



BAROFD

BARTIN ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

BARTIN JOURNAL OF FACULTY OF FORESTRY

1997

Bartın Orman Fakültesi Dergisi
Journal of Bartın Faculty of Forestry
2025, 27 (1)



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, Agdacı 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.
Esra Ceylan, Assist. Prof.

Layout and Proofreading

Ahmet Can, Assoc. Prof.
Eren Baş, Res. Assist.

Language Editor

Burçin Kef, Dr. Instructor

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

Dick Sandberg
Lulea University of Technology, Skelleftea,
Sweden.
E-mail: dick.sandberg@ltu.se

Haldun Muderrisoğlu
Düzce University, Düzce, Turkey.
E-mail: haldunm@duzce.edu.tr

Hideo Sakai
University of Tokyo, Tokyo, Japan.
E-mail: sakaih@fr.a.u-tokyo.ac.jp

Hüseyin Sivrikaya
Bartın University, Bartın, Turkey.
E-mail: hsivrikaya@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
AGRIS-FAO: Food and Agriculture Organization
ArastirMax
ASOS Index
Bielefeld Academic Search Index
CAB Abstracts & Full Text
Cosmos Impact Factor
CrossRef
Directory for Medical Articles (ScopeMed)
Directory of Research Journals Indexing
DOI: Digital Object Identifier
Eurasian Scientific Journal Index
Euro Forest Portal
Google Scholar
Index Copernicus
International Institute of Organized Research (I2OR)
J-Gate: E-Journals Gateways

Journal Factor
Journal TOCS
National Library OF Australia
OAJI: Open Academic Journals Index
OCLC WorldCat
OpenAIRE
ResearchBIB: Academic Resource Index
ROAD: Directory of Open Access Scholarly Resources
Scientific Indexing Service
Scientific World Index
Scilit
Sobiad: Sosyal Bilimler Atıf Dizini
TR Dizin-ULAKBİM
TROVE: National Library of Australia
Web of Science: Zoological Record
ZDB

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

Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Olan Yerlerden 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Yararlanma 1 - 14

Utilization of Lands Under State Jurisdiction within the Scope of Law No. 6306

İlknur Cesur

Uğursuyu Havzası Erozyon Risk Durumundaki Dönemsel Değişimlerin Belirlenmesi... 15 - 32

Determination of Periodic Changes in Erosion Risk Status of Uğursuyu Basin

Ahmet Salih Değermenci

Evaluation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) High Mountain Afforestation:

The Case of the Galyan 33 - 45

Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Yüksek Dağ Ağaçlandırmasının Değerlendirilmesi: Galyan Örneği

İbrahim Turna, Abdurrahman Semercioğlu, Fahrettin Atar, Deniz Güney

The Effects of Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) on Diameter and Volume Increment in Crimean Pine (*Pinus nigra* Arnold) Forests of Bartın 46 - 61

Bartın Karaçam Ormanlarında Çam Kese Böceğinin (Thaumetopoea wilkinsoni Tams.)

Çap ve Hacim Artımı Üzerine Etkisi

İsmet Daşdemir, Yağmur Yeşilbaş

Türkiye’de 2013-2023 Yıllarında Mobilya Sektöründe Meydana Gelen İş

Kazalarının Analizi 62 - 74

Analysis of Work Accidents Caused in the Furniture Industry in Türkiye Between 2013 and 2023

Hatice Özdemir, Ramazan Kayabaşı, İbrahim Cündübeyoğlu

Mobilya İmalatı Yapan Mikro Ölçekli İşletmelerin Odun Tozu Patlama Riski

Yönünden Araştırılması 75 - 97

Study Of Wood Dust Explosion Risk in Micro-Scale Furniture Manufacturing Enterprises

Lokman Odabaş, Yener Top

Visual and Colorimetry Assessments of Synthetic Resin Impregnated α -Cellulose

Decor Paper Laminated Particleboard Surfaces: A Comparative Study 98 - 107

Sentetik Reçine Emprenyeli α -Selüloz Dekor Kağıdı Lamine Yonga Levha Yüzeylerinin Görsel

ve Kolorimetrik Değerlendirmeleri: Karşılaştırmalı Bir Çalışma

Halil Turgut Şahin, Emre Beğlen, Uğur Özkan, Merve Cambazoglu

Parafin Damlacık Boyutu ve Kullanım Oranının Yüksek Yoğunluklu

Lif Levhanın (HDF) Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi 108 - 117

The Effect of Paraffin Droplet Size and Usage Amount Ratio on Some Properties of High

Density Fiberboard (HDF)

Mehmet Erdal Kara

Biyo-kökenli organik faz değişim malzemeleri ile emprenye edilen odun

örneklerinin enerji depolama özelliklerinin incelenmesi 118 - 126

Investigation of energy storage properties of wood samples impreg-nated with bio-based organic phase change materials

Eda Zorlu, Ahmet Can

Review Articles and Editorials

Strengthening Wood Structures Against Climate Change: Approaches from

Türkiye and Different Countries 127 - 141

Ahşap Yapıların İklim Değişikliğine Karşı Güçlendirilmesi: Türkiye ve Farklı Ülkelerden Yaklaşımlar

İbrahim Engin Öztürk, Çağlar Altay, Esra Gençdağ Gözen

Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Olan Yerlerden 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Yararlanma

İlknur Cesur^{1,*}

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 21.10.2024

Kabul: 27.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerden yararlanmaya ilişkin düzenlenen yasal düzenlemeler kamu yararının gereği olarak karşımıza çıkmaktadır. 2709 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın devlete tanımladığı görev ve sorumlulukların yerine getirilmesi adına oluşturulan yasal ve idari tüm düzenlemeler temelde kamu yararı adınıdır. Devletin yasama organına verdiği düzenleme emrinin esası insan onuruna yaraşır yaşamsal donatının oluşturulması, sosyal bakımdan zayıf ve yetersiz olanın sosyal eşitliğe ulaşmasının sağlanmasıdır. Devlete yüklenen görevler arasında ormanların korunması, tarım arazilerinin, çayır ve meraların tahribatının ve amaç dışı kullanımlarının önlenmesi, erozyonla toprak kaybının önlenmesi görevleri de yer almaktadır. Bu görevlerin yerine getirilmesi doğrultusunda oluşturulan idare makamlarına tanımlanan yetki ve sorumluluk alanlarının iç içe geçmesi ve kullanım amaçlarının birbirine ters düşmesi halinde benimsenmesi gereken ilke idarenin bütünlüğü ilkesidir. Doğal alanları daraltıcı etkinin asgari seviyede tutulması için öncelikli olarak alternatif rezerv alanlarının değerlendirilmesi önerilmektedir. Afetlerin neden olduğu ve/veya neden olabileceği risklere bağlı olarak tespit edilen riskli alanların yerinde iyileştirilmesi, tasviyesi ve yenilenmesi mümkün olmadığı hallerde rezerv yapı olarak tespit edilecek doğal alanların evveliyatının da teknik olarak incelenmesi önem arz etmektedir. 6306 sayılı kanun kapsamında rezerv yapı alanının ilgili idareye tahsis acele işlerden sayılmaktadır. Riskli alanların tespitinin temelini oluşturan teknik raporların rezerv yapı alanları için oluşturulması sağlıklı ve dengeli bir çevrenin oluşturulmasında önemli görülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler, kamu hizmeti, idarenin bütünlüğü ilkesi, 6306 sayılı kanun

Utilization of Lands Under State Jurisdiction within the Scope of Law No. 6306

¹Kastamonu University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Kastamonu, Türkiye

Article History

Received: 21.10.2024

Accepted: 27.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – Within the scope of the Law on Transformation of Areas Under Disaster Risk No. 6306, legal regulations regarding the use of places under the state's control and disposal are presented as a requirement of public interest. All legal and administrative regulations established for the fulfillment of the duties and responsibilities defined to the state by the Constitution of the Republic of Turkey No. 2709 are fundamentally in the name of public interest. The basis of the regulation order given by the state to the legislative body is the creation of vital facilities befitting human dignity and ensuring that the socially weak and inadequate reach social equality. In addition to these duties, the state is also responsible for duties such as protecting forests, preventing the destruction and misuse of agricultural lands, meadows and pastures, and preventing soil loss through erosion. In cases where the areas of authority and responsibility defined for the established administrative authorities are intertwined and the purposes of use conflict with each other, the principle that should be adopted is the principle of the integrity of the administration. In order to keep the effect of restricting natural areas to a minimum, it is recommended that alternative reserve areas be evaluated as a priority. In cases where it is not possible to improve, eliminate and renew the risky areas determined due to the risks caused and/or may be caused by disasters, it is important to technically examine the history of the natural areas to be determined as reserve structures. Within the scope of Law No. 6306, the allocation of the reserve structure area to the relevant administration is considered as urgent work. The preparation of technical reports, which form the basis of the determination of risky areas, for reserve structure areas is considered important in creating a healthy and balanced environment.

Keywords – Places under the rule and disposal of the State, public service, principle of the integrity of the administration, law no. 6306

¹  ikaratas@kastamonu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

1982 tarihli ve 2709 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 56'ncı maddesi herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkını güvence altına almaktadır. 57'nci maddesi devlete, şehrin özelliklerini ve çevresel koşulları göz önünde bulundurarak oluşturulacak planlar çerçevesinde konut ihtiyacının karşılanmasına yönelik tedbirlerin alınması görevini yüklemektedir. Aynı zamanda 127'nci madde gereği oluşturulan mahalli idareler aracılığı ile mahalli ortak gereksinimlerin karşılanması hedeflenmektedir. Devlet aynı zamanda anayasa ile yüklenen bu sorumlulukların yerine getirilmesi için gerekli yasal düzenlemelerin ve idari yapının oluşturulması, gerekli tedbirlerin alınmasından da sorumludur.

Devletin hüküm tasarrufu altında olan yerler için de Anayasa ile devlete yüklenen sorumluluklar mevcuttur. 169'ncü madde gereği ormanların korunması ve geliştirilmesi, 45'nci madde gereği tarım arazilerinin, çayırların ve meraların amaç dışı kullanımının ve tahrip edilmesinin önlenmesi görevi de devlete aittir. Ayrıca doğal servet ve kaynaklar da Anayasa'nın 168'nci maddesinde yer verildiği üzere devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Değinilen madde hükümleri gereği devlet kendisine yüklenen görev ve sorumlulukları gerekli yasal tedbirleri ve idari yapıyı oluşturarak yerine getirmektedir. Söz konusu görevlerin yerine getirilmesi sürecinde görev alanlarının iç içe geçmesi söz konusu olabilmektedir.

Özellikle afetlerden kaynaklanan risk nedeniyle bireylerin can ve mal güvenlikleri tehlike altına girmektedir. Dolayısıyla devletin yukarıda değinilen görevlerinin yanı sıra bireylerin yaşama ve barınma haklarını da gözetmesi ve riskleri önceden tespit ederek gerekli tedbirleri alınması beklenmektedir (Kaplan, 2022). 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” devletin bu beklentiyi karşılamak amacıyla oluşturduğu yasal düzenlemedir. Kanunun amacı “*afet riski altındaki alanlar ile bu alanlar dışındaki riskli yapıların bulunduğu arsa ve arazilerde, fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek üzere iyileştirme, tasfiye ve yenilemelere dair usul ve esasları belirlemek*” olarak ifade edilmiştir. Anılan kanun kapsamında riskli alanlar ve rezerv yapı alanlarına yönelik tanım ve tespitler yer almaktadır. Kanun amacı çerçevesinde iyileştirme, onarma ve yenilemeyi gözetmekte ise de riskli alan olarak tespit edilen alandakilerin nakledilmesi için hazine adına kayıtlı taşınmazların kullanılabileceğini öngörmektedir. Bu noktada ortaya çıkan görev alanlarının iç içe geçmesi halinde, devletin üzerinde yüklenen vazifeleri yerine getirebilmesi ve bu süreci anayasanın amir hükümlerine uygun şekilde yürütmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada öncelikle 6306 sayılı Kanun kapsamında riskli alan ve rezerv yapı alanlarının incelemesi yapılarak ardından devletin hüküm ve tasarrufu altında olan orman ve meraların amaç dışı kullanımının hukuksal dayanakları ortaya konulacaktır. Çalışmanın devamında korunması ve gözetilmesi görevi devlete yüklenen devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerin yönetimi ile bireylerin yaşama ve barınma haklarının gözetilmesi görevlerinin bir arada yürütülmesinin ilkeleri ve gerekçeleri tartışılacaktır.

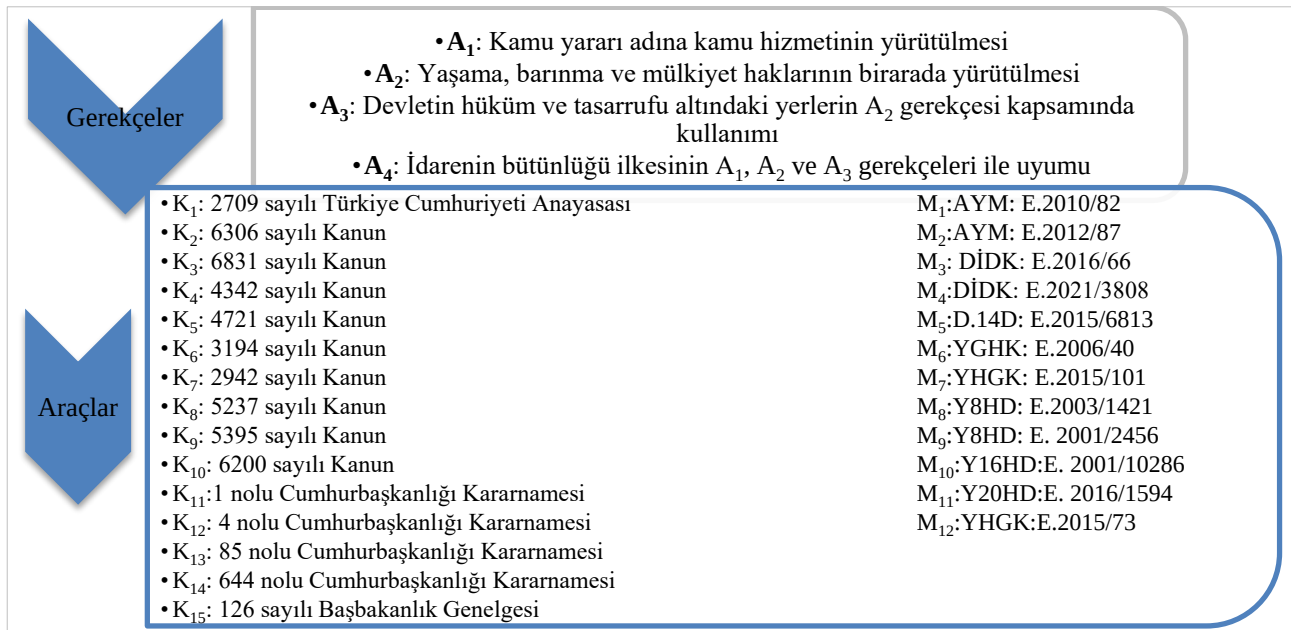
2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın ana materyalini 2709 sayılı “Türkiye Cumhuriyeti Anayasası”, 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun”, 6831 sayılı “Orman Kanunu”, 4342 sayılı ve “Mera Kanunu” oluşturmaktadır. Ayrıca devletin hüküm tasarrufu altındaki yerlerin amaç dışı kullanımına yönelik Yargıtay kararları ve konu ile bağlantılı Danıştay kararları da çalışmanın materyalleri arasındadır. Çalışma kapsamında aynı zamanda konu ile bağlantılı idari teşkilatların oluşturulmasına dair kanunlardan, görev, yetki ve sorumlulukların analizi aşamasında yararlanılmıştır.

Çalışma içerik analizi yöntemi ile oluşturulmuştur. Nicel araştırma yöntemlerinden biri olan içerik analizi yöntemi, yazılı, görsel ya da işitsel verilerin sistematik şekilde analiz edilmesini ifade etmektedir. İçerik analizi, bir konu ya da sorun hakkında bilgilerin elde edilmesini ve elde edilen verilerden anlamlı sonuçlarına ulaşılmasını sağlamaktadır (Alanka, 2024). Tavşancıl ve Aslan (2001) içerik analizini “*Sosyal gerçekliği*

araştıran nesnel, sistematik, tümdengelimle dayalı okuma aracı olarak önceden belirlenen ölçütlere göre kavramlardan, metinlerden, sözlü veya yazılı materyallerden anlamlar çıkarmayı amaçlayan metodolojik araç ve teknikler bütünüdür. Planlama aşamasında zayıf olarak görülse bile uygulamada etkili ve ilginç sonuçlar vermektedir. Niceli nitele dönüştürebilmeyi, yazılı metinden hareketle yazılı olmayan mesajlara ulaşabilmeyi sağlayan çok işlevli ve giderek gelişen bir teknik” olarak tanımlamaktadırlar. İçerik analizi kullanılarak oluşturulan çalışmaların amacı genel olarak, çalışma konusuna ilişkin genel tutumun tespit edilmesidir (Ültay vd., 2021). İçerik analizi yöntemlerinden birisi olan betimsel içerik analizi yöntemi sayesinde elde edilen bilgiler sistematik şekilde ortaya konularak, analiz, yorumlama ve sonuca ulaşma sağlanmaktadır (Ültay vd., 2021).

Bu çalışmada Anayasa, ilgili kanunlar ile Yargıtay ve Danıştay’ın içtihatları bir arada incelenerek bağlantıları ortaya konulmuş ve devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerin rezerv yapı alanı olarak kullanılmasının hukuksal ve sosyal gerekçeleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

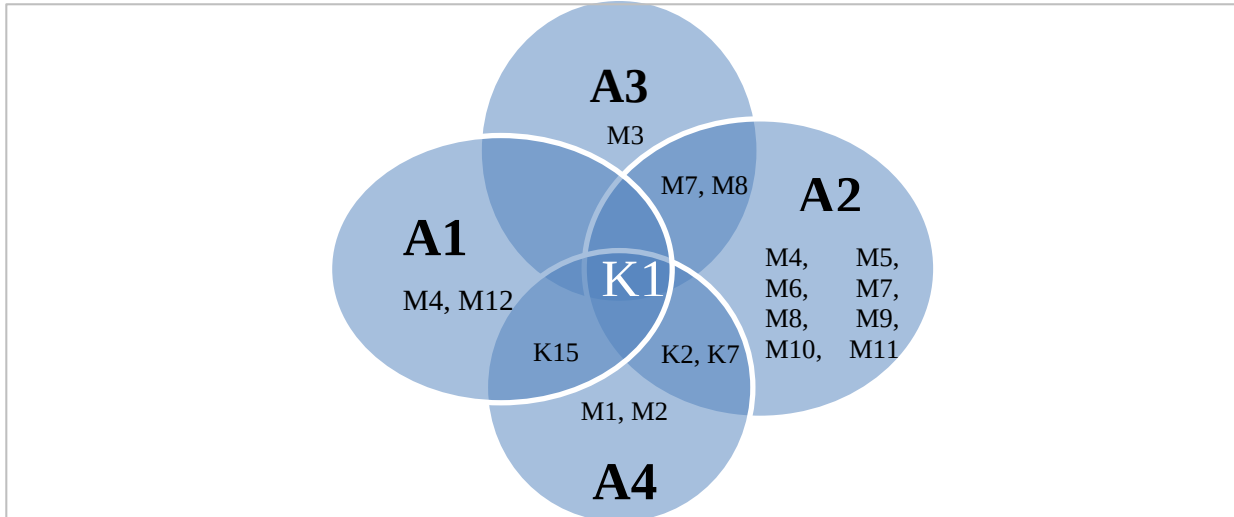


Şekil 1. Çalışmanın amaç ve materyalleri

Tablo 1

Çalışmanın gerekçeleri kapsamında incelenen dokümanların dağılımı

Araçlar				
Gereçekler	Kanun/ Kararname/Genelge	Mahkeme Kararları	f (Frekans)	%
A ₁	K ₁ , K ₉ , K ₁₀ , K ₁₁ , K ₁₂ , K ₁₄ , K ₁₅	M ₄ , M ₁₂	9	33.33
A ₂	K ₁ , K ₂ , K ₆ , K ₈ , K ₇	M ₄ , M ₅ , M ₆ , M ₇ , M ₈ , M ₉ , M ₁₀ , M ₁₁	10	37.01
A ₃	K ₁ , K ₃ , K ₄ , K ₅ , K ₁₃ ,	M ₃ , M ₇ , M ₈	5	18.52
A ₄	K ₁ , K ₂ , K ₁₅ , K ₇	M ₁ , M ₂	3	11.11



Şekil 2. Kanun, kararname ve genelgeler ile mahkeme kararlarının amaçlarla ilişkisi

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. 6306 Sayılı Yasa Kapsamında Riskli Alan

6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun”, 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun”da belirtilen “afete maruz bölge” ilanına gerek kalmaksızın, gönüllülük esası temelinde risk altındaki yapıların ve işyerlerinin dönüştürülmesi ve gerekli görülmesi halinde nakline imkân sağlanması amacıyla oluşturulmuştur.

6306 sayılı Kanuna göre riskli alan ise, “Zemin yapısı veya üzerindeki yapılaşma sebebiyle can ve mal kaybına yol açma riski taşıyan, Cumhurbaşkanınca kararlaştırılan alan”, riskli yapı ise “Riskli alan içinde veya dışında olup ekonomik ömrünü tamamlamış olan ya da yıkılma veya ağır hasar görme riski taşıdığı ilmî ve teknik verilere dayanılarak tespit edilen yapı” olarak tanımlanmıştır. Anılan Kanunun Ek Madde 1 hükmü gereği, “Kamu düzeni veya güvenliğinin olağan hayatı durduracak veya kesintiye uğratacak şekilde bozulduğu yerlerde; planlama ya da altyapı hizmetleri yetersiz olan veya imar mevzuatına aykırı yapılaşma bulunan yahut yapı ya da altyapısı hasarlı olan alanlar ve üzerindeki toplam yapı sayısının en az %65’i imar mevzuatına aykırı olan veya yapı ruhsatı alınmaksızın inşa edilmiş olmakla birlikte sonradan yapı ve iskân ruhsatı alan yapılardan oluşan alanlar, fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek, sağlık, eğitim ve ulaşım gibi kamu hizmetlerinin düzenli bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla, Cumhurbaşkanınca riskli alan olarak kararlaştırılabilir. Riskli alan sınırı uygulama bütünlüğü gözetilerek” belirlenmektedir.

Riskli alanın belirlenmesi hususunda anılan kanun hükmü ile riskli alan olarak değerlendirilebilmeye olanak sağlayacak kriterler ortaya konulmuştur. Kanunda yer verilen bu düzenleme ile riskli alanların belirlenmesine ilişkin ortaya çıkabilecek karışıklıkların giderilmesinin hedeflendiği anlaşılmaktadır. 6306 sayılı Kanunun sağlamış olduğu olanaklardan yararlanabilmek adına, riskli alan kapsamında değerlendirilme taleplerine karşın önleyici bir adım olarak değerlendirilebilir. Bir yerin riskli alan olarak ilan edilebilmesi için öncelikle toplumsal düzenin ve güvenliğin, hayatın olağan akışını sekteye uğratacak ya da tamamen durduracak şekilde bozulmuş olması öngörülmektedir. Bu gibi yerlerde alt yapı hizmetlerinin yetersiz olması, üzerinde bulunan yapıların en az %65’inin imar mevzuatına aykırı olması ya da ruhsatsız inşa edilerek sonrasında yapı ve iskân ruhsatı alınmış olması belirleyici kriter olarak kanun hükmünde yer almaktadır.

Bir yerin riskli alan olarak ilan edilmesindeki gaye, sağlıklı ve güvenli yaşama imkânlarının, kamu hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması adına inşa edilmesidir. 6306 sayılı Kanun ile riskli alanın belirlenmesine ilişkin genel çerçeve çizilmiş olup bu alanların belirlenmesinde yararlanılacak bilgi ve belgeler

6306 sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği'nin 5'nci maddesinde sıralanmıştır. Bu belgeler arasında ilk sırada, alanın mevcut yapılaşma ya da zemin yapısı itibarıyla can ve mal güvenliğini tehlikeye sokacak ölçüde risk taşıdığına ilişkin teknik rapor yer almaktadır. Danıştay On Dördüncü Dairesi'nin E. 2015/6813, K. 2017/1103 ve 28.02.2017 tarihli kararında, riskli yapıların belirlenmesinde, teknik raporların temel dayanak olduğu vurgulanmaktadır. Dolayısıyla temel dayanak olan teknik rapor içerisinde, riskli yapı olarak belirlenen yapıların can ve mal kaybına neden olabilecek nitelikte olduğunun ispatı gerekli görülmektedir. 6306 sayılı Kanun'da riskli yapıların tespitine ilişkin belirlenen kriterlere yer verilmeksizin hazırlanan teknik rapora dayanılarak bir yerin riskli alan olarak ilan edilmesi hukuka aykırı bulunmaktadır.

Uygulama Yönetmeliğinin 5'nci maddesinin 2'nci fıkrasına göre, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından, toplumsal düzenin ve güvenliğin hayatın olağan akışını sekteye uğratacak ya da tamamen durduracak şekilde bozulmuş olduğu yerlerde; imar mevzuatına aykırı yapılaşma, planlama ve alt yapı hizmetlerinin yetersizliği, alt yapı veya üst yapıda tahribatların oluşması nedenlerinden bir ya da birkaçına dayanılarak ve uygulama bütünlüğü de göz önünde bulundurularak riskli alan olarak belirlenmesi adına Cumhurbaşkanı'na sunulabilir.

Bir yerin riskli alan olarak ilan edilmesindeki gayenin yerine getirilmesi yerinde mümkün değil ise rezerv yapı alanı kavramı ortaya çıkmaktadır. 6306 sayılı Kanun'a göre rezerv yapı alanı *"Bu Kanun uyarınca gerçekleştirilecek uygulamalarda (...) kullanılmak üzere, TOKİ'nin veya İdarenin talebine bağlı olarak veya resen Bakanlıkça belirlenen alanlar"* dır. Rezerv yapı alanları, *"fen ve sanat norm ve standartlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşama çevrelerini teşkil etmek ve Kanunda öngörülen amaçlar çerçevesinde kullanılmak"* üzere Bakanlık tarafından re'sen belirlenebileceği gibi TOKİ veya İdare tarafından Bakanlığa rezerv yapı alanı talebinde bulunması ile de belirlenebilmektedir.

Bu alanlar, riskli alan ve dışındaki riskli yapılarda yaşayanların taşınacağı rezerv konut ve işyeri, gelir-hasılat getirici her türlü uygulama amaçlı, yerleşim yeri için gerekli teknik, kültürel ve sosyal alt yapı, çevre düzenlemeleri ya da yerleşim yeri olarak kullanılabilir (6306 Uygulama Yönetmeliği, Madde 4). 6306 sayılı Kanunun 9'uncu maddesinde, kanun uygulamasının, 3194 sayılı İmar Kanunu ile imarla ilgili hükümleri barındıran özel kanunlar ve diğer mevzuat hükümleriyle düzenlenen kısıtlamalara tabi olmadığına yer verilmiştir. Anılan kanunun 14'ncü maddesi ile İmar Kanunu'na eklenen Ek Madde 5, imar uygulamasına ilişkin düzenlemelerin, anılan kanun ve kanunun uygulamasına yönelik çıkarılan yönetmelikler ve belde şartları da göz önünde bulundurularak Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın onayının ardından Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe gireceğini düzenlemektedir. Eklenen bu madde ile söz konusu yerler için İmar Kanunu hükümlerinin yerine Bakanlık onayının yeterli olması öngörülmektedir.

3.2. Kamu Malı Olan Taşınmazların Rezerv Yapı Alanı Olarak Kullanımı

Anayasa'nın 123'üncü maddesine göre *"idare, kuruluş ve görevleri ile bir bütündür ve kanunla düzenlenir."* İdarenin bütünlüğü ilkesi uyarınca kamu kurumlarının uyum içerisinde faaliyet göstermesinin sağlanması amaçlanmaktadır. Anayasa'nın 5'nci maddesi ile devlete yüklenen görev sorumlulukların arasında, bireylerin ve toplumun huzur, refah ve mutluluğunun sağlanması, maddi ve manevi varlıklarının gelişmesi adına gerekli ortamın sağlanması yer almaktadır. Devlet kendisine yüklenen görev sorumlulukları yerine getirebilmek üzere gerekli yasal ve idari teşkilatlanmayı oluşturarak kamu yararı adına kamu hizmetlerinin yerine getirilmesini sağlamaktadır. Kamu kurumlarının kendi görev ve sorumlulukları dâhilinde gerçekleştirdikleri her faaliyette kamu yararının varlığının kabulü gereklidir. Dolayısıyla kanunla düzenlenen tüm iş ve eylemlerde kamu yararının amacı düzenlenmektedir (Yurtcanlı, 2013). Ancak bu idarenin tüm iş ve eylemlerinin yargı denetiminden bağımsız olduğu anlamını taşımamaktadır. Anayasa'nın 125'nci maddesi gereği *"İdarenin her türlü eylem ve işlemlerine karşı yargı yolu açıktır. İdare, kendi eylem ve işlemlerinden doğan zararı ödemekle yükümlüdür."*

Anayasanın yasama organına ilişkin kamu hizmetini düzenleme talimatı, insan onuruna yaraşır yaşamsal donatı, sosyal eşitliğin sağlanması, zayıf durumda olanların korunması doğrultusundadır (Gören, 2014). Kamu hizmetlerinin tamamına atfedilen ilkeler arasında süreklilik ve eşitlik (Gözübüyük, 2006) ilkesi çalışma konusu açısından ön plana çıkmaktadır. Süreklilik ilkesi kamu hizmetinin kanunda öngörülenin dışında sektöre uğramaksızın devamlılığının sağlanmasını ifade etmektedir. Eşitlik ilkesi ise Anayasa'nın 10'ncu maddesi gereği herkesin kanun önünde eşitliği ilkesinden vücut bulmaktadır. Devlet organları ile diğer tüm idari birimlerin kanun önünde eşitlik ilkesine uygun hareket etmeleri Anayasa ile yükümlülük haline getirilmiştir. Dolayısıyla her birey devlet organları ve idare makamlarınca sunulan bütün kamu hizmetlerinden eşitlik ilkesi gereği eşit ölçüde yararlanma hakkına sahiptir (Altın, 2013; Gözler, 2008).

Bu kapsamda değerlendirmek üzere, 10 Temmuz 2018 tarih ve 30474 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan 1 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi Tarım ve Orman Bakanlığı kurulmuştur. Kararnamenin 410'uncu maddesinin ç bendinde Bakanlığın kamu malı olan ormanlar üzerindeki görevleri "*Ormanların korunması, geliştirilmesi, işletilmesi, ıslahı ve bakımı, çölleşme ve erozyonla mücadele, ağaçlandırma ve ormanla ilgili mera ıslahı konularında politikalar oluşturulması amacıyla çalışmalar yapmak,*" olarak sıralanmıştır. Kararnamenin 437'nci maddesinde de Bakanlığın sorumluluk alanlarına giren konularda çalışmalar yapmak üzere diğer bakanlıklar, kamu kurumları ve kuruluşları, sivil toplum örgütleri, özel sektör ve çalışma konusunda uzman kişilerin katılımıyla geçici çalışma ekiplerinin oluşturulabileceğine yer verilmiştir.

