni Gölü Kuş Türleri. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi 8(1), 10-18.
- Kızılkaya, E., (2014) Adıgüzel ve Cindere baraj gölleri (Denizli)'nin ornitofaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
- Kızılkaya, E., Karaca, M., Urhan, R. (2013). Investigations on ornitofauna of Sarayköy district (Denizli/Türkiye) Journal of Selcuk Universty Natural and Applied Science 2, 405-413
- Kızıroğlu, İ. (1989) Türkiye Kuşları. OGM Eğitim Daire Başkanlığı, Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü 314s. Ankara
- Lee, C.K., Lee, J.H., Kim, T.K., Mjelde, J.W. (2010) Preferences and willingness to pay for bird-watching tour and interpretive services using a choice experiment. Journal of Sustainable Tourism 18(5), 695-708.
- Mengen, M.Y. (2023) Kuşların Trabzon havalimanı'nda mevsimsel alan kullanımı ve kuşlarla mücadelede ses sistemlerinin etkinliğinin denemesi (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon, Türkiye.
- Oran, K. Y. (2023) Poyrazlar gölü ornitofaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.
- Özay E., Özkazanç, N.K. (2022) Bird Fauna of Kavuncu Pond in Eskisehir. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 24(2), 235-246.
- Özkazanç N.K. Horasana, M., Ateşoğlu, İ. (2017) Bartın-Sökü Yaban Hayatı Geliştirme Sahasında Fotokapan ile tespit edilen büyük memeli yaban hayvanları. Journal of Bartın Faculty of Forestry 19(1), 290-300.
- Özkazanç, N.K. (1999) Bartın İli ve Yakın Çevresindeki Av Kuşları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 1(2), 15-33.
- Özkazanç, N.K. (2016) The importance of birds in biological control and insectivorous bird species determined in Bartın. International Journal of Bartın Faculty of Forestry 18(2), 55- 64.
- Özkazanç, N.K., Özay, E. (2019) Göçmen kuşları tehdit eden faktörler. Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences 2(1), 77-89.
- Özkazanç, N.K., Özay, E., Özcan, A.U. (2019) Balıkdamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası kuş türleri. Turkish Journal of Forestry 20(4), 341-351.
- Öztemel, Y. (2021) Kuş göç yolları üzerinde bulunan rüzgar enerji santrallerinin (res) kuş popülasyonu üzerine etkileri (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Özten, U. (2022) Güneş enerji santrallerinin kuşlara olan etkisinin fernas-4 güneş enerji santrali üzerinden araştırılması (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- Porter, R.F., Christensen S., Shiermacker-Hansen P. (1996) Birds of the Middle East. T&AD Poyster, London.
- Ralph, C.J., Sauer, J.R., Droege, S. (1997) Monitoring Bird Populations by Point Counts. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. US. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, California.
- Simsar, H. (2018) Dinar İncesu rüzgar enerji santrali ve çevresindeki kuş göç hareketliliğinin araştırılması (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye.
- Süel, H., Oğurlu, İ., Ertuğrul, E.T. (2018). Karacaören I baraj gölünün kuş faunası. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(1), 22-28.
- Svensson, L., Mullarney, K., Zetterström, D. (2016) Collins Bird Guide-The Most Complete Guide to the Birds of Britain and Europe. Hatper Collins Publisher, London.
- Synider, K. (2016) New study doubles the estimate of bird species worldwide. American Museum of Natural History. www.amnh.org, New York.
- Şekercioğlu, Ç.H. (2006) Increasing awareness of avian ecological function. Trends in Ecology and Evolution 21(8), 465-471.
- Şekercioğlu, Ç.H., Schneider, T.H., Fay, J.P., Loarie, S.R. (2007) Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. Conservation Biology 22(1), 140-150.
- Şirin, D., Kızılocak, D.H. (2017) Tekirdağ Ganos dağı'nın kuşları üzerine bir araştırma. Tabiat ve İnsan s.18-

- Tabur, M.A., Ayvaz, Y. (2010) Kuşların ekolojik önemi. Conference: Second International Symposium on Sustainable Development, June 8-9, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 560-565.
- Topal, T. (2014) Kocaeli kent ormanı ve Kocaeli Üniversitesi Umuttepe kampüs alanının kuş faunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- Tunç, M.R., (2017) Phaselis Antik Kenti ve Beydağları (Olympos) Sahil Milli Parkının Kuşları. Phaselis 3;197-314.
- Turan, N. (1990) Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları-Kuşlar. Orman Genel Müdürlüğü, Eğitim Daire Başkanlığı, Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Türnüklü, V. (2017) Eber Gölü (Afyonkarahisar) kuş faunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye.
- Uğış, A., Akkuzu, E., Evcin, Ö. (2016) Kastamonu yöresi Beyler ve Karaçomak Barajı gölü sucul kuşları. Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi 16 (2), 447-462.
- Urhan, R., Kızılkaya, S., Karaca, M. (2022) Çameli ilçesinin ornitofaunası (Kuş çeşitliliği). I. Çameli Sempozyumu 05-08 Ekim s: 589-596.
- URL 1. Trakus. https://www.trakus.org/kods_bird/uye/?fsx=@
- Uysal, İ., Uysal İ. (2021) Suvla Tuz Gölü (Çanakkale/Türkiye)'nün ornithofaunası ve su kuşları çeşitlilik göstergeleri'nin aylık değişimi. Environmental Toxicology and Ecology 1(1), 14-26.
- Uysal, İ. (2016) Gelibolu Yarımadası'ndaki (Çanakkale-Türkiye) kuş göç rotalarının incelenmesi ve rüzgar enerji santrallerinin (RES) kuş popülasyonları üzerine etkileri (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.
- Ünal, M. (2017) Hatay-Belen 2015 ilkbahar dönemi süzülen kuş göçü (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye.
- Wordatlas (2019) Highest Flying Birds. <https://www.worldatlas.com/articles/highest-flying-birds.html> Accessed: 26.09.2019.
- Yaşa, B. (2020) Rüzgar enerjisi santrallerinin (res) faaliyet gösterdiği bölgedeki (Kocaeli-Kandıra) ornitofauna üzerine etkileri (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.
- Yaşar, B. (2015) Körfez Sulakalanı (Kocaeli) ornitofaunası (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.
- Yılmaz, E. (2019) İstanbul Aydos ormanının kuş çeşitliliği (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye.
- Zehiroğlu, M. E. (2022) Şile rüzgar enerji santralinin kuşlar üzerine etkileri (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye.

Akdeniz ve İran-Anadolu Sıcak Noktalarının İç İçe Geçtiği Besni (Adıyaman-Türkiye) İlçesinde Tehlike Altındaki Taksonlar

Şener Özcan^{1,*}

^{1,*} Adıyaman Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Adıyaman, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 04.11.2023

Kabul: 13.02.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, Akdeniz Havzasında, Akdeniz ve İran-Anadolu sıcak noktalarının kesiştiği sahada bulunan Adıyaman iline bağlı Besni ilçesinde doğal yayılış gösteren taksonların IUCN (Uluslararası Doğa Koruma Birliği) kırmızı listekategorileri literatür taraması yapılarak araştırıldı. Sonuç olarak, IUCN kriterlerine göre, 58 familyanın 121 cinsine ait toplam 162 taksonun tehlike kategorisi belirlendi. Bu taksonların 73'ü (%45) endemik, 14'ü (%9) nadir bulunan, 75'i (%46) ise geniş yayılışlı bitkilerdir. Bu taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı şöyledir: İran-Turan 71 (%43,8), Akdeniz 13 (%8), Doğu Akdeniz 13 (%8), Avrupa-Sibirya 6 (%3,7) ve bilinmeyen veya geniş yayılışlı 59 (%36,5)'dir. IUCN kriterlerine göre; 7 (%4,3) CR (çok tehlikede), 6 (%3,7) EN (tehlikede), 21 (%13) VU (zarar görebilir), 17 (%10,5) NT (tehdit altına girebilir), 104 (%64,2) LC (en az endişe verici) ve 7 (%4,3) DD (yetersiz veri) kategorisinde takson bulunmaktadır. Bu taksonlardan 34 takson (%20,98) yok olma tehlikesi altındadır. Araştırma alanında yapılan incelemelerde taksonlar üzerine risk faktörlerinin büyük oranda antropojenik kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir. Aşırı otlatma, aşırı toplama, yol yapımı, tarla/bahçe açma, kentleşme, ormansızlaştırma, doğal habitatların mesire alanına dönüştürülmesi, bataklık alanların kurutulması ve çevre kirliliği türler ve habitatlar üzerinde gözlenen risk faktörleridir. *Campanula adiyamanensis* Yıldırım & Özcan taksonu küresel ölçekte yok oluş ile karşı karşıyadır.

Anahtar Kelimeler – IUCN, endemik, Besni, sıcak nokta, Türkiye

Endangered Taxa in Besni (Adıyaman-Turkey) District, Where Mediterranean and Iranian-Anatolian Hotspots are Intersect

^{1,*} Adıyaman University, Graduate Education School, Department of Biology, Adıyaman, Türkiye

Article History

Received: 04.11.2023


Accepted: 13.02.2024

Published: 23.04.2024

Research Article

Abstract – In this research, the IUCN (International Union for Conservation of Nature) red list categories of naturally distributed taxa in the Besni district of Adıyaman province, located in the Mediterranean Basin, where the Mediterranean and Iran-Anatolia hot spots intersect, were investigated by literature review. As a result, the threat categories of a total of 162 taxa belonging to 121 genera in 58 families were determined, based on IUCN criteria. Of these taxa, 73 (45%) are endemic, 14 (9%) are rare, and 75 are widely distributed plants. The distribution of these taxa according to phytogeographic regions is as follows: Iran-Turanian 71 (43.8%), Mediterranean 13 (8%), Eastern Mediterranean 13 (8%), Euro-Siberian 6 (3.7%) and unknown or widely distributed 59 (36.5%). According to IUCN criteria; there are 7 (4.3%) in CR (very endangered), 6 (3.7%) in EN (endangered), 21 (13%) in VU (vulnerable), 17 (10.5%) in NT (threatened), 104 (64.2%) in LC (least concern) and 7 taxa (4.3%) in DD (data deficient) categories. Of these taxa, 34 taxa (20.98%) are in danger of extinction. Risk factors on taxa in the research area are largely anthropogenic in origin. In the studies conducted in the research area, it was observed that the risk factors on taxa were largely anthropogenic in origin. Overgrazing, over-harvesting, road construction, field/orchard clearing, urbanization, deforestation, conversion of natural habitats to recreational areas, drying of swamp areas and environmental pollution are risk factors observed on species and habitats. *Campanula adiyamanensis* Yıldırım & Özcan taxon is facing extinction on a global scale.

Keywords – IUCN, endemic, Besni, hotspot, Türkiye

¹  senerkoysurenozcan@hotmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Ilıman iklim kuşağında, Akdeniz ikliminin görüldüğü alanlarında bitki türleri arasında büyük çeşitlilik görülmektedir (Primark, 2012). Türkiye, 783.562 km²'lik yüzölçüme sahip olup, 4.319 (%32) endemik olmak üzere toplam 13.414 (10.460 tür, 2.066 alttür ve 888 varyete) bitki türüne ev sahipliği yapmaktadır (Özhatay vd., 2022).

İnsan nüfusunun aşırı artışı ile birlikte iklim değişikliği, habitat tahribatı ve tür sömürümü doğal yayılış gösteren bitki türlerini tehdit eden en önemli risk faktörlerindedir (Burgman vd., 2007). Önümüzdeki yüzyılda tarım alanlarının artması ile doğal yayılış gösteren türleri korumak arasında rekabetin kaçınılmaz olacağı öngörülmektedir (Sanderson vd., 2002).

Myers'e göre, yeryüzünde biyoçeşitliliğin zengin, ancak türlerin tehdit altında olması nedeni ile ciddi endişe verici karasal bölgeleri "sıcak noktalar (hotspots)" olarak tanımlanmıştır (Myers vd., 2000). Türkiye'de Akdeniz, İran-Anadolu ve Kafkas bölgesi sıcak noktaları aynı anda kesişmektedir. Akdeniz havzasında, Türkiye'nin Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde ve Adıyaman iline bağlı olan Besni ilçesi, 37°41'34'' kuzey enlemleri ile 37°51'40'' doğu boylamları arasındadır (Şekil 1). İki sıcak nokta (Akdeniz ve İran-Anadolu) aynı anda Besni ilçesinde kesişmektedir. İran-Turan fitocoğrafik bölgesinde yer alan araştırma alanı Akdeniz fitocoğrafik bölgesine oldukça yakın sahadadır.



Şekil 1. Araştırma alanının Davis kareleme sistemine göre konumu (üstteki) ve çalışma alanının sınırları (alttaki) (HGM, 2024)

Çalışma alanında, batıdan doğuya gidildikçe yüksek dağ silsilelerinin yerini alçalan korunaklı tepeler alır ve Fırat nehri sınırına kadar verimli ovalardan oluşan düzlükler geniş yer tutar. Yerel nüfusun başlıca geçim kaynağını kıl keçisi "karageci", badem "payam", Antep fıstığı, Besni peygamber üzümü, pamuk, zeytin, incir, nar ve hububat ürünleri oluşturur. Körkün dağı (1510 m) en yüksek noktası ve Kızılın köyü, Fırat nehir kenarı en alçak noktası (372 m)'dir. Daimi akarsuları Fırat nehri, Göksu nehri, Sofraz çayı ve Değirmen çayı'dır.

Torosların dağlık kuşağında bulunmasından dolayı, Alp Orojenezi'nin bütün safhalarını yaşamış ve alt Kre-tase'den günümüze kadar devam eden tektonik hareketlerden etkilenmiştir (Özcan vd., 2017). Buzullaşma döneminden günümüze kadar gelen relik *Pterocarya fraxinifolia* (Poiret) Spach ve relik endemik *Helleborus vesicarius* Aucher ex Boiss. türleri dar korunaklı alanlarda, çalışma alanımızda küçük populasyonlar halinde gözlenmiştir.

Besni (Adıyaman) ve Pazarcık (Kahramanmaraş) istasyonlarına ait iklim verileri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı, Kırşehir 7. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (Kırşehir MGM, 2021). Adı geçen istasyonlara ait biyoiklim sentezi Tablo 1' de özetlenmiştir. ($Q = 2000P / (M + m + 546,4) \cdot (M - m)$), Q= Yağış - Sıcaklık katsayısı, P= Yıllık toplam yağış (mm), M= En sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (°C), m= En soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması; $S = PE / M$, S= Kuraklık indisi, PE= Yaz ayları yağış ortalaması toplamı (Daget, 1977; Akman, 1990). Besni ilçesinde az yağışlı-serin Akdeniz iklimi ve Doğu Akdeniz yağış rejiminin I. tipi görülür.

Tablo 1

Araştırma alanı ve yakın çevresinin biyoiklim sentezi

İstasyon	P(mm)	M (°C)	m (°C)	S	Q	PE	Yağış Rejimi	Yağış Rejimi Tipi	Biyoklim
Besni	709,46	34,95	0,12	0,44	70,06	15,57	K.İ.S.Y	Doğu Akdeniz Yağış Rejimi I.Tipi	az yağışlı serin Akdeniz ikimi
Pazarcık	496,34	37,11	0,41	0,36	46,32	13,40	K.İ.S.Y	Doğu Akdeniz Yağış Rejimi I.Tipi	yarı kurak serin Akdeniz ikimi

Araştırma alanında bu güne değin detaylı floristik çalışma yapılmamıştır. Balls, Hub.- Mor., Aucher, Haussk-necht, Kit-Tan and A. Baytop, Besni ilçesini ziyaret etmiş ve yaklaşık otuz kadar bitki örneği ile Türkiye Florası ve Doğu Ege Adaları Florası adlı projeye katkı sağlamışlardır (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000).

Davis'e göre (1975), Türkiye'nin güney doğusu, floristik açıdan "az bilinen" ya da "bilinmeyen" bölgesidir. Araştırma alanı yakın çevresinde son yıllarda bazı floristik çalışmalar yapılmıştır (Eğilmez ve Tel, 2016; Çe-tiner, 2020 ve Gök, 2021). *Scilla bilgineri* (Yıldırım ve Altoğlu, 2017), *Allium adiyamanense* (Yıldırım ve Kılıç, 2019), *Pimpinella adiyamanensis* (Yıldırım ve Kılıç, 2019), *Aethionema adiyamanense* (Yıldırım ve Kılıç, 2019), *Rheum telianum* (İlçim ve Karahan, 2020) araştırma alanı yakın çevresinden ve *Campanula adiyamanensis* (Özcan ve Yıldırım, 2022) araştırma alanından yeni keşfedilen taksonlardır.

Çalışma alanının tamamı, Akdeniz ve İran-Anadolu sıcak noktalarında yer almaktadır. GAP projesinin tamamlanmasıyla birlikte birçok alanda sulu tarıma geçilmiştir. Aşırı otlatma, aşırı toplama, yol yapımı, tarla/bahçe açma, kentleşme, ormansızlaştırma, doğal habitatların mesire alanına dönüştürülmesi, bataklık alanların kurutulması ve çevre kirliliği türler ve habitatlar üzerinde gözlenen risk faktörleridir. *Thaumetopea pityocampa* (Den. & Schiff.) adlı çam kese böceği, *Pinus* L. ormanlarına dikkate değer düzeyde zarar vermektedir. 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen deprem felaketi nedeniyle, bitki türlerinin dağılım alanlarında suların çekilmesi, kayalık alanlarda çatlama ve yüksek dağlık bölgelerde kaya kütlelerinde kopma gibi ciddi bozulmalar gözlemlenmiştir.

Bu sebeplerden dolayı Besni ilçesinde doğal yayılış gösteren taksonların tehlike kategorileri araştırılmıştır. IUCN kriterlerine göre yok olma tehlikesi altında değerlendirilen 34 (%20.98) takson ve habitatları üzerindeki risk faktörlerini saptanmış, korumada öncelikli taksonlara ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma alanından 2018 Mart ve 2023 Haziran yılları arasında toplanıp teşhisi yapılan 58 familyaya ait 121 cins ve bu cinslere ait toplam 162 taksonun tehlike kategorisi belirlendi. Bitkilerin teşhisinde Zeiss marka diseksiyon mikroskobu kullanılmıştır.

Teşhis yapılırken temel kaynak olarak Davis editörlüğünde yazılan "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" (Davis, 1965-1985), Davis ve ark. editörlüğünde yazılan "Flora of Turkey and Aegean Islands" (suppl.

1) (Davis vd., 1988), Güner ve ark. editörlüğünde yazılan “Flora of Turkey and the Aegean Islands (suppl. 2)” (Güner vd., 2000) ve Güner ve ark. editörlüğünde yazılan “Resimli Türkiye Florası” (Güner ve Ekim, 2014; Güner vd., 2018) adlı eserler kullanılmıştır. Florada geçen botanik terimler için “İngilizce- Türkçe Botanik Kılavuzu” adlı eserinden faydalanılmıştır (Baytop, 1998).

Bitkilerin tehlike kategorilerini belirlemek için “International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List” adlı internet sayfasından faydalanılmıştır (IUCN Red List, 2023). Endemik ve nadir bitkilerin tehlike kategorilerinin tespitinde “Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı” adlı eser esas alınmıştır (Ekim vd., 2000). Ayrıca son yıllarda yeni keşfedilen ve araştırma alanında doğal yayılış gösterdiği tespit edilen taksonların yayınlarından faydalanılmıştır (Mutlu ve Karakuş, 2012; Uzunhisarcıklı vd., 2013; Yıldırım, 2015; Behçet ve İlçim, 2018; Yıldırım ve Altıoğlu, 2017; İlçim ve Karahan, 2020 ve Yıldırım ve Özcan, 2022). Kritik (CR), tehlikede (EN) ve duyarlı (VU) kategorilerinde değerlendirilen taksonlar ve habitatları için risk faktörleri arazi çalışmalarında elde edilen verilere göre belirlenmiştir.

Besni (Adıyaman) ve Pazarcık (Kahramanmaraş) istasyonlarına ait iklim verileri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na bağlı, Kırşehir 7. Bölge Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (Kırşehir MGM, 2021). Bitki isim ve yazarlarının yazılışı ve kısaltmaları için “International Plant Names Index (ipni)” adlı internet sayfasından faydalanılmıştır (Brummitt, vd., 2001). Teşhisinde zorlanılan bazı taksonlar ADO, EGE, HARRAN ve HUB örnekleri ile karşılaştırma yapılmak suretiyle ve alanında uzman kişilerin görüşlerine başvurularak teşhis edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Akdeniz havzasında, tamamı Akdeniz ve İran-Anadolu sıcak noktalarında bulunan Besni ilçesinde yapılan literatür incelemesi sonucu 58 familyaya ait 121 cins ve bu cinslere ait toplam 162 taksonun tehlike kategorisi değerlendirilmiştir. Araştırma alanındaki taksonların floristik listesi, fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı ve tehlike kategorileri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2

Araştırma alanındaki taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı ve tehlike kategorileri (Endemik taksonlar için (*)) ve nadir taksonlar için (**)) sembolleri kullanılmıştır.)

Sıra no	Familya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
1	PTERIDACEAE E.D.M. Kirchn.	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.		LC
2	EQUISETACEAE Michx. ex DC.	<i>Equisetum arvense</i> L.		LC
3	CUPRESSACEAE Gray	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Akd. el.	LC
4	EPHEDRACEAE Dumort.	<i>Ephedra foeminea</i> Forssk.		LC
5	RANUNCULACEAE Juss.	* <i>Helleborus vesicarius</i> Aucher ex Boiss.	D. Akd. el.	NT
6		** <i>Adonis dentata</i> Delile		VU
7		* <i>Ranunculus unguis-cati</i> P.H. Davis		NT
8		<i>R. trichophyllus</i> Chaix		LC
9	PAPAVERACEAE Juss.	* <i>Papaver clavatum</i> Boiss. & Hausskn.		LC
10	BRASSICACEAE Burnett	** <i>Crambe orientalis</i> var. <i>alutacea</i> (Hand.-Maz.) Hedge Hub.-Mor.	Ir.-Tur. el.	VU
11		<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.		LC
12		* <i>Hesperis pendula</i> subsp. <i>campicarpa</i> (Boiss.) F. Dvořák		LC

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
13	RESEDACEAE Martinov	* <i>Reseda armena</i> Boiss. var. <i>armena</i>	Ir.-Tur. el.	NT
14		* <i>R. tomentosa</i> Boiss. var. <i>tomentosa</i>		EN
15	PORTULACACEAE Juss.	<i>Portulaca oleracea</i> L.		LC
16	CARYOPHYLLACEAE Juss.	* <i>Eremogone drypidea</i> (Boiss.) Ikonn.	Ir.-Tur. el.	LC
17		* <i>Minuartia erythrosepala</i> var. <i>cappadocica</i> (Boiss.) McNeill	Ir.-Tur. el.	LC
18		* <i>Dianthus lactiflorus</i> Fenzl		LC
19	POLYGONACEAE Juss.	* <i>Rheum telianum</i> İlçim	Ir.-Tur. el.	CR
20		<i>Persicaria lapathifolia</i> (L.) Delarbre		LC
21		* <i>Rumex ponticus</i> E.H.L. Krause	Ir.-Tur. el.	LC
22	TAMARICACEAE Link	<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M. Bieb.		LC
23		<i>T. parviflora</i> DC.		LC
24	HYPERICACEAE Juss.	* <i>Hypericum rupestre</i> Jaub. & Spach	D. Akd. el.	EN
25		* <i>H. spectabile</i> Jaub. & Spach	Ir.-Tur. el.	NT
26	MALVACEAE Juss.	* <i>Alcea apterocarpa</i> Boiss.	Ir.-Tur. el.	LC
27		<i>Gossypium hirsutum</i> L.		VU
28	LINACEAE DC. ex Perleb	* <i>Linum flavum</i> subsp. <i>scabrinerve</i> (Davis) Davis	Ir.-Tur. el.	LC
29	GERANIACEAE Juss.	** <i>Geranium tuberosum</i> subsp. <i>deserti-syriacum</i> P.H. Davis	Ir.-Tur. el.	CR
30	BIEBERSTEINIACEAE Schnizl.	** <i>Biebersteinia multifida</i> DC.	Ir.-Tur. el.	VU
31	ZYGOPHYLLACEAE R. Br.	<i>Tribulus terrestris</i> L.		LC
32	RUTACEAE Juss.	* <i>Haplophyllum myrtifolium</i> Boiss.	Ir.-Tur. el.	LC
33	ANACARDIACEAE R. Br.	<i>Cotinus coggyria</i> Scop.		LC
34		<i>Rhus coriaria</i> L.		LC
35		<i>Pistacia khinjuk</i> Stocks	Ir.-Tur. el.	LC
36		<i>P. terebinthus</i> subsp. <i>palaestina</i> (Boiss.) Engler	Akd. el.	LC
37	FABACEAE Juss.	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Akd. el.	LC
38		<i>Prosopis farcta</i> (Banks & Sol.) J.F. Macbr.		LC
39		<i>Anagyris foetida</i> L.	Akd. el.	LC
40		<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		LC

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familiya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
41		** <i>Astragalus brachystachys</i> DC	Ir.-Tur. el.	EN
42		<i>A. cephalotes</i> Banks & Sol.		LC
43		<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.		LC
44		<i>Cicer pinnatifidum</i> Jaub. & Spach		DD
45		<i>C. bijugum</i> Rech.f.	Ir.-Tur. el.	EN
46		<i>Vicia ervilia</i> (L.) Willd.		LC
47		<i>V. esdraelonensis</i> Warb. & Eig	Ir.-Tur. el.	VU
48		<i>V. peregrina</i> L.		LC
49		<i>V. hybrida</i> L.		LC
50		<i>V. grandiflora</i> Scop.		LC
51		<i>V. narbonensis</i> L.		LC
52		** <i>Lathyrus cyaneus</i> (Steven) K. Kochsubsp. <i>cyaneus</i>	Av.-Sib. el	VU
53		<i>L. spathulatus</i> Celak.	D. Akd. el.	LC
54		<i>L. setifolius</i> L.	Akd. el.	LC
55		<i>L. annuus</i> L.	Akd. el.	LC
56		<i>L. cicera</i> L.		LC
57		<i>L. aphaca</i> L.	D. Akd. el.	LC
58		<i>Trifolium pratense</i> L.		LC
59		** <i>Medicago rotata</i> Boiss.		VU
60		* <i>Hedysarum nitidum</i> Willd.	Ir.-Tur. el.	LC
61	ROSACEAE Juss.	<i>Prunus arabica</i> (Olivier) Meikle	Ir.-Tur. el.	NT
62	LYTHRACEAE J.St. -Hil.	<i>Punica granatum</i> L.		LC
63	ONAGRACEAE Juss.	<i>Epilobium angustifolium</i> L.		LC
64		<i>E. hirsutum</i> L.		LC
65	CRASSULACEAE J.St. -Hil.	* <i>Rosularia sempervivum</i> subsp. <i>glau-cophylla</i> Eggl	D. Akd. el.	EN
66	APIACEAE Lindl.	* <i>Eryngium polycephalum</i> Hausskn. ex H. Wolff	Ir.-Tur. el.	LC
67		* <i>Ferulago bracteata</i> Boiss. & Hausskn. ex Boiss.	Ir.-Tur. el.	DD
68		* <i>Tordylium cappadocicum</i> Boiss.	Ir.-Tur. el.	DD

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familiya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
69	CAPRIFOLIACEAE Juss.	* <i>Valeriana speluncaria</i> Boiss. var. <i>speluncaria</i>		NT
70		* <i>Lomelosia rufescens</i> (Frey & Sint.) Greuter & Burdet	Ir.-Tur. el.	NT
71	ASTERACEAE Giseke	* <i>Helichrysum arenarium</i> subsp. <i>aucheri</i> (Boiss.) P.H. Davis & Kupicha	Ir.-Tur. el.	LC
72		* <i>Cota wiedemanniana</i> (Fisch. & C.A. Mey.) Holub		LC
73		* <i>Achillea cappadocica</i> Hausskn. & Bornm.	Ir.-Tur. el.	LC
74		* <i>Klasea oligocephala</i> (DC.) Greuter & Wagenitz	Ir.-Tur. el.	LC
75		* <i>Centaurea consanguinea</i> DC.	Ir.-Tur. el.	LC
76		* <i>C. tomentella</i> Hand.-Mazz	Ir.-Tur. el.	NT
77		* <i>C. urvillei</i> subsp. <i>nimrodus</i> (Boiss. & Hausskn.) Wagenitz	Ir.-Tur. el.	LC
78		* <i>C. pichleri</i> subsp. <i>extrarosularis</i> (Hayek & Siehe) Wagenitz		LC
79		* <i>C. germanicopolitana</i> Bornm.	Ir.-Tur. el.	VU
80		* <i>Psephellus mucroniferus</i> (DC.) Wagenitz	Ir.-Tur. el.	LC
81		* <i>Echinops vaginatus</i> Boiss. & Hausskn.	Ir.-Tur. el.	EN
82		* <i>Scorzonera semicana</i> DC.	Ir.-Tur. el.	LC
83		** <i>Taraxacum sintenisii</i> Dahlst.		DD
84		* <i>T. revertens</i> G. Hagl.	Ir.-Tur. el.	LC
85		** <i>Crepis syriaca</i> (Bornm.) Bab. & Navashin		VU
86	CAMPANULACEAE Juss.	* <i>Campanula saxonorum</i> Gand.	Ir.-Tur. el.	LC
87		* <i>C. baskilensis</i> Behçet		CR
88		* <i>C. adiyamanensis</i> Yıldırım & Özcan	Ir.-Tur. el.	CR
89	STYRACACEAE DC. & Spreng.	<i>Styrax officinalis</i> L.		LC
90	APOCYNACEAE Juss.	<i>Nerium oleander</i> L.	Akd. el.	LC
91	BORAGINACEAE Juss.	* <i>Onosma mutabile</i> Boiss.		LC
92		* <i>O. inexpectatum</i> Teppner	D. Akd. el.	LC
93		* <i>Symphytum longisetum</i> Hub.-Mor. & Wickers	D. Akd. el.	VU
94		* <i>Anchusa leptophylla</i> subsp. <i>incana</i> (Ledeb.) D.F. Chamb.	Ir.-Tur. el.	LC
95		* <i>Nonea stenosolen</i> Boiss. & Balansa	Ir.-Tur. el.	LC

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
96	SCROPHULARIACEAE Juss.	* <i>Verbascum diversifolium</i> Hochst.	Ir.-Tur. el.	VU
97		** <i>V. geminiflorum</i> Hochst.	Ir.-Tur. el.	VU
98		* <i>Scrophularia mesopotamica</i> Boiss.	Ir.-Tur. el.	LC
99	LAMIACEAE Martinov	* <i>Ajuga chamaepitys</i> subsp. <i>euphratica</i> P.H. Davis	Ir.-Tur. el.	NT
100		* <i>Scutellaria salviifolia</i> Benth.		LC
101		* <i>Phlomis linearis</i> Boiss. & Balansa	Ir.-Tur. el.	LC
102		* <i>Ballota saxatilis</i> subsp. <i>brachyodonta</i> (Boiss.) P.H. Davis & Doroszenko	D. Akd. el.	NT
103		* <i>Marrubium parviflorum</i> subsp. <i>oligodon</i> (Boiss.) Seybold		LC
104		* <i>Stachys cretica</i> subsp. <i>mersinaea</i> (Boiss.) Rech.f.	D. Akd. el.	LC
105		<i>Melissa officinalis</i> subsp. <i>inodora</i> Bornm.	D. Akd. el.	LC
106		<i>Micromeria myrtifolia</i> Boiss. & Hohen.	D. Akd. el.	LC
107		* <i>M. cristata</i> subsp. <i>orientalis</i> P.H. Davis	Ir.-Tur. el.	LC
108		* <i>Cyclotrichium niveum</i> (Boiss.) Manden. & Scheng.	Ir.-Tur. el.	VU
109		* <i>Salvia pilifera</i> Montbret & Aucher	Ir.-Tur. el.	LC
110		* <i>S. caespitosa</i> Montbret & Aucher	Ir.-Tur. el.	LC
111	PLANTAGINACEAE Juss.	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.		LC
112		* <i>V. orientalis</i> subsp. <i>carduchorum</i> P.H. Davis ex M.A. Fisch.	Ir.-Tur. el.	NT
113	ELAEAGNACEAE Juss.	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.		LC
114	LAURACEAE Juss.	<i>Laurus nobilis</i> L.	Akd. el.	LC
115	EUPHORBIACEAE Juss.	<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) A. Juss.		LC
116	URTICACEAE Juss.	<i>Urtica dioica</i> L.	Av.-Sib. el.	LC
117	MORACEAE Gaudich.	<i>Ficus caria</i> L. subsp. <i>rupestris</i> (Hauskn.) Browicz.	Ir.-Tur. el.	LC
118	JUGLANDACEAE DC. ex Perleb	<i>Juglans regia</i> L.		LC
119		<i>Pterocarya fraxinifolia</i> (Poir.) Spach		VU
120	PLATANACEAE T. Lestib.	<i>Platanus orientalis</i> L.		DD
121	FAGACEAE Dumort.	<i>Quercus infectoria</i> subsp. <i>veneris</i> (A. Kern.) Meikle		LC
122		<i>Q. cerris</i> L. var. <i>cerris</i>	Akd. el.	LC
123		<i>Q. brantii</i> Lindl.	Ir.-Tur. el.	LC

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
124		<i>Q. libani</i> Oliv.	Ir.-Tur. el.	LC
125		<i>Q. ilex</i> L.	Akd. el.	LC
126		<i>Q. coccifera</i> L.	Akd. el.	LC
127	SALICACEAE Mirb.	<i>Salix acmophylla</i> Boiss.	Ir.-Tur. el.	LC
128		<i>S. babylonica</i> L.		DD
129		<i>Populus alba</i> L.	Av.-Sib. el	LC
130	RUBIACEAE Juss.	* <i>Galium incanum</i> subsp. <i>psedocornigerum</i> Ehrend.	Ir.-Tur. el.	LC
131	POTAMOGETONACEAE Bercht. & J. Presl	<i>Potamogeton natans</i> L.		LC
132	ARECACEAE Bercht. & J. Presl	<i>Chamaerops humilis</i> L.	Akd. el.	LC
133	ARACEAE Juss.	<i>Biarum bovei</i> Blume	Ir.-Tur. el.	NT
134		<i>Lemna minor</i> L.		LC
135	ASPHODELACEAE Juss.	* <i>Asphodeline damascena</i> subsp. <i>gigantea</i> Tuzlacı	Ir.-Tur. el.	LC
136	LILIACEAE Juss.	** <i>Fritillaria imperialis</i> L.	Ir.-Tur. el.	VU
137		** <i>F. persica</i> L.	Ir.-Tur. el.	VU
138		* <i>Tulipa sintenisii</i> Baker	Ir.-Tur. el.	LC
139	COLCHICACEAE DC.	<i>Colchicum decaisnei</i> Boiss.	D. Akd. el.	LC
140	AMARYLLIDACEAE J.St. - Hil.	<i>Allium trachycoleum</i> Wendelbo	Ir.-Tur. el.	DD
141	IXIOLIRIACEAE Nakai	** <i>Ixiolirion tataricum</i> Schult.f. subsp. <i>tataricum</i>	Ir.-Tur. el.	VU
142	ASPARAGACEAE Juss.	* <i>Scilla leepii</i> Speta	Ir.-Tur. el.	NT
143		* <i>S. bilgineri</i> Yildirim	Ir.-Tur. el.	VU
144		* <i>Ornithogalum malatyanum</i> Mutlu	Ir.-Tur. el.	CR
145		* <i>Muscari discolor</i> Boiss. & Hausskn.	Ir.-Tur. el.	NT
146		* <i>M. atillae</i> Yildirim	Ir.-Tur. el.	VU
147		* <i>Hyacinthus orientalis</i> subsp. <i>chionophilus</i> Wendelbo	Ir.-Tur. el.	NT
148		* <i>Bellevalia pseudolongipes</i> Karabacak & Yildirim	Ir.-Tur. el.	CR
149		* <i>B. malatyaensis</i> Uzunh. & H. Duman	Ir.-Tur. el.	CR
150		* <i>Hyacinthella siirtensis</i> B. Mathew	Ir.-Tur. el.	NT
151	IRIDACEAE Juss.	<i>Gladiolus italicus</i> Mill.		LC
152		* <i>Iris sari</i> Schott ex Baker	Ir.-Tur. el.	LC

Tablo 2
(devam ediyor)

Sıra no	Familya adı	Takson adı	Fitocoğrafik bölgesi	Tehlike kategorisi
153		** <i>I. aucheri</i> (Baker) Sealy	Ir.-Tur. el.	VU
154	TYPHACEAE Juss.	<i>Typha laxmannii</i> Lepech.	Av.-Sib. el	LC
155	CYPERACEAE Juss.	<i>Cyperus glaber</i> L.		LC
156		<i>Pycnus flavescens</i> (L.) P. Beauv. ex Rchb.		LC
157		<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják		LC
158		* <i>Carex melanorrhyncha</i> Nelmis	Av.-Sib. el	VU
159	POACEAE Barnhart	* <i>Elymus erosiolumis</i> Melderis	Ir.-Tur. el.	NT
160		<i>Aegilops geniculata</i> Roth	Akd. el.	LC
161		* <i>Festuca cataonica</i> (Hack. ex Boiss.) Markgr.-Dann.	D. Akd. el.	LC
162		<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Av.-Sib. el	LC

Araştırma alanında endemik, nadir ve diğer taksonlara ait fitocoğrafik dağılım Tablo 3’de gösterilmiştir. 71 takson İran-Turan, 13 takson Akdeniz, 13 takson Doğu Akdeniz ve 6 takson Avrupa-Sibirya elementidir. Fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen veya geniş yayılışlı olan toplam takson sayısı ise 59’dur.

Tablo 3

Araştırma alanında tehlike kategorisi belirlenen taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımı

Fitocoğrafik Bölgesi	Takson Sayısı		
	Endemik	Nadir	Diğer
İran-Turan	52	9	10
Akdeniz	-	-	13
Doğu Akdeniz	8	-	5
Avrupa-Sibirya	1	1	4
Bilinmeyen veya geniş yayılışlı	12	4	43
Toplam	73	14	75

Araştırma alanında tehlike kategorisi belirlenen toplam 162 taksondan 73 (%45) tanesi endemik, 14 (%9) tanesi nadir ve geriye kalan takson sayısı 75 (%46)’dir (Tablo 4). Yok olma tehlikesi olan takson sayısı 34 (%20.98)’dir.

Campanula adiyamanensis Yıldırım & Özcan türünün bilinen tek lokasyonu Sugözü mesire (Besni) alanıdır. Kaya çatlaklarında gözlenen türün popülasyon boyutu küçük ve yayılış alanı dardır (Şekil 2a). Yerel nüfus tarafından salatalara katılan tür son yıllarda giderek azalmıştır. Kritik tehlike altında olan ve henüz yeni keşfedilen tür, ne yazık ki korumaya yönelik ciddi önlem alınmaması halinde küresel ölçekte yok oluş ile karşı karşıyadır.

Tablo 4

Araştırma alanında tehlike kategorisi belirlenen endemik, nadir ve diğer taksonların sayısı (CR: Çok tehlikede; EN: Tehlikede; VU: Zarar görebilir; NT: Tehdit altına girebilir; LC: En az endişe verici; DD: Yetersiz veri)

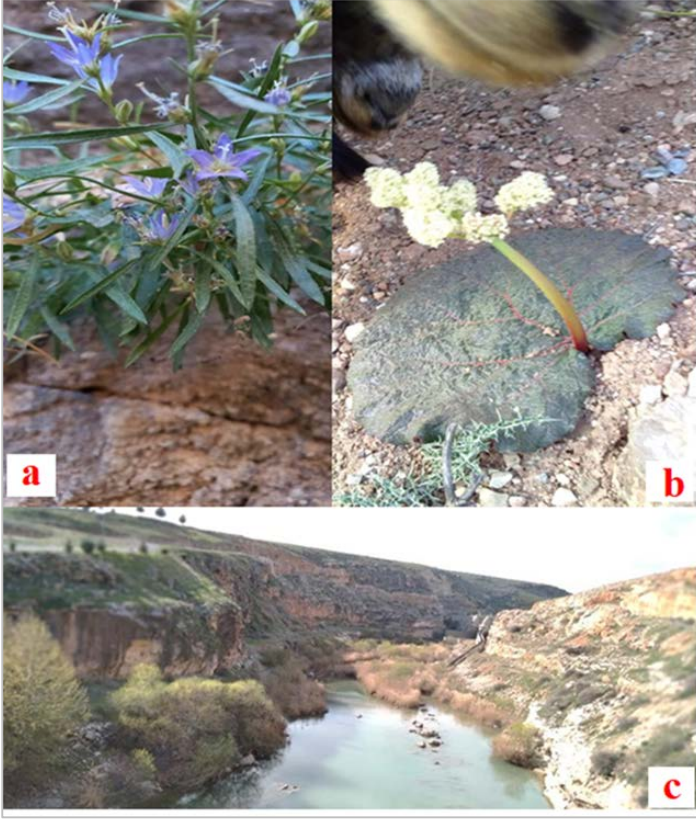
Tehlike Kategorisi	Takson Sayısı		
	Endemik	Nadir	Diğer
CR	6	1	-
EN	4	1	1
VU	7	11	3
NT	15	-	2
LC	39	-	65
DD	2	1	4
Toplam	73	14	75

Rheum telianum İlçim ve *Ornithogalum malatyanum* Mutlu araştırma alanında gözlenen kritik tehlike altındaki diğer türlerdir. *Rheum telianum* yamaç taşlıklarda dağılım göstermektedir. Işgın olarak adlandırılan çiçek sapsarı yerel nüfus tarafından çiğ olarak tüketilmektedir. Tür üzerindeki diğer risk faktörü kıl keçileridir (Şekil 2b). *Ornithogalum malatyanum* su birikintisi kenarı ıslak çayırıklarda gözlenmiştir. Yerel nüfus tarafından soğanları ile birlikte bulgur pilavı yapımında kullanılmaktadır. Kritik tehlike altındaki taksonlardan *Campylosiphium baskilensis* Behçet, Sayören nehir kenarı kaya çatlaklarında gözlenmiştir (Şekil 2c). Türün çiçekleri yerel nüfus tarafından çamaşır ağartıcı olarak kullanılmaktadır. Her üç türün de araştırma alanında hızla azaldığı gözlenmiştir.

Astragalus brachystachys DC, *Echinops vaginatus* Boiss. & Hausskn., *Crepis syriaca* (Bornm.) Babç. & Navashin, *Verbascum diversifolium* Hochst., *Iris aucheri* (Baker) Sealy ve *Lathyrus cyaneus* (Steven) K. Koch subsp. *cyaneus* taksonları üzerindeki gözlenen en büyük risk faktörü, aşırı otlatmadır. *Fritillaria imperialis* L. ve *Fritillaria persica* L. taksonları çiçek yetiştiriciliği için aşırı toplanmaktadır. *Hypericum rupestre* Jaub. & Spach, *Verbascum geminiflorum* Hochst., *Bellevalia pseudolongipes* Karabacak & Yildirim ve *Centaurea germanicopolitana* Bornm. doğal yaşam alanları mesire alanına dönüştürülmüş ve yol yapım çalışmaları taksonlar üzerinde en büyük risk faktörü olarak değerlendirilmiştir. *Adonis dentata* Delile su projesi, *Carex melanorrhyncha* Nelmes bataklık kurutma, *Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach yol yapımı, *Muscari atillae* Yıldırım ve *Rosularia sempervivum* subsp. *glaucophylla* Egglı kentleşme, *Ixiolirion tataricum* Schult. f. subsp. *tataricum* tarla açma, *Bellevalia malatyaensis* Uzunh. & H. Duman çevre kirliliği, *Crambe orientalis* var. *alutacea* (Hand.-Maz.) Hedge Hub.-Mor. kentleşme ve tarla açma, *Reseda. tomentosa* Boiss. var. *tomentosa* aşırı otlatma ve ormansızlaştırma nedeni ile araştırma alanında risk altındadır.

Cicer pinnatifidum Jaub. & Spach, *Platanus orientalis* L., *Salix babylonica* L., *Allium trachycolum* Wendelbo (IUCN Red Data), *Ferulago bracteata* Boiss. & Hausskn. ex Boiss., *Tordylium cappadocicum* Boiss., *Taraxacum sintenisii* Dahlst. taksonları DD kategorisinde değerlendirilmiştir (Ekim, 2000). Bu taksonlardan *Taraxacum sintenisii* Dahlst., *Ferulago bracteata* Boiss. & Hausskn. ex Boiss. ve *Tordylium cappadocicum* Boiss. taksonları araştırma alanında küçük populasyon boyutlu ve dar yayılış alanına sahiptir.

Besni ilçesinde tehlike altındaki taksonlar üzerindeki en büyük risk faktörü büyük oranda antropojenik etkilerden kaynaklanmaktadır. Aşırı otlatma (Şekil 3a), aşırı toplama, kentleşme, yol yapım çalışmaları, sulak alanların değersiz gibi görülüp kurutulması (şekil 3b), bahçe/tarla açma ve yakacak olarak kullanma maksatlı ormansızlaştırma faaliyeti (Şekil 3c), doğal alanların mesire alanı dönüştürülmesi ve çevre kirliliği türler ve habitatlar üzerine en büyük risk faktörleri olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Araştırma alanında (a) *C. adiyamanensis*, (b) *R. telianum* ve (c) *C. baskilensis* doğal yayılış alanı

Yerel nüfusun tarımsal faaliyetlere ilişkin kaygıları ve istekleri göz önünde bulundurularak (Şekil 3d), risk altındaki taksonları ve habitatlarını korumaya yönelik yapılacak çalışmalar türlerin geleceğinin garanti altına alınması açısından önem arzedecektir. Yerel ve küresel ölçekte yok olacağı öngörülen türlere ve habitatlarına ilişkin koruma faaliyetlerinin artırılmasıyla, gelecek nesillerin bu taksonları tanımlarına olanak tanıyacaktır.



Şekil 3. Araştırma alanından (a) nehir kenarı çeşitlilik, (b) su birikintisi kenarı çeşitlilik, (c) ormansızlaştırma ve (d) tarımsal arazilere örnekler

4. Sonuçlar

Besni (Adıyaman) ilçesi karasal ve Akdeniz iklimi geçiş sahasında bulunur. Farklı habitat tipleri, engebeli topografya yapısı, zengin su kaynakları, korunaklı mikroklimatik alanların varlığı ve değişen yükselti farklılıkları nedeni ile yabancı taksonlar bakımından oldukça zengindir. Buna karşın araştırma alanının tamamı İran-Anadolu ve Akdeniz sıcak noktalarında yer alır. Tehlike kategorisi belirlenen 162 taksondan %45'i endemik, %9'u nadir bulunan ve %46'sı geniş yayılışlıdır. Elde edilen verilere göre; taksonların %4,3'ü çok tehlikede (CR), %3,7'si tehlikede (EN), %13'ü zarar görebilir (VU), %10,5'i tehdit altına girebilir (NT), %64,2'si en az endişe verici (LC) ve %4,3'ü yetersiz veri (DD) kategorisinde değerlendirilmiştir. IUCN kriterlerine göre taksonların %20,98'i araştırma alanında yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu taksonların tanınması biyolojik çeşitliliğin korunması için önem teşkil etmektedir.

Araştırma alanında tehlike altındaki taksonlar üzerindeki en büyük tehdit antropojenik etki kaynaklı habitat tahribatıdır. Besni (Adıyaman) ilçesinde yerel nüfusun başlıca geçim kaynağı hayvancılık ve tarımdır. Yabancı taksonları ve habitatlarını korumak için tarım arazilerinin ve otlak alanlarının planlanması gerekmektedir. İnsan eliyle kısmen ya da tamamen tahrip edilen habitatlarda çeşitliliği korumaya yönelik çalışmaların başlatılması, tür sömürümünün önüne geçilmesi, ormanların korunması ve çevre kirliliğinin oluşturduğu etkinin kamuoyu ile paylaşılması yabancı taksonların sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Yok oluş tehlikesi altındaki taksonları ve habitatlarını korumaya yönelik planlamaların artırılması ve bu süreçte yerel nüfusun görüş ve önerilerine başvurulması biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Lokal endemik olan ve yalnızca Sugözü mesire alanında doğal yayılış gösteren *C. adiyamanensis* küresel ölçekte yok oluş ile karşı karşıyadır. Acilen türü yerinde “*in situ*” korumaya yönelik çalışmaların başlatılmasını öneriyoruz.

Yabancı taksonların korunması ve sürdürülebilirliği açısından IUCN kriterlerinin güncellenmesi önem arz etmektedir. Türkiye’de doğal yayılış gösteren endemik ve nadir taksonların tehlike kategorilerinin yazımında “Türkiye Bitkileri Kırmızı kitabı” adlı eserden faydalanılmaktadır. Ülkemizde tehdit altındaki taksonlar için IUCN tarafından belirlenen ölçütlere uygun yeni “Kırmızı Liste veri tabanı” hazırlanmasını öneriyoruz. Bu sayede özel koruma gerektiren taksonlara dikkat çekilecek ve korunabilmelerine olanak sağlanacaktır. İlgili kuruluşlar arazi planlaması yapar iken öncelikle ekologların, koruma biyologların ve taksonomistlerin görüş ve önerilerine başvurması yabancı taksonları ve yaşam alanlarını garanti altına alacaktır.

Teşekkür

Teşhis çalışmalarına ve kaynak teminime yardımcı olan Prof. Dr. Yusuf Menemen, Prof. Dr. Hasan Yıldırım, Prof. Dr. Ömer Kılıç, Prof. Dr. Hasan Akan ve Doç. Dr. Barış Özudoğru ile örnek incelemesi yapılan yurtiçi (ADO, EGE, HARRAN ve HUB) herbaryum görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Yazar Katkıları

Çalışmanın tamamı yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar, herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Kaynaklar

- Akman, Y. (1990). İklim ve Biyoiklim. Ankara: Palme Yayın.
- Baytop, A. (1998). İngilizce-Türkçe Botanik Kılavuzu. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayını.
- Behçet L ve İlçim A (2018). *Campanula baskilensis* sp. nov. (Campanulaceae), a new chasmophyte from Turkey with unusual capsule dehiscence. Nordic J Bot 36: 1-5.
- Brummitt, R.K. and Powell, C.E. Authors of Plants Names. Kew: Royal Botanic Gardens, 2001. The International Plant Names Index. “<<http://www.ipni.org>>, (2018-2023).
- Burgman, M.A., Keith, D., Hopper, S.D., Widyatmoko, D., & Drill, C. (2007). Threat syndromes and conservation of the Australian flora. Biological Conservation, 134 (1), 73-82.
- Çetiner, M. (2020). Atatürk Baraj Gölü Havzasının Şanlıurfa Bölümü Florası. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman: Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Daget, P. (1977). Le Bioclimat Méditerranéen: Analyse Des Formes Climatiques Par Le Système D'Emberger, *Vegetatio*, 34 (2), 87-103.
- Davis, P.H. (1975). Turkey: Present State of Floristic Knowledge. *Coll Int CNRS*, 235, 93-113.
- Davis, P.H. (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. UK: Edinburgh University Press.
- Davis, P.H., Mill, R.R. and Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. UK: Edinburgh University Press.
- Eğilmez, Ç. ve Tel, A.Z. (2016). Gölbaşı Gölleri Havzasının (Adıyaman) Vegetasyonu. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi (BİBAD)*, 9 (2), 33-50.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z. ve Adıgüzel, N. (2000). *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (Eğrelti ve Tohumlu Bitkiler)*. Ankara: Türkiye Tabiatını Kurma Derneği.
- Gök, H. (2021). Köklüce Kanyonu (Araban/Gaziantep) Florası. Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. ve Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2000.
- Güner, A. ve Ekim, T. (2014). *Resimli Türkiye Florası I*. İstanbul: Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I. ve A. Ö. Çimen, A. Ö. (Eds.), (2018). *Resimli Türkiye Florası cilt II*. İstanbul: ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- IUCN Red List, (2023). International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List, Erişim tarihi: 29.10.2023. Erişim adresi: <https://www.iucnredlist.org>.
- İlçim, A. ve Karahan, F. (2020). *Rheum telianum* (Polygonaceae), a new Species from Southeastern Anatolia (Turkey). *Phytotaxa*, 477 (1), 81–89.
- MGM, (2021). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, MGM Veri Tabanı, Erişim tarihi: 10.03.2021. Erişim adresi: <https://www.mgm.gov.tr/>
- Mutlu B, Karakuş Ş (2012). A new species of Ornithogalum (Hyacinthaceae) from East Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 36 (2), 125 - 133.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca G.A.B. ve Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853–858.
- Özcan, Z., Mert, N., Özocak, A., Utkucu, N. ve Doğan, E. (2017). Samsat (Adıyaman) Depremi Ön Değerlendirme Raporu. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Rektörlüğü Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi.
- Özcan, Ş. ve Yıldırım, H. (2022). *Campanula adiyamanensis* (Campanulaceae), a new species from East Anatolia, Turkey. *Annales Botanici Fennici*, 59 (1), 281-284.
- Özhatay, F.N., Kültür, Ş. & Gürdal, B. (2022). Check-list of additional taxa to the supplement of flora of Turkey X. *İstanbul Journal of Pharmacy*, 52(2), 226-249.
- Primack, R.B. (2012). *Koruma Biyolojisi*, Ankara: Kalkan Matbacılık.
- Sanderson, E., Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V. and Woolmer, G.(2002). The human footprint and the last of the wild. *BioScience*, 52 (10), 891-904.
- HGM, (2024). T.C. Milli Savunma Bakanlığı Harita Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 06.02.2024. Erişim adresi: <https://www.harita.gen.tr/ilce/23-adiyaman-besni/>
- Uzunhisarcıklı M, Duman H, Yılmaz S (2013). A new species of Bellevalia (Hyacinthaceae) from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 37 (4), 651 - 655.
- Yıldırım H (2015). *Muscari atillae* (Asparagaceae): A new species from Eastern Anatolia, Turkey. *Phytotaxa*, 213 (3): 291-295.
- Yıldırım, H. ve Altıoğlu, Y. (2017). *Scilla bilgineri* (Asparagaceae: Scilloideae): a new species of Scilla L. from eastern Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 41, 88-95.
- Yıldırım, Ş. ve Kılıç, Ö. (2019). A New Species, *Allium adiyamanense* from Turkey. *The Herb Journal of Systematic Botany*, 26 (1), 33-39.
- Yıldırım, Ş. ve Kılıç, Ö. (2019). Three New Species of Apiaceae Family from Turkey, *Bunium sancakense*, *Pimpinella adiyamanensis*, *Trigonosciadium solhanense*. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 26 (1), 41-52.
- Yıldırım, Ş. ve Kılıç Ö. (2019). A New Aethionema (Brassicaceae), *A. sancakense* and A New Description of *A. adiyamanense* from Turkey. *The Herb Journal of Systematic Botany*, 26 (2), 49-58.