04 Temmuz 2011 tarih ve 27984 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan 644 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname ile kurulan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 29 Ekim 2021 tarih ve 31643 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanan 85 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ismini almıştır. 644 sayılı Kararnamenin 4'ncü maddesinde yer alan düzenleme gereği, bakanlık sorumluluk alanına giren konularla alakalı olarak diğer bakanlıklar ve kamu kurum ve kuruluşları ile koordinasyon ve işbirliği sağlamakla sorumlu tutulmaktadır. Kararnamenin 2'nci maddesi ile bakanlığa yüklenen görev sorumluluklar genel itibarıyla çevrenin korunması, iyileştirilmesi, kirliliğin önlenmesi ve iklim değişikliği kapsamındaki iş ve eylemlerden oluşmaktadır. Bakanlık aynı zamanda Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü aracılığıyla da yerleşim, yapılaşma, risk yönetimi, kent ve kırsal bölgelerde arazi kullanımına yönelik ilke, standart ve stratejilerin belirlenerek uygulamasını sağlamak vb. görevlerini de yerine getirmektedir. Anılan kararnamenin 2'nci maddesinin g bendinde yer verilen "*Gecekondu, kıyı alanları ve tesisleri ile niteliğinin bozulması nedeniyle orman ve mera dışına çıkarılan alanlar dâhil kentsel ve kırsal alan ve yerleşmelerde yapılacak iyileştirme, yenileme ve dönüşüm uygulamalarında idarelerce uyulacak usul ve esasları belirlemek, Bakanlar Kurulunca belirlenen bu nitelikteki uygulamalar ile finans merkezleri ve benzeri özel proje alanları ve özel yapım gerektiren yapılaşmalar ile 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu ve 775 sayılı Gecekondu Kanunu uyarınca Toplu Konut İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan uygulamalara ilişkin her tür ve ölçekte etüt, harita, plan, parselasyon planı ve yapı projelerini yapmak, yaptırmak, onaylamak, kamulaştırma, ruhsat ve yapım işlerini gerçekleştirmek, yapı kullanma izinlerini vermek ve bu alanlarda kat mülkiyetinin kurulmasını sağlamak*" görevi Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na yüklenmiştir.

Tarım ve Orman Bakanlığı ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na tanımlanan görev ve sorumluluklarda temel amacının Anayasa'nın 5'nci maddesi ile devlete yüklenen görevlerin yerine getirilmesi amaçlanmaktadır. Her iki bakanlığın da kamu yararı adına kamu hizmeti gerçekleştirdikleri göz önünde bulundurulduğunda iki kamu yararının birlikte sürdürülmesinin mümkün olmadığı durumlarda üstün kamu yararının araştırılması gerekmektedir. Kamu yararının bireysel yarar ile kıyaslanmasında aslında birey ile devletin yararı açısından bir karşılaştırma yapılmaktadır. Birey yararının korunmasının da devletin yararına olması gerçeğine rağmen kimi zaman biri uğruna diğerinden fedakârlık edilmesi gerekmektedir. Özel çıkarın devlet yararına feda edilmesi Danıştay içtihatlarında kamu yararı vasıtası ile yer bulmaktadır (Gül, 2014). Üstün kamu yararı ise hali hazırda kamu yararı sağlayan bir kaynağın başka bir amaçla kullanılmasının planlanması aşamasında sağlanacak yararın mevcut yarardan daha üstün olması halidir (Tolunay ve Korkmaz, 2004).

Anayasa'nın 56'ncı maddesi ile bireylere tanınan sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı, bireylere bu hakkın gerektirdiği ortamın sağlanmasını devletten talep etme hakkını da beraberinde getirmektedir. Anayasa'nın 17'nci maddesinde, en temel hak olan yaşama hakkının, maddi ve manevi varlığın korunması ve geliştirilmesi ile birlikte sağlanması öngörülmektedir. Yaşama hakkı kapsamında, yalnızca yaşamak için gerekli koşulların asgari ölçüde karşılanıyor olması hakkın gerektirdiklerinin yerine getirildiği anlamını taşımaktadır. İnsan onuruna yaraşır yaşam koşullarının bireylere ve topluma sunulması aynı zamanda bu koşulların sürekli toplumsal, ekonomik ve kültürel aynı zamanda küresel gelişmelere de bağlı olarak geliştirilmesi öngörülmektedir. Anayasa'nın başlangıç metninde de yer aldığı üzere *"Her Türk vatandaşının bu Anayasadaki temel hak ve hürriyetlerden eşitlik ve sosyal adalet gereklerince yararlanarak milli kültür, medeniyet ve hukuk düzeni içinde onurlu bir hayat sürdürme ve maddi ve manevi varlığını bu yönde geliştirme hak ve yetkisine doğuştan sahip olduğu"* kabul edilmektedir.

Anayasa ile devlete yüklenen ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın sorumluluk alanının genel çerçevesini oluşturan Anayasa'nın 169'uncu maddesi ormanların korunması ve geliştirilmesi adına gerekli kanunların koyulması ve tedbirlerin alınması görevini devlete yüklemektedir. Anılan madde hükmünün devamında ormanlara zarar verecek hiçbir eylem ve faaliyete izin verilmeyeceği ifade edilmektedir. Ancak orman olarak korunmasında bilim ve fen açısından hiçbir yarar taşımayan, tarım alanı olarak kullanılmasında kesin yarar bulunduğu tespit edilen yerler ile 31.12.1981 tarihinden önce orman niteliğinin bilim ve fen açısından tamamen kaybedilmiş olduğu tarla, meyvelik, bağ, zeytinlik vb. tarım alanlarında ya da hayvancılık amacıyla kullanılması ile yarar sağlanacağını tespit edildiği araziler ile şehir, kasaba ve köy yerleşimlerinin toplu bulunduğu yerlerin orman sınırları dışına çıkarılabileceği Anayasa'nın 169'uncu maddesinde yer bulmaktadır. Ayrıca anılan madde hükmünde ormanların kamu yararı gerekçesiyle irtifak hakkına konu olabileceğine de yer verilmektedir.

Devlet aynı zamanda Anayasa'nın 45'nci maddesi gereği tarım arazilerinin, çayır ve meraların amaç dışı kullanımını ve tahribatını önlemekle görevlidir. Anayasa'nın 44'ncü maddesi de devleti, toprağın verimli şekilde işletilmesi ve geliştirilmesi ile erozyon nedeniyle toprak kaybını önlemekle sorumlu tutmaktadır.

Anayasa ile devlete yüklenen tüm görev ve sorumluluklar bir arada değerlendirildiğinde devletin bu görevleri yerine getirmek için oluşturduğu idari teşkilatlanma, merkezi ve taşra birimleri ile birlikte kamu hizmetlerini yürütmektedir. Ancak bir idarenin sorumluluğunda bulunan bir kamu malının başka bir idareye kamu yararı adına kamu hizmetinin gerçekleştirilmesi için tahsis edilmesi, idarenin bütünlüğü ilkesinin gereği olarak karşımıza çıkmaktadır. İdarelerin birbirleri ile sorumluluk alanları dâhilinde eşgüdüm ve işbirliği içinde bulunmaları kuruluşlarının düzenlendiği kanunların içerisinde de yer almaktadır.

Anayasa Mahkemesi, E.2010/82, K. 2012/159 ve 18.10.2012 tarihli kararında; bir idarenin sorumluluğunda bulunan kamu mallarının diğer bir idareye devredilmesi hususunda kanun koyucunun takdir yetkisine değinmektedir. *"Anayasa'nın 123'ncü maddesinde belirtilen idarenin bütünlüğü ilkesi gereğince devlet, mülkiyetinde bulunan kamu mallarını kendi içindeki bir kurumdan, bir başka kuruma bedelli ya da bedelsiz devredebilir. Anayasa'da buna engel teşkil eden herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Dolayısıyla, kanun koyucunun kamu mallarının, kamu tüzel kişiliği olsun ya da olmasın, bir idareden başka bir idareye bedelli ya da bedelsiz devredilmesi konusunda, anayasal sınırlar içinde kalmak, kamu yararı ve hizmetin gereklerini dikkate almak koşuluyla takdir yetkisi vardır"*.

3.3. Orman ve Meraların Rezerv Alanı Olarak Kullanımı

Türkiye'de en fazla karşılaşılan doğal afetler deprem, heyelan ve seldir (Afad, 2022). Bu afetler nedeniyle can ve mal kayıplarının yanı sıra binlerce insan yerlerinden edilmiştir. 6 Şubat 2023 tarihinde merkezi Kahramanmaraş olmak üzere 11 ilde etkili olan 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki depremler nedeniyle 53.537 kişi hayatını kaybetmiş ve 107.213 kişi yaralanmıştır. Türkiye Cumhuriyet Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu'na göre hasar tespiti yapılan acil

yıkılması gereken, yıkılan ve ağır hasarlı konut sayısı toplam 518.009'dur. Orta hasarlı olarak 131.577 ve az hasarlı olarak da 1.279.727 konut tespit edilmiştir (URL-1).

24.02.2023 tarihli ve 126 sayılı “*Olağanüstü Hal Kapsamında Yerleşme ve Yapılaşmaya İlişkin Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi*” ne göre 06.02.2023 tarihinde yaşanan depremler dolayısıyla afet bölgesi olarak ilan edilen yerlerde, depremzedelerin geçici veya devamlı iskân alanlarının belirlenmesi zemin uygunluğu, fay hattına uzaklık, yerleşim merkezi ile mesafesi göz önünde bulundurularak Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenebilecektir. Gerekli görülmesi halinde 4342 sayılı Mera Kanunu ve 6831 sayılı Orman Kanunu’nun Ek Madde 16’ya göre belirlenen alanlar rezerv alanı olarak kullanılabilir. Bu kapsamda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geçici ya da kesin iskân alanı olarak belirlenen yerlerdeki Mera Kanunu ve Orman Kanunu kapsamında verilen izinler ile Orman Genel Müdürlüğü tarafından kiraya verilen orman parkları, mesire alanları ve taşınmazların kira sözleşmeleri, Mera Kanunu kapsamında yapılan ancak tapuda Hazine adına tescilli gerçekleştirilmeyen tahsis amacı değişiklikleri ve Turizmi Teşvik Kanunu kapsamında yapılan tahsis alanları resen iptal ya da feshedilmiş sayılacaktır.

Kararnamenin 7’nci maddesinde aynı zamanda, depremde etkilenen illerde kamu kurum ve kuruluşlarının bünyesindeki taşınmazlardan uygulama kapsamında kullanılacak olanlar ve özel mülkiyetteki diğer taşınmazlar adına Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na devir ya da acele kamulaştırma kararı alınabileceğine yer verilmiştir.

2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu’nun 30’ncu maddesi gereği kamu tüzel kişiliklerine ait taşınmaz mallar, irtifak hakları ile kaynaklar diğer kamu tüzel kişiliği ya da kurumu tarafından kamulaştırılmaz. Dolayısıyla bir idarenin bünyesinde bulunan taşınmazın bir diğer idareye aktarımı, idarenin ihtiyaç duyduğu taşınmaz, kaynak ya da irtifak hakkı başvurusunu diğer idareye yazılı olarak bildirmesi suretiyle gerçekleştirilmektedir. Talepte bulunan idarenin devir işlemine yanaşmaması ya da yazılı başvuruyu yanıtsız bırakması halinde talepte bulunan idarenin yapacağı başvuru üzerine Danıştay ilgili dairesi tarafından talep incelenerek iki ay içerisinde kesin karar verilir. Ancak bu uygulama 6306 sayılı Kanun kapsamında yapılacak taleplerde geçerli olmayıp devir işlemleri acele hali göz önünde bulundurularak gerçekleştirilebilmektedir.

Yukarıda değinildiği üzere 6 Şubat depremi olarak kayıtlara geçen yaklaşık 55.000 bin kişinin yaşamını kaybettiği afetin ardından Anayasa ile güvence altına alınmış olan barınma hakkının hızlıca sağlanması adına kamu kurum ve kuruluşlarına ait taşınmazların uygulamada kullanılmak üzere Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na devri öngörülmektedir. Anayasa Mahkemesi’nin E.2010/82, K. 2012/159 ve 18.10.2012 sayılı kararındaki hükme göre bu devir işlemleri, idarenin bütünlüğü ilkesi gereğidir. Bu işlem aynı zamanda toplumsal düzenin ve güvenliğinin sağlanması adına da önem arz etmektedir. Ayrıca, Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu’nun E. 2021/3808, K. 2022/130 ve 24.01.2022 tarihli kararına göre, 6306 sayılı Kanun kapsamında ilan edilen, riskli alan içerisindeki yapılar ile bu alan dışındaki riskli yapılar için gerçekleştirilecek güvenli yaşam alanları adına oluşturulan rezerv yapı alanı ilanları, iskân projesi niteliği taşımaktadır. Dolayısıyla anılan bölgelerde gerçekleştirilecek projeler için acele halinin kabulü gerekmektedir.

Aynı zamanda, 6306 sayılı Kanun’un 6’ncı maddesine göre, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, riskli ve rezerv yapı alanlarında gerçekleştireceği uygulamalarda yararlanmak adına, özel kanunları kapsamında yer alan alanlar da dâhil olmak üzere, her türlü planlara ilişkin esas standartları belirleme, gerekli olması halinde belirlediği standartları plan kararları ile atama, özel standartlar içeren planlar hazırlama, onaylamaya ve kent tasarımları oluşturma yetkisine sahiptir. 6306 sayılı Kanun ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’na tanınan bu yetki, özel kanun (6831 sayılı Orman Kanunu) kapsamında yer alan ormanlar üzerinde de Bakanlığın kent tasarımları oluşturabilmesine imkân tanınmaktadır.

Ek Madde 16 kapsamında orman sınırları dışına çıkarılan ve Hazine adına tescil edilen yerler için, 6306 sayılı Kanun’un 3’üncü maddesi ile 4342 sayılı özel kanunu ile düzenlenen meralara ilişkin öngörülen işlemler geçerli olacaktır. (“25/2/1998 tarihli ve 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında olup riskli alanlarda ve riskli yapılarda yaşayanların nakledilmesi için Başkanlıkça ihtiyaç duyulan taşınmazlar, 4342 sayılı Kanunun 14

üçüncü maddesinin birinci fıkrasının (g) bendindeki alanlardan sayılarak, tahsis amaçları aynı maddeye göre değiştirilip tapuda Hazine adına tescil edilir; bu taşınmazlar hakkında bu Kanuna göre uygulamada bulunulur.”)

Devir işlemlerine konu edilmeksizin; 6831 sayılı Orman Kanunu’na 19.04.2018 tarihinde 7139 sayılı Kanunun 17’nci maddesi ile eklenen Ek Madde 16; “Orman ve Su İşleri Bakanlığınca, bilim ve fen bakımından orman olarak muhafazasında hiçbir yarar görülmeyen ve tarım alanına dönüştürülmesi de mümkün olmayan yerler ile bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihte üzerinde yerleşim yeri bulunan ya da yerleşim yeri oluşturulması uygun olan taşlık, kayalık, verimsiz ve fiilen orman vasfı taşımayan alanlardan, sınırları Cumhurbaşkanınca belirlenen alanlar, Cumhurbaşkanınca belirlenecek usul ve esaslara göre Orman Genel Müdürlüğünce orman sınırları dışına çıkartılarak tapuda Hazine adına tescil edilir.” Ek Madde 16 yürürlüğe girdiği tarihten itibaren birçok açıdan eleştirilmektedir. Maddenin uygulama alanı orman sayılan sahalardır ve maddenin yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla üzerinde yerleşim yeri bulunması hali, orman içerisine yerleşme suçunun işlendiğini göstermektedir. Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu’nun E. 2016/66, K. 2016/128 ve 03.02.2016 tarihli kararında, özel mevzuatı gereği koruma altında olan ormanların herhangi bir idari işlemle kullanım amaçlarının değiştirilemeyeceği dolayısıyla imar düzenlemelerine konu edilemeyeceği ifade edilmiştir.

Devlet ormanı sınırları içerisinde yapılaşma için 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 17’nci madde hükümleri dikkate alınmaktadır. Buna göre, ormanların korunması, üretimi ve imar çalışmaları amacıyla yapılan her türlü bina ve tesisler dışında ve hayvanların otlatma planına uygun şekilde, otlatma süresi içerisinde otlatılmasını, barınmasını sağlayan, otlatma alanından dağılmalarını önleyen geçici nitelikli çevirmeler haricindeki diğer tüm yapılaşma yasaktır. Fakat devlet ormanı sınırlarında 31/12/2011 tarihinden önce, toplu yerleşme alanlarının bulunduğu, yayla ve otlak amaçlı kullanılan yerler ile yıl içerisinde belirli dönemlerde yaylacılık amacıyla yerleşme yeri olarak kullanıldığı tespit edilen alanlardan uygun olduğuna kanaat getirilenler yayla alanı olarak ilan edilebilmektedir.

6831 sayılı Kanunu’nun 17’nci maddesi orman içine yerleşmenin kanunda gösterilen şekiller hariç, yasak olduğunu bildirmektedir. Aynı tarih ve aynı sayılı kanunla Orman Kanunu’na eklenen Ek Madde 17 “Orman köyü veya orman köylüsüne tanınan hak, sorumluluk ve imtiyazlardan istifade eden kasaba iken; 12/11/2012 tarihli ve 6360 sayılı Kanun ile 20/2/2014 tarihli ve 6525 sayılı Kanun kapsamında mahalleye dönüşen yerler, büyükşehir belediyesi kapsamında olmayan yerlerdeki köy ve kasabalarla aynı hak, sorumluluk ve imtiyazlardan faydalanmaya devam ederler.” hükmü ile Ek Madde 16’nın asıl gerekçesinin devlet ve orman köylüsü arasındaki mülkiyet ve kadastro sorunlarının çözümü olduğu anlaşılmaktadır. Anılan madde hükmünün, aynı zamanda özellikle son yıllarda gittikçe artmakta olan doğal afetlerin neticesinde ortaya çıkan yerleşim yeri için rezerv alan ihtiyacının karşılanmasına hizmet etmesi öngörülmektedir. Özel mevzuatı gereği orman olarak korunan yerlerin orman statüsünün kaldırılması yalnızca özel kanunu ve Anayasa’ya uygunluğu ile mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla 6831 sayılı Kanun’un Ek Madde 16 uyarınca orman sınırları dışına çıkarılarak yerleşim yeri olarak kullanılmasında hukuksal bir engel bulunmamaktadır.

Devletin hüküm ve tasarrufu altında olan meraların da rezerv alanı olarak kullanılabilmesi için 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında tahsis amacının değiştirilmesi öngörülmektedir. Meralar, hem Türk Medeni Kanunu’nun 715’nci maddesi hem de 4342 sayılı Mera Kanunu’nun 4’üncü maddesi gereği devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bu yerler aynı zamanda özel mülkiyete geçirilemeyeceği gibi amaç dışı kullanılamayan, zaman aşımı uygulanmayan ve sınırların daraltılması yasak olan yerlerdir. Fakat kullanım hakkının kiralınması söz konusu olabilmektedir (4342 sayılı Mera Kanunu, mad.4). Bu hükümlerin dışında, yaylalardan tahsis amacı değiştirilmediği takdirde Mera Kanununda yer verilen kullanma amaçları dışında yararlanılamamaktadır (mad. 14). 14’üncü maddenin g bendinde “Doğal afet bölgelerinde yerleşim yeri için ihtiyaç” duyulması, tahsis amacının değiştirilmesi için gerekçe olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla meraların tahsis amacının değiştirilebilmesinin hukuksal dayanağı olan g bendi ile doğal afetlerden dolayı zarar gören yerleşimler için bu yerler rezerv alanı olarak kullanılabilir.

Ayrıca 648 sayılı Kanun Hükmünde Kararname'nin 23'ncü maddesi ile 3194 sayılı İmar Kanunu'na eklenen Ek Madde 4'te, meraların geleneksel kullanım amaçlarının değiştirilerek yerleşim yeri olarak kullanılacak alanların belirlenmesi işinin, valilik tarafından oluşturulacak komisyon tarafından gerçekleştirileceğini düzenlemektedir. Maddenin devamında belirlenen yerlerin tahsis amacı değiştirilerek Hazine adına tescillerinin gerçekleştirilmesi ve söz konusu amaca hizmet etmek üzere belediye, il özel idaresi ya da özel kanun kapsamında belirlenen ilgili daireye tahsis edilmesi yer almaktadır. Öngörülen bu tahsis işlemi, Anayasa'nın 123'üncü maddesinde yer alan "*idarenin bütünlüğü ilkesi*" nin güvence altına alınmasını sağlamaktadır (AYM, E. 2012/87 K. 2014/41 T. 27.2.2014).

Anayasa'nın 45'inci maddesi gereği, devlete yüklenen meraların amaç dışı kullanımının ve tahribinin önlenmesi görevi ile yine Anayasa'nın 7'nci maddesi ile koruma altına alınan "*herkesin yaşama, maddi ve manevi varlığını geliştirme*" hakkının korunması ve bu hakkın kullanılması için gerekli ortamın hazırlanması görevinin bir arada yürütülmesi gereklidir. Dolayısıyla meraların amaç dışı kullanımının tahsisinde yerleşim yeri amaçlı rezerv alan olarak tayin edilebilmesi, devletin anayasal yükümlülükleri arasında kurmak zorunda olduğu dengenin bir örneğidir (AYM, E. 2012/87 K. 2014/41 T. 27.2.2014).

3.4. Yargıtay Kararları Doğrultusunda Rezerv Yapı Alanı Belirlenirken Dikkate Alınması Gereken Diğer Hususlar

Afet risklerine karşı hazırlık kapsamında, ruhsatsız veya ruhsat ya da eklerine aykırı yapılmış olan binaların tespiti ve imar barışını sağlamak amacıyla 11/5/2018 tarihli 7143 sayılı kanunun 16'ncı maddesi ile İmar Kanunu'na eklenen Geçici Madde 16 yaylalardaki 31/12/2017 tarihinden önce yapılan izinsiz yapıların hukuki değer kazanmasına neden olmuştur (Güloğlu vd., 2018). 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 715'nci maddesi gereği "*Sahipsiz yerler ile yararı kamuya ait mallar, Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Aksi ispatlanmadıkça, yararı kamuya ait sular ile kayalar, tepeler, dağlar, buzullar gibi tarıma elverişli olmayan yerler ve bunlardan çıkan kaynaklar, kimsenin mülkiyetinde değildir ve hiçbir şekilde özel mülkiyete konu olamaz*" denilmektedir. Dolayısıyla, 4342 sayılı Mera Kanunu'nun 27'nci maddesi gereği yaylak, mera ve kışlaklar üzerindeki izinsiz inşaatlar hakkında, 3091 sayılı "*Taşınmaz Mal Zilyedliğine Yapılan Tecavüzlerin Önlenmesi Hakkında Kanun*" ve 5237 sayılı "*Türk Ceza Kanunu*" ve ilgili diğer maddeleri gereği işlem yapılması gerekmektedir. Türk Ceza Kanunu'nun 154'ncü maddesi "*Köy tüzel kişiliğine ait olduğunu veya öteden beri köylünün ortak yararlanmasına terk edilmiş bulunduğunu bilerek mera, harman yeri, yol ve sulak gibi taşınmaz malları kısmen veya tamamen zapt eden, bunlar üzerinde tasarrufta bulunan veya sürüp eken kimse hakkında birinci fıkra yazılı ceza*"ların uygulanmasını hüküm altına almaktadır.

Bu hususta, Yargıtay Sekizinci Hukuk Dairesi'nin E. 2003/1421, K. 2003/4004 ve 02.06.2003 tarihli kararında, su altında kalan ve üzerinde mülkiyet hakkı iddia edilen taşınmaza ilişkin, su altında kalmadan önceki durumu analiz edilmektedir. Kararda, alanın dört tarafının mera ile çevrili olmasının, söz konusu taşınmazın meradan elde edildiğini gösterdiği üzerinde durulmaktadır. Vasfı itibarıyla mera olan bir yerin zilyet yolu ile kazanılmasının mümkün olmamasından dolayı dava konusu taşınmazın sular altında kalmadan önce kazanıldığının ve zilyetlik tespitinin yapılmasına yer olmadığı ifade edilmiştir. Söz konusu kararda 4342 sayılı Mera Kanunu'nun 4'ncü maddesine göre Devletin hüküm ve tasarrufu altında olan yerlerde zilyetlik ile hak sahipliğinden söz edilemeyeceği üzerinde durulmaktadır.

Benzer nitelik taşıyan Yargıtay Yirminci Hukuk Dairesi'nin E.2016/1594, K. 2017/7090 ve 02.10.2017 tarihli kararında, bir yer üzerinde zilyetlik hak talep edilebilmesi için o yerin zilyetlikle kazanılabilen yerlerden olması gerektiği üzerinde durulmaktadır. 3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun 14'ncü maddesinde zilyetlikle hak sahibi olma koşullarının hak iddia edenin lehine sağlanması tek başına yeterli olmayıp söz konusu yerin zilyetliğe müsait olmasının yanı sıra taşınmazın aktif dere yatağında bulunmaması ve taşkın tehlikesinin bulunup bulunmadığının da araştırılması gerekmektedir.

Yargıtay'ın yerleşik içtihatlarına göre nehirler, akarsular, ırmak ve çaylar özel mülkiyet hakkına konu olamazlar dolayısıyla ırmak yatağına konumlandırılan taşınmaz üzerinde mülkiyet hakkı iddia edilemeyecektir (YHGK, E.2015/101, K.2016/301, 09.03.2016).

Yargıtay Sekizinci Hukuk Dairesine yansıyan ve hüküm kurulan E.2001/2456, K. 2001/3530 ve 01.05.2001 tarihli kararında, göl suyunun altında kalan taşınmazların tespit dışı bırakılmasında, suların çekilmesi ile taşınmazların ortaya çıkmasının göl sularının etkisinden kurtulduğu anlamını taşımadığı üzerinde durmaktadır. Dolayısıyla belli yükselme koduna sahip suların, taşınmazları sular altında bırakma riski devam etmektedir. Bu gibi yerlerde zilyetlik ile kazanma ve mülkiyet hakkı tesisi mümkün değildir. Ancak anılan Yargıtay kararının, kültür arazileri açısından geçerli olmadığı Yargıtay On Altıncı Hukuk Dairesi'nin E. 2001/10286, K. 2001/9143 ve 29.11.2001 tarihli kararından anlaşılmaktadır. Kararda, bir yerin geçici süre ile sular altında kalmasının o yerin kültür arazisi niteliğini ortadan kaldırmayacağı dolayısıyla zilyetlik tespitine aykırı bir durumun oluşmayacağı ifade edilmektedir.

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun E. 2015/101, K. 2016/301 sayılı 09.03.2016 tarihli kararında; ırmak yatağının değiştirilerek taşınmazın ortasından geçirilmesi ile aşırı yağışlardan dolayı meydana gelen taşkın nedeniyle taşınmazın sular altında kalmasında, yatak değişikliğinin sürekliliğinin tespitinin idarenin hizmet kusurunun belirlenmesi ve *"kamulaştırmaz el atma"* ya itirazın değerlendirilmesi hususunda önemli olduğu ifade edilmiştir. 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 715'nci maddesi gereği devletin hüküm ve tasarrufu altında olan yerlerin özel mülkiyet konusu olamayacağı nettir. Dolayısıyla yatak değişikliğinin devamlı nitelikte olması Kamulaştırma Kanunu kapsamında işlem yapılmasını gerektirmektedir. Yatak değişikliğinin geçici olması ise idarenin hizmet kusurunun bulunduğunu işaret etmektedir.

Türk Medeni Kanunu'nun 743'üncü maddesi gereği, üst konumdaki bir arazinin suyunun doğal olarak alt konuma doğru akmasında, alt konumda yer alan arazi sahibinin üst konumdaki fazla suyun boşaltılmasından kaynaklanan suları tazminat hakkı talep etmeksizin kabul etmek zorundadır. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu E.2006/40, K.2006/96 ve 22.03.2006 tarihli kararında TMK'da yer alan anılan madde hükmüne dayanarak suların doğal akışlarının engellenemeyeceğinin üzerinde durmaktadır. Ayrıca kararda, alt konumdaki arazi sahibinin akış yönü değiştirilmiş sulardan kaynaklanan zararı kabul etmek zorunda olmadığı da vurgulanmaktadır.

İncelenen Yargıtay kararları aynı zamanda rezerv yapı alanı olarak belirlenecek devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerde dikkat edilmesi gereken hususları da içermektedir. Bu gibi yerlerde mülkiyet hakkının tesis edilebilmesi için ilk aşamada tahsis amacının ve/veya vasfının değiştirilmesi gerekmektedir. Ardından bu yerlerin taşkın, sel, erozyon, deprem vb. doğal afetler karşısındaki vaziyeti evveliyatından itibaren değerlendirilmelidir. Dere yatağının değiştirilmesi, doğal akışların engellenmesi, dere, ırmak ya da göl sularının yükselme kotalarının daraltılması suretiyle oluşturulacak yapı alanlarının mülkiyet hakkı tesisinin geçerliliğine ters düşeceğine işaret etmektedir.

Devlet oluşturduğu idare makamı ve alt birimleri ile bu gibi tehlikelerin öngörülmesi ve gerekli tedbirlerin alınması adına da faaliyet göstermektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı özel bütçeli kamu tüzel kişiliği olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü sel ve taşkın riski taşıyan bölgeler için hazırlanacak imar düzenlemeleri üzerinde önemli rol oynamaktadır. 1953 yılında 6200 sayılı *"Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun"* ile kurulan DSİ, 2018 yılında anılan kanunun *"Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce Yürütülen Hizmetler Hakkında Kanun"* olarak değiştirilmesi ile yeniden yapılandırılmıştır. DSİ Genel Müdürlüğü'nün kuruluşu, teşkilat yapısı, görev, yetki ve sorumlulukları 15.07.2018 tarih ve 30479 sayılı Resmî Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren 4 No'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile yeniden oluşturulmuştur. Kararname'nin 121'nci maddesine göre genel müdürlüğe yüklenen görev ve yetkilerden bazıları;

- ✓ Taşkın sular ve sellere karşı koruyucu tesisler meydana getirmek;
- ✓ Sulak alanları ıslah etmek, erozyon ve rüsubat kontrolü ile ilgili etüt ve planlama işlerini yapmak veya yaptırmak, kendi tesislerini korumaya yönelik erozyon kontrolü maksatlı ağaçlandırma çalışmaları yapmak;
- ✓ Akarsularda ıslahat yapmak ve icabedenleri seyrüsefere elverişli hale getirmek;
- ✓ Tesislerin çalıştırma, bakım ve onarım dâhil işletmelerini sağlamak;
- ✓ Kamu kurum ve kuruluşları ile diğer gerçek ve tüzel kişiler tarafından yapıлып kamu yararı bulunan ve Genel Müdürlüğün vazifesi ile ilgili işlere ait proje ve keşif evrakını tetkik ve tasdik etmek, inşaatın yapılmasının proje ve fenni icaplara uygunluğunu murakabe etmek ve bu işlerin etüd ve projelerini uygun gördüğü bir ücret mukabilinde yapmak veya yaptırmak;
- ✓ Genel müdürlüğün vazifesi içinde bulunan işlerin yapılmasına lüzumlu arazi ve gayrimenkulleri kanunlarına göre muvakkat olarak işgal etmek veya istimlak etmek veya satın almak;
- ✓ Genel müdürlüğün çalışma konusuna giren işleri yapmaya lüzumlu malzeme, makine, teçhizat ve taşıtları seçmek, sağlamak, çalıştırmak ve icabında kira mukabili vermek ve bunlar için gerekli tamir atölyeleri ile tesisleri kurmak ve işletmek” olarak sıralanabilir.

Ayrıca anılan kararnamenin 121’nci maddesine dayanılarak hazırlanan “Taşkın ve Rüsubat Kontrolü Yönetmeliği” nin 14’ncü maddesine göre; “İl, ilçe ve belde gibi büyük ve orta ölçekteki planlı yerleşim yerleri ile mevzii planlara göre yapılan küçük ölçekteki her türlü yerleşim birimlerine ait imar planlarının düzenlenmesi esnasında, DSİ tarafından belirlenen taşkın sınırları ile birlikte bildirilen diğer görüş ve öneriler dikkate alınır. DSİ, bu görüş ve önerileri belirlerken yaşanan taşkınlar sonrasında hazırlanan raporlardan, taşkın yayılım ve tehlike haritalarından ve taşkın yönetim planlarından faydalanabilir. Bu madde kapsamında DSİ tarafından verilen görüş ve önerilere uyulmaması halinde tüm hukuki sorumluluk, görüş ve önerilere uymayan kurum veya kuruluşa aittir.”

09.09.2006 tarih ve 26284 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 2006/27 sayılı Dere Yatakları ve Taşkınlar konulu Başbakanlık Genelgesinde de dere yatakları üzerinde yapılacak her türlü işlemde DSİ’nin görüşüne başvurulması ve alınan görüşler doğrultusunda faaliyete geçilmesini öngörmektedir.

Yargıtay Hukuk Genel Kurulu’nun E. 2015/73, K. 2016/300 ve 09.03.2016 tarihli kararında, yaşanan sel felaketinden zarar gören taşınmazların edinilmesi, korunması, bakım, işletme ve kullanımlarının özel kanun hükümleri doğrultusunda gerçekleştirildiği kabul edilerek, özel mülkiyette bulunan taşınmazların sel, taşkın gibi olaylardan korunması için yapılması ve tesis edilmesi gereken her türlü iş ve eylemlerin Devlet Su İşleri’nin sorumluluğunda bulunduğu üzerinde durulmaktadır.

4. Sonuçlar

Devletin kendisine Anayasa ile yüklenen görev ve sorumluluklarını yerine getirmesi sürecinde oluşturmuş olduğu idari teşkilatların sorumluluk alanlarının iç içe geçmesi halinde benimsenecek ilke idarenin bütünlüğü ilkesidir. İdarenin kuruluş ve görevleri ile bir bütün olduğu kabulünden yola çıkarak, kamu yararına kamu hizmetinin yürütülmesinde bir idarenin sorumluluk alanındaki taşınmazın diğer idareye tahsisi hukuksal araçlar ile düzenlenmiştir. 6306 sayılı Kanun kapsamında, devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerden yararlanmada benimsenen ilkelerin hukuksal dayanağı oluşturulmuştur. Uygulamanın her ne kadar doğal kaynakları daraltıcı etkisi bulunsu da anayasa ile güvence altına alınan temel hak ve özgürlüklerin gözetilmesi açısından dengenin kurulması gereklidir.

İyileştirme, tasviye ve yenileme çalışmalarının yerinde yapılmasının mümkün olmadığı hallerde rezerv yapı olarak araştırılacak yerler daha öncesinde yerleşimin bulunmadığı doğal alanlardır. Bu incelemenin yapılmasında aynı zamanda o yerlerin evveliyatının da tespit edilmesi, rezerv yapı alanlarında gerçekleştirilecek yapılaşmanın ilerleyen süreçte başka bir afetle karşılaşmaması, can ve mal kayıplarının yaşanmaması adına önem taşımaktadır. 6306 sayılı Kanunun 9’uncu maddesi uyarınca, kanun uygulaması,

3194 sayılı İmar Kanunu ile imarla ilgili hükümleri barındıran özel kanunlar ve diğer mevzuat hükümleriyle düzenlenen kısıtlamalara tabi değildir. Her bireyin kamu hizmetinden süreklilik ve eşitlik ilkesi kapsamında yararlanmasının sağlanması 6306 sayılı Kanun kapsamında acele olarak kabul edilmekte ve süreç bu doğrultuda ilerlemektedir. Dolayısıyla söz konusu kısıtlamalara bağlı olmamanın neden olabileceği olumsuzluklar da öngörülebilirlik ilkesi gereği önceden değerlendirilmelidir.

Yaşama hakkı kutsal bir hak olmakla birlikte herkes sağlıklı, dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Devletin hüküm ve tasarrufu altında olan yerler ise kamu malıdır. Kamu malları nitelikleri gereği özel mülkiyete devrolunamaz ve zilyetlikle hak sahipliği iddia edilemez yerlerdir. Biri uğruna diğerinden fedakârlık yapılması hali vukuu bulduğunda rezerv yapı alanlarının bu gibi alanlar dışında belirlenme imkânının araştırılması ve uygulanabilirliğinin denetlenmesi gereklidir. 6306 sayılı Kanun'da düzenlenen riskli yapıların tespiti, görevli kurum ve kuruluşlara ilişkin ayrıntılı düzenlemelerin, rezerv yapı alanlarının belirlenmesi amacıyla da oluşturulması faydalı olacaktır. Rezerv yapı alanlarının da riskli alanlar gibi teknik incelemelere dayalı teknik bilirkişi raporlarına dayandırılması önemlidir. Aynı zamanda Yargıtay'ın yerleşik içtihatlarına göre mülkiyet hakkının oluşmasına engel hususların rezerv yapı alanlarının tespitinde göz önünde bulundurulması, hukuksal açıdan da önemli bir gerekliliktir.

Yazar Katkıları

Yazar İlknur Cesur: Çalışmanın tüm aşamalarında görev almış ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- AFAD, (2022). https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2022-Yili-Doga-Kaynakli-Olay-Istatistikleri.pdf (Erişim Tarihi: 10.06.2024).
- Alanka, D. (2024). Nitel Bir Araştırma Yöntemi Olarak İçerik Analizi: Teorik Bir Çerçeve. Kronotop İletişim Dergisi, 1(1), s.64-84.
- Altın, A. (2013). Kamu Hizmeti Anlayışında Değişim. Anemon MŞÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2).
- Gören, Z. (2014). Sosyal Hukuk Devletinde Özgürlük ve Yükümlülük. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(26), s.26-46.
- Gözübüyük, Ş. (2006). Yönetim Hukuku. Ankara: Turhan Kitabevi.
- Gül, İ. (2014). Danıştay Kararlarında “Kamu Yararı” Kavramı. Ankara Barosu Dergisi, (2), s.533-552.
- Kaplan, O. (2022). Sağlıklı ve Güvenli Konut Çevrelerinin Sağlanması Bakımından Rezerv Yapı Alanları. İdare Hukuku ve İdari Yargı Uluslararası Sempozyumu, 16-18 Mayıs 2022, s.453-473.
- Tavşancıl, E. ve Aslan, E. (2001). Sözel, Yazılı ve Diğer Materyaller için İçerik Analizi ve Uygulama Örnekleri. Epsilon Yayınevi, İstanbul.
- Tolunay, A. ve Korkmaz, M. (2004). Ormancılıkta Kamu Yararı ve Üstün Kamu Yararı Üzerine Analizler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1), s.47-58
- URL-1: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf> (Erişim Tarihi: 10.06.2024).
- Ültay, E., Akyurt, H. ve Ültay, N. (2021). Sosyal Bilimlerde Betimsel İçerik Analizi. IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (10), 188-201.
- Yurtcanlı, S. (2013). Afet Riski Altında Temel Hak ve Özgürlükler: 6306 Sayılı Afet Yasası Kapsamında Temel Hak ve Özgürlüklere Getirilen Sınırlamalar. Anayasa Hukuku Dergisi, 2(4), 317-358.
- 1 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 10 /07/2018 tarih ve 30474 sayılı Resmi Gazete.
- 4 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 15/07/2018 tarih ve 30479 sayılı Resmî Gazete.
- 85 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 29/10/2021 tarih ve 31643 sayılı Resmi Gazete.
- 126 Sayılı Olağanüstü Hal Kapsamında Yerleşme ve Yapılaşmaya İlişkin Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 24/02/2023 tarih ve 32114 sayılı Resmi Gazete.
- 2006/27 Sayılı Dere Yatakları ve Taşkınlar konulu Başbakanlık Genelgesi, 09/09/2006 tarih ve 26284 sayılı Resmi Gazete.

- 2709 Sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, 09/11/1982 tarih ve 17863 sayılı Resmi Gazete.
2942 Sayılı Kamulaştırma Kanunu, 8/11/1983 tarih ve 18215 sayılı Resmi Gazete.
3194 sayılı İmar Kanunu, 09/05/1985 tarih ve 18749 sayılı Resmi Gazete.
4342 Sayılı Mera Kanunu, 28/02/1998 tarih ve 23272 sayılı Resmi Gazete.
4721 Sayılı Türk Medeni Kanunu, 08/12/2001 tarih ve 24607 sayılı Resmi Gazete.
5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu, 12/10/2004 tarih ve 25611 sayılı Resmi Gazete.
5395 Sayılı Belediye Kanunu, 13/07/2005 tarih ve 25874 sayılı Resmi Gazete.
6200 Sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, 25/12/1953 tarih ve 8592 sayılı Resmi Gazete.
6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, 31/05/2012 tarih ve 28309 sayılı Resmi Gazete.
6831 Sayılı Orman Kanunu, 08/09/1956 tarih ve 9402 sayılı Resmi Gazete.
Anayasa Mahkemesi, E.2010/82, K. 2012/159, T.18.10.2012.
Anayasa Mahkemesi, E. 2012/87 K. 2014/41, T.27.2.2014.
Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu, E.2016/66, K.2016/128, T.03.02.2016.
Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu, E.2021/3808, K.2022/130, T.24.01.2022.
Danıştay On Dördüncü Dairesi, E. 2015/6813, K. 2017/ 1103, T.28.02.2017.
Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, E.2006/40, K.2006/96, T.22.03.2006
Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, E.2015/73, K.2016/300 T.09.03.2016.
Yargıtay Hukuk Genel Kurulu, E.2015/101, K.2016/301, T. 09.03.2016.
Yargıtay On Altıncı Hukuk Dairesi, E.2001/10286, K.2001/9143, T.29.11.2001.
Yargıtay Sekizinci Hukuk Dairesi, E.2001/2456, K.2001/3530, T.01.05.2001.
Yargıtay Sekizinci Hukuk Dairesi, E.2003/1421, K.2003/4004, T.02.06.2003.
Yargıtay Yirminci Hukuk Dairesi, E.2016/1594, K.2017/7090, T.02.10.2017.

Uğursuyu Havzası Erozyon Risk Durumundaki Dönemsel Değişimlerin Belirlenmesi

Ahmet Salih Değermenci^{1,*}

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 27.12.2024

Kabul: 09.04.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, Uğursuyu Havzasında 2000 ve 2019 yılları arasında arazi kullanım durumlarında meydana gelen değişikliklerin erozyon risk durumlarına etkileri ICONA (National Institute for Nature Conservation) modeli kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Arazi sınıflandırmasında, su, yerleşim, tarım-açıklık ve bitki örtüsü olmak üzere dört ana arazi sınıfı belirlenmiş ve bu sınıfların doğruluğu hata matrisi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Kappa değerleri, her iki dönem için %80'in üzerinde bulunmuş, bu da sınıflandırmanın oldukça başarılı olduğunu göstermiştir. Su alanları 14,86 ha'dan 18,05 ha'ya yükselirken, yerleşim alanlarında yaklaşık 100 ha'lık bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, bitki örtüsü alanlarının oranı %84,6'dan %72,3'e düşmüştür. Toprak koruma haritaları, arazi sınıfı ile bitki örtüsü oranları haritalarının ilişkilendirilmesiyle oluşturulmuş ve bu süreçte çok düşük ile çok yüksek toprak koruma sınıflarında artışlar gözlemlenirken, orta ve yüksek koruma sınıflarında azalmalar meydana gelmiştir. Havzanın eğim ve jeolojik yapısı dikkate alınarak hazırlanan potansiyel erozyon risk haritaları, alanın %76,5'inin yüksek ve çok yüksek erozyon riski grubunda bulunduğunu göstermektedir. Jeolojik yapı olarak alanın büyük kısmı (%80,5) erozyona duyarlı kayalardan oluşmaktadır. Erozyon risk durumları açısından yapılan analizlerde, 2000 ve 2019 yılları arasında düşük risk sınıflarında önemli bir değişim gözlemlenmezken, orta seviyede %1'lik bir artış ve yüksek seviyede %3,6'lık bir azalma meydana gelmiştir. Çok yüksek erozyon riski sınıfında ise %2,54'lük bir artış kaydedilmiştir. Arazi değişimleri ve bitki örtüsü oranlarındaki azalmalar, erozyon riskini etkileyen temel faktörler olarak öne çıkmıştır. ICONA modeli, bu değişimleri etkili bir şekilde değerlendirmiş ve havzanın yüksek erozyon duyarlılığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, elde edilen bulgular, sürdürülebilir arazi yönetimi ve erozyon kontrolünün önemini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin ve toplulukların iş birliği ile çevresel koruma önlemlerinin alınması, bölgenin ekolojik dengesinin korunması açısından kritik bir gereklilik haline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler – Arazi sınıflandırması, erozyon risk, ICONA, NDVI, Uğursuyu

Determination of Periodic Changes in Erosion Risk Status of Uğursuyu Basin

¹ Düzce University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Düzce, Türkiye

Article History

Received: 27.12.2024

Accepted: 09.04.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – In this study, the effects of land use changes in the Uğursuyu basin between 2000 and 2019 on erosion risk conditions were analyzed in detail using the ICONA model. In land classification, four main land classes were determined as water, settlement, agriculture-open space and vegetation, and the accuracy of these classes was evaluated by the confusion matrix method. Kappa values were above 80% for both periods, indicating that the classification was quite successful. Water areas increased from 14.86 hectares to 18.05 ha, while settlement areas increased by about 100 ha. However, the proportion of vegetation areas decreased from 84.6% to 72.3%. Soil protection maps were created by overlaying the land class and vegetation cover ratio maps, and in this process, increases were observed in very low and very high soil protection classes, while decreases occurred in medium and high protection classes. The potential erosion risk maps prepared by considering the slope and geological structure of the basin show that 76.5% of the area is in the high and very high erosion risk group. In terms of geological structure, most of the area (80.5%) consists of rocks susceptible to erosion. In the analysis of erosion risk status, no significant change was observed in the low risk classes between 2000 and 2019, while there was a 1% increase in the medium level and a 3.6% decrease in the high level. An increase of 2.54% was recorded in the very high erosion risk class. Land changes and reductions in vegetation cover were the main factors affecting erosion risk. The ICONA model effectively assessed these changes and revealed that the basin has high erosion susceptibility. In conclusion, the findings emphasize the importance of sustainable land management and erosion control strategies. In this context, taking environmental protection measures in cooperation with local governments and communities becomes a critical requirement for maintaining the ecological balance of the region.

Keywords – Land classification, erosion risk, ICONA, NDVI, Uğursuyu

¹  ahmetdegermenci@duzce.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Arazi kullanımında meydana gelen değişimler ve yanlış arazi kullanımından kaynaklanan toprak erozyonu Dünyadaki en önemli çevresel sorunlardan biridir (Zhang vd., 2019; Gong vd., 2022). Erozyon, toprak bozulması, tarımsal verim kaybı ve ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratarak büyük bir çevresel tehdit oluşturur. Toprak erozyonunun başlıca nedenleri arasında insan faaliyetleri ve hatalı arazi yönetim uygulamaları en önde gelmektedir (Jiang vd., 2020). Bu tür yanlış uygulamalar, toprak yapısını bozarak ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğini tehlikeye atmaktadır (Ediş vd., 2021; Aslan, 2023). Arazi kullanımındaki değişiklikler, özellikle sanayileşme, kentleşme ve kırsal alanlardan kentsel bölgelere göç gibi faktörlerle tetiklenerek erozyon riskini artırmaktadır. Bu süreç, tarım topraklarının verimli kullanımını zorlaştırmakta ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır (Zuo, 2023; Liu, 2023). Ayrıca, tarımsal faaliyetlerin iklim değişikliği ile olan ilişkisi, özellikle kurak iklim koşullarında toprak kaybının daha belirgin hale gelmesine neden olmaktadır (Jiang vd., 2014; Rakhimova, 2024).

Toprak erozyonu, yalnızca toprak kaybına neden olmakla kalmaz; aynı zamanda gıda güvenliği, ekosistem sağlığı ve çevresel sürdürülebilirliği tehdit eden önemli bir faktördür. Yapılan bilimsel çalışmalar, insan kaynaklı arazi örtüsü değişikliklerinin, özellikle ormansızlaşma ve doğal alanların tarım arazilerine dönüştürülmesinin erozyon riskini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Ziadat ve Ay, 2013; Borrelli vd., 2017). Özellikle ormansızlaşma, toprak stabilitesini bozarak erozyon sürecini hızlandırmaktadır (Xiao vd., 2021). Ziadat ve Ay (2013), yaptıkları çalışmada tarım arazilerindeki tarımsal faaliyetlerin, doğal bitki örtüsüne göre toprak erozyonunu artırdığını belirlemişlerdir. Borrelli ve arkadaşları (2017), 21. yüzyılda meydana gelen arazi kullanım değişikliklerinin küresel toprak erozyonu üzerindeki etkilerini araştırmış ve planlı tarımsal yönetim uygulamalarının sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasının erozyon riskini azaltabileceğini vurgulamışlardır. Bir diğer çalışmada, Bakker ve arkadaşları (2008), Avrupa'nın dört farklı bölgesinde arazi kullanım değişikliklerinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini incelemiş ve tarımsal arazilerin genişlemesinin erozyon miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Ormansızlaşma da, toprak erozyonunu artıran bir diğer önemli faktördür. Xiao ve arkadaşları (2021), insan faaliyetlerinin, özellikle arazi kullanımı durumları ve bitki örtüsü türlerinin, toprak erozyonunu önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, Chalise ve Kumar (2020), Nepal Himalayaları'nda arazi kullanım değişikliklerinin su erozyonunu nasıl etkilediğini incelemiş ve uygun tarımsal yönetimin, eğimli arazilerde toprak kaybını azaltmak için gerekli olduğunu ifade etmiştir. Toprak erozyonunun etkileri sadece toprağın kaybıyla sınırlı kalmamakta aynı zamanda gıda güvenliğini ve çevresel sürdürülebilirliği de tehdit etmektedir. Alexakis ve arkadaşları da, toprak erozyonunun tarımsal verimliliğin azalmasına yol açacağını ve bu durumun, 2050 yılına kadar sürekli büyüyen küresel nüfusu besleme ihtiyacı göz önüne alındığında özellikle endişe verici olduğunu belirtmişlerdir (Alexakis vd., 2019). Verimli üst toprağın kaybı, arazinin tarımsal potansiyelini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda su yollarında artan kirlilik ve tortulaşmaya da katkıda bulunarak çevresel yönetim çabalarını daha da karmaşık hale getirebilir (Alexakis vd., 2019). Bu bağlamda, uygun arazi yönetimi ve koruma stratejileri geliştirilmemesi durumunda, erozyonun uzun vadeli etkileri daha da yıkıcı hale gelebilir.

Erozyonun etkilerini azaltmak ve risk bölgelerini belirlemek amacıyla çeşitli modelleme yöntemleri ve haritalama teknikleri kullanılmaktadır. Modelleme yöntemlerinden birisi farklı arazi kullanım türlerinin çevresel etkilere olan katkısını değerlendiren ve dinamik bir model olan LEAM (Land-use Evolution and Impact Assessment Model) modelidir. Temel olarak, arazi kullanım değişimlerinin ekosistem üzerindeki etkilerini analiz etmeye odaklanır ve bu süreçte ekonomik unsurları da dikkate alır (Chen vd., 2021). Erozyon riskini değerlendirme yeteneği ile bilinen bir başka modelde ICONA (National Institute for Nature Conservation) modelidir. ICONA modeli kullanıcı dostu bir yapı ile basit fakat etkili tahminler sunabilmektedir. ICONA'nın avantajları arasında, Avrupa ve Akdeniz bölgeleri için etkili bir erozyon haritası oluşturma becerisinin olması sayılabilir. Kullanımı daha basit olan ICONA, kullanıcıların temel erozyon tahminlerini daha az teknik bilgi ile gerçekleştirebilmesini sağlamaktadır (Gholzom vd., 2020). ICONA modeli, nitel veri analizi ile karar verme sürecine katkıda bulunur. Bu model, nitel karar kurallarına dayanarak, erozyon riskini değerlendi-

rirken belirli girdi faktörlerini nitelikler açısından hiyerarşik bir şekilde organize eder. Ayrıca diğer birçok modelin özellikle yerel koşullara göre kapsamlı kalibrasyon gerektirmesi ve her bölge için bazı istatistikî bilgilere ihtiyaç duyması ve uzaktan algılama tabanlı olması ICONA modelinin tercih edilme sebeplerinden- dir. Wang ve arkadaşları, Moğolistan'daki kentsel gelişimin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini değerklen- dirdikleri çalışmalarında, ICONA modelinin sağladığı verilerin, arazi kullanım değışikliklerinin erozyon üzerindeki etkilerini anlamada kritik bir rol oynadığını belirtmişlerdir (Wang vd., 2018). Uzaktan algılama teknolojileri sayesinde, geniş alanlarda erozyon risk haritaları oluşturularak bölgesel bazda önleyici strateji- ler geliştirilebilmektedir (Ji, 2024).

Türkiye'nin farklı bölgelerinde erozyon riskinin belirlenmesinde ICONA modelinin etkinliği üzerine çeşitli çalışmalara imza atılmıştır. Yıldız ve Kahveci (2024), ICONA modelini kullanarak Ankara ili örneğinde toprak erozyonu riskini tahmin etmiş ve mekânsal erozyon riski haritaları ile birlikte risk düzeylerini belirle- yip değerklendirmiştir. Bilgiç ve Er (2024), aynı yöntemi kullanarak Malatya ilinde erozyon risk analizi ger- çekleştirmiş ve doğal kaynakları koruma stratejileri geliştirmek için önemli veriler elde etmiştir. Ediş ve arkadaşları (2021), Meşeli Havzası'nda yaptıkları çalışmada ICONA modelini kullanarak toprak erozyon riskini değerklendirmiştir; bulgulara göre havzanın yüksek erozyon riski taşıdığı ve etkili arazi yönetiminin gerekliliği vurgulanmıştır. Dutal (2022), Akdeniz bölgesinde artan orman yangınları ve şiddetli yağışların baraj havzalarındaki toprak erozyonunu nasıl etkileyebileceğini inceleyerek Ayvalı Baraj Havzası'nda ICO- NA modeliyle mevcut toprak erozyonu riskini haritalandırmış ve orman yangını senaryosuyla yangın sonrası risk değışimini analiz etmiştir. Sonuçlar, çalışma alanının %70,33'ünün çok yüksek erozyon riski taşıdığını ve bu alanın yangın sonrası %18 oranında arttığını göstermiştir.

Bu çalışmada, ICONA modeli aracılığıyla Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Düzce ilindeki Uğursuyu Havzası'nda toprak erozyonunun zamansal ve mekânsal değışimi incelenecektir. Çalışmanın temel amacı, 2000 ve 2019 yılları arasındaki arazi kullanım değışikliklerinin erozyon riski üzerindeki etkilerini analiz ederek hassas bölgeleri belirlemektir. Bu kapsamda, havzanın coğrafi özellikleri, bitki örtüsü değışimi ve toprak yapısı gibi faktörler dikkate alınarak erozyon dinamikleri değerklendirilecektir. Uzaktan algılama verileri ve mekânsal analiz teknikleri kullanılarak, erozyon potansiyeli yüksek alanlar tespit edilerek sürdürü- lebilir arazi yönetimi için veri temelli öneriler sunulacaktır.

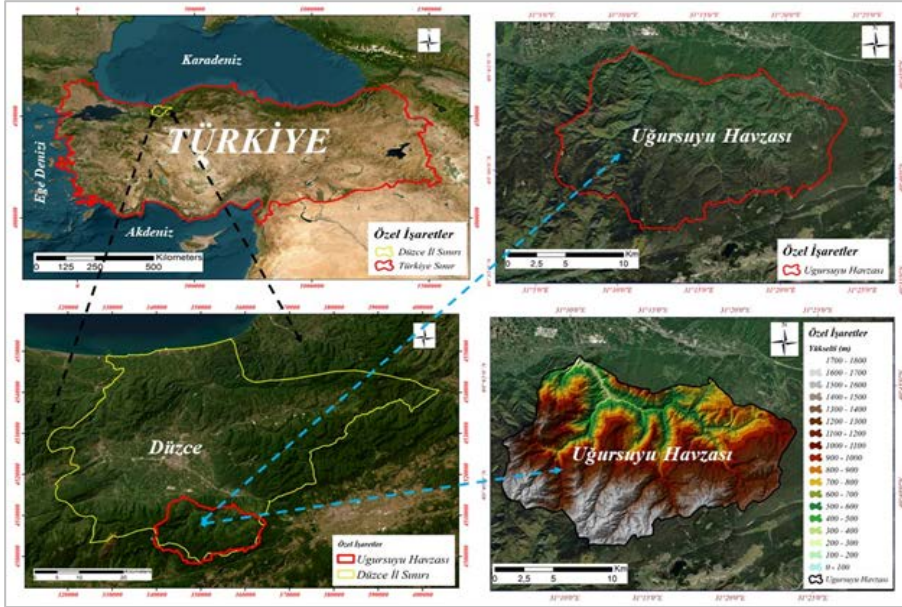
Bu çalışma aynı zamanda, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) çerçevesinde SKH 6 (Temiz Su ve Sanitasyon), SKH 13 (İklim Eylemi) ve SKH 15 (Karasal Yaşam) hedefleriyle doğrudan bağ- lantılıdır. Arazi kullanım değışikliklerinin erozyon üzerindeki etkilerini analiz ederek su kaynaklarının ko- runmasına, iklim değışikliğine uyum sağlanmasına ve toprak bozulmasının önlenmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, bu çalışmanın bulguları yalnızca erozyon riski tahminine katkı sağlamakla kalma- yıp, ekosistem hizmetleri bağlamında su kalitesinin korunması, toprak sürdürülebilirliği ve peyzaj yönetimi açısından da değerkli veriler sunacaktır. Arazi kullanım değışikliklerinin düzenleyici ve destekleyici hizmetler üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi gerek- liligi ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma sonuçlarının bölgesel toprak koruma politikalarının oluşturu- lmasına katkı sağlaması ve doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için bilimsel bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Batı Karadeniz Bölgesinde bulunan Düzce İli'nin en önemli ve en büyük havzalarından birisi olan Uğursuyu Havzası seçilmiştir. Uğursuyu Havzası Düzce ilinin hem merkez hem de Kaynaşlı ilçelerinin bir kısmını içine almaktadır. Çalışma alanı coğrafi konum olarak WGS1984 UTM Zone 36N grid bölge zonunda yer almakta olup, 40°46'33''- 40°37'18'' Kuzey enlemleri ile 31°05'45''-31°24'22'' Doğu boylamları arasında kalmaktadır (Şekil 1). Uğursuyu Havzasında birçok köy ve yayla bulunmaktadır. Hav-

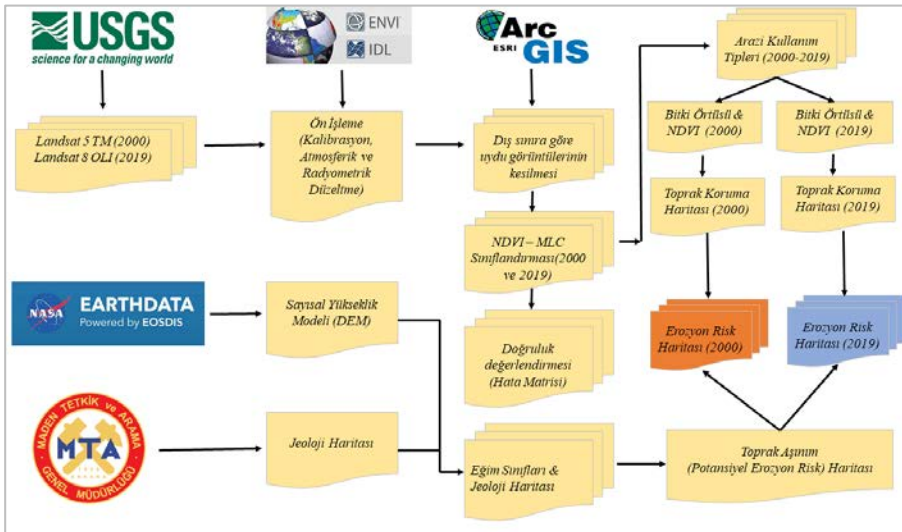
zanın beslenme alanı yaklaşık 25899 ha'dır ve Elmacık dağlarında Hamamsuyu Deresi ile doğup, Aksu ve Uğursuyu Deresi ile alt rakımlarda birleşip, diğer birçok küçük akarsuları da toplayarak güneydoğu-kuzeybatı yönünde akmaktadır. Uğursuyu Havzası en yüksek debi Haziran ayında, en düşük debiler ise Ekim ayında görülmektedir. Havzanın taşkın potansiyeli yüksektir ve yaklaşık 1200 ha arazi taşkından etkilenebilmektedir. Uğursuyu Havzasına en yakın meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 837.7 mm iken, ortalama sıcaklık da 13.2 °C'dir (MGM, 2022). Havzada alt rakımlarda yapraklı ağaç türleri (Kayın, Meşe) üst rakımlarda ise daha çok ibrelili türlerden (Karaçam, Sarıçam, Gökmar) oluşan ormanlar bulunmakta ve tüm havzanın yaklaşık %80'i orman alanlarından oluşmaktadır. Orman alanlarının yaklaşık %3'ü de bozuk orman vasfındadır.



Şekil 1. Uğursuyu Havzası coğrafi konumu ve sayısal yükseklik modeli

2.2. Veri Seti

Çalışma alanı erozyon risk haritalarının dönemsel olarak arazi kullanımında meydana gelen değişimlere göre nasıl değişim gösterdiğinin ortaya koyulması birçok aşamadan oluşan analizleri gerektirmektedir. Analizlerin yapılması için birçok veri seti kullanılmıştır. Kullanılan veri setleri ve izlenen yöntem Şekil 2'de gösterilmiş ve alt başlıklar halinde ele alınmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan iş akış planı

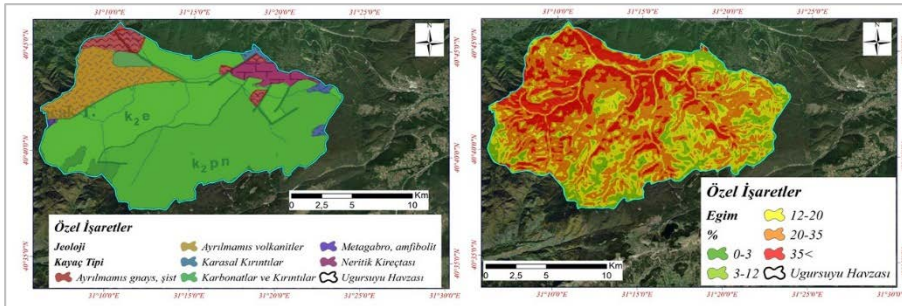
2.3. Toprak Aşınım Haritasının Oluşturulması

Uğursuyu Havzası için ICONA modeline (ICONA, 1997) göre öncelikle ilk aşama haritalarından olan aşınabilirlik haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Aşınabilirlik haritası eğim ve Jeolojik yapı üzerinden belirlendiğinden her iki dönem için aynı harita kullanılmıştır. Bunun için öncelikle çalışma alanına ait sayısal yükseklik modelinden yükselti ve eğim sınıfları haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan eğim sınıfları ile havzanın jeolojik yapısına ilişkin verilerin birlikte ele alınması ve aşınabilirlik sınıflarının oluşturulması gerekmektedir (Tablo 1). Jeolojik yapıya ilişkin veriler Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından hazırlanan 1/25000 ölçekli jeoloji haritasından alınmıştır (MTA, 1999). Elde edilen bu iki veri seti ArcGIS Desktop 10.8 yazılımında çakıştırılarak toprak aşınabilirlik haritası, 1 en düşük, 5 en yüksek olacak şekilde beş farklı kategoriye ayrılmıştır. Litolojik yapı ve geçirgenlik sınıflandırmasında ICONA modeli sınıflandırması baz alınmıştır (ICONA 1997). Eğim sınıflandırmasında ülkemizde yapılan çalışmalarda kullanımı daha fazla olan %0-3, %3-12, %12-20, %20-35 ve %35 üstü olacak şekilde sınıflama yapılmıştır (Dengiz ve ark. 2014; Ediş ve ark. 2021; Yıldız ve Kahveci, 2024) (Tablo 1).