Farklı Odun ve Tutkal Türleri Kullanılarak Üretilen Lamine Kerestelerin (Glulam) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Musa KAYA^{1*}, Ramazan BÜLBÜL², Hasan Özgür İMİRZİ², Nihat DÖNGEL²

¹ Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Erzurum, Türkiye

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçşçileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 11.12.2023

Kabul: 03.04.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Yapılan çalışmada, dış katmanı meşe ve sarıçam, iç katmanı ise sarıçam ve göknar odunlarından olan farklı kombinasyonlar ile polivinil asetat (PVAc) ve poliüretan (PÜR) tutkalları kullanılarak üretilen lamine kerestelerinin hava kuru yoğunluk değerleri, statik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri, deneysel yöntemlerle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre lamine kerestelerin hava kuru yoğunluk değerlerine, sadece dış katmanda kullanılan odun türünün etkisinin anlamlı olduğu; eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde ise iç katmanda kullanılan odun türünün etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan deneylerin sonuçlarına göre lamine kerestelerin hava kuru yoğunluk değeri en yüksek; dış katmanı meşe odunundan, iç katmanı ise göknar odunundan ve poliüretan tutkalı ile üretilen lamine kerestede 0.711 g/cm³ olduğu tespit edilmiştir. Statik eğilme direnci; en yüksek, dış katmanı meşe odunu, iç katmanı ise sarıçam odunundan ve poliüretan tutkalı ile üretilen lamine kerestede 77.35 N/mm² olduğu; eğilmede elastikiyet modülü değeri ise en yüksek, dış ve iç katmanı sarıçam odunundan ve polivinil asetat tutkalı ile üretilen lamine kerestede 10550.78 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen tüm bu bulgulara göre; incelemeye tabi tutulan odun türleri ve yapıştırıcı çeşitleri ile üretimi önerilebilecek lamine kereste kombinasyonu; dış katmanda sarıçam, iç katmanda ise sarıçam ya da göknar odunu ile yapıştırıcı olarak da poliüretan tutkalı şeklinde bir kombinasyon önerilebilir.

Anahtar Kelimeler – Lamine kereste, glulam, eğilme direnci, meşe ve göknar

Some Physical and Mechanical Properties of Laminated Timber (Glulam) Produced Using Different Types of Wood and Glue

¹Atatürk Vocational and Technical Anatolian High School, Erzurum, Türkiye

²Gazi University, Faculty of Technology, Woodworking Industrial Engineering Department, Ankara, Türkiye

Article History

Received: 11.12.2023


Accepted: 03.04.2024


Published: 23.04.2024


Research Article


Abstract – In the study, air-dry density values, static bending strength and elasticity modulus values in bending of laminated timbers produced using different combinations of oak and Scots pine wood on the outer layer and Scots pine and fir wood on the inner layer and polyvinyl acetate (PVAc) and polyurethane (PUR) glues, was examined with experimental methods. According to the results obtained, only the type of wood used in the outer layer has a significant effect on the air-dry density values of laminated timber; It was determined that the effect of the type of wood used in the inner layer was significant on the values of bending strength and modulus of elasticity in bending. According to the results of the experiments, laminated timber has the highest air-dry density value; It has been determined that the laminated timber, whose outer layer is made of oak wood and whose inner layer is made of fir wood and polyurethane glue, is 0.711 g/cm³. Static bending strength; The highest value is 77.35 N/mm² in laminated timber, whose outer layer is made of oak wood and whose inner layer is made of Scots pine wood and polyurethane glue; The highest value of elasticity modulus in bending was determined as 10550.78 N/mm² in laminated timber whose outer and inner layers were produced from Scots pine wood and polyvinyl acetate glue. According to all these findings obtained in the study, the combination of laminated timber that can be produced with the wood species and adhesive types examined; a combination of yellow pine in the outer layer, yellow pine or fir wood in the inner layer and polyurethane glue as adhesive can be recommended.

Keywords – Laminated timber, glulam, bending strength, oak and fir

¹  kayamusa2512@gmail.com

²  ramazanbulbul@gazi.edu.tr

³  himirzi@gazi.edu.tr

⁴  ndongel@gazi.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

İnsanoğlunun hayatında önemli bir kullanım alanına sahip olan ağaç malzeme; dünya nüfusunun artmasıyla ve endüstrileşme ile birlikte kullanım alanları artmış olup bunun sonucunda hızlı bir tüketim olgusuyla karşılaşmıştır. Meydana gelen bu tüketim artışı gerçeği, doğal bir malzeme olan ağaç malzemenin tedarik edilmesini zorlaştırmış ya da maliyetlerini artırmıştır.

Ağaç malzeme yenilenebilir en eski yapım malzemesidir. Geçmişte; gerek barınma amaçlı yapılarda ve gerekse köprüler, telefon ve elektrik direkleri, gemiler ve spor salonları gibi büyük kompleks yapıların imalatında etkin bir biçimde kullanılan (Issa ve Kmeid, 2005) ağaç malzeme çağımızda ise bu alanlara ek olarak ilaç yapımından (Özlüsoylu ve İstek, 2018) tekstil sektörüne (Alici ve Dalkılıç, 2022) kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Dolayısıyla meydana gelen bu gelişmeler neticesinde ağaç malzemenin daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılması zorunlu bir hal almıştır.

Ağaç malzemenin daha verimli bir şekilde kullanılabilmesi için ABD ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde gelişen sanayi ve yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde; ağaçları sektöründe geliştirilen tutkallarla (Karayılmaz vd., 2007) lamine keresteler ya da mühendislik ürünü ağaç malzemeler üretilmiştir. Elde edilen bu ürünler ile mekaniksel direnç bakımından daha yüksek performans gerektiren orta ve yüksek katlı ahşap yapıların üretilmesine olanak sağlanmıştır (Svatoš - Ražnjević vd., 2022). Özellikle sivil mimari, kilise gibi dini yapılarda kullanılan lamine keresteler 2. Dünya Savaşı ile birlikte büyük mesafeli açıklıklara sahip askeri hangarların örtülmesinde de kullanılmıştır (Tokay, 1998). Aynı zamanda gelişen tutkal ve laminasyon teknolojisi ile direnç değerleri düşük, daha az ekonomik değere sahip odunlardan yüksek dayanıma sahip mühendislik ürünü odun esaslı malzemelerin üretilmesine de imkân sağlanmıştır (Dündar vd., 2016). Böylece mühendislik ürünü olarak bilinen; kontrplak, lamine kereste (Glulam), çapraz lamine ahşap paneller (CLT), tabakalanmış şerit kereste (LSL), yönlendirilmiş şerit keresteler (OSL) gibi (Yesügey vd., 2014) odun esaslı ürünlerin günümüzde de mobilya ve dekorasyon alanı ile ahşap yapı sektöründeki ihtiyacı karşılamak için üretimi devam etmektedir.

Mühendislik ürünü lamine kerestelerin günümüzdeki kullanım alanları ise çoğunlukla çatı yapımında kullanılmakla birlikte iç ve dış mekânlarda, ticari ve dini yapılarda, endüstriyel yapılarda, konut imalatında, çeşitli eğri formlara sahip kemerlerin yapımında, kubbe tavanları, merdiven basamakları gibi uygulamalarda kullanılabilirler (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

Tutkallanmış lamine kereste olarak bilinen Glulam; ağaç malzemenin daha az anizotropik özelliğe sahip aynı zamanda daha yüksek mekanik dirençleri olan kompozit bir malzemedir. Söz konusu bu malzemeler lif yönleri aynı doğrultuda ya da birbirine dik konumda düzenlenmiş; odun tabakalarının özellikle sertlik, dayanıklılık, su, nem, sıcaklık ve biyolojik zararlar gibi faktörlere karşı dayanıklı yapısal amaçlı tutkallarla preslenmesi sonucu elde edilen ürünlerdir (Kitek vd., 2010; Şenay, 1996). Lamine ağaç malzemenin lamine edilmesinde iki yüzey birbirine yapıştırılıyorsa; tutkalın lamellerin yıllık halkalarının dış bükey yüzeyine sürülmesi ile bu tür panellerde meydana gelebilecek iç gerilmelere karşı önlem alınmış olmaktadır (Kitek vd., 2010).

Lamine ağaç malzemeler eğilme kuvvetlerine maruz kaldıklarında üst yüzeyde basınç direnci etkin iken alt yüzeyde ise çekme direnci etkin olmaktadır. Dolayısıyla bu tür lamine ağaç malzemeler elde edilirken alt ve üst katmanlarda mekanik dirençleri yüksek ağaç malzemelerden elde edilmiş lamellerin kullanılması, ara katmanlarda ise yoğunluk ve direnç değerleri daha düşük lamellerin kullanılması; bu tür panellerin mekanik dirençlerinde önemli bir kayıp meydana getirmemektedir (Dündar vd., 2016).

Lamine kerestelerin üretilmesinde; kullanılan ağaç malzemenin anatomik yapısı, yüzey dokusu, uygulanan pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri gibi faktörler odunun yapışma direnci üzerinde etkili olan faktörlerdir (Dilic, 1997). Lamine ağaç malzemelerin mekanik dirençleri üzerinde etkili olan faktörlerden tutkal türü, odun faktöründen sonra önemli olan diğer bir etkidir (Uysal vd., 2005). Laminasyon işlemi önemli olan diğer bir faktör ise pres basıncı olup; yumuşak ağaçlar için 0.6 - 1 N/mm², sert ağaçlar için ise 0.2 - 1.6 N/mm² arasındaki değerlerde belirlenebilir. Ayrıca laminasyon uygulamasında birden fazla odun türü mevcut ise presleme basıncı yumuşak odun türlerine göre belirlenir (Dilic, 1997). Dolayısıyla bu tür faktörler dikkate alınarak yapılan laminasyon işlemi sonucunda elde edilen lamine ağaç malzemenin mekanik dirençlerinin de yüksek olması beklenilmektedir.

Son yıllarda yüksek yapışma direnci, dayanıklılık ve neme karşı dirençlerinden dolayı resorsinol-formaldehit (RF) ve fenol resorsinol–formaldehit esaslı yapıştırıcılar (PRF) ile formaldehit içermeyen poliüretan (PUR) polivinil asetat esaslı (PVAc) esaslı yapıştırıcılar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Klippel vd., 2011; Çavuş ve Bal, 2023). Kullanılan tutkallar genellikle uygulama amaçlarına bağlı olarak seçilmektedir. Dolayısıyla yapısal uygulamalar için fenol resorsinol-formaldehit (PRF) esaslı gibi tutkallar kullanılırken, mobilya üretimi gibi yapısal olmayan uygulamalar için ise polivinil asetat (PVAc) esaslı tutkallar kullanılmaktadır (Marra, 1984).

Yapılan bu çalışmada, dış katmanlarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) odunları, iç katmanlarda ise sarıçam ve Uludağ göknarı (*Abies sp.* L.) odunları ile bunların yapıştırılmasında kullanılan poliüretan ve polivinil asetat tutkalları kullanılarak üretilen lamine kerestelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinden olan yoğunluk değerleri ile tutkal ve odun türüne bağlı statik eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülleri tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Yapılan bu çalışmadaki lamine kerestelerin (Glulam) elde edilmesinde kullanılan ağaç malzemeler; sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), Uludağ göknarı (*Abies sp.* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunları kullanılarak elde edilmişlerdir. Çalışma kapsamında kullanılan bu ağaç malzemelerin seçilmesinde; düzgün lifli, budaksız, çatlaksız, reaksiyon odunu, çürüme, böcek ve mantar tahribatının olmaması gibi kriterler göz önüne alınarak; Ankara Siteler semtinde bulunan kereste ticareti yapan kuruluşlardan rastgele yöntemle seçilerek satın alma yoluyla temin edilmiştir. Lamine kerestelerin elde edilmesinde kullanılan ağaç malzeme türleri ve yapıştırıcılara ait bazı özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

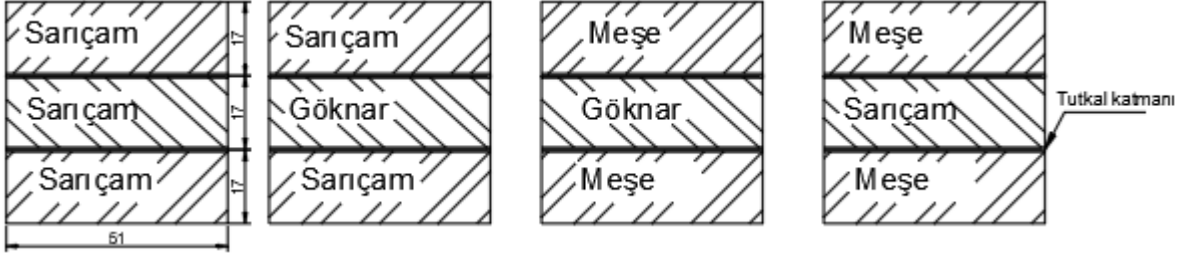
Lamine keresteyi oluşturan bileşenlere ait bazı fiziksel değerler

No	Malzeme Adı	Ebatları/Miktarı	Hava Kuru Yoğunluk (g/cm ³)	Rutubet Oranı (%)
1	Sarıçam ağacı	17 x 55 x 850 mm	0.59	% 11.6
2	Göknar ağacı	17 x 55 x 850 mm	0.44	% 11.3
3	Meşe ağacı	17 x 55 x 850 mm	0.75	% 12.4
	Malzeme Adı	Yüzeye Sürülme Miktarı	Yoğunluğu (g/cm ³)	
4	PVAc tutkalı	110-120 gr/m ²	1.1	
5	Poliüretan Tutkalı (PÜR)	180-220 gr/m ²	1.10	

2.2. Metot

2.2.1. Lamine Kerestelerin Üretilmesi

Lamine keresteleri oluşturan ağaç malzemeler, kaba ölçüleri; 21 mm x 60 mm x 850 mm ölçülerinde kesildikten sonra yüz ve cumba temizleme işlemi yapılarak net ölçüsü olan 17 mm x 55 mm x 850 mm ölçülerine getirilmiştir. Net ölçüsüne getirilen masif ahşap parçalar 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanan masif parçalarının yüzeylerine gereken tutkallar (PVAc ve PÜR) sürülerek; Şekilde 1’deki kombinasyonlarda olacak şekilde preslenerek lamine keresteler elde edilmiştir. Presleme uygulamasında sarıçam kombinasyonu için 0.8 N/mm², meşe kombinasyonu için 1.3 N/mm² basınç değeri ayarlanıp 20 °C sıcaklıkta; tutkalın sertleşmesi için presleme süresi, PVAc tutkalı için 30 dakika, PÜR tutkalı için ise 60 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Presleme işlemi tamamlanan lamine kerestelerin birer cumbaları rendelendikten sonra daire testere makinesinde; numune ölçüsü 51 mm x 51 mm x 820 mm ölçülerine getirilmiştir. Üç katmanlı ve farklı odun türlerinden elde edilen lamine kerestelere ait kombinasyon biçimleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Lamine kerestelere ait kombinasyon biçimleri

2.2.2 Lamine Kerestelerin Hava Kurusu Yoğunluk Değerlerinin Tespiti

51 mm x 51 mm x 810 mm ebatlarındaki lamine kerestelerinin hava kurusu yoğunluk değerlerinin tespiti TS 5497 EN 408 (2006)'e göre yapılmıştır. Bu standarda göre her kombinasyon grubundan 50 mm x 50 mm x 51 mm ölçüsünde ve 3'er adet olmak üzere toplamda 24 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında %12 rutubet oranına ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanma 6 saat aralıklarla yapılan ölçümlerde iki tartım arasında kütlece 0.001'den fazla olmadığı zaman numunelerin sabit ağırlığa geldiği kabul edilmektedir. Deney numunelerinin iklimlendirme kabini içinde kondisyonlanmasına ait görüntü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Lamine keresteleri iklimlendirme kabini içinde kondisyonlanması

2.2.3 Statik Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tespiti

Yapılan çalışmada 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında kondisyonlanan lamine kerestelerin eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modüllerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen testler Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçşileri Endüstri Mühendisliği Bölümü test laboratuvarında bulunan Instron markalı universal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci deneylerinde, masif ağaç malzemeler için TS ISO 13061 - 3'te belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney numuneleri, 51 mm x 51 mm x 810 mm ölçülerinde olup 3'er adet hazırlanmıştır. Ayrıca eğilme deneylerinde TS ISO 13061 - 4'teki esaslara göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri de tespit edilmiştir. Eğilme direnci testinde mesnetler arası mesafe 760 mm, kuvvet uygulaması ise dakikada 10 mm ayarlanıp tutkal hattına dik pozisyonda uygulanmıştır. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesine yönelik yapılan deneylere ait resimler Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün tespiti; (a) ve (b) Statik eğilme deney düzeneği, (c) Statik eğilme deney sonrası numuneler

2.2.4. Verilerin Analiz Edilmesi

Deneysel metotlarla elde edilen verilerin analiz edilmesinde SPSS 26 ve MSTAT-C programları tercih edilmiştir. Bu programlar ile çok yönlü varyans analizi (MANOVA) ve çoklu karşılaştırmalar %95 güven endeksi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1.1. Hava Kurusu Yoğunluk Değerlerinin Belirtilmesi

TS 5497 EN 408 No'lu standarda göre hazırlanan deney numuneleri 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında 6 saat aralıklarla yapılan ağırlık ölçümlerinde değişmez kütleye ulaştıkları andaki lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk (g/cm^3) değerlerine ilişkin istatistiksel veriler

Dış Katman	İç Katman	Tutkal Türü	N	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	Std. sp.
Sarıçam	Sarıçam	PÜR	3	0.551	0.597	0.569	0.025
		PVAc	3	0.603	0.613	0.608	0.005
	Gök nar	PÜR	3	0.540	0.547	0.543	0.004
		PVAc	3	0.482	0.556	0.511	0.040
Meşe	Sarıçam	PÜR	3	0.629	0.724	0.692	0.054
		PVAc	3	0.613	0.732	0.653	0.068
	Gök nar	PÜR	3	0.653	0.777	0.711	0.062
		PVAc	3	0.600	0.665	0.629	0.033

Tablo 2'ye göre lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerinin birbirlerinden farklı oldukları tespit edilmiştir. Tespit edilen hava kurusu yoğunluk değerlerinin birbirlerinden anlamlı düzeyde farklı olup ya da olmadıklarını belirlemek için çok yönlü varyans analizi yapılmıştır. Lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin çok yönlü (MANOVA) varyans analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir

Tablo 3'teki lamine kerestelerin çok yönlü varyans analiz sonuçlarına göre sadece dış katmanda kullanılan odun türünün etkisinin anlamlı ($p < 0.05$; $F: 41.495$) olduğu; etki düzeyinin ise yüksek (%72.2) olduğu tespit edilmiştir. İç katmanda kullanılan odun türü ve tutkal türünün lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerine olan tekli etkileri ile lamine keresteyi meydana getiren her üç faktörün ikili ve üçlü etkileşimlerinin etki düzeylerinin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Varyans analiz çizelgesine göre lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerine etkisi anlamlı tespit edilen dış katman faktörüne ait gruplar arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan testi yapılarak gruplar arasındaki homojenlik değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3

Lamine kerestelerin hava kurusu yoğunluk değerlerine ilişkin çok yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Top- lamı	SD	Kareler Ort.	F	Anlamlılık Düzeyi (p<0.05)	Kısmi Eta ²
Dış Katman (A)	0.077	1	0.077	41.495	0.000	0.722
İç Katman (B)	0.006	1	0.006	3.314	0.087	0.172
Tutkal Türü (C)	0.005	1	0.005	2.572	0.128	0.138
A*B	0.005	1	0.005	2.777	0.115	0.148
A*C	0.006	1	0.006	3.237	0.091	0.168
B*C	0.005	1	0.005	2.676	0.121	0.143
A*B*C	0.000	1	0.000	0.161	0.694	0.010
Hata	0.030	16	0.002			
Toplam	9.196	24				
Düzeltilmiş Toplam	0.134	23				

Tablo 4

Hava kurusu yoğunluk değerlerine etkisi anlamlı olan dış katmana ait homojenlik grupları

İç Katman	\bar{X} (g/cm ³)	HG
Meşe	0.671	A
Sarıçam	0.558	B

LSD: 0.063 g/cm³

Duncan testine göre dış katmanda kullanılan odun türüne ait meşe odununa bağlı olarak tespit edilen hava kurusu yoğunluk değerinin (0.671 g/cm³) sarıçam odununa göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonucun meşe odununun yoğunluk değerinin yüksekliğinden dolayı gerçekleştiği söylenilebilir.

3.1. Statik Eğilme Direncinin Tespiti

TS ISO 13061 - 3'e göre deneysel yöntemlerle tespit edilen lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

Lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerine (N/mm²) ilişkin istatistiksel veriler

Dış Katman	İç Katman	Tutkal Türü	N	X_{min}	X_{max}	$X_{ort.}$	Std. sp.
Sarıçam	Sarıçam	PÜR	3	63.39	80.74	71.47	8.74
		PVAc	3	62.89	81.11	72.79	9.21
	Gök nar	PÜR	3	58.28	69.66	64.55	5.78
		PVAc	3	43.8	69.65	56.68	12.93
Meşe	Sarıçam	PÜR	3	68.07	87.41	77.35	9.69
		PVAc	3	61.95	99.63	76.52	20.24
	Gök nar	PÜR	3	31.92	83.36	63.24	27.49
		PVAc	3	46.11	60.51	54.60	7.54

Tablo 5'te verilen lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerine ilişkin tespit edilen değerlerin birbirlerinden farklı oldukları görülmüştür. Çizelgeye göre özellikle dış katmanı meşe odunundan, sarıçam iç katmanlı ve poliüretan tutkalı ile elde edilen lamine kerestenin statik eğilme (77.35 N/mm²) direncinin; diğer kombinasyonlarda üretilmiş olan lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmadaki bütün kombinasyonlar için elde edilen lamine kerestelerin statik eğilme dirençleri arasındaki farklılıkların %5 hata payı dâhilinde anlamlılık seviyelerini tespit etmek için çok yönlü varyans analizi yapılarak; sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerine ait çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Top- lamı	SD	Kareler Ort.	F	Anlamlılık Düzeyi (p<0.05)	Kısmi Eta ²
Dış Katman (A)	14.555	1	14.555	0.069	0.796	0.004
İç Katman (B)	1307.588	1	1307.588	6.235	0.024	0.280
Tutkal Türü (C)	96.360	1	96.360	0.459	0.508	0.028
A*B	63.408	1	63.408	0.302	0.590	0.019
A*C	3.190	1	3.190	0.015	0.903	0.001
B*C	108.333	1	108.333	0.517	0.483	0.031
A*B*C	0.718	1	0.718	0.003	0.954	0.000
Hata	33550.591	16	209.724			
Toplam	113172.711	24				
Düzeltilmiş Toplam	4949.742	23				

Tablo 6'ya göre; farklı kombinasyonlarda elde edilen lamine kerestelerin üretilmesine dâhil edilen faktörlerden sadece iç katman faktörünün etkisinin anlamlı (F:6.325; P<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Etkisi anlamlı olan iç katman faktörünün etki düzeyinin %28 olduğu tespit edilmiştir. Varyans analiz çizelgesine göre lamine kerestelerin statik eğilme direncine etkisi anlamlı tespit edilen iç katman faktörüne ait gruplar arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan testi yapılarak gruplar arasındaki homojenlik değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7

Statik eğilme direncine etkisi anlamlı olan iç katmana ait homojenlik grupları

İç Katman	\bar{X} (N/mm ²)	HG
Sarıçam	74.53	A
Gökmar	59.77	B

LSD: 12.23 N/mm²; HG: Homojenlik grupları

Tablo 7'ye göre, lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerine etkisi anlamlı olarak tespit edilen iç katman faktörünün teşekkülünde kullanılan sarıçam ve gökmar odunları arasında anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre sarıçam odununun statik eğilme direncinin gökmar odununa göre daha yüksek olduğu; bu yüksekliğin ise sarıçam odun türünün yoğunluk değerine bağlı olarak gerçekleştiği söylenebilir. Çünkü yapılan bu çalışmada sarıçam odununun yoğunluğu 0.59 g/cm³ iken gökmar odununda bu değer 0.44 g/cm³ olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde gökmar odununun yoğunluk değerinin 0.43 g/cm³ (Göker ve Bozkurt, 1996) olduğu sarıçam odununun yoğunluk değerleri ise 0.50 g/cm³ ile 0.62 g/cm³ (Yapıcı vd., 2013; Özcan vd., 2017) arasında olduğu belirlenmiştir. Statik eğilme dirençleri; sarıçamda 81.82 N/mm² (Yapıcı vd., 2013) iken gökmar odununda ise 53.50 N/mm² (Özçifçi ve Batan, 2009) olduğu belirlenmiştir. Sarıçam lamine kerestelerde tutkal hattına dik yöndeki statik eğilme direncinin 79.7 N/mm² (Kasal vd., 2010) olduğunu, gökmar odunundan PVAc tutkalı ile oluşturulan lamine kerestenin statik eğilme direncinin 71.2 N/mm², PÜR tutkalı ile oluşturulan lamine kerestenin statik eğilme direncinin ise 40.8 N/mm² olduğunu belirtmişlerdir (Zor vd., 2016). Ayrıca yapılan çalışmalarda farklı odun türleri (Kayın, meşe, sarıçam ve kavak) kullanılarak elde edilmiş farklı kombinasyonlardaki lamine edilmiş kerestelerin statik eğilme dirençlerinin 76.14 N/mm²'den 107.52 N/mm²'ye kadar değiştiğini (Keskin, 2004; Keskin ve Togay, 2003) belirtmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda ise limba ve akoume gibi odun türlerinden elde edilen lamine kerestelerin statik eğilme dirençlerinin sırasıyla 51 N/mm², 58.5 N/mm² (Ekundayo vd., 2022) olduğu, Avrupa Ladin'inden elde edilen lamine kerestelerin statik eğilme direncinin ise 81.63 N/mm² (Reinprecht vd., 2022) olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise statik eğilme direnci testlerine tabi tutulan lamine kerestelerin tespit edilen statik eğilme direnci değerlerinin, literatürde yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla benzer oranlarda olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tespiti

Farklı kombinasyonlarda üretilen lamine kerestelerin TS ISO 13061 - 4'e göre eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8

Lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²) değerlerine ilişkin istatistiksel veriler

Dış Katman	İç Katman	Tutkal Türü	N	X_{min}	X_{max}	X_{ort}	Std. sp.
Sarıçam	Sarıçam	PÜR	3	9778.14	10443.83	10016.99	370.53
		PVAc	3	9959.45	11056.22	10550.78	553.41
	Gök nar	PÜR	3	8543.54	9879.89	9375.01	725.57
		PVAc	3	5451.7	10687.19	7941.48	2627.11
Meşe	Sarıçam	PÜR	3	7687.43	12562.89	9696.01	2548.53
		PVAc	3	7139.77	12095.5	9262.90	2552.90
	Gök nar	PÜR	3	7483.51	10684.99	8835.49	1657.71
		PVAc	3	5669.44	7546.54	6761.32	975.40

Tablo 8'e göre lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin birbirlerinden farklı oldukları görülmüştür. Çizelgeye göre özellikle hem dış katmanı ve hem de iç katmanı sarıçam odunundan, PVAc tutkalı kullanılarak üretilen lamine kerestenin eğilmede elastikiyet modülünün (10550.78 N/mm²) diğer kombinasyonlarda üretilmiş olan lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modüllerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan bu çalışmada üretilen tüm kombinasyonlardaki lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılıkların %5 hata payı dâhilinde anlamlılık seviyelerini tespit etmek için çok yönlü varyans analizi yapılarak; sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9

Lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Kareler Ort.	F	Anlamlılık Düzeyi (p<0.05)	Kısmi Eta ²
Dış Katman (A)	4154700.271	1	4154700.271	1.352	0.262	0.078
İç Katman (B)	16401347.735	1	16401347.735	5.337	0.035	0.250
Tutkal Türü (C)	4352893.928	1	4352893.928	1.417	0.251	0.081
A*B	4606.233	1	4606.233	0.001	0.970	0.000
A*C	969073.338	1	969073.338	0.315	0.582	0.019
B*C	4882643.313	1	4882643.313	1.589	0.226	0.090
A*B*C	39917.911	1	39917.911	0.013	0.911	0.001
Hata	49166974.156	16	3072935.885			
Toplam	2047804213.585	24				
Düzeltilmiş Toplam	79972156.884	23				

Tablo 9'a göre; farklı kombinasyonlarda elde edilen lamine kerestelerin üretilmesine dâhil edilen faktörlerden sadece iç katman faktörünün etkisinin anlamlı (F:5.337; P<0.05) olduğu tespit edilmiştir. Etkisi anlamlı olan iç faktörünün etki düzeyinin %25 olduğu tespit edilmiştir. Varyans analiz çizelgesine göre etkisi anlamlı tespit edilen iç katman faktörüne ait gruplar arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan testi yapılarak gruplar arasındaki homojenlik değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10

Eğilmede elastikiyet modülüne etkisi anlamlı olan iç katmana ait homojenlik grupları

İç Katman	\bar{X} (N/mm ²)	HG
Sarıçam	9882.00	A
Gök nar	8228.00	B

LSD: 1480 N/mm²; HG: Homojenlik grupları

Tablo 10'a göre, lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülüne etkisi anlamlı olarak tespit edilen iç katman faktörünün teşekkülünde kullanılan sarıçam ve göknar odunları arasında anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre sarıçam odununun eğilmede elastikiyet modülünün göknar odununa göre daha yüksek olduğu; bu yüksekliğin ise sarıçam odun türünün yoğunluk değerinin yüksekliğinin bir sonucu olarak gerçekleştiği söylenebilir.

Literatürde yapılan çalışmalarda sarıçam odununun hava kuru yoğunluk değerinin 0.51 g/cm^3 iken lamine edilmiş sarıçam kerestelerde hava kuru yoğunluk değerinin 0.54 g/cm^3 olduğu; sarıçam odununun liflere dik yöndeki eğilmede elastikiyet modülü değerinin 10200 N/mm^2 iken lamine edilmiş sarıçam kerestelerde ise bu değer 10354.87 N/mm^2 (Kurt vd., 2003) olduğunu tespit etmişlerdir. Göknar odununda ise yoğunluk değerinin 0.43 g/cm^3 (Erdin ve Bozkurt, 2013) olduğu, eğilmede elastikiyet modülü değerinin ise 7870.50 N/mm^2 (Özçifçi ve Batan, 2009) olduğu; bir diğer çalışmada sarıçam odunundan elde edilen lamine kerestelerin eğilmede elastikiyet modülünün 8566 N/mm^2 (Shim vd., 2009) olduğunu belirtmişlerdir. Daha önce yapılmış olan çalışmalardaki sonuçlardan anlaşılmaktadır ki; yapılan bu çalışmada elde edilen eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin literatürde yapılan çalışmalardaki değerlerle benzer oranlarda olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada odun türü, tutkal çeşidi gibi farklı kombinasyonlarda üretilen lamine kerestelerin hava kuru yoğunluk değerleri, statik eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri deneysel yöntemlerle belirlenirken odun türünün, tutkal çeşidini etkileri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Lamine kerestelerin dış katmanlarında kullanılan meşe odununa bağlı olarak gerçekleşen statik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin sarıçam odununa göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak meşe odunu ve sarıçam odunu arasında tespit edilen bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bundan dolayı lamine kerestelerin dış katmanlarında sarıçam daha ekonomik olduğu için kullanılabilir.
- Lamine kerestelerin üretilmesinde kullanılan diğer bir parametre olan tutkal çeşidinin lamine kerestelerin eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülüne etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Fakat polivinil asetat (PVAc) tutkalının sadece sarıçam kombinasyonu ile üretilen lamine kerestenin hem statik eğilme direnci ve hem de eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde poliüretan (PÜR) tutkalına göre daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak sarıçam kombinasyonu haricindeki diğer tüm lamine kereste kombinasyonlarında, poliüretan (PÜR) tutkalına bağlı gerçekleşen eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bundan sonra yapılacak çalışmalarda; eğer lamine keresteler iç mekânlarda kullanılacaksa birim fiyatının daha düşük olmasından dolayı polivinil asetat (PVAc) tutkalının kullanılması önerilebilir. Şayet lamine keresteler dış mekânlarda kullanılacaksa dış hava koşullarına dayanıklı poliüretan (PÜR) tutkal türlerinin seçilmesi önerilir.
- Lamine kerestelerin iç katmanlarını oluşturan sarıçam ve göknar odunlarının; lamine kerestelerin statik eğilme ve eğilmede elastikiyet modülüne olan etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı oldukları; sarıçam odununa bağlı olarak gerçekleşen statik eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modüllerinin göknar odununa göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada elde edilen tüm bu bulgulara göre; üretimi önerilebilecek lamine kereste kombinasyonu; dış katman sarıçam, iç katman sarıçam ya da göknar odunu ile birlikte poliüretan tutkalı şeklinde bir kombinasyon önerilebilir. Ayrıca meşe, sarıçam ve göknar odunları ile oluşturulacak farklı kombinasyonlardaki lamine kerestelerin üretilmesinde, sarıçam ve göknar odunlarının tercih edilerek oluşturulması; bununla birlikte özellikle yapışma dirençleri daha yüksek ve dış hava koşullarına daha dayanıklı olan fenol formaldehit, melamin formaldehit ve poliüretan esaslı tutkalların kullanılarak elde edilen lamine kerestelerin mekanik dirençlerinin araştırılması önerilir.

Yazar Katkıları

Musa KAYA: Analizin yapılması, verilerin yorumlanması, makalenin yazılması.

Ramazan BÜLBÜL: Verilerin elde edilmesi, çalışmanın düzenlenmesi, makalenin yazılması.

Hasan Özgür İMİRZİ: Çalışma konusunun seçilmesi, verilerin yorumlanması.

Nihat DÖNGEL: Makalenin yazılması, verilerin yorumlanması.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları; aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Kaynaklar

- Alici, N., Dalkılıç, B. (2022). İç mekân donatı elemanlarında biyo-esaslı malzeme kullanımı. *GRID - Architecture Planning and Design Journal*, 5(2), 325-346.
- Çavuş, V., Bal, B. C. (2023). Parmak birleştirmeli kereste (Finger-Jointed Lumber). *Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar*, 519-532.
- Dilik, T. (1997). Lamine Ağaç Malzemeden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Dündar, T., Kaymakçı, A. ve Aydoğmuş, A. (2016). Pavlonya Odununun Tutkallı Lamine Kereste Üretiminde Orta Tabakada Kullanım Olanakları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(2), 536-540.
- Ekundayo, O. O., Arum, C., Owoyemi, J. M. (2022). Bending Strength Evaluation of Glulam Beams Made from Selected Nigerian Wood Species. *International Journal of Engineering*, 35(11), 2120-2129.
- Erdin, N., Bozkurt, Y. (2013). Odun Anatomisi, 2. Baskı, *İstanbul Üniversitesi Yayınları*. İstanbul
- Göker, Y. ve Bozkurt, A.Y., (1996). "Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi", İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul, Yayın No: 3944, 374.
- Issa, C. A., Kmeid, Z. (2005). Advanced wood engineering: glulam beams. *Construction and Building Materials*, 19(2), 99-106.
- Karayılmazlar, S., Çabuk, Y., Atmaca, A. ve Aşkın, A. (2007). Orman ürünleri endüstrisinde laminasyon tekniği ve önemi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(11), 78-86.
- Kasal, A., Efe, H. Dizel, T. (2010). Masif ve Lamine Edilmiş Ağaç Malzemelerde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 13(3), 183-190.
- Keskin, H. (2004). Sapsız Meşe (*quercus petraea* L.) ve Sarıçam (*pinus sylvestris lipsky*) Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri Ve Kullanım İmkânları. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(4):121-131.
- Keskin, H., Togay, A., (2003). "Doğu Kayını ve Karakavak Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri". *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2,101-114.
- Kitek K., M., Oblak, L., Vratuša, S. (2010). Glued laminated timber in architecture. *Drvna industrija*, 61(3), 197-204.
- Klippel, M., Frangi, A., Fontana, M. (2011). Influence of the adhesive on the load-carrying capacity of glued laminated timber members in fire. *Fire Safety Science*, 10, 1219-1232.
- Kurt, R., Keskin, H., Atar, M. (2003). Lamine edilmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 6(1).
- Marra, G. (1984). The role of adhesion and adhesives in the wood products industry R.H. Gillespie (Ed.), *Adhesives for Wood. Research Applications, and Needs*. USDA Forest Serv, Forest Prod. Lab., Madison, WI pp. 2-9
- Mengeloğlu, F., Kurt, R. (2004). Mühendislik ürünü ağaç malzemeler 1 tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 39-44.
- Özan, Z. E., Onat, S. M., Aydemir, D. (2017). Sarıçam ve uludağ göknar odunlarının bazı özellikleri üzerine termal muamelenin etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 187-193.
- Özçifçi, A., Batan, F. (2009). Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 12(4), 287-292.
- Özlüsoylu, İ., İstek, A. (2018). Ağaç kabuklarının izolasyon levha üretiminde değerlendirilmesi. In *4th International Congress on Multidisciplinary Studies*. Girne, KKTC (pp. 401-411).
- Reinprecht, L., Ciglian, D., Iždinský, J., Sedliačik, J. (2022). Effect of primary spruce lamella aging on the bending characteristics of glulam beams. *Applied Sciences*, 12(24), 12872.
- Shim, K. B., Kim, K. M., Park, J. S. (2009). Improvement of prediction accuracy of glulam modulus of

- elasticity by considering neutral axis shift in bending. *Wood and Fiber Science*, 90-96.
- Svatoš-Ražnjević, H., Orozco, L., Menges, A. (2022). Advanced timber construction industry: A review of 350 multi-storey timber projects from 2000–2021, *Buildings*, 12 (4) 404,
- Şenay, A. (1996). Ahşap lamine taşıyıcı elemanların mekanik özelliklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Tokyay, V. (1998). Tutkallı tabakalı ahşap teknolojisi. *Yapı*, 197. 114
- TS 3842, (1983). Yapıştırılmış lamine ahşap yapı elemanları, TSE Standardı, Ankara, Ekim, 1–4.
- TSE, 5497. EN408. (2006). Ahşap Yapılar - Yapı Kerestesi Ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS ISO 13061 - 4, (2021). Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini, Türkiye Standartlar Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TS ISO 13061 - 3, (2021). Odunun statik eğilme dayanımının tayini, Türkiye Standartlar Enstitüsü (TSE), Ankara.
- Uysal B., Özçifçi A., Kurt Ş., Yapıcı F. (2005). Lamine malzemede su buharının boyutsal değişime etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (4), 655-663.
- Yapıcı, F., Esen, R., Yörür, H., Likos, E. (2013). Isıl İşlemin Sarıçam Odununu Üzerinde Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkileri. *Technological Applied Sciences*, 8(1), 1-6.
- Yesügey, S.C., Karaman, Ö.Y., Güzel, N., (2014). Ahşap Malzemeli Konut Teknolojisi. Yalın Yayıncılık, İstanbul.
- Zor, M., Sözen, E., Bardak, T. (2016). Lamine ahşap malzemenin mekanik performansları ve görüntü analizi yöntemiyle eğilme direnci testinde deformasyonun belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 126-136. <https://doi.org/10.24011/barofd.268576>

Türkiye’de Defne Üretimi Yapılan Sahalardan Toplanan Defne Yapraklarına Ait Uçucu Yağ Verimleri ve Kimyasal Yapısı

Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ^{1,*}, Seher KUŞ CENGİZ¹, Hikmet YAZICI²

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Meslek Yüksekokulu, Zonguldak, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 07.11.2023

Kabul: 28.12.2023

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren Defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisinin yaprakları önemli bir odun dışı orman ürünüdür. Bu çalışmada Orman Genel Müdürlüğü tarafından defne yaprağı üretimi gerçekleştirilen 23 farklı noktadan toplanan taze defne yapraklarından cleveger düzeneği ile uçucu yağlar elde edilmiştir. Elde edilen yağ verimleri 0,40 - 2,6 ml/100 g arasında değişmektedir. En yüksek yağ verimi Mersin-Tarsus bölgesinden elde edilirken, en düşük oran Bartın bölgesinde tespit edilmiştir. Uçucu yağlar seyreltilerek FID-GC ve GC-MS’de analiz edilerek kimyasal içeriği belirlenmiştir. Taze defne yaprağı uçucu yağında 26 madde tespit edilirken bunlardan 4 tanesi tanımlanamamıştır. 1,8-Cineol (% 39,8-72,1), α -terpinylacetate (% 3,60-14,8), sabinen (% 3,32-14,2), α -pinen (% 2,69-8,61) ve terpinen-4-ol (% 1,65-6,10) en önemli maddeler olarak tespit edilmiştir. Karadeniz bölgesi 1,8-Cineol açısından en düşük oranı verirken bu madde için en yüksek değerler sırasıyla Akdeniz ve Ege bölgelerinde belirlenmiştir. İkinci önemli madde olan α -terpinylacetate ise Samsun ilinde en yüksek oranda tespit edilirken en düşük miktar Antalya’ dan toplanan örneklerde belirlenmiştir. Ayrıca, distilasyon sürecinde çıkarılan uçucu yağların renklerinde de farklılıklar gözlemlenmiştir, Bartın bölgesinden elde edilen uçucu yağın rengi açık ve saydam iken Aydın ilinden elde edilen yağ koyu sarı renkte olmuştur.

Anahtar Kelimeler – *Laurus nobilis* L., defne, uçucu yağ, 1,8-Cineol

Yield and Chemical Structure of Bay Leaf Volatile Oil Collected from Laurel Production Areas of Türkiye

¹ Department of Forest Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

² Çaycuma Vocational School, Zonguldak Bülent Ecevit University, Zonguldak, Türkiye

Article History

Received: 07.11.2023


Accepted: 28.12.2023


Published: 23.04.2024


Research Article

Abstract – Bay (*Laurus nobilis* L.) which is naturally grown in Turkey is an important non-wood forest product. In this study fresh bay leaves were collected from 23 different points where bay leaf production is carried out by the General Directorate of Forestry. Essential oils were obtained with Hydrodistillation. The yield of oils differ from 0,4-2,6 ml/100g. While Mersin-Tarsus region gave the highest oil yield, the lowest amount was detected in Bartın. The chemical structure of oils was analysed with FID-GC and GC-MS. While 26 compounds were detected in fresh bay leaf essential oil, four of them could not be identified. 1,8-Cineol (39,8-72,1 %), α -terpinylacetate (3,60-14,8 %), sabinen (3,32-14,2 %), α -pinen (2,69-8,61 %) ve terpinen-4-ol (1,65-6,10 %) were determined as the major compounds. Black Sea region gives the lowest rate of 1,8-Cineol while the highest values were obtained from the Mediterranean and Aegean regions. Second important compound α -terpinylacetate was detected at the highest rate in Samsun (14,8 %) while the lowest in Antalya (2,3%). Additionally, differences have been observed in the colors of essential oils during the distillation process. While the essential oil obtained from Bartın region was light and transparent, the essential oil of the bay leaf collected from Aydın province was dark yellow.

Keywords – *Laurus nobilis* L., bay, volatile oil, 1,8-Cineol

¹  akilic@bartin.edu.tr

²  seherkus@gmail.com

³  hikmet.yazici@beun.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Önemli tıbbi ve aromatik bitkilerden biri olan defne Akdeniz bitki örtüsünün karakteristik bitkilerindendir. Akdeniz ülkelerinde ve Rusya'nın Karadeniz kıyılarında yetişmektedir. Ülkemizde bulunan tek defne türü, Akdeniz defnesi adıyla bilinen *Laurus nobilis* L.'dir. Ege, Akdeniz ve Karadeniz Bölgesi'nin tüm kıyı şeridi boyunca yayılış göstermektedir. Ülkemizde 2023 yılında defne üretim planının olduğu sahalarda Adana, Amasya, Antalya, Balıkesir, Bursa, Hatay, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Kastamonu, Mersin, Muğla, Sakarya, Sinop, Zonguldak, Çanakkale'dir (Baytop, 1999; Günel, 2000; OGM, 2016).

Defne, 2-15 m kadar boylanabilen, her dem yeşil, çiçekleri bir cinsli iki evciklidir. Üzümsü, olgunlaştığında siyah renkli meyveye sahip olan defnenin yaprakları derimsi tam kenarlı ve kısa saplıdır. Ülkemiz için önemli bir odun dışı orman ürünü olan defne yaprağı üretim miktarları 2019 yılında 32,537 ton, 2020 yılında 44,350 ton, 2021 yılında 45,225 ton ve 2022 yılında 47,250 ton olmuştur. Türkiye dünyada defne yaprağı ihracatında önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. (OGM,2022). Gerek yaprakları gerekse meyveleri farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Keskin aromatik yapısı defne yaprağının baharat olarak kullanımını sağlar. Ayrıca, antibakteriyel, antioksidan, antiseptik ve antifungal özelliklere de sahiptir. Halk arasında romatizma ve idrar yolu hastalıklarına karşıda kullanılmaktadır. Yapraklarından uçucu yağ, meyve kısmından ise sabit yağ elde edilerek sabun, şampuan ve krem yapımlarında kullanılmaktadır (Yaltırık ve Efe 2000; Acar, 1987, Yılmaz ve Çiftçi 2021).

Uçucu yağ, aromatik bitkilerin farklı kısımlarından çeşitli yöntemlerle elde edilen, renksiz yada açık sarı renkli, özgül ağırlığı 0,8-1 g/ml olan kimyasal yapısı uçucu bileşikler ve lipofilik maddelerden oluşan hoş kokulu yağlardır. Defne yapraklarından da uçucu yağ üretilmektedir. Uçucu yağ verimi, sıcaklık, yükselti, toplama zamanı, kurutma yöntemi, distilasyon yöntemi ve genetik yapı gibi faktörlere göre değişmekle birlikte % 0,3-4,5 arasındadır. Kimyasal kompozisyonunda en önemli maddeler sırasıyla 1,8-cineol, α -terpinyl acetate, α -terpineol ve sabinene'dir. Defne uçucu yağı; gıda endüstrisinde, alternatif tıpta, masaj ürünlerinde ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır (OGM, 2022)

Bu çalışmada Orman Genel Müdürlüğü tarafından defne yaprağı üretimi yapılan 23 farklı sahadan temin edilen taze defne yapraklarının yağ verimi ve kimyasal kompozisyonları belirlenerek bölgesel bir karşılaştırma yapılması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Orman Genel Müdürlüğü tarafından defne üretim sahası olarak belirlenen 23 farklı lokasyondan 2021 yılında toplanan yaş defne yaprakları (*Lauris nobilis* L.) kullanılmıştır (Tablo 1). Örnekler düzgün yapılı, temiz, toz ve kalıntı içermeyen, deliksiz, böcek yeniği olmayan olgun yapraklardan seçilmiştir. Seçilen yapraklar sterilize edilmiş bistüri ile yaklaşık 0,5 cm boyutlarda kesilmiş, hassas terazide 50 g tartılmış, 1000 ml lik balona aktarılmış, üzerine 500 ml distile su ilave edilerek 4 saat süre ile Clevenger aparatında hidrodestilasyona tabii tutulmuştur. Yağ verimi belirlendikten sonra örnekler viallere alınarak +4°C saklanmıştır. Ayrıca örneklere ait rutubet değerleri Radwağ MA 50. R. WH. Moisture Analyzer IR rutubet ölçüm cihazı ile 50 °C de ölçülmüştür.

Uçucu yağlara ait kalitatif ve kantitatif analizler ise sırasıyla Shimadzu GC-2010 marka FID-GC'de 30m x 0,25 mm iç çapı x 0,25 µm film kalınlığındaki kolonda, 60°C (5 dak. bekleme), 2°C/ dak. artışla 260°C sıcaklık programı ile gerçekleştirilmiştir. Kalitatif analizler ise Shimadzu QP-2010 Plus marka GC-MS'de He taşıyıcı gazıyla yukarıdaki sıcaklık programında gerçekleştirilmiştir. Split 1:100 olarak seçilmiştir. Maddelerin tanımlanmasında NIST, WILEY ve FLAVOUR&FRANGES kütüphaneleri kullanılmıştır. Retensiyon indeks (RI) değerleri aynı koşullar altında Supelco C7-C30 marka Alkan serisinin enjeksiyonu ile hesaplanmıştır

Tablo 1

Deney materyallerine ait bilgiler

No	Örnekleme Alanları	Kullanılan Kısaltma
1	Yalova- Esen Köy- Çınarcık Bölgesi	L-1
2	Osmaniye- Sumbas İlçe -Yeşil Yayla Köyü	L-2
3	İzmir – Urla - Zeytinler Köyü	L-3
4	Mersin	L-4
5	Aydın- Kuşadası- Davutlar	L-5
6	Aydın	L-6
7	Antalya - Kemer -Beldibi	L-7
8	Muğla – Marmaris - Çamlı	L-8
9	Mersin -Tarsus	L-9
10	Antalya - Gazipaşa İlçesi- Çile Mahallesi	L-10
11	İzmir- Seferihisar	L-11
12	Hatay - Samandağ	L-12
13	Çanakkale - Biga	L-13
14	Samsun - Alaçam	L-14
15	Kocaeli - Kandıra	L-15
16	Kastamonu-İnebolu-Baltacı	L-16
17	Kastamonu- Çatalzeytin- Kaşlıca	L-17
18	Zonguldak- Alaplı-Kıran	L-18
19	Bartın- Kozcağız	L-19
20	Bartın-Arıönü	L-20
21	Sinop-Gerze	L-21
22	Kastamonu-Cide	L-22
23	Sinop-Ayançık	L-23

3. Bulgular ve Tartışma

Uçucu yağ verimleri

Defne üretim sahalarından temin edilen taze defne yapraklarına ait rutubet miktarları ve bu yapraklardan hidrodestilasyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağ verimleri Tablo 2’de verilmiştir. En yüksek yağ verimi sırasıyla L-9 ve L-1 örneklerinde tespit edilirken en düşük oran L-17, L-16 ve L-19 numaralı örneklerde gözlemlenmiştir. 2015 yılında Karık ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada benzer bölgelerden alınan defne yaprakları kurutularak elde edilen uçucu yağ verimleri kıyaslandığında bazı bölgelerde farklılıklar gözlemlenmiştir. Özellikle Karadeniz bölgesinden toplanan yapraklara ait yağ verimleri mevcut çalışmada düşük tespit edilmiştir. Karık ve arkadaşlarının çalışmasında ise Karadeniz bölgesinin örneklerinin daha yüksek tespit edilmesi yaprakların yağ eldesi öncesinde kurutulmasından kaynaklanmış olabilir. Yılmaz ve Deniz (2017) tarafından Karadeniz bölgesinden temin edilen defne yapraklarına ait uçucu yağ verimleri ise Bartın için % 0,91-1,47 ve Samsun için ise % 0,92-1,33 olarak tespit edilmiştir. Özderin (2010) Muğla-Ula yöresinde defne yaprağı uçucu yağ miktarını % 3.8 olarak tespit etmiş, yağ rengini ise beyaz olarak belirtmiştir.

Tablo 2

Defne (*Lauris nobilis*) uçucu yağ miktarları ve rutubet oranları (%)

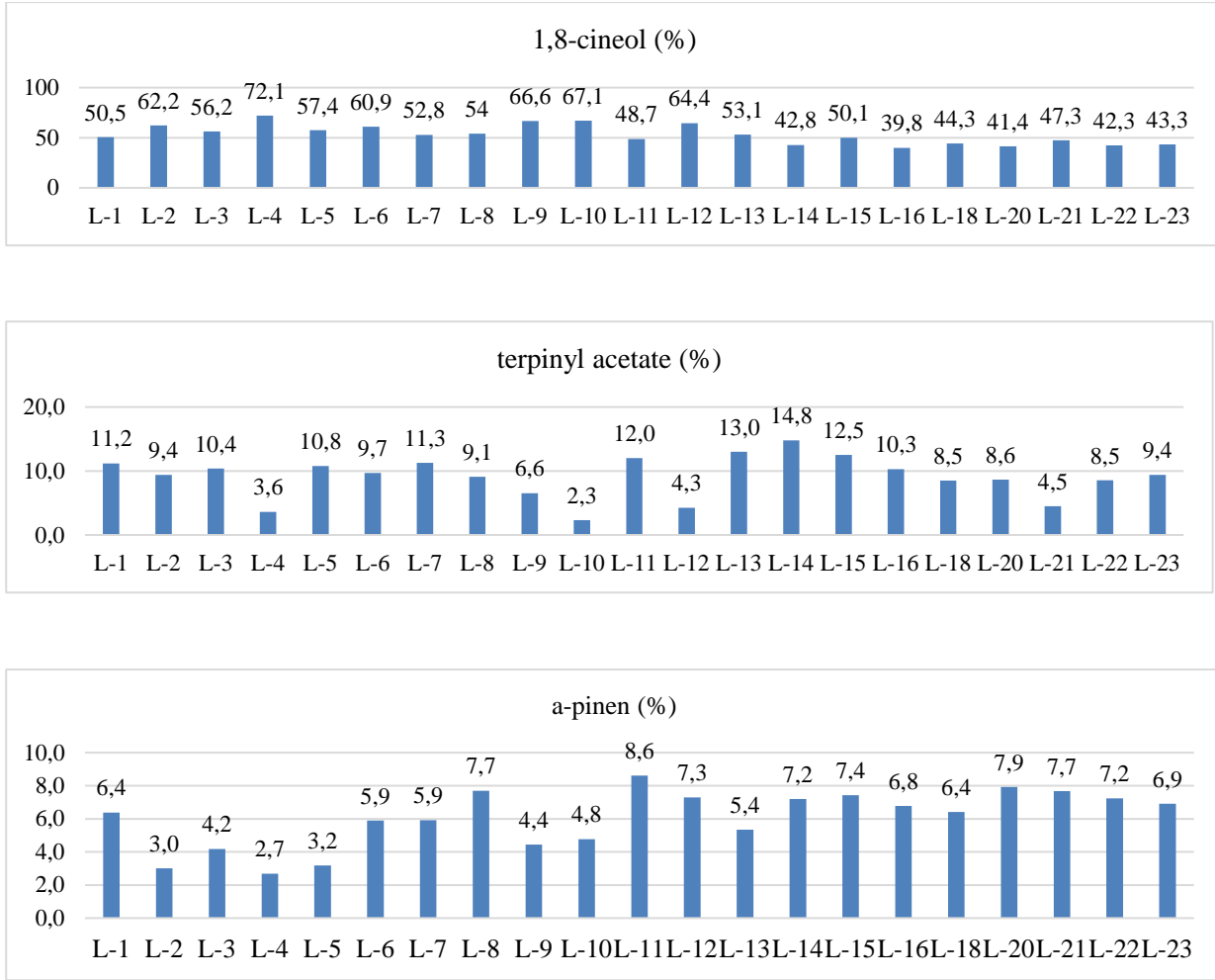
Örnek	Uçucu yağ verimi		
	Rutubet (%)	Tespit (%)	Karık ve ark, (2015)
L-1	3,5	2,2	1,9
L-2	3,1	0,7	-
L-3	11,7	1,2	2,2
L-4	4,6	1,2	-
L-5	5,4	1,8	1,2
L-6	2,4	1,4	0,8
L-7	7,5	1,0	1,1
L-8	19,1	1,0	1,7
L-9	1,5	2,6	-
L-10	1,5	1,8	2,5
L-11	10,2	1,0	-
L-12	12,2	0,6	1,5
L-13	11,4	1,1	-
L-14	11,2	0,7	2,7
L-15	8,6	0,7	2,6
L-16	7,0	0,6	2,0
L-17	13,4	0,4	-
L-18	4,6	1,2	1,9
L-19	12,2	0,6	-
L-20	19,2	1,0	-
L-21	12,5	1,1	2,0
L-22	8,6	1,2	1,7
L-23	9,6	1,2	1,1

L1:Yalova, L2:Osmaniye, L3:İzmir, L4:Mersin, L5:Aydın-Kuşadası, L6:Aydın, L7: Antalya-Kemer, L8:Muğla, L9:Mersin, L10:Antalya-Gazipaşa, L11:İzmir, L12:Hatay, L13: Çanakkale, L14: Samsun, L15:Kocaeli, L16: Kastamonu-İnebolu, L-17: Kastamonu- Çatalzeytin- Kaşlıca, L18: Zonguldak, L:19 Bartın- Kozcağız, L20: Bartın, L21: Sinop-Gerze, L22: Kastamonu-Cide, L23: Sinop –Ayancık.