Tablo 1

Jeolojik yapı ve eğim sınıfları

ICONA Risk Seviyesi (Aşınabilirlik)	Jeolojik Formasyon	Litolojik Yapı	Geçirgenlik	Eğim Sınıfı (%)
1	Metagabro, Amfibolit	Metamorfik	Düşük	Düz (%0-3)
2	Ayrılmamış gnays, şist, migmatit, metagranit, ayrılmamış volkanitler	Metamorfik/Magmatik	Orta	Orta (%3-12)
3	Neritik Kireçtaşı	Sedimanter (Karbonat)	Orta/Yüksek	Dik (%12-%20)
4	Kırıntılar ve karbonatlar, Karbonatlar ve Kırıntılar (bloklı fliş)	Sedimanter (Kırıntılı)	Yüksek	Çok dik (%20-35)
5	Karasal Kırıntılar	Sedimanter (Gevşek)	Çok Yüksek	Son derece dik (%35<)



Şekil 3. Uğursuyu Havzası jeolojik yapı ve eğim sınıfları haritaları

Sınıflandırılmış eğim ve jeoloji haritalarının çakıştırılmasıyla potansiyel erozyon risk (toprak aşınım) haritası oluşturulmuştur. Çakıştırma sonucunda eğim sınıfı ve kayalar tipleri aşınabilirlik sınıflarına göre, daha önce yapılan çalışmalardan da (Gholzom vd. 2020; Dutal, 2022; Yıldız ve Kahveci, 2024) faydalanılarak Tablo 2’teki karar matrisi üzerinden potansiyel erozyon risk haritası oluşturulmuştur.

Tablo 2

Çakıştırma fonksiyonunda kullanılan potansiyel erozyon risk değerlendirme matrisi

Eğim Sınıfı	Kayaç Aşınabilirlik Sınıfı				
	1	2	3	4	5
1	ÇD	ÇD	ÇD	D	D
2	ÇD	D	O	O	Y
3	O	O	Y	Y	Y
4	Y	Y	Y	ÇY	ÇY
5	Y	Y	ÇY	ÇY	ÇY

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

2.4. Toprak Koruma Haritalarının Oluşturulması

Her iki dönem için toprak koruma haritalarının oluşturulmasında ilgili yıllara ait hem amenajman planı meşcere tipleri haritalarından hem de Landsat uydu görüntüleri üzerinden elde edilen NDVI haritalarından faydalanılmıştır. Arazi kullanım durumlarının oluşturulmasında özellikle yersel ölçümler ile yapılan envanter sonucu çok detaylı haritaların oluşturulduğu orman amenajman planı meşcere tipleri haritalarından faydalanılmıştır. Meşcere tipleri üzerinden, çağ sınıfı ve kapalılıklar da dikkate alınarak bitki örtüsü yoğunluk oranları hesaplanmıştır. Bu bağlamda amenajman planları üzerinden her iki yıl için bitki örtüsü yoğunluk oranları %0-%25, %25-%50, %50-%75 ve %75-%100 olacak şekilde dört farklı sınıf oluşturulmuştur.

Bu aşamadan sonra özellikle bitki örtüsü yoğunluğunun belirlenmesinde bilimsel çalışmalarda çok tercih edilen NDVI haritalarının oluşturulması işlemi gerçekleştirilmiştir. 2000 yılı için Landsat 5 TM ve 2019 yılı için ise Landsat 8 OLI uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. Uydu görüntüleri USGS portalı üzerinden indirilmiştir (<https://www.usgs.gov/>)(USGS 2024). Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri Landsat 5 TM, 28 Temmuz 2000 (path:178-row:032), Landsat 8 OLI ise 1 Temmuz 2019 (path:178-row: 032), tarihlerine aittir. Landsat uydu görüntülerinin geometrik ve radyometrik düzeltmeleri, sınıflandırmadan önce ENVI 5.3 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Uydu görüntüleri seçilirken aynı aya ait görüntülerin seçilmesine ve bulut oranının %10'dan az olmasına, ayrıca özellikle orman amenajman planları için envanterin yapıldığı yaz aylarına ait görüntüler kullanılmıştır. Bulutlar ve atmosferik nem görüntü kalitesini doğrudan etkilediğinden bu etkileri ortadan kaldırmak amacıyla bulut maskeleyme yapılmıştır. Uydu görüntülerinin atmosferik düzeltilmesi için ENVI 5.3 yazılımındaki FLAASH modülünden faydalanılmıştır.

Arazi sınıflandırmaları, çalışma alanının dış sınırlarına göre kırılmış Landsat uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 2000 yılına ait Landsat 5 TM ve 2019 yılına ait Landsat 8 OLI görüntüleri kullanılarak 25899 ha'lık çalışma alanı ICONA modelinde kullanılan alt sınıfların uygun sınıflarla birleştirilmesi ile dört temel arazi sınıfına ayrılmıştır. Sınıflandırmada, bina alanları, sanayi bölgeleri ve her türlü yapay alanlar "Yerleşim" olarak sınıflandırılmıştır. Üzerinde çok yıllık bitki örtüsü bulunmayan kıraç ve açık alanlar ile kuru ve sulu tarımın yapıldığı alanlar "Tarım-Açıklık", çok yıllık bitki örtüsüne sahip orman alanları ise "Bitki örtüsü" olarak sınıflandırılmıştır. Dördüncü arazi sınıfı ise gölet, göl, dere, nehir ve barajları içeren "Su" olarak alınmıştır. Arazi sınıflandırması için Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri üzerinden yakın kızılötesi (PNIR) ve kırmızı band (PRED) kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) görüntüleri kullanılmıştır (Denklem 1).

$$NDVI = \frac{PNIR - PRed}{PNIR + PRed} \quad (1)$$

Burada Red, kırmızı (görünür) ve NIR ise yakın kızılötesi bölgelerde elde edilen spektral yansıma değerlerini ifade etmektedir (Crippen 1990). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmekte olup, bitki örtüsünün yoğunluğu ve canlılığı hakkında bilgiler vermektedir. Yoğun ve canlı bitki örtüsüne sahip alanlarda 1'e yaklaşıırken, bulut ve kar örtüsünün bulunduğu alanlarda -1'e yaklaşması beklenir (Tucker 1979).

Arazi sınıflandırmasında Maksimum Benzerlik Sınıflandırması (MLC) kullanılmış ve NDVI haritaları üzerinden 2000 ve 2019 yılları için sınıflandırmalar yapılmıştır. Her yıl için referans veriler, sınıflandırılmış NDVI görüntülerine rastgele 400 nokta atanarak hesaplanmıştır. İlgili yıla ait Google Earth uydu görüntüleri ve orman amenajman planları meşcere tipleri haritaları kontrol verisi olarak alınmış ve referans ve kontrol veri setleri tanımlandıktan sonra, hata matrisi yöntemi kullanılarak her yıl için doğruluk değerlendirmeleri yapılmıştır. Her bir arazi sınıfı için kullanıcı doğruluğu (UA), üretici doğruluğu (PA), genel doğruluk (OA) ve Kappa (K) değerleri belirlenmiştir. Kappa değeri özellikle sınıflandırmalarda önemlidir ve Kappa değeri gerçek verilerle sınıflandırılmış veriler arasında uyumu ifade etmektedir (Yang and Zhou 2014). Kappa değeri 1'e yaklaştığında yüksek uyumu, 0'a yaklaştığında ise zayıf uyumu gösterir. (Landis ve Koch 1977; Abutaleb vd., 2021). Kappa değerini hesaplamak için Denklem 2 (Cohen 1992) kullanılmıştır:

$$K = (P_o - P_e) / (1 - P_e) \quad (2)$$

Burada P_o , puanlayıcılar arasında gözlenen göreceli uyumu ve P_e ise varsayımsal şans uyumu olasılığını göstermektedir

Her iki yıla ait hem bitki örtüsü yoğunlukları hem de arazi kullanım sınıfları haritaları, ilgili yıllar için ArcGIS Desktop 10.8 TM programı ile karşılaştırılarak toprak koruma sınıfları haritaları elde edilmiştir. Çakıştırma işleminde yapılan ağırlıklandırma için aşağıdaki karar matrisi kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3

Toprak Koruma sınıfları haritalarının oluşturulmasında kullanılan ağırlık matrisi

Arazi Sınıfı \ Bitki Örtüsü Oranı	%0-25	%25-50	%50-75	%75-100
Su	D	O	Y	Y
Yerleşim	ÇD	D	D	O
Tarım	D	O	Y	Y
Bitki örtüsü	O	Y	ÇY	ÇY

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

2.5. Erozyon Risk Haritalarının Oluşturulması

Çalışma alanı için potansiyel erozyon risk haritası ve her iki yıla ait toprak koruma haritaları üretildikten sonra, bu iki haritanın karşılaştırılması ile de erozyon risk haritaları oluşturulmuştur. Potansiyel erozyon risk haritası eğim sınıfları ve jeolojik yapı üzerinden hesaplandığından her iki yıl için ortak alınmıştır. Erozyon risk haritalarının iki dönem için hesaplanmasında ve farklılıkların ortaya koyulmasında, bitki örtüsü yoğunluk oranları ve NDVI üzerinden hesaplanan arazi sınıflarının karşılaştırılmasıyla oluşturulan toprak koruma haritaları etken olmuştur. Potansiyel erozyon risk haritaları ile toprak koruma haritalarının karşılaştırılması ve ağırlıklandırılmasında Tablo 4’te verilen karar matrisinden faydalanılmıştır.

Tablo 4

Erozyon risk haritalarının oluşturulmasında kullanılan ağırlık matrisi

Erozyon Risk Durumu	Potansiyel Erozyon Risk Durumu				
Toprak Koruma Durumu	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Çok Düşük	Y	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
Düşük	O	Y	ÇY	ÇY	ÇY
Orta	O	O	Y	ÇY	ÇY
Yüksek	D	O	O	Y	Y
Çok Yüksek	ÇD	D	O	O	Y

Tabloda; “ÇD”, Çok düşük; “D”, Düşük; “O”, Orta; “Y” Yüksek ve “ÇY” Çok yüksek erozyon risk durumunu ifade etmektedir.

Ağırlık matrisinde özellikle toprak koruma durumu yetersiz olan bölgelerde, her koşulda erozyon riski yüksek ve çok yüksek seviyelerde olacaktır. Toprak koruma durumu orta olan alanlarda bitki örtüsü veya diğer koruma önlemleri bir miktar etkilidir ancak erozyon riski genelde yüksektir. Özellikle dış etkenler fazla olduğu durumlarda erozyon da yüksek olacaktır (Kefi vd., 2010). Toprak koruma durumunun yüksek olduğu yerlerde koruma durumu orta seviyeden daha iyidir, ancak hala zayıf koruma bölgelerinde yüksek erozyon riski görülebilir. Toprak koruma durumunun yüksek olduğu durumlarda ise genelde düşük veya orta seviyede erozyon riski gözlenir, ancak dış faktörlere göre risk artabilir (Karamage vd., 2017). Toprak koruma durumunun çok yüksek olduğu bölgelerde toprak oldukça iyi korunur, bu yüzden erozyon riski çok düşüktür, ancak çok yüksek dış riskler (şiddetli yağış, heyelan vb.) varsa risk artabilir (Tamiru ve Wagari 2021).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Arazi Sınıflandırması ve Doğruluk Değerlendirmesi Sonuçları

ICONA modeli için önemli aşamalardan birisi olan toprak koruma haritalarının oluşturulmasında arazi sınıflandırması için NDVI görüntüleri kullanılmaktadır. Arazi sınıflandırmasında dört arazi sınıfı belirlenmiş ve doğruluk değerlendirmesinde hata matrisi yöntemi kullanılmıştır. Sınıflandırmada özellikle Kappa değerinden faydalanılmakta ve yapılan sınıflandırmanın gerçek arazi sınıflarıyla uyumunu ifade etmektedir. Cohen vd., (1982), Kappa değerinin %80 ve üzerinde olduğu sınıflandırmaların mükemmel uyumu gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada her iki dönem için de %80'in üzerinde Kappa değeri elde edilmiştir ve bu manada çalışmadaki sınıflandırma işlemi başarılıdır. Kappa değeri 2000 yılı için 0.84, 2019 yılı için ise 0.83 olarak bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5

NDVI görüntüleri üzerinden yapılan MLP sınıflandırması doğruluk değerlendirmesi hata matrisi sonuçları

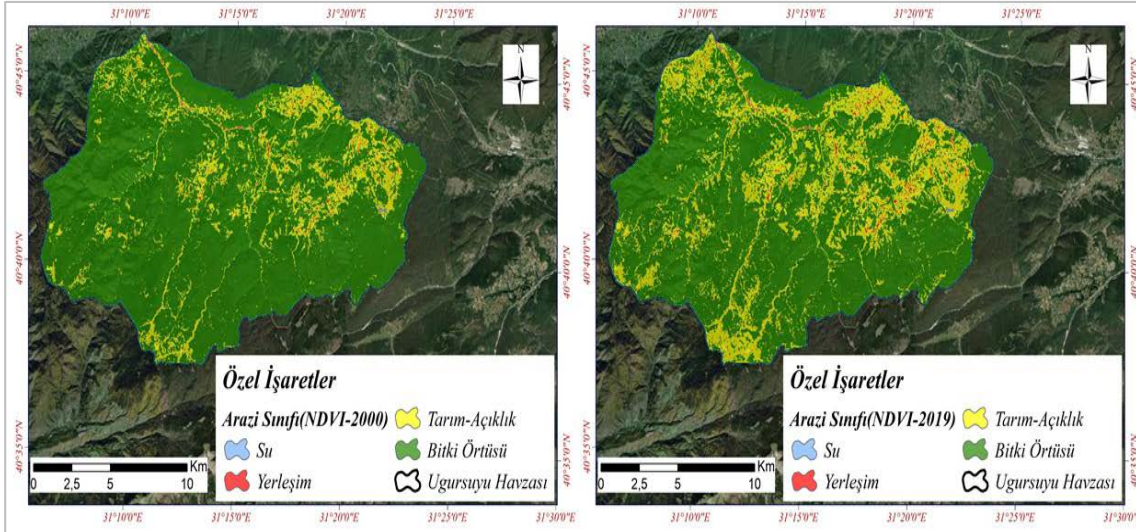
	Arazi Sınıfları	Su	Yerleşim	Tarım-Açıklık	Bitki Örtüsü	Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Toplam Doğruluk (%)	Kappa
2000	Su	84	10	3	3	100	84	90	88	0.84
	Yerleşim	3	88	4	5	100	88	83		
	Tarım-Açıklık	4	3	91	2	100	91	89		
	Bitki Örtüsü	2	5	4	89	100	89	90		
	Total	93	106	102	99	400				
2019	Su	86	7	4	3	100	86	92	87	0.83
	Yerleşim	2	90	5	3	100	90	83		
	Tarım-Açıklık	3	7	85	5	100	85	86		
	Bitki Örtüsü	3	4	5	88	100	88	89		
	Total	94	108	99	99	400				

Yapılan sınıflandırmaya göre, su arazi sınıfı 14,86 hektardan 18,05 hektara çıkmıştır. Yerleşim alanları yaklaşık 100 ha artış göstermiştir. Yerleşim alanlarında ciddi bir artış meydana gelmiş ve bu dönemde tarım ve açıklık alanlardan yaklaşık 115 ha yerleşime dönüştürülürken, yaklaşık 13,4 ha alanda yerleşimden tarım-açıklık alana dönüştürülmüştür. Bu dönemde en büyük artış Tarım-açıklık arazi sınıfında meydana gelmiş ve tarım alanları %90,2 oranında artmıştır. Tarım alanlarındaki bu artışın da %99,5'i bitki örtüsü alanlarından gerçekleşmiştir. Bitki örtüsü alanları 2000 yılında tüm alanın %84,6'sını kaplıyorken, bu oran 2019 yılında %72,3'e gerilemiştir (Tablo 6). Havzanın yüksek rakıma sahip arazi yüzeyleri genellikle bitki örtüsü ile kaplı iken, alt rakımlı alanlar ve özellikle kuzeydoğu kısımları daha çok tarım ve yerleşim alanlarından oluşmaktadır (Şekil 4).

Tablo 6

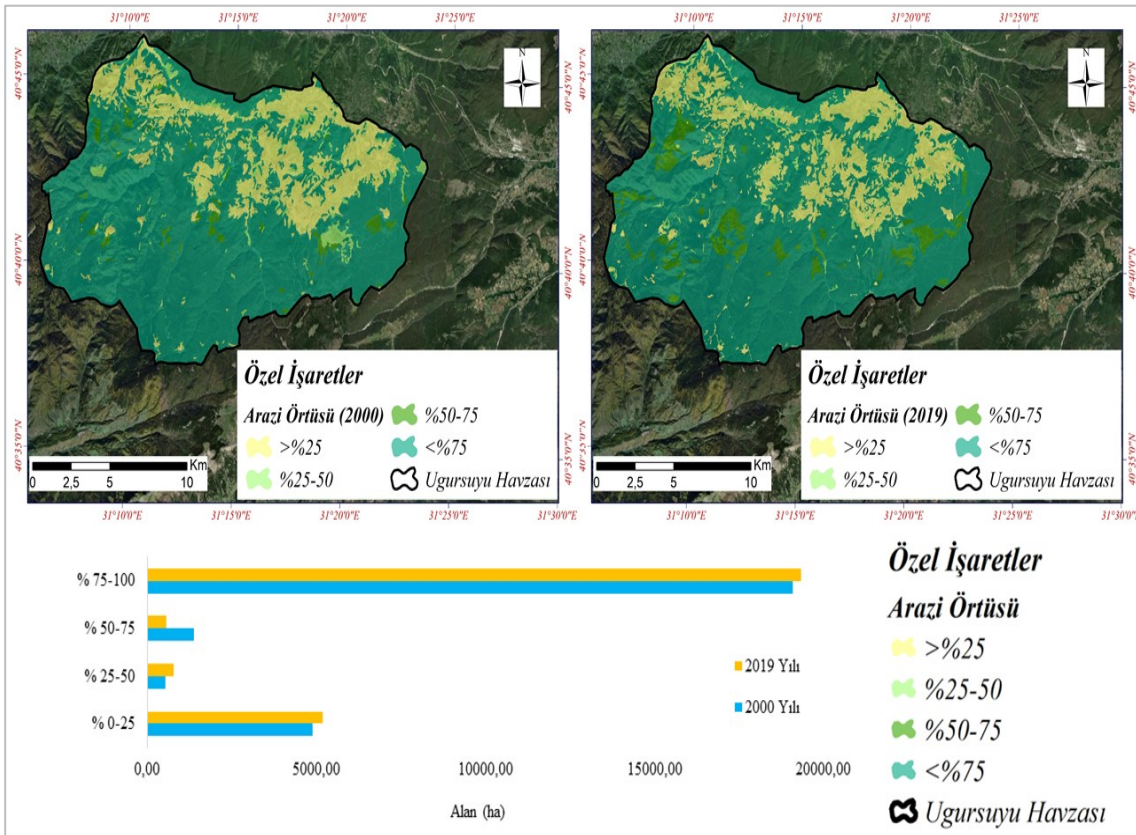
Uğursuyu Havzası NDVI görüntülerinden sınıflandırılmış arazi sınıflarının yıllara göre alansal dağılımları

		2019				
Arazi Sınıfları (ha)		Su	Yerleşim	Tarım-Açıklık	Bitki Örtüsü	Toplam
2000	Su	14,67	0,19	0,01		14,86
	Yerleşim	3,01	111,33	13,36		127,69
	Tarım-Açıklık	0,38	115,06	3649,13	62,35	3826,91
	Bitki Örtüsü		0,93	3279,17	18649,58	21929,67
	Genel Toplam	18,05	227,50	6941,66	18711,92	25899,13
	%	0,07	0,88	26,80	72,25	100,00



Şekil 4. NDVI görüntüleri üzerinden yapılan 2000 yılı (solda) ve 2019 yılı (sağda) arazi sınıflandırmaları

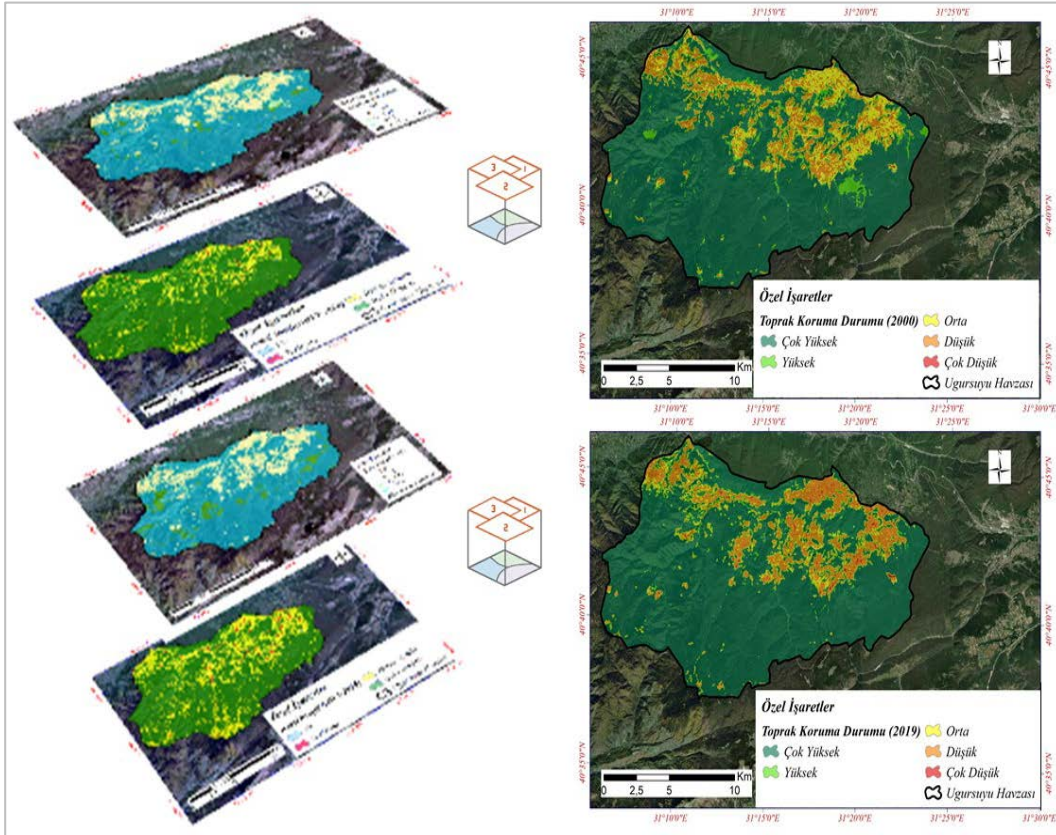
Havzaya ait 2000 ve 2019 yılı arazi örtüsü yoğunluk oranlarının hesaplanmasında orman amenajman planı meşcere tipleri haritalarından faydalanılmıştır. Meşcere tipleri haritasından gerek meşcere tipi, gerek kapalılık, gerekse de gelişim çağı gibi kriterler göz önüne alınarak bitki örtüsü yoğunluk sınıfları dört sınıfta gruplandırılmıştır. Arazi örtüsü haritalarında %0-25 ve %75-100 oranlarına sahip alanlarda yaklaşık %1 oranlarında artış meydana gelirken, %50-75 oranında bitki örtüsü ile kaplı alanlarda yaklaşık %3'lük azalma meydana gelmiştir. %25-50 oranında bitki örtüsü ile kaplı alanlarda ise önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir (Şekil 5).



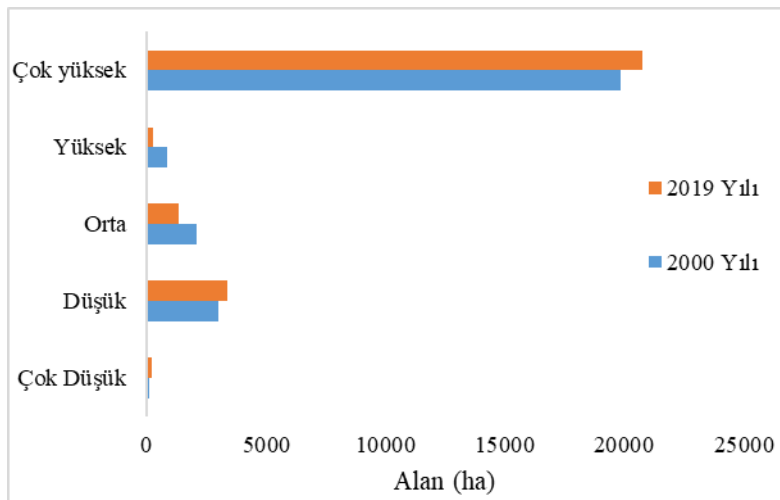
Şekil 5. Uğursuyu Havzası 2000 (solda) ve 2019 (sağda) yıllarına ait bitki örtüsü yoğunluk oranları haritaları ve alansal dağılımları

3.2. Toprak Koruma Durumuna İlişkin Bulgular

Uğursuyu Havzasının 2000 ve 2019 yıllarına ait arazi örtüsü ve NDVI haritaları üzerinden sınıflandırılan arazi sınıfları haritalarının karşılaştırılması sonucunda ilgili yıllara ait toprak koruma haritaları oluşturulmuştur (Şekil 6) Çok düşük, düşük ve çok yüksek toprak koruma sınıflarında %1 ile %4 arasında artışlar yaşanırken, orta ve yüksek toprak koruma sınıfında da yaklaşık %3'lük azalışlar meydana gelmiştir. Bitki örtüsü oranlarındaki artış ve azalışların etkisi toprak koruma durumunu da şekillendirmiş ve bitki örtüsü oranlarına benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 7).



Şekil 6. Uğursuyu Havzası 2000 (üstte) ve 2019 (altta) yıllarına ait Toprak koruma durumu haritaları



Şekil 7. Uğursuyu Havzası yıllara göre toprak koruma durumu alansal değişim ve dağılımları

3.3. Potansiyel Erozyon Risk (Toprak Aşınımı) Haritasına İlişkin Bulgular

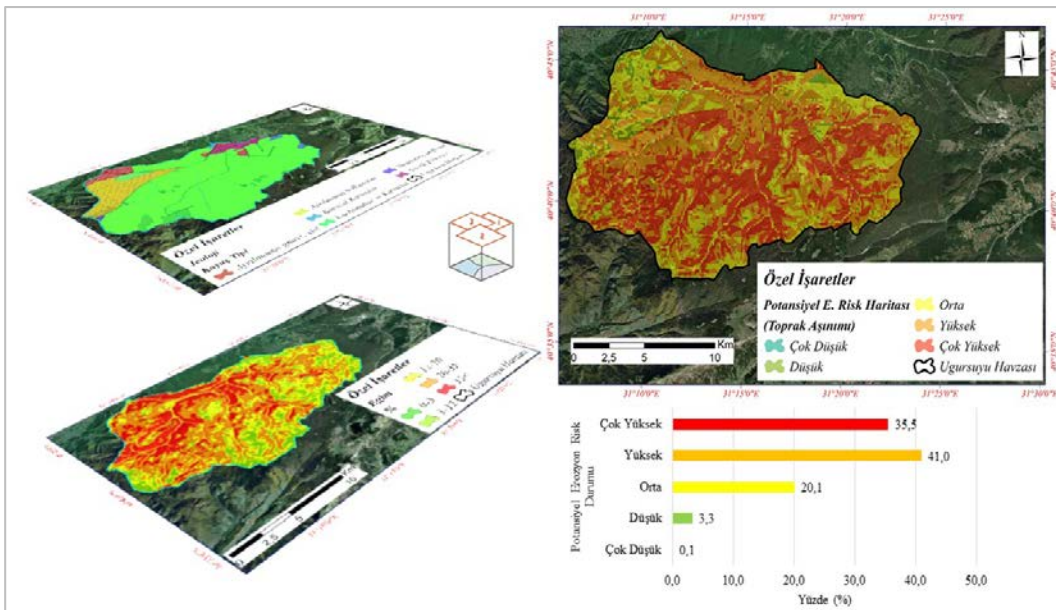
Potansiyel erozyon risk haritalarının oluşturulmasında eğim ve jeolojik yapıya ait verilerden faydalanılmıştır. Uğursuyu Havzasının sadece %15'lik (3885,8 ha) bir kısmı %12 ve altında eğime sahiptir. Alanın büyük kısmı %12-35 arası eğime sahip alanlardan oluşmaktadır ve tüm alanın yaklaşık %64.5'ini (16696,4 ha) kapsamaktadır. %35 üstü eğime sahip alanlarda (5316,5 ha) tüm havzanın yaklaşık %20.5'ini oluşturmaktadır. Kayaç tipleri bakımından ise alanın yaklaşık %80.5'i (20848,8 ha) erozyon riski yüksek olan kırıntılar ve karbonatlar sınıfında bulunmaktadır. Bu kayaç tipinin bulunduğu alanların yaklaşık %39.5'i (10230,1 ha) %20-35 eğim sınıfında yer alırken, yaklaşık %17.5'lik (4532,3 ha) kısımda %35 ve üstü eğim sınıfında bulunmaktadır. Aşınabilirlik bakımından en hassa olan karasal kırıntılar ise toplam alanın %1.35'ini (349,6 ha) kapsamakta ve bu kısmın %98,9'luk (345,79 ha) kısmı %12 ve üzerindeki eğim sınıflarında bulunmaktadır. Aşınabilirlik bakımından ilk 3 sınıfta bulunan ve nispeten daha az erozyon duyarlılığı olan kayaçlar da tüm alanın yaklaşık %18.2'sinde (4713,6 ha) dağılım göstermektedir (Tablo 7).