Uçucu yağlara ait kimyasal bileşim

Elde edilen uçucu yağların kalitatif analizleri GC-MS ile tespit edilirken kantitatif analizler GC-FID ile belirlenmiştir. Analizleri sonucunda toplam 26 madde tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu maddelerden 4 tanesi tanımlanamamıştır. Tanımlanan maddeler arasında en önemlileri sırasıyla 1,8-Cineol (%39,8-72,1), α -terpinylacetate (% 2,34-14,8), sabinen (% 3,32-14,2), α -pinen (% 2,69-8,61) ve β -pinen olmuştur. L-17 ve L-19 örneklerine ait uçucu yağ oranları çok düşük olduğu için GC-FID analizleri yapılamamıştır. Elde edilen kimyasal kompozisyon literatür ile uyumlu sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Sangun ve ark. 2007; Gölükçü ve ark. 2018; Kılıç-Pekgözlü ve ark. 2018).

Ana bileşenlere ait bölgesel karşılaştırmalar Şekil 1.'de verilmiştir. 1,8-cineol en fazla Mersin ilinden alınan örnekte (L-4) tespit edilirken bu maddeye ait en düşük oran Kastamonu-İnebolu örneklerinde (L-16) belirlenmiştir.



Şekil 1. Farklı bölgelerden toplanan defne yaprağı uçucu yağında tespit edilen ana bileşenler (%)

İkinci önemli madde olan α -terpinylacetate en fazla % 14,8 ile Samsun ilinden toplanan örneklerde (L-14) belirlenirken bu maddeye ait en düşük oran Antalya-Gazipaşa örneklerinde (L-10) % 2,3 olarak tespit edilmiştir. Diğer bir önemli monotерpen α -pinen'dir. 1,8-Cineol maddesinin aksine α -pinen miktarı en düşük Mersin (L-4) örneklerinde belirlenirken en yüksek oran İzmir- Seferihisar (L-11) örneklerinde tespit edilmiştir.

Eugenol'den türetilen methyleugenol, L-13 (%2,58), L-16 (%2,15) ve L-20 (%2,28) örneklerinde yüksek oranda bulunmuştur. Bu örneklerin daha olgun yapraklar olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karadeniz örneklerinde (L16, L18, L20,L21,L22 ve L24) limonen maddesi 1,8-cineol maddesine ait pik alanının altında kaldığı ve çakışma olduğundan dolayı için tespit edilememiştir.

Tablo 3

Farklı bölgelerden toplanan defne yaprağına ait uçucu yağın kimyasal yapısı (%).

No	RI	Bileşikler	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L18	L20	L21	L22	L23
1	926	α -thujen	0,46	0,25	0,47	0,15	0,36	0,33	0,55	0,30	0,31	0,29	0,41	0,26	0,45	0,84	0,51	0,58	1,01	0,87	0,92	1,10	0,88
2	933	α-pinen	6,38	3,00	4,17	2,69	3,19	5,89	5,91	7,70	4,44	4,77	8,61	7,30	5,35	7,20	7,42	6,78	6,41	7,92	7,67	7,23	6,91
3	947	camphen	0,61	0,14	0,50	0,11	0,19	0,18	0,14	0,87	0,23	0,22	1,60	0,54	0,13	0,13	0,64	2,06	1,7	2,36	1,62	1,91	0,87
4	972	sabinen	10,2	7,78	7,60	4,78	3,32	8,50	9,02	8,79	4,06	5,46	7,58	6,80	7,79	13,2	8,68	8,12	8,10	8,47	14,2	8,47	10,0
5	975	β-pinen	5,26	3,01	3,81	2,68	3,33	5,09	4,77	6,02	3,85	3,81	6,62	5,97	4,45	5,79	5,84	6,21	5,58	6,86	6,58	6,47	6,06
6	991	β -myrcen	1,06	0,57	0,89	0,60	0,55	0,59	1,03	0,68	0,73	0,84	0,71	0,91	0,77	2,25	0,82	1,25	1,70	1,28	1,17	1,76	1,52
7	1004	phellandren	0,13	0,38	0,84	0,06	0,14	-	0,22	-	-	0,10	0,15	-	-	0,60	0,22	-	-	-	-	-	-
8	1017	α -terpinen	0,63	0,31	0,58	0,30	1,06	0,62	0,63	0,56	0,53	0,75	0,69	0,52	0,68	0,92	0,77	1,14	1,87	1,53	1,65	1,79	1,48
9	1025	p-cymen	0,52	1,42	0,84	1,32	0,77	1,15	0,96	1,10	2,49	1,79	1,26	2,84	0,59	0,52	1,48	1,61	1,09	2,07	2,21	0,93	2,23
10	1029	limonen	2,21	1,86	1,77	0,48	1,80	1,26	2,28	1,78	0,88	0,83	2,43	0,78	2,06	3,62	2,53	-	-	-	-	-	-
11	1032	1,8-cineole	50,5	62,2	56,2	72,1	57,4	60,9	52,8	54,0	66,6	67,1	48,7	64,4	53,1	42,8	50,1	39,8	44,3	41,4	47,3	42,3	43,3
12	1059	γ -terpinen	1,10	0,69	0,97	0,64	1,82	1,15	1,16	1,06	0,98	1,28	1,29	0,98	1,17	1,61	1,40	1,96	2,58	2,43	2,32	2,33	2,56
13	1067	cis-sabinen hydrate	0,35	0,39	0,37	0,45	0,21	0,12	0,38	0,26	0,26	0,20	0,12	-	0,38	0,18	0,06	0,73	0,40	0,69	0,34	0,52	0,42
14	1089	α -terpinolene	0,31	0,18	0,36	0,15	0,61	0,32	0,36	0,30	0,29	0,36	0,36	-	0,35	0,54	0,42	0,64	0,90	0,78	0,68	0,96	0,85
15	1099	linalool	1,82	1,25	0,29	0,44	0,75	0,62	1,06	0,67	0,42	-	0,84	-	1,76	0,70	1,37	3,53	2,58	2,43	0,71	3,94	2,15
16	1139	n,i	-	-	-	1,30	-	-	-	-	-	1,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	1163	n,i	0,30	0,42	-	1,07	-	-	-	-	-	0,83	-	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	1168	n,i	-	-	0,48	-	0,68	-	-	0,50	-	0,88	-	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	1178	terpinen-4-ol	2,24	3,68	4,03	3,30	6,16	2,30	3,05	2,31	4,26	3,32	2,46	1,46	2,91	1,65	2,17	5,31	6,10	4,78	4,26	5,07	4,84
20	1192	α -terpineol	1,45	1,62	3,14	1,07	3,09	-	2,45	1,10	2,19	1,50	0,78	0,26	1,09	0,75	0,55	3,69	3,71	2,13	1,57	2,90	2,49
21	1197	myrtenal	-	-	-	1,62	-	-	-	-	-	1,35	-	0,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	1277	bornyl acetate	0,39	0,69	0,52	0,19	0,51	0,38	-	0,31	0,20	0,14	1,44	0,38	0,24	0,13	0,25	1,79	1,10	1,18	0,57	0,73	0,63
23	1391	n,i	0,73	-	0,61	0,58	0,51	1,02	0,55	0,70	0,47	0,34	0,76	0,68	0,81	0,78	0,87	0,99	0,72	0,96	0,83	0,85	0,95
24	1352	α-terpinyl acetate	11,2	9,39	10,4	3,62	10,8	9,68	11,3	9,12	6,55	2,34	12,0	4,27	13,0	14,8	12,5	10,3	8,59	8,63	4,50	8,54	9,38
25	1361	eugenol	0,69	0,19	1,10	0,06	1,18	-	0,38	0,49	0,05	0,12	0,24	0,23	0,34	0,62	0,55	1,36	0,45	0,93	0,24	0,98	1,30
26	1404	methyleugenol	1,36	0,51	-	0,19	1,58	0,64	0,88	1,37	0,21	0,28	0,85	-	2,58	0,17	0,83	2,15	1,04	2,28	0,58	1,17	1,07

n.i: tanımlanamayan bileşik, L1:Yalova, L2:Osmaniye, L3:İzmir, L4:Mersin, L5:Aydın-Kuşadası, L6:Aydın, L7: Antalya-Kemer, L8:Muğla, L9:Mersin, L10:Antalya-Gazipaşa, L11:İzmir, L12:Hatay, L13: Çanakkale, L14: Samsun, L15:Kocaeli, L16: Kastamonu-İnebolu, L18: Zonguldak, L20: Bartın, L21: Sinop-Gerze, L22: Kastamonu-Cide, L23: Sinop –Ayancık,

4. Sonuçlar

Ülkemizdeki 23 farklı noktadan temin edilen yaş defne yapraklarına ait uçucu miktarları hidrodestilasyon yöntemi ile belirlenmiş ve daha sonra bu yağlara ait kimyasal kompozisyon GC-MS ile aydınlatılmıştır. Yağ verimi açısından en iyi sonuç Mersin-Tarsus örneğinde % 2,6 olarak ölçülürken en düşük yağ miktarı % 0,4 ile Kastamonu- Çatalzeytin örneklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, distilasyon sürecinde çıkarılan uçucu yağların renklerinde de farklılıklar gözlemlenmiştir. Bartın-Kozcağız (L-19) defne uçucu yağı rengi açık, saydam renkte iken Aydın- Davutlar (L-6) bölgesinden elde edilen uçucu yağ koyu sarı renkte gözlemlenmiştir,

Yağ içeriği açısından bölgeler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmesine rağmen ana bileşenler arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. 1,8-Cineol, α -terpinyl acetate, sabinen, α -pinen önemli maddeler olarak belirlenmiştir. 1,8-cineol Karadeniz bölgesinde % 45'in altında tespit edilmiştir. Bu bileşik diğer bölgelerde (Ege, Akdeniz ve Marmara) % 50'nin üstünde belirlenmiştir,

Bölgeler arasında gözlemlenen bu farklılıkların sıcaklık, toprak, nem gibi ekolojik etmenlerin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Yazar Katkıları

Ayben Kılıç Pekgözlü: GC-FID ve GC-MS analizleri, makale yazımı.

Seher Cengiz Kuş: Uçucu yağ eldesi, makale yazımı.

Hikmet Yazıcı: Örneklerin temini.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Acar, I. (1987), Defne yaprağı ve yaprak eterik yağının üretilmesi ve değerlendirilmesi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi no,186, Ankara.
- Baytop, T. (1999), Türkiye'de bitkiler ile tedavi, Nobel Tıp Kitapevleri Ltd, Şti., İstanbul
- Gölükçü, M., Tokgöz, H., Turgut, D. Y. (2018). Defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağ bileşimi üzerine distilasyon süresinin etkisi. *Food And Health*, 4(1), 37-42.
- Günel, N., (2000), Türkiyede Defne (*Laurus nobilis* L.) Yapracağı Üretimi, Türk Coğrafya Dergisi, 25, 85 – 103, İstanbul, 2000.
- Karık, Ü., Çiçek, F., Tutar, M., Ayas, F. (2015). Türkiye defne (*Laurus nobilis* L.) populasyonlarının uçucu yağ bileşenleri. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 1-16.
- OGM, (2016), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Defne Eylem Planı, 2016-2020
- OGM, (2022), Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Defne Eylem Planı, 2022-2026
- Özderin, S. (2010). Muğla-Ula yöresinin doğal çay bitkileri ve uçucu yağ bileşenleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- Kılıç Pekgözlü, A., Ceylan, E., Çakal, Ö. (2018). Hangisi gerçek defne yaprağı uçucu yağı, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20 (3): 477-485.
- Sangun, M. K., Aydın, E., Timur, M., Karadeniz, H., Çalışkan, M. Özkan, A. (2007). Comparison of chemical composition of the essential oil of *Laurus nobilis* L, leaves and fruits from different regions of Hatay, Turkey, *Journal of Environmental Biology*, 28(4), 731-733.
- Yaltrık, F., Efe, A. (2000). Dendroloji, İstanbul Üniversitesi Yayın No:4265, Orman Fakültesi Yayın No:465, ISBN:975-404-594-1, İstanbul 2000
- Yılmaz, A., Çiftçi, V. (2021). Türkiye'de Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Durumu, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 22, S, 325-330,
- Yılmaz, B., Deniz İ. (2017), The effects of cultivation area and altitude variation on the composition of essential oil of *Laurus nobilis* L., grown in eastern, western and central karadeniz region, *International Journal of Secondary Metabolite (IJSM)*, 4(3),187-194.

Orman Ürünlerinin Endüstri-İçi Ticaretinin Analizi: Türkiye Örneği

Muhammed Fatih Aydemir^{1,*}

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dış Ticaret Bölümü, Bursa, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 31.10.2023

Kabul: 03.04.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Endüstri-İçi ticaret (EİT), ülkeler arasında gerçekleşen dış ticaretin aynı veya benzer ürün gruplarında iki yönlü gerçekleşip gerçekleşmediği hakkında bilgi vermektedir. EİT analizinde en çok kullanılan Grubel-Lloyd endeksine göre 0.50 üzeri değerler EİT'in yüksek olduğuna, 0.50'nin altındaki değerler ise EİT'in düşük olduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde endüstri-İçi ticaretinin ölçülmesidir. Bu kapsamda TÜİK özel ticaret sistemine göre elde edilen 2010-2022 orman ürünleri SITC (Mal Grupları Uluslararası Kod Sistemi) (Rev.3) 3 basamaklı dış verileri, Grubel-Lloyd endeksi ile analiz edilmiştir. Çalışmaya göre 2010-2017 döneminde dış ticareti açığı veren orman ürünleri sektörü, 2018 yılından itibaren dış ticaret fazlası veren bir sektöre dönüştüğü görülmüştür. Çalışma neticesinde, Türkiye orman ürünleri dış ticaretinde 2010-2022 dönemini kapsayan tüm yıllarda düşük seviyede EİT değerleri (0.33-0.47) ile karşılaşılrken, 2017-2022 dönemindeki EİT oranlarının (0.33-0.44) daha düşük olduğu görülmüştür. Orman ürünleri alt sektörü olarak ağaç ürünlerinde 2018 yılına kadar yüksek düzeyde EİT (0.50 üzeri), 2018 yılından itibaren düşük düzeyde EİT (0.50'nin altında) olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Kağıt ürünlerinde ele alınan bütün yıllarda düşük düzeyde EİT oranları (0.50'nin altında) ile karşılaşılmıştır. Son yıllarda kağıt ürünleri sektörünün EİT oranı (0.39), ağaç ürünlerine (0.30) kıyasla daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. 2022 yılında işlenmişlik seviyelerine göre ham orman ürünlerinde yüksek seviyede EİT oranı (0.53) tespit edilirken, yarı-işlenmiş (0.43) ve işlenmiş orman ürünlerinde (0.27) ise düşük seviyede EİT oranları bulgusuna ulaşılmıştır. 14 alt ürün grubu içinde 5 alt ürün grubunda EİT oranları (0.50 üzeri) yüksek iken, diğerlerinde ise düşük düzeyde EİT oranları (0.50'nin altında) görülmüştür. 2010-2022 yıllarının tümünde basılmış yayınlar ürün grubunda çok yüksek düzeyde EİT oranı (0.75 ve üzeri) olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, Türkiye orman ürünleri dış ticaretinde endüstriler-arası ticaretin ağırlıkta olduğu ve dış ticaret fazlasının etkisiyle, endüstriler-arası ticaretin ihracat yönlü olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Orman ürünleri, ağaç ve kağıt ürünleri, endüstri-İçi ticaret, grubel-lloyd endeksi, ithalat-ihracat analizi

Analysis of Intra-Industry Trade in Forest Products: The Case of Türkiye

¹Bursa Uludağ University, Vocational School of Social Sciences, Department of Foreign Trade, Bursa, Türkiye

Article History

Received: 31.10.2023


Accepted: 03.04.2024

Published: 23.04.2024

Research Article

Abstract – Intra-industry trade (IIT) indicates whether foreign trade between countries takes place in the same or similar product groups in both directions. According to the Grubel-Lloyd index, which is most commonly used to analyze IIT, values above 0.50 indicate high IIT, while values below 0.50 indicate low IIT. The aim of this study is to measure intra-industry trade in Türkiye's foreign trade of forest products. In this context, the 3-digit foreign trade data of forest products SITC (Standard International Trade Classification) (Rev.3) obtained according to the special trade system of TURKSTAT for the period 2010-2022 have been analyzed using the Grubel-Lloyd index. According to the study, the forest products sector, which had a foreign trade deficit in the period 2010-2017, has become a sector with a foreign trade surplus since 2018. As a result of the study, while Türkiye's foreign trade in forest products was characterized by low IIT values (0.33-0.47) in all years of the period 2010-2022, it was observed that the IIT rates (0.33-0.44) were lower in the period 2017-2022. In wood products as a sub-sector of forest products, it was found that there was a high level of IIT (above 0.50) until 2018 and a low level of IIT (below 0.50) from 2018 onwards. For paper products, low levels of IIT were found (below 0.50) in all years considered. In recent years, the IIT rate of the paper products sector (0.39) has been higher than that of the wood products sector (0.30). In 2022, according to the level of processing, a high level of IIT rate was found in raw forest products (0.53), while low level of IIT rates were found in semi-processed (0.43) and finished forest products (0.27). Among 14 sub-product groups, 5 sub-product groups have high IIT rates (above 0.50), while the others have low IIT rates (below 0.50). It was found that there is a very high level of IIT (0.75 and above) in the printed publications product group in all years 2010-2022. In general, Türkiye's foreign trade in forest products is dominated by inter-industry trade and inter-industry trade is export-oriented due to the foreign trade surplus.

Keywords – Forest products, wood and paper products, intra-industry trade, grubel-lloyd index, import-export analysis

¹  mfaydemir@uludag.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Ormanlar gerek karbon depoladığı için iklim, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem süreçlerinde (Bartık vd., 2019), gerek ormanlardan elde edilen birçok ürün sayesinde insanlara çok sayıda iş olanağı sağlaması yönüyle (Kara vd., 2019), gerekse de insanların daha sağlıklı yaşamasında önemli roller oynamaktadır (Ikei vd., 2017). Bununla birlikte ormanlar, ahşap ve kağıt gibi odun endüstrisi için önemli bir girdi kaynağı olduğundan bir ülkenin ekonomik büyümesinde itici bir güç olarak kabul edilebilir (Gordeev, 2020). Aynı zamanda bir sektör olarak orman ürünleri; inşaat, mobilya, demir-çelik, taşımacılık, basım-yayın gibi birçok farklı alt sektöre önemli girdi ve katkı sağlamaktadır. Türkiye'nin orman ürünleri sektöründe özellikle son yıllarda hızlı bir gelişim yaşanmıştır. Bu gelişimde kereste, yonga levha, MDF levha, ahşap kaplama, mobilya, doğrama gibi orman ürünleri önemli bir yer tutmaktadır (Koç vd., 2017). Orman ürünleri sektörü, girdi sağladığı sektörlerle birlikte düşünüldüğünde önemli bir gelir ve istihdam sağlamaktadır (Yıldırım ve Emiroğlu, 2022). Orman ürünlerinin ülke ekonomisine katkılarının yanı sıra, ülke dış ticaretinde de önemli bir yeri bulunmaktadır. Buna ilişkin olarak Tablo 1'de Türkiye'nin dış ticaretinde orman ürünlerinin payına yer verilmiştir.

Tablo 1
Türkiye'nin dış ticaretinde orman ürünlerinin payı

Yıl	Orman Ürünleri Dış Ticaret Değerleri (Bin \$)			Toplam Dış Ticaret Değerleri (Bin \$)			Orman Ürünlerinin Dış Ticaretteki Payı		
	İhracat	İthalat	Dış ticaret Hacmi	İhracat	İthalat	Dış ticaret Hacmi	İhracat Payı	İthalat Payı	Dış Ticaret Payı
2010	3.436.479	5.194.481	8.630.960	113.883.219	185.544.332	299.427.551	0.03	0.03	0.03
2011	4.032.257	6.110.894	10.143.151	134.906.869	240.841.676	375.748.545	0.03	0.03	0.03
2012	4.545.197	5.980.687	10.525.884	152.461.737	236.545.141	389.006.877	0.03	0.03	0.03
2013	5.243.553	6.362.004	11.605.557	151.802.637	251.661.250	403.463.887	0.03	0.03	0.03
2014	5.556.663	6.425.816	11.982.479	157.610.158	242.177.117	399.787.275	0.04	0.03	0.03
2015	5.036.975	5.883.745	10.920.721	143.838.871	207.234.359	351.073.230	0.04	0.03	0.03
2016	5.007.532	5.426.592	10.434.124	142.529.584	198.618.235	341.147.819	0.04	0.03	0.03
2017	5.412.870	5.574.069	10.986.939	156.992.940	233.799.651	390.792.592	0.03	0.02	0.03
2018	6.109.457	5.269.963	11.379.420	167.920.613	223.047.094	390.967.708	0.04	0.02	0.03
2019	6.694.297	4.463.282	11.157.579	171.464.945	202.704.320	374.169.264	0.04	0.02	0.03
2020	6.697.978	4.294.815	10.992.793	160.656.652	209.534.325	370.190.977	0.04	0.02	0.03
2021	8.493.730	4.988.990	13.482.720	213.598.369	260.682.217	474.280.586	0.04	0.02	0.03
2022	10.193.701	7.100.933	17.294.635	235.247.081	342.209.950	577.457.031	0.04	0.02	0.03

Kaynak: TÜİK (2023) özel ticaret sistemine göre dış ticaret verileri kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 1'de görüldüğü üzere, Türkiye'nin orman ürünleri ihracatı ithalata kıyasla daha hızlı artış göstermiş, 2018 yılına kadar net ithalatçı pozisyonda yer alan sektör, 2018 yılından itibaren net ihracatçı durumuna geçmiştir. Diğer bir deyişle, Türkiye orman ürünleri sektörü dış ticaret açığı verirken, dış ticaret fazlası veren bir sektöre dönüşmüştür. 2022 yılında sektörün ihracatı 10 milyar doları aşarken, ithalat ise 7 milyar doların üzerinde gerçekleşmiş, böylelikle sektördeki dış ticaret hacmi 17 milyar doları geçmiştir. Aynı zamanda orman ürünlerinin dış ticaretteki payı ise bütün yıllarda %3 olmuştur. Bunun ötesinde orman ürünleri birçok sektöre girdi sağladığından, ülke ekonomisi için dış ticarete aldığı paydan daha fazla değer sağlamaktadır.

Klasik uluslararası ticaret teorileri, ülkelerin karşılaştırmalı üstünlüğe dayalı olarak farklı tür endüstrilerde uzmanlaştığını ve ülkeler arası dış ticaretin farklı ürün grupları üzerinden gerçekleştirdiğini iddia etmektedir. Bu ticaret şekli aynı zamanda Endüstriler-Arası Ticaret (EAT) olarak ifade edilmektedir. Buna karşın, 1960'lı yıllardan itibaren yapılan ampirik araştırmalar ile birlikte, ülkeler arasındaki ticaretin daha çok benzer mallardan oluştuğu ortaya çıkmıştır. Bu ticaret şekli, Endüstri-İçi Ticaret (EİT) olarak adlandırılmaktadır. Grubel ve Lloyd (1971) EİT'i "bir endüstrinin ithalatı ile tam olarak eşleşen ihracat değeri" olarak tanımlamıştır. EİT diğer bir ifadeyle, "aynı endüstrinin farklılaştırılmış mallarının ticareti" şeklinde de ifade edilmiştir (Başkol, 2009). Özellikle gelişmiş ülkelerdeki teknoloji, sermaye ve emek faktörlerinin birbirleriyle benzeşmesi, bu ülkeler arasındaki benzer ürünlerin karşılıklı ticaretini arttırmıştır (Kurt ve İmren, 2018). EİT ile üreticiler az sayıda üründe uzmanlaşarak, ölçek ekonomilerinden yararlanmakta, böylelikle daha düşük

maliyetlerle daha fazla ürünü piyasaya arz etme fırsatına sahip olmaktadır. Aynı zamanda kaynak ve malzeme maliyetlerinde farklılıklar olması da ülkeler arasında benzer ürünlerin karşılıklı ticaretini de beraberinde getirmektedir (Alevli ve Yıldırım, 2016). Geçmişte daha çok gelişmiş ülkelerde karşılaşılan bu ticaret şekli, zamanla küresel ekonomiye daha fazla entegre olan gelişmekte olan ülkelere de görülmeye başlanmıştır (Kemer ve Aydemir, 2017). Bu kapsamda ülkelerin dış ticaretinin analizi bakımından EİT'in önemli bir yeri bulunmaktadır.

Türkiye'nin orman ürünlerindeki dış ticaretini analiz eden birçok çalışma ile karşılaşılmıştır. Akyüz vd. (2006), Türkiye orman ürünleri sanayinin 1999-2005 döneminde alt ürün gruplarının dış ticaretteki gelişmelerini incelediği çalışmada, mobilya ürün grubu dışındaki ürün gruplarında dış ticaret açığında artış olduğunu saptamıştır. Aynı zamanda orman ürünlerinin ihracattaki payı azalırken, ithalattaki payının artış gösterdiği belirtilmiştir. Alevli ve Yıldırım (2016), 2005-2014 dönemi için orman ürünlerini odun esaslı levhalar, tomruklar, kâğıt hamuru ve kâğıt-karton ürünleri alt gruplarını ayırarak incelemiştir. Odun esaslı levhalar hem ihracat değeri bakımından hem de ihracatın ithalatı karşılama oranının yüksekliği bakımından öne çıkan ürün grubu olmuştur. Ayrıca kâğıt-karton ürün grubundaki dış ticaret hacminin diğer ürün gruplarına göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Müftüoğlu ve Kayacan (2019), 1995-2009 yılları için Türkiye orman ürünleri sektörünün rekabet gücünü ortaya koymak için yaptıkları çalışmada, mobilya sektörünün rekabetçi olduğu, levha üretimi ağırlıklı ağaç mantar ve ahşap mamul sektöründe rekabet gücünün arttığı tespit edilmiştir. Ağaç mantarı, odun ve kereste sektörü, kâğıt hamuru ve kullanılmış kâğıt sektörü ve kâğıt-karton sektörlerinde ise rekabet gücü bulunmadığı ifade edilmiştir. Akyüz vd. (2020) Türkiye orman ürünleri sanayi sektörünün 2001-2017 dönemi için rekabet gücünü belirlemek için yaptıkları çalışmada, Ağaç ve odun ürünleri; odun kömürü alt sektörünün rekabet açısından beklenen düzeyde olmadığını ortaya çıkarmışlardır. Diğer taraftan "Odun ve odundan yapılmış eşya; odun kömürü" alt sektörünün rekabetçi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaret yapısı üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, çalışmaların daha çok dış ticaret verilerinin açıklanmasına yönelik olduğu ve karşılaştırmalı üstünlüklere dayalı analizlerin ağırlıkta olduğu görülmüştür. Bu bakımdan Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde EİT analizi için sınırlı sayıda çalışma ile karşılaşılmıştır. Küçükefe (2009), 1982-2008 dönemi için yaptığı çalışmada, kâğıt ürünleri sektöründe orta düzeyde EİT olduğunu, 2000 yılından sonra mobilya sektöründe ise yüksek düzeyde EİT olduğunu tespit etmiştir. Özdemir ve Kösekahyaoglu (2019), Türkiye mobilya sektöründe 1990-1993 döneminde çok yüksek düzeyde EİT, 1994-2017 döneminde ise yüksek düzeyde EİT olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmalar arasında doğrudan orman ürünlerini ele alan Şahin (2016), 2000-2015 dönemi için yüksek düzeyde EİT olduğu bulgusuna ulaşmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin orman ürünlerinde dış ticaret yaptığı ülkeler ile endüstri-içi ticaretinin analiz edilmesidir. Bu çalışma, orman ürünleri alt sektörleri olarak ağaç ve kâğıt ürünleri sektörü ile işlenmişlik seviyelerine göre orman ürünlerinin endüstri-içi ticaretinin analiz edilmesi bakımından önceki çalışmalardan farklılaşmaktadır. Ayrıca orman ürünleri sektörü 3 basamaklı ürün gruplarının da EİT analizi yapılarak, çalışma detaylandırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde EİT'i hesaplamak için TÜİK (2023) özel ticaret sistemine göre SITC (Mal Grupları Uluslararası Kod Sistemi) (Rev.3) 3 basamaklı ürün gruplarının verileri kullanılmıştır. Orman ürünlerinin kapsamı ve sınıflandırması için Gordeev (2020)'in sınıflandırması dikkate alınmıştır. Bu açıdan tabloda görüleceği üzere orman ürünleri sektörel olarak ağaç ve kâğıt ürünleri sektörleri olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Aynı zamanda hem ağaç ürünleri hem de kâğıt ürünleri için ham, yarı-işlenmiş ve işlenmiş ürünler biçiminde sınıflandırılmaya gidilmiştir. Ayrıca orman ürünlerinin hem SITC hem de Uyumlaştırılmış Sistem kodları (HS) verilmiştir.

Tablo 2

Orman ürünlerinin alt sektörlere ve işlenmişlik seviyelerine göre sınıflandırılması

	İşlenmişlik yesi	Sevi- Orman	SITC Kodu	SITC Tanımı	HS Kodu
Ağaç Sektörü	Ham Ürünleri	Orman	244	Tabii mantar ve döküntü mantar	4501, 4502
			245	Yakmaya mahsus ağaçlar ve odun kömürü	440111, 440112, 4402
			246	Yakmaya mahsus yonga halinde ağaçlar ve testere talaşı	440121, 440122, 440131, 440139, 440140
			247	Yuvarlak ağaçlar (kabukları soyulmuş/kare şeklinde kabaca yontulmuş olsun olmasın)	4403
	Yarı İşlenmiş Orman Ürünleri	Orman	248	Ahşap demiryolu veya tramvay traversleri	4406, 4407, 4409
			633	Mantardan eşya	4503, 4504
	İşlenmiş Orman Ürünleri	Orman	634	Kaplamalık ağaçlar, levhalar, kontraplak, sı- rık, kazık vs. ile ağaç yünü	4404, 4405, 4408, 4410, 4411, 4412, 4413
			635	Ağaçtan muhafazalar, kutu, kafes sandık, vs. ile inşaat ve marangozluk mamulleri	4414, 4415, 4416, 4417, 4418, 4419, 4420, 4421
			811	Prefabrik yapılar	940610
			821	Mobilya, aksam ve parçaları	940140, 940161, 940169, 94019030, 940330, 940340, 940350, 940360, 94039030, 940410
251			Odun veya diğer lifli selülozik maddeler; ha- murları, döküntü ve kırpıntıları	4701, 4702, 4703, 4704, 4705, 4706, 4707	
641			Kağıt ve karton	4801, 4802, 4803, 4804, 4805, 4806, 4807, 4808, 4809, 4810, 4811, 4812, 481390, 4814	
Kağıt Sektörü	İşlenmiş Orman Ürünleri	Orman	642	Kağıt, kağıt hamuru, karton ver selülozik lif- lerden mamul eşya	481310, 481320, 4816, 4817, 4818, 4819, 4820, 4822, 4823
			892	Basılmış yayınlar	4821, 4901, 4902, 4903, 4904, 4905, 4906, 4907, 4908, 4909, 4910, 4911

Kaynak: Gordeev (2020)'in sınıflandırması dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Tablo 2’de görüldüğü gibi SITC (Rev.3) sınıflandırmasına göre “Tabii mantar ve döküntü mantar”, “Yakmaya mahsus ağaçlar ve odun kömürü”, “Yakmaya mahsus yonga halinde ağaçlar ve testere talaşı”, “Yuvarlak ağaçlar (kabukları soyulmuş/kare şeklinde kabaca yontulmuş olsun olmasın)”, “Ahşap demiryolu veya tramvay traversleri” ve “Odun veya diğer lifli selülozik maddeler; hamurları, döküntü ve kırpıntıları” tarım sektöründe yer almaktadır. “Mantardan eşya”, “Kaplamalık ağaçlar, levhalar, kontraplak, sı- rık, kazık vs. ile ağaç yünü”, “Ağaçtan muhafazalar, kutu, kafes sandık, vs. ile inşaat ve marangozluk mamulleri”, “Prefabrik yapılar”, “Mobilya, aksam ve parçaları” ve “Basılmış yayınlar” ürün grupları, imalat sanayi altında incelenmektedir.

2.2. Yöntem

EİT’in ölçülmesi için birçok endeks kullanılsa da, en çok kullanılan standart Grubel-Lloyd Endeksi olmuştur (Mangır ve Fidan, 2017). Standart Grubel-Lloyd Endeksi’nin hesaplanma biçimi eşitlik (2.1) ile gösterilmiştir:

$$B_i = \frac{[(X_i+M_i)-|X_i-M_i|]}{(X_i+M_i)} \cdot 100 \quad ; 0 \leq B_i \leq 1 \quad (2.1)$$

X_i : i endüstrisindeki ihracat değerini,

M_i : i endüstrisindeki ithalat değerini göstermektedir.

B_i , yukarıda görüldüğü gibi 0 ile 100 arasında değerler almaktadır. $B_i = 0$ olduğunda EİT'in olmadığı anlaşılırken, $B_i = 100$ olduğunda ise tam EİT olmaktadır. 50 ve üzeri değerler yüksek düzeyde EİT'in olduğuna işaret ederken, 50'nin altındaki değerler düşük düzeyde EİT olduğunu belirtmektedir.

EİT aynı zamanda mal grupları veya sektörler için de toplulaştırılmış düzeyde hesaplanabilmektedir. Bu bakımdan, n sayıda endüstrinin toplam dış ticaret değeri içerisinde mal gruplarının ihracat ve ithalat oranları ile ağırlıklandırılması ile oluşturulan ortalama EİT, eşitlik (2.2) ile gösterilmiştir (Grubel ve Lloyd, 1971; Grubel ve Lloyd, 1975):

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_i^n B_i (X_i+M_i)}{\sum_i^n (X_i+M_i)} \cdot 100 = \frac{\sum_i^n (X_i+M_i) - \sum_i^n |X_i-M_i|}{\sum_i^n (X_i+M_i)} \cdot 100 ; 0 \leq \bar{B}_i \leq 1 \quad (2.2)$$

Çalışmada EİT değerleri 100'e bölünerek, ortaya çıkan değerler oransal olarak değerlendirilmiştir. Tablo 3'te oransal olarak EİT derecelendirmelerine yer verilmiştir.

Tablo 3

G-L değer aralıklarına göre EİT derecelendirmeleri

G-L Değer Aralığı	EİT Derecesi
0	Yok
$0 < G-L < 0.25$	Çok düşük
$0.25 < G-L < 0.50$	Düşük
$0.50 < G-L < 0.75$	Yüksek
$0.75 < G-L < 1$	Çok Yüksek
1	Tam

Çalışmadan elde edilen bulgular, Tablo 3'e göre değerlendirilmiştir. Bu bakımdan EİT değerleri 0 ile 1 arasında değerlere göre yorumlanmıştır. 0.50 ve üzeri olan değerler, EİT'in varlığına ilişkin bilgi vermekte ve ülkeler arasında gerçekleşen dış ticaretin yoğunlukla benzer ürün gruplarında iki yönlü olarak gerçekleştiğini göstermektedir. 0.50'nin altındaki değerler ise dış ticaretin EAT şeklinde olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle dış ticaretin karşılaştırmalı üstünlüklere göre yapıldığına işaret etmektedir.

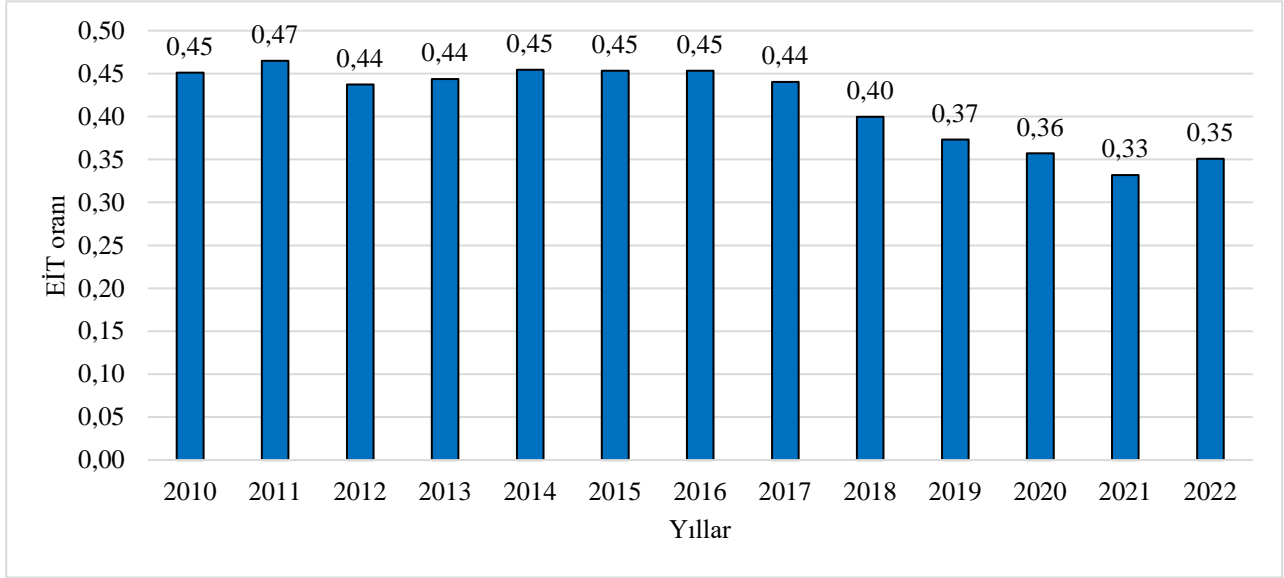
Ağırlıklandırılmış veya ortalama Grubel-Lloyd Endeksi ile bu çalışmada orman ürünleri, ağaç ve kağıt ürünleri ile işlenmişlik seviyelerine göre orman ürünleri ayrımları üzerinden EİT hesaplamaları yapılmıştır. Böylelikle orman ürünleri dış ticaretinin EİT yapısı farklı açılardan analiz edilmiştir. Ağaç ve kağıt ürünleri orman ürünlerinin oluşturan temel sektörleri oluşturmaktadır. İşlenmişlik seviyeleri ise özellikle dış ticarete katma değerli ürün gruplarının gösterilmesi ve EİT değerlerinin hangi tarafta yoğunlaştığını göstermesi açısından önemli görülmektedir. Bu şekilde hem sektörel hem de işlenmişlik seviyeleri bakımından orman ürünlerinin EİT değerleri yorumlanmıştır.

Standart Grubel-Lloyd Endeksi ile bu çalışmada SITC (Rev.3) 3 basamaklı orman ürün grupları için yapılan hesaplamalar yapılmıştır. Bu bağlamda ürün gruplarının EİT değerleri ile dış ticaretin hangi ürün gruplarında iki yönlü gerçekleşip gerçekleşmediği ortaya çıkmaktadır. Bu sayede orman ürünlerinde ortaya çıkan ortalama EİT'in düşük veya yüksek çıkmasında ürün gruplarının EİT değerlerine dikkat çekilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bulgular

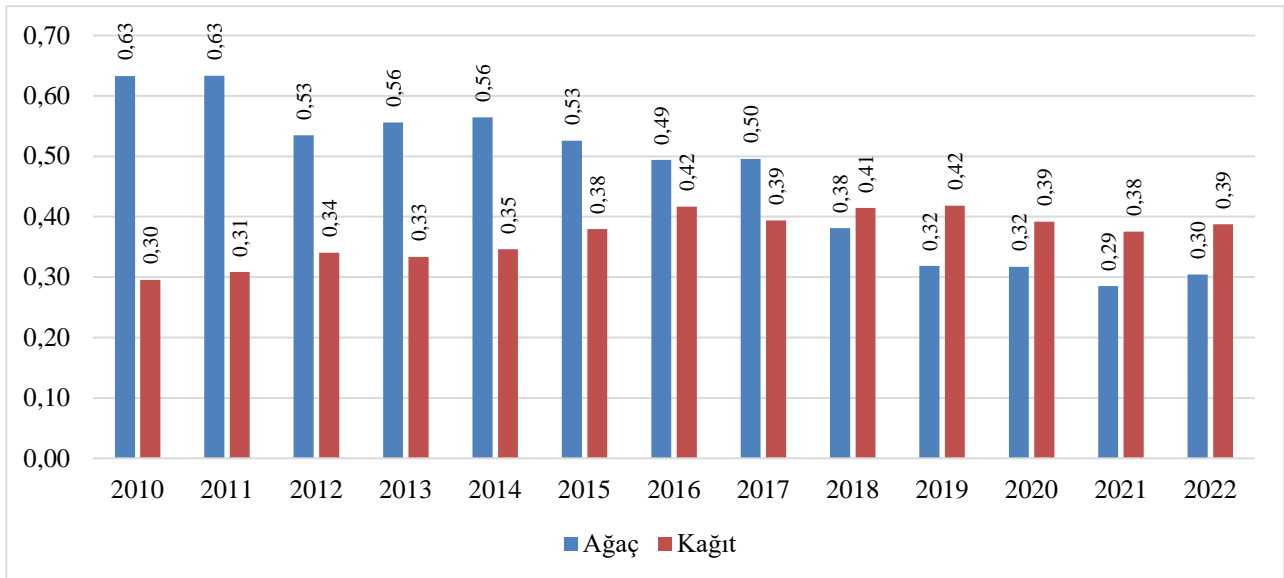
Grubel-Lloyd endeksi (ortalama) ile orman ürünleri sektörünün EİT oranları hesaplanmıştır. Orman ürünlerinin ortalama EİT oranları, Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Orman Ürünleri EİT Oranları (Ortalama G-L Endeksi)

Şekil 1’e göre, Türkiye’nin orman ürünlerinde EİT değeri 2010 yılında 0.45 iken, en yüksek EİT düzeyi 2011 yılında gerçekleşmiştir. 2012 ile 2016 yıllarda önemli farklılıklar göstermezken, 2017 yılından itibaren orman ürünleri EİT değerlerinin 2021 yılına düşüşte olduğu görülmüştür. 2022 yılında ise EİT seviyesinde küçük bir artış olmuş ve 0.35 düzeyinde gerçekleşmiştir.

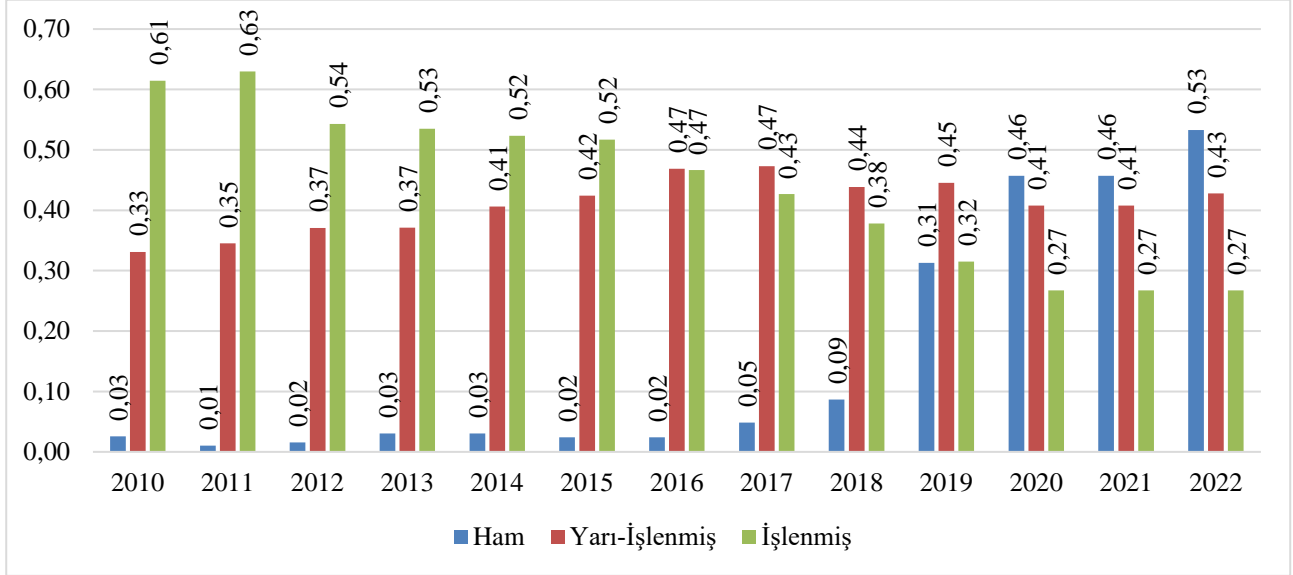
Orman ürünleri EİT yapısını daha ayrıntılı görebilmek için ağaç ve kağıt sektörü ayrımı yapılmış ve bu sektörler için Grubel-Lloyd (ağırlıklandırılmış) endeksi kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Sektörlere Göre EİT Oranları (Ortalama G-L Endeksi)

Şekil 2’ye bakıldığında, ağaç sektöründe 2010 ve 2011 yıllarında 0.60’ın üzerinde EİT seviyesinin olduğu görülmüştür. 2011 yılından 2015 yılına kadar olan süreçte EİT düzeyinde düşüş eğilimi olmakla birlikte yüksek

düzye EİT olduğu tespit edilmiştir. Fakat daha sonraki yıllarda EİT düzeyi düşmeye devam etmiş 2021 yılında 0.30'un altına gerilemiştir. 2022 yılında ise EİT oranı 0.30'un üzerine çıkmıştır. Kağıt sektöründe ise EİT seviyesinde 2010 yılında 0.30'un altında iken, bu oran 2016 yılına kadar yükselmiş ve 0.40'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Sonraki yıllarda dalgalı bir seyir izlemekle birlikte 2018 yılından itibaren kağıt sektöründeki EİT düzeylerinin ağaç sektöründeki EİT düzeylerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda her iki sektörde de düşük seviyede EİT ile karşılaşmıştır. Orman ürünleri dış ticaretine yönelik EİT analizi aynı zamanda Şekil 3'te görüleceği üzere işlenmişlik seviyelerine göre yapılmıştır.



Şekil 3. İşlenmişlik Seviyelerine Göre EİT Oranları (Ortalama G-L Endeksi)

Tablo 4

Ürün gruplarına göre EİT Oranları (G-L Endeksi)

SITC Kodu	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
244	0.13	0.23	0.26	0.19	0.17	0.24	0.26	0.87	0.28	0.26	0.12	0.11	0.05
245	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04	0.03	0.04	0.11	0.15	0.27	0.43	0.75	0.54
246	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.14	0.16	0.20	0.69
247	0.03	0.02	0.05	0.07	0.06	0.06	0.08	0.17	0.38	0.57	0.56	0.51	0.26
248	0.41	0.27	0.25	0.20	0.17	0.15	0.14	0.15	0.22	0.60	0.65	0.92	0.67
251	0.05	0.09	0.03	0.09	0.10	0.06	0.06	0.04	0.06	0.11	0.11	0.12	0.15
633	0.10	0.17	0.12	0.16	0.22	0.20	0.15	0.22	0.20	0.23	0.28	0.27	0.45
634	0.82	0.77	0.71	0.70	0.86	0.83	0.90	0.95	0.61	0.37	0.38	0.28	0.36
635	0.75	0.80	0.77	0.77	0.67	0.79	0.78	0.75	0.63	0.47	0.50	0.45	0.45
641	0.22	0.25	0.31	0.32	0.34	0.40	0.46	0.48	0.54	0.57	0.54	0.54	0.55
642	0.46	0.43	0.41	0.35	0.37	0.39	0.43	0.34	0.30	0.24	0.23	0.19	0.20
811	0.38	0.35	0.18	0.17	0.19	0.14	0.40	0.18	0.11	0.07	0.20	0.10	0.08
821	0.68	0.72	0.60	0.60	0.57	0.54	0.41	0.41	0.36	0.30	0.28	0.25	0.25
892	0.82	0.79	0.81	0.80	0.80	0.82	0.84	0.84	0.98	0.97	0.96	0.89	0.75

Şekil 3'te, işlem seviyelerine göre ham orman ürünlerinde EİT düzeyi 2010 ile 2018 yılları arasında çok düşük kalmıştır. 2019 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte ise önemli bir artış olmuş, 2022 yılında EİT oranı 0.50'yi geçmiştir. Yarı işlenmiş orman ürünlerinde 0.30 ile 0.50 arasında dalgalı bir seyir görülmüş, 2022 yılında 0.40'ın üzerinde gerçekleşmiştir. İşlenmiş orman ürünlerinde ise ilk yıllarda (2010-2015) yüksek düzeyde EİT düzeyleri ile karşılaşılırken, genel eğilim düşüş şeklinde olmuş, 2022 yılında 0.26 olmuştur.

Dolayısıyla ham ürünlerde yüksek düzeyde EİT görülürken, yarı işlenmiş ve işlenmiş orman ürünlerinde ise düşük düzeyde EİT ile karşılaşmıştır. Orman ürünleri kapsamında yer alan 3 basamaklı ürün gruplarının EİT değerlerine Tablo 4'te daha ayrıntılı olarak yer verilmiştir. Ayrıca Tablo 4'te yer alan yeşil renkler, ürün gruplarına göre EİT'in yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4'e bakıldığında, ağaç sektöründe ve ham orman ürünleri içinde yer alan "Tabii mantar ve döküntü mantar" için sadece 2017 yılında çok yüksek EİT seviyesi ile karşılaşmıştır. 2021 yılında çok yüksek EİT seviyesinde olan "Yakmaya mahsus ağaçlar ve odun kömürü" ürün grubunda 2022 yılında yüksek seviyede EİT oranı ile karşılaşmıştır. "Yakmaya mahsus yonga halinde ağaçlar ve testere talaşı" ürün grubunda ise sadece 2022 yılında yüksek EİT oranı olduğu görülmüştür. "Yuvarlak ağaçlar (kabukları soyulmuş/kare şeklinde kabaca yontulmuş olsun olmasın)" ürün grubunda 2019, 2020 ve 2021 yıllarında yüksek düzeyde EİT oranı ile karşılaşmıştır.

Ağaç sektöründe yarı-işlenmiş orman ürünlerine bakıldığında, "Ahşap demiryolu veya tramvay traversleri" ürün grubunda 2019, 2020 ve 2022 yıllarında yüksek düzeyde EİT oranı ile karşılaşılırken, 2021 yılında çok yüksek EİT oranı görülmüştür. "Mantardan eşya" ürün grubunda 2022 yılı dışında düşük EİT oranları ile karşılaşmıştır. "Kaplama ağaçlar, levhalar, kontraplak, sırk, kazık vs. ile ağaç yünü" ürün grubunda 2010 ile 2018 yılları arasında yüksek ve çok yüksek düzeyde EİT oranları söz konusu iken, 2019 ile 2022 yılları arasındaki düşük EİT oranları görülmüştür.

Ağaç sektörü işlenmiş orman ürünlerinde, "Ağaçtan muhafazalar, kutu, kafes sandık, vs. ile inşaat ve marangozluk mamülleri" ürün grubunda 2010 ile 2018 yılları arasında ve 2020 yılında yüksek ve çok yüksek düzeyde EİT oranları ile karşılaşılırken, özellikle son yıllarda düşük EİT oranları görülmüştür. "Prefabrik yapılar" ürün grubunda bütün yıllarda düşük EİT oranları söz konusu olmuştur. "Mobilya, aksam ve parçaları" ürün grubunda ise 2010 ile 2015 yılları arasında yüksek düzeyde EİT oranları görülürken, sonraki yıllarda düşük EİT oranları tespit edilmiştir.

Kağıt sektörü yarı-işlenmiş orman ürünleri içerisinde bulunan "Odun veya diğer lifli selülozik maddeler; hamurları, döküntü ve kırıntılıları" ürün grubunda bütün yıllarda düşük EİT oranları ile karşılaşmıştır. "Kağıt ve karton" ürün grubunda 2018 ile 2022 yılları arasında yüksek seviyede EİT oranları ile karşılaşılırken, önceki yıllarda düşük EİT oranlarına ulaşılmıştır.

Kağıt sektörü işlenmiş orman ürünleri içinde yer alan "Kağıt, kağıt hamuru, karton ve selülozik liflerden mamul eşya" ürün grubunda bütün yıllarda düşük seviyede EİT oranları ile karşılaşmıştır. "Basılmış yayınlar" ürün grubunda ise bütün yıllarda çok yüksek düzeyde EİT oranı olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Tartışma

Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde son yıllarda hem ihracat tarafında hem de toplam dış ticaret hacminde önemli artış yaşanmıştır. Geçmişte dış ticaret açığının olduğu orman ürünleri sektöründe, 2018 yılından itibaren orman ürünleri ihracatının ithalatı geçtiği görülmüştür. 2022 yılında dış ticaret fazlası yaklaşık 300 milyon dolara yaklaşmıştır. Diğer taraftan, yaklaşık 17 milyar dolarlık dış ticaret hacmiyle orman ürünleri, Türkiye'nin toplam dış ticaretindeki payı genellikle %3 seviyesinde olmuştur (TÜİK, 2023). Daha da önemlisi orman ürünleri birçok sektöre girdi sağladığı için ülke ekonomisindeki rolünün çok daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Orman ürünleri dış ticaret verilerine yönelik yapılan EİT analizleri neticesinde önceki çalışmalar ile benzer ve farklı bazı bulgular tartışılmıştır. Şahin (2016)'in yaptığı çalışmanın aksine Türkiye'nin özellikle son yıllarda orman ürünleri dış ticaretinde EİT düzeyinin düşük olduğu görülmüştür. Türkiye'nin orman ürünleri EİT'inin düşük seviyede olması nedeniyle dış ticaret yapısının daha çok EAT şeklinde olduğu anlaşılmıştır. Sektörel açıdan bakıldığında, Küçükefe (2009)'nin kağıt sektöründe 1982-2008 döneminde orta düzeyde EİT olduğunu belirten çalışmadan farklı olarak bu çalışmada 2010 ve sonrası için düşük seviyede EİT oranları ile

karşılaşmıştır. Bu çalışmada Küçükkefe (2009) ve Özdemir ve Kösekahyaoglu (2019), mobilya sektöründe EİT düzeylerinin yüksek olduğu çalışmaların aksine son yıllarda EİT düzeylerinin düşük olması ile farklılık göstermektedir. İşlenmişlik seviyelerine göre değerlendirildiğinde ham ürünler daha düşük katma değer ile bağlantılı iken, işlenmiş ürünler ise daha yüksek katma değer ile ilişkilendirilmektedir. Bu bakımdan Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde gerçekleşen EİT'in düşük katma değerli orman ürünlerinde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Ayrıca kağıt sektörü yarı-işlenmiş orman ürünleri içerisinde bulunan "Odun veya diğer lifli selülozik maddeler; hamurları, döküntü ve kırıntuları" ürün grubunda bütün yıllarda düşük EİT oranları, Şahin (2016)'in kağıt hamuru ve kullanılmış kağıt ürün grubuna ilişkin bulgusu ile benzerlik göstermektedir.

4. Sonuçlar

Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretine yönelik EİT analizinin yapıldığı bu çalışmada, EİT oranları yıllar bazında düşük seviyede kalmıştır. Özellikle 2018 ile 2022 yılları arasında EİT değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bu bakımdan çalışmanın en önemli bulgusu, 2010-2022 döneminde Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde EİT düzeyinin düşük olduğunun tespit edilmesidir. Bu doğrultuda Türkiye orman ürünleri dış ticaretinin daha çok EAT şeklinde gerçekleştiği, dış ticaret rakamları dikkate alındığında, EAT biçiminde olan dış ticaretin ihracat yönlü olduğu görülmüştür.

Orman ürünleri sektörü için alt sektörler olarak ağaç ve kağıt sektörleri ayrımı yapılmıştır. 2010 ile 2015 yılları arasında ağaç sektöründe yüksek düzeyde EİT değeri ile karşılaşılırken, 2016 yılından sonra düşük EİT oranlarına rastlanmıştır. Kağıt sektöründe ise EİT oranlarının bütün yıllarda düşük olduğu tespit edilmiştir. 2016 yılı ve sonrası dikkate alındığında hem ağaç hem de kağıt sektörlerinde yapılan dış ticaretin daha çok EAT şeklinde olduğu anlaşılmıştır.

Ham orman ürünlerinin EİT değerleri 2021 yılına kadar düşük kalırken, 2022 yılında yüksek düzeyde olmuştur. Yarı-işlenmiş orman ürünlerinde 2010 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte, düşük seviyede EİT oranlarının olduğu görülmüştür. İşlenmiş ürünlerde ise EİT değerleri 2015 yılına yüksek seviyede iken, 2016 yılından 2022 yılına kadar olan süreçte düşük olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla işlenmişlik seviyelerine göre Türkiye'nin dış ticaret yapısı ham orman ürünlerinde EİT şeklinde iken, yarı-işlenmiş ve işlenmiş orman ürünlerinde EAT şeklinde olduğu anlaşılmıştır. İşlenmişlik seviyesi yüksek olan ürünler, daha yüksek katma değer sağlayan ürünler olarak kabul edilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, katma değeri düşük olan ürünlerde yüksek düzeyde EİT, katma değeri düşük olan ürünlerde EAT yapısının hakim olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Orman ürünleri ürün grupları içerisinde "Basılmış Yayınlar" analiz edilen bütün yıllarda çok yüksek düzeyde EİT oranlarına sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. "Yakmaya mahsus ağaçlar ve odun kömürü", "Yakmaya mahsus yonga halinde ağaçlar ve testere talaşı", "Ahşap demiryolu veya tramvay traversleri" ve "Kağıt ve karton" ürün gruplarında 2022 yılında yüksek seviyede EİT değerleri olduğu görülmüştür. Diğer ürün gruplarında ise belli yıllar dışında dış ticaretin ağırlıklı olarak EAT biçiminde gerçekleştiği ifade edilebilir.

Orman ürünleri ekolojik açıdan hem de ekonomik açıdan ülkelere birçok fayda sağlamaktadır. Bu çalışma, orman ürünlerinin ekonomik faydaları bakımından dış ticaretine odaklanmıştır. Öncelikle orman ürünlerinin dış ticaret fazlası veren bir sektöre dönüşmesi dikkat çekici bir gelişmedir. Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinin faydalarından daha fazla yararlanabilmesi için hem ihracatı hem bu sektördeki EİT'i arttırması gerekmektedir.

EİT değerlerinin yüksek olduğu ürün grupları, genellikle ham orman ürün alt gruplarından oluşmaktadır. Bu bakımdan, Türkiye'nin dış ticaret yaptığı ülkeler ile yaptığı iki yönlü dış ticaretin daha çok düşük katma değerli ürün gruplarından oluşmaktadır. Bu çerçevede Türkiye'nin özellikle gelişmiş ülkeler ile yapılan ticaretini arttırması için başta işlenmiş orman ürünleri olmak üzere yarı-işlenmiş orman ürünlerinde ürün farklılaştırması

yapması ve bunlarda uzmanlaşması gerekmektedir. Bu şekilde olduğunda, Türkiye'nin orman ürünleri dış ticaretinde EİT düzeyinin artması beklenebilir.

Yazar Katkıları

Çalışmanın tamamı yazar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Kaynaklar

- Akyüz, K. C., Balaban, Y., Gedik, T., Yıldırım, İ. (2006). Türkiye'nin orman ürünleri dış ticareti üzerine bir araştırma. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 6(2), 179-197.
- Akyüz, K. C., Yıldırım, İ., Ersen, N., Akyüz, İ., Memiş, D. (2020). Competitiveness of forest products industry sector in Turkey: Revealed comparative advantage index. *Inst Technol Drevna* 63(205). <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.333.09>
- Alevli, C., Yıldırım, İ. (2016). Türkiye'deki bazı orman ürünleri dış ticaretinin karşılaştırmalı analizi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi* 12(1), 83-95.
- Bartık, M., Holko, L., Jančo, M., Škvarenina, J., Danko, M. ve Kostka, Z. (2019). Influence of mountain spruce forest dieback on snow accumulation and melt. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 67(1), 59-69. <https://doi.org/10.2478/johh-2018-0022>
- Başkol, M. O. (2009). Türkiye'nin endüstri-içi ticaretinin analizi. *Bursa Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 28(2), 1-24.
- Gordeev, R. (2020). Comparative advantages of Russian forest products on the global market. *Forest Policy and Economics* 119, 102286. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102286>
- Grubel, H. G., Lloyd, P. J. (1975). Intra-Industry Trade: The Theory and Measurement of International Trade in Differentiated Products. *The Economic Journal* 85(339), 646-648. <https://doi.org/10.2307/2230917>
- Grubel, H. G., Lloyd, P. J. (1971). The empirical measurement of intra-industry trade. *Economic record* 47(4), 494-517. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1971.tb00772.x>
- Ikei, H., Song, C., Miyazaki, Y. (2017). Physiological effects of wood on humans: a review. *Journal of Wood Science* 63, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10086-016-1597-9>
- Kara, O., Şahin, Ö., Bekar, İ., Kayacan, B. (2019). Endüstriyel ağaç ve ahşap ürünleri sektörünün uluslararası rekabet gücü analizi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 15(1), 15-32.
- Kemer, O. B., Aydemir, M. F. (2017). Türk imalat sanayiinin endüstri-içi ticareti (2001-2014). *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 10(2), 1159-1180. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.306349>
- Koç, K. H., Dilik, T., Kurtoğlu, A. (2017). Türkiye orman ürünleri endüstrisine stratejik bir bakış. IV. *Ulusal Ormancılık Kongresi*, Ankara, Türkiye: Türkiye Ormancılık Derneği, ss. 483-495. Erişim adresi: https://openaccess.dogus.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11376/31113/akurtoglu_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kurt, R., İmren, E. (2018). Türkiye'deki önemli tıbbi ve aromatik bitkilerin endüstri içi ticaret göstergeleri ile statik ve dinamik analizi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry* 20(3), 548-557. <https://doi.org/10.24011/barofd.472457>
- Küçükkefe, B. (2009). Türkiye'nin endüstri içi ticareti (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Mangır, F., Fidan, A. (2017). Grubel-Lloyd endeksi ile endüstri-içi ticaret analizi: tarım sektörü Türkiye örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 19(33), 45-51. <https://doi.org/10.18493/kmusekad.400137>
- Müftüoğlu, G. ve Kayacan, B. (2019). Türkiye'deki ormana dayalı sektörlerin dış ticaret rekabet gücü analizi. *Turkish Journal of Forestry* 20(1), 41-49. <https://doi.org/10.18182/tjf.488663>
- Özdemir, M., Kösekaşyaolu, L. (2019). Türkiye'nin İhracatçı Sektörlerinde Endüstri İçi Ticaretin Payı: 1990-2017 Dönemi Üzerine Bir İnceleme, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Uygulamalı Sosyal Bilimler ve Güzel Sanatlar Dergisi* 1(1), 40-56.
- Şahin, D. (2016). Türkiye'de ormana dayalı sektörlerin dış ticaret yapısının analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi*

Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 5(3), 181-196.

TÜİK, (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. Biruni Veri Tabanı, Erişim tarihi: 17.09.2023. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul>

Yıldırım, İ., Emiroğlu, E. (2022). Türkiye ve dünyada orman ürünleri sanayi sektörüne ait bazı ürünlerin karşılaştırmalı analizleri. *Ormançılık Araştırma Dergisi* 9 (Özel Sayı), 155-164. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1090122>

Mobilya İmalatı Sektöründe Çalışma Sermayesi Etkinliğinin Ölçek Temelinde Analizi

Erdinç KARADENİZ^{1*}, Ömer İSKENDEROĞLU²

¹ Mersin Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Turizm İşletmeciliği Bölümü, Mersin, Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Niğde, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 25.10.2023

Kabul: 03.04.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Bu araştırmanın amacı Türk mobilya imalat sektörünün çalışma sermayesi etkinlik düzeyini ölçek temelinde analiz etmektir. Bu amaçla Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayınlanan mobilya imalat sektöründeki mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerin 2017-2022 yıllarına ait sektör bilançoları üzerinde çalışma sermayesi etkinlik indeksi yöntemiyle ölçüm gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde sektörün çalışma sermayesine ait kullanım, performans ve etkinlik indeksleri ölçek temelinde hesaplanmış ve yıllar itibarıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca indeks değerlerinin tanımlayıcı istatistik değerleri hesaplanarak ölçek temelinde mobilya imalat sektörünün çalışma sermayesini hem bütün ve alt kalemler itibarıyla ayrı ayrı hem de her ikisini de göz önünde bulundurarak etkin yönetip yönetmedikleri karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda kullanım ve etkinlik indeks değerlerinin 1'in üstünde gerçekleşen yıl sayısı açısından en başarılı grubun küçük ölçekli işletmeler, performans indeksi açısından ise mikro ve küçük ölçekli işletmeler olduğu saptanmıştır. Yine etkinlik indeks değerlerinin 2020 yılında mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerde en düşük olarak gerçekleştiği ve Covid-19 salgınının olumsuz etkisini yaşadıkları belirlenmiştir. Buna karşın indeks değerleri açısından 2020 yılında büyük ölçekli işletmelerin çalışma sermayelerini etkin kullandıkları ve salgının olumsuz etkisini yaşamadıkları saptanmıştır. Araştırmada tanımlayıcı istatistik değerleri bağlamında da ölçek büyüklüğü arttıkça kullanım indeksi performansının düştüğü belirlenmiştir. Performans indeks değerlerinin ortalaması itibarıyla en başarılı ölçek gruplarının mikro ve büyük ölçekli işletmeler olduğu, etkinlik indeks değerlerinin ortalaması itibarıyla en başarılı ölçek grubunun ise mikro ölçekli işletmeler olduğu gözlemlenmiştir. İndeks değerlerinin standart sapmalarının ise minimum ve maksimum değerlere göre düşük olduğu ve işletmelerin ölçek ayırımı fark etmeksizin etkinlik değerleri arasında çok büyük farklar olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Çalışma sermayesi, etkinlik, indeks yöntemi, mobilya imalat sektörü, sektör bilançoları.

Scale-Based Analysis of Working Capital Efficiency in The Furniture Manufacturing Sector

¹ Mersin University, Tourism Faculty, Department of Tourism Management, Mersin, Türkiye.

² Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Niğde, Türkiye

Article History

Received: 25.10.2023

Accepted: 03.04.2024


Published: 23.04.2024

Research Article

Abstract – The aim of this research is to analyse the working capital efficiency level of the Turkish furniture manufacturing sector in terms of scale size. For this purpose, measurement was carried out by the working capital efficiency index method on the company accounts of micro, small, medium and large-scale companies in the furniture manufacturing sector for the years 2017-2022, published by the Central Bank of the Republic of Turkey. During the analysis process, the usage, performance and efficiency indexes of the sector's working capital were calculated on a scale basis and evaluated over the years. In addition, by calculating the descriptive statistical values of the calculated index values, it was compared on a scale basis whether the furniture manufacturing sector managed its working capital effectively, both as a whole and as sub-items, and by taking both into consideration. As a result of the analysis, it was determined that the most successful group in terms of the number of years with usage and effectiveness index values above 1 was small-scale companies, and in terms of performance index, micro and small-scale companies. It was also determined that the efficiency index values were the lowest in micro, small and medium-sized companies in 2020 and they experienced the negative impact of the Covid-19 epidemic. On the other hand, in terms of index values, it was determined that large-scale companies used their working capital effectively in 2020 and did not experience the negative effects of the epidemic. In the study, in the context of descriptive statistics values, it was determined that the usage index performance decreased as the scale size increased. It has been observed that the most successful scale groups, in terms of the average of performance index values, are micro and large-scale companies, and the most successful scale group, in terms of the average of efficiency index values, are micro-scale companies. It has been determined that the standard deviations of the index values are lower than the minimum and maximum values and that there are no big differences between the efficiency values of the companies regardless of their scale.

Keywords – Working capital, efficiency, index method, furniture manufacturing sector, company accounts.

¹  ekaradeniz@mersin.edu.tr

²  oiskenderoglu@ohu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

1950’li yıllardan itibaren işletmeler açısından nihai işletme amacının kar maksimizasyonundan çıkıp işletmenin değerinin ortakları açısından maksimizasyonuna evrilmesiyle işletmelerde sermaye yapısının kompozisyonuyla birlikte varlıkların birleşimi önem kazanmaya başlamıştır. Bu süreçte işletmelerin en uygun risk, nakit akışı ve zamanlamayı dikkate alarak etkin varlık büyüklüğüne ve büyüme hızlarına karar vermeleri gerekmektedir (Akgüç, 1998). İşletmelerde günlük faaliyetlerin devam ettirilmesi ve vadesi gelen yükümlülüklerin yerine getirilmesi açısından gerekli olan çalışma sermayesinin yönetimi, finans yöneticilerinin günümüzde üzerinde en fazla zaman harcadığı unsurların başında gelmektedir. Temel finansal tablolardan bilançoda (finansal durum tablosu) aktifler grubunda yer alan dönen varlıklar hesap ismiyle izlenen çalışma sermayesi, işletmelerde bir yıl içinde üretim ve satış faaliyetlerinde kullanılması ve vadesi gelen yükümlülüklerin karşılanması açısından yatırım yapılmış varlıklardan meydana gelmektedir. Çalışma sermayesine gereğinden fazla yapılan yatırımlar atıl kapasite sorunlarına, maliyetlerin artmasına ve karın düşmesine neden olurken, gereğinden düşük düzeyde yatırım yapılması ise işletmenin üretimini aksamasına, pazar kaybına ve vadesi gelen borçların, ödemelerin ve yükümlülüklerin yerine getirilmemesi nedeniyle teknik likitide sorunları yaşamalarına neden olabilmektedir. Bu bağlamda çalışma sermayesinin (dönen varlıklar) hem büyüklüğü ve hem de çalışma sermayesi alt hesap kalemleri olan hazır değerler, menkul kıymetler, ticari alacaklar, diğer alacaklar ve stoklar gibi önemli kalemlere yapılacak yatırım miktarı ve bu yatırımların finansmanı işletmelerin finansal sürdürülebilirlikleri, rekabette ayakta kalabilmeleri, nakit akışına dönüşen kar ve piyasa değerlerinin maksimizasyonu açısından büyük önem arz etmektedir (Aydın vd., 2017). Son yıllarda küresel ve ulusal ölçekte yaşanan siyasal, ekonomik, finansal, salgın hastalık ve iklim krizleri bütün dünya ekonomilerini ve özellikle gelişmekte olan ülkeleri ve sektörleri olumsuz etkilemektedir. Risk ve belirsizliğin arttığı, enflasyonla birlikte hem emtia hem de finansal kaynak maliyetlerinin yükseldiği bir ortamda işletmeler için çalışma sermayesinin etkin yönetimi çok daha önemli bir finansal fonksiyon olarak ön plana çıkmaktadır.

Mobilya, tüketicilerin temel ihtiyaçlarından biri olan barınma gereksinimini karşılamak için kullanılan temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. Mobilya imalat sektörü, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin Genel Sınıflandırılmasına (NACE) göre büro ve mağaza mobilyalarını, mutfak mobilyalarını, somya, yatak, yatak takımı eşyasını ve diğer mobilyaların (ev ve bahçe mobilyaları) üretimini gerçekleştiren bir imalat alt sektörü olarak tanımlanmaktadır (Canıdemir, 2018). Mobilya imalat sektörü, emek yoğun bir yapıya sahip olması nedeniyle istihdamın artmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, üretim sürecinde birçok farklı malzemenin ve bileşenin tedarik edilmesi gerektiği için diğer sektörlerle girdi sunmaktadır. Bu sektörün dış ticaret ve ihracata olumlu katkısı bulunurken, bölgesel ve yerel ekonomilere de katkıda bulunarak bölgelerarası sosyo-ekonomik dengesizlikleri azaltmada rol oynamaktadır. Bununla birlikte, mobilya imalat sektörü teknolojik ilerlemelere ve tasarım inovasyonlarına öncülük eder ve inovasyonun diğer sektörlerde de yayılmasına katkı sağlamaktadır. Sektörün 2020 yılındaki üretim değeri 44.6 milyar TL düzeyinde gerçekleşmiştir. Türkiye, dünya mobilya ihracatında %1.6’lık pay almaktadır. Yine TÜİK verilerine göre sektördeki işletme sayısı 39042, istihdam edilen personel sayısı 197733 olarak gözlemlenmiştir. Bu bağlamda imalat sektöründeki toplam işletmelerin %9.6’sını, toplam istihdamında % 4.8’ini mobilya sektörü oluşturmaktadır (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020; T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021). Bu bağlamda makro düzeyde Türkiye ekonomisi için kritik öneme sahip bir sektör olma özelliği taşıyan mobilya imalat sektöründe üretim, istihdam, ihracat ve katma değer yaratabilme açısından sürdürülebilirliğin devam ettirilebilmesi için çalışma sermayesinin hem bir bütün olarak hem de alt unsurlarının etkin yönetimi büyük önem arz etmektedir. İşletme düzeyinde de mobilya imalat işletmeleri, özellikle çalışma sermayesinin etkin bir şekilde yönetilmesi gereken bir sektördür. Ham madde alımları, üretim süreçleri, stok yönetimi, kredili satış politikası ile alacak tahsilat süreçleri, bu işletmeler için kritik öneme sahiptir. Etkin olmayan çalışma sermayesi yönetimi, üretim kesintilerine, nakit sıkışıklığına ve rekabet gücü kaybına neden olabilir.

Bu araştırmada Türk mobilya imalat sektöründe çalışma sermayesi yönetiminin etkinliği ölçek temelinde incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Bhattacharya (1997) tarafından geliştirilen etkinlik indeksi yöntemi

uygulanarak Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) tarafından ölçek temelinde sınıflandırılarak yayımlanan C-31 kodlu Mobilya İmalatı Sektör Bilançoları 2017-2022 yılları kapsamında analiz edilmiştir. Konuyla ilgili uluslararası literatür incelendiğinde farklı sektörlerle yönelik olarak çalışma sermayesi yönetimi etkinliğinin indeks yöntemi kullanılarak ölçülmesine yönelik araştırmaların son yıllarda gerçekleştirildiği saptanmıştır. Gosh ve Maji (2004), Hindistan çimento sektöründeki 20 büyük ölçekli şirketin çalışma sermayesi yönetim etkinliğini indeks yöntemine göre düşük saptamışlardır. Ramachandran ve Janakiraman (2009), Hindistan kâğıt endüstrisindeki şirketlerin çalışma sermayelerini indeks yöntemine göre etkin yönettiklerini saptamışlardır. Afza (2011),Pakistan çimento sektörünün bir bütün olarak iyi performans gösterdiğini saptamıştır. Valipour ve Jamshidi(2012), İran Tahran Borsası'nda işlem gören ilaç, kimya, metal olmayan mineraller ve ana metal endüstri şirketlerinde çalışma sermayesi yönetimi etkinlik indeksinin çalışma sermayesi yönetiminin başarısının ölçümünde en etkin gösterge olduğunu saptamışlardır. Kaur ve Singh (2013), Hindistan sermaye malları sektöründeki 14 şirket içinde çalışma sermayesini verimli bir şekilde yöneten şirket sayısının, incelenen zaman dilimi boyunca %35 ila %78 arasında değiştiğini saptamışlardır. Kasiran vd., (2016) Malezya'daki küçük ve orta ölçekli işletmelerin çalışma sermayesi yönetimi etkinliklerinin düşük olduğunu, orta ölçekli işletmelerin ise küçük ölçekli olanlara göre daha düşük bir performans sergilediklerini saptamışlardır. Yousaf (2022), Çekya'da Avrupa kalite yönetimi vakfı mükemmellik modelinden sertifikalı üç imalat sektörü şirketinin 2020 yılı dışında çalışma sermayelerini etkin yönettiklerini ancak 2020 yılında Covid-19'unda etkisiyle hepsinin etkinlik değerlerinin olumsuz döndüğünü belirlemiştir.

Konuyla ilgili ulusal literatür incelendiğinde ise yine Borsa İstanbul'da (BIST) işlem gören farklı sektörlerdeki veya BIST endekslerinde yer alan şirketlere yönelik olarak çalışma sermayesi yönetimi etkinliğinin indeks yöntemi kullanılarak ölçülmesine yönelik kısıtlı sayıda araştırmaların olduğu ve sektöre yönelik gerçekleştirilen araştırmaların genel olarak geleneksel oran analizini kullanarak finansal performans ölçtükleri gözlemlenmiştir. Kızılıbudak (2013), oran analizini kullanarak BIST'te işlem gören dört adet mobilya şirketinin dönen varlıklarının aktif toplamı içinde fazla olduğu ve bu varlıkların finansmanında kısa vadeli yabancı kaynak kullanımının fazla olduğunu belirlemiştir. Akyüz vd., (2017), BIST'te işlem gören orman ürünleri ve mobilya sektöründeki dört şirketin finansal performansını yüzde ve oran analiziyle ölçtükleri çalışmada şirketlerin kısa vadeli yabancı kaynakların dönen varlıklardan daha fazla artış gösterdiğini ve likidite durumunun zayıfladığını saptamışlardır. Göker (2018), BIST gıda sektöründe yer alan 24 şirketin ortalama çalışma sermayesi etkinlik indeksleri itibarıyla etkin bir çalışma sermayesi yönetimi gerçekleştirdiklerini saptamıştır. Güler ve Konuk (2019), BIST'te işlem gören 21 şirketin çalışma sermayelerini etkin kullandıklarını saptamışlardır. Göker (2020), BIST sürdürülebilirlik endeksinde yer alan şirketlerin endekse girdikten sonra çalışma sermayesi yönetimi etkinliklerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde düştüğünü saptamıştır. Mazman İtik (2021), BIST teknoloji şirketlerinin çalışma sermayesi indeks değerlerinin 1'den büyük olduğunu ve çalışma sermayesi yönetimlerinin etkin olduğunu belirlemiştir. Dikmen (2021), TCMB sektör bilançoları üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada mobilya imalat sektörün finansal performansını oran analiziyle ölçmüştür. Analiz sonucunda sektörün cari oran ve asit-test oranı itibarıyla likidite düzeyinin zayıf olduğu, nakit oranı itibarıyla 2013-2018 yılları arasında likidite gücünün zayıf olduğunu saptamıştır. Kaya vd.,(2022), 127 adet BIST imalat şirketinin %45'inin sektör üzerinde performans gösterdiği, %4'ünün sektöre paralel performans gösterdiği, %51'inin ise sektörün altında performans gösterdiğini saptamışlardır. Mobilya imalat sektörüne yönelik olarak literatür incelendiğinde ise indeks yöntemine göre çalışma sermayesi yönetiminin etkinliğini ölçen bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu araştırmanın mobilya imalat sektörünün çalışma sermayesi yönetiminin etkinliğini TCMB sektör bilançoları üzerinden ve ölçek bazında etkinlik indeks yöntemine göre incelemesi bağlamında literatüre katkı sağlayacağı ümit edilmektedir.

2.Materyal ve Yöntem

2.1.Materyal

Bu çalışmada Türk mobilya imalat sektörünün 2017-2022 yılları arasındaki çalışma sermayesi etkinlik düzeyinin ölçek (büyüklük) temelinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla

analizde kullanılan veriler TCMB tarafından düzenli olarak yayınlanan sektör bilançolarından elde edilmiştir. Sektör bilançoları, reel sektörde faaliyet gösteren ve yıllık beyannameleri sunulmuş kurumlar vergisi mükellefi işletmelerin gönüllülük esasına göre finansal tablolarını paylaşarak katıldıkları ve TCMB-TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından söz konusu finansal tabloların konsolide edilmesiyle oluşturulan bir ortak yayındır. Sektör bilançoları, imalat ve imalat dışı olmak üzere Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (EUROSTAT) tarafından güncellenen ekonomik faaliyet sınıflaması NACE Rev.2 esas alınarak sınıflanan toplam 17 ana sektörü kapsamaktadır. Bu sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin hukuki yapıları, riskleri, aktif, pasif ve öz kaynak yapısını içeren yapısal göstergeleri hem genel hem de ölçek temelinde sunulmaktadır. Ölçek aralıklarının belirlenmesinde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından belirlenen küçük ve orta boy işletmelerin nitelik ve sınıflandırılması kriterleri kullanılmaktadır (TCMB,2023b). Analiz döneminin 2017-2022 olarak seçilmesinin nedeni finansal analiz bağlamında teorik olarak beş yıllık bir sürecin yeterli görülmesidir. Bu çalışmada altı yıllık bir süreç seçilmiş ve bu dönemler seçilirken Covid-19 salgını öncesi ve sonrası sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için salgın öncesi dönem (2017-2018-2019 yılları) ile salgın ve sonrası dönem (2020-2021-2022 yılları) süresinin eşit olmasına dikkat edilmiştir. Araştırmanın örneklemini olan C-31 kodlu Mobilya İmalat Sektörüne ait sektör bilançoları TCMB'nin kurumsal internet sitesinden sağlanmıştır (TCMB, 2023a). Analiz döneminde mobilya imalat sektöründe yer alan ve sektör bilançoları çalışmasına finansal tablolarını sunan işletmelerin ölçek bazında sayıları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 1

Analiz döneminde ölçek temelindeki işletme sayıları

Ölçek	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Mikro	3919	4728	5204	5703	6162	6582
Küçük	2271	1936	1906	2012	2358	2509
Orta	538	443	436	494	566	596
Büyük	76	48	43	51	67	64
Toplam	6804	7155	7589	8260	9153	9751

Tablo 1 incelendiğinde işletme sayıları itibariyle ve borsada işlem görmeyen şirketler açısından finansal tabloların sağlanmasının zorluğu da dikkate alındığında sektör bilançolarının Türk mobilya imalat sektörünü yansıtması açısından en geniş finansal veri tabanını oluşturduğu görülmektedir.

2.2. Yöntem

Analizde 2017-2022 yılları arasında TCMB tarafından yayımlanan mobilya imalat sektörüne ait sektör bilançoları üzerinde ilk defa Bhattacharya (1997) çalışmasında geliştirilmiş olan çalışma sermayesi etkinlik indeksi yöntemi uygulanarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma sermayesi etkinlik indeksi, işletmelerde çalışma sermayesini yönetme etkinliğini ölçen bir finansal analiz yöntemidir. Yöntemde çalışma sermayesinin etkinliğini ölçmek için kullanım indeksi, performans indeksi ve etkinlik indeksi olmak üzere üç adet değişken hesaplanmaktadır (Bhattacharya, 1997).

Kullanım indeksi, işletmelerde dönen varlıklara yapılan yatırımları bir bütün halinde dikkate almaktadır. Bu bağlamda kullanım indeksi, işletmenin dönen varlıklarının tamamını kullanarak net satışlarını artırıp arttırmadığını göstermektedir. Bu değer 1'den yüksek olması istenmektedir. Kullanım indeksi değeri 1'den büyük olduğunda işletmede çalışma sermayesinin (dönen varlıkların) bütün olarak satış yaratma kabiliyeti bağlamında etkin kullanıldığını, buna karşın 1'den düşük olduğunda çalışma sermayesinin etkin kullanılmadığını ifade etmektedir. Kullanım indeksi (Kİ) değeri aşağıdaki formül (2.2.1) kullanılarak hesaplanmaktadır. Formülde $t-1$ bir önceki dönemi, t ise cari dönemi ifade etmektedir (Göker, 2018).

$$Kİ = \frac{\text{Dönen Varlıklar}_{t-1}}{\text{Net Satışlar}_{t-1}} / \frac{\text{Dönen Varlıklar}_t}{\text{Net Satışlar}_t} \quad (2.2.1)$$

Performans indeksi, işletmelerin dönen varlıklar içinde yer alan alt hesap kalemlerinin her birine gerçekleştirilen yatırımı dikkate alarak ortalama performansını ortaya koymaktadır. Analiz sürecinde mobilya imalat sektöründeki mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerin konsolide edilmiş gelir tablolarında yer alan net satış gelirleri ile yine bilançolarında yer alan dönen varlıklar hesabındaki alt hesap kalemleri olan hazır değerler, menkul kıymetler, ticari alacaklar, diğer alacaklar, stoklar ve diğer dönen varlıklar yıllık olarak performans indeksi hesaplanırken analize dahil edilmiştir. Performans indeks değeri 1'den büyükse işletmenin çalışma sermayesi (dönen varlık) alt hesap kalemlerine yeterli düzeyde yatırım yaptığını ve bu durumun satış hasılatını artırdığı anlamına gelmektedir. Performans indeks değeri 1'den düşükse işletmenin dönen varlık alt kalemlerine doğru miktarda yatırım yapmadığını ve bu durumun işletmenin net satış hasılatını düşürdüğü anlaşılmaktadır. Performans indeks (PI) değeri aşağıdaki formül (2.2.2) kullanılarak hesaplanmaktadır. Formülde; I_s cari döneme ait net satış gelirinin bir önceki döneme ait net satış gelirine oranını ifade etmektedir. W_{it} dönemdeki dönen varlık alt hesap grup tutarını, W_{it-1} bir önceki t dönemdeki dönen varlık alt hesap grup tutarını göstermektedir. N ise dönen varlık alt hesap grup sayısını ifade etmektedir (Güler ve Konuk, 2019).

$$PI = I_s \sum_{t=1}^n (W_{it-1} / W_{it}) / N \quad (2.2.2)$$

Etkinlik indeksi ise çalışma sermayesinin etkin yönetilip yönetilmediğinin en son göstergesi olarak performans indeksi ile kullanım indeksinin çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Etkinlik indeks değerinin 1'den büyük olması işletmede çalışma sermayesi yatırımlarının ve yönetiminin etkin olarak yönetildiğini, 1'den küçük olması ise çalışma sermayesi yatırımlarının ve yönetiminin etkin olmadığını göstermektedir. Etkinlik indeks (Eİ) değeri aşağıdaki formül (2.2.3) kullanılarak hesaplanmaktadır (Mazman İtik, 2021).

$$Eİ = \text{Kullanım İndeksi (Kİ)} \times \text{Performans İndeksi (Pİ)} \quad (2.2.3)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın amaçları doğrultusunda mobilya imalat sektöründe mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerin 2017-2022 yıllarına ait sektör bilançoları üzerinde yukarıda açıklanan formüller Excel ortamında uygulanarak hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve her bir ölçek temelinde ayrı ayrı tablolarda hesaplanan kullanım, performans ve etkinlik indeksleri aşağıda sırasıyla sunulmuştur. Daha sonra ölçek temelinde karşılaştırma yapabilmek için hesaplanan indeks değerlerinin özet istatistikleri sunulmuş ve yorumlanmıştır. Öncelikle Tablo 2'de gerçekleştirilen hesaplamaların nasıl yapıldığına dair örnek teşkil etmesi bağlamında mobilya imalat sektöründeki mikro ölçekli işletmelerin sektör bilançolarından elde edilen ham verilerle 2021-2022 yıllarına ait kullanım indeksi (Kİ), performans indeksi (Pİ) ve etkinlik indeksi (Eİ) değerleri ile bu değerlerin nasıl hesaplandığına yönelik örnek hesaplama gösterilmiştir.

Tablo 3'deki hesaplanan indeks değerleri incelendiğinde Türk mobilya imalat sektöründeki mikro ölçekli işletmelerin Kİ değerlerinin 2017-2019-2020 yıllarında 1'in altında gerçekleştiği ve çalışma sermayesi (dönen varlık) yatırımlarının bir bütün halinde satış yaratma kabiliyeti bağlamında etkin yapılmadığı görülmektedir. Buna karşın 2018-2021-2022 yıllarında ise Kİ değerinin 1'in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda ise çalışma sermayesi yatırımlarının bir bütün olarak satış yaratma kabiliyeti yaratacak şekilde etkin gerçekleştirildiğini söylemek mümkündür. Pİ değerlerinin ise 2017 ve 2020 yıllarında 1'in altında gerçekleştiği ve bu yıllarda mikro ölçekli işletmelerde dönen varlık alt hesap kalemlerine optimal yatırımların yapılmadığı ve alt hesap kalemi bağlamında etkin olmayan bir yatırım politikasının olduğu görülmektedir. 2018-2019-2021-2022 yıllarında ise Pİ değerlerinin 1'in üstünde gerçekleştiği ve dolayısıyla söz konusu yıllarda dönen varlık alt hesap kalemleri açısından doğru ve yeterli yatırımların yapıldığı söylenebilir. Çalışma sermayesinin hem bir bütün olarak, hem de çalışma sermayesini oluşturan her bir hesap kaleminin ayrı ayrı etkin kullanılıp kullanılmadığını gösteren Eİ değerlerine bakıldığında mikro ölçekli işletmelerin 2017-2019-2020 yıllarında çalışma sermayelerini hem alt kalem hem de bir bütün olarak etkin yönetemedikleri görülmektedir. Buna karşın 2018-2021-2022 yıllarında ise etkin yönettikleri gözlemlenmektedir. Analiz döneminde Eİ değerinin en düşük olduğu yılın 2020, en yüksek olduğu yılın ise 2022 olduğu belirlenmiştir. Tablo 4'de mobilya imalat sektöründe küçük ölçekli işletmelerin 2017-2022 yılları arasındaki kullanım, performans ve etkinlik indeks değerleri sunulmuştur.

Tablo 2

Mikro ölçekli işletmelerin indeks değerleri hesaplama örneği

1	A	B	C	D
2	Hesap İsimleri	2020	2021	2022
3	Dönen Varlıklar	5845247135	6854816348	9849386729
4	Hazır Değerler	554879924	685928375	1049792167
5	Menkul Kıymetler	6810884	6295590	4352631
6	Ticari Alacaklar	2097725274	2389426252	3298609113
7	Diğer Alacaklar	242607678	270373772	443380403
8	Stoklar	2585978751	2998989704	4219761862
9	Diğ.Dön. Varlıklar	297351255	434584991	739856610
10	Net Satışlar	3432979275	4683970339	9040127544
11	Kullanım İndeksi (Kİ) Hesaplanması		$(B3/B10) / (C3/C10)$	$(C3/C10) / (D3/D10)$
12	Performans İndeksi (Pİ) Hesaplanması		$(C10/B10)*((B4/C4)+(B5/C5)+(B6/C6)+ (B7/C7)+(B8/C8)+(B9/C9))/6$	$(D10/C10)*((C4/D4)+(C5/D5)+(C6/D6)+ (C7/D7)+(C8/D8)+(C9/D9))/6$
13	Etkinlik İndeksi (Eİ) Hesaplanması		$C11*C12$	$D11*D12$
14	Kullanım İndeksi (Kİ)		1.16	1.34
15	Performans İndeksi (Pİ)		1.19	1.52
16	Etkinlik İndeksi (Eİ)		1.38	2.04

Tablo 3'de mobilya imalat sektöründe mikro ölçekli işletmelerin 2017-2022 yılları arasındaki kullanım, performans ve etkinlik indeks değerleri sunulmuştur.

Tablo 3

Mikro ölçekli işletmelerin indeks değerleri

İndeksler	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kullanım İndeksi (Kİ)	0.92	1.34	0.96	0.92	1.16	1.34
Performans İndeksi (Pİ)	0.91	1.33	1.02	0.76	1.19	1.52
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.84	1.78	0.97	0.70	1.38	2.04

Tablo 4

Küçük ölçekli işletmelerin indeks değerleri

İndeksler	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kullanım İndeksi (Kİ)	1.13	1.09	1.04	0.94	1.06	1.19
Performans İndeksi (Pİ)	1.04	1.12	0.96	0.79	1.06	1.04
Etkinlik İndeksi (Eİ)	1.18	1.22	1.00	0.74	1.12	1.23

Tablo 4 incelendiğinde Türk mobilya imalat sektöründeki küçük ölçekli işletmelerin 2020 yılı haricinde diğer yıllarda Kİ değerinin 1'in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesi yatırımlarının bir bütün olarak satış yaratma kabiliyeti yaratacak şekilde etkin yapıldığı gözlemlenmiştir. Pİ değerlerinin ise 2017-2018-2021-2022 yıllarında 1'in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesinin alt hesap kalemlerine gerçekleştirilen yatırım politikası itibarıyla etkin oldukları buna karşın 2019 ve 2020 yıllarında ise başarılı olmadıkları belirlenmiştir. Türk mobilya imalat sektöründeki küçük ölçekli işletmelerin analiz dönemindeki Eİ değerlerine bakıldığında ise 2020 yılı dışındaki diğer tüm yıllarda 1'in üstünde gerçekleştiği ve çalışma sermayelerini hem alt kalem hem de bir bütün olarak etkin yönettikleri saptanmıştır. Mikro ölçekli işletmelerde olduğu gibi küçük ölçekli işletmelerde de analiz döneminde Eİ değerinin en düşük olduğu yılın 2020 yılı, en yüksek olduğu yılın ise 2022 yılı olduğu belirlenmiştir. Analiz döneminde yıl bağlamında karşılaştırıldığında mikro ve küçük ölçekli işletmelerin Eİ değerlerinin 1'in üstünde gerçekleşen yıl sayısının küçük ölçekli

işletmelerde daha fazla olduğu ve bu bağlamda mikro ölçekli işletmelere göre çalışma sermayesinin etkin yönetildiği yıl sayısı açısından daha başarılı oldukları söylenebilir. Tablo 5’de mobilya imalat sektöründe orta ölçekli işletmelerin 2017-2022 yılları arasındaki kullanım, performans ve etkinlik indeks değerleri sunulmuştur.

Tablo 5

Orta ölçekli işletmelerin indeks değerleri

İndeksler	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kullanım İndeksi (Kİ)	1.17	1.06	1.05	0.92	0.99	1.14
Performans İndeksi (Pİ)	1.06	1.05	0.80	0.95	1.07	0.96
Etkinlik İndeksi (Eİ)	1.24	1.10	0.84	0.88	1.06	1.09

Tablo 5’teki Türk mobilya imalat sektöründeki orta ölçekli işletmelerin Kİ değerlerinin 2020 ve 2021 yılları haricinde diğer yıllarda 1’in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesi yatırımlarının bir bütün olarak etkin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Pİ değerlerinin ise 2017-2018-2021 yıllarında 1’in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesinin alt hesap kalemlerine gerçekleştirilen yatırım politikası itibariyle etkin oldukları buna karşın 2019-2020-2022 yıllarında ise etkin olmadıkları belirlenmiştir. Orta ölçekli mobilya imalat işletmelerine ait analiz dönemindeki Eİ değerlerine bakıldığında 2019 ve 2020 yılları dışındaki diğer yıllarda 1’in üstünde gerçekleştiği ve çalışma sermayelerini hem alt kalem hem de bir bütün olarak etkin yönettikleri saptanmıştır. Eİ değerleri açısından mikro ve küçük ölçekli işletmelerde olduğu gibi orta ölçekli işletmelerde de en düşük gerçekleşen yılın 2020 yılı olduğu gözlemlenmiştir. Eİ değerinin en yüksek olarak gerçekleştiği yıl ise 2017 yılıdır. Analiz döneminde yıl bağlamında karşılaştırıldığında mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerin Eİ değerlerinin 1’in üstünde gerçekleşen yıl sayısının küçük ölçekli işletmelerde daha fazla olduğu ve bu bağlamda mikro ve orta ölçekli işletmelere göre çalışma sermayesinin etkin yönetildiği yıl sayısı açısından daha başarılı oldukları söylenebilir. Tablo 6’da mobilya imalat sektöründe büyük ölçekli işletmelerin 2017-2022 yılları arasındaki kullanım, performans ve etkinlik indeks değerleri sunulmuştur.

Tablo 6

Büyük ölçekli işletmelerin indeks değerleri

İndeksler	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kullanım İndeksi (Kİ)	1.08	1.02	0.97	1.03	0.99	1.13
Performans İndeksi (Pİ)	0.90	0.99	0.82	1.16	1.92	0.93
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.96	1.01	0.79	1.20	1.91	1.05

Tablo 6 incelendiğinde Türk mobilya imalat sektöründeki büyük ölçekli işletmelerin Kİ değerlerinin 2019 ve 2021 yılları haricinde diğer yıllarda 1’in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesinin yatırımlarının bir bütün olarak etkin kullanıldığını gözlemlenmiştir. Pİ değerlerinin ise sadece 2020 ve 2021 yıllarında 1’in üstünde gerçekleştiği ve bu yıllarda çalışma sermayesinin alt hesap kalemlerine gerçekleştirilen yatırım politikası itibariyle etkin oldukları buna karşın 2017-2018-2019-2022 yıllarında ise etkin olmadıkları belirlenmiştir. Büyük ölçekli mobilya imalat işletmelerine ait analiz dönemindeki Eİ değerleri incelendiğinde 2017 ve 2019 yılları dışındaki diğer yıllarda 1’in üstünde gerçekleştiği ve çalışma sermayelerini hem alt kalem hem de bir bütün olarak etkin yönettikleri saptanmıştır. Analiz döneminde yıl bağlamında karşılaştırıldığında Eİ değerlerinin 1’in üstünde gerçekleşen yıl sayısının küçük ölçekli işletmelerde daha fazla olduğu ve bu bağlamda mikro, orta ve büyük ölçekli işletmelere göre çalışma sermayesinin etkin yönetildiği yıl sayısı açısından daha başarılı oldukları söylenebilir. Büyük ve orta ölçekli işletmelerin ise çalışma sermayesinin etkin yönetildiği yıl sayısı bağlamında ikinci sırada oldukları, mikro ölçekli işletmelerin ise son sırada yer aldığı belirlenmiştir. Tablo 7’de Türk mobilya imalat sektöründe mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerin 2017-2022 yılları arasındaki kullanım, performans ve etkinlik indeks değerlerinin tanımlayıcı istatistik değerleri sunulmaktadır.

Tablo 7

Mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerine ait indeks değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Mikro	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kullanım İndeksi (Kİ)	0.92	1.34	1.11	0.20
Performans İndeksi (Pİ)	0.76	1.52	1.12	0.28
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.70	2.04	1.29	0.54
Küçük	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kullanım İndeksi (Kİ)	0.94	1.19	1.08	0.08
Performans İndeksi (Pİ)	0.79	1.12	1.00	0.12
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.74	1.23	1.08	0.19
Orta	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kullanım İndeksi (Kİ)	0.92	1.17	1.05	0.09
Performans İndeksi (Pİ)	0.80	1.07	0.98	0.10
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.84	1.24	1.04	0.15
Büyük	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kullanım İndeksi (Kİ)	0.97	1.13	1.04	0.06
Performans İndeksi (Pİ)	0.82	1.92	1.12	0.41
Etkinlik İndeksi (Eİ)	0.79	1.91	1.15	0.39

Analiz bulgularının ölçek temelinde ve her bir indeksin tanımlayıcı istatistik değerlerinin sunulduğu Tablo 7 incelendiğinde Kİ ortalama değerlerinin bütün ölçek gruplarında 1'den yüksek olduğu saptanmıştır. Kİ ortalama değerinin en yüksek gerçekleştiği ölçek grubunun mikro ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu, buna karşın en düşük gerçekleşen grubun ise büyük ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu gözlemlenmiştir. Kİ değerlerinin minimum değerlerine bakıldığında mikro ve orta ölçekli işletmelerde en düşük değerlerin olduğu, maksimum değerler açısından da en yüksek Kİ değerinin mikro ölçekli işletme grubunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu nedenle Kİ değerlerinin standart sapmasının en yüksek ve Kİ performansının en dalgalı olduğu grubun mikro ölçekli işletmeler olduğu saptanmıştır. Buna karşın Kİ performansındaki dalgalanmanın en düşük olduğu grubun büyük ölçekli işletmelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Pİ değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde ortalama değerlerinin orta ölçekli işletmeler dışındaki ölçek gruplarında 1 ve 1'den yüksek olduğu saptanmıştır. Pİ ortalama değerinin en yüksek gerçekleştiği ölçek grubunun mikro ve büyük ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu, buna karşın en düşük gerçekleşen grubun ise orta ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu gözlemlenmiştir. Pİ değerlerinin minimum değerlerine bakıldığında mikro ölçekli işletmelerde en düşük değerlerin olduğu, maksimum değerler açısından da en yüksek Pİ değerinin büyük ölçekli işletme grubunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Standart sapma değerleri incelendiğinde Pİ değerlerindeki en büyük dalgalanmanın büyük ölçekli işletmelerde, en küçük dalgalanmanın ise orta ölçekli işletme grubunda gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

Tablo 7'deki Eİ değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde, ortalama değerlerinin bütün ölçek gruplarında 1'den yüksek olduğu saptanmıştır. Eİ ortalama değerinin en yüksek gerçekleştiği ölçek grubunun mikro ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu, buna karşın en düşük gerçekleşen grubun ise orta ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgu Kasiran vd., (2016) çalışmasında ölçek bağlamında elde edilen bulguyla paralellik göstermektedir. Eİ değerlerinin minimum değerlerine bakıldığında

mikro ölçekli işletmelerde en düşük değerlerin oluştuğu, maksimum değerler açısından da en yüksek Eİ değerinin yine mikro ölçekli işletme grubunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu nedenle Eİ değerlerinin standart sapmasının en yüksek ve Eİ performansının en dalgalı olduğu grubun mikro ölçekli işletmeler olduğu saptanmıştır. Buna karşın Eİ performansındaki dalgalanmanın en düşük olduğu grubun orta ölçekli işletmelerde olduğu gözlemlenmiştir.

4.Sonuçlar

Bu araştırma, Türk mobilya imalat sektöründe çalışma sermayesi etkinliğini ölçek temelinde analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla TCMB tarafından yayımlanan mobilya imalat sektörünün 2017-2022 yıllarına ait sektör bilançoları üzerinde Bhattacharya (1997) çalışmasında geliştirilmiş olan çalışma sermayesi etkinlik indeksi yöntemi uygulanmıştır. İlk olarak mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli işletme gruplarının kullanım, performans ve etkinlik indeks değerleri analiz dönemi bağlamında hesaplanarak hem ölçek hem de yıl temelinde değerlendirilmiştir. Ayrıca söz konusu indeks değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanarak ölçek temelinde mobilya imalat sektörünün çalışma sermayesini hem bütün olarak hem alt kalemler itibarıyla hem de her ikisini de göz önünde bulundurarak etkin yönetip yönetmedikleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Ölçek ve yıl bağlamında elde edilen bulgular doğrultusunda Kİ ve Eİ değerlerinin 1'in üstünde gerçekleşen yıl sayısının küçük ölçekli işletmelerde daha fazla olduğu ve bu bağlamda mikro, orta ve büyük ölçekli işletmelere göre çalışma sermayesinin bir bütün olarak etkin yönetildiği yıl sayısı açısından daha başarılı oldukları saptanmıştır. Pİ değerleri açısından ise yıl bağlamında mikro ve küçük ölçekli işletmelerin daha başarılı oldukları ve alt kalemlere gerçekleştirilen başarılı yatırımlar açısından daha etkin oldukları belirlenmiştir. Eİ değerlerinin mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerde en düşük gerçekleşen yılın 2020 yılı, en yüksek gerçekleşen yılın ise 2022 yılı olduğu saptanmıştır. Bu durumun oluşmasında 2020 yılında küresel olarak yaşanan Covid-19 salgını nedeniyle uygulanan kapanmalar nedeniyle sektörde yaşanan daralmanın etkili olduğu düşünülmektedir. Covid-19 salgınının ortaya çıkmasıyla küresel olarak otomobil, ev ve mobilya talebinde sert düşüşler yaşanmıştır. Bununla birlikte artan risk algısı tüketicileri etkileyerek dayanıklı tüketim ürün gruplarında olduğu gibi mobilya ürün grubunu da negatif yönde etkilemiştir (Gülveren Çamur, 2022). Bununla birlikte salgın kısıtlamalarının esnetilmesi veya kaldırılmasıyla birlikte 2022 yılında mikro ve küçük ölçekli işletmelerin çalışma sermayelerini satış geliri yaratabilme açısından en etkin şekilde kullanabildikleri düşünülmektedir. Eİ değerleri açısından mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerden farklı olarak büyük ölçekli işletmelerde en düşük gerçekleşen yılın 2019 yılı olduğu gözlemlenmiştir. 2020 yılında ise yine diğer ölçek gruplarından farklı olarak Kİ, Pİ ve Eİ değerlerinin 1'in üstünde gerçekleştiği ve bu bağlamda Covid-19 salgınının ilk yılında büyük ölçekli işletmelerin çalışma sermayelerini etkin kullandıkları ve salgının olumsuz etkisini yaşamadıkları saptanmıştır. Bu durumun oluşmasında büyük ölçekli işletmelerin ölçek ekonomisinden daha fazla yararlanarak salgın dönemindeki talep daralmasından daha az etkilenmesinin ayrıca çalışma sermayesi unsurları ile bu unsurların finansmanında kullanılan kısa vadeli yükümlülüklerle ulaşmada daha fazla avantajlı olabilmesinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Bu bağlamda daha küçük ölçekli işletmelerin analiz döneminde ki yıl sayısı açısından daha başarılı oldukları ve satış düzeylerine uygun olarak dönen varlık yatırımlarını yönetebildikleri söylenebilir. Buna karşın büyük ölçekli işletmelerde çalışma sermayesinin daha etkin kullanımı yönünde stratejiler geliştirmeleri önem arz etmektedir. Bununla birlikte salgının doğrudan reel sektörü etkilemesi açısından büyük ölçekli işletmelerin daha dayanıklı oldukları gözlemlenmiştir. Bu bağlamda daha küçük ölçekli işletmelerin kriz ortamlarında likidite düzeylerini nasıl yönetmeleri konusunda daha dikkatli olmaları, krizlerin ortaya çıkma olasılıklarını yakından takip etmeleri ve likidite risklerini önceden yönetme konusunda stratejiler geliştirmeleri gerekmektedir.