Tablo 7

Uğursuyu Havzası kayaç tipi ve eğim sınıfları alansal dağılımları

Kayaç Tipi	Eğim Sınıfı (%)					Toplam	%
	0-3	3--12	12--20	20--35	<35		
Ayrılmamış gnays, şist, migmatit, metagranit, ayrılmamış volkanitler	13,1	212,0	445,0	1578,3	1549,5	3797,9	14,66
Metagabro, amfibolit	2,1	12,8	15,2	10,8	3,1	44,0	0,17
Neritik Kireçtaşı	10,8	246,8	279,4	234,6	88,2	859,7	3,32
Kırıntılar ve karbonatlar, Karbonatlar ve Kırıntılar (bloklı fliş)	166,0	3071,2	5703,6	8253,1	3654,9	20848,8	80,50
Karasal Kırıntılar	3,8	147,8	124,4	51,9	20,8	348,7	1,35
Toplam	195,8	3690,5	6567,7	10128,7	5316,5	25899,1	100,00
%	0,76	14,25	25,36	39,11	20,53	100,00	

Uğursuyu Havzası erozyon risk haritasının oluşturulmasında en önemli aşamalardan olan potansiyel erozyon risk haritası, jeoloji katmanı ile eğim durumu katmanlarının çakıştırılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen potansiyel erozyon risk haritasında yaklaşık %76.5'lik (19812,8 ha) kısım yüksek ve çok yüksek erozyon risk grubunda bulunmaktadır. Uğursuyu Havzasında %20,1'lik (5205,2 ha) kısım da orta seviyede erozyon riskinin olduğu alanlardan oluşmaktadır. Düşük ve çok düşük erozyon riskinin olduğu alanlar ise tüm alanın sadece %3,4'lük (880,57 ha) kısmını oluşturmaktadır (Şekil 8). Elde edilen toprak aşınım değerleri bakımından Uğursuyu Havzası değerlendirildiğinde çok yüksek erozyon duyarlılığı olan hassas bir havza olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Uğursuyu Havzası potansiyel erozyon risk haritası ve yüzdesel dağılımları

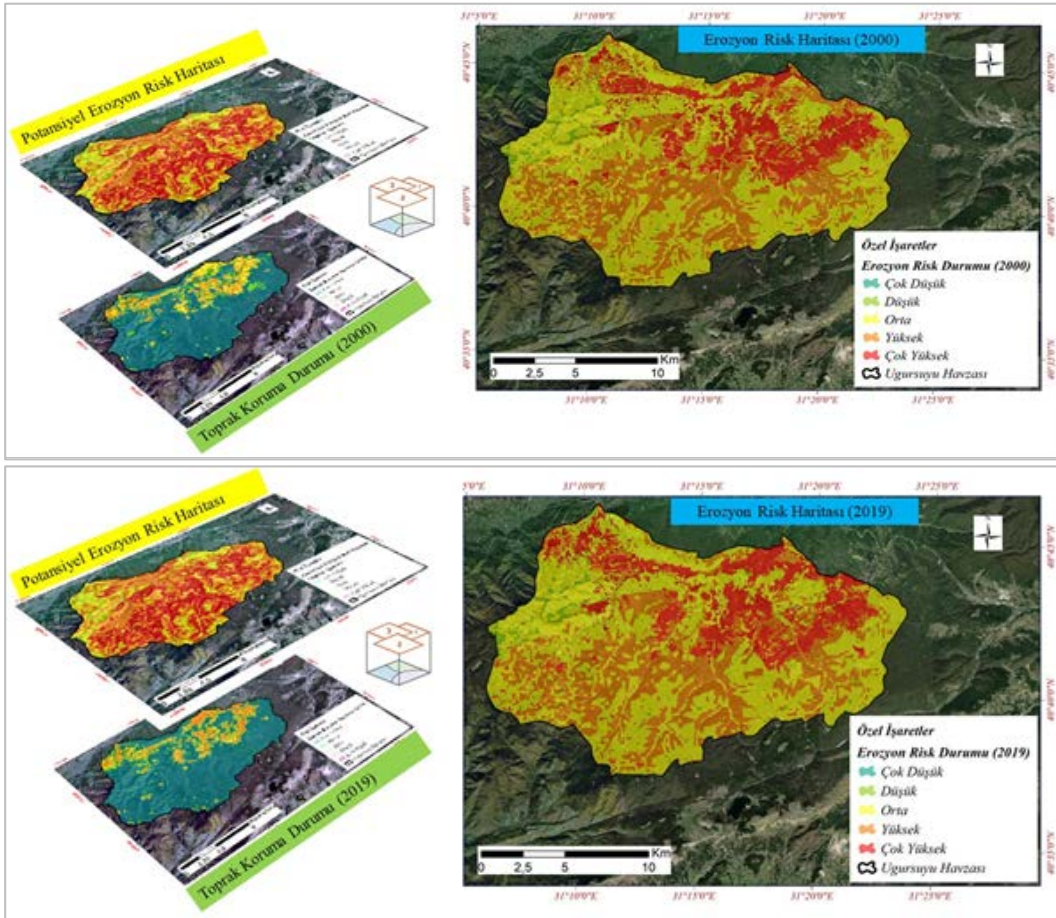
3.4. Erozyon Risk Durumlarına İlişkin Bulgular

ICONA modeli, erozyon risk durumlarının belirlenmesinde kullanılan ve birkaç aşamadan oluşan karmaşık bir modeldir (Bozek vd., 2016; Liebl vd., 2022) Bu modelde özellikle yağış ve sıcaklık parametrelerinin göz ardı edilmesi modelin olumsuz tarafını oluşturmaktadır. Fakat ICONA modeli dünya genelinde yoğun şekilde kullanılan ve kabul gören bir modeldir. Bu model kapsamında özellikle arazi değişimlerinin erozyon risk durumunu nasıl etkilediğinin ortaya konulması hedeflenmiştir. ICONA modeli son aşaması olan toprak koruma ve potansiyel erozyon risk haritalarının çıkarılması ile erozyon risk haritaları her iki dönem için de ayrı ayrı oluşturulmuştur. 2000 yılı ile 2019 yılları arasında erozyon riski yönünden çok düşük ve düşük risk sınıflarında önemli bir değişiklik yaşanmazken, özellikle erozyon riskinin fazla olduğu sınıflarda değişiklikler meydana gelmiştir (Tablo 8). Orta seviyede erozyon riskinin bulunduğu alanlarda yaklaşık %1’lik bir artış meydana gelmiş ve tüm alanın 2000 yılında %48,68’lik kısmını kaplayan bu sınıf 2019 yılında %49,64’lük kısmını kaplamaktadır (Şekil 9). Yüksek erozyon riski bulunan alanlarda bu 19 yıllık dönemde arazi sınıflarında ve bitki örtüsü oranlarında meydana gelen değişiklikler %3,6’lık azalmaya sebep olmuştur.

Tablo 8

Uğursuyu Havzası 2000 ve 2019 yıllarına ait erozyon risk durumları değişimi ve geçiş matrisleri

Erozyon Değişim Matrisi	Erozyon Durumu	2019 (Alan-ha)					Genel Toplam	%
		Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek		
2000 (Alan-ha)	Çok Düşük	2,82	0,40	0,08	0,01	3,30	3,30	0,01
	Düşük	0,53	465,10	25,33	30,13	0,00	521,09	2,01
	Orta	3,57	37,63	11619,93	301,51	645,20	12607,85	48,68
	Yüksek	0,19	38,94	654,68	7230,80	1177,34	9101,95	35,14
	Çok yüksek		0,84	555,52	607,67	2500,91	3664,95	14,15
	Genel Toplam	7,10	542,91	12855,53	8170,12	4323,47	25899,13	100,00
	%	0,03	2,10	49,64	31,55	16,69	100,00	



Şekil 9. Uğursuyu Havzası 2000 (üstte) ve 2019 (altta) yıllarına ait erozyon risk durumu haritaları

Bu nedenle, sürdürülebilir arazi yönetimi stratejileri ve etkin toprak koruma önlemlerinin hayata geçirilmesi kritik öneme sahiptir (Hu, 2022; Nearing, 2013). Yönetimsel ve çevresel etkiler, havzanın gelecekte daha sık erozyon problemleri ile karşılaşabileceğini göstermektedir. Yerleşim ve tarım alanlarındaki kontrolsüz artış, bitki örtüsü kaybını hızlandırmakta ve toprak koruma durumunu olumsuz etkilemektedir (Xingtao ve Lu, 2023). ICONA modelinin bu çalışmada etkin bir şekilde kullanılması, toprak koruma çalışmalarına yönelik önemli bir temel oluşturmakla birlikte, modelin yağış ve sıcaklık parametrelerini dışarıda bırakması, sonuçların gerçek koşulları yansıtmada kabiliyetini sınırlayabilir (Li vd., 2022). Dolayısıyla, yüksek ve çok yüksek erozyon riski taşıyan alanlarda doğrudan müdahalelerin planlanması ve arazi kullanımının daha sürdürülebilir hale getirilmesi için etkin yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Abdalla vd., 2013). Bitki örtüsünün korunması ve artırılması yönünde alınacak tedbirler, hem erozyon riskini azaltabilir hem de havzanın ekolojik dengesi üzerindeki baskıyı hafifletebilir (Amare vd., 2014).

Uğursuyu Havzasında 2000 ve 2019 yılları arasında yapılan arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişiklikleri, benzer çalışmalarda elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında, önemli benzerlikler göstermektedir. Deng vd., (2009) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, hızlı kentleşmenin arazi kullanımı üzerindeki etkileri incelenmiş ve yerleşim alanlarının artışının doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı artırdığı vurgulanmıştır. Bu çalışma, uzaktan algılama tekniklerinin kullanımıyla arazi değişikliklerinin izlenmesinin önemini ortaya konmaktadır. Uğursuyu Havzasındaki yerleşim alanlarındaki artış, bu tür bir kentleşmenin doğrudan bir sonucu olarak değerlendirilebilir ve Uğursuyu Havzasında bitki örtüsündeki azalma ve tarım alanlarındaki artış, çevresel değişimlerin bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Tarım alanlarının %90 oranında artması, insan faaliyetlerinin çevresel dengeleri nasıl etkilediğini göstermektedir. Wachiye vd., (2013) yaptıkları çalışmada, orman örtüsündeki değişiklikleri ve bu değişikliklerin çevresel etkilerini incelemiş ve bitki örtüsündeki azalışın özellikle orman alanlarındaki azalışla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Uğursuyu havzasında da bitki örtüsündeki %12.3'lük azalma, benzer şekilde ormanların azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu durum, ekosistem hizmetlerinin azalmasına ve toprak erozyonunun artmasına neden olabilir. Saputra ve Lee (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Kuzey Sumatra'daki arazi kullanımı değişiklikleri, tarım alanlarının artışı ve ormanlık alanların azalması ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışma, Uğursuyu Havzasındaki tarım alanlarının %90 oranında artması ve bitki örtüsü alanlarının %12.3 oranında azalması ile benzer bir durumu ortaya koymaktadır. Bu durum, insan faaliyetlerinin doğal kaynaklar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Widjonarko ve Maryono (2022) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, Garang Havzası'ndaki yerleşim alanlarının artışı, çevresel sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiler yarattığı ortaya konulmuştur. Uğursuyu Havzasında da yerleşim alanlarının yaklaşık 100 hektar artış göstermesi, benzer bir çevresel baskıyı ortaya koymaktadır. Bu tür değişiklikler, ekosistem hizmetlerinin azalmasına ve toprak erozyonunun artmasına neden olabilir (Antwi vd., 2008). Uğursuyu Havzasında yüksek ve çok yüksek erozyon riski bulunan alanların tüm alanın %76.5'ini kapsadığını görülmektedir ve bu durum, Kidane vd., (2019) yaptıkları çalışmada, arazi kullanımı değişikliklerinin toprak erozyonu üzerindeki etkilerini ortaya koyan bulgularla paralellik göstermektedir. Kidane vd.,(2019) çalışmasında ayrıca, tarım alanlarının artışının toprak erozyonunu artırdığını da belirtmiştir. Dengiz vd., (2014), Kastamonu il sınırlarında bulunan İnebolu Havzasında erozyon risk durumunu belirlemek için ICONA modelini kullanmış ve havzanın yaklaşık yarısından fazlasının Uğursuyu Havzasında olduğu gibi yüksek ve çok yüksek risk gurubunda olduğunu ortaya koymuşlardır. Uğursuyu Havzasında da tarım alanlarındaki %90.2'lik artış, benzer bir erozyon riskine yol açabilir. Bu benzer çalışmalar, Uğursuyu Havzasındaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişikliklerinin, insan faaliyetleri ve çevresel koşullar arasındaki karmaşık etkileşimleri anlamak için önemli bir bağlam sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir arazi yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, hem çevresel dengeyi korumak hem de insan ihtiyaçlarını karşılamak açısından kritik öneme sahiptir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma, Uğursuyu Havzası'ndaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişikliklerinin çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, toprak koruma stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için önemli bir temel sunmaktadır. Havzadaki yerleşim ve tarım alanlarının artışı, bitki örtüsündeki azalmanın yanı sıra bölgenin erozyon riskine daha fazla maruz kalmasına yol açmaktadır. Özellikle havzanın büyük bir kısmının yüksek ve çok yüksek erozyon riski grubunda yer alması, acil önlemler alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Havzanın ekolojik dengesinin korunması ve sürdürülebilir arazi yönetiminin sağlanabilmesi için veri kalitesinin artırılması gerekmektedir. Arazi kullanım değişimlerinin daha hassas bir şekilde analiz edilebilmesi amacıyla daha yüksek çözünürlükte uydu görüntüleri ve detaylı veri setleri kullanılmalıdır; bu, erozyon risk analizlerinin doğruluğunu önemli ölçüde artıracaktır. Ayrıca, modelleme hassasiyetinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. İklim değişkenleri, özellikle yağış ve sıcaklık gibi unsurların modele entegre edilmesi, ICONA modelinin doğruluğunu artırarak daha güvenilir tahminler yapılmasına olanak tanıyacaktır.

Erozyon riski yüksek bölgelerde teraslama, bitki örtüsünü artırma ve etkin su yönetimi gibi toprak koruma önlemleri derhal uygulanmalıdır. Bitki örtüsünün korunması ve artırılması için ağaçlandırma çalışmaları teşvik edilmeli, orman ve yeşil alanların korunmasına yönelik çabalar artırılmalıdır. Bu önlemler, toprak stabilitesini artırmanın yanı sıra su kaynaklarının sürdürülebilirliğini de sağlayacaktır.

Yerleşim ve tarım alanlarının kontrolsüz genişlemesini önlemek amacıyla yerel yönetimler ve topluluklar, iş birliği içinde sürdürülebilir arazi kullanım politikaları geliştirmelidir. Ayrıca, bölge halkının sürdürülebilir arazi yönetimi ve çevresel koruma konularında bilinçlendirilmesi için eğitim programları düzenlenmeli ve halkın sürece aktif katılımı sağlanmalıdır. Havzadaki çevresel değişikliklerin sürekli olarak izlenmesi, uzun vadeli veri analizleriyle bölgenin ekolojik durumu hakkında güncel bilgiler edinilmesini sağlayacaktır. Bu veriler, gelecekteki sürdürülebilir yönetim politikalarının belirlenmesine ışık tutacaktır.

Sonuç olarak, Uğursuyu Havzası'ndaki arazi kullanımı ve bitki örtüsü değişiklikleri, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bulgular sunmaktadır. Belirlenen erozyon risklerinin azaltılması ve havzanın ekolojik dengesinin korunması için ilerleyen süreçte daha hassas veri setleri ve gelişmiş modelleme teknikleri kullanılmalı, etkin toprak koruma ve sürdürülebilir arazi yönetimi politikaları benimsenmelidir. Bu sayede, doğal kaynakların korunması sağlanacak ve yerel halkın yaşam kalitesine olumlu katkılar sunulacaktır.

Bu bulgular, yatak odası ve oturma odası mobilyaları sektöründe kalite kontrol ve tedarik zinciri yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Nitelikli iş gücü eksikliği, üretim kalitesini ve verimliliği doğrudan etkileyebilirken, nakliye ve teslimat sorunları, müşteri memnuniyetsizliğine ve itibar kaybına yol açabilir. Müşteri şikayetlerinin malzeme ve cihaz sorunlarına dayalı olması, ürünlerin kalite kontrol süreçlerinin güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sorunları çözmek için sektörün çeşitli stratejiler geliştirmesi ve uygulaması gerekmektedir.

Yazar Katkısı

Ahmet Salih Değermenci: Bu çalışmanın tüm aşamalarını planlamış, analiz ve değerlendirmeler yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir

Kaynaklar

- Abdalla, M., Osborne, B., Lanigan, G., Forristal, P., Williams, M., Smith, P., Jones, M. (2013). Conservation tillage systems: a review of its consequences for greenhouse gas emissions. *Soil Use and Management*, 29(2), 199-209. <https://doi.org/10.1111/sum.12030>
- Abutaleb K, Mudede MF, Nkongolo N, Newete SW. (2021). Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs poor suburbs in the city of Johannesburg, The Egyptian

- Journal of Remote Sensing and Space Science, Volume 24, Issue 3, Part 1, 2021, Pages 343-351, <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.07.002>.
- Amare, T., Zegeye, A., Yitaferu, B., Hurni, H., Zeleke, G. (2014). Combined effect of soil bund with biological soil and water conservation measures in the northwestern ethiopian highlands. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 14(3), 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2014.07.002>
- Aslan, Ş. (2023). Parmak erozyonu süreçlerinin wepp modeli yaklaşımı ile ince bünyeli topraklar için değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2), 99-110. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.1374916>
- Bakker, M., Govers, G., Doorn, A., Quétier, F., Chouvardas, D., Rounsevell, M. (2008). The response of soil erosion and sediment export to land-use change in four areas of europe: the importance of landscape pattern. *Geomorphology*, 98(3-4), 213-226. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.027>
- Bilgiç, S. and Er, S. (2024). Malatya ilinde icona yöntemi ile cbs ve uzaktan algılama tabanlı erozyon risk analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1587977>
- Borrelli, P., Robinson, D., Fleischer, L., Lugato, E., Ballabio, C., Alewell, C., Panagos, P. (2017). An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature Communications*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7>
- Borrelli, P., Robinson, D., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J., Alewell, C., Ballabio, C. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Bozek, P., Janus, J., Tazakowski, J., Głowacka, A. (2016). Determining consistency of tillage direction with soil erosion protection requirements as the element of decision-making process in planning and applying land consolidation. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 44, 042024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/44/4/042024>
- Bufebo, B., Getachew, B., Addise, T. (2023). Analysis of selected soil properties in relation to soil and water conservation practices in sibiya arera, soro district, south central ethiopia. *The Scientific World Journal*, 2023, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2023/1763367>
- Chen, S., Kwak, Y., Zhang, L., Mosey, G., Deal, B. (2021). Tightly coupling input output economics with spatio-temporal land use in a dynamic planning support system framework. *Land*, 10(1), 78. <https://doi.org/10.3390/land10010078>
- Cohen J. (1992). Statistical power analysis, *Current Directions in Psychological Science*, 1 (3): 98 101, doi:10.1111/14678721.ep10768783, JSTOR 20182143, S2CID 144390805, retrieved 10 July 2010
- Chalise, D. and Kumar, L. (2020). Land use change affects water erosion in the nepal himalayas. *Plos One*, 15(4), e0231692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231692>
- Crippen RE. (1990) Calculating the vegetation index faster, *Remote Sensing of Environment*, 34, 71-73.
- Deng, J. S., Wang, K. e., Hong, Y., Qi, J. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 92(3-4), 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.05.001>
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., ve Doğan, A. (2014). Soil erosion risk assessment using icona modelling for inebolu watershed. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 136. <https://doi.org/10.7161/anajas.2014.29.2.136-142>
- Dutal, H. (2022). Determination of the impact of forest fires on soil erosion risk by using the icona model: a case study of ayvali dam watershed. *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 510-538. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.1167356>
- Ediş, S., Aytaş, İ., Özcan, A. (2021). Icona modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 15-22. <https://doi.org/10.53516/ajfr.948519>
- Gong, W., Liu, T., Duan, X., Sun, Y., Zhang, Y., Tong, X., Qiu, Z. (2022). Estimating the soil erosion response to land-use land-cover change using gis-based rusle and remote sensing: a case study of miyun reservoir, north china. *Water*, 14(5), 742. <https://doi.org/10.3390/w14050742>
- Gholzom, H., Ahmadi, H., Moeini, A., Motamedvaziri, B. (2021). Soil erosion risk assessment in the natural and planted forests using icona model and gis technique. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(5), 3947-3962. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03536-3>
- Hailu, L. (2019). Effects of soil and water conservation on selected soil physicochemical properties and its implication on soil productivity in ethiopia. a review. *JEES*. <https://doi.org/10.7176/jees/9-5-02>

- Hu, Y. (2022). Effect of conservation tillage on soil and water quality. *Academic Journal of Science and Technology*, 3(3), 124-126. <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i3.2834>
- ICONA, (1997) Guidelines for Mapping and Measurement of Rainfall-induced Erosion Processes in the Mediterranean Coastal Areas. Priority action programme regional activity Centre, Split, Croatia.
- Jayasekara, M., Kadupitiya, H., Vitharana, U. (2018). Mapping of soil erosion hazard zones of sri lanka. *Tropical Agricultural Research*, 29(2), 135. <https://doi.org/10.4038/tar.v29i2.8284>
- Jiang, B., Bamutaze, Y., Pilesjö, P. (2014). climate change and land degradation in africa: a case study in the mount elgon region, uganda. *Geo-Spatial Information Science*, 17(1), 39-53. <https://doi.org/10.1080/10095020.2014.889271>
- Jiang, W., Fu, B., Lü, Y. (2020). Assessing impacts of land use/land cover conversion on changes in ecosystem services value on the loess plateau, china. *Sustainability*, 12(17), 7128. <https://doi.org/10.3390/su12177128>
- Jiao, J., Wang, Z., Zhao, G., Wang, W., Mu, X. (2014). Changes in sediment discharge in a sediment-rich region of the yellow river from 1955 to 2010: implications for further soil erosion control. *Journal of Arid Land*, 6(5), 540-549. <https://doi.org/10.1007/s40333-014-0006-8>
- Ji, C. (2024). A review of the satellite remote sensing techniques for assessment of runoff and sediment in soil erosion. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 72(2), 252-267. <https://doi.org/10.2478/johh-2024-0009>
- Jing, J., Li, R., Zhang, Y., Wu, Q. (2023). Identification of priority areas for soil erosion control based on minimum administrative units and karst landforms in karst areas of guizhou. *Progress in Physical Geography Earth and environment*, 47(6), 892-911. <https://doi.org/10.1177/03091333231189350>
- Kabelka, D., Kincl, D., Janeček, M., Vopravil, J., Vráblík, P. (2019). Reduction in soil organic matter loss caused by water erosion in inter-rows of hop gardens. *Soil and Water Research*, 14(3), 172-182. <https://doi.org/10.17221/135/2018-swr>
- Karamage, F., Zhang, C., Liu, T., Maganda, A., Isabwe, A. (2017). soil erosion risk assessment in uganda. *Forests*, 8(2), 52. <https://doi.org/10.3390/f8020052>
- Kefi, M., Yoshino, K., Setiawan, Y., Zayani, K., Boufaroua, M. (2010). Assessment of the effects of vegetation on soil erosion risk by water: a case of study of the batta watershed in tunisia. *Environmental Earth Sciences*, 64(3), 707-719. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0891-x>
- Kidane, M., Bezie, A., Kesete, N., Tolessa, T. (2019). The impact of land use and land cover (lulc) dynamics on soil erosion and sediment yield in ethiopia. *Heliyon*, 5(12), e02981. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02981>
- Landis JR, Koch GG. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Liebl, M., Robl, J., Hergarten, S., Stüwe, K., Gradwohl, G. (2022). modelling the influence of fluvial and glacial erosion on mountain range relief using a stream-power approach.. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-6121>
- Ligonja, P. and Shrestha, R. (2013). Soil erosion assessment in kondoa eroded area in tanzania using universal soil loss equation, geographic information systems and socioeconomic approach. *Land Degradation and Development*, 26(4), 367-379. <https://doi.org/10.1002/ldr.2215>
- Liu, L., Liu, B., Song, W., Yu, H. (2023). the relationship between rural sustainability and land use: a bibliometric review. *land*, 12(8), 1617. <https://doi.org/10.3390/land12081617>
- MTA Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi, 1999, 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrası Düzce (Bolu) _lçesi Alternatif Yerlesim Alanlarının Jeolojik incelemesi.
- Nearing, M. (2013). Soil erosion and conservation., 365-378. <https://doi.org/10.1002/9781118351475.ch22>
- Rakhimova, M. (2024). Using the revised universal soil loss equation and global climate models (cmip6) to predict potential soil erosion associated with climate change in the talas district, kazakhstan. *Sustainability*, 16(2), 574. <https://doi.org/10.3390/su16020574>
- Sanjay, M. (2023). Environmental sustainability through soil conservation: an imperative for future generations. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(10), 1700-1707. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102826>
- Saputra, M. H. and Lee, H. S. (2019). Prediction of land use and land cover changes for north sumatra, indonesia, using an artificial-neural-network-based cellular automaton. *Sustainability*, 11(11), 3024. <https://doi.org/10.3390/su11113024>

- Seutloali, K., Dube, T., Sibanda, M. (2018). developments in the remote sensing of soil erosion in the perspective of sub-saharan africa. implications on future food security and biodiversity. *remote sensing Applications Society and Environment*, 9, 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.12.002>
- Solovida, G. and Latan, H. (2017). Linking environmental strategy to environmental performance. *Sustainability Accounting Management and Policy Journal*, 8(5), 595-619. <https://doi.org/10.1108/sampj-08-2016-0046>
- Tamiru, H. and Wagari, M. (2021). Rusle model based annual soil loss quantification for soil erosion protection in fincha catchment, abay river basin, ethiopia... <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-250848/v1>
- Thapa, P. (2020). Spatial estimation of soil erosion using rusle modeling: a case study of dolakha district, nepal. *Environmental Systems Research*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40068-020-00177-2>
- Tucker CJ. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, (8), 127-150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- USGS (2024). United States Geological Survey. Available online: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Wachiye, S., Kuria, D. N., Musiega, D. (2013). Gis based forest cover change and vulnerability analysis: a case study of the nandi north forest zone. *Journal of Geography and Regional Planning*, 6(5), 159-171. <https://doi.org/10.5897/jgrp12.063>
- Wang, L., Xiao, Y., Rao, E., Jiang, L., Xiao, Y., Ouyang, Z. (2018). An assessment of the impact of urbanization on soil erosion in inner mongolia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 550. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030550>.
- Wang, X. (2006). Soil erosion prediction using rusle with gis: a case study in upper chaobai river basin of china., 1086-1089. <https://doi.org/10.1109/igarss.2006.280>
- Widjonarko, W. and Maryono, M. (2022). Sustainable land use model in garang watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1082(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1082/1/012028>
- Xingtao, W. and Lu, X. (2023). Spatial and temporal variation of soil conservation on the southern slopes of qilian mountains, china. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (Mjssh)*, 8(6), e002366. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i6.2366>
- Xiao, J., Xie, B., Zhou, K., Shi, S., Li, J., Yang, M., Liu, C. (2021). Assessment of soil erosion in the dongting lake basin, china: patterns, drivers, and implications. *Plos One*, 16(12), e0261842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261842>
- Yang, Z. and Zhou, M. (2014). Kappa statistic for clustered matched-pair data. *Statistics in Medicine*, 33(15), 2612-2633. <https://doi.org/10.1002/sim.6113>
- Yıldız NE, ve Kahveci, B. (2024). Estimation of soil erosion risk using ICONA model: The case of Ankara. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 822-831. <https://doi.org/10.35229/jaes.1591959>
- Zhang, Y., Du, B., Zhang, L., Li, R., Dou, Y. (2019). Accelerated inference framework of sparse neural network based on nested bitmask structure., 4355-4361. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2019/605>
- Ziadat, F. and Ay, T. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation and Development*, 24(6), 582-590. <https://doi.org/10.1002/ldr.2239>
- Zuo, Y. (2023). Driving mechanism of comprehensive land consolidation on urban-rural development elements integration. *land*, 12(11), 2037. <https://doi.org/10.3390/land12112037>

Evaluation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) High Mountain Afforestation: The Case of the Galyan

İbrahim TURNA¹, Abdurrahman SEMERCİOĞLU², Fahrettin ATAR^{3,*}, Deniz GÜNEY⁴

^{1,3,4}Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

²General Directorate of Forestry, Forest Trees and Seed Improvement Research Institute Directorate, Ankara, Türkiye

Article History

Received: 29.12.2024

Accepted: 27.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article



Abstract – This study aims to evaluate the afforestation success based on the 10-year development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings planted at higher elevations within the current forest boundary as part of the "Galyan Afforestation Project." Sample plots were selected from the Scots pine reforestation area, established in 2007, based on three different aspects (north, northeast, northwest) and two elevation ranges (1790–1890 m, 1891–1990 m). In 2011, data were collected from each sample plot, including seedling length, root collar diameter, the number of branches on the latest shoot, the lengths of the longest branches in the north, south, east, and west directions, and the number of terminal buds. Additionally, the growth trends of the same areas were monitored based on on-site inspections conducted in 2016 (when the seedlings were 10 years old), and evaluations were made accordingly. Statistical tools such as ANOVA, Duncan test, t-test, and correlation analysis were employed to evaluate growth performance. The results showed that the average seedling height was 59.64 cm in 2010 and 93.85 cm in 2016, with height growth being more pronounced at lower elevations and on north-facing slopes. While initial growth was adequate, extreme climatic conditions such as frost, snow pressure, and waterlogging led to deformities, including branch and terminal shoot damage. Despite these challenges, the findings highlight that careful site selection—favoring northern aspects and lower elevations—can enhance growth outcomes. Furthermore, integrating ecological and forestry research with practical forestry strategies is essential for sustainable reforestation in mountainous regions.

Anahtar Kelimeler – High mountain forestation, Scots pine, seedling morphology, elevation, Galyan

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Yüksek Dağ Ağaçlandırmasının Değerlendirilmesi: Galyan Örneği

^{1,3,4}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

²Orman Genel Müdürlüğü, Orman Ağaçları ve Tohum Islahı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 29.12.2024

Kabul: 27.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışmada, “Galyan Ağaçlandırma Projesi” kapsamında aktüel orman sınırının yüksek kesimlerinde dikimi gerçekleştirilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) fidanlarının 10 yıllık gelişimlerine göre ağaçlandırma başarısının ortaya konması amaçlanmıştır. 2007 yılında dikimi gerçekleştirilen sarıçam ağaçlandırma alanından üç farklı bakı (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı) ve iki yükselti (1790-1890 m, 1891-1990 m) olacak şekilde örnek alanlar belirlenmiştir. 2011 yılında her bir örnek alanda fidan boyu, kök boğaz çapı, son sürgündeki dal sayısı, kuzey-güney-doğu-batı yönlerindeki en uzun dalların uzunlukları ve tepe tomurcuk sayıları belirlenmiştir. Ayrıca aynı sahalarda 2016 yılında (10 yaşındaki) yerinde yapılan incelemelere dayanarak büyüme seyri takip edilmiş ve buna göre değerlendirmelerde bulunulmuştur. Çalışmada büyüme performansını değerlendirmek için ANOVA, Duncan testi, t-testi ve korelasyon analizi gibi istatistiksel araçlar kullanılmıştır. Sonuçlar, fidan boylarının 2010 yılında ortalama 59,64 cm ve 2016 yılında 93,85 cm değere sahip olduğunu, düşük rakımlarda ve kuzey bakılarda boy büyümesinin daha yüksek olduğu göstermiştir. Başlangıçtaki büyüme yeterli düzeyde olsa da, don, kar basıncı ve su basması gibi aşırı olumsuz iklim koşulları fidanlarda dallanma ve son sürgün hasarı gibi deformasyonlara yol açmıştır. Bunlara rağmen, çalışma sonuçları, kuzeye bakan bakılar ve daha düşük rakımları tercih etmek gibi dikkatli yer seçiminin büyüme sonuçlarını iyileştirebileceğini göstermiştir. Ayrıca, ekolojik ve ormancılık araştırmalarının pratik ormancılık stratejileriyle bütünleştirilmesinin dağlık bölgelerde sürdürülebilir ağaçlandırma için elzem olduğu sonucuna varılmıştır.

Keywords – Yüksek dağ ağaçlandırması, Sarıçam, fidan morfolojisi, yükselti, Galyan

¹  turna@ktu.edu.tr

²  asemercioglu@ogm.gov.tr

³  fatar@ktu.edu.tr

⁴  d_guney@ktu.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

High mountain forests are ecosystems located near the upper altitudinal limits of tree growth, characterized by challenging environmental conditions such as low temperatures, high wind speeds, and short growing seasons. These forests play a vital role in preserving biodiversity, regulating water cycles, and preventing soil erosion. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), mountain forests cover approximately 9 million square kilometers, representing about 23% of the world's forest cover. These ecosystems are critical for the livelihoods of both mountainous and lowland communities (FAO 2011).

In the context of "High Mountain Silviculture," all silvicultural measures aimed at creating stable and highly vital stands within the high mountain forest zone are understood as efforts to optimize forest functions, particularly protective functions, under extreme living and survival conditions. High mountain forests exhibit a mosaic structure, consisting of sites both suitable and unsuitable for forest growth (Pitterle 1993). In these forests, silvicultural practices must be adapted to the unique challenges imposed by the environment. Santopuoli et al. (2021) emphasize the importance of climate-smart silvicultural practices that enhance forest resilience and resistance, particularly in the face of climate change adaptation in such areas.

Mountainous regions are unique habitats where significant climatic changes occur over short distances, resulting in the formation of diverse ecosystems. Environmental factors such as temperature decrease, variations in precipitation, wind speed, increased solar radiation, shorter vegetation periods, and prolonged snow cover lead to a distinct vertical stratification of vegetation. This highlights the unique importance of mountainous areas in terms of biodiversity and ecosystem services (Barry, 2008; Körner, 2007). Körner (2007) emphasizes the impact of temperature decline with altitude on plant distribution, noting its decisive role in the adaptation of plant communities, particularly within mountain ecosystems. Similarly, studies by Körner (1998) reveal that high-altitude tree lines are shaped by environmental variables such as temperature, radiation, and growing season length. Above these tree lines, plant communities typically exhibit dwarf forms, which are understood as an adaptive response to harsh environmental conditions.

The climatic characteristics of mountainous regions play a crucial role in shaping plant gradients and maintaining ecological balance. Whittaker (1967) elaborates on how environmental gradients influence plant communities and how these communities respond to environmental changes, explaining the role of factors such as temperature and humidity in the vertical stratification of vegetation in mountainous areas. Similarly, Holdridge (1967) highlights the ecological richness of mountainous regions, emphasizing the significance of climatic factors in the formation of plant communities. The creation of unique ecological zones at each elevation level significantly enhances the biodiversity of these regions. Consequently, the ecological structure of mountainous areas is closely tied to environmental variables. Factors such as temperature, solar radiation, vegetation periods, and snow cover determine the distribution of plant communities, underscoring the critical importance of these regions for ecosystem services and biodiversity (Barry, 2008; Körner, 2007; Whittaker, 1967; Holdridge, 1967).

One of the most striking characteristics of the subalpine zone is the slowed length growth during the early years. For instance, in high-altitude areas, it may take 50 years or more for *Picea abies* (L.) Karst. to reach breast length. However, after attaining a length of 1–3 meters, its growth rate may accelerate, resembling that of lower elevation zones (Indermühle 1978). Planning and implementation in high mountainous regions must be tailored to the specific conditions of each watershed. Despite these differences, the common denominator remains the fragile, marginal, and extreme nature of high mountain ecosystems. In watersheds where multi-dimensional planning and utilization of natural resources are to be conducted, objectives must be clearly defined. When the goals and purposes of a watershed are well established, achieving sustainable watershed management becomes more feasible. The objectives of high-altitude afforestation efforts often vary according to local needs (Leibundgut 1982). High mountain afforestation typically involves the establishment of forests in

previously non-forested areas. These practices are critical for increasing carbon sequestration, enhancing biodiversity, and providing ecosystem services. Duan and Abduwali (2021) emphasize that afforestation should be approached from an ecosystem perspective, taking into account factors such as light, water, carbon dioxide, and various nutrients, which are essential for sustainability.

Restoring degraded areas in high-altitude zones to forested conditions is feasible but requires meticulous and patient afforestation efforts. Such projects are more costly, time-consuming, and challenging at these elevations. Success becomes increasingly difficult with altitude and is particularly challenging near the natural forest boundary. Similar afforestation challenges are observed in the belt immediately below the anthropogenic alpine forest boundary (Boydak and Çalışkan 2014). In high mountain afforestation, determining the upper limit where afforestation can be conducted (the alpine forest boundary) and identifying small priority sites for afforestation is of critical importance. To this end, site condition studies are conducted, and decisions are often based on the evaluation of remnant forests and indicator plants (Boydak and Çalışkan 2014). The use of native trees, shrubs, and woody species is fundamental in high-altitude afforestation projects. Additionally, the appropriate provenance of native species must be utilized. High-altitude provenances are genetically distinct from those of lower elevations, as plants adapted to these sites can survive extreme ecological and physiological conditions. Choosing unsuitable provenances, particularly within the forest's "battle zone," can have negative consequences (Tieffenbacher 1992).

In different geographical regions of Türkiye, various species form the forest boundaries; however, particularly in higher altitudes, deforestation and the loss of shrub cover due to degradation are significant concerns (Boydak and Çalışkan, 2014). The Eastern Black Sea Region is one of Türkiye's most sensitive areas due to its high population density per unit area, dispersed settlement patterns, rugged terrain, and variable ecological features. In this region, especially in high mountainous areas (upper belts), human activities such as transhumance and eco-tourism have caused a significant disruption of the ecological balance, leading to forests diverging from their natural structure (Turna, 2005). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), one of the principal species that can be utilized in the high-altitude areas of the Northeastern Black Sea, stands out with its extensive geographical range and adaptability (Boydak and Çalışkan, 2014). Scots pine has a broad natural distribution, extending approximately 3,700 km in width and 14,700 km in length across Europe and Asia, within the latitudes of 37°–70° N and longitudes of 7°–137° E. Its northern range reaches 70° latitude in Scotland, Norway, Sweden, and Finland, forming the forest boundary along with Siberian larch in the Siberian steppes. Its southern range is scattered in high-altitude areas of the Pyrenees in Spain, the Alps, Carpathians, Yugoslavia, Bulgaria, Anatolia, Crimea, and the Caucasus (Critchfield et al., 1966; Alemdağ, 1967; Pamay, 1962; Kayacık, 1977; Boratynski, 1991; Atalay, 2002; Turna, 2003). In Turkey, Scots pine is mainly distributed in the northern, northeastern, northwestern, and central Anatolian regions, with its densest occurrence in the inner regions of Northern Anatolia, extending into Central Anatolia (Alemdağ, 1967). In particular, to ensure the sustainability of ecological balance, it is imperative to determine appropriate land use practices, implement necessary conservation measures, and conduct rehabilitation efforts (Turna, 2005).

This study aims to evaluate the 10-year growth performance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings planted at higher altitudes near the forest boundary as part of the "Galyan Afforestation Project." Additionally, it seeks to assess the success of the afforestation effort based on variations in aspect and elevation.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

The study area is located within the Şahinkaya series under the jurisdiction of the Trabzon Forest Regional Directorate, Maçka Forest Management Directorate, Esiroğlu Forest Management Chiefdom. It is geographically situated between 39°40'07" and 39°45'28" E longitudes and 40°39'55" and 40°43'39" N latitudes (Figure 1). Sample plots were identified in areas afforested under the scope of the 2007 afforestation project in the

Galyan watershed. The selection of sample plots prioritized sites at the upper altitudes of the project area with Scots pine plantings, ensuring variation in elevation and aspect.

The sample plots are located at elevations between 1790 and 1990 meters, with an average slope of 60% (Table 1). The soil type in the study area was identified as clay loam. According to the records from the Meryemana meteorological station (10 years of climate data), the region has a climate classified as "very humid, micro-thermal, with little to no water deficit, and close to an oceanic climate," with a total annual precipitation of 1250 mm (Thornthwaite and Hare, 1955).

The afforestation in the study area used *Pinus sylvestris* (Scots pine) seedlings of the Sarıkamış origin, one-year-old, with enso-type containerized roots. All seedlings planted in the project area were sourced from the Trabzon/Of nursery. The study material consists of one-year-old Scots pine seedlings planted in 2007 as part of the Galyan afforestation project.

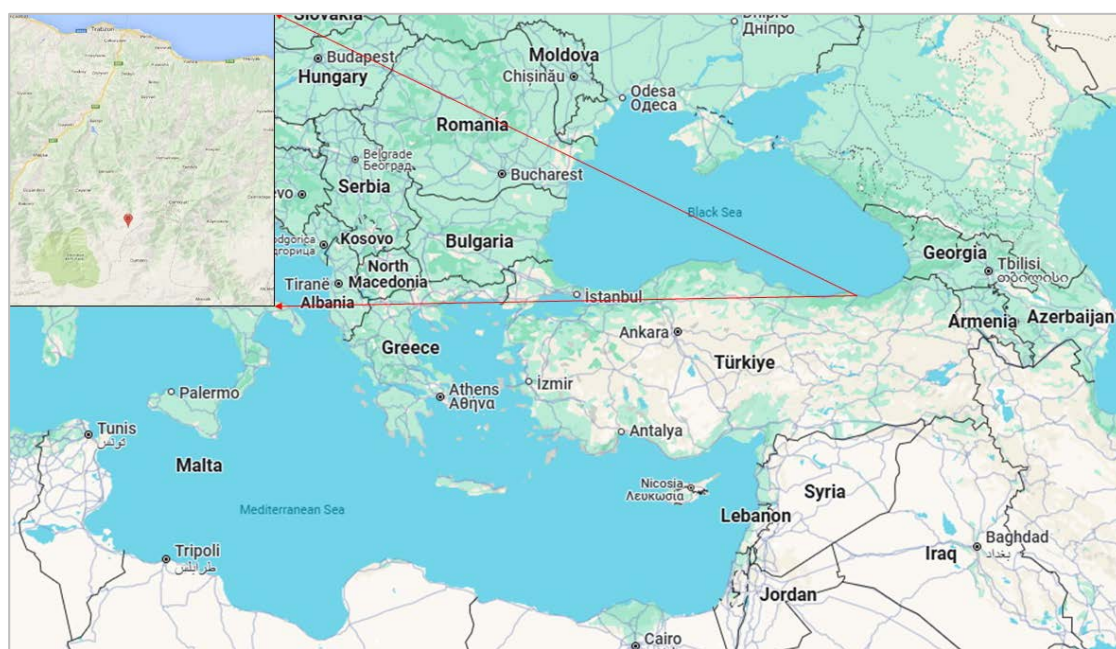


Figure 1. Geographical locations of the sample plots included in the study

Table 1

Aspect and elevation information for sample areas

Sample Area No	Elevation	Aspect
1	1790-1890	North
2	1790-1890	Northwest
3	1891-1990	North
4	1790-1890	Northeast
5	1891-1990	Northwest
6	1891-1990	Northeast
7	1790-1890	North

2.2. Methods

In the study, a total of seven sample plots were selected within the Scots pine afforestation area planted in 2007. These plots were chosen to represent three different aspects (north, northeast, and northwest) and two elevation ranges (1790–1890 m and 1891–1990 m). In 2011, measurements were conducted on 50 seedlings from each sample plot, including seedling length, root collar diameter, the number of branches on the last shoot, lengths of the longest branches in the north, south, east, and west directions, and the number of terminal

buds. Additionally, inter-nodal measurements were taken to determine annual length increments. Measurements of seedling length and annual growth increments were made using a measuring tape with centimeter precision, while root collar diameters were measured with a digital caliper with millimeter precision. In 2016, the condition of the seedlings at their 10th year was assessed through field observations, and evaluations were conducted.

For data analysis, SPSS 26.0 statistical software was used to perform variance analysis, Duncan's test, t-tests, and correlation analysis. One-way analysis of variance (ANOVA) was employed to determine the significance of differences in morphological characteristics of seedlings across different aspects, and groupings were identified using Duncan's test. Differences in morphological characteristics between seedlings from different elevation ranges were analyzed using t-tests. Additionally, correlation analysis was conducted to examine the magnitude, direction, and significance of relationships among the measured traits (Ercan 1997; Özdamar 1999; Özkan 2003).

3. Result and Discussion

The mean seedling lengths and standard error values for the sample plots selected in the study are presented in Table 2.

Table 2

Average seedling length (SL) and standard deviation values of sample areas

Sample Area No	2y-SL (cm)	3y-SL (cm)	4y-SL (cm)	5y-SL (cm)
1	24.92±0.88	37.93±1.38	48.90±1.82	61.59±2.71
2	18.90±0.91	29.57±1.17	39.80±1.40	50.00±1.55
3	27.30±1.24	41.26±1.85	52.63±2.25	64.53±2.46
4	18.07±0.91	28.57±1.12	38.30±1.44	51.87±1.43
5	25.90±1.36	38.65±2.01	50.15±2.60	61.87±2.76
6	28.87±1.37	41.27±2.07	52.37±2.72	63.45±3.31
7	21.68±0.84	33.57±1.19	48.02±1.72	60.92±2.02
Ort.	23.66±0.48	35.83±0.68	47.16±0.85	59.07±0.97

2y-SL: Length of 2-year-old seedlings, 3y-SL: Length of 3-year-old seedlings, 4y-SL: Length of 4-year-old seedlings, 5y-SL: Length of 5-year-old seedlings

The highest average length values for 2-year-old and 3-year-old seedlings were recorded in sample plot 6, at 28.87 cm and 41.27 cm, respectively, while the highest average length values for 4-year-old and 5-year-old seedlings were observed in sample plot 3, at 52.63 cm and 64.53 cm, respectively. Scots pine seedlings exhibited length increases of 51.4%, 31.6%, and 25.3% consecutively after planting. As shown in Figure 2, the length growth of the seedlings was found to decrease over the years.

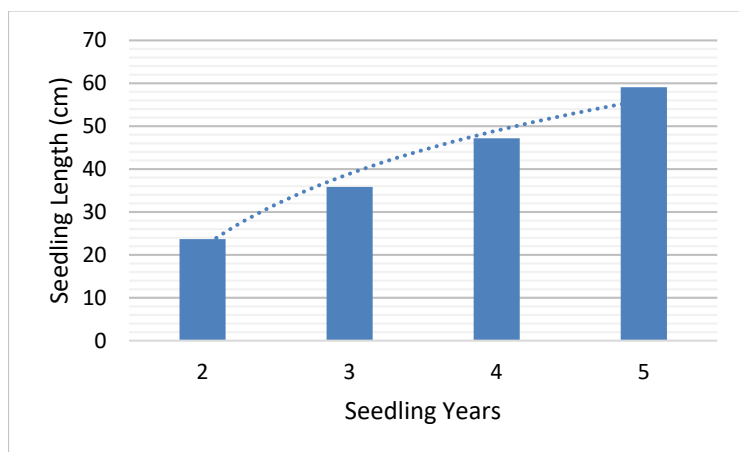


Figure 2. Average length values of Scots pine seedling by year

The mean seedling length values are presented in Figure 3 according to different aspects and altitudes. Additionally, the significance of differences in mean seedling lengths among various aspects was determined using

variance analysis, and groups were identified through Duncan's test. The significance of differences in mean seedling lengths between different altitudes was assessed using the t-test (Figure 3).

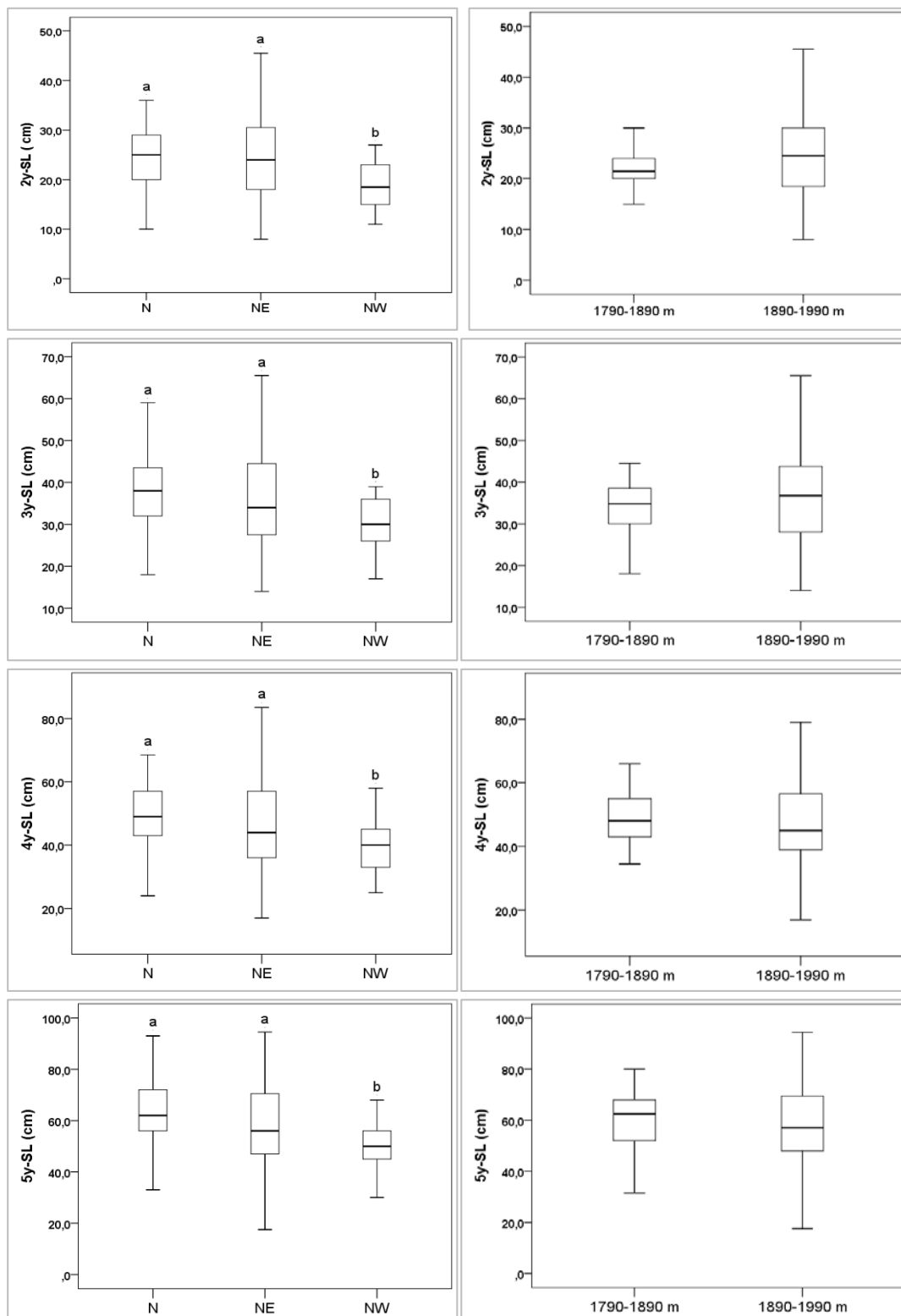


Figure 3. Mean seedling length values according to different aspects and altitudes

The differences in seedling lengths among various aspects were found to be statistically significant for each age group ($p < 0.01$). Results of Duncan's test revealed two distinct groups in terms of seedling length across all ages. For each age group, the north and northeast aspects formed one group, while the northwest aspect

constituted a separate group. Furthermore, the highest mean length values were observed in seedlings located in sample plots on the northern aspect. In terms of elevation, seedling lengths did not show statistically significant differences for any age group ($p>0.05$). However, for 2-year-old Scots pine seedlings, the mean length was lower at lower elevations (21.68 cm). By the third year, greater length growth at lower elevations resulted in a mean length (36.21 cm) close to that of seedlings at higher elevations. Length growth rates for 3-, 4-, and 5-year-old seedlings were 55%, 43%, and 27% at lower elevations, and 51%, 30%, and 25% at higher elevations, respectively, with the mean lengths being higher at lower elevations in contrast to the second year (Figure 4). A study by Çepel et al. (1977) examining the relationship between the growth of pure Scots pine forests and certain edaphic and physiographic factors across Turkey concluded that temperature was the limiting factor for Scots pine growth in Northeastern Anatolia. They identified a negative correlation between altitude and length growth. Another study on Scots pine plantations in Artvin-Ardanuç analyzed the annual length increments of seedlings between 1987 and 1996. Regression analysis showed that Scots pine length growth was positively correlated with temperature and negatively correlated with precipitation (Ölmez and Aslan 1997).

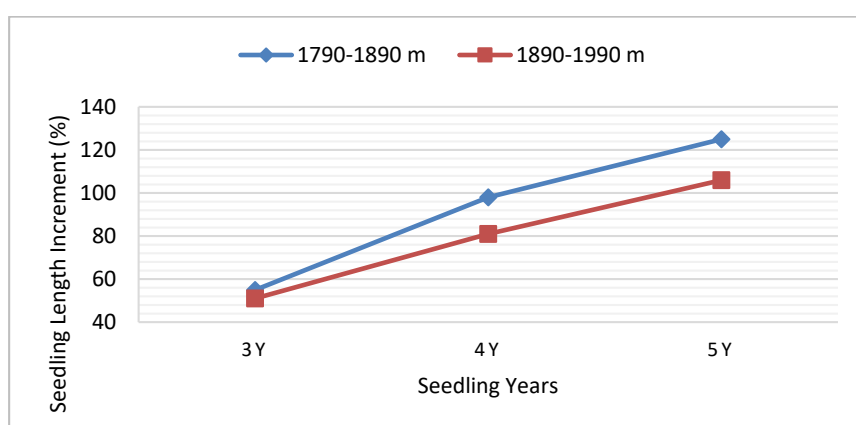


Figure 4. Length growth values (%) based on elevation and age

The mean root collar diameter (RCD) values for 5-year-old seedlings are presented in Figure 5 according to different aspects and altitudes. The significance of differences in mean RCD values among various aspects was assessed using variance analysis, which indicated no statistically significant differences ($p>0.05$). The average RCD values were recorded as 2.26 cm on the northern aspect, 2.09 cm on the northeastern aspect, and 2.05 cm on the northwestern aspect. In contrast, the significance of differences in mean RCD values between different elevation ranges was evaluated using a t-test, which revealed statistically significant differences at a 95% confidence level. The average RCD value was found to be 2.43 cm at elevations of 1790–1890 m and 2.11 cm at elevations of 1891–1990 m. These results indicate that, similar to seedling length, higher RCD values were observed at lower elevations and on northern aspects.

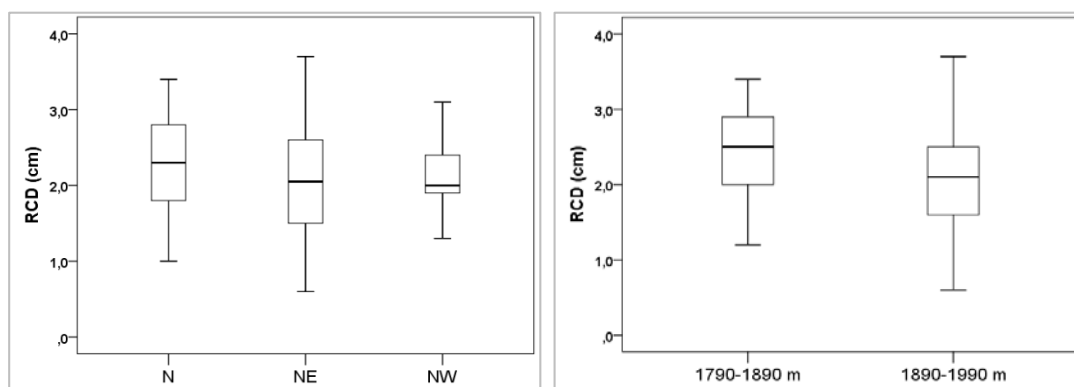


Figure 5. Mean root collar diameter (RCD) values for 5-year-old seedlings based on different aspects and elevations

In 5-year-old Scots pine seedlings, the effects of different aspects and elevations on the number of lateral branches on the last shoot (LBL) and the number of terminal buds (NTB) were analyzed using variance analysis. The results, including maximum, minimum, and standard deviation values, are presented in Table 3. For LBL, a statistically significant difference was found based on elevation, whereas no significant difference was observed among different aspects. For NTB, no significant differences were identified based on either aspect or elevation.

Table 3

Variance analysis results for LBL and NTB based on different aspects and elevations

			Minimum	Maximum	Mean	St. Error	ANOVA
LBL	Aspect	North	2	11	4.38	1.31	F:0.146
		Northeast	2	10	4.36	1.34	P:0.864
		Northwest	3	6	4.50	0.82	
	Elevation	1790-1890	2	6	4.04	0.95	F:9.948
		1891-1990	2	11	4.56	1.38	P:0.002
NTB	Aspect	North	3	9	5.81	0.84	F:0.500
		Northeast	1	9	5.69	1.61	P:0.607
		Northwest	4	8	5.63	0.89	
	Elevation	1790-1890	3	7	5.71	0.768	F:0.167
		1891-1990	1	9	5.77	1.311	P:0.683

$p < 0.05$, LBL: On the number of lateral branches on the last shoot, NTB: The number of terminal buds

The lengths of the longest branches in four directions (north, south, east, and west) were measured for 5-year-old seedlings in the Scots pine afforestation trial plots (Table 4). According to the mean values for all trial plots presented in Table 3, the longest branch growth was observed in the east direction, although the branch lengths in all directions were generally similar. The average length of the longest branches was determined to be 24.86 cm.

Table 4

Longest branch lengths of Scots pine seedlings

Sample Area No	North (cm)	South (cm)	East (cm)	West (cm)	Mean (cm)
1	22.53	23.90	23.60	24.60	23.66
2	25.40	22.77	22.33	21.57	23.02
3	27.23	26.57	29.40	26.70	27.48
4	22.13	24.13	25.17	24.07	23.88
5	19.55	16.33	21.47	19.27	19.15
6	26.38	30.35	29.65	28.40	28.70
7	27.18	25.82	30.80	28.78	28.15
Mean	24.35	24.27	26.06	24.77	24.86

The results of the correlation analysis for the nine measured traits are presented in Table 5. The correlation analysis indicates that the data for all traits exhibit statistically significant positive correlations at the 99% confidence level.

Table 5

Correlation analysis results for morphological traits of Scots pine seedlings

	5y-SL	RCD	LBL	NTB	LBN	LBS	LBE	LBW	LBA
5y-SL	1	0.552*	0.371*	0.390*	0.476*	0.524*	0.619*	0.556*	0.647*
RCD		1	0.355*	0.384*	0.594*	0.623*	0.675*	0.604*	0.740*
LBL			1	0.327*	0.342*	0.344*	0.353*	0.379*	0.414*
NTB				1	0.294*	0.368*	0.290*	0.312*	0.371*
LBN					1	0.621*	0.634*	0.556*	0.812*
LBS						1	0.641*	0.652*	0.859*
LBE							1	0.739*	0.882*
LBW								1	0.864*
LBA									1

* Correlation is significant among traits at the 99% confidence level

LBN: Longest branch north, LBS: Longest branch south, LBE: Longest branch east, LBW: Longest branch west, LBA: Average length of the longest branches

In 2016, assessments were conducted in the trial plots before the vegetation period to evaluate the success of the afforestation efforts. Since the planting area is located near the alpine forest boundary, the overall seedling survival rate was determined to be adequate. While some areas exhibited scattered mortality, other areas showed high survival rates in rows. It was observed that Scots pine seedlings experienced forking and were significantly affected by extreme climatic conditions in terms of both survival success and seedling quality.

Across most of the sites, no understory vegetation (e.g., ferns, blackberries, rhododendrons, bearberry) was present at levels that would negatively impact seedling growth. However, localized observations indicated that some seedlings were affected by snow pressure on understory vegetation. Further examination of seedling pits in areas with dead Scots pine seedlings revealed that some were planted on impermeable bedrock, exposing them to stagnant water, while others were affected by grazing damage (Figure 6). A study by Tetik (1986) investigated various factors influencing the distribution of pure Scots pine forests in Northeastern Anatolia and outlined the ecological conditions required for Scots pine. It was suggested that in areas where the natural balance has been disrupted, afforestation efforts should be delayed until good grass development is achieved before proceeding with planting.



Figure 6. Scots pine seedlings affected by understory pressure and seedling pits showing mortality due to high groundwater levels and waterlogging

In the 2016 measurements, the afforestation site was found to exhibit extreme living and survival conditions characteristic of a high mountain environment, with highly adverse biological, physiological, sociological, and site conditions. Despite surviving under these conditions, the seedlings showed clear responses to damage. In general, terminal shoots had broken or dried out, leading to lateral shoots branching and forming multiple-stem structures. Observations revealed that 80% of the seedlings had forked and deviated from their normal form. In some Scots pine individuals, damage to the terminal shoot resulted in the best-developed lateral shoot taking over as the main stem, continuing its growth. It was also observed that the needles of Scots pine seedlings commonly exhibited reddening and shedding. Nevertheless, the seedlings remained vital, with some continuing to grow in a straight form while others developed in a forked form (Figure 7).



Figure 7. Scots pine individuals with maintained vitality but deformed stem structure

In high mountain ecosystems, key climatic and edaphic factors include solar radiation, air and soil temperature, precipitation (rain and snow), wind, frost, transpiration, vegetation period, and biological soil content. These factors are not independent but are in constant interaction with one another. Understanding these interactions is crucial during the assessment phase, as they play a significant role in restoring disrupted ecological balances (Turna, 2005).

In Scots pine (*Pinus sylvestris*) afforestation, it was observed that seedling growth was normal during the initial years following planting (2–3 years). However, in subsequent years, extreme climatic conditions caused various deformities, such as drying, branching, and distortion of the apical shoot. Based on data obtained from afforestation efforts conducted in high mountain areas, it was determined that both the root collar diameter (RCD) and seedling height increment were higher on north-facing slopes and at lower altitudes. Although Scots pine seedlings showed higher average height in high-altitude sample plots up to the age of 2, by the age of 5, seedlings in the lower-altitude sample plots exhibited greater height growth, resulting in higher average heights. This outcome can be attributed to the relatively harsher conditions of the higher-altitude experimental site, which, despite the lack of significant elevation differences between the sample plots, may have slightly hindered seedling development. Measurements conducted in 2010 revealed that the average seedling height was 59.64 cm, the average root collar diameter was 2.16 cm, and the average annual height increment was 13.92 cm. In 2016, measurements showed that the average seedling height had increased to 93.85 cm, the average root collar diameter to 3.43 cm, and the average annual height increment to 21.84 cm.

The Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings used in this study originated from Sarıkamış, a region with distinct climatic and edaphic characteristics. Given that seedling origin can significantly influence afforestation success, it is crucial to compare the growing conditions of Sarıkamış with those of the project area in order to interpret the results more accurately. Factors such as temperature fluctuations, soil composition, and precipitation patterns may have affected the adaptation and growth performance of the seedlings in the Galyan afforestation site. Differences in climatic conditions between the origin and planting sites could have influenced seedling survival, growth rates, and morphological development, potentially contributing to the observed variations in performance across different aspects and elevations. Therefore, while evaluating the afforestation success, it is essential to acknowledge that the ecological characteristics of the seedling origin may have played a role in shaping the observed results.

In terrestrial ecosystems, all organisms achieve their highest levels of growth and development, as well as superior competitive abilities against other species, under living conditions that align with their physiological optimum. As conditions deviate from this optimum, these two advantages diminish. An organism with reduced competitive ability becomes a minority within the system and simultaneously grows more sensitive and vulnerable to external factors (Asan 2006). Figure 7 illustrates individuals that, despite maintaining their vitality, exhibit stem deformations caused by external factors. Additionally, the development of lateral branches as a result of terminal shoot dieback or deformation is also shown.

Studies on high mountain afforestation provide valuable insights into ecological challenges and solutions. Schoenenberger (2001) evaluated afforestation practices at high altitudes, highlighting the effectiveness of clustered planting strategies, particularly in subalpine and high-altitude regions. This method considers varying micro-site conditions, supports diverse forest structures, reduces seedling mortality rates, and enhances resistance to wind, snow pressure, and insect attacks. Additionally, clustered planting minimizes maintenance needs, increases seedling survival rates, and strengthens the ecological adaptation of forest areas in harsh mountain conditions. Nadal-Romero et al. (2023) examined the impact of afforestation on abandoned agricultural lands in Mediterranean mid-mountain regions. Their findings indicated improvements in soil properties, organic carbon accumulation, water retention capacity, and erosion reduction, although some adverse effects on the hydrological system, such as reduced annual water yield, were also observed. The study emphasized

the importance of using local species and adopting sustainable strategies. Grätz et al. (2023) analyzed afforestation areas in high-altitude regions of Austria, focusing on their protective functions against avalanches and natural hazards. Using AI-assisted remote sensing, the study accurately identified critical zones affecting avalanche protection capacity, finding that Norway spruce (*Picea abies*), Swiss stone pine (*Pinus cembra* L.), and other high-altitude-adapted species were effective in reducing avalanche risks. Conversely, areas dominated by pastures were less effective in providing protection. Another study explored the potential of *Pinus nigra* in afforestation efforts in semi-arid regions of Turkey, concluding that subspecies of Anatolian black pine demonstrated better growth in high-altitude regions and significant adaptation to local environmental conditions (Ayan et al., 2021). In high mountain afforestation efforts, as highlighted in this study, adopting a nature-compatible approach and focusing on nature conservation will enhance success rates. Indeed, nature conservation-oriented afforestation should prioritize maintaining ecosystem integrity, considering the habitats of all organisms, and ensuring the preservation of biodiversity (Güney and Turna, 2005; Turna et al., 2021).

4. Conclusion

This study, focusing specifically on Scots pine plantations within the scope of the Galyan Project, provides critical insights into afforestation efforts in high mountain ecosystems. Over a ten-year observation period, it was found that initial seedling growth was generally robust; however, significant challenges emerged in subsequent years due to extreme climatic conditions such as frost, snow pressure, and soil waterlogging. These conditions led to physiological deformities such as terminal shoot dieback and excessive branching.

The research identified that site-specific factors, including aspect and elevation, significantly influenced seedling growth and survival. Northern aspects and lower elevations were particularly favorable for seedling development. These findings emphasize the importance of careful site selection and management in high-altitude afforestation projects. Moreover, integrating ecological research with practical forestry practices is essential for achieving sustainable forestry in mountainous regions.