Araştırmada ölçek grupları açısından mobilya imalat işletmelerine ait indeks değerlerinin ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri bağlamında elde edilen bulgular açısından Kİ ortalama değerlerinin bütün ölçek gruplarında 1'den yüksek olduğu saptanmıştır. Kullanım indeksi değerinin 1'den yüksek gerçekleşmesi sektördeki bütün ölçek gruplarında işletmelerin genel olarak dönen varlıklara bir bütün olarak

yatırım yaptıklarında, satış gelirlerini artırdıkları anlamına gelmektedir. Yine Kİ ortalama değeri itibariyle en başarılı ölçek grubunun mikro ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu, buna karşın en düşük performansa sahip grubun ise büyük ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda ölçek büyüklüğü arttıkça Kİ performansının düştüğü ve ölçeğin büyümesiyle işletmelerin dönen varlıklarının bütününe yönetebilme etkinliğinin düştüğü söylenebilir. Satış gelirinde ve aktif büyümesinin işletmeler açısından sağlıklı ve sürdürülebilir olması son derece önemlidir. Özellikle gereğinden fazla çalışma sermayesine sahip olmak işletmeler açısından verimlilik sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle likidite riski ile sermaye maliyetini minimum nakit akışlarını maksimum kılacak en uygun dönen varlık büyüklüğünün ve bu büyüklüğün finansmanının oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Pİ değerlerinin ortalaması itibariyle en başarılı ölçek gruplarının mikro ve büyük ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu, buna karşın en başarısız ölçek grubunun ise orta ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu saptanmıştır. Eİ ortalama değerleri itibariyle en başarılı ölçek grubunun mikro ölçekli olduğu, buna karşın en düşük performansa sahip grubun ise orta ölçekli mobilya imalat işletmeleri olduğu gözlemlenmiştir. Standart sapma değerleri açısından elde edilen bulgular değerlendirildiğinde Kİ, Pİ ve Eİ değerlerinin standart sapmalarının minimum ve maksimum değerlere göre düşük olması mobilya imalat sektöründeki ölçek ayırımı fark etmeksizin işletmelerin etkinlik değerlerinin arasında çok büyük farklar olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte indeks değerlerinin standart sapma büyüklüğü itibariyle Kİ ve Eİ değerlerindeki sapmanın en yüksek olduğu grubun mikro ölçekli işletmeler olduğu, Pİ değeri itibariyle de büyük ölçekli işletmeler olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda mikro ölçekli işletmelerin çalışma sermayesinin bütünü ile hem çalışma sermayesi toplamı ile alt kalemler bağlamında uyguladıkları yatırım stratejilerini satışlarda meydana gelebilecek dalgalanmalar ışığında planlamaları önerilebilir. Özellikle ekonomide oluşabilecek risklere duyarlılığı daha fazla olan mikro ölçekli işletmeler açısından risklerin önceden takip edilmesi ve ölçülmesinin dönen varlık kompozisyonunun oluşturulmasında kritik öneme sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu araştırma konuyla ilgili daha önceki çalışmalardan farklı olarak borsada işlem gören şirketler yerine gönüllülük esasına göre geniş bir işletme katılımıyla TCMB tarafından oluşturulan sektör bilançoları üzerinden Türk mobilya imalat sektörünün 2017-2022 yıllarını kapsayan ölçek temelindeki verileriyle gerçekleştirilmiştir. Geçmiş araştırmalar içinde Türk mobilya imalat sektörü veya şirketleri üzerine daha önce çalışma sermayesi etkinlik indeksi yöntemi kullanılarak çalışma sermayesi etkinliğini ölçen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamış olması hem sektör hem de veri özelliği nedeniyle bu araştırmanın literatüre ve sektördeki yatırımcı ve yöneticilere katkısı açısından önemini arttırmaktadır. Gelecek de uluslararası verilerle mobilya imalat sektöründeki şirketlerin çalışma sermayesi etkinliğinin karşılaştırmalı olarak inceleyen araştırmaların ve indeks değerleri ile şirketlerin finansal performansları arasındaki ilişkileri inceleyen araştırmaların literatüre katkısının olacağı düşünülmektedir.

Yazar Katkıları

Erdiñç KARADENİZ: Analizi tasarlamış ve makaleyi yazmıştır.

Ömer İSKENDERÖĞLU: Verileri toplamış ve analizini yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Afza, T. (2011). Working capital management efficiency of cement sector of Pakistan. *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 2(5), 223-235. <https://doi.org/10.22610/jeps.v2i5.240>.
- Akgüç, Ö. (1998). *Finansal yönetim*. İstanbul: Avcıol Basım-Yayın.
- Akyüz, K. C., Yıldırım, İ., Akyüz, İ. (2017). Yüzde yöntemi ve bazı finansal oranlar yardımıyla orman ürünleri sanayi sektöründe yer alan firmaların değerlendirilmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 93-101.
- Aydın, N., Başar, M., Coşkun, M. (2017). *Finansal yönetim* (5.bs.). Ankara: Detay Yayıncılık.

- Bhattacharya, H.(1997). *Total management by ratios*. New Dehli: Sage Publication.
- Canıdemir, R. (2018). *Mobilya sektör raporu*. Kırıkkale Sanayi ve Ticaret Odası Yayını. Erişim adresi: <https://www.kirikkaletso.org.tr/ktso/dosyalar/MOB%C4%B0LYA%20SEKT%C3%96R%20RAPORU.pdf>
- Dikmen, B. B. (2021). Mobilya imalatı sektörünün finansal performansının oran analizi ve topsis yöntemiyle değerlendirilmesi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, (1), 80-97.
- Gosh, S.K., Maji, S.P. (2004). Working capital management efficiency: A study on the Indian cement industry. *The Management Accountant*, 39(5), 363-372.
- Göker, I. E. K. (2020). An analysis of working capital efficiency of companies listed on sustainability index by index method. *Journal of Economics Finance and Accounting*, 7 (2), 94-102.
- Göker, I. E. K. (2018). Çalışma sermayesi yönetiminde etkinlik durumunun tespiti: Bist gıda sektörü firmaları üzerine bir araştırma. *Journal of International Management Educational and Economics Perspectives*, 6 (3), 69-79
- Güler, E., Konuk, F. (2019). Çalışma sermayesi etkinlik ölçümünde alternatif bir araç: İndeks yöntemi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (84), 35-48. <https://doi.org/10.25095/mufad.625699>.
- Gülveren Çamur, G. (2022). *Türkiye'de mobilyacılık sektörü ve COVID-19 sonrası durumu* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi. Nevşehir. Türkiye.
- Kasiran, F. W., Mohamad, N. A. ve Chin, O. (2016). Working capital management efficiency: A study on the small medium enterprise in Malaysia. *Procedia Economics and Finance*, 35, 297-303. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)00037-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)00037-X)
- Kaur, H. V., Singh, S. (2013). Managing working capital efficiency in capital goods sector in India. *Global Business Review*, 14(2), 343-355. <https://doi.org/10.1177/097215091347752>.
- Kaya, E., Konuk, F., Kaya, Ö. (2022). Halka açık şirketlerin indeks yöntemi ile çalışma sermayesi etkinlik düzeylerinin tespit edilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 717-733.
- Kızılbudak, T. (2013). *Finansal analiz ile işletme sermayesi yönetimi: Mobilya sektörü için bir uygulama* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. İstanbul. Türkiye.
- Mazman, İtik, Ü. (2021). Çalışma sermayesi etkinlik ölçümünde indeks yöntemi: Teknoloji şirketlerinde bir uygulama. *OPUS International Journal of Society Researches*, 18(41), 3534-3551. <https://doi.org/10.26466/opus.909470>.
- Ramachandran, A., Janakiraman, M. (2009). The relationship between working capital management efficiency and EBIT. *Managing Global Transitions: International Research Journal*, 7(1), 61-74.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2020). *Mobilya sektörü raporu 2020*. Sanayi Genel Müdürlüğü Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi. Erişim adresi: <https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/MobilyaSektorRaporu2020.pdf>
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). *Mobilya sektör raporu*. Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Mobilya%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf>
- TCMB (2023a). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Mobilya İmalat Sektör Bilançoları. Erişim tarihi: 01.10.2023. Erişim adresi: <https://www3.tcmb.gov.tr/sector/#/tr/C/31/mobilya-imalati>
- TCMB (2023b). Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Sektör Bilançoları Metaveri. Erişim tarihi: 17.10.2023. Erişim adresi: https://www3.tcmb.gov.tr/sector/dosyalar/menu/metadata_tr.pdf.
- Valipour, H., Jamshidi, A. (2012). Determining the optimal efficiency index of working capital management and its relationship with efficiency of assets in categorized industries: Evidence from Tehran Stock Exchange (TSE). *Advances in Management and Applied Economics*, 2(2), 191-209.
- Yousaf, M. (2022). Working capital management efficiency: a study of certified firms from the EFQM excellence model. *Financial Internet Quarterly*, 18(3), 21-34. <https://doi.org/10.2478/fiqf-2022-0017>

Poliüretan Köpük Esaslı Kavak Kompozit Panellerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Gülyaz AL^{1,*}, Deniz AYDEMİR², Kıvanç BAKIR³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çanakkale, Türkiye

²Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

³Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Bartın, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 10.09.2023

Kabul: 03.01.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz –Sandviç paneller günümüzde otomotiv, inşaat, uçak gibi pek çok sektörde tercih edilen bir malzemedir. Bunun yanı sıra izolasyon malzemesi olarak pek çok alanda kullanılmaktadır. Çalışmamızda özellikle izolasyon alanında kullanılmak amacıyla ısı iletimi düşük olan poliüretan ve yüksek direnç özelliklerine sahip ahşap materyalden hem hafif hem de kullanım alanında istenen sağlamlığa sahip levhalar üretmektir. Çalışmamızda kaplama malzemesi olarak kavak paneller, köpük olarak poliüretan köpük kullanılmıştır. 1 cm, 3 cm ve 5 cm kalınlıkta poliüretan köpüğe 5 mm kavak panel kaplama kullanılarak sandviç paneller hazırlanmıştır. Bu panellerin bazı mekanik özellikleri (eğilme direnci ve basınç direnci), ısı iletkenlikleri ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Fiziksel özelliklerden su alma ve kalınlığına şişme özelliğine bakılmıştır. Test sonuçlarına göre 5 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan sandviç panellerin su alma ve kalınlığına şişme oranlarının daha düşük olduğu yani suya dayanımlarının daha iyi olduğu görülmüştür. Isı iletim katsayısı en yüksek sandviç panel 5 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan olup en düşük ısı iletim katsayısına sahip panel ise 3 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan panellerdir. Buna göre yalıtkanlığı en iyi olan sandviç paneller 3 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanmış panellerdir. Mekanik test sonuçlarına bakıldığında ise mekanik olarak en iyi değerlerin genellikle 1 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanmış panellerde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Sandviç panel, poliüretan köpük, kavak kaplama, ısı iletkenliği, mekanik özellikler

Physical and Mechanical Properties of Polyurethane Foam Based Poplar Composite Panels

¹Canakkale Onsekiz Mart University, Vocational School of Technical Sciences, Çanakkale, Türkiye

²Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, Bartın, Türkiye

³Bartın University, Vocational School of Bartın, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 10.09.2023


Accepted: 03.01.2024


Published: 23.04.2024


Research Article

Abstract – Sandwich panels are preferred in many sectors, such as automotive, construction, and aircraft. In addition, it is used in many areas as an isolation material. We aim to produce boards that are both lightweight and have the desired durability in their field of use, made from polyurethane, which has low heat conduction, and wood material with high resistance properties, especially for use in isolation. In our study, poplar panels were used as coating materials and polyurethane foam was used as foam. Sandwich panels were prepared using 1 cm, 3 cm, and 5 cm thick polyurethane foam and 5 mm poplar panels. These panels' mechanical properties (bending and compressive strength), thermal conductivity, and physical properties were examined. Its ability to absorb water and swell to its thickness was investigated among its physical properties. The test results showed that the sandwich panels prepared with 5 cm thick polyurethane foam had lower water absorption and swelling rates, so their water resistance was better. The sandwich panel with the highest thermal conductivity coefficient is prepared with 5 cm thick polyurethane foam. The panel with the lowest heat conduction coefficient is prepared with 3 cm thick polyurethane foam. Accordingly, 3 cm thick polyurethane foam panels have the best insulation. It was concluded panels prepared with 1 cm thick polyurethane foam had the best mechanical values.

Keywords – Sandwich panels, polyurethane foam, poplar panel veneer, thermal conductivity, mechanical properties

¹  gulyaz@comu.edu.tr

²  denizaydemir@bartin.edu.tr

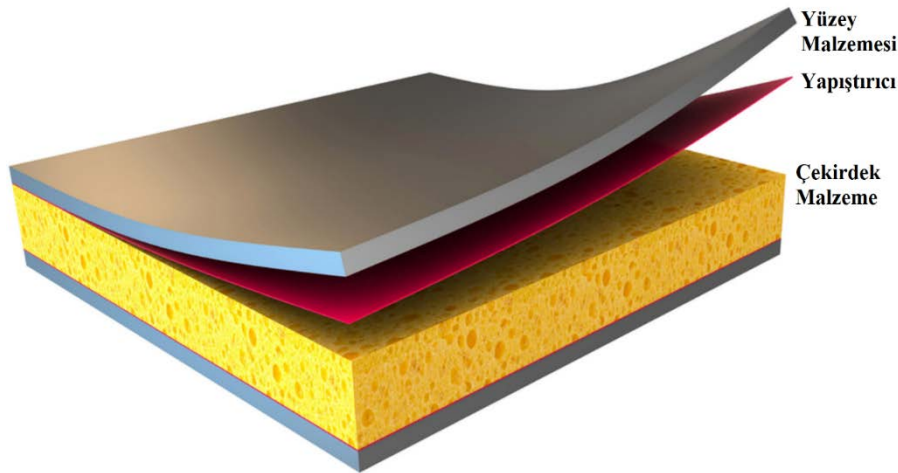
³  kivanc@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Tarihi olarak en eski çağlardan günümüze her türlü malzemenin yapımında kullanılmış olan odunun günümüzde, yeni teknolojilerin gelişmesiyle ve yeni materyallerin ortaya çıkmasıyla ahşap materyalin kullanımı azalmış olmasına karşın ahşap hala birçok sektör tarafından farklı amaçlar için kullanılan bir hammaddedir. Ahşap materyal biyolojik olarak devamlılığı olan bir materyal olup odun rutubetinde meydana gelen değişim, anizotropik şişme ve daralmayla birlikte meydana gelen higroskopik değişimler odunun kullanımında sıkıntılara neden olmaktadır (Aydemir ve Gündüz, 2009; Santos vd., 2021). Karmaşık bir yapıya sahip olan ahşabın bu özelliği ahşabın mekanik davranışları üzerinde etkili olmaktadır. Bunun yanı sıra hücre yapısı, bulundurduğu bileşenler ve miktarları da ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde birtakım değişikliklere neden olabilmektedir (Şirin ve Aydemir, 2016; Pareta vd., 2020). Hammadde olarak kullanılan ahşabın yukarıda bahsedilen bazı teknik dezavantajlarının yanı sıra ahşap materyale istenilen miktarlarda ulaşılabilmesinin de sınırlı olması bilim insanlarını ahşap ile birlikte kombine edilebilen yeni kompozit malzeme arayışlarına götürmektedir. Özellikle ısı ve ses izolasyonu amacıyla poliüretan köpük kullanılarak oluşturulan ahşap sandviç paneller yani köpüklü kompozit levhalar da bu alternatiflerden birisidir. Köpüklü kompozit levha; poliüretan (PUR) levhanın belirli kalınlıklardaki kontrplak tabakalarının arasında çeşitli birleştirme materyalleriyle soğuk preslenmesi sonucu bütün bir yapıya getirilmesiyle oluşmaktadır. Fiziksel durumları itibari ile sandviç malzeme ismi ile nitelendirilmekte ve bu yöntemle imal edilmektedirler (Somarathna vd., 2018; Güler ve Ulay, 2010). Poliüretan köpüğün kimyasal yapısı, temel üretan reaksiyonu bir izosiyanat grubu ve aktif bir hidrojene sahip olan bir bileşik arasında oluşmakta ve oluşan yapı bir köpük levha halini almaktadır (Pareta vd., 2020; Aydın ve Ekmekçi, 2002).

Sandviç paneller şekil 1’de görüldüğü gibi genellikle daha kalın bir çekirdeğe bağlanan iki ince yüzeyden meydana gelmektedir. Yüzeylerde kullanılan kaplamalar yüksek mukavemetli ve sağlam malzemelerdir. Çekirdek ise genellikle düşük ve orta derecede mukavemete ve sertliğe sahip sert bir köpükten meydana gelmektedir (Correia vd., 2012; Tuwair vd., 2015; Somarathna vd., 2018).



Şekil 1. Sandviç levha bileşenleri (Khan vd., 2020).

Gün geçtikçe ahşap levha ürünlerinde ürün çeşitliliği artmaktadır. Köpük yapıli kompozit (sandviç) malzemeler denizcilik, yat dizaynı, mobilya, iç dekorasyon ve diğler endüstri kollarında tercih edilmeye başlamıştır. Köpüklü ve petekli kompozitlerin diğler kompozit levhalara göre % 40-70 oranında daha hafif olup ihtiyaçlara göre özellikleri uygun hale getirilebilmektedir. Bunun yanı sıra rutubete karşı dirençli, kolay taşınabilir, geri dönüşümlü, ekolojik olmaları ve yüksek eğilme mukavemetine sahip olmaları avantajları arasında yer almaktadır (Ayrılmis vd., 2015; Güler ve Ulay, 2010; Ulay ve Güler, 2010).

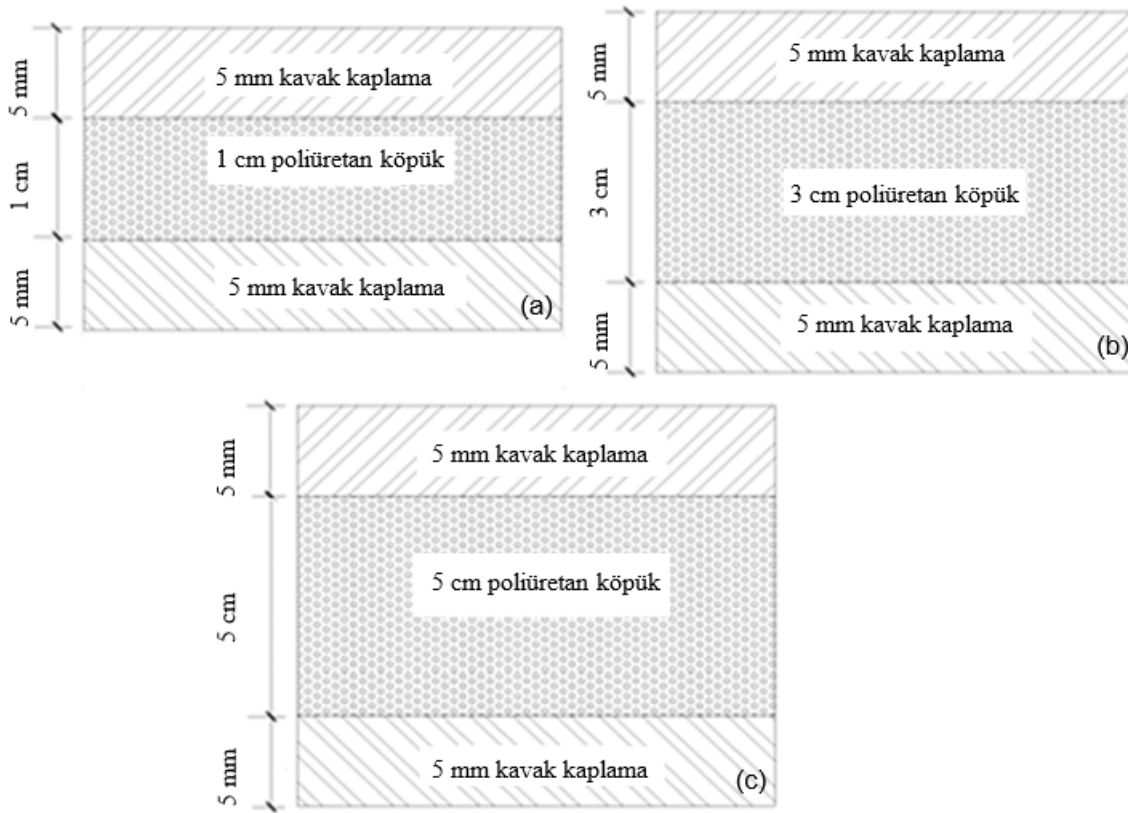
Correia vd., 2012 çalışmalarında PU (poliüretan) köpük ve PP (polipropilen) honeycomb üzerine GFRP (cam elyaf takviyeli polimer) kaplamalar kullanarak yapısal malzemeler alanında kullanılmak üzere hazırlamış

oldukları sandviç panellerin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Tuwair vd., 2015 çalışmalarında üç farklı kompozisyona sahip PU köpük üzerine GFRP kaplamalar kullanarak üretmiş oldukları sandviç panellerin mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Güler ve Ulay, 2010 çalışmalarında PU köpük üzerine okume ve kavak kontrplakları yapıştırarak sandviç paneller üretmiş ve bu panellerin mekaniksel özelliklerine ve yoğunluklarına bakmışlardır. Ulay ve Güler, 2010 çalışmalarında PU köpük ve PP honeycomb üzerine 3 tabakalı kontrol plak yapıştırarak sandviç paneller üretmiş, bu panellerin mekanik özelliklerini, su alma ve kalınlığına şişme özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışma literatürden farklı olarak 3 farklı kalınlıkta poliüretan köpük levaların (1 cm, 3 cm ve 5 cm kalınlıkta) alt ve üst tabakalarına 5 mm kalınlığında kavak kaplamalar yapıştırılarak oluşturulan 3 katlı lamine ahşap sandviç paneller, poliüretan esaslı tutkal yardımıyla birbirlerine bağlanmıştır. Elde edilen levhaların bazı fiziksel özellikleri ve ısı iletkenlikleri yanında mekanik dayanımları da araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmamızda ahşap malzeme olarak 5 mm kalınlıkta kavak kaplama (hava kurusu yoğunluk değeri 0.49 g/cm^3) ve poliüretan köpük ($0,1-0,2 \text{ g/cm}^3$) olarak da 3 farklı kalınlıkta (1 cm, 3 cm ve 5 cm kalınlıkta) poliüretan levhalar kullanılmıştır. Poliüretan köpük ve ahşap kaplamaları birleştirmek için piyasadan satın alınan Tekno markalı poliüretan esaslı tutkal kullanılmıştır. Tutkal oda sıcaklığında sıvı olan ve güçlü bağlanma sağlama kapasitesine sahiptir ve yüzeylere bir rulo yardımıyla uygulanmıştır. Piyasadan temin edilen bu materyaller aşağıda Şekil 2’de görüldüğü gibi sandviç panellerin üretiminde kullanılmıştır. Üretim sonrasında paneller 20°C ve %65 bağıl nemde bulunan bir kondisyonlanma kabini içinde 1 ay bekletilmiş ve örneklerin olabildiğince %12 rutubet oranlarına ulaşması sağlanmış ve %12’ye ulaşan numuneler üzerinde testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 5 mm kavak kaplamalar + 1 cm (a) / 3 cm (b) / 5 cm (c) poliüretan köpük panel yapıları.

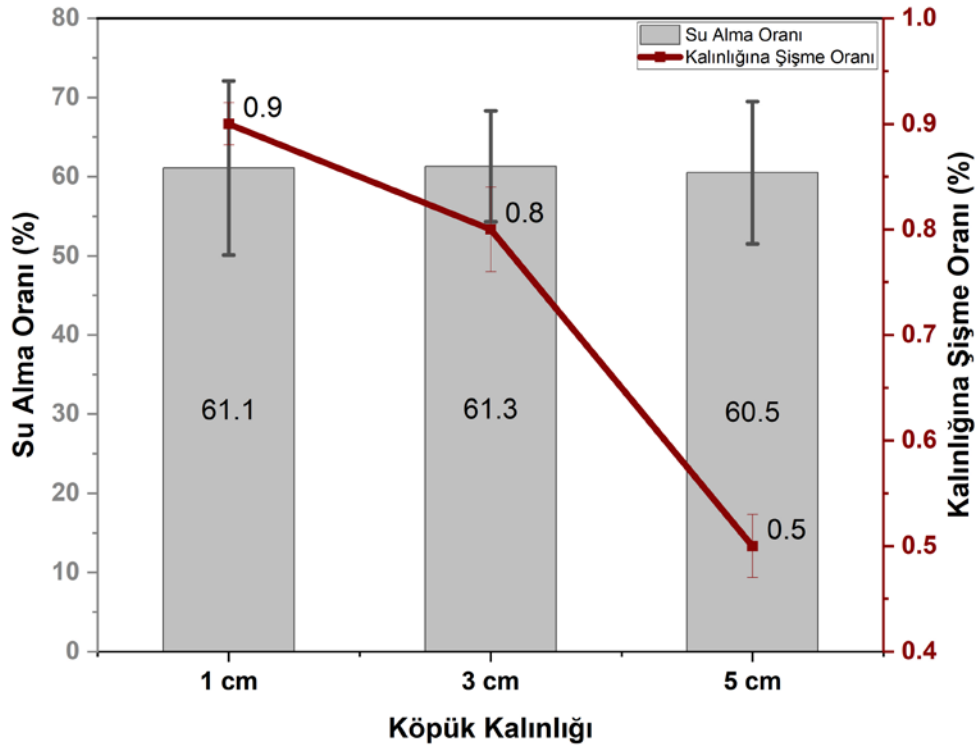
Oluşturulan bu sandviç panellerin dış ortamda kullanılmasında önemli bir özellik olan su alma ve kalınlığına şişme testleri yapılmıştır. Su alma ve kalınlığına şişme testleri ASTM D 1037 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Isıl iletkenlik testleri ise TS EN 12667 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme

ve eğilmede elastikiyet modülü testleri TS EN 310 standardına göre, basınç direnci ise ISO 13061-17 (2017) standardına göre yapılmıştır. Yapılan su alma-kalınlığına şişme testleri, ısı iletimi ve mekanik özellikler her bir levha grubu için 6 numune olacak şekilde yapılmıştır. Yapılan her test için istatistik analiz olarak tek yönlü ANOVA yapılmış ve gruplar arasındaki değişimlerin saptanmasında Duncan testi gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranı

Lamine ve sandviç gibi panel tiplerinde su alma ve kalınlığına şişme oranları birbirlerine yapışmış olan tabakaların arasındaki yapışmada meydana gelen bozulmayla ayrılmasına sebep olabilir ve bu durum bu tip panellerin tüm özellikleri üzerine büyük etkisi vardır. Özellikle ahşap malzemenin hidrofilik yapısı bu su alma ve kalınlığına şişmenin her hâlükârda olmasına sebep olacaktır fakat panellerin bütünlüğünün bozulmaması için belirli oranlarda kalması istenmektedir. Bu çalışmada da panellerin su alma ve kalınlığına şişme testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 3’te sunulmuştur. Su alma ve kalınlığına şişme değerlerindeki değişimin anlamlı olup olmadığı tek yönlü varyans analiziyle test edilmiştir ve p değeri 0.946 olarak belirlendiğinden (güvenirlilik değeri: $p \leq 0.05$) gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu sebeple hangi gruplar arasında fark olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi gerçekleştirilmemiştir. Buna sonuçlara rağmen 5 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan sandviç panellerin su alma ve genişleme oranlarının diğer panellerden daha düşük olduğu yani suya dayanımlarının daha iyi olduğu görülmüştür. En düşük dayanıma sahip malzeme ise 1 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan sandviç paneller olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Kompozitlerin su alma ve kalınlığına şişme oranları.

Mirski vd. (2019) ve (2022) yılında testere talaşı ve kabuk atıklarıyla yaptığı panelleri endüstriyel kontrplaklarla lamine ederek sandviç paneller üretmiştir. Panellerin hazırlanmasında melamin üre formaldehit tutkalı kullanılmış ve elde edilen sonuçlara göre saf masif göre sandviç panellerin su alma değerleri/kalınlık artışı araştırılmış ve su alma/kalınlık artışı oranlarının önemli oranda azaldığı saptanmıştır. Ayrıca Dukarska ve Mirski (2023) tarafından yapılan derleme çalışmada yapılarda sandviç panellerin performansı incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda sandviç panellerin masif panellere göre çok yüksek boyutsal kararlılığa sahip olduğu görülmüştür. Su alma oranlarının azaldığı bu durumda kalınlığına şişme değerlerini azaltacağı da görülmüştür. Sonuç olarak çalışmamızda da köpük kalınlığı arttıkça ahşap miktarı % olarak oranı azaldığı için

daha düşük su alma göstermiştir. Bu durum ne kadar istatistiksel olarak anlamsız olsa da ahşap oranının artmasının su alma ve kalınlığına şişme oranlarını artırabileceği söylenebilir.

3.2. Isıl İletkenlik Değeri

Sandviç panellerin su alma davranışları yanın da ısıl iletimi katsayıları da büyük önem taşımaktadır. Metot da belirtilen standarta göre yapılan ısı iletimi test sonuçları Şekil 4' de verilmiştir. Isı iletimi değerleri üzerinde yapılan ANOVA analizinde ise gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı sonuçlar bulunmuştur (Tablo 1). Yapılan Duncan test sonuçları da hangi gruplar arasında fark olduğunu göstermiştir (Tablo 2).

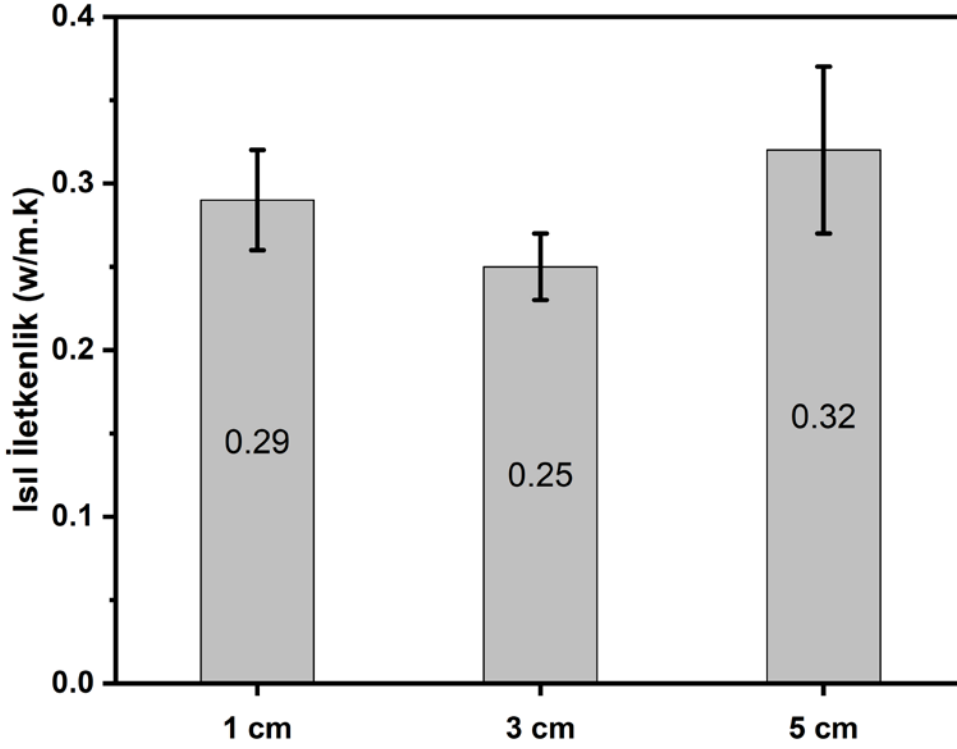
Tablo 1
Panellere ait tek yönlü varyans analizi.

p < 0,95	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Katsayısı
Gruplar Arasında	0,008	2	,004	10,704	,010
Grup İçinde	0,002	6	,000		
Toplam	0,010	8			

Tablo 2
Panellerin Duncan Test Sonuçları.

Duncan Testi	n	A	AB	C
5	5			0,32
1	5		0,29	
3	5	0,25		
Önem katsayısı				

Şekil 4'e bakıldığında, 5 mm kalınlığında köpük içeren paneller diğer panellere göre daha yüksek ısı iletimi göstermiştir. Buna karşın 1 mm ve 3 mm köpük kalınlığına sahip sandviç panellerin ısıl iletkenlik değerleri arasındaki fark çok fazla değildir. İstatistiki olarak da bakıldığında 1 ve 3 mm köpük kalınlığı olan panellerin ısı iletim katsayısı benzer işken 5 mm köpük içeren panellerin ısı iletim katsayıları farklı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, ısı iletim katsayısı en yüksek sandviç panel 5 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan sandviç panel olup en düşük ısı iletim katsayısına sahip panel ise 3 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanan sandviç panellerdir. Buna göre yalıtkanlığı en iyi olan sandviç paneller 3 cm kalınlıkta poliüretan köpükle hazırlanmış paneller olarak bulunmuştur. Buradan elde edilen verilere göre ısı iletim katsayısındaki bu değişikliklerin köpük morfolojisinin etkisinden kaynaklanabileceği söylenebilir. 1 mm kalınlıklı köpüklerin köpük yoğunluğunun ve hücre boyunun küçük olması ve 5 mm kalınlıklı köpüklerin hücre yoğunluğunun az olmasına karşın hücre boyutunun fazla olmasının da bu duruma sebep olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4. Kompozitlerin ısı iletimleri.

Literatüre bakıldığında benzer çalışmalara çok fazla rastlanmamasına rağmen bazı panellerin çeşitli termoset köpüklerle yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalardan birinde Yamsaengsung ve Sombatsompop (2008) yaptığı çalışmada köpük oranının artmasıyla genellikle ısı iletiminin azaldığını saptanmıştır. Ayrıca köpük hücre çaplarının ve morfolojisinin de ses iletimi üzerine etkisinin bulunduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra Shenton vd. (2002) ve Dweib vd. (2004)'nin yaptıkları çalışmada panellerin termal kararlılığı üzerinde köpüksü yapıların etkilerinin olduğunu saptanmıştır. Bu durum mekanik özellikleri düşürmektedir. Buna karşın izolasyon malzemeleri için çok yüksek mekanik performans istenmemektedir. Bu nedenle malzemelerde bunun olumlu bir durum olduğu belirlenmiştir. Ekici vd. (2012) yılında yaptığı çalışmada poliüretan köpüklerin çay yaprağıyla desteklenmesinin köpüklerin akustik özelliklerini iyileştirdiğini bulmuştur. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada köpük hücre yoğunluğu ve hücre boyutu yanında hücrenin açık ya da kapalı olmasının da ses iletimini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Carricho vd. 2017, Zhang vd. 2017, Soloveva vd. 2022). Bu bakımdan kullanılacak malzeme ve üretim yönteminin de ısı iletiminde önemli bir faktör olabileceğini sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen verilere göre, en düşük ısı iletiminin 3 mm kalınlığında köpük içeren panellerde olduğu söylenebilir.

3.3. Mekanik Özellikler

Köpük içeren sandviç panellerin su alma ve ısı iletimi yanında mekanik özellikleri de önemli bir rol almaktadır. Bu bağlamda köpük içeren panellerde metotta verilen ilgili standarda göre mekanik testler gerçekleştirilmiştir ve elde edilen veriler Tablo 4'te verilmiştir. Mekanik test sonuçlarına yapılan ANOVA test sonuçları panellerdeki değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ve farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan testi yapılmıştır. Analiz sonuçları ise her bir grubun değişimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (Tablo 2, 3, 4 ve 5).

Tablo 3

Basınç Direnci için panellerin tek yönlü varyans analizi.

p < 0,95	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Katsayısı
Gruplar Arasında	1056,1	2	528,1	63,7	0,00
Grup İçinde	99,5	12	8,3		
Toplam	1155,7	14			

Tablo 4

Eğilme Direnci için panellerin tek yönlü varyans analizi.

p < 0,95	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem Katsayısı
Gruplar Arasında	156,837	2	78,419	904,831	,000
Grup İçinde	1,040	12	,087		
Toplam	157,877	14			

Tablo 5' teki mekanik test sonuçlarına bakıldığında eğilme direncinin 1,2 ile 8,6 N/mm² arasında değiştiği görülmektedir. En düşük eğilme direnci 5 cm köpük içeren panellerde belirlenirken en yüksek eğilme direnci ise 1 cm kalınlıkta köpük içeren panellerde bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda ve literatürde bulunan sonuçlar ışığında bu durumun köpüğün hücre yapısından ve yoğunluğundan kaynaklandığı belirlenmiştir. Eğilmede elastikiyet modülünde de en yüksek (190.9 N/mm²) elastiklik modülü 1 cm köpük içeren panellerde en düşük (27.8 N/mm²) ise 3 cm köpük içeren panellerde olduğu bulunmuştur. Panellerin basınç direnci değerleri ise 21 ile 41,5 N/mm² arasında değiştiği görülmekle birlikte bu değişim trendinin elastikiyet modülüne benzer olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre en iyi mekanik özelliklere sahip sandviç paneller genellikle 1 cm kalınlıkta poliüretan köpük hazırlanmış sandviç panellerdir. Panellerde köpük kalınlığı arttıkça mekanik özellikler düşmüş ve uzama oranları azalmıştır. Bu durum panellerin köpük kalınlığının artmasıyla mekanik yük taşıma kapasitesinin düştüğünü göstermektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak 1 mm kalınlıkta köpük içeren panellerin mekanik olarak daha dirençli olduğu söylenebilir. Özellikle elastikiyet modülleri dikkate alındığında 1 mm kalınlıklı köpük içeren panellerin özellikle askıda kaldığı durumlarda daha yüksek elastikiyet gösterebileceği ve bu durumun bu tip panellerin kullanım süresinin daha uzun olabileceğini göstermektedir.

Tablo 5

Kompozitlerin mekanik özellikleri.

Köpük Kalınlığı (cm)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Fmax (N)	Deformasyon (mm)	E-Modül (N/mm ²)	Basınç Direnci (N/mm ²)
1 cm	8,6 (±0,3) C	528,8	43,8	190,9 (±14.2) C	41,5 (±3.1) C
3 cm	2,3 (±0,1) B	678,4	43,3	27,8 (±4.2) A	21 (±0,8) A
5 cm	1,2 (±0,1) A	875,6	31,9	47,6 (±8.4) B	30,6 (±1,2) B
p value	p ≤ 0.00			p ≤ 0.00	p ≤ 0.00

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle sandviç panellerin gerek yoğunluktaki azalma gerekse yapışma hattında meydana gelebilen hatalardan mekanik özelliklerinin düştüğü saptanmıştır. Somarathna vd. (2018) ve Mirski vd. (2019) yaptıkları çalışmada sandviç panellerin mekanik özelliklerinin düşük olmasına karşın genellikle istenen miktarlarda mekanik performans sergileyebildiklerini belirtmiştir. Ayrıca Nazerian vd. (2021) yaptığı çalışmada yüzeyde sert liflevha tabakası ve iç kısımda köpük malzemeyle yaptığı sandviç panellerin mekanik özelliklerini araştırmış ve elde edilen sonuçlar çok kriterli karar verme yöntemlerinden yüzey metodolojisi (RSM) ve yapay sinir ağı (ANN) ile panellerin mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar köpük materyali genellikle mekanik özellikleri düşürdüğü ve bu materyallerin dekorasyon

amaçlı kullanımının daha uygun olacağı ifade edilmiştir. Samali vd. (2019) yaptığı çalışmada da köpük içeren panellerin yapısal özellikleri üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında farklı köpük tiplerinin veya köpük yapısının değişmesinin panellerin yapısal özelliklerini olumlu olarak etkileyebileceği görülmüştür.

4. Sonuçlar

Sandviç panellerin üretiminde farklı paneller (alt ve üst yüzey) ve köpükler (orta tabaka) kullanılabilenekte olup bu malzemeler ihtiyaçlara uygun olarak hazırlanabilmektedir. Sandviç paneller düşük hafif, yüksek hasar toleransına sahip malzemelerdir ayrıca yüksek bir termal yalıtıma sahiptirler. Bu çalışmada farklı kalınlıkta poliüretan köpükler ahşap plakalarla lamine edilerek izolasyon amaçlı levhalar üretilmiştir. Levha üretiminde 5 mm kavak plakalar ve 1 cm, 3 cm ve 5 cm kalınlıkta poliüretan köpük materyaller kullanılmıştır. Panellerin eğilme direnci ve basınç direnci gibi bazı mekanik özellikleri, ısı iletkenlikleri ve yoğunluk ve su alma-kalınlığına şişme gibi fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen fiziksel özelliklere göre 5 cm kalınlıkta köpük içeren panellerin su alma ve kalınlığına şişme oranlarının daha düşük olduğu buna karşın ısı iletim katsayısının yüksek olduğu görülmüştür. En düşük ısı iletim katsayısı ise 3 cm kalınlıkta köpük içeren panellerde belirlenmiştir. Bu durumun köpük materyalin gerek hücre tipi gerekse hücre boyutlarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Panellerin mekanik test sonuçlarına göre en yüksek değerlerin genellikle 1 cm kalınlıkta köpük içeren olduğu sonucuna varılmıştır. Buradan masif ahşap kaplamalarla hazırlanan panellerin yük taşıma kabiliyetinin yeterli olmadığı buna karşın ısı izolasyon ya da dekoratif kullanım için alternatif bir materyal olabileceği belirlenmiştir. Sandviç paneller günümüzde otomotiv sanayinde, inşaat sektöründe, uçak ve uzay araçlarında, spor ekipmanlarında, savunma ve askeri uygulamalar gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu malzemeler hafif olup mukavemetleri yüksek malzemelerdir bu nedenle kullanım alanları sürekli genişlemektedir. Yıllar içerisinde ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen sandviç panellerin teknolojik gelişmelerle birlikte kullanım alanlarının artacağı düşünülmektedir.

Yazar Katkıları

Gülyaz AL: Veri toplamış ve makaleyi yazmıştır

Deniz AYDEMİR: Analizi planlamış ve tasarlamıştır.

Kıvanç BAKIR: Analizlerin yapılmasına ve makale yazımına yardım etmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Aydemir, D., Gündüz, G. (2009). Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 11(15), 61-70.
- Aydın, H., Ekmekçi, İ. (2002). Isı yalıtım malzemesi olarak poliüretan köpüğün fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretimi ve incelenmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 6(1), 45-50. <https://doi.org/10.16984/SAUFBED.04643>
- Ayrılmış, N., Ulay, G., Fatih Bağlı, E., Özkan, İ. (2015). Ahşap sandviç kompozit levhaların yapısı ve mobilya endüstrisinde kullanımı. *Journal of Forestry Faculty*, 15(1), 37-48.
- Carriço, C. S., Fraga, T., Carvalho, V. E., Pasa, V. M. (2017). Polyurethane foams for thermal insulation uses produced from castor oil and crude glycerol biopolyols. *Molecules*, 22(7), 1091.
- Correia, J. R., Garrido, M., Gonilha, J. A., Branco, F. A., Reis, L. G. (2012). GFRP Sandwich panels with PU foam and PP honeycomb cores for civil engineering structural applications. *International Journal of Structural Integrity*, 3(2), 127-147. <https://doi.org/10.1108/17579861211235165>
- Dukarska, D., Mirski, R. (2023). Wood-based materials in building. *Materials*, 16(8), 2987. <https://doi.org/10.3390/MA16082987>
- Dweib, M. A., Hu, B., O'Donnell, A., Shenton, H. W., Wool, R. P. (2004). All natural composite sandwich beams for structural applications. *Composite Structures*, 63(2), 147-157. [https://doi.org/10.1016/S0263-8223\(03\)00143-0](https://doi.org/10.1016/S0263-8223(03)00143-0)
- Ekici, B., Kentli, A., Küçük, H. (2012). Improving sound absorption property of polyurethane foams by adding tea-leaf fibers. *Archives of Acoustics*, 37(4), 515-520. <https://doi.org/10.2478/v10168-012-0052-1>

- Güler, C., Ulay, G. (2010). Köpüklü kompozit (sandviç) levhaların bazı teknolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A (2)*, 88-96.
- ISO 13061-17. (2017). Physical and Mechanical Properties of Wood—Test Methods for Small Clear Wood Specimens—Part 17: Determination of Ultimate Stress in Compression Parallel to Grain. International Organization for Standardization ISO Central Secretariat Chemin de Blandonnet 8 CP 401 - 1214 Vernier, Geneva, Switzerland.
- Khan, T., Acar, V., Aydın, M. R., Hülagü, B., Akbulut, H., Seydibeyoğlu, M. Ö. (2020). A review on recent advances in sandwich structures based on polyurethane foam cores. *Polymer Composites*, 41(6), 2355-2400. <https://doi.org/10.1002/PC.25543>
- Mirski, R., Derkowski, A., Dziurka, D., Dukarska, D., Czarnecki, R. (2019). Effects of a chipboard structure on its physical and mechanical properties. *Materials 2019*, Vol. 12, Page 3777, 12(22), 3777. <https://doi.org/10.3390/MA12223777>
- Mirski, R., Derkowski, A., Kawalerczyk, J., Dziurka, D., Walkiewicz, J. (2022). The Possibility of Using Pine Bark Particles in the Chipboard Manufacturing Process. *Materials 2022*, Vol. 15, Page 5731, 15(16), 5731. <https://doi.org/10.3390/MA15165731>
- Nazerian, M., Naderi, F., Partovinia, A., Papadopoulos, A. N., Younesi-Kordkheili, H. (2021). Modeling the bending strength of mdf faced, polyurethane foam-cored sandwich panels using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Forests 2021*, Vol. 12, Page 1514, 12(11), 1514. <https://doi.org/10.3390/F12111514>
- Pareta, A. S., Gupta, R., Panda, S. K. (2020). Experimental investigation on fly ash particulate reinforcement for property enhancement of PU foam core FRP sandwich composites. *Composites Science and Technology*, 195, 108207. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2020.108207>
- Samali, B., Nemati, S., Sharafi, P., Tahmoorian, F., Sanati, F. (2019). Structural performance of polyurethane foam-filled building composite panels: A State of the Art. *Journal of Composites Science 2019*, Vol. 3, Page 40, 3(2), 40. <https://doi.org/10.3390/JCS3020040>
- Santos, P., Correia, J. R., Godinho, L., Dias, A. M. P. G., Dias, A. (2021). Life cycle analysis of cross-insulated timber panels. *Structures*, 31, 1311-1324. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2020.12.008>
- Shenton, H. W., Wool, R. P., Hu, B., O'Donnell, A., Bonnaillie, L., Can, E., Chapas, R., Hong, C. (2002). An all-natural composite material roof system for residential construction. *Advances in Building Technology*, 255-262. <https://doi.org/10.1016/B978-008044100-9/50032-2>
- Soloveva, O. V., Solovev, S. A., Vankov, Y. V., Shakurova, R. Z. (2022). Experimental studies of the effective thermal conductivity of polyurethane foams with different morphologies. *Processes*, 10(11), 2257.
- Somarathna, H. M. C. C., Raman, S. N., Mohotti, D., Mutalib, A. A., Badri, K. H. (2018). The use of polyurethane for structural and infrastructural engineering applications: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 190, 995-1014. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.09.166>
- Şirin, G., Aydemir, D. (2016). Sonlu elemanlar metodunun ahşap malzemelerde kullanımına ilişkin bir araştırma. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 18(2), 205-212. <https://doi.org/10.24011/BAROFD.272971>
- Tuwair, H., Hopkins, M., Volz, J., ElGawady, M. A., Mohamed, M., Chandrashekhara, K., Birman, V. (2015). Evaluation of sandwich panels with various polyurethane foam-cores and ribs. *Composites Part B: Engineering*, 79, 262-276. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.04.023>
- Ulay, G., Güler, C. (2010). Köpüklü (poliüretan) ve petekli (honeycomb) kompozit lamine malzemelerin bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. *MYO-ÖS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*, 1-9. Düzce.
- Yamsaengsung, W., Sombatsompop, N. (2008). Foam characteristics, peel strength, and thermal conductivity for wood/NR and expanded EPDM laminates for roofing applications. *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 47(5), 967-985. <https://doi.org/10.1080/00222340802219206>
- Zhang, H., Fang, W. Z., Li, Y. M., Tao, W. Q. (2017). Experimental study of the thermal conductivity of polyurethane foams. *Applied Thermal Engineering*, 115, 528-538.

The Effect of Different Ambient Temperatures on the Adhesion Performance of Black Pine (*Pinus nigra*) Wood

Orhan KELLEÇİ¹, Süheyla Esin KÖKSAL^{2,*}

^{1,2} Bolu Abant İzzet Baysal University, Vocational School of Mudurnu Süreyya Astarci, Bolu, Türkiye

Article History

Received: 27.07.2023

Accepted: 20.12.2023

Published: 23.04.2024

Research Article



Abstract – In this study, the adhesion performance of wood glues was evaluated depending on temperature. Polyvinyl acetate (PVA) and poly urethane (PU) glue were used to adhere to the Black pine (*Pinus nigra*) wood samples. The adhesion performance of the samples was determined under three different temperature effects: below room temperature (4 °C), at room temperature (22 °C), and above room temperature (55 °C). After sticking, the samples were clamped with a hand vise and left to cure at three different temperatures. Lap shear strength (LSS), modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) analyses were performed for the mechanical characterization of the samples. According to the obtained results, the LSS (Load at Specified Strain) strength increased below and above room temperature. In contrast, the MOR (Modulus of Rupture) and MOE (Modulus of Elasticity) strengths decreased below and above room temperature. Thus, it was concluded that in addition to the adhesive strength varying with temperature, the direction of the force application also influences the strength. Especially in small workshops, the ambient temperature is greatly influenced by summer and winter conditions. This, in turn, affects the adhesive strength and the quality of the work for wood bonding. Supporting small and medium-sized enterprises (SMEs) with similar studies is essential to improve the quality of their work.

Keywords – Glue, timber, adhesion, wood mechanic, temperature

Farklı Ortam Sıcaklıklarının Karaçam (*Pinus nigra*) Odununun Yapışma Performansına Etkisi

^{1,2} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarci Meslek Yüksekokulu, Bolu, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 27.07.2023

Kabul: 20.12.2023


Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışmada, ahşap tutkallarının yapışma performansı, sıcaklığa bağlı olarak değerlendirilmiştir. Karaçam (*Pinus nigra*) odun örneklerinin yapıştırılmasında, polivinil asetat (PVA) ve poliüretan (PU) yapıştırıcıları kullanılmıştır. Numunelerin yapışma performansı, oda sıcaklığının altı (4 °C), oda sıcaklığı (22 °C) ve oda sıcaklığının üstü (55 °C) olmak üzere üç farklı sıcaklık etkisi altında belirlenmiştir. Yapıştırıldıktan sonra numuneler el mengenesi ile sıkıştırılarak üç farklı sıcaklıkta kürlenmeye bırakılmıştır. Numunelerin mekanik karakterizasyonu için makaslama çekme direnci (LSS-Load at Specified Strain), eğilme direnci (MOR- Modulus of Rupture) ve eğilmede elastikiyet modülü (MOE- Modulus of Elasticity) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, LSS direnci oda sıcaklığının altında ve üzerinde artış göstermiştir. Buna karşın, MOR ve MOE güçleri, oda sıcaklığının altında ve üzerinde azalmıştır. Böylece, sıcaklığa bağlı olarak değişen yapışma mukavemetinin yanı sıra kuvvet uygulama yönünün de mukavemeti etkilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle küçük atölyelerde ortam sıcaklığı yaz ve kış koşullarından büyük ölçüde etkilenir. Bu da ahşabın yapıştırılması için yapılan işin yapışma gücünü ve kalitesini etkiler. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ'ler) benzer çalışmalarla desteklenmesi, yaptıkları işin kalitesinin artırılması açısından önemlidir.

Anahtar kelimeler – Tutkal, kereste, yapıştırma, odun mekaniği, sıcaklık

¹  orhankelleci@ibu.edu.tr

²  esinkoksal@ibu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

After the trees are cut from the forest, they are converted into timber by cutting in the longitudinal and transverse directions (Lamb, 1998; Pirard et al., 2016; Ramage et al., 2017). The timber is reprocessed into small pieces for final use (Han et al., 2009; Susanty et al., 2020). These wooden parts are combined using various fasteners and techniques and transformed into finished products such as wooden structures, tools and furniture (Smardzewski, 2015; Ilgin and Karjalainen, 2021). Throughout history, various materials have been used to adhere the wood parts together such as rope and glues of animal or vegetable origin (Shields, 1985; Ülker, 2016).

Wooden material is preferred in furniture production due to its lightness, sound and heat insulation ability, and lack of corrosion (Kurtoğlu and Sofuoğlu, 2015). One of the most common forest trees in our country is the larch tree. In this study, black pine (*Pinus nigra* Arnold.) wood, which is frequently used in furniture and timber production, was preferred.

In recent years, synthetic wood glues have been developed to reduce costs, increase adhesion efficiency, and produce large quantities. In the wood industry, today, polyvinyl acetate (PVA) and poly urethane (PU) glues are the most used. Researchers frequently study these glues' performance. There are not many studies on the determination of the performance of wood glues under the effect of temperature. Some studies related to influence of temperature on the bonded wood reviewed below.

Kimeng et al. (2015) bonded *Funtumia africana* (Ire) wood using PVA and examined the adhesion performance at 0-30-40-50-70 and 100 °C. They reported that the compressive adhesion force decreased to 34.4 N/mm² at 0 °C, 41.2 N/mm² at 30 °C, and decreased above 30 °C. In another study, Clauss et al. (2011) investigated how the adhesion force was affected under thermal load by using PVA, PU and urea formaldehyde (UF) glues and *Fagus sylvatica* L. wood. They reported that LSS adhesion strength decreased as the temperature increased.

Obucina et al. (2015) studied *Fagus sylvatica* wood was glued under hot press using PVA glue and examined how the adhesion resistance was affected by temperature changes. As a result, they reported that the LSS strength increased with increasing pressing time and temperature. In another study, Tam et al. (2017) studied the adhesion performance of Carbon fiber-reinforced wood polymer (CFRP) at different temperatures using acoustic-laser technique and shear test analyses. As a result, they reported that adhesion was strong at low temperatures and that adhesion strength decreased as the temperature increased.

PVA emulsions are a type of thermoplastic polymer that has a glass transition temperature (T_g) close to room temperature. Even small changes in temperature near the T_g can significantly affect their mechanical properties such as modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE). This means that the quality of the bond is highly influenced by temperature (Motohashi et al., 1984). It is known that the physically hardened animal-based gluten glue and synthetic-based PVA emulsion glue soften again after the hardening of the temperature, and the adhesive bonds are dissolved (Altınok, 2002). It has been reported that when the temperature of the PVA emulsion glue wood joint is increased up to 60-80 °C, the hardened glue layer at the joint is dissolved (Corey et al., 1977). Altınok (2002) found that in the experimental samples glued with thermoplastic-based PVA and thermoset-based UF glues, the adhesion performance of wood samples decreases as the temperature of the holding environment increases.

At the interface between wood and glue, a certain amount of glue is required to penetrate into the microstructure of the wood (Frihart, 2009). Glue penetration partially affects bond strength. Insufficient penetration reduces the mechanical locking and performance of the glue. Excessive penetration creates a saturated interface and weakens adhesion (Hunt et al., 2018). Temperature is also an important variable that affects the adhesion performance of the glue. Temperatures of wood and ambient are the most important factors affecting production quality because temperature affects the glue adhesion quality.

In Northern Europe or Canada, it is recommended to perform wood adhesive applications at a standard temperature of 18 °C (EN 15497, 2014). Temperature-sensitive deformation is a distinct issue that holds significant importance in ensuring the safety of structural timber used beneath roofs in hot regions such as Mediterranean countries. These areas experience scorching under-roof temperatures during summer, which can soar up to 70 °C. Additionally, understanding the impact of temperature on structural behavior is crucial in the context of fire incidents. An increased amount of isocyanate in one-component polyurethane glues does give higher initial joint strength and lower creep at lower temperatures, namely up to 50 °C (Na et al., 2005).

Kollmann and Côté (1984) reported that cooled southern pine lumber wood improves MOR and MOE mechanical properties. According to Wang et al. (2015) concluded that temperature affects the performance of wood joints and shear strength decreases with temperature. Moussa et al. (2012) studied a low-temperature curing epoxy adhesive for carbon fiber-reinforced plastics for bridge constructions below 5 °C in the field. They concluded that the adhesive performance decreases with decreasing temperature. The curing temperature of adhesives significantly affects the mechanical properties (Moussa et al., 2012). LeBono et al. (2017) reported in their research that the adhesion performance decreases when the temperature decreases using acrylic adhesive. There is a European standard EN 15497 (2014) to ensure that the complete adhesive cure, which is a necessary safety condition in the production of wooden elements for bearing purposes, takes place within a certain period of time.

In this study, the mechanical characterizations of adhesives at temperatures below and above room temperature were investigated. Samples of PVA and PU adhesives were kept in a refrigerator at 4 °C for 24 hours to determine the adhesive strength in cold weather conditions. Additionally, samples were placed in an oven at 55 °C for 24 hours to determine the adhesive strength in hot weather conditions. Thus, it was aimed to determine the variations in adhesion strength of the adhesives at room temperature, below room temperature, and above room temperature.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

2.1.1 Wood Materials

Black pine (*Pinus nigra*) wood samples were used to determine the adhesion performance of glues under the three different ambient temperatures. The woods were purchased from the local market. The wood was cut with a circular saw according to TSE 326-1 (1999) analysis standards after the thickness calibration.

2.1.2 Adhesives

PVA and PU glues were used to prepare the analysis samples. PVA glue was one-component D3 (TS EN 204, 2017) glue. PU was polyurethane-based D4 (TS EN 204, 2017) glue. The glues were purchased from the local market. PVA is produced by the polymerization of coal, lime, water, and vinegar acid. A mixture of coke and lime is heated in the oven to obtain carbide (CaC_2). By spraying water on top of the superheated carbide, acetylene gas (C_2H_2) is released, and vinyl ester is formed from the combination of acetylene gas and vinegar acid (CH_3CCOH). PVA is also obtained by polymerization of vinyl ester molecules (Baltaci, 2011). Polyurethane adhesives are synthesized through the reaction of a low molecular weight polymer possessing at least two -OH end groups with a diisocyanate. The polymers utilized in this process may include polyether, aliphatic polyesters, or polybutadiene. In the case of two-component polyurethane adhesives, the polymer and isocyanate components are blended and subsequently applied to the adherends, wherein hydroxyl groups on surfaces like paper, wood, or glass have the potential to engage in covalent bonding with the isocyanate, establishing a robust connection between the adhesive and substrate (Comyn, 2021).

2.1.3 Preparation of samples

Initially, wood samples were cut as large parts by 350 mm x 100 mm x 10 mm dimensions because the modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) analysis samples were fairly small (300 mm x 20 mm x 20 mm). 200 g/m² glue was poured on the samples and spread over the surface by means of a sponge. Samples were compressed with a hand clamp. The samples were left to harden at 3 different ambient temperatures. The samples in Group 1 were kept at room temperature (22 °C), in Group 2 were kept in the refrigerator (4°C), and in Group 3 were kept in the oven (55 °C) for 24 hours to dry and harden. After the curing process, the analysis samples were cut again in the circular saw at the dimensions (300 mm x 20 mm x 20 mm) specified in the TSE and MOR samples were prepared. Lap shear strength (LSS) analysis samples were produced with similar logic. Initially, large samples of adhesion were prepared. The samples were kept for 24 hours in 3 different ambient conditions at room temperature (22 °C), refrigerator (4 °C), and oven (55 °C). After the curing time, samples were cut as LSS analysis samples in a circular saw, in the dimensions specified in the TSE standard. Prepared samples are given in Table 1.

Table 1
Curing time and ambient temperature of the samples

Sample code	Description	Ambient temperature (°C)	Curing time (hour)
PVA-R	PVA glue at room temperature	22	24
PVA-F	PVA glue at fridge temperature	4	24
PVA-O	PVA glue at oven temperature	55	24
PU-R	PU glue at room temperature	22	24
PU-F	PU glue at fridge temperature	4	24
PU-O	PU glue at oven temperature	55	24

2.2 Methods

Adhesion characterization of the samples was carried out by modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), and lap shear strength (LSS) analyses according to TS EN 310 (1999) and, TS EN 310 (1999), TS EN 205 (2017) standards, respectively. Nine samples were prepared for each analysis. 9 repetitions were made to demonstrate the similarity (repeatability) of the analysis data obtained and to ensure the accuracy of the standard deviation and variance analyses. To ensure the accuracy of the analysis results, the analyzes are performed at least 5-6 times in the same laboratory, by the same researcher, on the same device (Merey, 2023). LSS test sample and diagram were given in Figure 1. LSS was calculated according to equation 1. Analyzes were performed without being acclimatized because the adhesion performances of the glues at different ambient temperatures were to be evaluated. The samples were placed in the Zwick tester as soon as the curing process was completed at the end of the 24 hours. The results were analyzed using the SPSS software package. One-way ANOVA was used to determine whether there were significant differences between the results (at the significance level of $p < 0.05$). To find comparable groupings, Duncan's analysis was employed.

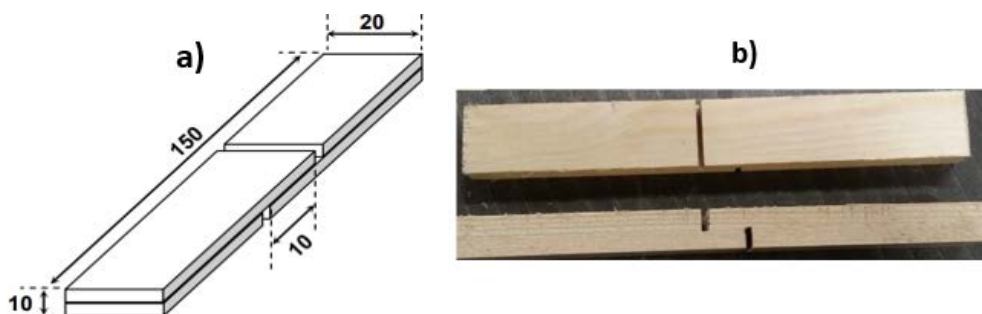


Figure 1. a) LSS diagram (dimension is mm), b) LSS test sample

$$LSS = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{a \times b} \quad (1)$$

LSS: Single lap shear strength

A: Overlapped bonded surface

a: Length of bonded surface

b: Width of bonded surface

Fmax: Maximum force

3. Results and Discussion

3.1 Adhesive sticking properties

The mechanical strength analysis results are given in Table 2. When examining the MOR (Modulus of Rupture) strength, it was observed that the strength decreased at temperatures below and above room temperature. The highest MOR strength was obtained from the adhesive cured at room temperature. The lowest MOR strength was obtained from PVA-O and PU-F.

When LSS strength was examined, the highest strength in each sample was obtained from the samples kept in the refrigerator. The MOE strengths of the samples were also similar to the MOR strengths. They decreased below and above room temperature.

Table 2

Analysis results

Glue	Sample Code	MOR (N/mm ²)	MOE (N/mm ²)	LSS (N/mm ²)
PVA	PVA-R	74,35 (±7)* c	28852 (±152) ab	4,3 (±1,3) a
	PVA-F	72,34 (±8) a**	24895 (±125) a	8,3 (±1,4) b
	PVA-O	65,63 (±8) bc	23395 (±132) ab	5,5 (±1,6) a
PU	PU-R	77,55 (±6) bc	28311 (±175) ab	4,9 (±0,8) a
	PU-F	54,83 (±13) bc	21765 (±136) ab	8,9 (±3,3) b
	PU-O	69,38 (±18) b	23764 (±127) b	5,1 (±1,9) a

*: Standard deviation in parenthesis, **: Duncan analysis groups

When Figure 2 was examined, it is observed that decreasing temperatures increased the adhesive (LSS) strength. The LSS analyses were conducted at room temperature, and it is also considered that room temperature or other temperature could influence the LSS strength. In other words, the room temperature during the analysis is thought to affect the sample temperature and may change the LSS resistance.

The aim of this study was to determine how wood joints made with PVA and PU in a workshop were affected by ambient temperature. For this purpose, samples were kept at 4 °C in a refrigerator to assess the effects of cold ambient conditions on wood joints made in the workshop during the winter season. Subsequently, the analyses were conducted at room temperature to represent the in-use behavior of wood joints made with PVA and PU adhesives in a cold workshop.

In conclusion, this study sheds light on the behavior of wood joints made in a cold workshop environment, especially for workshops without adequate heating during the winter season.

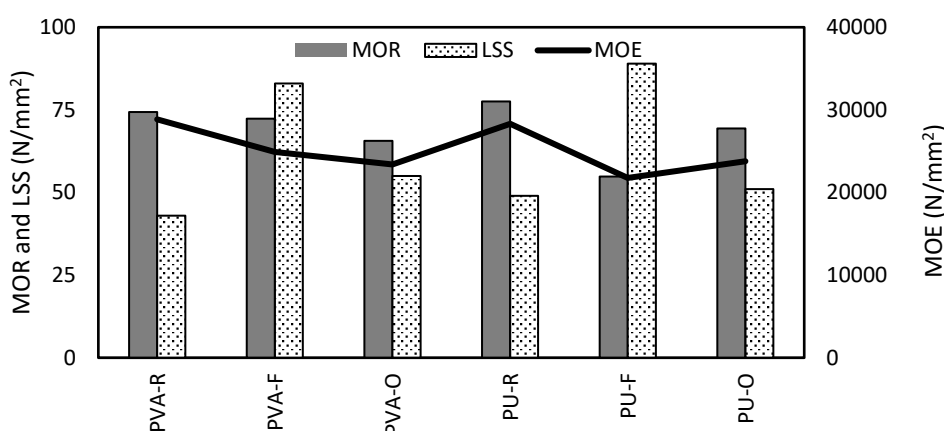


Figure 2. MOR, MOE, and LSS values of samples

Šedivka et al. (2015) examined the adhesion forces of 3 different PVA-based wood glues at different temperatures (between 20 and 140 degrees). After cooling the adhesion samples to the initial temperature, all tested samples complied with the minimum strength, i.e. 10 MPa. They reported that wood samples joined using PVA adhesives showed that the adhesion resistance increased over time. However, in our study, the adhesion strength of PVA glue to wood was examined at below room temperature, at room temperature and above room temperature.

In a study it was reported that the adhesives cured by temperature show shrinkage in the adhesion zone when the temperature reaches room temperature (Watts et al., 2002). Shrinkage can be 5 % in epoxy adhesives and 15 % in acrylic adhesives (Yu et al., 2014). In our study, curing does not occur with temperature. No hot press or temperature effect was used in the study. MOR and MOE properties of wood bonded slightly above and below room temperature (15-20 degrees) were examined. PVA and PU adhesives do not have a shrinkage issue by volume. Also, Coppendale (1977) reported that the shrinkage amount of adhesives cured at room temperature is negligible.

The adhesion strength of can be increased by mixing glues used at high temperatures (HTA) and low temperatures (LTA), but attention should be paid to the geometry and ratios between LTA and HTA for behavior on the adhesion surface composed of HTA (Hart-Smith, 1973). In our study, it is also believed that a combination of PVA and PU adhesives can be used to produce an adhesive that is resistant to both cold and hot conditions.

The hardening in the glue takes place purely physically, and when the temperature increases, the hardening time decreases. At room temperature, the minimum pressing time is 30 minutes. In hot pressing, a maximum temperature of 80 °C and a pressing time of 8–10 minutes are applied. At temperatures above 80 °C, the glue

dissolves and does not harden. After hot pressing, up to 50 °C, the work piece must remain tight in the press (Karaaslan, 2004; Ordu, 2007).

Thermal expansion affects the curing time of adhesives. Bal et al. (2012) studied the thermal expansion coefficients of solid wood and laminated wood materials made from beech, poplar, and eucalyptus. They found that poplar laminated wood had a higher thermal expansion coefficient in the tangential direction than solid wood, while there was no significant difference between solid wood and laminated wood materials in beech and eucalyptus. The study highlighted the importance of considering the specific wood species and construction materials when assessing thermal expansion properties.

Indeed, the prolonged durability of engineered wood flooring is crucial, especially considering the influence of heat and moisture fluctuations. Blanchet (2008) revealed that most adhesive, except for epoxy adhesive, demonstrated comparable performance. The utilization of epoxy adhesive resulted in notable inconsistencies and delamination in the structures.

4. Conclusions

This study investigated the relationship between ambient temperature variations and adhesive strength of PVA and PU adhesives using black pine wood samples. The mechanical characterization of the bonded samples was conducted through LSS (Lap shear strength), MOR (Modulus of Rupture), and MOE (Modulus of Elasticity) analyses.

According to the results obtained, it was found that even at temperatures below room temperature (4 °C), the LSS strength was close to the level at room temperature and above. Moreover, at temperatures above room temperature (55 °C), the LSS strength is higher. This trend is similar for both PVA and PU adhesives.

However, the MOR strengths of the samples differ from the LSS strengths. It was observed that there is a decrease in the MOR strengths of the adhesives at temperatures below and above room temperature. The change in MOR strength is consistent with the change in MOE strength.

In conclusion, the ambient temperature variations affected the adhesive strength, but the effect depend on the direction of the force. The adhesive strength against a force applied parallel to the surface (LSS) increases above and below room temperature, while the adhesive strength against a force applied perpendicular to the surface (MOR) decreases.

In summary, the study demonstrated that ambient temperature variations influence the adhesive strength of PVA and PU adhesives, but the direction of the force plays a role in determining how the adhesive strength changes with temperature. MOR and MOE are important parameters for wood products produced in small and medium-sized enterprises (SMEs). For this reason, the temperature of the production area should not be above or below room temperature. Therefore, necessary precautions should be taken to adjust the ambient temperature. Additionally, doors used for workshop entrances and exits should not be opposite each other. The fact that the doors are opposite each other causes air flow. This means that if the wooden material in the workshop is not stacked properly, it causes the wood to change size by shrinking and expanding. More research should be conducted in this area to improve the adhesive strengths of wood adhesives.

Authors contribution

Orhan Kelleci: Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Writing-original draft.
Süheyla Esin Köksal: Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Writing-original draft.

Conflict interests

The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

References

- Altınok, M. (2002). Ahşap tutkallı birleşmelerde yapışma performansına sıcaklık artışının etkileri. *Politeknik Dergisi*, 5(5), 341–345.
- Bal, B. C., Bektaş, I. and Ozdemir, F. (2012). Masif ve Lamine Ağaç Malzemelerin Isıl Genleşme Katsayıları Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 8(1), 77–83.
- Baltacı, B. (2011). *Karaçam odununun laminasyon özelliklerinin belirlenmesi* (Dissertation, Dumlupınar University). Dumlupınar University, Kütahya. Retrieved from <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/610285>
- Blanchet, P. (2008). Long-term performance of engineered wood flooring when exposed to temperature and humidity cycling. *Forest Products Journal*, 58(9), 37–44.
- Clauss, S., Joscak, M., Niemz, P. (2011). Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(1), 101–111. <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0411-4>
- Comyn, J. (2021). What are adhesives and sealants and how do they work? In *Adhesive Bonding* (pp. 41–78). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819954-1.00003-4>
- Coppendale, J. (1977). *The stress and failure analysis of structural adhesive joints* (Doctoral Dissertation). University of Bristol, Bristol.
- Corey, A., Draghetti, P., Fantl, J. (1977). *Polyvinyl Acetate Emulsions and Polyvinyl Alcohol for Adhesives*. Kollmann, F. and Côté, W. (1984). Principles of Wood Science and Technology. In *Solid Wood*; Springer. Newyork.
- EN 15497. (2014). *Structural finger jointed solid timber - performance requirements and minimum production requirements*. London.
- Frihart, C. R. (2009). Adhesive Groups and How They Relate to the Durability of Bonded Wood. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 23(4), 601–617. <https://doi.org/10.1163/156856108X379137>
- Han, X., Wen, Y., Kant, S. (2009). The global competitiveness of the Chinese wooden furniture industry. *Forest Policy and Economics*, 11(8), 561–569. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.07.006>
- Hart-Smith, L. (1973). *Adhesive-bonded single-lap joints*. USA. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19740005083/downloads/19740005083.pdf>
- Hunt, C., Frihart, C., Dunky, M., Rohumaa, A. (2018). Understanding wood bonds—going beyond what meets the eye: a critical review. *Reviews of Adhesion and Adhesives*, 6(4), 369–440. <https://doi.org/10.1002/9781119625322.ch8>
- Ilgın, H. E., Karjalainen, M. (2021). Preliminary Design Proposals for Dovetail Wood Board Elements in Multi-Story Building Construction. *Architecture*, 1(1), 56–68. <https://doi.org/10.3390/architecture1010006>
- Karaaslan, A. (2004). *Borla modifiye edilmiş bazı tutkalların kestane ağacının yapışma direncine etkileri* (Dissertation, , Institute of science). Institute of science, Kütahya. Retrieved from <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/611278>
- Kimeng, H. T., Olusegun, E. O., Okoli, O. G., Ango, A. J. (2015). Temperature Effects on Glue Performance and Compressive Strength of Glue Laminated Funtumia Africana. *International Journal of Advanced Research in Engineering*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.24178/ijare.2015.1.1.01>
- Kurtoğlu, A., Sofuoğlu, S. D. (2015). Mobilya ve ağaç işlerinde kullanılan ahşap malzemeler 1 : (Ağaç malzemelerin seçimi, işlenmesi, mobilya ve yapı elemanlarının üretiminde kullanılmaları, mobilya üretiminde kullanılan ağaç kökenli malzemeler) . *Mobilya Dekorasyon*, 22(118), 62–78.
- Lamb, D. (1998). Large-scale Ecological Restoration of Degraded Tropical Forest Lands: The Potential Role of Timber Plantations. *Restoration Ecology*, 6(3), 271–279. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1998.00632.x>
- LeBono, J., Barton, L., Birkett, M. (2017). Low temperature tensile lap-shear testing of adhesively bonded polyethylene pipe. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 74, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.12.003>
- Merey, G. (2023). *Aletli Analiz Yöntemleri Analiz Çeşitleri ve Temel Kavramlar*. Çorum.
- Motohashi, K., Tomita, B., Mizumachi, H., Sakaguchi, H. (1984). Temperature dependency of bond strength of polyvinyl acetate emulsion adhesives for wood. *Wood and Fiber Science*, 16(1), 72–85.

- Moussa, O., Vassilopoulos, A. P., Keller, T. (2012). Effects of low-temperature curing on physical behavior of cold-curing epoxy adhesives in bridge construction. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 32, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.09.001>
- Na, B., Pizzi, A., Delmotte, L., Lu, X. (2005). One-component polyurethane adhesives for green wood gluing: Structure and temperature-dependent creep. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(4), 1231–1243. <https://doi.org/10.1002/app.21529>
- Obucina, M., Gondzic, E., Manso, E. (2015). The Influence of Adhesion Temperature to the Shear Strength of Width Glued Wooden Elements. *Procedia Engineering*, 100, 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.374>
- Ordu, M. (2007). *Açık hava koşullarının ahşap malzemenin özelliklerine etkisi* (Dissertation, , Dumlupınar University). Dumlupınar University, Kütahya. Retrieved from <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/610960>
- Pirard, R., Secco, L., Warman, R. (2016). Do timber plantations contribute to forest conservation? *Environmental Science & Policy*, 57, 122–130.
- Ramage, M. H., Burrige, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., Scherman, O. (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333–359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- Šedivka, P., Bomba, J., Böhm, M., Boška, P. (2015). Influence of temperature on the strength of bonded joints. *BioResources*, 10(3), 3999–4010. *10(3), 3999–4010.*
- Shields, J. (1985). *Adhesives Handbook* (3rd ed.).
- Smardzewski, J. (2015). *Furniture Design*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19533-9>
- Susanty, A., Tjahjono, B., Sulistyani, R. E. (2020). An investigation into circular economy practices in the traditional wooden furniture industry. *Production Planning & Control*, 31(16), 1336–1348. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1707322>
- Tam, L., Zhou, A., Yu, Z., Qiu, Q., Lau, D. (2017). Understanding the effect of temperature on the interfacial behavior of CFRP-wood composite via molecular dynamics simulations. *Composites Part B: Engineering*, 109, 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.10.030>
- TS EN 204. (2017). *Classification of thermoplastic wood adhesives for non- structural applications*. Ankara.
- TS EN 205. (2017). *Adhesives - Wood adhesives for non-structural applications - Determination of tensile shear strength of lap joints*. Ankara.
- TSE. (1999). *Wood- Based panels- Sampling, cutting and inspection- Part 1: Sampling test pieces and expression of test results*. Ankara.
- TSE EN 310. (1999). *Ahşap esaslı levhalar-Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*. Ankara.
- Ülker, O. (2016). Wood adhesives and bonding theory. In A. Rudawska (Ed.), *Adhesives: Applications and Properties* (pp. 271–288). Intechopen.
- Wang, X., Hagman, O., Sundqvist, B., Ormarsson, S., Wan, H., Niemz, P. (2015). Impact of cold temperatures on the shear strength of Norway spruce joints glued with different adhesives. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(2), 225–233. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0882-4>
- Watts, D. C., Marouf, A. S., Heindl, D. (2002). New methods to directly measure adhesive stress and movement on glass. In A. E. Hatheway (Ed.), *International Symposium on Optical Science and Technology* (p. 19). Seattle, WA, United States: spiedigitallibrary. <https://doi.org/10.1117/12.482165>
- Yu, H., Adams, R. D., da Silva, L. F. M. (2014). Development of a torsion pendulum and its application to measuring the dynamic modulus of adhesives from pre-gelation to the cured state. *Measurement Science and Technology*, 25(5), 055603. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/25/5/055603>

Mobilya Sanayinde Fason Üretim: Ahşap Levha Ebatlamada Optimizasyon Örneği

Abdullah İSTEK^{1,*}, Hatice OĞUZ²

^{1,2}Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 21.06.2023

Kabul: 03.01.2024

Yayın: 23.04.2024

Araştırma Makalesi



Öz – Ahşap esaslı levhaların mobilya üretiminde etkili ve verimli kullanılabilmesi ve fire oranlarının azaltılarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla ebatlama işleminde optimizasyon programları kullanılmaktadır. Optimizasyon işlemleri hatalı kesimleri önlemekte ve ıskarta oranlarının azalmasına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, mobilya imalatında fason üretim yönteminin önemi, ahşap levha ebatlama işleminde optimizasyonun verim ve maliyet üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada üretimi planlanan dolap ölçülerinin 3 farklı boyutlu düz renkli ve desenli levha kullanılarak kesim optimizasyonu tasarlanarak levha boyutlarının ve rengin ebatlamada fire oranlarına ve maliyetlere etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm levha gruplarında düz renkli kullanımın daha ekonomik ve fire oranlarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Düz renk 2100x2800x18 mm ebatlı levha kullanımının diğer gruplardan daha uygun olduğu, desenli gruplarda ise 1830x3660x18 mm boyutlu levhaların daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tüm gruplarında desenli levhaların fire oranı düz renklilere göre daha fazla olduğu ve 1220x2800x18 mm levha maliyetlerinin diğer boyutlardan 1,7 katından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Mobilya üretimi, fason üretim, panel ebatlama, optimizasyon

Contract Manufacturing in the Furniture Industry: Optimization Example in Wood Board Sizing

^{1,2}Department of Forest Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 21.06.2023


Accepted: 03.01.2024


Published: 24.04.2024

Research Article

Abstract – Optimization programs are used in the sizing process to use wood-based panels effectively and efficiently in furniture production and to reduce production costs by reducing waste rates. This process also prevents erroneous cuts and contributes to reducing scrap rates. This study investigated the importance of the contract manufacturing method in furniture manufacturing and the effects of optimization in the wood board sizing process on efficiency and cost. In the study, the cutting optimization of the cabinet dimensions planned to be produced by using 3 different dimensions of solid colored and patterned panels was designed, and the effects of panel sizes and color on waste rates and costs in sizing were determined. According to the results obtained, it was concluded that using solid color in all plate groups was more economical, and the waste rates were low. It was concluded that using solid color 2100x2800x18 mm size boards is more appropriate than other groups, while in patterned groups, 1830x3660x18 mm size boards are more suitable. In addition, it was found that the waste rates of patterned boards were higher than those with solid colors in all groups and that the cost of 1220x2800x18 mm boards was more than 1.7 times higher than other dimensions.

Keywords – Furniture production, contract manufacturing, panel sizing, optimization

¹  aistek@bartin.edu.tr

²  haticekuru1905@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Gelişmişlik seviyesinin ölçümünde de kullanılan mobilya, moda uygun tasarlanan, konforlu, ergonomik endüstriyel bir üründür. Teknoloji ve tasarımı birlikte kullanarak, farklı tarz ve standartlara uygun üretilmektedir (ESA, 1997; Ateş, 2014; İstek ve Özlüsoylu 2021). Geleneksel mobilya yapım hammadde ahşap olmakla birlikte, plastik, metal vb. diğer ahşap dışı malzemeler de alternatif mobilya yapım hammaddeleridir (Ratnasingam, 2003). Kereste, yarı mamul ahşap malzeme ve ahşap panellerin ihtiyaç ve tasarıma uygun olarak plastik, metal ve montaj araçlarıyla birleştirilerek elde edilen, koruyucu, güzelleştirici üst yüzey işlemleri uygulanan ve/veya çeşitli tekstil, sentetik deri, sünger ve diğer tamamlayıcı gereçlerle döşenmesiyle üretilen, işlevsel ve estetik özelliklere sahip, sabit ya da hareketli, dayanıklı tüketim malzemelerine mobilya denir (TSE, 1985; Malkoçoğlu, 1989; Ceylan 2009). Mobilyalar konut, büro, otel, lokanta, okul gibi kullanım yerine uygun tasarımlar oluşturacak şekilde üretilmektedir; Özdemir, 1996; İstek ve Özlüsoylu 2021). Mobilya, zorunlu ve/veya lüks bir tüketim malzemeleri arasında yer almakta ve yaşam alanlarının vazgeçilmez, değiştirilebilir ürünler kategorisinde eskime, ihtiyaç, estetik kaygısı, moda eğilimi gibi nedenlerle değiştirilmektedir (Oğuz, 2021). Mobilya tasarımı ve imalatı kültürel yapı, tüketici talepleri, moda, yapım tekniği, üretim teknolojisi ve ergonomi dikkate alınarak yapılmaktadır. Mobilya kullanım, faydaları, fonksiyonelliği, beklentileri karşılama yeteneği, beğeni, yaşam biçimi, dokusu, rengi, tarzı gibi hususlar tasarım ve sanatla birleşerek ürüne dönüştürülmektedir (Engin, 2011; Oğuz, 2021; İstek ve Özlüsoylu 2021). Türkiye mobilya imalat sanayii genellikle çalışan sayısının 250 kişiden az olan mikro, küçük ve orta ölçekli (KOBİ) işletmelerde üretilmektedir. Ancak son on yıllarda kurulan orta ve büyük ölçekli işletmelerin sayısının artmasıyla birlikte ulusal çapta markalar oluşmuş iç ve dış pazarda yerini almıştır (İnal ve Toksarı, 2006; Şahin ve Serin 2018). Modüler mobilya, panel mobilya, masif mobilya, ev, ofis ve bahçe mobilyaları, okul, hastane, otel ve taşıt mobilyaları; gibi mobilya çeşitliliği yaygın olarak üretilmektedir (Serin vd., 2013; Serin vd., 2014; Oğuz 2021).

1960 yıllarında işçi grevleri mal ve hizmet üretiminin aksamasına, işin yetişmemesine, birçok işletmede üretim süreçlerinin aksamasına neden olmuştur. Ayrıca, bu dönemde ürün çeşitliliğinin artması ve takibinin zorlukları, farklı ürün istenmesi gibi nedenler kapitalist sistemde ihtiyaçları karşılanabilmesi amacıyla fason üretim modeli ortaya çıkmıştır (İstek ve Özlüsoylu 2021). Rekabetçi piyasa şartlarında bazı işletmelerin varlıklarını devam ettirmesi için üretimlerinin bir kısmını veya tümünü sipariş usulüyle yaptırmasına fason imalat (contract manufacturing) denir. Fason imalat organizasyonları işletmelerin birincil üretim yetenekleri dışında kalan, uzmanlaşmadığı üretim süreçlerini kısa sürede ve uygun maliyetle sağlaması veya hizmeti dışarıdan temin edebilmesi işlemleridir (Düren, 2000; Bolat ve Yılmaz 2006; Oğuz, 2021). Yapılacak işin niteliği açısından bir sakınca yoksa üretimin devredildiği kişiye veya şirkete “taşeron” (alt-işveren), imalat işine ise fason üretim denir (Karacaoğlu, 2001; Tutar vd., 2006). Kurulum ve/veya üretim maliyeti yüksek üretim hatlarında üretilecek ürünleri işletme dışı kaynaklarla (outsourcing) temin etmesi işlemine bağımlı üretim denir (Uzuner, 2020). Küreselleşme ve teknolojinin etkisiyle örgüt yapılarının karmaşıklaşması, artan rekabet koşulları, temel yetenek ve dış kaynak kullanımı kavramlarını ortaya çıkarmıştır (Yavaş, 2011; Kanzuk, 2017). İşletmede fason üretimin tercih nedenleri arasında maliyeti düşürmek, temel yeteneklere odaklanmak, performansı arttırmak, teknoloji kullanmak, riski azaltmak, yaymak, kaynakları etkin kullanmak, küçülme, esneklik ve rekabet gibi faktör gösterilmektedir (Kanzuk, 2017). Ayrıca işletmenin her işe hâkim olamaması veya yetiştirememesi de fason üretimin tercih sebeplerindendir (Ataman, 2002; Bolat ve Yılmaz, 2006). Türkiye’de mobilya imalatçıları tasarım, birleştirme, kaplama, iskelet, oyma, torna, boya, döşeme gibi farklı iş kollarının fason üretim yöntemiyle iş gücü, bilgi birikimi, donanım ve tecrübelerini birleştirdikleri belirtilmektedir (Oğuz, 2021). Türkiye’de fason üretim, ihracat seferberliğinin bir parçası olarak geliştiği ve 1980 öncesinde İstanbul’daki atölye sayısı 20 - 25 bin iken, 1985 yılında bu sayının 70 binde fazla olduğu belirtilmektedir (Koç, 2001). Günümüzde mobilya işletmeleri otomatik kontrol sistemleriyle donatılmış CNC gibi makinelerle hızlı, hatasız ve düşük maliyetlerle üretim yaparak ürün kalite ve niteliğini arttırmış, bu durum

pazarda ciddi bir rekabeti ortaya çıkarmıştır. Dünya mobilya imalatında, İsveç kullandığı teknolojiyle, İtalya tasarımlarıyla, Çin ucuz iş gücüyle söz sahibi ülkelerin başında yer almaktadır (Erdoğanaras ve Öndağ, 2018).

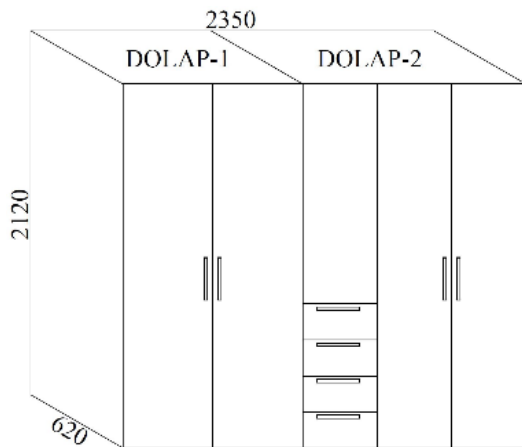
Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin kendi ülkesi dışında denizaşırı (offshore) veya komşu (nearshore) ülkelerde mal veya hizmet üretme işlemine uluslararası fason üretim denir (Schniederjans vd. 2005). Son yıllarda küreselleşmenin etkisiyle işçilik maliyetleri, transfer ücretleri, konum gibi faktörler Türkiye'nin uluslararası fason üretim merkezlerinden biri haline getirmiştir. İşletmelerin rekabetçi piyasa koşullarında yüklü sipariş taleplerini karşılamak için kapasite üstü üretimleri fason üretim yöntemiyle yerine getirmektedir. Büyük işletmelerin devamlı olmayan veya az miktarda ürün taleplerini karşılamak amacıyla kendi iş üretim akışını bozmadan işi fason işletmelere yaptırmasına marjinal fason üretim (Özbilgi, 2001), fason üretim yapan firmanın ucuz iş gücü, makina, mekân vs. gibi düşük maliyetli üretim imkânlarını yapılan üretime maliyetine fason üretim, ürünlerin bazı kısım veya parçalarını o işte uzmanlaşmış işletmelere yaptırmasına ise uzmanlaşmış fason üretim denir (Arslan, 1987; Özbilgi, 2001; Oğuz, 2021).

İşletmeler ürün taleplerini karşılamak amacıyla yeterli veya hattı olmayan üretimleri veya uzmanlığı dışında kalan çizim, tasarım, mühendislik, marangozluk, ustalık gibi konularda fason üretimden faydalanmaktadır (İstek ve Özlüsoylu 2021). Son on yıllarda dünyadaki ekonomik kriz tüm şirketleri ve özellikle Küçük ve Orta Ölçekli (KOBİ) işletmeleri yeni pazarlara girmeye, küresel rekabet güçlerini ve yeteneklerini artırmaya zorlamaktadır. Oteller, restoranlar ve perakende mağazaları gibi büyük ölçekli binalar için ürün ve hizmet tedarikini ifade eden sözleşmeli mobilyalar (fason üretim), gelecek vaat etmektedir (Mengoni vd. 2016). Türkiye'de mobilya imalatının ucuz işçi, ucuz hammadde, maliyet avantajı, düzensiz talebi karşılama ve ihtisaslaşma nedenleriyle, Avrupalı firmalara fason üretim yapmakta ve sektör bazında Avrupa'nın fason üretim üssü haline gelmekte olduğu vurgulanmaktadır (Ceylan, 2009; Öztürk, 2009).

Günümüz mobilya imalatında birçok mamul ve yarı mamul üretim fason olarak yapılmakta veya temin edilmektedir. Fason üretimde ahşap levhaların boyutlandırma ve kesim işlemleri optimizasyon programları yardımıyla planlanmakta ve uygulanmaktadır. Bu çalışmanın amacı mobilya üretiminde kullanılan ahşap esaslı levhaların ebatlama işleminde optimizasyonun hammadde fire oranı üzerine etkisini araştırılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek ebatlamada optimizasyon programlarının kullanılmasının önemi belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada üretimi planlanan elbise dolabı örnek kesim planı için hammadde olarak düz ve desenli 1220x2800x18mm, 2100x2800x18 mm ve 1830x3660x18 mm boyutlarında yonga levha kullanılmıştır. Dolap çizimi "Autocad" programıyla, ebatlama işlemi CAD tabanlı "Biese Optiplanning" programıyla yapılmıştır.



Şekil 1. Optimizasyonu yapılan dolap boyutları

Üretimi planlanan 2120x2350x620 mm boyutlu 2 kısımdan oluşan dolabın (Şekil 1) parça sayısı ve ölçüleri hesaplanarak 3 farklı boyuttaki düz ve desenli levhaların kesim planı Optiplanning programıyla hazırlanmıştır.

Levhaların optimizasyon işlemi sonrası kesim işlemi CNC Router makinesiyle yapılmış, meydana gelen kayıplar dikkate alınarak kullanılan levha ebatları ve kesim maliyetlerine göre verim hesaplanmıştır. Kesimi planlanan levha boyutları ile levhaların düz ve desenli renklerde olması durumlarının verim ve maliyetler üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Deney örneği dolap 2 kısımdan oluşmakta olup parça isimleri ve boyutları Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1

Optimizasyonu ve verim değerlendirmesi yapılan dolap parça boyutları

Ürün adı	Açıklama	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Adet	Ürün adı	Açıklama	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Adet
Dolap 1	Sağ tabla	2.090	600	1	Dolap 2	Sabit raf	600	1014	2
Dolap 1	Üst tabla	1.300	620	1	Dolap 2	Arka bölme	1014	290	1
Dolap 1	Alt tabla	1264	588	1	Dolap 2	Taç	1050	200	1
Dolap 1	Orta dikme	1990	580	1	Dolap köşe	Sol tabla	2090	600	1
Dolap 1	Sabit raf	840	580	2	Dolap köşe	Sağ tabla	2090	600	1
Dolap 1	Seyyar raf	840	580	2	Dolap köşe	Alt tabla	814	814	1
Dolap 1	Çek. üst raf	406	580	1	Dolap köşe	Üst tabla	850	850	1
Dolap 1	Çek. yan	450	130	8	Dolap köşe	Üst taç	330	330	1
Dolap 1	Çek. arka	344	130	4	Dolap köşe	Arka tabla	2090	832	1
Dolap 1	Üst taç	1300	200	1	Dolap köşe	Arka tabla2	814	2090	1
Dolap 2	Sol tabla	2090	600	1	Dolap	Kapak	2090	431	4
Dolap 2	Sağ tabla	2090	600	1	Dolap	Kapak	1250	431	1
Dolap 2	Üst tabla	620	1050	1	Dolap	Çek. ön	248	431	1
Dolap 2	Alt tabla	1014	600	1	Dolap	Çek. ön	180	431	3
Toplam parça sayısı									46

Tablo 1’de gösterilen parça ölçü listesine göre veriler optimizasyon programına girildi ve program yardımıyla levha boyutu ve desenine göre desen yönünün önemli olduğu parçalar dikkate alınarak hesaplamalar yapıldı, en uygun kesim örnek planları hazırlandı. Veriler CNC Router kesme makinesine gönderilerek kesim işlemi yapıldı. Çalışmamızda, kesimi yapılan levha kenarlarının tıraşlama (trim) işlemi 5 mm olacak şekilde ayarlandı. Hammadde olarak kullanılan farklı boyut ve desende her bir levha tipinde ebatlama planına göre fire oranları ve kesim verimleri ilgili optimizasyon programı yardımıyla hesaplanarak levha boyutu ve desenin etkisi belirlendi.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda örnek dolap üretimine uygun parça boyutları (Tablo 1) dikkate alınarak 220x2800x18 mm, 2100x2800x18 mm ve 1830x3660x18 mm boyutlarında düz (desensiz) ve desenli renkli 6 farklı yonga levha kullanılarak ebatlama işlemi ilgili optimizasyon programıyla tasarlanarak levha maliyetine bağlı olarak parça başı maliyet, toplam maliyet, verim ve toplam verim hesaplanmıştır. Hammadde levha maliyetine göre (boyut-desen) çalışmanın yapıldığı tarihteki güncel fiyatlar (1\$=6,623TL) dikkate alınarak parça başı birim maliyet (TL) ve verim (%) sonuçları hesaplanarak Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Kesim optimizasyonunda levha boyutu, düz ve desenli renk değişiminin maliyet ve verim üzerine etkileri

1220x2800x18 mm								
	Adet		Parça yüzey alanı (m ²)		Maliyet (TL)		Verim (%)	
	Düz	Desenli	Düz	Desenli	Düz	Desenli	Düz	Desenli
Levhalar	10	11	34,16	37,58	2650,00	3080,00	100	100
Parçalar	46	46	25,71	25,71	1994,83	2107,75	75,28	68,43
Tekrar kullanılacak	8	9	5,30	7,74	411	634	15,51	20,61
Talaş/toz	-	-	0,60	0,59	46,32	48,07	1,75	1,56
Düzeltilme kesimleri	-	-	0,40	0,44	31,11	36,16	1,17	1,17
Iskartaya/atık	-	-	2,15	3,09	166,70	253,36	6,29	8,23
Toplam kayıp/fire	-	-	3,15	4,12	244,12	337,58	9,21	10,9
Etkinlik	-	-	31,01	33,46	2405,88	2742,42	90,79	89,01
2100x2800x18 mm								
Levhalar	5	6	29,40	35,28	900,00	1200,00	100	100
Parçalar	46	46	25,71	25,71	787,18	874,64	87,46	72,89
Tekrar kullanılacak	1	9	1,78	6,44	54,51	219,11	6,06	18,26
Talaş/toz	-	-	0,46	0,54	14,07	18,47	1,56	1,54
Düzeltilme kesimleri	-	-	0,24	0,29	7,48	9,98	0,83	0,83
Iskartaya/atık	-	-	1,20	2,29	36,76	77,79	4,08	6,48
Toplam kayıp/fire	-	-	1,90	3,12	58,31	106,25	6,48	8,85
Kullanım Etkinliği	-	-	27,5	32,16	841,69	1093,75	93,52	91,15
1830x3660x18 mm								
Levhalar	5	5	33,49	33,49	1020,00	1135,00	100	100
Parçalar	46	46	25,71	25,71	783,21	871,51	76,78	76,78
Tekrar kullanılacak	4	5	5,76	4,81	175,32	163,11	17,19	14,37
Talaş/toz	-	-	0,50	0,51	15,36	17,15	1,51	1,51
Düzeltilme kesimleri	-	-	0,27	0,27	8,35	9,29	0,82	0,82
Iskartaya/atık	-	-	1,24	2,19	37,77	73,91	3,70	6,51
Toplam kayıp/fire	-	-	2,02	2,96	61,47	100,38	6,03	8,84
Etkinlik	-	-	31,47	30,53	958,53	1034,62	93,97	91,16

Araştırmada üretilen dolap parça sayısı kesim optimizasyon sonucuna göre tasarlanan 1220x2800x18 mm boyutlu düz renkli levha 10 adet levhaya ihtiyaç duyulurken, desenli renkli levhalarda 11 adet levhaya gerek duyulduğu, toplam kayıp oranlarının düz renkli levhalarda %9,21 desenli renkli levhalarda %10,9 olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte düz renkli tüm parça maliyetinin 1994,83 TL desenli levha kullanımında ise 2107,75 TL olarak hesaplanmış, tekrar kullanılacak parça sayısının desenli levhalarda 9 adet, düz renkli levhalarda ise 8 adet olduğu anlaşılmıştır.

2100x2800x18 mm boyutlu 5 adet düz renkli, 6 adet desenli levha kullanımının örnek dolap üretimi için yeterli olduğu, toplam kesim kayıp oranlarının düz renkli levhalarda %6,48, desenli renkli levhalarda %8,85 olarak belirlenmiştir. Bu levhaların kesim sonrası tekrar kullanılacak parça sayısının desenli levhalarda 9 adet, düz renkli levhalarda ise 1 adet olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte 2100x2800x18 mm boyutlu düz levha optimizasyonunda toplam parça maliyetinin 787,18 TL, toplam maliyet kaybının 58,31 TL, desenli renkli levhalarda ise toplam parça maliyetinin 874,64TL, toplam maliyet kaybının 106,25 TL olarak hesaplanmıştır.

1830x3660x18 mm boyutlu 5'er adet düz ve desenli levha yeterli olduğu, toplam kesim verim kayıp oranlarının düz renkli levhalarda %6,03, desenli renkli levhalarda %8,84 olarak hesaplandığı, tekrar kullanılacak parça sayısının düz renkli levhalarda 4, desenli levhalarda 5 adet olduğu görülmüştür. Bu levha boyutunda düz

levhalar için toplam parça maliyetinin 783,21 TL, toplam maliyet kaybının 67,42 TL, desenli renkli levhalarda ise toplam parça maliyetinin 871,51 TL, toplam maliyet kaybının 100,38 TL olarak hesaplanmıştır.

Tüm levha boyutlarında desenli levhalar için toplam parça maliyetinin düz renkli levha kullanımına göre daha yüksel olduğu belirlenmiştir. Bu durumun kesimde toplam verim kayıplarına da yansıdığı, dolayısıyla desenli renkli levhalarda desen önü dikkate alınarak kesim yapıldığından düz renkli levhalara göre daha yüksek verim kaybına neden olduğu belirlenmiştir. Levha boyut değişiminin düz ve desenli levha kullanımına göre parça maliyetlerini çok daha fazla arttırdığı sonucuna varılmıştır. Araştırmada karşılaştırması yapılan farklı boyut ve desen etkileri dikkate alındığında daha uygun olan kullanımın 1830x3660x18 mm boyutlu düz renkli levhalar elde edilmiştir. Bu levha gurubunda toplam parça maliyetleri, toplam verim kayıpları ve toplam maliyet kayıplarının diğer levha guruplarından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak Tablo 2’de görüldüğü üzere desenli renkli levha gruplarında ıskarta/atık oranı ve toplam kayıp oranlarının düz renkli levhalara göre daha yüksek olduğu, parça veriminin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun desenli levha kullanımlarında desen yönünün etkisinden kaynaklandığı, dolayısıyla desen yönünün parça üretim maliyetini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ancak desen yönünün önemli olmadığı üretimlerde aynı boyutlu levha kullanımında düz veya desenli renkli levha kesim tasarımları (similasyon) aynı olacağından kesim maliyetleri ve ıskarta oranları değişmeyecektir. Bu durumda üretim maliyetleri üzerinde düz veya desenli renkli levha maliyet farkları belirleyici etken olmayacağı, sadece desen farkı maliyetinin etkili olacağı değerlendirilmiştir. Ayrıca böyle üretimlerde levha boyutlarının değişimi maliyetler üzerinde daha etkili olacağı görülmüştür. Desenin veya levha yönünün önemli olduğu üretimlerde optimizasyon tasarımlarında maliyetlerin ve fire oranlarının arttığı görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Mobilya imalatında ebatlamada optimizasyon programları kullanılarak hammadde zayıat azaltılarak, minimum zayıatla üretim gerçekleştirilmektedir. Fason üretimde yöntemiyle mobilya üretiminde panel boyutlandırma ve kesim işlemlerinde fire olarak tabir edilen ölçüler dışında kalan kesim parçaları başka bir üretimde kullanılmaktadır. Bu durum fason üretim maliyetlerini kısmen düşmesine katkı sağlamaktadır. Üretiminde kullanılan yonga ve lif levha panellerin ebat ve desenleri fire miktarını etkilediğinden üretilecek ürünün maliyetlerini de etkilemektedir. Genellikle işletmelerde optimizasyon programı kullanılmasına rağmen üretilecek ürün çeşidine bakılmaksızın stoklarda mevcut olan panel ebatlarına göre üretim yapılmaktadır. Oysa üretilecek parça boyutuna göre farklı boyutlardaki levhalar kullanılmasında verim değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan dolap üretimi örneğinde bu durum verilerle ortaya konarak levha boyutunun verim ve maliyet üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Aynı ölçülerdeki parçaların 3 farklı ebatta düz ve desenli renkler için kesimde oluşan verim kaybı ve fire oranlarındaki değişimler ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre örnek dolap üretiminde 1220x2800x18 mm boyutlu 10 adet düz renkli, 11 adet desenli levha kullanılmıştır. Bu ebatlardaki panellerin etkin kullanım verimleri düz renkliler için %90,79, desenlilerde ise %89,01 olduğu belirlenmiştir. Kesim sırasında oluşan talaş miktarının düz ve desenli levhalarda aynı oranlarda olduğu görülmüştür. Dolap üretiminde kullanılacak tüm levha parça maliyetinin diğer levha boyutlarına göre oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Toplam parça maliyetleri karşılaştırıldığında 1220x2800x18 mm boyutlu levhaların 1830x3660x18 mm boyutlu levhalara göre %171,37 ve 2100x2800x18 mm boyutlu panellere göre ise %194,44 daha yüksek olduğu hesaplanmış. Dolayısıyla hammadde olarak kullanılan levha boyutlarının azalması üretim maliyetini artırmaktadır. Bununla birlikte, 2100x2800x18 mm boyutlu levha optimizasyonunda 5 adet düz renkli, 6 adet desenli levhaya ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir. Bu boyutlarda kesim veriminin düz renklilerde %93,52 ve desenli levhalarda %91,15 olduğu hesaplanmıştır. Desenli levha kullanımında 1830x3660x18 mm boyutlu levhaların diğer boyutlu desenli levhala boyutlarına göre maliyetinin daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışmada üretimi planlanan dolap örneğinin farklı boyutlardaki panellerin kullanılarak yapılan optimizasyonu ve kesim modelleri incelendiğinde 1220x2800x18mm düz renkli 10 adet, desenli 11 adet, 2100x2800x18 mm boyutlu düz renkli levhalardan 5 adet, desenli 6 adet ve 1830x3660x18 mm boyutlu düz ve desenli 5'er adet levhaya gerek duyulduğu belirlenmiştir. Levha boyutları büyüdükçe maliyetlerin arttığı, ancak kullanılan levha sayısının azalması nedeniyle birim maliyetlerin düştüğü görülmüştür. Her üç boyutta düz renkli levhaların fire oranlarının desenli levhalardan daha düşük olduğu, dolayısıyla kesim veriminin yüksek olduğu ve parça maliyetlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Desenli kesimlerde düz kesimlere göre fire oranının daha fazla olduğu, parça maliyetlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hem düz hem de desenli kesimler için 1220x2800x18 mm levha boyutunun diğer iki boyutta levha kullanımına göre daha yüksek maliyet ve fire oranları oluşturduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ışığında fire oranları dikkate alındığında düz renklerde 2100x2800x18 mm boyutlu levhaların üretim maliyetlerinin diğerlerinden daha uygun olduğu, desenli levha kullanımında ise 1830x3660x18 cm boyutlu levhaların kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak elde edilen verilere göre panel desen ve boyutunun üretilecek ürünün maliyeti üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aşağıdaki hususlar dikkate alınması önerilmektedir.

- Mobilya üretiminde levha kesim işlemlerinin optimizasyon programı ile yapılması verim kayıplarını azaltacaktır.
- Optimizasyon işlemi tüm panel ebatları için tasarlanmalı ve elde edilen sonuçlar dikkate alınarak değerlendirilmeli, düşük maliyet ve fire oranlı levha ebatları seçilmelidir.
- Optimizasyon sonuçlarıyla birlikte parça alanına üzerinde birim levha maliyetleri de hesaplanarak kesimde kullanılacak levha boyutu belirlenmesinde dikkate alınmalıdır.
- Düz renkli levha kullanımı desenli levha kullanımına göre daha düşük fire ve maliyetli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.
- Eğer optimizasyon imkanı bulunmuyor veya farklı boyutlu levha teminin mümkün değilse daima daha büyük boyutlu levhalar tercih edilmelidir.