In conclusion, while forestry in high-altitude regions is fraught with challenges, it offers immense potential for ecological restoration, biodiversity enhancement, and carbon sequestration. Future efforts should prioritize the development of robust, site-specific methodologies that incorporate ecological, physiological, and climatic factors to optimize forest success and sustainability.

Acknowledgements

A part of this study was previously presented as an oral presentation and published in abstract form at International Forestry and Environment Symposium “Climate Change and Tree Migration”, 2017, Trabzon, Türkiye.

Author Contributions

İbrahim Turna: Planned and designed the study, collected data during fieldwork.

Abdurrahman Semercioğlu: Designed the study, collected data during fieldwork, and conducted analyses.

Fahrettin Atar: Collected data during fieldwork, performed the statistical analyses of the study, and wrote the article.

Deniz Güney: Collected data during fieldwork and contributed to the editing of the article.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Alemdağ, Ş. (1967). Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara.
- Anonim. (2001). Sarıçam El Kitabı Dizisi: 7. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara.
- Asan, Ü. (2006). Karbon havuzu olarak bitki ekosistemleri ve ormanlar. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, (139), 22-26.
- Atalay, İ. (2002). Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri (1. baskı). Orman Bakanlığı Yayınları No: 163, İzmir.
- Ayan, S., Yücedağ, C., and Simovski, B. (2021). A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *Journal of Forest Science*, 67(10), 449–463. <https://doi.org/10.17221/74/2021-JFS>
- Barry, R. G. (2008). Mountain weather and climate (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Boratynski, A. (1991). Range of natural distribution. In M. Giertych and C. Matyas (Eds.), Genetics of Scots Pine (pp. 19-27). Elsevier. <https://doi.org/ISBN:0-444-98724-X>
- Boydak, A., and Çalışkan, S. (2014). Ağaçlandırma. OGEM-VAK Yayınları, İstanbul.
- Critchfieldt, W. B., and Little, E. L. Jr. (1966). Geographic distribution of the pines of the world. USDA Forest Service, Miscellaneous Publication 991.
- Çepel, N., Dündar, M., and Günel, A. (1977). Türkiye'nin önemli yetiştirme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etkenler arasındaki ilişkiler. TÜBİTAK Yayın No: 354, Ankara.
- Duan, J., and Abduwali, D. (2021). Basic theory and methods of afforestation. In *Silviculture*. London: IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96164>
- Ercan, M. (1997). Bilimsel araştırmalarda istatistik (Genişletilmiş 2. baskı). Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmit.
- FAO (2011). Mountain forests in a changing world: Realizing values, addressing challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Rome, Italy.
- Giray, N. (1994). Sarıçam. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara.
- Grätz, T., Vospernik, S., and Scheidl, C. (2024). Evaluation of afforestations for avalanche protection with orthoimages using the random forest algorithm. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 581-601.
- Güney, D. and Turna, İ. (2005). Ormancılıkta Ağaç Islahı ve Gen Kaynaklarının Korunmasının Önemi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 1. Çevre ve Ormancılık Şurası, 2. cilt, Antalya.
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. Tropical Science Center.
- Indermühle, M. P. (1978). Struktur, Alters und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichtenplenterwald der subalpinen Stufe. Dissertation, ETH Zürich.
- Kayacık, H. (1977). Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 247, İstanbul.
- Körner, C. (1998). A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia*, 115(4), 445-459.
- Körner, C. (2007). The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(11), 569-574.
- Leibundgut, H. (1982). Die Waldpflege (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart.
- Nadal-Romero, E., Llena, M., Cortijos-López, M., and Lasanta, T. (2023). Afforestation after land abandonment as a nature-based solution in Mediterranean mid-mountain areas: Implications and research gaps. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 34, 100481.
- Ölmez, Z., and Aslan, Z. (1997). Effect of abiotic environment on *Pinus sylvestris* length growth: A case study at the Northeastern Black Sea region. In XI. Dünya Ormancılık Kongresi (Antalya).
- Özdamar, K. (1999). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi: SPSS MINITAB (4. baskı). Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Özkan, Y. (2003). Uygulamalı istatistik 2. Sakarya Üniversitesi, Birinci Baskı, Sakarya Kitapevi, İstanbul.
- Pamay, B. (1962). Türkiye'de sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'ın tabii gençleşmesi imkanları üzerine araştırmalar. T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Sıra No: 337, Seri No: 31, İstanbul.
- Pitterle, A. (1993). Nachhaltig-multifunktionale Waldwirtschaft. Universität für Bodenkultur, Waldbau-Institut, Wien.

- Santopuoli, G., Marchetti, M., Tognetti, R., Burrascano, S., and Lasserre, B. (2021). Climate-smart silviculture in mountain regions. In *Climate-smart forestry in mountain regions* (pp. 123–145). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80767-2_8
- Schoenenberger, W. (2001). Cluster afforestation for various mountain forest structures: A review. *Forest Ecology and Management*, 145(1–2), 121–128. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00579-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00579-X)
- Tetik, M. (1986). Kuzeydoğu Anadolu'daki saf sarıçam ormanlarının ekolojik şartları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 177, Ankara.
- Thorntwaite, C.W. and Hare, F.K. (1955). Climatic Classification in Forestry, *Mnasylyva* 9, New York, 50-59.
- Tieffenbacher, H. (1992). Stecklingsfichten für die Hochlagenaufforstung? *Österreichische Forstzeitung*, 3.
- Turna, İ. (2003). Variation of morphological and electrophoretic characters of 11 populations of Scots Pine in Turkey. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51.
- Turna, İ. (2005). Doğu Karadeniz Bölgesi Yüksek Dağ Ekosistemlerine Silvikültürel Bakış. *Kısal Çevre Yılı*, s: 93-104. Ankara. ISSN: 1303 - 9334
- Turna, İ., Genç, M., Güney, D. (2021). Doğa Koruma Odaklı Ağaçlandırma. Şu eserde: *Ekoloji ve Ekonomi Ekseninde Türkiye'de Orman ve Ormancılık* (Editör: Pakdemirli, E., Küçük, Ö., Bayraktar, Z., Takmaz, S.). s. 119-160. Ankara
- Whittaker, R.H. (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews*, 42(2), 207-57.

The Effects of Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) on Diameter and Volume Increment in Crimean Pine (*Pinus nigra* Arnold) Forests of Bartın

İsmet Daşdemir^{1,*}, Yağmur Yeşilbaş²

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

Makale Tarihi

Gönderim: 15.01.2025

Kabul: 20.03.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Abstract – The pine processionary moth (PPM) causes damage by eating the needles of trees. It was determined that the normal increment and growth decreased in trees affected by this insect depending on the severity of the epidemic. The aim of this study is to determine the diameter and volume increment losses caused by the PPM in trees in the Crimean pine forests of Bartın province. The research material was obtained from nine temporary trial areas determined in the natural Crimean pine forests of Bartın province. Diameter and height measurements were made on all trees in the trial areas and increment cores were taken from a total of 346 trees. The annual diameter and volume increment values were determined for the period 2010-2021. The period 2015-2017 was determined as loss years. Three classes were created as control, moderate, and high harmful, according to the three-year total diameter increment in the damage years. The differences between the diameter and volume increments of the three classes were checked by the ANOVA and the Duncan test. The effect of climate variables on these differences was examined by the Standardized Precipitation Index and the Erinç Precipitation Efficiency Index. It was understood that increment losses are not affected by the amount of precipitation and temperature. It was determined that there was a 29.89% diameter and 26.72% volume increment loss in the moderate harmful group, and a 40.22% diameter and 35.09% volume increment loss in the high harmful group. Since diameter and volume increment losses have a negative impact on tree wealth and business income, some suggestions were developed to reduce insect damage and ensure sustainable forest management.

Keywords – *Thaumetopoea wilkinsoni*, *Pinus nigra*, insect damage, increment loss, climate-increment relationship

Bartın Karaçam Ormanlarında Çam Kese Böceğinin (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) Çap ve Hacim Artımı Üzerine Etkisi

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

Article History

Received: 15.01.2025

Accepted: 20.03.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Öz – Çam kese böceği ağaçların ibrelerini yiyerek zarar yapmaktadır. Bu böceğin arız olduğu ağaçlarda salgının şiddetine bağlı olarak normal artımın ve büyümenin azaldığı saptanmıştır. Bu çalışmanın amacı Bartın ili karaçam ormanlarındaki ağaçlarda çam kese böceğinin neden olduğu çap ve hacim artım kayıplarını tespit etmektir. Araştırma materyali Bartın ili doğal karaçam ormanlarında belirlenen dokuz geçici deneme alanından elde edilmiştir. Deneme alanlarındaki tüm ağaçlarda çap ve boy ölçümleri yapılmış ve toplam 346 adet ağaçtan artım kalemi alınmıştır. 2010-2021 dönem için yıllık çap ve hacim artım miktarları belirlenmiştir. 2015-2017 dönemi zarar yılları olarak tespit edilmiştir. Zarar yıllarındaki üç yıllık çap artım toplamına göre kontrol, orta ve çok zararlı şeklinde üç sınıf oluşturulmuştur. Üç sınıfın çap ve hacim artım değerleri arasında fark olup olmadığı ANOVA ve Duncan testi ile denetlenmiştir. Bu farklara iklim değişkenlerinin etkisi Standardize Yağış İndisi ve Erinç Yağış Etkinlik İndisi ile incelenmiştir. Buna göre 2015-2017 dönemindeki artım kayıplarının yağış ve sıcaklık miktarından etkilenmediği anlaşılmıştır. Böcek zararından dolayı orta zararlı grupta %29,89 oranında çap ve %26,72 oranında hacim artım kaybının, çok zararlı grupta ise %40,28 oranında çap ve %35,09 oranında hacim artım kaybının olduğu saptanmıştır. Çap ve hacim artım kayıpları ağaç serveti ve işletme gelirleri üzerinde olumsuz etki yaptığı için, böcek zararının azaltılmasına ve sürdürülebilir orman yönetiminin sağlanmasına ilişkin bazı öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – *Thaumetopoea wilkinsoni*, *Pinus nigra*, böcek zararı, artım kaybı, iklim-artım ilişkisi

¹  idasdemir@bartin.edu.tr

²  yagmuryesilbas@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

There are many factors that damage forest ecosystems. These factors are divided into two basic groups: biotic (harmful insects, etc.) and abiotic (drought, storm, etc.). Abiotic damages affecting forests are followed by biotic epidemics such as bark beetles, and insect damages have increased further in recent years as a result of disruptions due to global climate change. Ecological disruptions caused by harmful insects in forests both harm natural ecosystems and pose a serious threat to human well-being (Seidl and Rammer, 2016; Ivantsova et al., 2019). In fact, it is stated that while forest damage caused by other factors has decreased, the amount of damage caused by insects has increased more than three times (Ivantsova et al., 2019).

Regarding insect damage, the damage caused by the *Dendroctonus frontalis* pest in the pine forests in the south of Texas and Louisiana in the USA was examined in terms of price and welfare changes and it was concluded that it was significantly negatively affected (Holmes, 1991). It is known that harmful insects in forests cause losses in growing stock and growth, and cause economic value losses. Wallner (1998) stated that the economic loss of insect damage in exotic forests in the USA exceeded 30 million US\$. Holmes et al. (2006) found a statistically significant negative relationship between the amount of insect damage in exotic forests and housing values in New Jersey. Arnaldo et al. (2010) developed modeling for maritime pines (*Pinus pinaster* Ait.) on the northeastern coastline of Portugal and revealed that the pine processionary moth (PPM) made a loss of 37-73% in biomass increase and the loss was 100 €/ha. It is stated that insects and pathogens that cause damage to forests in the USA are effective in an area exceeding 20.4 million hectares annually and the cost is 2 billion US\$ (USDA, 1997; Dale et al., 2001). Aukema et al. (2011) estimated the economic impacts of non-native insect species in the USA and determined the probability of a new species with a devastating effect invading the region to be 32% in a 10-year period. Additionally, it was determined that the *Dendroctonus ponderosae* has caused damage to more than 6.6 million hectares of land since 1996 in a study conducted in the Rocky Mountains National Park region (Rosenberger et al., 2013). It was also stated that there was a loss of 416,000 m³ in growing stock every year in areas damaged by the *Ips sexdentatus* in the Artvin Çoruh forests in Türkiye (Defne, 1954). Likewise, the economic value loss caused by bark beetles was estimated to be approximately 2 million US\$ in a 5-year period (2002-2007) in the Artvin Regional Forestry Directorate (Öztürk et al., 2008).

On the other hand, it was determined that climate change affects the distribution of insects and increases the number of insects at different rates by different modeling studies conducted in different countries (Seidl and Rammer, 2016; Thom et al., 2017). It was also determined that insect damage increases with the increase in temperature due to climate change (Gazol et al., 2019). RGB (Red-Green-Blue) images obtained using remote sensing technology integrated into unmanned aerial systems (UAS) with high image quality have also been used to estimate the impact of the PPM and leaf loss (Cardil et al., 2017). Based on all these studies, it is understood that insect damage in forests has increased in recent years around the world, causing significant economic losses, and research on these issues has intensified.

One of the insects that cause damage in forests is the PPM. They cause significant damage to trees by eating conifers, especially Calabrian pine (brutian pine), Crimean pine (black pine), Scots pine, Aleppo pine, maritime pine, stone pine, Taurus cedar, and sometimes junipers. Therefore, it causes the photosynthesis ability of trees to decrease and weaken, affecting increment and growth negatively. The extent of damage caused by the PPM varies depending on the intensity of the epidemic and environmental factors. Repeating the damage every year causes significant losses in growing stock, deformities in trees, and quality losses in the products obtained from forests (Çanakçıoğlu, 1989; Çanakçıoğlu and Mol, 1998). It was determined that Calabrian pine trees damaged by the PPM could only reach normal growth levels after five years (Carus, 2010a). However, even in the same areas, the PPM causes damage to trees periodically during a rotation period.

The life cycle of the PPM (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) is one year. During this period, the insect goes through four biological periods: 1) Adult period, 2) Egg period, 3) Larva (caterpillar) period, and 4) Pupa

(Chrysalis) period. The PPM spends the first three of these periods outside the soil and the fourth inside the soil (Çanakçıoğlu, 1989; Çanakçıoğlu and Mol, 1998; İpekdağ, 2012). In some cases, the diapause period during the pupa period in the soil lasts up to four years. In different forest ecosystems, its life periods vary depending on factors such as latitude, altitude, and temperature (Köse, 2007; İpekdağ, 2012).

The PPM actively causes damage to an area of 2 million hectares in Türkiye (Yüksel, 2019). It has a damage potential in an area of 9,414,915 hectares just for Calabrian pine and Crimean pine. Türkiye's forest area is 23,363,071 ha (30%), and the third most widely (with 4,083,661 ha) distributed tree species is Crimean pine in forest areas after oak and brutian pine (OGM, 2023). Considering the other tree species it affects, it has the potential to cause damage in more than half of Türkiye's forests. Therefore, the PPM is an important insect species that has the potential to cause damage to forests both for Türkiye and for other countries.

Due to its importance, some studies were conducted in various countries on the damage caused by the PPM in forests (Lemoine, 1977; Arnaldo et al., 2010; Cayuela et al., 2011; Dulaurent et al., 2012; USDA, 1997; Dale et al., 2001; Jacquet et al., 2012; Robinet et al., 2014; Cardil et al., 2017; Zaemdzhikova et al., 2018; Camarero et al., 2022; Ferracini et al., 2022). In addition, some research was conducted in Türkiye on the damage of the PPM. In a study conducted by Kanat and Sivrikaya (2004) in Calabrian pine forests of Kahramanmaraş, a 20.15% loss in diameter increment was detected. In another study conducted on Calabrian pine in the same area (Kanat et al., 2005), a 21% loss in annual diameter increment was detected. Likewise, in the same area, Kanat et al. (2010) in another study on Calabrian pine, as a result of the experiments carried out by hanging the PPM pouches on the trees, a loss of 8.60% in height and 11.89% in diameter was detected in the trees whose pouches were hung. In a study on this subject, a triple damage classification (control, moderate, high) was made on Calabrian pine trees in Isparta (Carus, 2004), it was found that the PPM lost 16% in diameter and 38% in volume increment in the moderate harmful group, and 24% in diameter and 52% in volume increment in the high harmful group. It was determined that the PPM caused a loss of 2% and 7% in the moderate harmful group and 11% and 24% in the high harmful group, respectively, in diameter increment and volume increment in the study conducted by Çatal (2011) on the Calabrian pine stands in Isparta. In the study conducted by Erkan (2011) on the damage of the PPM in Calabrian pine afforestation area in Antalya, 55%, 50%, and 35% diameter increment, and 44%, 37%, and 17% volume increment losses were determined for three different trial areas, respectively.

Some studies were also conducted on the damage caused by the PPM in Crimean pine forests in Türkiye. In the study conducted by Carus (2004), the average wood loss between 1997 and 2000 in species affected by the insect was determined to be 221,909 m³. In a study conducted by Dal (2007) at the Ulus State Forest Enterprise, 22% diameter and 37.5% volume increment loss were determined and a single-entry volume table was prepared. Similarly, in a study conducted in Isparta (Carus, 2009), the diameter increment of the PPM in the control, moderate, and high harmful groups was found to be 49, 33, and 31 mm, and the volume increment was 50, 14 and 10 dm³, respectively, for a 6-year period. Likewise, in the study conducted by Altunışık (2015) in Isparta, it was determined that annual diameter increment decreased by 34.6% in area 1 and 39.7% in area 2, compared to areas where damage was not observed.

The above studies revealed a significant relationship between insect damage and diameter and volume increment losses. The studies on both Calabrian pine and Crimean pine were generally carried out in plantation areas, and insect damage classification was created according to external symptoms on the tree (needle loss, number of sacs, etc.) and the diameter and volume increment losses in these damage classes were calculated. However, the historical diameter and volume increase losses in the following years have not been investigated in natural Crimean pine stands that were damaged in the past years. Likewise, no research has been found that makes a classification according to the increment losses of trees in the damaged area without a prior classification according to external symptoms and reveals the increment losses on an area basis. Therefore, this study was conducted to examine the effect of the PPM on the diameter and volume increment in the same-

aged pure natural Crimean pine forests that have been damaged by insects in the past years in the Bartın region, on an area basis, based on the increment cores. The fact that such a study has not been conducted on pure Crimean pine stands in the Bartın-Art district before and the evaluation method is different makes this study original. In the study, the trial areas were grouped according to damage classes according to the measurements of increment cores from trees with different damage levels in the same field and the obtained data were analyzed. Therefore, this study has a high potential to contribute to science, practice and sustainable forest management due to its difference in both field and methodology.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

This study was carried out at the Art Forest Management Chieftaincy (AFMC) of the Bartın Forestry Enterprise (BFE) affiliated with the Zonguldak Regional Forestry Directorate (ZRFD), in the Western Black Sea Region of Türkiye (Fig. 1). Past and present damage situations of the fields were examined in all forest management chieftaincies of the BFE. Insect damage notification reports were obtained, field surveys were carried out, and it was understood that the most suitable areas for the research purpose are in the AFMC according to the data obtained, the tree type that has been damaged by insects in the past, its pest status, etc. The total area of the AFMC is 18,007.8 ha and consists of pure and mixed forests of mainly fir, beech, hornbeam, oak, and Crimean pine. In the study, Crimean pine trial areas were taken in a total area of 102.9 ha in sections 105 and 107 of the AFMC. Because, from the records of the ZRFD, it was determined that compartments 105 and 107 were exposed to the PPM damage in the 2015-2017 period, and the insect was combated (ZRFD, 2021).

The trial areas are generally located in the southeast aspect, at an altitude of 300 m and a slope of 21%. The soil structure is sandy clay loam and medium depth. The average age of the trees in the trial areas is 28 years and their average diameter is 17 cm.



Fig. 1. Location of the study area

2.2. Yield Data and Evaluation Method

Field studies in the study area were carried out in September-October 2021, paying attention to the slowing down of the increment and the completion of the vegetation period. During the field studies, a total of 9 temporary trial areas were taken in the form of a circle with a radius of approximately 13-15 m, large enough

to include an average of 30 trees, in sections 105 and 107. Depending on the number of trees in each trial area, the total number of sample trees was found to be 346. This number is a sufficient sample size as it represents all of the trial areas. All trees with a diameter exceeding 8 cm at breast height (1.30 m) were assigned a row number, their diameters were measured perpendicularly to each other with a caliper with mm precision and the average was recorded. The increment cores were taken from the breast height of each tree whose diameter and height were measured. In addition, the age of several 1.30 m tall saplings in each trial area was determined and averaged to be used in tree age determination. Other characteristics of the trial areas were obtained from the relevant management plans and damage notification reports (Table 1). In addition, external symptoms of insect damage on trees (loss of needles, number of sacs, etc.) were tried to be detected in the trial areas. However, since the field suffered insect damage in 2015-2017, sufficient external symptoms could not be detected in 2021, when the measurement was made.

Table 1

Some characteristics of the trial areas

No	Radius (m)	Number of Trees	Slope (%)	Aspect	Altitude (m)	Site Quality	Age (year)	Diameter (cm)	Height (m)
K1	15	54	20	East	300	IV	28.5	14	7
K2	15	44	15	South	290	IV	28.0	17	8
K3	15	26	20	Southeast	270	IV	28.8	19	11
K4	15	31	25	Southeast	270	IV	25.2	18	11
K5	13	47	18	East	300	IV	27.5	14	8
K6	13	47	35	East	350	IV	27.6	16	7
K7	15	30	10	Southeast	350	IV	27.4	21	9
K8	15	30	22	Southeast	370	IV	27.3	21	11
K9	14	37	25	Northwest	170	IV	30.0	15	9

A total of 346 increment cores were taken from the trial areas and they were transported to the laboratory in a protected manner by special pipettes. In the laboratory, the increment cores were fixed by inserting them into specially made wooden slotted rods, labeled and the upper surface was cleaned. Firstly, the age of each tree was found by adding the age of the saplings after counting the annual rings on the increment cores from the core to the bark by a stereo microscope. Then, the ring widths of the years, from the bark to the core, were measured at 10x magnification by graduated eyepieces and converted to mm and recorded. In addition, an analysis of variance (ANOVA) and Duncan test were performed to check the difference in increment between years (Kalıpsız, 1988; Akalp, 2016; Can, 2020). In evaluating the results obtained, increments in the years when insect damage was observed (2015-2017) were taken as a basis instead of the 12-year measurement period. Volume calculations, diameter, and volume increment losses were made according to barky diameters. The increment values per hectare were calculated by multiplying the increment values calculated on the basis of the trial areas with the conversion coefficient to hectares.

2.3. Calculation of Diameter Increment Losses

Annual diameter increments in each trial area were calculated as the average of single trees. Using the average diameter increments of the 12-year period, the years in which each trial area (K1, K2, ..., K9) was under the influence of the pest were determined by increment graphs. In the graphs, the single tree method was used according to years to eliminate the differences arising from the number of trees in the trial areas and to obtain more reliable results (Mısıır, 2003).

When creating harm groups, a triple classification was made as control/low, moderate and high harmful (Carus, 2004; 2009; 2010a; Erkan, 2011; Çatal, 2011; Çoban et al., 2014; Sarıkaya and Çatal, 2014). However, unlike the literature, in this study, a grouping was made on a tree-by-tree basis within the same trial area, based on the three-year total diameter increment in the damage years, rather than the external symptoms on the tree (loss of needles, number of sacs, etc.). Because the study area suffered insect damage in the 2015-2017 period, no relationship was found between the external symptoms on the trees in 2021 when the measurement was made

and the increment losses in 2015-2017. Therefore, no harm grouping could be made according to external symptoms. While creating the damage groups, the class range value (2.29 mm) was found by dividing the difference between the maximum (17.88 mm) and minimum (11.02 mm) values of the sum of the annual average diameter increments during the damage period in all trial areas by three. To calculate the diameter increment losses in moderate and high harmful groups, a trend line was passed according to the annual average increment amounts of the trial areas in the control group and the regression equation was obtained by performing regression analysis (Kalıpsız, 1988; Akalp, 2016; Can, 2020). Diameter increment loss percentages were calculated for each harmful group by substituting the diameter increment values obtained by the regression equation of the trend line of the control group and the diameter increment values measured in the moderate and high harmful groups into Formula-2.1:

$$DI_p = \frac{DI_{KG} - DI_{ZG}}{DI_{KG}} \times 100 \quad (2.1)$$

where, DI_p is the percentage of diameter increment loss (%), DI_{KG} is the amount of diameter increment in the control group (mm), and DI_{ZG} is the amount of diameter increment in the moderate or high harmful groups (mm).

2.4. Calculation of Volume and Volume Increment Losses

In order to make volume calculations, the barked diameter values of the trees in the damage years must be known. For this, double bark thickness was found for each tree by taking double the bark thickness measured on the increment cores. The actual bark-free diameters of the trees were calculated by subtracting the double bark thickness from the actual barked diameters of the trees in 2021. The bark factor was found by dividing the barked diameter value in 2021 by the bark-free diameter (Formula-2.2).

$$BF = \frac{d_{kbl}}{d_{kbz}} \quad (2.2)$$

In Formula-2.2, BF shows the bark factor, d_{kbl} shows the barked diameter (mm) and d_{kbz} shows the bark-free diameter (mm). The bark factor, calculated separately for each tree, was used in barked diameter calculations in previous years. The sum of the diameter increment to the previous years was subtracted from the current bark-free diameter and the value found was multiplied by the bark factor to reach the barked diameter values in the past years (Formula-2.3).

$$d_{kblG} = [(d_{kbl} - B_K) - DI_G] \times BF \quad (2.3)$$

Where d_{kblG} indicates the barked diameter value in the past years (mm), B_K indicates the double bark thickness (mm) and DI_G indicates the total bark-free diameter increment in the previous year (mm).

Since the height of the trees at the time of damage is unknown, a single-entry volume table must be used in volume calculations. In this regard, volumetrication was attempted with the single-entry volume table equation prepared by Dal (2007) for Crimean pine forests in the Ulus Forestry Enterprise, which is close to the study area. However, Dal's (2007) volume table could not be used because negative results were obtained for small diameter trees when making historical volume calculations. Instead, the volume values in the double-entry volume table calculated by Gülen (1959) with Formula-2.4 (Fırat, 1973) for Crimean pine forests were used.

$$V = \frac{\pi}{4} (d_{1.30})^2 \times h \times f \quad (2.4)$$

In Formula-2.4, V is the volume (m³), d_{1.30} is the diameter at breast height (cm), h is the height (m) and f is the figure coefficient. In this study, since historical tree height values were not available, Gülen's (1959) double-entry volume table values were converted into single-entry volume values based on the graphical method developed by Mısır (2003) in order to make volume calculations based on diameter only. While making this transformation, the double-entry volume values taken from Gülen (1959) according to the diameter and height values in 2021 were transferred to the diameter-volume graph and the regression curve most suitable for the distribution was obtained by the BERKHOUT exponential function (Formula-2.5) (Kalıpsız, 1984).

$$V = a.d^b \quad (2.5)$$

Where, a is regression coefficient, d is diameter (cm) and b is exponent value of the equation. The volumes in the previous years (2010-2021) were calculated using this single-entry volume equation obtained, and the volume increments were found by taking the volume differences of consecutive years. Volume increment loss percentages were determined for each loss group based on Formula-2.6.

$$VI_p = \frac{VI_{KG} - VI_{ZG}}{VI_{KG}} \times 100 \quad (2.6)$$

In Formula-2.6, VI_p shows the percentage of volume increment loss (%), VI_{KG} shows the amount of volume increment in the control group (m³), and VI_{ZG} shows the amount of volume increment in the moderate or high harmful groups (m³).

2.5. Climate Data and Evaluation Method

In order to understand whether the increment losses in the 2015-2017 period were due to the climate factor (lack of precipitation and temperature), monthly and annual average precipitation and temperature data for the last 50 years (1961-2021) were obtained from the Bartın Meteorology Directorate, the closest meteorological station to the study area. According to the average of the last 50 years, the annual precipitation is 1039.94 mm and the temperature is 12.8°C. Standardized Precipitation Index (SPI) values were calculated using precipitation data. SPI is calculated by dividing the average difference of actual precipitation within a certain time period by the standard deviation (McKee, 1993; Bong and Richard, 2020). However, in order to measure the effect of temperature along with precipitation, Precipitation Efficiency Index (PEI) values prepared by Erinç (1965) were also calculated (Çepel, 1978). Calculated SPI values were interpreted according to the McKee (1993) and Bong and Richard (2020) SPI classification table, and PEI values were interpreted according to the Erinç (1965, 1996) classification table. On the other hand, whether the amounts of precipitation and temperature were different between years was also checked by the ANOVA. Thus, it was determined whether there was a loss of increment due to lack of precipitation and temperature (drought) in the 2015-2017 period.

3. Results and Discussion

3.1. Relationship between Climate-Related Increment and Insect Damage

In the study, the annual precipitation average of the last 50 years and the annual precipitation amounts for the research years (2010-2021) are shown graphically in Fig. 2. Accordingly, except for 2011, 2019, and 2020, the annual precipitation in all other years is above the precipitation average of the last 50 years. Annual precipitation amounts, especially in the years identified as damage periods (2015-2016-2017), are above the

50-year precipitation average. In addition, the amount of precipitation falling during the growing season (spring and summer months) during the 2015-2017 period is above the average of precipitation in the last 50 years of the growing season. Therefore, based on these results, it was understood that the increment losses in the 2015-2017 period were not due to a lack of precipitation.

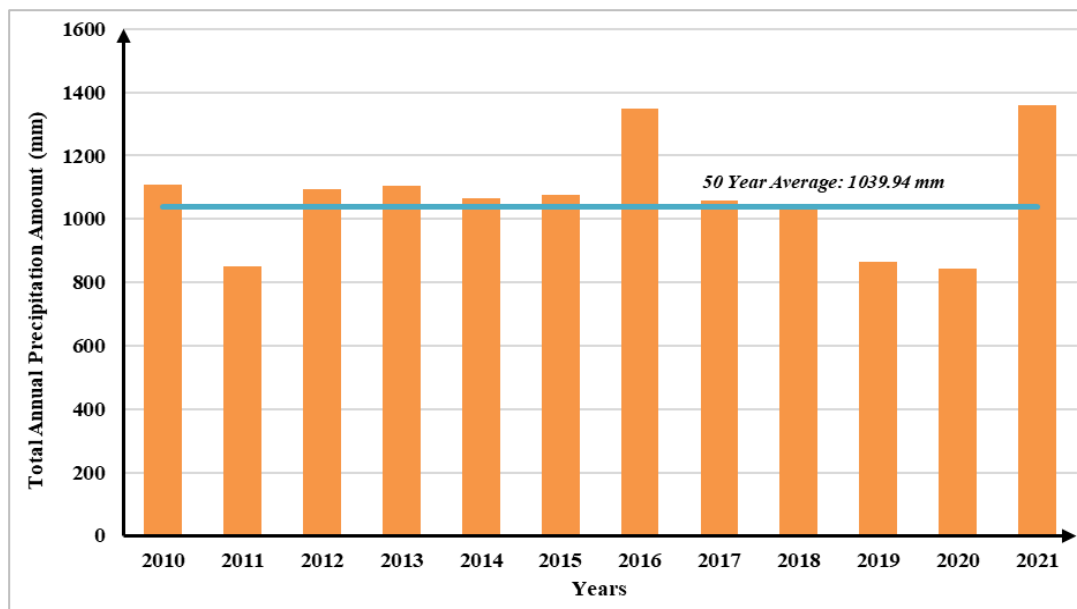


Fig. 2. Precipitation amounts by years and 50-year average (1039.94 mm)

Likewise, the SPI values calculated (0.01 for 2015, 1.62 for 2016, -0.10 for 2017) based on precipitation data were interpreted according to the table of McKee (1993) and Bong and Richard (2020). Accordingly, it was determined that 2015 and 2017 were in the normal class ($0 < \text{SPI} \leq 1.0$), and 2016 was in the very rainy class ($1.5 < \text{SPI} \leq 2.0$). These results show that the increment losses in the 2015-2017 period were not due to insufficient precipitation.