Yazar Katkıları

Abdullah İSTEK: Çalışma konusunun seçimi, sonuçların değerlendirilmesi ve makale yazımı

Hatice OĞUZ: Deney çalışmalarının yapımı ve yazımı

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Arslan, M. (1987). *Dünyada ve Türkiye’de fason imalatı*. (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Ataman, G. (2002). *İşletme Yönetimi; Temel Kavramlar ve Yeni Yaklaşımlar*. 2.Baskı, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 338s.
- Ateş, Y. (2014). *Konut iç mekân mobilyasının gelişim sürecini etkileyen faktörlerin irdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Bolat, T. ve Yılmaz, Ö. (2006). Dış kaynaklardan yararlanma ve işletme performansı ilişkisi. *Journal of Management and Economics Research*, 4(5), 78-92. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/203544>
- Ceylan, A. (2009). *Mobilya sektöründe tedarik zinciri yönetimi ve bir uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Düren, Z. (2000). *2000’li Yıllarda Yönetim*. 2. Basım, Alfa Basım Yayım Dağıtım. İstanbul. <https://avesis.istanbul.edu.tr/yayin/1f2f4a1b-986d-41b6-ba04-16e695c3395c/2000li-yillarda-yonetim>
- Engin, D. (2011). *Günümüz mobilya tasarımının zaman içinde değişen insan gereksinimleri ışığında incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Erdoğanaras, F. ve Öndağ, T. (2018). *Yeni teknolojilere dayalı olarak Ankara mobilya sektörünün yeniden*

- yapılanması. TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, ss.424-444. Ankara, Türkiye, 3 - 06 Ekim 2018, ss.424-444
- ESA (1997). *Yapı Endüstri*. Merkezi Yayın Evi, 3.Cilt, Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, İstanbul, 1716 s.
- İnal, M. E., & Toksarı, M. (2006). Mobilyacılık sektöründe karşılaşılan pazarlama sorunları ve bu sorunlara çözüm üretmeye yönelik bir araştırma: Kayseri örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 2(4), 105-121. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1145193>
- İstek A. ve Özlüsoylu İ. (2021). Türkiye Mobilya Sanayinin Durumu ve Fason Üretim, Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler-II. Gece Kitaplığı, s:31-48. Erişim adresi: <https://www.platanuskitap.com/icerik/2021-aralik-donemi-uluslararasi-kitap-bolumu>
- Kanzuk, O. (2017), *İşletmelerde dış kaynak kullanımı ve çalışanlar üzerindeki etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Karacaoğlu, K. (2001). Dış kaynaklardan yararlanma ve teknoloji ile ilgili dış kaynaklardan yararlanmanın Türkiye’de bankacılık sektöründe uygulamaları. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Koç, Y. (2001). *Taşeronluk ve fason üretim: sorunlar, çözümler*, Türk-iş eğitim yay. No 61, Ankara
- Malkoçoğlu, A. (1989). *Mobilya Endüstrisi Ders Notları (Yayınlanmamış)*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Mengoni, M., Peruzzini, M., Bordegoni, M., ve Mecella, M. (2016). Toward an integrated platform to support contract furniture industry. *Computer-Aided Design and Applications*, 13(5), 662-674.
- Oğuz, H. (2021). *Mobilya sanayinde fason üretim: Ahşap levha ebatlama optimizasyon örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Özbilgi, E. (2001). *Fason üretim ve muhasebe işlemleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Özdemir, T. (1996). Mutfak mobilyası üretiminde kullanılan yüzey kaplama malzemelerinin yonga levha kalitesi üzerine etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Öztürk, Z. (2009) *Kayseri imalat sanayinde fason üretim*. Seminer Çalışması. Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, <https://silo.tips/download/tc-ercdyes-ndversdtesd-sosyal-bldmler-enstdts>
- Ratnasingam, J. (2003). A matter of design in the South East Asian wooden furniture industry. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 61(2), 151-154. Erişim adresi: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-003-0375-8>
- Schniederjans, M. J., Schniederjans, A. M., ve Schniederjans, D. G. (2015). *Outsourcing and insourcing in an international context*. Routledge.
- Serin, H., Şahin, Y., ve Durgun, M. (2013). Küçük ölçekli mobilya işletmelerinde gürültü analizi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, 9(2), 1-8. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/271477>
- Serin, H., Şahin, Y., ve Durgun, M. (2014). Furniture sector of Turkey. *European Journal of Research on Education, EJRE*, 2, 149-153. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/profile/Muhammet-Durgun/publication/275308192_Furniture_Sector_of_Turkey/links/55374a4f0cf218056e955144/Furniture-Sector-of-Turkey.pdf
- Şahin, Y. ve Serin, H. (2018). Diyarbakir ili mobilya sanayisinin GZFT analizi ile değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 2(1), 83-90. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/466188>
- TSE 4521. Ağaç Mobilya, Terimler ve Tanımlar, Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara, 1985.
- Tutar, A.E., İnaç, H., ve Güner, Ü. (2006). Dış kaynak kullanımının (outsourcing) makroekonomik etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8.2: 279-296. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/19052>
- Uzuner, M. (2020). *Mobilya tasarımında ahşap malzeme kullanımının değerlendirilmesi: bursa inegöl mobilya firmaları örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Yavaş, G. (2011). *İşletmelerin rekabet stratejilerinde dış kaynak kullanımı: dış kaynak kullanımını motive eden faktörler ve riskleri üzerine bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>

Kızılçam Kabuğundan Üretilen Doğal Boyarmaddenin Kullanım Olanakları

Cengiz KEŞMER^{1,*}

¹Çukurova Üniversitesi, Aladağ Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü,1000, Adana, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 24.05.2023

Kabul: 03.04.2024

Yayın: 23.04.2024

Derleme Makalesi



Öz – Son yıllarda artan çevresel sorunlar ve ülkelerin bu konudaki yasal düzenlemelerinden dolayı kağıt endüstrisinde kullanılacak kimyasal maddelerinin çevre dostu olması önem kazanmıştır. 19. yüzyılın ikinci yarısından sonra sentetik boyaların keşfi ile doğal boyalar atıl kalmıştır. Günümüzde artan çevre sorunlarına, doğal boyarmaddelerin kullanımı pozitif yönde katkı sağlayacaktır. İnsanların, hayatlarına kolaylık ve zenginlik getirmesi için ağaç kabuklarından çeşitli ürünleri yapması çok eskilere dayanan geleneklerindedir. Kabuklardan, şişe mantarı, tanenli maddeler, boyarmaddeler, sakız, reçine, lateks, gıda maddeleri, aromatik maddeler, olta ve ok zehirleri ve tıpta kullanılan bazı maddeler elde edilebilmiştir. Kızılçam kabuğu ürün üretme anlamında ülkemiz için en önemli ağaç türlerinden bir tanesidir. Kızılçam ağacı Türkiye ve hatta Dünya için önemli bir ağaç türüdür ve ülkemizde yaklaşık altı milyon hektarlık bir yayılış alanına sahiptir. Ormanda kesimden sonra kızılçam ağacı kabukları artık olarak bırakılmaktadır. Değerlendirilmesi durumunda önemli bir biyokütledir. Doğal boyarmadde kullanımı için ormanlardan kaldırılması orman yangınlarını önlemede de önemlidir. Bu çalışmada kızılçam kabuğundan üretilmiş doğal boyarmaddenin kullanım olanaklarına, deneysel çalışmalara değinilmiştir. Bu çalışmanın amacı; doğal boyarmadde kullanım olanağı olan kızılçam kabuğundan üretilmiş doğal boyarmaddelerin kullanılabilirliğinin incelenmesi ve geniş bir özeti çıkarılmasıdır. Bu çalışma kızılçam kabuğundan boyarmadde üretimi ve odun hamuruna bu boyarmaddenin tutulmuş konusunu çalışan bilim insanlarına katkı sunacağı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışma daha önceki çalışmaların derlemesi olup bundan sonraki çalışmalara kaynak teşkil edecek niteliktedir.

Anahtar Kelimeler – Çevresel sorunlar, doğal boyarmadde, geleneksel boyamacılık, kağıt endüstrisi, kızılçam kabuğu

Usage Possibilities of Natural Dyestuff Produced From Turkish Red Pine Bark

¹Vocational School of Aladağ, Department of Forestry, Cukurova University, Adana, Türkiye

Article History

Received: 24.05.2023

Accepted: 03.04.2024

Published: 23.04.2024

Research Article

Abstract –Due to the increasing environmental problems and the legal regulations of the countries in recent years, it has become important that the chemicals used in the paper industry are environmentally friendly. With the discovery of synthetic dyes after the second half of the 19th century, natural dyes remained inactive. The use of natural dyestuffs will make a positive contribution to the increasing environmental problems today. It is a long-standing tradition for people to make various products from tree bark to bring ease and richness to their lives. Bottle corks, tannin substances, dyestuffs, gum, resin, latex, foodstuffs, aromatic substances, fishing line and arrow poisons and some substances used in medicine can be obtained from the shells. Red pine bark is one of the most important tree species for our country in terms of producing products. The red pine tree is an important tree species for Turkey and even the world and has a distribution area of approximately six million hectares in our country. After cutting in the forest, red pine tree barks are left as residue. It is an important biomass if evaluated. Removing natural dyes from forests for use is also important in preventing forest fires. In this study, the usage possibilities and experimental studies of natural dyestuff produced from red pine bark are mentioned. The purpose of this study; The aim of this study is to examine the usability of natural dyestuffs produced from red pine bark, which can be used as a natural dyestuff, and to give a comprehensive summary. It is thought that this study will contribute to scientists studying the production of dyestuff from red pine bark and the retention of this dyestuff in wood pulp. This study is a compilation of previous studies and will serve as a source for future studies.

Keywords – Environmental issues, dyestuff, traditional dyeing, paper industry, Turkish red pine bark

¹  ckesmer@cu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1.Giriş

İnsanlığın var oluşundan bu yana günlük yaşamında bitkilerden yararlanıldığı bilinmektedir. En başta beslenme olmakla birlikte barınma, giyinme, bitkisel tedavi ve bakım gibi kişisel ihtiyaçların karşılanmasında insanlar büyük oranda bitkileri kullanmıştır. İnsan refahı arttıkça ihtiyaçları da değiştiğinden zamanla bakım, süslenme ve beğenilme gibi sosyal yaşantı gereklilikleri artmıştır. Bunların sonucunda insanlar birçok kaynaktan yararlanma olanaklarını deneyerek bulmuşlardır. Doğal maddelerden boyarmadde eldesinden sonra oluşan bitkisel atıklar ya yakılarak enerji elde edilmekte, ya da toprağa gömülerek toprağın karbon vb. ihtiyacının giderilmesinde kullanılabilirliktedir. Bu işlem de sürdürülebilirlik için önemlidir. Bitkisel doğal boyarmaddeler doğada sürekli olarak yenilediğinden kaynaklar sürekliliğini korumaktadır. Bitkisel kökenli ürünlerin lifsel yapısından dolayı tekstil sektöründe de tercih edildiği bilinmektedir. Tekstil markaları satışlarını ön plana çıkarmak için ürünlerini çevreye zararsız doğal kaynaklardan üretmekte ve çevre dostu üretim yapmaktadırlar. Bu faaliyetlerini duyurmak için medya ve ürün üzerine yazı ve barkod sistemi ile de reklam yapmaktadırlar.

Bitkisel doğal boyarmaddeler bitkilerin gövde, kabuk, çiçek, yaprak ve köklerinden elde edilebilir. Boyarmaddeler tekstil, kağıt, ahşap, deri, gibi ürünlerin boyanmasında kullanılan renk veren maddeler olarak tanımlanabilir. Bunlar bitkilerden antosiyanin, karotenoid, flavonoid ve klorofil pigmentleri formunda ekstrakte edilebilir (Richhariya vd., 2017). Doğal boyarmaddelerin sınıflandırılmaları genel olarak içerdikleri kimyasal fonksiyonel gruplara göre yapılır (Prabhu ve Bhute 2012). Dişbudak kabuğundan kaynatma yöntemiyle elde edilen boyarmaddenin sarı ve bronz renkler verdiğini ve solmazlık özelliklerinin iyi olduğu belirtilmiştir (Adrosko, 1971).

Boya verme özelliklerinin yanı sıra tedavi edici özellikleri nedeniyle bu bitkilerden bazıları aynı zamanda medikal özelliklere de sahiptir (tıbbi bitki olarak da değerlendirilebilmektedir) (Siva, 2007). Örneğin, *Acacia catechu*, *Kerria lacca*, *Quercus infectoria*, *Rubia cordifolia* ve *Rumex maritimus*'dan elde edilen dört doğal boyarmaddenin yaygın patojenler *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı antimikrobiyal aktivitesinde olduğu bildirilmiştir (Singh vd., 2005). Doğal boyarmaddeler boyama ve ilaç endüstrisinin yanı sıra gıda boyamada da oldukça yaygın kullanılmaktadır (Chengaiyah vd., 2010). Bunların yanı sıra gıdada koku giderici ve UV koruyucusu olarak kullanılmaktadır (Rungruangkitkrai ve Mongkhorrattanasit 2012). Doğal boyarmaddeler çeşitli geleneksel kullanımının yanı sıra çevre dostu olmalarının anlaşılması ile tekstil endüstrisinde ileri uygulama ve teknolojik gelişmelere uyarlanmıştır (Shahid ve Mohammad 2013).

Doğal boyarmaddelerin büyük bir çoğunluğu insan sağlığı ve yaşam kalitesi bakımından sentetik boyalardan daha kullanışlıdır. Ayrıca, toksik olmayıp anti-mikrobiyal özellik göstermeleri bakımından da sentetik boyalardan üstündürler (Sayem vd., 2021). Doğal boyarmaddeler yüzyıllardır geleneksel boyamacılıkta kullanılmaktadır. Geleneksel boyamacılık atadan nesillere usta-çırak yöntemi ile geçtiğinden yapılan işlerin kayıt altına alınmaları çoğunlukla mümkün olmamıştır. Bu nedenle, boyama teknikleri ve kullanılan hammaddeler hakkında yeterli literatür mevcut değildir (Öğütgen, 2008; Dixit ve Jahan, 2005). Doğal boyarmaddeler hakkında laboratuvar bilgileri ve deney standartlarının gelişmemesi de bu sebeplerden kaynaklanmış olabilir. Doğal boyarmaddeler sentetik boyalara göre çok daha zararsızdır. Hatta bugün geçerli olan çevre yasalarına göre çevre dostu olarak tanımlanabilirler.

Doğal boyarmaddelerin tümü ışık ve yüksek sıcaklık altında solma eğilimindedirler fakat kullanılacak bazı kimyasal mordanlar iyileştirmede yardımcı olur (Padfield ve Landi, 1966). Mordan; Fransızca "mordre" kelimesinden türemiştir, Fransızcada bu kelime kemirmek anlamına gelmektedir. Mordan doğal boyarmadde ile odun lifini birbirine daha sıkı bağlanmasını sağlayan yardımcı ajan olarak kullanılmaktadır (Keşmer, 2020). Bütün bitkisel boyalar iyi tutunma ve solmazlık için alüminyum, bakır, demir ve krom gibi metalleri içeren mordanlara ihtiyaç duyarlar (Gokhale vd., 2004). Boyarmaddelerin renk tonlarını belirlemede mordanın etkisi çok fazladır. Mordanlama sayesinde, aynı hammaddeden elde edilen doğal boyarmaddeler boya-

mada farklı renk tonları verebilirler (Samanta ve Agarwal, 2009). Ayrıca, boyamada elde edilen renk haslığı da sadece doğal boyarmaddeye değil, kullanılan mordana bağlıdır (Kasiri ve Safapour, 2014). Zayıf yıkama özelliği de şap ile ön muameleli mordanlama ile giderilebilir (Gulrajani, 2001).

Çaydan elde edilen boyarmaddeler pamuklu ve jüt kumaşlarda yıkamada ışık haslığı iyi olan kahverengi tonlar verdiği, hem ışık hem de yıkama haslığı özellikleri, mordan olarak kullanılan metal tuzları ile muamele edilerek daha da geliştirilebileceği ve daha koyu renk tonları elde edilebileceği belirtilmiştir (Deo ve Desai, 1999). Boyamada mordan olarak C vitamini ve gallik asit kullanımı, boyalı kumaşların ışık haslığını arttırdığı belirtilmiştir (Cristea ve Vilarem, 2006).

Doğal boyarmaddelerle pamuk ve yün elyaflarının, ön mordanlamalı veya mordansız, potasyum dikromat, bakır sülfat, çinko klorür ve kalay klorürün yanı sıra şap ve demir (ii) ve demir mordanlarıyla boyanması için kullanıldığında pamuklu kumaşlarda boya adsorpsiyonunda önemli bir iyileşmeye ve K/S değerlerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir (Zarkogianni vd., 2011).

Alkanna tinctoria'dan alkannin boyasının mikrodalga destekli izolasyonu ile elde edilen boyarmadde ile biyo-mordantlı ipek boyanmış ve Mikrodalga işlemiyle (MW) işlem görmüş ipek kumaş üzerine olağanüstü derecede yüksek renk kuvveti (K/S) sağladığı gözlemlendiği belirtilmiştir (Adeel vd., 2022). Mango kabuğundan elde edilen ekstraktın doğal boyamada mordan olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir (Wangatia vd., 2015).

Bütün tekstil ürünleri ve gıdalardaki koruyucu amaçla kullanılan sentetik boyarmaddelerin yerini doğal boyarmaddelerin alması açısından da çok önemlidirler. Toksik ve kanserojenik etkileri olmadıklarından dolayı daha güvenli olduklarına inanılmaktadır (El-Naagar Vd., 2005; Verma ve Gupta, 2017). Okaliptus kabuğundan elde edilen doğal boyarmadde le boyanmış kumaşların haslık özellikleri, kuru sürtünme haslıkları oldukça iyidir. Ancak ıslak sürtünme haslığı zayıftır (Ali vd., 2007).

Doğal boyarmaddelerin çoğunun UV absorpsiyon özelliği, onu güneş ışığının zararlı UV'sinden daha güvenli hale getirir. Gıdalar, ilaçlar, kozmetikler ve tekstil, doğal boyarmaddeler için büyük bir pazardır (Sayem, 2021).

Doğru işlendiklerinde doğal hammaddelerin yapısı bozulmadığından üretimden geriye kalan atıkların faydalı kullanımına da olanak verirler (Uygur, 2017). Örneğin, baston yapımında kullanılan Yabani kızılçık gövde kabuklarından elde edilen doğal boyarmaddenin değişik atık kağıtların boyanmasında kullanılmasında renk homojenliği sağladığı bildirilmiştir (Gençer vd., 2019a; Gençer vd., 2019b).

Mürver (*Sambucus nigra*) bitkisinin meyvelerinden elde edilen boyarmadde kağıt hamuruna ilave edilerek üretilen kağıtlar üzerinde renk ölçümü ve hızlandırılmış yaşlandırma yapılan çalışmada mordan olarak, alüminyum sülfat ilavesi boyarmaddenin tutunmasını arttırdığı belirtilmiştir (Gençer ve Can 2016).

Ağaç hacminin ortalama olarak % 9-15'lik kısmını kabuk oluşturmaktadır. Kâğıt hamuru üretim esnasında ve kereste üretiminde kabuk atıl malzeme olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde kabuktan farklı şekillerde yararlanılmaktadır (Dönmez ve Dönmez, 2013).

Kabuğun endüstriyel kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Aslında kabuk, düşük maliyetli ve bol miktarda bulunan önemli bir biyokütledir (Gençer vd., 2019b). Kimyasal termo mekanik (CTMP) hamurlardan elde edilmiş ağartılmış hamurlar %1 ve % 2 KOH ilavesi ile kaynatılmış kiraz odunu kabuklarından elde edilen boyarmadde ile boyanmıştır. Elde edilen boyalı kağıtlar 10-25-50-100-150 saat hızlandırılmış yaşlandırılmaya tabi tutulduğunda %2 lik KOH içeren grupta renk değişimi daha az olduğu bildirilmiştir (Gençer e al., 2019c).

Bu çalışma kızılçam kabuğundan boyarmadde üretimi ve odun hamuruna bu boyarmaddenin tutulumu konusunu ele almaktadır. Yapılan bu çalışma daha önceki çalışmalarda doğal boyarmaddeleri inceleyen çalış-

maları tek bir çalışmada ortaya koymayı amaçlamakta ve gelecekte ağaç kabuklarından faydalanma konularında çalışacak araştırmacılara bir kaynak derlemesi oluşturması hedeflenmiştir.

2. Kızılcam Kabuğunun Boyarmadde Olarak Kullanım Olanakları

Kızılcam kabuğundan elde edilen doğal boyarmadde ile pamuk, yün, ipek ve sentetik kumaşlar boyanmıştır. Boyama işleminde mordan olarak şap, krem tartar, tanen, sodyum sülfat, kil suyu kullanılmıştır. Ayrıca, kontrol amaçlı mordansız boyamalar da yapılmıştır. Boyama sonrasında kumaşların yıkama, sürtünme ve ışık haslıkları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Farklı mordanlar kullanılarak boyanmış ve kontrol örneklerinin renk tonlarının değerlendirilmesi için renk ölçüm cihazı “colorimeter” kullanılmış ve renk farklılığı (ΔE) değerleri tespit edilmiştir. Kızılcam kabuğundan elde edilen boyarmadde boyanmış kumaşların ışık, yıkama ve sürtünme haslıkları; pamuk, yün ve ipek örneklerinde kullanılabilir durumda olduğu, polyester kumaşta ise kullanılabilir düzeyde olmadığı tespit edilmiştir (Yalçın 2010).

Kızılcam kabuğundan yapılan diğer bir çalışmada elde edilen boyarmadde ile yün ipliğinin şap, tanen, krem tartar, kil suyu, sodyum sülfat mordanları kullanılarak boyanması ve haslık düzeyleri ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar yapılmıştır. “CIE Lab” sistemi kullanılarak renk ölçümü yapılmıştır. Buna göre; şap ile mordanlanan yün ipliğinden koyu altın kahverengi, tanen ile mordanlanan yün ipliğinden eğer kahverengisi, kil suyu ile mordanlanan yün ipliğinden peru kahverengisi, krem tartar ile mordanlanan yün ipliğinden kum kahverengisi, sodyum sülfat ile mordanlanan yün ipliğinden koyu kahverengi, mordansız boyanan yün ipliğinden odun kahverengisi renkleri elde edilmiştir (Akpınarlı ve Yalçın 2012).

Kızılcam kabuğundan elde edilen doğal boyarmadde ile farklı tekstil ürünlerinin boyanmasında mordan olarak şap ve doğal meşe külü kullanılmıştır. Kızılcam kabuğundan elde edilen boyarmadde ile boyanmış tekstil ürünleri arasında en iyi renk veriminin ipek ve yün kumaşlarda elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca, mordan etkisinin karşılaştırılması yapıldığında kimyasal bir madde olan şapın daha iyi sonuç vermesine karşılık, meşe külünden elde edilen doğal mordanın da yeterli kalite değerlerini yakaladığı belirtilmiştir (Avinç vd., 2013).

Yapılan diğer bir çalışmada kızılcam ve soğan kabuğundan ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmiş doğal boyarmadde kullanılmış ve kağıt hamuru boyanmıştır. Odun hamuru olarak *Eucalyptus grandis* ağacı odunundan Kraft yöntemi ile elde edilen ağartılmış kağıt hamuru kullanılmıştır. Doğal boyalı kağıtlara spektroskopik analizler yapılmıştır. Kızılcam ve soğan kabuğundan elde edilmiş doğal boyarmaddenin her ikisinin de kağıt hamuru boyanmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu boyarmaddelerin kağıt hamuruna tutundurulmasında mordan olarak kullanılan şap ve üzüm sirkesinin etkileri karşılaştırıldığında şapın boyarmadde tutunmasını üzüm sirkesinden daha fazla artırdığı belirtilmiştir (Keşmer, 2020). Ancak, Kızılcam kabuğundan elde edilen doğal boyarmaddenin kağıt hamuruna tutunmasında mordan olarak kullanılan üzüm sirkesinin kontrol kağıtlarına göre boyama özelliklerini arttırdığı ve organik mordan olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Keşmer vd., 2020a).

Ülkemizde yaklaşık 6 milyon hektar yayılış alanı ile ilk sırada yer alan Kızılcam (*Pinus brutia*) kabuğu ve Türk mutfağında önemli yeri olan soğan (*Allium cepa*) kabuğundan elde edilen doğal boyarmaddeler ayrı ayrı kullanılarak önce boyasız ve mordansız, sonrasında mordan kullanmadan sadece boyarmaddeli kontrol kağıtları üretilmiştir. Boyarmadde ve mordan etkisini ortaya koymak için ise mordanlı boyarmaddeli kağıtlar elde edilmiştir. Mordan olarak Al (SO₄)₂.12 H₂O kullanılmıştır. Mordan ilaveli doğal boyarmaddeli kağıtların, mordansız doğal boyarmaddeli kağıtlara göre görsel olarak beğenisi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, spektroskopik analiz verilerinin bu sonuçları destekleyici yönde olduğu sonucuna varıldığı belirtilmiştir (Keşmer vd., 2020b).

Kızılcam (*Pinus brutia*) ağacı kabuğundan su ekstraksiyonu ile elde edilen boyarmaddenin, mordan olarak aloe vera (*Aleo vera L.*) bitkisinin yaprak özütü kullanıldığı bir çalışmada boyarmadde ve mordanın karıştırı-

olarak beraber mordanlama tekniği uygulanmıştır. Renk ölçümlerinde, kolorimetrik ölçüm (CIE Lab sistemi) tekniği kullanılmıştır. Aloe vera miktarının artması ile boyanmış kağıtlarda parlaklığın doğrusal olarak arttığı belirtilmiştir. Çalışmaya göre kızılçam kabuğundan elde edilen doğal boyarmadde ile Aloe vera özütünün karıştırılarak beraber mordanlama yapılarak kağıt boyamasında kullanılabileceği kanaatine varıldığı belirtilmiştir (Keşmer ve Gençer, 2022).

Biyokütle Olarak Kabuk

Kızılçam genel görünümü ile Halep çamına benzeyen, 15 - 20 m boyunda ve 60 cm çapında kalın dallı bir ağaçtır. Gövdeleri çoğunlukla düzgün olmamakla birlikte, rakım yükseldikçe gövdelerin düzgünleşmeye, boyların artmaya (20 - 25 m.) başladığı, tepelerin sivrileştiği ve dalların inceldiği görülür (Öktem, 1987). Genç sürgünleri tüysüz, kalın ve koyu kırmızı renktedir. Düzgün dallar gövdeden dik bir açıyla çıkarlar ve uçlarında çoğunlukla kısa sürgünler bulunur (Anşin ve Özkan, 1993). Şekil 1. 1'de Kızılçamın genel görünümü verilmiştir.



Şekil 1. Kızılçam ağacının genel görünümü (Keşmer, 2020).

Kabuk, ağacın gövdesini dış etkilerden koruyan bir örtüdür. Düşük özgül ağırlığı nedeniyle ağaç gövdesinin ısı yalıtımında önemli rol oynar ve biyokütle olarak tüm gövdenin önemli bir bölümünü oluşturur. Anatomik ve kimyasal özellikleri bakımından oduna göre oldukça karmaşık ve farklı bir yapıya sahiptir. Bazı temel bileşenler oduna benzerlik göstermez ve bu nedenle ahşap olarak kullanılmaz. Çoğu uygulama alanında, ağaç kullanılmadan önce kabuğu soyulur. Kabuğun endüstriyel kullanımı ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Aslında kabuk, düşük maliyetli ve bol miktarda bulunan önemli bir biyokütledir (Gençer vd., 2019).

Ağacın odunu ve kabuğu benzer kimyasal bileşime sahip olmasına rağmen, kabuktaki ekstraktif madde miktarı büyük farklılıklar gösterir. Selüloz ve hemiselüloz gibi bitki için gerekli kimyasallar kabukta daha az miktarda bulunur, ancak lignin ve özellikle ekstraktiflerin miktarı kabukta oduna göre her zaman daha yüksektir (Dönmez ve Önem, 2018). Önemli bir endüstriyel kullanıma rastlanmayan kabuk, çoğunlukla enerji elde etmek için sıyrıldıktan sonra yakılmaktadır. Yakma işlemi, enerji üretimi ve atık kabuğun ortadan kaldırılması için bir çözüm olarak görülse de, atmosfere salınan emisyonlar ve bazı maddelerin küle geçmesi gaz ve katı atık bertarafı açısından problemlili olabilmektedir (Stavropoulos, 1988). Bu nedenle atıklar yakılmak yerine faydalı ürünlere dönüştürülmelidir. Bu durum, ekolojik denge üzerinde olumlu bir etki ile çevre kirliliğinin azalmasına yardımcı olacaktır.

Ağaç kabuklarından çeşitli ürünlerin yapılması çok eskilere dayanan yerli halk geleneklerindedir. Kabuklardan şişe mantarı, soymuk tanenli maddeler, boyarmaddeler, sakız, reçine, lateks, gıda maddeleri, aromatik

maddeler, olta ve ok zehirleri, antibiyotik maddeler ve tıpta kullanılan bazı maddeler elde edilebilmiştir (Harkinn ve Rowe, 1971). Hatta söğüt(*Salix alba* L.) kabuğunun aseton ekstraktı analizinde kabukta bulunan sucrose, şeker kamışı ve şeker pancarının kullanım alanlarına ek olarak yiyecek ve tatlandırıcı olarak da kullanılabilmesi önerilmektedir (Dönmez ve Salman, 2021).

Orman genel müdürlüğü 2019 yılı içerisinde 8.433.852m³ kabuksuz kızılçam tomruk üretimi gerçekleştirmiştir (OGM, 2020). Bu bilgiden hareketle kızılçam kabuğu üzerinde yapılan bir çalışmadan (Koparan, 2015) yola çıkarak yapılan hesaplama ile yaklaşık 1.134.000m³ kızılçam kabuğu ormanlarda çürümeye bırakılmaktadır. Değerlendirilmesi durumunda önemli bir biyokütledir.

Kızılçam kabuğunun pigment üretimi için toplanması, ağaçlar altında kalan kuru atıklardan arındırılması, orman alanlarında yangınların önlenmesi açısından da önemli bir fayda sağlayacağı belirtilmiştir (Akpınarlı ve Yalçın, 2012). Kızılçam kabuğundan elde edilen boyarmaddenin kahverengi olduğu belirtilmiştir (Doğan vd., 2003). Ayrıca, kızılçam kabuğunda Oligomeric Proantho Cyanidin(OPC) denen bir madde de bulunmaktadır. C vitamininden 18-20, E vitamininden 40-50 kez daha güçlü olan OPC en çok kızılçam kabuğunda bulunmaktadır. OPC'nin en önemli özelliği kan yağının ve kolesterolün oksitlenmesini önlemeye çalışmasıdır. Fransa'da üzüm çekirdeği ve çam ağacı kabuklarının karışımından elde edilen OPC zayıf kan damarlarının tedavisi için onaylanmış bitkisel bir ilaçtır. Bir maddenin boyarmadde olarak kabul edilebilmesi için renkli olması ve elyafla sıkı sıkıya birleşmesi gerekir ki OPC bu özelliği de taşımaktadır. Kızılçam kabuğundan boyarmadde ayırmak da mümkün görüldüğü belirtilmiştir (Demir, N. ve Demir, Y. 2012).

Kızılçam ve karaçam kabuklarının lipofilik ve hidrofilik ekstraktifleri ile ekstraktiflerinden arındırılmış kabuk örneklerinde suberin monomerlerinin yapısı ve miktarının belirlendiği ve sonrasında bu ekstraktların antibakteriyel testlerinin gerçekleştirildiği ve antibakteriyel özellik gösterdiği belirtilmiştir (Dönmez ve Önem, 2023)

Kızılçam kabuklarının ekstraktlarının gıda takviyesi, antioksidan özellikleri, antikanser, anti diabetik ve anti mikrobiyal özelliklerinin araştırıldığı ve ekstraksiyon verimlerinin ortaya konduğu *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, and *Escherichia coli*.’ ye karşı yüksek derecede etkili antibakteriyel özellik gösterdiği belirtilmiştir (Erol vd., 2023).

Kızılçam Kabuğunun Boyarmadde Olarak Kullanıldığına Dair Tarihi Bir Anektot

Balık ağının örülmesinden sonra gelen işlem doğal boyalarla boyanmasıydı. İpler nadiren örülme öncesi kelebeğe çile yapılarak boyanırdı H. Hüseyin Güneş, 29.04.2017. Çanakale/ Merkez. Gelibolu'nun Hoca Hamza Mahallesinde yer alan Liman Mevkii'nde Çekidibi muhitindeki tersanenin girişinde halen dura gelen dibekte kızılçam ormanlarından toplanan çam kabukları tokmakla dövülür ve elde edilen boya balık ağlarını boyamakta kullanılırdı Ayhan Bahşi, 07.04. 2013. Gelibolu. Kilitbahir köyüne ise boyamada kullanılan çam kabukları Kaz Dağları'ndan getirilirdi. Dövmüş kızılçam kabuğu bir kazana konur kaynatılır, bazen içine iplerin boyayı rahatça alması için biraz tuz eklenirdi Emin Ok, 12.03.2013. Eceabat/Kilitbahir. Çam kabuğunda bulunan reçine pamuk ipliklerini beslediği için ağın deniz suyunda çürümmesini önlerdi Süleyman Zeyrek, 07.04. 2013. Gelibolu. Boyarken iplerin çürümemesi için, ağlar suya basılmadan önce ateş kazanın altından çekilerek boyalı suyun ılınması beklenirdi. Daha sonra çileler halindeki “Emer” marka ağ iplikleri bu ılık suya basılıp boyanırdı Emin Ok, 12.03.2013. Eceabat/Kilitbahir. Çardak'ta ağ iplikleri boyayı iyice emmesi için bir iki gün bu boya banyosunda bekletilirdi Ali Albayrak, 12.05.2015. Lâpseki/Çardak. Biga'nın Kemer ve Karabiga beldelerinde kızılçam kabuğu ile boyama işlemi bazen balıkçılar tarafından toplu halde yapılırdı. 3-5 bakır kazan dip dibe yerleştirilerek çok ağır olan eski pamuk ağlar bir kazandan diğerine aktararak boyanırdı. O zamanlar bu kadar tuzu bulmak zordu. Kemer ve Karabiga balıkçıları çoğu zaman boyama işlemini tuzlu deniz suyunu kullanarak yaparlardı. Balık ağları boyayı iyice çektikten sonra kuruması için serenlere asılırdı Hasan Tınmaz, 30.04. 2017, Çanakale/ Merkez. Kızılçam kabuğu Gelibolu Merkezde soğan kabuğu ile birlikte de kullanılırdı. Boya sıvısı koyu kıvamlı hazırlanır, boyarmaddenin kazanlarda kaynaması esnasında çıkan güzel koku boyanmış balık ağlarına da sinerdi. Soğan kabuğu morumsu bir renk

verirdi. Çam kabuğuyla boyanan ağlar ise pembemsi (açık kırmızı) bir renk alırdı Süleyman Zeyrek, 07.04. 2013. Gelibolu. Çamlık Mevkiinden toplanan kızılçam kabuğuyla ağ boyamanın yaklaşık 40 yıl önce sona erdiği Çardak beldesinde ise aynı işlemle açık kahve renk elde ederlerdi Ali Albayrak, 12.05.2015. Lâpseki/Çardak. Gelibolu yarımadası balıkçılarına göre denizde her renk ağ her balığı tutmazdı. Saros körfezinde suların çok berrak olması nedeniyle balık beyaz ve sarı gibi açık renkli ağları algıladı. Burada balıklar en çok narçiçeği, gülkurusu ve kırmızıya vurduklarından dip ağları bu renklerde boyanmışlardır Fedai Kasapoğlu, 07.04. 2013. Gelibolu. Çardak'lı balıkçılarda kırmızı renk konusunda aynı fikirleri beyan etmektedirler Ali Albayrak, 12.05.2015. Lâpseki/Çardak. Çanakkale Merkezde kızılçam kabuğu ile boyamacılık evlerin bahçelerinde kulplu bakır kazanlarda yapılırdı. Çam kabuğu ile yapılan boyaya sirke katılır; kırmızı dışında bir renk isteniyorsa soğan kabuğu ve dövülmüş pelitte ilave edilirdi H.Hüseyin Güneş, 29.04.2017. Çanakkale/ Merkez (Aksoy ve Orhan, 2017).

3.Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma hazırlanırken, yapılan literatür incelemelerinde kızılçam kabuğundan doğal boyarmadde eldesi ve bu boyarmaddenin balık ağından kağıda kadar çeşitli malzemelerin boyanmasında kullanımına rastlanılmıştır. Bu çalışmalara göre doğal boyarmaddelerin üretiminde genellikle Kızılçam kabuğunun değişik işlemlerle parçalanıp küçültülmesi ve suda kaynatma veya ekstraksiyon yöntemi kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, doğal boyarmadde üretiminden sonra geriye kalan biyokütlenin kayda değer bir ağırlık kaybına uğramadığı ve bu nedenle, bitkilerden doğal boyarmadde üretiminden sonra geriye kalan biyokütlenin diğer amaçlar için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Çiçeğin mevsimsel süresi yaprağa göre kısa yaprağın ise kabuk ve köklere göre daha kısadır. Bu nedenle, toplanmaları zamana karşı bir yarışır. Aksi halde, kalite ve kantite düşmesi söz konusudur. Her ne kadar kabuğun da mevsime göre içerikleri değişse de kabuk bu hammaddeler arasında yılın on iki ayı ulaşılabilir durumdadır. Ayrıca, aynı bitkinin farklı coğrafyalarda vereceği renk tonları da farklı olabilir. Ancak, renk tonlarındaki farklılıkların mordanlar yardımı ile giderilebileceği anlaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre kabuğun, bitkilerin diğer kısımlarına göre, sürekliliğinin olduğu ortaya çıkmaktadır.

İncelenen çalışmalardan elde edilen bilgilere göre bitkisel kaynaklı doğal boyarmaddeler bitkilerin yaprak, kök ve kabuklardan elde edilmektedir. Boyarmadde eldesinde çoğunlukla geleneksel kaynatma yöntemi kullanılmakla birlikte ve bazı diğer çözücüler yardımı ile ekstraksiyon yöntemi de kullanılmaktadır. Çalışmalarda doğal boyarmadde ile boyanmış kağıt ve tekstil gibi ürünlerin renklerinin çoğunlukla mat olduğu ancak kullanılan organik ve inorganik mordanlar sayesinde bu sorunun giderilebileceği belirtilmiştir. Değişik mordanların kullanılması bu mordanların oranlarının değiştirilmesi aynı rengin farklı tonlarının elde edilmesinde de etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, haslık ve sürtünme sağlamlığının artırılmasında da mordanların olumlu etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Daha yaşanılabilir bir çevre için, insan ve çevre sağlığı için doğaya dönüş zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle, özellikle insan ve hayvan refahı için doğal kaynaklardan yararlanmak ve bunları doğru kullanmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Atık durumda olan Kızılçam kabuğundan boyarmadde üretiminde faydalanmak sürdürülebilirlik bakımından önemlidir. Bu zorunlulukların gereği olarak kağıt ve tekstil ürünlerinin boyanmasında doğal boyarmaddelerin kullanılması faydalı olacaktır. Bu nedenlerle, atık durumda olan kızılçam kabuğundan boyarmadde üretiminde faydalanmak sürdürülebilirlik bakımından önemlidir.

Kaynaklar

- Adeel, S., Liaqat, S., Hussaan, M., Mia, R., Ahmed, B., Wafa, H. (2022). Environmental friendly bio-dyeing of silk using Alkanna tinctoria based Alkannin natural dye. *Industrial Crops and Products*, 186, 115301.
- Adrosko, R. J. (1971). *Natural dyes and home dyeing (formerly titled: Natural dyes in the United States)* (Vol. 281). Courier Corporation.

- Akpınarlı, H., F. ve Yalçın, M. (2012). Kızılcım Pigmentinin Elde Edilmesi ve Yün İplik Boyamada Kullanım Özellikleri, *ARIŞ Dergisi*, ARIŞ 7.SAYI, 10-17. DOI: 10.34242/akmbaris.2019.26.
- Aksoy, A. ve Orhan, M. (2017). Çanakkale İlinde Geleneksel Yöntemlerle Balık Ağı Yapımı ve Ağ İpliklerinin Doğal Boyalarla Boyanmasına Güncel Bir Örnek. Akdeniz Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dekanlığı & Kültür - Sanat Araştırma ve Uygulama Merkezi (KÜSAM), *II. Uluslararası Akdeniz Sanat Sempozyumu*: 26-35.
- Ali, S., Nisar, N., and Hussain, T. (2007). Dyeing properties of natural dyes extracted from eucalyptus. *Journal of the Textile Institute*, 98(6), 559-562.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C. (1993). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Yayın No: 19/167, Trabzon, 512 s.
- Avinc, O., Celik A., Gedik G. ve Yavas A. (2013). Natural Dye Extraction from Waste Barks of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Timber and Eco-friendly Natural Dyeing of Various Textile Fibers. *Fibers and Polymers*, 14(5): 866-873.
- Chengaiyah, B., Rao, K. M., Kumar, K. M., Alagusundaram, M., and Chetty, C. M. (2010). Medicinal importance of natural dyes-a review. *International Journal of PharmTech Research*, 2(1), 144-154.
- Cristea, D., and Vilarem, G. (2006). Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn. *Dyes and pigments*, 70(3), 238-245.
- Demir, N. ve Demir, Y. (2012). Kızılcım kabuğundan (*Pinus brutia*) OPC (Oligomeric Proanthocyanidin, Antioksidan), boyarmadde, reçine ve diğer etken maddelerin eldesi ve endüstriyel amaçlı kullanımı. *XXVI. Ulusal Kimya Kongresi*: 94-95.
- Dixit, S. ve Jahan, S. (2005). Color Fastness Properties of Euphorbia (*Euphorbia cotinifolia*) Leaves Dye on Silk Fabric. *Man-Made Textiles in Indian*, 48(7): 252-254.
- Deo, H. T., and Desai, B. K. (1999). Dyeing of cotton and jute with tea as a natural dye. *Coloration Technology*, 115(7-8), 224-227.
- Doğan, Y., Başlar, S., Mert, H. H., Güngör, A. (2003). Plants used as natural dye sources in Turkey. *Economic Botany*, 57(4), 442-453.
- Dönmez İ. E., Dönmez Ş. (2013). Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkânları. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14, 156-162.
- Dönmez İ. E., Önem E. (2018). Anti-bacterial, anti-biofilm and anti-swarming effects of eucalypt and oriental sweet gum bark extractives. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16, 6267-6279. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1605_62676279
- Dönmez İ. E., Salman H. (2021). Chemical composition of willow (*Salix Alba* L.) Wood And Bark. *Turkish Journal Of Forestry | Türkiye Ormançılık Dergisi*, 22, 38-42. <https://doi.org/10.18182/tjf.854824>
- Dönmez İ. E., Önem E. (2023). Chemical composition and in vitro antibacterial activity of bark extractives and suberin monomers from *Pinus brutia* and *Pinus nigra* European Journal of Wood and Wood Products, <https://doi.org/10.1007/s00107-023-02004-8>
- El-Nagar, K., Sanad, S.H., Mohamed, A.S. ve Ramadan, A. (2005). Mechanical Properties and Stability to Light Exposure for Dyed Egyptian Cotton Fabrics with Natural and Synthetic Dyes. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 44(7): 1269-1279.
- Erol K. F., Kutlu G., Törnük F., Güzel M., Dönmez İ. E. (2023). Determination of antioxidant, anticancer, antidiabetic and antimicrobial activities of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) bark ultrasound-assisted extract as a functional food additive *Akademiai Kiado Zrt.*, 52. <https://doi.org/10.1556/066.2022.00197>
- Gençer, A. ve Can, A. (2016) Investigation of Dyestuff Obtained from Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Seeds in the Coloring Process of Paper International Forestry Symposium (IFS 2016) Proceedings 07-10 December 2016, Kastamonu/TURKEY.
- Gençer, A., Can, A., Burcu, Ü.Gitti., Mustak A. (2019). The effect of using alum mordant in wild cherry bark dyestuff for the production of UV resistant colored paper, *Drvna Industrija* 70 (4) 383-390.
- Gençer, A., Can, A., Burcu, Ü.Gitti., Mustak A. (2019a) Determination of the Effect on the Color Homogeneity of the Use of Natural Dye Stuff in Paper Obtained From Recycled Paper by Accelerated Weathering, *Sigma J Eng & Nat Sci* 10 (1), 2019, 69-80
- Gençer, A., Can, A., Gitti, Ü. B. Mustak A. (2019b). The effect of using alum mordant in wild cherry bark dyestuff for the production of UV resistant colored paper, *Drvna Industrija* 70 (4) 383-390.
- Gokhale, S. B., Tatiya, A. U., Bakliwal, S. R., and Fursule, R. A. (2004). Natural dye yielding plants.
- Gulrajani, M. L. (2001). Present status of natural dyes.

- Harkin, J. M. ve Rowe, J. W. (1971). *Bark and Its Possible Uses*. Forest Product Laboratory. Forest Service U.S., Department of Agriculture. Research Note FPL-091, 56 s.
- Kasiri, M. B. and Safapour, S. (2014). Natural dyes and antimicrobials for green treatment of textiles. *Environmental chemistry letters*, 12(1), 1-13.
- Keşmer, C., (2020). Değişik doğal boyarmaddelerle renklendirilmiş kağıtlarda renk stabilitesinin belirlenmesi, Doktora tezi, Bartın Üniversitesi, 113s.
- Keşmer, C., Gençer, A., Kılıç Pekgözlü, A., ve Bebekli, M. (2020a). Kızılçam kabuğundan doğal boyarmadde üretilmesi ve boyamada organik mordan kullanımının etkisi, *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 7 (9), 64-69. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.75>
- Keşmer, C., Gençer, A., Kılıç Pekgözlü, A., ve Bebekli, M. (2020b). Kızılçam Kabuğu ve Soğan Kabuğundan Elde Edilen Doğal Boyarmaddelerin Kağıt Hamurunu Boyama Performansı, *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 15 Nisan/April, 2020, 22(1): 123-132.
- Keşmer ve Gençer, (2022). UV Performance Of Mordant Made From Aloe Vera Plant On Natural Dyed Paper, Çukurova 9th International Scientific Researches Conference, October 9-11, 2022 ADANA, FULL TEXTS BOOK (Volume 2).
- Koparan, İ. (2015). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Subsp. *Pallasiana*) kabuklarının malçlama elemanı olarak kullanım olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 56s.
- OGM, (2020). Ormancılık İstatistikleri 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 36 s.
- Öğütgen, Z. (2008). Nar kabuğu ile farklı mordanlar kullanarak yünlü kumaş boyama. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Anorganik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul, 157 s.
- Öktem, E. (1987). Kızılçam. El Kitabı Dizisi-2, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 52, 182 s.

Nanoselüloz: yapısı, çeşitleri ve kullanım alanları

Gülyaz AL^{1,*}, Deniz AYDEMİR²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çanakkale, Türkiye

²Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 10.09.2023

Kabul: 03.01.2024

Yayın: 23.04.2024

Derleme Makalesi



Öz – Son yıllarda artan çevre bilinci, iklim değişiklikleri ve petrolün tükenmesi, gibi nedenlerden dolayı petrol türevli malzemelerin yerini doğal kaynaklardan elde edilen ve doğada parçalanabilen malzemeler almaya başlamıştır. Dünyada en çok bulunan doğal bir polimer olan selüloz çeşitli kaynaklardan (ağaç, bitki, su yosunu, hayvan, amip, bakteri vb.) elde edilebilmektedir. Öncelikle kağıt olmak üzere pek çok alanda yüzyıllardır kullanılan bir malzeme olan selüloz nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni bir form kazanmış ve Nanoselüloz (NC) adı verilen malzeme ortaya çıkmıştır. Bitki hücre duvarından elde edilebilen doğal bir nanomateryal olan NC öne çıkan yeşil malzemelerden birisidir. NC üretiminde kullanılan kaynaklar fazla ve çok çeşitlidir. Gelecek vaat eden NC' ler yüksek en-boy oranına sahip olup, selüloza nazaran daha iyi mekanik özelliklere sahiptir. Bunun yanı sıra yenilenebilir bir malzeme olup, biyoyumlu olması da artan çevresel endişeler dolayısıyla bu malzemeyi cazip kılmaktadır. İçeriğinde bol miktarda fonksiyonel hidroksil grubu barındırdığından dolayı kimyasal reaksiyonlarla çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde özellikle polimer kompozitler içerisinde NC takviye edilmeye başlamıştır. Yeni bir biyopolimer kompozit endüstrisinin temelini oluşturacak ideal malzemeler olarak görülen nanoselülozun; selüloz nanokristal (CNC), selüloz nanofibril (CNF) ve bakteriyel nanoselüloz (BC) olmak üzere üç farklı çeşidi bulunmaktadır. Sahip olduğu özellikler nedeniyle geleceğin malzemesi olarak görülen NC' ler ile ilgili bu derlemede NC çeşitlerinden, avantajlarından ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Selüloz, nanoselüloz, selüloz nanokristal, selüloz nanofibril, bakteriyel nanoselüloz

Nanocellulose: structure, types, and applications

¹Canakkale Onsekiz Mart University, Vocational School of Technical Sciences, Çanakkale, Türkiye

²Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 10.09.2023


Accepted: 03.01.2024


Published: 23.04.2024

Review Article

Abstract – In recent years, due to increasing environmental awareness, climate changes, and oil depletion, petroleum-derived materials have begun to be replaced by materials obtained from natural resources and biodegradable. Cellulose, the most abundant natural polymer in the world, can be obtained from various sources (trees, plants, algae, animals, amoeba, bacteria, etc.). Cellulose is a material that has been used for centuries in many fields, especially paper. With the development of nanotechnology, cellulose gained a new form, and the material called Nanocellulose (NC). NC, a natural nanomaterial obtained from the plant cell wall, is one of the prominent green materials. A great variety of resources are used in NC production. Promising NCs have a high aspect ratio and better mechanical properties than cellulose. NC contains plenty of functional hydroxyl groups. In this way, it has a wide range of uses through chemical reactions. Nowadays, NCs have started to be used as reinforcement materials, especially in polymer composites. Nanocellulose is an ideal material that will form the basis of a new biopolymer composite industry. There are three different types: crystalline nanocellulose (CNC), cellulose nanofibril (CNF), and bacterial nanocellulose (BC). In this review about NCs, which are seen as future materials due to their properties, NC types, advantages, and usage areas are mentioned.

Keywords – Cellulose, nanocellulose, crystalline nanocellulose, cellulose nanofibril, bacterial nanocellulose

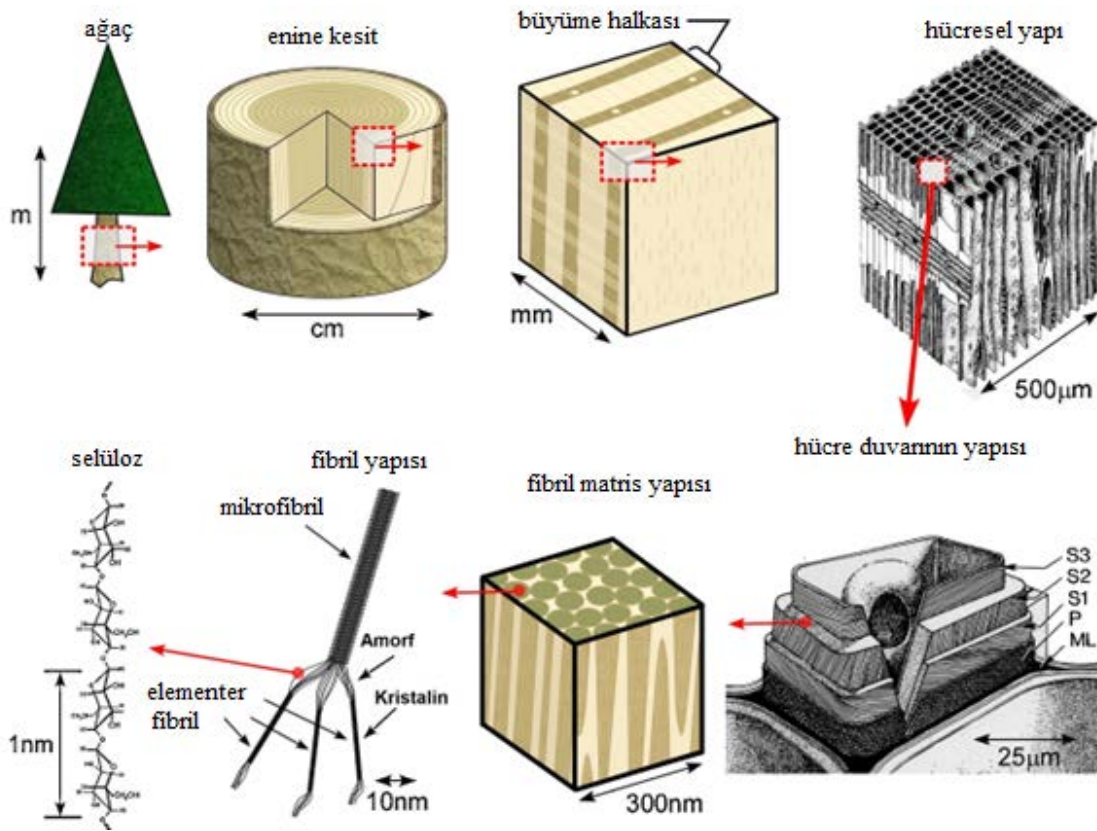
¹  gulyaz@comu.edu.tr

²  denizaydemir@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Bitki hücre duvarları, birbirine kenetlenen polisakkaritlerin çeşitli konfigürasyonlarından oluşan karmaşık yapılardır. Şekil 1’ de odun hücresindeki selüloz düzenlemesi verilmiştir. Hücre duvarı yapısına ve bileşimine bağlı olarak üç farklı katmana ayrılmaktadır; orta lamel, primer çeper ve sekonder çeper. Orta lamel yüksek oranda lignin içermekte olup hücreleri birbirine bağlayan amorf özellikte bir yapıya sahiptir. Hücrenin gelişme evresinde pektin içeren bu tabaka olgunlaşma evresinde lignince zenginleşmektedir. Hücrenin tabakalarından biri olan ve ağacın ilk yıllarında oluşan primer çeper yaklaşık 30-1000 nm kalınlığındadır. Hücrenin gelişim sürecinde ilk olarak meydana gelen çeper olup selüloz mikrofibriller çapraz olarak düzenlenmiştir. Bu çeper selüloz, hemiselüloz ve pektin olmak üzere üç ana bileşen içermektedir. Büyük oranda mikrofibrillerden meydana gelen sekonder çeper ince dış tabaka (S1), kalın orta tabaka (S2) ve ince iç tabaka (S3) olmak üzere üç katmandan meydana gelmektedir. Bu üç katman içerisinde yüksek oranda selüloz içeren S2 tabakası en değerli olanıdır (Abdul Khalil, vd., 2012; Dufresne, 2013; Gilbert vd., 2013; Nasir vd., 2017).



Şekil 1. Odunun hiyerarşik yapısı: ağaçtan selüloza (Dufresne, 2013).

Dünyada kaynakların sınırlı olması ve dünya üzerindeki nüfusun artması gibi nedenlerden dolayı doğal malzemelere ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Selüloz çevreye duyarlı, yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve biyolojik kökenli malzemeler arasında yer almaktadır. Selüloz ağaç, bitki, su yosunu, hayvan, amip, bakteri (Tablo 1) gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilmektedir. Dünyada en çok bulunan doğal bir polimer olan selüloz hücre duvarını oluşturan ana bileşenlerden birisidir. Anselme Payen 1938 yılında odunu nitrik asitle muamele etmiş ve selülozu elde etmiştir. Selüloz ($n < 20.000$) tekrar eden halkalı anhidro- β -D-glikoz monomerlerinden oluşan doğrusal zincirli bir homopolimer olup genel formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ 'dir (Brinchi vd., 2013; Ioelovich, 2016; Nasir vd., 2017; Özkan ve Güner, 2021).

Tablo 1

Selüloz üretiminde kullanılan kaynaklar (Trache vd., 2020).

Kaynak grubu	Kaynak
Yapraklı ağaçlar	Okaliptüs, Titrek Kavak, Balsa, Meşe, Karaağaç, Akçaağaç, Huş Ağacı
İğne yapraklı ağaçlar	Çam, Ardiç, Ladin, Kanada Çamı, Porsuk Ağacı, Karaçam, Sedir
Yıllık bitkiler/Tarımsal artıklar	Palmiye ağacı, Kenevir, Jüt, Sabır otu, Sisal, Kenaf, Hindistan cevizi kabuğu, Şeker kamışı küspesi, Mısır yaprağı, Ayçiçeği, Bambu, Kanola, Buğday, Pirinç, Ananas yaprağı ve Hindistan cevizi lifi, Yer fıstığı kabukları, Patates kabuğu, Domates kabuğu, Dut lifi
Hayvan	Tunicata, Chordata, Styela clava, Halocynthia roretzi Drasche
Bakteri	Gluconacetobacter, Salmonella, Acetobacter, Azotobacter, Agrobacterium, Rhizobium, Alkaligenes, Aerobacter, Sarcina, Pseudomonas, Rhodobacter
Alg	Su yosunu, Cystoseria myrica, Deniz erişttesi

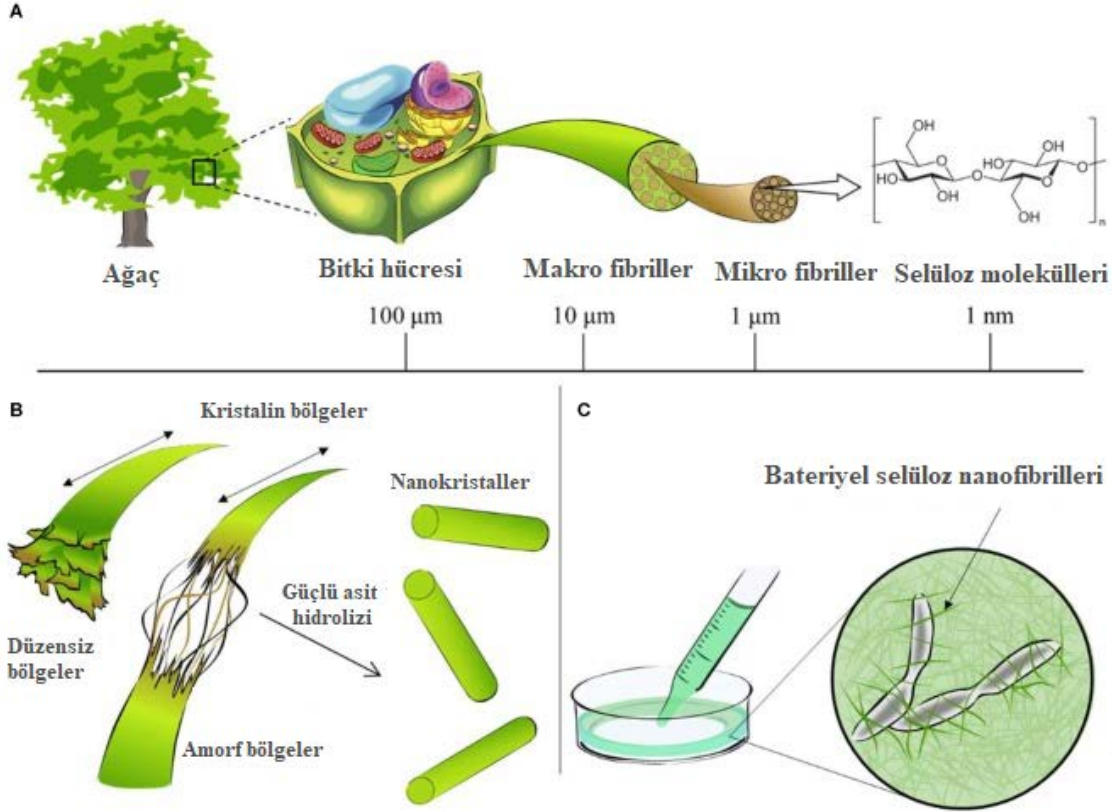
Selüloz, binlerce yıldır lifli malzemeler (pamuk, keten, rami, kenevir vb.) veya ahşap türevli kompozit malzemeler gibi çeşitli formlarda insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamıştır. 5000 yıl önce eski Mısır'da selüloz kumaşların sadece giysi olarak değil, aynı zamanda yara ve yanıkların tedavisinde pansuman olarak da kullanıldığı bulunmuştur. Günümüzde hala selüloz bandajlar ve pamuk yünü en yaygın yara pansumanları olarak kullanılmaktadır. 20. yüzyılda selüloz pansumanlarında selüloz liflerinin yanı sıra toz formda olan mikrokristalin selüloz da kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca yirmi birinci yüzyılda bu ürünlere nanoselüloz (NC) da katılmıştır (Ioelovich, 2016). İnsanların çevreyi koruma konusunda bilinçlendiği 21. yüzyılda yenilenebilir kaynakların kullanımı, doğaya dost olması nedeniyle günlük yaşamda giderek daha önemli hale gelmektedir (Dufresne, 2012, 2013; Phanthong vd., 2018).

2. Nanoselüloz (NC)

Nanoteknoloji, biyonanokompozitlerden tıbbi uygulamalara ve hatta algılama ve biyoalgılama uygulamalarına kadar birçok alanda yeni bir sanayi devriminin arkasındaki itici güçlerden biri haline gelmiştir. Nano ölçekli malzemelerin en az bir boyutu yaklaşık 100 nm boyutunda olup yığın malzemelere kıyasla belirli fizikokimyasal, optik, manyetik ve biyolojik özelliklere sahiptir (Trache vd., 2020). En eski ve en önemli polimer olan selüloz nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni bir form kazanmıştır. Selülozik nano partiküller genellikle nanoselüloz adı ile anılmaktadırlar. Nanoselüloz, nano ölçekli doğal selülozdan (bitkilerde, hayvanlarda ve bakterilerde bulunan) elde edilen ürünler olarak tanımlanır. Gelecek vaat eden doğal bir malzeme olan NC' ler geri dönüştürülebilirlik, biyoyumluluk, düşük toksisite riski ve ayarlanabilir yüzey özellikleri gibi dikkat çekici özellikleri nedeniyle bilim camiasında büyük bir ilgi görmektedir (Dufresne, 2012; Lin ve Dufresne, 2014; Salimi vd., 2019).

Genel olarak nanoselüloz ailesi üç gruba ayrılabilir:

1. Selüloz nanokristalleri (CNC), nanokristalin selüloz, selüloz (nano) kılçıkları, çubuk benzeri selüloz mikrokristalleri gibi diğer adlarla;
2. Selüloz nanofibrilleri (CNF), nanofibrillenmiş selüloz (NFC), mikrofibrillenmiş selüloz (MFC), selüloz nanofiberleri ile eş anlamlıdır;
3. Mikrobiyal selüloz olarak da adlandırılan bakteriyel selüloz (BC) (Lin ve Dufresne, 2014).



Şekil 2. (a) Bitkilerde veya ağaçlarda bulunan selülozun metreden nanometre ölçeğine kadar hiyerarşik yapısı (b) Nanoselüloz üretiminde selüloz ile kuvvetli asit arasındaki reaksiyonun şematik diyagramı (c) Selüloz sentezleyen bakterilerden kültürlenen bakteriyel nanoselüloz (Miyashiro vd., 2020).

Son yıllarda nanoselüloza olan ilgi büyük ölçüde artmıştır, bunun çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bunlar;

1. Nanoselülozlar, kısmen geleneksel ve yaygın olarak kullanılan kağıt hamuru üretimi /ağartma teknolojileri kullanılarak bol miktarda odun biyokütlesinden üretilebilir.
2. Karbon nanotüpler ve grafen gibi nanoteknolojiyle ilgili bilim ve mühendislikteki son gelişmeler, yüksek teknolojlü malzeme alanlarında yeni uygulamalara yol açmıştır.
3. Yeniden üretilebilir doğal biyokütlelerden elde edilen nanoselülozların üretim süreci, enerji tüketimi, çevre ve güvenlik konuları açısından çok daha tercih edilebilir ve faydalı olduğu düşünülmektedir;
4. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki kağıt hamuru ve kağıt endüstrisi ağaç lifleri için yeni uygulamalar aramaktadır.
5. Nanoselülozların yeni biyo bazlı nanomalzemeler olarak kullanılma potansiyeli büyüktür (Isogai, 2013).

NC, bitki hücre duvarından elde edilebilen doğal bir nanomateryal olup yüksek mukavemet, mükemmel sertlik ve yüksek yüzey alanı gibi çekici özelliklere sahiptir. Ayrıca NC yapısı itibarıyla yüzey modifikasyonuna uygun bol miktarda hidroksil grubu içerir. Bu nanomalzemeler, çeşitli uygulamalara yönelik olağanüstü özellikleri nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Selüloz bazlı malzemelerin işlevsellik, tekdüzelik ve dayanıklılık gibi zorunlu özelliklerinden bazıları NC kullanımıyla geliştirilebilir. NC' ler yüksek yüzey alanları, yüksek su tutma kapasiteleri ve hemen hemen istenilen her fonksiyonel grubun eklenebildiği -OH yan gruplarının reaktif yüzeyi nedeniyle gelişmiş mekanik özellikler sunarlar (Blanco vd., 2018).

2.1. NC' nin Yapısal Özellikleri

NC, çeşitli organizmaların selülozik biyokütlesinin en küçük yapısal parçasıdır. CNF genellikle mekanik işlemlerle üretilirken, CNC konsantre asit hidrolizi ile üretilmektedir. Bu nedenle CNF CNC' ye göre daha amorf yapıda olan bşr malzemedir. Bu yapısal farklılık CNF ve CNC' nin farklı uygulama alanlarında kullanılmasını

sonucunu doğurmaktadır. Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile CNC ve CNF' nin elastik modülü değerlendirilmiş ve TEMPO ile elde edilen selüloz nanoliflerinin 200- 300 MPa' lık yüksek gerilme mukavemetine ve 6- 7 GPa' lık elastik modüle sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nanofibriler selülozun yüksek mukavemeti, potansiyel ekonomik avantajlarıyla birleştiğinde, daha dayanıklı, daha hafif ve güçlü malzemeler üretme fırsatı sunmaktadır (Bharimalla vd., 2015; Isogai vd., 2011).

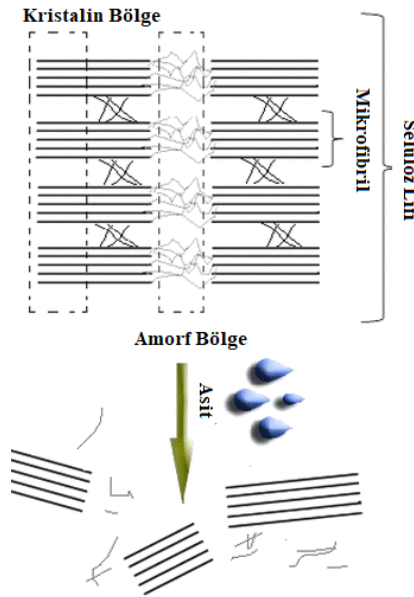
2.2. Üretim Yöntemleri

NC üretiminde temel adım uygun kaynağın seçilmesidir. Selüloz içeriği farklı kaynaklarda farklılık göstermektedir. Bu NC' nin özelliklerinin yanı sıra üretim verimliliğini de etkileyebilmektedir. Uygun kaynak seçildikten sonra yabancı maddelerin (hemiselüloz, lignin, mum vb.) uzaklaştırılması için bir ön işleme ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlemlerle birlikte yabancı maddeler uzaklaştırılarak selüloz işlenmeye hazır hale getirilmektedir. Ön işlemler genellikle fizikokimyasal, kimyasal ve biyolojik yöntemlerdir (Salimi vd., 2019). Selülozdan NC üretmek için çeşitli teknikler mevcut olup bu teknikler içerisinde en önemli ve sık kullanılan yöntemler; kimyasal, fiziksel, mekanik ve biyolojik yöntemlerdir (Frone vd., 2011; Salimi vd., 2019).

2.2.1. Kimyasal Yöntem

2.2.1.1. Asit Hidrolizi

H₂SO₄, HCl ve H₃PO₄ gibi asitler kullanılarak selüloz nano liflerinin kararlı sulu süspansiyonları hazırlanabilmektedir. Asit hidrolizi selülozun amorf bölgeleri ortadan kaldırarak yüksek derecede kristallığe sahip mikro ve nano liflerin izolasyonuna yol açmaktadır. Hidroliz reaksiyonunun süresi ve sıcaklığı ile asit konsantrasyonu, elde edilen liflerin morfolojisi ve boyutları üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu yöntem tek başına kullanılabileceği gibi diğer yöntemlerle birlikte de kullanılabilir (Frone vd., 2011).



Şekil 3. Asit hidrolizi yoluyla CNC üretimi (Salimi vd., 2019).

2.2.1.2. Alkali Hidrolizi

Alkali hidrolizi ligninin yapısını bozmakta ve selüloz liflerinin hücre duvarından kısmen ayrılmasını sağlamaktadır. Bu işlem selülozun fiziksel, kimyasal özelliklerini ve özellikle diğer kimyasal maddelere karşı reaktivitesinin iyileştirilmesini sağlamaktadır. Bu işlem genellikle düşük veya yüksek sıcaklıklarda seyreltilmiş NaOH (%1-10) çözeltileri ve yalnızca düşük sıcaklıklarda %10'un üzerinde konsantre NaOH çözeltileri kullanılarak yapılmaktadır. İstenmeyen selüloz bozunmasını önlemek, hidrolizin yalnızca lif yüzeyinde meydana gelmesini sağlamak ve böylece bozulmamış nano liflerin ekstrakte edilebilmesi için alkali ekstraksiyonunun dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. (Frone vd., 2011; Islam vd., 2014).

2.2.1.3. Oksidatif Ön İşlem (TEMPO)

Prensip olarak 2,2,6,6-Tetrametil-piperidin-1-il)-oksil (TEMPO) radikali ilave negatif karboksilik (COOH) gruplarının eklenmesine yardımcı olmaktadır. Bu yöntemle selüloz malzemenin amorf bölgelerinin asit hidrolizi ile uzaklaştırılmasının aksine nano boyutlu elemanların serbest bırakılmasına karşı, liflerin tek tek suda dispersiyonlar oluşturmasına izin vermektedir (Noremylia vd., 2022).

2.2.1.4. Enzimatik Hidroliz

Asit hidrolizi ve mekanik işlemler CNC ve CNF elde edilmesinde kullanılan en yaygın yöntemler arasında yer almaktadır. Ancak bu yöntemlerde yüksek oranlarda su kullanılmasından kaynaklı olarak ekonomik ve çevresel yönden dezavantajlar bulunmaktadır. Bu nedenle bu yöntemlere alternatif bir yöntem olarak NC üretilmesinde enzimatik hidroliz yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu yöntem çevre dostu olması nedeniyle avantajlı olsa da maliyetli bir işlemdir (Noremylia vd., 2022).

2.2.2. Fiziksel Yöntem

Mekanik küçültme yönteminde gerekli olan enerjinin büyük olması nedeniyle selüloz nano boyutlu yapıların izolasyonu için yeni ve çevre dostu yöntemler araştırılmaktadır. Bu yöntemler arasında ultrasonikasyon ve mikrodalga yöntemleri kullanılmaktadır. Ultrasonikasyon, selüloz lifleri elde etmek için tek başına veya diğer yöntemlerle (asit hidrolizi gibi) birlikte kullanılabilir. Mikrodalga kullanılarak selüloz liflerinin nano ölçeğe kadar parçalanması sağlanabilmektedir. Fakat elde edilen malzeme yüksek oranda bozunmakta ve nano liflerin mukavemet özelliklerinin düşmektedir (Frone vd., 2011).

2.2.3. Mekanik Yöntem

Bu yöntemle 50 ila 1000 nm arasında değişen çaplarda NFC üretebilmektedir. Mekanik kuvvetlerin etkisi altında lifli malzemede kritik gerilim merkezleri oluşturan bir çatlama meydana gelmektedir. Mekanik yöntem özellikle kimyasal yöntemle birlikte kullanılmaktadır (Islam vd., 2014; Salimi vd., 2019).

2.2.3.1. Yüksek Basıncılı Homojenizasyon

Bu yöntemin avantajları; organik solvent kullanılmadan yüksek verimlilik elde edilmesi ve işlemin basit olmasıdır. Ancak ekipman temizliğinin zor olması bu yöntemin dezavantajıdır (Islam vd., 2014; Salimi vd., 2019).

2.2.3.2. Mikroakışkanlaştırma (Microfluidization)

CNF üretiminde kullanılan diğer bir geleneksel mekanik işlem yöntemidir. Bu yöntemin de tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte kullanılması mümkündür. Ancak bu yöntem endüstriyel ölçekli üretim için uygun değildir. Bu yöntemde selülozun moleküller arası hidrojen bağlarını daha kolay kırabildiği için HPH yöntemine kıyasla daha dar bir parçacık boyutu dağılımı sağlanabilmektedir (Salimi vd., 2019).

3. Liflendirme (Refining)

Seyreltik lif süspansiyonu rotor ve stator diskleri arasındaki bir boşluktan geçirilmektedir. Bu diskler, liflerin tekrarlanan döngüsel gerilimlere maruz kaldığı çubuklar ve oyuklarla donatılmış yüzeylere sahiptirler. Bu mekanik işlem liflerin morfolojilerini ve boyutlarını değiştirmekte ve bağlanma potansiyelini arttırmaktadır (Islam vd., 2014; Salimi vd., 2019).

4. Kriyo Kırma (Cryocrushing)

Bu yöntemde sıvı nitrojen lifleri dondurmaktadır, sonrasında yüksek kesme kuvvetleri uygulanarak bunlar dökme demir havan ve havan tokmağı ile ezilmektedir. Mekanik etki altında, buz kristalleri selülozun hücre duvarlarına baskı uygulayarak hücre duvarlarını kırmakta ve böylece CNF elde edilmektedir. Bu yöntemde ince lifler (1 µm ile 100 nm arasındaki boyutlar) üretilmemesi nedeniyle bu yöntem tek başına nadiren kullanılmaktadır (Salimi vd., 2019).

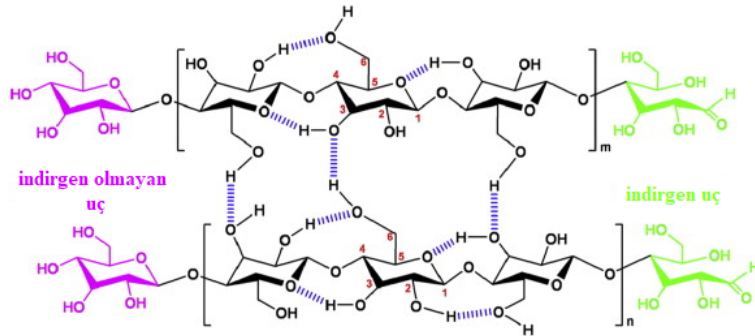
2.2.4. Biyolojik Yöntem

Bu yöntemde enzimlerin etkisi altında selüloz malzemeleri bozunma sürecine maruz bırakılmaktadır. Mikroorganizmalar (mantar ve bakteri gibi) aracılığıyla veya doğrudan lignin ve hemiselülozu parçalayan bir selüloz enzimi yardımı ile biyolojik bir reaksiyon gerçekleşmesi sağlanmaktadır. Selülozun parçalanmasını sağlayan özel enzimler arasında ligninazlar, ksilanazlar ve selülazlar yer almaktadır. Mantarlar selülaz üreten ana mikroorganizmalar olup birkaç bakteri ve aktinomiset de selülaz aktivitesi sağlayabilmektedir. Kimyasal malzeme kullanılmadan NC üretildiği için bu yöntem çevresel açıdan sürdürülebilir bir süreç olmaktadır. CNC, CNF ve BC üretiminde bu yöntemden faydalanılabilmektedir (Frone vd., 2011; Salimi vd., 2019).

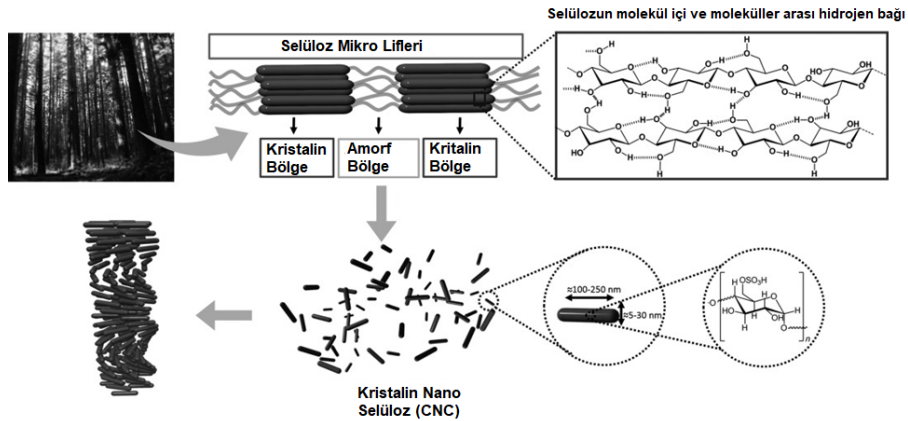
2.3. NC Türleri

2.3.1. Selüloz Nanokristal (CNC)

1949 yılında Rånby suda dağılmış selüloz liflerine asit hidrolizi kullanarak CNC'yi üretmiştir. Bu yöntemde, selülozun amorf bölgelerini parçalayan ve kristalin bölgeleri bozulmadan bırakan derişik sülfürik asit yaygın olarak kullanılır ve yüzeylerinde sülfat grupları bulunan çubuk benzeri rijit CNC üretilir. CNC'lerin morfolojileri genellikle selülozun kaynağına bağlıdır. Selülozun asidik işleme biyopolimerin amorf kısımlarını seçici olarak hidrolize eder ve böylece nanokristal çubuklar kalır. Asit hidroliz işleminin koşullarına ve selüloz kaynağına bağlı olarak bu çubukların uzunluğu 100 µm'a kadar olup genişliği 3 ila 100 nm (ISO/TS 20477:2017 (en)) arasında değişmektedir. Selüloz kristallerinin boyutları hidroliz süresine bağlı olduğundan dolayı reaksiyon süresi uzadıkça daha kısa kristallerin oluştuğu bildirilmiştir. Selüloz nanokristallerine genellikle bıyıklar, nanokristaller, nanopartiküller, mikrokristalitler veya nanofiberler denir (Giese vd., 2015; Habibi, 2014; Klemm vd., 2011; Nechporchuk vd., 2016)



Şekil 4. Selülozün kimyasal yapısı ve molekül içi, moleküller arası hidrojen bağlarının şematik gösterimi (Lin ve Dufresne, 2014).



Şekil 5. CNC'lerin odundan izolasyonu birbirini takip eden iki adımdan oluşmaktadır; Ağaçların yumuşak odun hamuru haline getirilmesi, selüloz mikrofibrillerinde yer alan amorf bölgelerin yok edilmesi için 45 °C'de H₂SO₄ ile işlenmesi (Giese vd., 2015).

2.3.2. Selüloz Nanofibril (CNF)

1982 yılında Turbak ve ark. okaliptüs hamurundan nanoselüloz, yani selüloz nanofibrillerini (CNF' ler) çıkarmak için yüksek basınçlı bir homojenleştirici kullanmıştır (Nechyporchuk vd., 2016; Yi vd., 2020). Selüloz nanofibrilleri (CNF), bilim camiasının giderek daha fazla ilgisini çeken bir malzemedir. 2008'den bu yana, selüloz nanofibrilleri daha fazla ilgi görmeye başlamış ve şu anda Avrupa'da önemli bir biyoekonomik öncelik haline gelmiştir. Odun hücre duvarı; çapı ~4 nm olan uzun, lifli nanofibriller olan "mikrofibriller" formunda kabaca %40 oranında selüloz içermektedir. Ahşabın mekanik özellikleri büyük ölçüde, son on yılda aktif bir araştırma alanı olan bu selüloz nanofibrillerin (CNF) yüksek kristal modülüne (~136 GPa) ve mukavemetine (~3 GPa) dayanmaktadır. CNF, uygun kimyasal/enzimatik ön işlemler ve ardından mekanik bir işlem kullanılarak odun hamurundan veya odunsu olmayan kaynaklardan elde edilebilen nano boyutlu çaplara (5-50 nm aralığında) ve birkaç mikrometreye kadar uzunluklara sahip selülozik parçacıklardır (Alves vd., 2019)

CNF selülozun özelliklerinin çoğunu (düşük yoğunluk, yenilenebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve biyolojik uyumluluk) taşımaktadır. Bunun yanı sıra yüksek spesifik yüzey alanı, geniş en boy oranı, yüksek kristallik, yüksek yüzey aktivitesi ve iyi reolojik özellikler gibi diğer birçok mükemmel özelliğe de sahiptir (Yang vd., 2019).



Şekil 6. Farklı selüloz kaynakları (odun veya yıllık bitki), ardından farklı mekanik işlemler kullanılarak selüloz liflerinin hücre duvarından ekstraksiyonunun yapılması ve NFC jel süspansiyonu eldesi (Missoum vd., 2013).

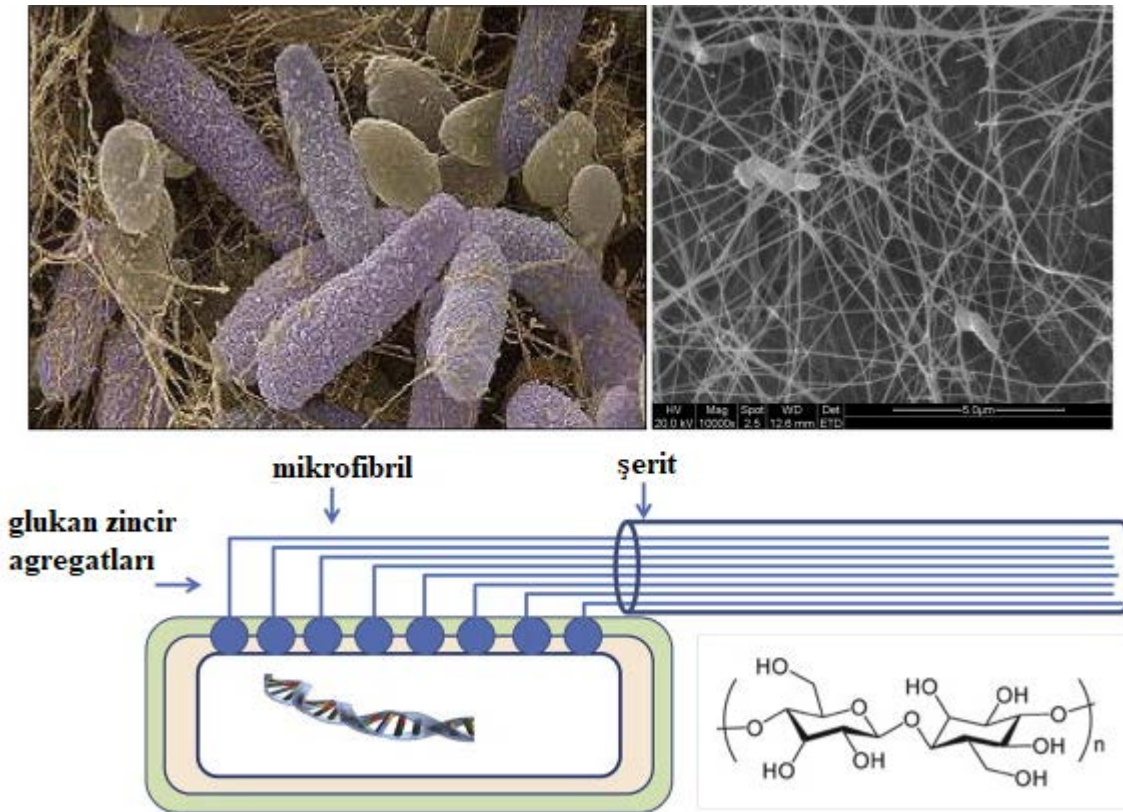
2.3.3. Bakteriyel Nanoselüloz (BC)

Selüloz bitkiler dışında mantar, bakteri, alg gibi birçok mikroorganizmada da bulunmaktadır. Bakteriler-den, özellikle *Acetobacter xylinum*' dan (*A. xylinum*) üretilen selülozun ilk raporu 1886'da Brown tara-fından açıklanmıştır. BC mikrofibrilleri ilk kez 1949 yılında Muhlethalerin tarafından tanımlanmış olup bu mikrofibriller bitki selülozundan yaklaşık 100 kat daha küçüktür. Mikrobiyal bir polisakarit olan BC (1→4) β-glikosidik bağlantılı gliukoz birimlerinden oluşan, nanofibrillere sahip dallanmamış bir polimerdir. Bu doğrusal glukan zincirleri oldukça düzenli molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağları oluşturur. Bu liflerin oluşturulması sürecinde polimerizasyon ve kristalleşme her iki özelliği de içerecek şekilde birlikte gerçekleşir. Bu nanofibriller nm aralığında kesit boyutlarına sahiptir ve bunlar daha sonra 50-80 nm genişliğinde ve 3-8 nm kalınlığında mikrofibriller oluşturacak şekilde bir araya gelebilirler. Bunlar daha sonra 3 boyutlu bir ağ yapısı oluşturabilir (Şekil 7). Bu ince yapı BC' yi diğer mikrobiyal polisakaritlerden farklı kılmaktadır (Akoğlu vd., 2010; Azeredo vd., 2019; Esa vd., 2014; Shi vd., 2014; Shoda ve Sugano, 2005; Vandamme vd., 1998; Wang vd., 2019).

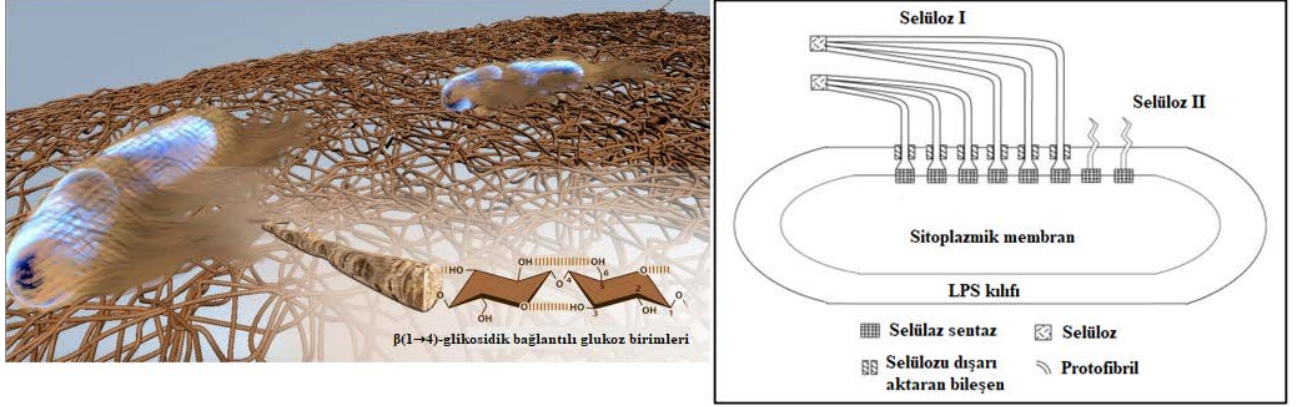
BC' nin lifli ağı, iyi düzenlenmiş üç boyutlu nano liflerden meydana gelmektedir ve durum yüksek yüzey alanına ve gözenekliliğe sahip hidrojel tabakanın oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 6' da açıklandığı gibi *Acetobacter xylinum*, selüloz I (şerit benzeri polimer) ve selüloz II' yi (termodinamik olarak istikrarlı polimer) üretir. Sentez işlemi sırasında, glikoz zincirinin protofibrilleri bakteri hücre duvarı yoluyla salgılanır ve bir araya gelerek nanofibriller selüloz şeritlerini oluşturur. Bu şeritler BC' nin ağ yapısını (oldukça gözenekli, matrisli ağ şeklinde) oluşturur. Oluşan selüloz, hidrofiliklik, biyobozunabilirlik ve kimyasal değiştirme kapasitesi olarak açıklanan, bol miktarda hidroksil grubu yüzeyine sahiptir (Esa vd., 2014).

Moleküler formülü bitki selülozuna benzer olsa da BC' nin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklıdır. Bitki selülozu genellikle hücre duvarında bulunmakta olup, hemiselüloz, lignin ve diğer yabancı maddelerle karmaşık bir yapı oluşturmaktadır. Mikro fibril demetlerinden oluşan bir şerit şeklinde salgılanan BC şeritleri çok ince olup genişliği bitki selülozunun yalnızca yüzde biri kadardır. Şerit selüloz ayrıca bitki selülozunun aksine düzenli bir yapı oluşturarak görünür bir ağı yapı halinde büyür. BC;

- Bitki selülozunda bulunan lignin ve hemiselüloz BC' de olmadığı için BC yüksek saflığa,
- Yüksek kristaniliteye,
- BC tabakaları formu, iki boyutlu organik malzemeler içerisinde en yüksek Young modülü' ne (15~30 GPa),
- Mükemmel bir biyobozunurluğa,
- Ağırlığının yüz katına kadar büyük su tutma kapasitesine,
- Yapısında bulundurduğu hidroksil grupları sayesinde mükemmel bir etkileşim özelliğine sahiptir (Shi vd., 2014; Shoda ve Sugano, 2005).



Şekil 7. *Acetobacter xylinum*'un SEM görüntüleri ve Bakteriyel selüloz oluşumu (Shi vd., 2014).



Şekil 8. *Acetobacter xylinum* bakterileri tarafından salgılanan 3 boyutlu ağın temsili şeması ve *Acetobacter xylinum* tarafından selüloz mikrofibrillerinin üretimi (de Oliveira Barud vd., 2016; Esa vd., 2014).

BC' nin sentez süresi polimerin moleküler özellikleri üzerine etkili olup bu süre 6 güne kadar uzatıldığında, BC' nin polimer oluşum derecesi yükselmektedir. Bu süre 28 güne kadar uzarsa polimer oluşum derecesi düşmekte ve polidispersite artırmaktadır. Genel olarak suda çözünmeyen, esnek, gerilme direnci yüksek, elastik bir polimer olan BC ağsı bir yapıya sahip olup kristalize özelliği yüksektir. Yüksek miktarda su içerdiği için jelatinimsi bir görünüme sahiptir. Jeldeki su moleküllerinin büyük bir bölümü selüloza gevşek ya da sıkı şekilde bağlı olup suyun fazlası polimere bağlanmadığı için polimerin yavaşça bastırılması halinde fazla su dışarı çıkabilmektedir. Kurutulmuş BC, ses dalgalarını hızlı bir şekilde iletebildiği için akustik membran olarak kullanılabilirler (Akoğlu vd., 2010).

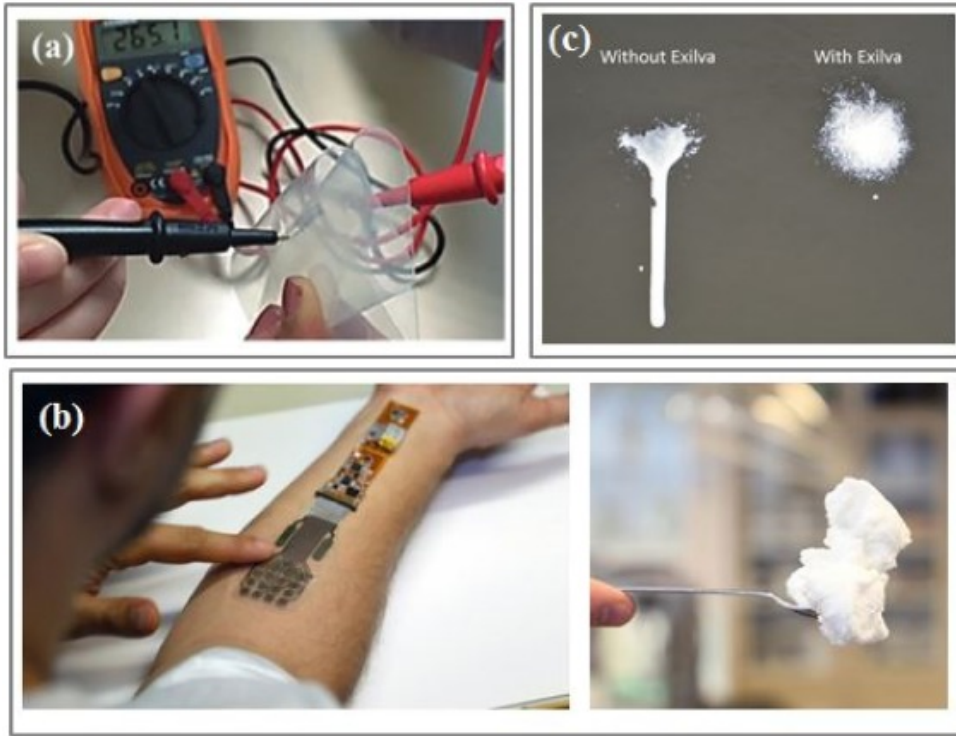
3. Nanoselülozun Kullanım Alanları

CN' ler nano ölçekli boyutları, yüksek yüzey alanı, benzersiz morfolojisi, düşük yoğunluğu (saf kristalli selüloz I_β için 1,61 g/cm³ olduğu tahmin edilmektedir), mekanik dayanımları gibi özelliklerinden dolayı nanokompozit alanında büyük ilgi çekmiştir. Ayrıca kolaylıkla (kimyasal olarak) modifiye edilebilirler, kolayca elde edilebilirler, yenilenebilirler ve biyolojik olarak parçalanabilirler (Habibi, 2014). CN' ler, yeni bir biyopolimer kompozit endüstrisinin temelini oluşturacak ideal malzemelerdir (Moon vd., 2011). Küresel ısınmanın önlenmesi amacıyla karbondioksit emisyonlarının kontrol altına alınması ve yakıt tüketiminin azaltılması uzun süredir devam eden bir konudur. Otomotiv endüstrisi, havacılık ve demiryolları gibi birçok alanda kullanılan araçların ağırlıklarının çoğu gövdedir. Yakıt tüketiminin azaltılması için bu ağırlığın azaltılması önemlidir. Direksiyon sağlamlığının korunabilmesi ve güvenlik açısından gövdenin sertliğinin yüksek olması gerekmektedir. Plastik, epoksi ve NC' den üretilen kompozitler gösterge paneli, kapı panelleri ve araç gövdesinin iç panelleri gibi çeşitli parçalarda takviye amacıyla kullanılmaktadırlar. Ayrıca 2015 yılında Fin şirketi UPM NC kullanılmış konsept bir araba, 2019 yılında ise Tokyo Otomobil Fuarı' nda nano selüloz araç (NCV) sergilenmiştir (Miyashiro vd., 2020). Özetle NC' ler; nanokompozit, plastik, kağıt ve karton kutu, yapı, otomotiv, tekstil, gıda, çevre, ilaç, kozmetik, biyosensör, elektronik cihazlar, nanokağıt alanında ve 3D yazıcılarda kullanılmaktadırlar (Blanco vd., 2018).

CNC' nin insan vücudu için toksik olmaması nedeniyle CNC ve CNC kompozitler biyomedikal uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Ayrıca antibakteriyel özellikleri nedeniyle antibakteriyel uygulama alanlarında da kullanılmaktadırlar. Nano boyutlu, biyoyumlu, biyolojik olarak parçalanabilen ve kolay modifiye edilebilen CNC' ler, biyomedikal uygulamalar için biyoaktif moleküllerin taşıyıcıları olarak ümit verici bir malzemedir. Ayrıca biyo görüntüleme alanında gelecek vaat eden malzemeler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra CNC' ler iyi mekanik özelliklerinden dolayı biyokompozitlerde takviye malzemesi olarak da kullanılmaktadırlar (Xue vd., 2017).

CNF birçok uygulama alanında giderek artan ilgi çekici bir malzeme haline gelmiştir. Son on yılda biyolojik tıp, kaplama ve polimer nanokompozitleri güçlendirmek için katkı maddeleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Yang vd., 2019). Enerji depolama cihazlarında (örneğin Li-iyon pillerdeki elektrotlar) bağlayıcı olarak

CNF kullanılması yeni çalışmalar arasında yer almaktadır. Bu gelişme ile birlikte petrol bazlı polimerlere alternatifler düşünülmektedir. Ancak bu tür uygulamalardaki zorluklardan biri nanofibrillerde sıkışan su miktarıdır. Performans üzerinde olası olumsuz etkileri önlemek ve ilgili enerji kapasitesini artırmak için yalnızca düşük CNF oranları (ağırlıkça ~%4) kullanılabilir. Su içeriği değerinin 20–50 ppm’den fazla olması lityum tuzunun bozulmasına neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra selüloz 20.000-120.000 ppm arasında hapşolmuş su içerebileceğinden, fazla suyun uzaklaştırılması için uzun süreli bir ısıtma işlemi uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, CNF’ nin umut verici yapışma etkisine rağmen, elektrot etrafında nispeten düşük bir esnekliğe sahip olması, esnek cihazlarda kullanımını kısıtlayabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı mevcut elektrot bağlayıcıların nanoselüloz veya nano ölçekli türevleriyle tamamen değiştirilmesi için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Fakat uygulanabilir olduğu kanıtlanırsa, bu tür bir alternatif temel olarak enerji verimliliğini artırabilir. CNF’ nin en umut verici bağlayıcı uygulamalarından biri, üre-formaldehit (UF) reçinesinin yerine geçecek şekilde yonga levhaların ve orta yoğunluklu lif levhaların (MDF) üretimidir. Formaldehitin hem üretimi hem de kullanımı sırasında emisyon ortaya çıkmaktadır. UF içeren levhaların önemli bir dezavantajı, kanserojen olduğu kanıtlanmış formaldehit içermesidir. Selüloz nanofibrilleri, formaldehit içermeyen bir üretim süreci yoluyla ahşap parçacıkları/lifleri arasında güçlü bir bağ kurabilmektedir. Petrol bazlı kimyasallardan tamamen bağımsız oldukları için bu sistemler için tamamen sürdürülebilir bir alternatif sunabilmektedir. Fakat bu levhaların nem içeriği geleneksel bir üre-formaldehit reçine sisteminde preslenecek bir yonga levha matının ortalama nem içeriğinden daha fazladır. Bu nedenle suyun uzaklaştırılması ve kurutma konusunda daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir (Tayeb vd., 2018).



Şekil 9. CNF’ lerin kullanım alanları; a) iletken malzemelerin hazırlanması, b) 3 boyutlu baskı ve biyomedikal uygulamalar, c) boyama (Rol vd., 2019).

Bakteriyel selüloz, yüksek saflığı ve özel fizikokimyasal özellikleri ve ayrıca doğal, yenilenebilir bir polimer olması nedeniyle geniş bir uygulama yelpazesi sunmaktadır. Yüksek su emme kapasitesi nedeniyle ıslak selüloz, ciddi cilt yanıklarının tedavisinde geçici yapay deri olarak kullanılabilir. BC’ nin farklı endüstriyel alanlarda uygulama alanları mevcuttur. Bu endüstri kollarındaki bazı uygulamaları; gıda ambalajı, şeffaf kaplama veya film, pil ayırıcı, adsorban, ilaç endüstrileri, su arıtma, kozmetik, biyomalzemeler, etanol üretimi, elektrik iletkenleri veya manyetik malzemeler, yapay kan damarları ve yapay doku mühendisliği yapı iskeleleri’ dir (Vandamme vd., 1998; Wang vd., 2019).



Şekil 10. Biyomedikal alanda bazı bakteriyel selüloz uygulamaları ve yara pansumanı olarak BC membranının temsili şeması (Yaralıları kaplayan BC ağı ayrıntılı olarak örneklendirilmiştir.) (de Oliveira Barud vd., 2016).

BC' ler bir tür diyet lifi olup genel olarak güvenli olarak kabul edilen" (GRAS) olarak sınıflandırılmıştır ve 1992 yılında ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından bu şekilde kabul edilmiştir. Diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalık ve divertikül gibi kronik hastalık riskini azaltmaya yardımcı olduğu bilinen diyet liflerinden biri olan BC' nin diğer diyet liflerine nazaran birçok avantajı vardır. Mikroorganizmalar tarafından üretilen bakteriyel selüloz, selülozun son derece saf bir formudur. Bitki kaynaklarından elde edilen selülozun üretimi için gerekli olan izolasyon ve saflaştırmada kullanılan zararlı kimyasal işlemler gerektirmez. BC meyvenin doğal aroma ve pigmentini verebilir. BC gıdada birçok farklı uygulama alanında (filmler, çok şekilli hamurlar, filamentler, küreler, parçacıklar, bıyıklar vb. gibi çeşitli şekil ve dokuların üretilmesi) kullanılabilir (Choi vd., 2022; Shi vd., 2014).

4. Sonuç

Son 50 yıldır insan popülasyonunun artması ve buna paralel olarak doğal kaynakların azalması ve çevresel kirlilik nedeniyle petrol türevli malzemelere alternatif malzeme arayışını hızlandırmıştır. Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte doğal kaynaklı malzemelerin kullanımına yönelik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu malzemelerden biri olan selüloz yeni işlemlere sahip malzemeler üretilmesi konusunda araştırmacıların büyük ilgisini çekmektedir. Özellikle nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte nano boyutta selülozik materyaller geliştirilmiş ve bu materyaller kısaca NC olarak isimlendirilmiştir. NC, selülozun kendine özgü özelliklerini bünyesinde barındırırken aynı zamanda nano ölçekli malzemelerin benzersiz özelliklerini de taşımaktadır. Ayrıca NC, yüksek mekanik özelliklere sahip olup, biyouyumlu, biyobozunur, antimikrobiyal özelliklere sahip ve toksik olmayan bir malzemedir. Bu sebeplerden dolayı günümüzde gerek yıllık bitkiler gerekse odunsu bitkilerden farklı metotlarla benzer özelliklere sahip olan NC' ler elde edilmektedir. Bu materyaller pek çok farklı sektörde (ilaç, kozmetik, kaplama, polimer kompozitler, gıda vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır. CNF' ler CNC' lere nazaran daha yüksek en boy oranına sahip olup, takviye malzemesi olarak kullanıldığı kompozitlerin mekanik özelliklerinin yükselmesini sağlamaktadır. CNC yüksek oranda hidrojen bağı içerdiğinden yüksek bir bağlanma özelliğine sahiptir bu nedenle özellikle ilaç taşıyıcı maddeler olarak kullanılmaktadırlar. Bunun yanı sıra kristal yapılarından dolayı benzersiz bir optik özelliğe sahip olup transparan özelliklerinden dolayı optik malzeme alanında kullanımları da mevcuttur. Tamamen bakteriler tarafından sentezlenen BC ise özellikle biyomühendislik ve biyomedikal uygulamalarında tercih edilmektedir. Günümüzde insan yaşamında önemli bir yere sahip olan NC, Birleşmiş Milletlerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde ve ülkemizde kalkınmada öncelikli alanlar içerisinde yer almaktadır. Bu nedenlerden dolayı gelecekte NC' nin malzeme biliminde önemli bir role sahip olacağı ve malzeme bilimine daha fazla katkıları olacağı düşünülmektedir.

Yazar Katkıları

Gülyaz AL: Makaleyi yazmıştır.

Deniz AYDEMİR: Düzeltme yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Kaynaklar

- Abdul Khalil, H. P. S., Bhat, A. H., Ireana Yusra, A. F. (2012). Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 963-979. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.08.078>
- Akoğlu, A., Gül Karahan, A., Lütfü Çakmakçı, M., ve Çakır, İ. (2010). Bakteriyel Selülozun Özellikleri ve Gıda Sanayisinde Kullanımı. *The Journal of Food*, 35(2), 127-134.
- Alves, L., Ferraz, E., Gamelas, J. A. F. (2019). Composites of nanofibrillated cellulose with clay minerals: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 272, 101994. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.101994>
- Azeredo, H. M. C., Barud, H., Farinas, C. S., Vasconcellos, V. M., Claro, A. M. (2019). Bacterial Cellulose as a Raw Material for Food and Food Packaging Applications. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 429319. <https://doi.org/10.3389/FSUFS.2019.00007/BIBTEX>
- Bharimalla, A. K., Deshmukh, S. P., Patil, P. G., Vigneshwaran, N. (2015). Energy Efficient Manufacturing of Nanocellulose by Chemo- and Bio-Mechanical Processes: A Review. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 05(04), 204-212. <https://doi.org/10.4236/WJNSE.2015.54021>
- Blanco, A., Monte, M. C., Campano, C., Balea, A., Merayo, N., Negro, C. (2018). Nanocellulose for Industrial Use: Cellulose Nanofibers (CNF), Cellulose Nanocrystals (CNC), and Bacterial Cellulose (BC). *Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications*, 74-126. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813351-4.00005-5>
- Brinchi, L., Cotana, F., Fortunati, E., Kenny, J. M. (2013). Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: Technology and applications. *Carbohydrate Polymers*, 94(1), 154-169. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2013.01.033>
- Choi, S. M., Rao, K. M., Zo, S. M., Shin, E. J., and Han, S. S. (2022). Bacterial Cellulose and Its Applications. *Polymers 2022, Vol. 14, Page 1080*, 14(6), 1080. <https://doi.org/10.3390/POLYM14061080>
- de Oliveira Barud, H. G., da Silva, R. R., da Silva Barud, H., Tercjak, A., Gutierrez, J., Lustri, W. R., de Oliveira Junior, O. B., Ribeiro, S. J. L. (2016). A multipurpose natural and renewable polymer in medical applications: Bacterial cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 153, 406-420. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2016.07.059>
- Dufresne, A. (2012). Nanocellulose: potential reinforcement in composites. S. T. Maya J John (Ed.), *Natural Polymers: Volume 2: Nanocomposites* (C. 2, ss. 1-32).
- Dufresne, A. (2013). Nanocellulose: a new ageless bionanomaterial. *Materials Today*, 16(6), 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.06.004>
- Esa, F., Tasirin, S. M., Rahman, N. A. (2014). Overview of Bacterial Cellulose Production and Application. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.017>
- Frone, A. N., Panaitescu, D. M., Donescu, D. (2011). Some Aspects Concerning the Isolation of Cellulose Micro-and Nano-Fibers. *Bull., Series B*, 73(2).
- Giese, M., Blusch, L. K., Khan, M. K., MacLachlan, M. J. (2015). Functional Materials from Cellulose-Derived Liquid-Crystal Templates. *Angewandte Chemie International Edition*, 54(10), 2888-2910. <https://doi.org/10.1002/ANIE.201407141>
- Gilbert, H. J., Knox, J. P., Boraston, A. B. (2013). Advances in understanding the molecular basis of plant cell wall polysaccharide recognition by carbohydrate-binding modules. *Current Opinion in Structural Biology*, 23(5), 669-677. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2013.05.005>
- Habibi, Y. (2014). Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. *Chemical Society Reviews*, 43(5), 1519-1542. <https://doi.org/10.1039/C3CS60204D>
- Ioelovich, M. (2016). Nanocellulose—fabrication, structure, properties, and application in the area of care and cure. İçinde *Fabrication and Self-Assembly of Nanobiomaterials* (ss. 243-288). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-41533-0.00009-X>

- Islam, M. T., Alam, M. M., Patrucco, A., Montarsolo, A., Zoccola, M. (2014). Preparation of Nanocellulose: A Review. <https://doi.org/10.14504/ajr.1.5.3>, 1(5), 17-23. <https://doi.org/10.14504/AJR.1.5.3>
- Isogai, A. (2013). Wood nanocelluloses: Fundamentals and applications as new bio-based nanomaterials. *Journal of Wood Science*, 59(6), 449-459. <https://doi.org/10.1007/S10086-013-1365-Z/FIGURES/5>
- Isogai, A., Saito, T., and Fukuzumi, H. (2011). TEMPO-oxidized cellulose nanofibers. *Nanoscale*, 3(1), 71-85. <https://doi.org/10.1039/C0NR00583E>
- Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D., Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(24), 5438-5466. <https://doi.org/10.1002/ANIE.201001273>
- Lin, N., Dufresne, A. (2014). Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect. *European Polymer Journal*, 59, 302-325. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.07.025>
- Missoum, K., Belgacem, M. N., and Bras, J. (2013). Nanofibrillated Cellulose Surface Modification: A Review. *Materials 2013, Vol. 6, Pages 1745-1766*, 6(5), 1745-1766. <https://doi.org/10.3390/MA6051745>
- Miyashiro, D., Hamano, R., Umemura, K. (2020). A Review of Applications Using Mixed Materials of Cellulose, Nanocellulose and Carbon Nanotubes. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/NANO10020186>
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., Youngblood, J. (2011). Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chemical Society Reviews*, 40(7), 3941-3994. <https://doi.org/10.1039/C0CS00108B>
- Nasir, M., Hashim, R., Sulaiman, O., Asim, M. (2017). Nanocellulose: Preparation methods and applications. *İçinde Cellulose-Reinforced Nanofibre Composites* (ss. 261-276). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100957-4.00011-5>
- Nechyporchuk, O., Belgacem, M. N., Bras, J. (2016). Production of cellulose nanofibrils: A review of recent advances. *Industrial Crops and Products*, 93, 2-25. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.016>
- Noremylia, M. B., Hassan, M. Z., Ismail, Z. (2022). Recent advancement in isolation, processing, characterization and applications of emerging nanocellulose: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 206, 954-976. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.03.064>
- Özkan, B. Ç., Güner, M. (2021). Ultrasonik Destekli Asit Hidrolizi ile Nanokristalin Selüloz Üretimi. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 5(2), 101-106. <https://doi.org/10.46460/ijiea.946875>
- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., Guan, G. (2018). Nanocellulose: Extraction and application. *Carbon Resources Conversion*, 1(1), 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2018.05.004>
- Rol, F., Belgacem, M. N., Gandini, A., Bras, J. (2019). Recent advances in surface-modified cellulose nanofibrils. *Progress in Polymer Science*, 88, 241-264. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.09.002>
- Salimi, S., Sotudeh-Gharebagh, R., Zarghami, R., Chan, S. Y., Yuen, K. H. (2019). Production of Nanocellulose and Its Applications in Drug Delivery: A Critical Review. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(19), 15800-15827.
- Shi, Z., Zhang, Y., Phillips, G. O., Yang, G. (2014). Utilization of bacterial cellulose in food. *Food Hydrocolloids*, 35, 539-545. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.012>
- Shoda, M., and Sugano, Y. (2005). Recent advances in bacterial cellulose production. *Biotechnology and Bio-process Engineering*, 10(1), 1-8.
- Tayeb, A. H., Amini, E., Ghasemi, S., Tajvidi, M. (2018). Cellulose Nanomaterials—Binding Properties and Applications: A Review. *Molecules 2018, Vol. 23, Page 2684*, 23(10), 2684. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23102684>
- Trache, D., Tarchoun, A. F., Derradji, M., Hamidon, T. S., Masruchin, N., Brosse, N., Hussin, M. H. (2020). Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications. *Frontiers in chemistry*, 8, 392. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00392>
- Vandamme, E. J., De Baets, S., Vanbaelen, A., Joris, K., De Wulf, P. (1998). Improved production of bacterial cellulose and its application potential. *Polymer Degradation and Stability*, 59(1-3), 93-99. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(97\)00185-7](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(97)00185-7)
- Wang, J., Tavakoli, J., Tang, Y. (2019). Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydrate Polymers*, 219, 63-76. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.008>
- Xue, Y., Mou, Z., Xiao, H. (2017). Nanocellulose as a sustainable biomass material: structure, properties, present status and future prospects in biomedical applications. *Nanoscale*, 9(39), 14758-14781. <https://doi.org/10.1039/C7NR04994C>

- Yang, B., Zhang, M., Lu, Z., Tan, J., Luo, J., Song, S., Ding, X., Wang, L., Lu, P., Zhang, Q. (2019). Comparative study of aramid nanofiber (ANF) and cellulose nanofiber (CNF). *Carbohydrate Polymers*, 208, 372-381. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.12.086>
- Yi, T., Zhao, H., Mo, Q., Pan, D., Liu, Y., Huang, L., Xu, H., Hu, B., Song, H. (2020). From Cellulose to Cellulose Nanofibrils—A Comprehensive Review of the Preparation and Modification of Cellulose Nanofibrils. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 5062, 13(22), 5062. <https://doi.org/10.3390/MA13225062>

Bartın Orman Fakóltesi Dergisi

Bartın Üniversitesi, Orman Fakóltesi , 74100, Bartın, Türkiye

Journal of Bartın Faculty of Forestry

Bartın University, Faculty of Forestry, 74100, Bartın-Turkey