In addition, according to the PEI values (I_m) calculated in the study, 2015 ($I_m=38.41$) and 2017 ($I_m=37.28$) are in the semi-humid class ($23 < I_m < 40$), while 2016 ($I_m=45.82$) is in the humid class ($40 < I_m < 55$) was included. Thus, according to these results, which take both precipitation and temperature into account, it was determined that the increment losses in the 2015-2017 period were not caused by insufficient precipitation and temperature (drought).

On the other hand, in the ANOVA conducted to understand whether there was a difference in the amount of precipitation between years, $F=0.665$ and $p=0.770$ were found, and since $p(0.770) > 0.05$, no significant difference was found. Likewise, in the ANOVA for temperature values, $F=0.155$ and $p=0.999$ were found, and since $p(0.999) > 0.05$, there is no significant difference between the temperature amounts between years. Hence, it was determined that there was no drought in the years when insect damage was observed and there was no loss of increment due to climatic factors (precipitation, temperature). Therefore, it was concluded that the increment losses were caused by insect damage. Similar results were found in the study conducted by Altunışık (2015) on Crimean pine and Calabrian pine, and it was determined that the increment losses in 2014-2015 were not caused by climate factors and were due to insect damage.

3.2. Findings Regarding Diameter Increment

Annual bark-free diameter increments in each trial area were calculated as the average of a single tree, and graphs for a 12-year period were created to determine the years in which the trial areas were affected by insect damage. At the end of the measurements made on trees in all trial areas, it was observed that there were generally diameter increment losses in 2015, 2016, and 2017 (Fig. 3). The lowest diameter increment occurred

in 2016. Since there was no increment loss due to climate data in the 2015-2017 period according to the calculated SPI and PEI values, it was understood that the increment losses were due to insect impact. According to Fig. 3, it can be seen that the amount of increment decreased in 2016 when the PPM was effective in all trial areas, and approximately three years must pass for the increment to reach its normal level. Similarly, this period was determined as three years by Lemoine (1977). However, Carus (2010a) stated that this period is five years. In fact, this period varies depending on the severity and degree of impact of insect damage. In addition, insect damage continues cyclically in certain periods during a rotation period, especially in young stands, in accordance with its biological life stage.

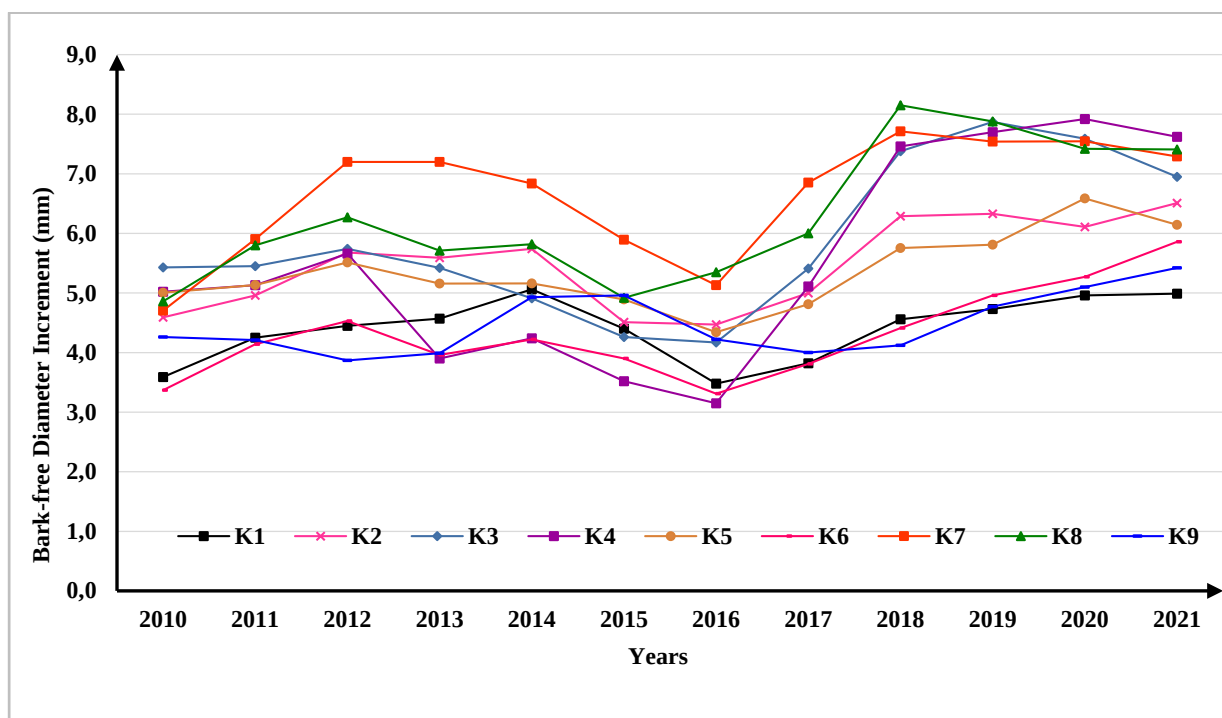


Fig. 3. Bark-free diameter increments in the trial areas by years

On the other hand, whether the diameter increments were different by year was checked by variance analysis and the Duncan test, and it was determined that the increments in 2015, 2016, and 2017 were different in other years (Table 2). Accordingly, there is a significant difference between annual diameter increments at the 1% confidence level because of $p(0.00) < 0.01$. As a result of the Duncan test performed to identify different years, it was determined that there was the least increment in 2016, 2010, 2015, 2011, and 2017, a moderate increment in 2013, 2014, and 2012, and the highest increment in 2018, 2021, 2019, and 2020.

Table 2

Variance analysis results according to annual diameter increments

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean of Squares	F	p
Between groups	2,183.821	11	198.529	38.544	0.00**
Within groups (Error)	21,324.077	4,140	5.151		
Total	23,507.898	4,151			

In addition, whether the diameter increment during the damage period differed according to age was checked by the ANOVA. Since the p values found were greater than 0.05, it was understood that there was no significant difference to age.

While creating damage groups according to the three-year diameter increment amounts, the class range value was calculated as 2.29 mm. According to this range value, K8 and K7 trial areas with an increment of more than 15.59 mm located in the control/low group, K5, K2, and K3 trial areas with an increment of 15.58–13.31 mm in the moderate group, and K9, K4, K1, and K6 trial areas with an increment 13.30–11.02 mm in the high

harmful group. The bark-free diameter increment graph drawn according to the group average of control, moderate, and high harmful trial areas is given in Fig. 4. According to the $Y=a+bx$ model, the regression equation for the control group was found to be $Y=5.1739 + 0.2002x$ and $R^2=0.5007$.

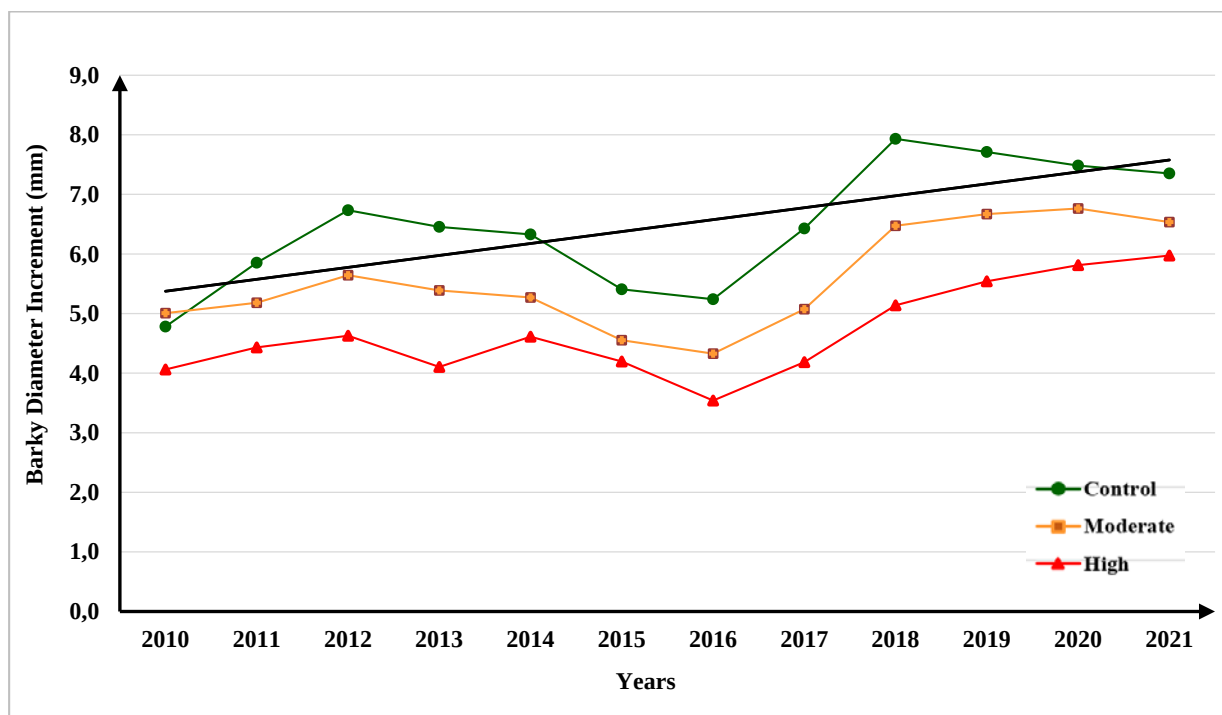


Fig. 4. Bark-free diameter increment in control, moderate and high harmful groups by years

The diameter increment values for the 2015-2017 period found by the control group regression equation and the measured diameter increment values of the moderate and high harmful groups were used in Formula-2.1, and the percentages of average diameter increment losses were calculated (Table 3).

Table 3

Diameter increment losses of moderate and high harmful groups compared to the control group

Groups	Diameter Increment Amount (mm)				Diameter Increment Loss (%)			
	2015	2016	2017	Mean	2015	2016	2017	Mean
Control	6.375	6.575	6.776	6.575	-	-	-	-
Moderate Harmful	4.574	4.290	4.968	4.611	28.25	34.75	26.68	29.89
High Harmful	4.197	3.511	4.073	3.927	34.16	46.60	39.89	40.22

According to these results, although there were some differences in diameter increments over the years in the 2015-2017 period, there was a 29.89% loss in diameter increment in the moderate harmful group and 40.22% in the high harmful group as a three-year average. In a study conducted by Dal (2007) on Crimean pine without any damage classification, the diameter increment loss was found to be 22%, and it was understood that this figure approximately matches the moderate harmful group. Carus (2009) calculated the total diameter increment in Crimean pine in a 6-year period (1998-2004) as 49 mm in control, 33 mm in moderate, and 31 mm in high harmful groups. Likewise, Carus (2010b) stated that there was an average of 33% ($p<0.05$) diameter increment loss in Crimean pine in the 1998-2004 period in Isparta. In another study conducted by Altunışık (2015) on black pine in Isparta, it was determined that the annual diameter increment decreased by 34.6% in area I and 39.7% in area II compared to the general average, and the following year by 58.3% and 43.1%, respectively. These results show that the effect of the PPM on diameter increment is greater in warmer regions with a Mediterranean climate than in the Bartın region.

On the other hand, in some studies conducted on Calabrian pine in the Kahramanmaraş region of Türkiye, it was determined that there was a loss of diameter increment at the rate of 20.15% (Kanat and Sivrikaya, 2004), 21% (Kanat et al., 2005) and 11.89% (Kanat et al., 2010). Similarly, in a study conducted on Calabrian pine trees in Isparta (Carus, 2004), a 16% diameter increment loss was detected in the moderate harmful group and 24% in the high harmful group, while Çatal (2011) found a 2% diameter increment loss in the moderate harmful group and 11% in the high harmful group. These results in Calabrian pine show that the increment losses are lower than both those in this research and those in previous studies on Crimean pine. However, in a study conducted by Erkan (2011) in Antalya, diameter increment losses of 55%, 50%, and 35% were calculated for three different trial areas, respectively. These values in Calabrian pine show that the diameter increment losses are higher than both those in this study and those in previous studies on Crimean pine.

3.3. Findings Regarding Volume Increment

While calculating volume and volume increment, firstly, barky diameters for the 2010-2021 period were calculated (Formula-2.3). In diameter-volume graphs, the following regression equation giving volume calculations was obtained based on the exponential function in Formula-2.5.

$$V=0.0003(d_{1.30})^{2.1644} \quad (R^2= 0.9348; Se=0.163) \quad (3.1)$$

Using Formula-3.1, the volumes of all trees for the last 12 years were calculated and the annual volume increments were found by taking the volume differences of consecutive years. The volume increment graphs of control, moderate, and high harmful groups over the years are shown in Fig. 5. The regression equation ($Y=2.602+0.3384x$ and $R^2=0.8047$) values of the control group for the 2015-2017 period using volume increments and the volume increment values of moderate and high harmful groups were substituted into Formula-2.6. Volume increment losses were calculated first on a trial area basis and then on a hectare basis by multiplying them by the hectare conversion coefficient (15.43) (Table 4).

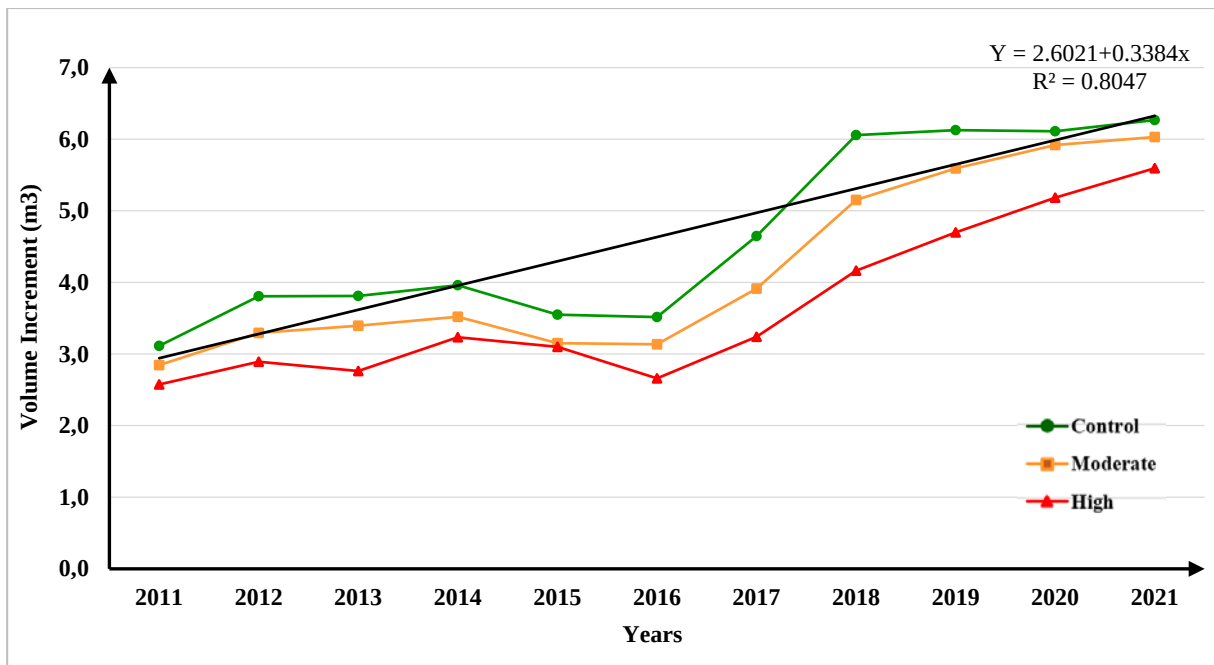


Fig. 5. Volume increments in control, moderate and high harmful groups by years

Table 4

Volume increment losses of moderate and high harmful groups compared to the control group

Groups	Volume Increment Amount (m ³ /ha)				Volume Increment Loss (%)			
	2015	2016	2017	Mean	2015	2016	2017	Mean
Control	4.294	4.633	4.971	4.633	-	-	-	-
Moderate Harmful	3.152	3.136	3.914	3.401	26.60	32.31	21.26	26.72
High Harmful	3.099	2.659	3.240	2.999	27.83	42.61	34.82	35.09

Due to the PPM, a volume increase loss of 26.72% per hectare in the moderate harmful group and 35.09% in the high harmful group was found. In this regard, while Carus (2009) detected a volume increment of 50 dm³ in the control group in Crimean pine between 1998 and 2004, he detected a volume increment of 14 dm³ in the moderate harmful group and 10 dm³ in the high harmful group. When the volume increment values in the moderate and very harmful groups are compared to the control group, it is understood that there is more damage due to insects in the high harmful group and the percentage of volume increment loss is higher due to the low increment. Therefore, Carus's (2009) findings are parallel to the findings in this research. On the other hand, Durkaya et al. (2009) calculated volume increment loss as 37.5% without any damage classification on Crimean pine. This result is higher than the increment loss (35.09%) found in the study for the high harmful group.

In a study conducted in Calabrian pine, a volume increment loss of 38% in the moderate harmful group and 52% in the high harmful group was detected (Carus, 2004). Although these figures are higher than the figures regarding volume increment losses detected in Crimean pine, in a study conducted by Çatal (2011) in Calabrian pine, less volume increment loss was detected (7% in the moderate harmful group, 24% in the high harmful group). Since different results were obtained in different studies, it was not possible to draw a conclusion that the PPM causes more damage to Calabrian pine or Crimean pine.

Additionally, Jacquet et al. (2012) who compiled 45 studies reported that the PPM is 50% more effective on young trees. In this study, as a result of the variance analysis regarding whether volume increment was different according to tree age, a statistically significant difference was found at the 1% confidence level ($F=7.306$, $p(0.00)<0.01$). As a result of the Duncan test, the 1st age group (16-20 years) with a low volume increment (2.5783 dm³) constitutes the first group, while the 2nd, 3rd, and 4th age classes (21-40 years) with a higher volume increment (6.5385 dm³) constituted the second group. However, the reason why the volume increment in the first group was lower than the second group may be due to the low diameter of the trees in this group rather than insect damage. Therefore, a complete result regarding the level of damage of the insect depending on tree age could not be obtained in this study.

4. Conclusions

This study was carried out to determine the increment loss caused by the PPM on trees in previous years by classifying the increment on an area basis rather than external symptoms on the trees. The years 2015, 2016, and 2017 were determined as the loss period and the loss calculations were made based on the average increment of these three years. The amount of diameter increment was calculated as 5.405 mm, 5.240 mm, and 6.427 mm in the control group for the years 2015, 2016, and 2017 respectively; as 4.574 mm, 4.290 mm, 4.968 mm in the moderate harmful group and 4.197 mm, 3.511 mm, and 4.073 mm in the high harmful group. As a result of the analyses made with climate data, it was understood that the precipitation and temperature did not change in the damage years (2015-2017), therefore, based on both the ZRFD records and SPI and PEI values, the increment losses in 2015-2017 were caused by insect damage. As a result of the calculations made according to the control group regression equation regarding diameter increment losses, 29.89% diameter increment loss was found in the moderate harmful group and 40.22% in the high harmful group. In the calculation of volume increment losses, it was determined that there was a 26.72% volume increment loss in the moderate harmful group and 35.09% in the high harmful group.

The results regarding diameter and volume increment losses obtained in this study are in parallel with the results of similar research conducted previously. However, it can be stated that the harmful effect of the PPM is greater in warmer regions such as the Mediterranean region. This result means that the harmful effect of the insect increases as the temperature increases, which is a normal situation and compatible with the biology of the insect. Nevertheless, no definitive conclusion was reached that the PPM caused more damage to which of the Crimean pine and Calabrian pine tree species. In addition, it could not be determined that insect damage had a different effect on diameter and volume increase depending on age. On the other hand, similar to the findings in the literature, it has been understood that the diameter increase slows down after insect damage and approximately 3-5 years must pass for it to reach its normal course. In fact, this period varies depending on the severity or degree of impact of insect damage, and insect damage continues cyclically throughout a rotation period, especially in young stands. However, in order to reach generalizing and comprehensive conclusions on these issues, long-term research is needed in different regions, different tree species, and stands of different ages.

Similar studies to this study need to be carried out in other forests where the PPM is seen and insect combat measures should be taken accordingly. Deciding to combat the PPM based only on biophysical diameter and volume loss may not be the right approach. In order to decide on the fight against the PPM, the economic loss of the damage caused by the insect must be calculated and compared with the costs of the fight. Assuming that other conditions are constant, a decision should be made to combat if the amount of economic damage exceeds the costs of combat in terms of sustainable forest management. However, since this issue is beyond the scope of the study, the calculation of economic value losses was not included in this study. Nevertheless, the results of this study constitute a basis for calculating the loss of economic value. Therefore, similar studies should be carried out in different areas where insect damage is seen and thus provide a basis for calculations regarding economic value losses. In conclusion, the results of this study have a high potential to contribute to science, practice, and sustainable management of forest resources.

Acknowledgements

This study was produced from the Doctoral Thesis titled "Economic Analysis of Insect Damage in Forests in Terms of Sustainable Forestry (Bartın Case)" conducted at Bartın University Graduate Education Institute, Forest Engineering Department.

Author Contributions

İsmet Daşdemir planned and directed the research, designed methodology, collected the data, provided guidance in evaluating the data and wrote the article.

Yağmur Yeşilbaş collected the data and made the evaluation of the data and writing the article.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest.

References

- Akalp, T. (2016). Statistical methods. İstanbul University Faculty of Forestry, İstanbul University Publication No: 5219, Faculty of Forestry Publication No: 511, 416 pp, İstanbul.
- Altunışık, A. (2015). Impact of pine processionary moth *Thaumetopoea wilkinsoni* on growth of pine forest in Isparta district. Süleyman Demirel University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Forestry Engineering, Master's Thesis, 64 pp, Isparta.
- Arnaldo, P.S., Chacim, S., Lopes, D. (2010). Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. Iforest-Biogeosciences and Forestry, 3(6): 159.

- Aukema, J.E., Leung, B., Kovacs, K., Chivers, C., Britton, K.O., Englin, J., Von Holle, B. (2011). Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. *Plos one*, 6(9), e24587.
- Bong, C., Richard, J. (2020). Drought and climate change assessment using Standardized Precipitation Index (SPI) for Sarawak River Basin. *Journal of Water and Climate Change*, 11(4): 956-965.
- Camarero, J.J., Tardif, J., Gazol, A., Conciatori, F. (2022). Pine processionary moth outbreaks cause longer growth legacies than drought and are linked to the North Atlantic Oscillation. *Science of the Total Environment*, 819 (2022) 153041.
- Can, A. (2020). Quantitative data analysis in the scientific research process with SPSS (9th Edition). Pegem Akademi Publishing, 436 pp, Ankara.
- Cardil, A., Vepakomma, U., Brotons, L. (2017). Assessing pine processionary moth defoliation using unmanned aerial systems. *Forests*, 8(10): 402.
- Carus, S. (2004). Impact of defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) on radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia*) trees in Turkey. *Phytoparasitica*, 32(5): 459-469.
- Carus, S. (2009). Effects of defoliation caused by the processionary moth on growth of Crimean pines in western Turkey. *Phytoparasitica*, 37(2): 105-114.
- Carus, S. (2010a). Radial, height and volume growth of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) five years after defoliation by the pine processionary moth in Turkey. *First Serbian Forestry Congress*, 53.
- Carus, S. (2010b). Effect of defoliation by the pine processionary moth (PPM) on radial, height and volume growth of Crimean pine (*Pinus nigra*) trees in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 31(4): 453-60. PMID: 21186719.
- Cayuela, L., Hódar, J.A., Zamora, R. (2011). Is insecticide spraying a viable and cost-efficient management practice to control pine processionary moth in Mediterranean woodlands? *Forest Ecology and Management*, 261(11): 1732-1737.
- Çanakçıoğlu, H. (1989). Forest entomology (General Section). İstanbul University, Faculty of Forestry Publications, Rectorate No: 3405, Faculty No: 362, 385 pp, İstanbul.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T. (1998). Forest entomology harmful and beneficial insects. İstanbul University, Faculty of Forestry Publications, Rectorate No: 4063, Faculty No: 451, ISBN 975-404-487-2, 335 pp, İstanbul.
- Çatal, Y. (2011). The effects of pine processionary moth (PPM) defoliation degree on radial growth of brutian pine (*Pinus brutia*). *African Journal of Agricultural Research*, 6 (21): 4931-4936.
- Çepel, N. (1978). Forest ecology. İstanbul University Faculty of Forestry Publications, IU Publication No: 2479, Faculty of Forestry Publication No: 257, 534 pp, İstanbul.
- Çoban, H.O., Eker, M., Özçelik, R., Avcı, M. (2014). Monitoring of damage from cedar shoot moth *Dichelia cedricola* Diakonoff (Lep.: Tortricidae) by multi-temporal Landsat imagery. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(2): 126.
- Dal, İ. (2007). Effects of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff.) on increment and growth of black pine stands in the Ulus Forest Enterprise. Zonguldak Karaelmas University, Institute of Science and Technology, Department of Forestry Engineering, Master's Thesis, 48 pp, Bartın.
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty, S., Neilson, R.P., Ayres, M.P., Flannigan, M.D., 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.
- Defne, M. (1954). The situation of *Ips sexdentatus* boerner bark beetle in Çoruh forests and the damages it causes. *İstanbul University Faculty of Forestry Journal*, 4(2): 80-91.
- Dulaurent, A.M., Porté, A.J., Van Halder, I., Vetillard, F., Menassieu, P., Jactel, H. (2012). Hide and seek in forests: colonization by the pine processionary moth is impeded by the presence of nonhost trees. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(1): 19-27.
- Durkaya, A., Durkaya, B., Dal, İ. (2009). The effects of the pine processionary moth on the increment of Crimean pine trees in Bartın, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(10): 2356-2361.
- Erinç, S. (1965). An experiment on the effectiveness of precipitation and a new index. *Istanbul University Geography Institute Publications*, No: 41, 51 pp, İstanbul.
- Erinç, S. (1996). *Climatology and methods* (4th Edition). Alfa Basım Publishing Distribution, 538 pp, İstanbul.
- Erkan, N. (2011). Impact of pine processionary moth (*Thaumetopoea wilkinsoni* Tams.) on growth of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.). *African Journal of Agricultural Research*, 6 (21): 4983-4988.

- Ferracini, C., Saitta, V., Rondoni, G., Rollet, I. (2022). Variables affecting the pine processionary moth flight: a survey in the north-western Italian Alps. *Forests*, 14(1): 31.
- Fırat, F. (1973). *Dendrometry*. İstanbul University, Faculty of Forestry Publication No: 1800/193, Kutulmuş Press, 359 pp, İstanbul.
- Gazol, A., Hernández-Alonso, R., Camarero, J.J. (2019). Patterns and drivers of pine processionary moth defoliation in Mediterranean mountain forests. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7: 458. Doi: 10.3389/fevo.2019.00458
- Gülen, İ. (1959). Black pine (*Pinus nigra* Arnold) volume table. İstanbul University, Faculty of Forestry Journal, 9 (1): 97-112.
- Holmes, T.P. (1991). Price and welfare effects of catastrophic forest damage from southern pine beetle epidemics. *Forest Science*, 37(2): 500-516.
- Holmes, T.P., Murphy, E.A., Bell, K.P. (2006). Exotic forest insects and residential property values. *Agricultural and Resource Economics Review*, 35: 155-166.
- Ivantsova, E.D., Pyzhev, A.I., Zander, E.V. (2019). Economic consequences of insect pests outbreaks in boreal forests: A literature review. *Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки*, 12(4): 627-642.
- İpekdağ, K. (2012). Delimitation and phylogeography of the pine processionary moth species, *Thaumetopoea pityocampa* (Dennis & Schiffermüller, 1775) and *Thaumetopoea wilkinsoni* (Tams, 1924) (Lepidoptera: Notodontidae). Hacettepe University, Institute of Science and Technology, Doctoral Thesis, 176 pp, Ankara.
- Jacquet, J.S., Orazio, C., Jactel, H. (2012). Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: A quantitative review. *Annals of Forest Science*, 69: 857-866.
- Kalıpsız, A. (1984). *Dendrometry*. İstanbul University Publication No: 3194, Faculty of Forestry Publication No: 354, 407 pp, İstanbul.
- Kalıpsız, A. (1988). *Statistical methods*. İstanbul University Faculty of Forestry Publication No: 3522/394, 558 pp, İstanbul.
- Kanat, M., Sivrikaya, F. (2004). The effects of chemical control against pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Schiff.) on diameter increment in *Pinus brutia* (Ten.) trees in Kahramanmaraş region. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Science and Engineering Journal*, 7(2): 60-64.
- Kanat, M., Alma, M.H., Sivrikaya, F. (2005). Effect of defoliation by *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of *Pinus brutia* Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science*, 62: 91-94.
- Kanat, M., Bozali, N., Köse, H., Sivrikaya, F. (2010). The investigation of the effects of pine processionary moth on the annual diameter and height increment in Calabrian pine stands at different ages and site class. *Kastamonu University Faculty of Forestry Journal*, 10(1): 27-36.
- Köse, H. (2007). The investigation of the effects of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) on the diameter and length increment in red pine (*Pinus brutia* Ten.) stands at different ages in various site class. Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Institute of Science and Technology, Department of Forestry Engineering, Master's Thesis, 27 pp, Kahramanmaraş.
- Lemoine, B. (1977). Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. au Pin maritime dans les Landes de Gascogne. *Annals of Forest Science* 34(3): 205-214.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, pp.17-22.
- Mısıır, N. (2003). *Modeling of forest growth for Crimean pine*. Karadeniz Technical University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Forestry Engineering, Doctoral Thesis, 209 pp, Trabzon.
- OGM (2023). *Forestry statistics for information on Turkey's forest areas*. Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Forestry. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> (Access Date: 13.03.2025).
- Öztürk, A., Kayacan, B., Dikilitaş, K. (2008). Effect of bark beetles on timber sales: A preliminary study in Artvin Regional Forest Directorate. *Eastern Mediterranean Forestry Research Directorate Journal*, 14: 119-130.

- Robinet, C., Rousselet, J., Roques, A. (2014). Potential spread of the pine processionary moth in France: preliminary results from a simulation model and future challenges. *Annals of Forest Science*, 71(2): 149-160.
- Rosenberger, R.S., Bell, L.A., Champ, P.A., White, E.M. (2013). Estimating the economic value of recreation losses in Rocky Mountain National Park due to a mountain pine beetle outbreak. *Western Economics Forum*, 12(1): 31-39.
- Sarıkaya, O., Çatal, Y. (2014). Effects of *Dioryctria sylvestrella* (Ratzeburg, 1840) on basal area increment loss of the young brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) trees in the south-western of Turkey. *Research Journal of Biotechnology*, 9(3): 24-28.
- Seidl, R., Rammer, W. (2016). Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes. *Landscape Ecology*, 32: 1485–1498.
- Thom, D., Rammer, W., Seidl, R. (2017). The impact of future forest dynamics on climate: interactive effects of changing vegetation and disturbance regimes. *Ecological Monographs*, 87(4): 665-684.
- USDA (1997). Forest insect and disease conditions in the United States 1996. Washington (DC): USDA Forest Service, Forest Health Protection.
- Wallner, W.E. (1998). Global gypsy-the moth that gets around. *Exotic Pests of Eastern Forests*, Conference Proceedings 1997 April 8-10, Nashville, TN. U.S. Forest Service and Tennessee Exotic Pest Plant Council: 63-70.
- Yüksel, H. (2019). Investigation of the relationship between altitude and biological and ecological characteristics of egg and egg batch in *Thaumetopoea wilkinsoni* (Tams, 1924 and *Thaumetopoea pityocampa* (Den.&Schiff., 1775) (Lepidoptera: Notodontidae) populations. Bartın University, Institute of Natural and Applied Sciences, Master's Thesis, 59 pp, Bartın.
- Zaemdzhikova, G., Markoff, I., Mirchev, P., Georgiev, G., Georgieva, M., Nachev, R., Dobрева, M. (2018). Zone and rate of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa*) expansion in Bulgaria. *Silva Balcanica*, 19(3): 13-20.
- ZRFD (2021). Zonguldak Regional Forestry Directorate, 2015-2021 Pest Announcement Reports. Zonguldak, Türkiye.

Türkiye’de 2013-2023 Yıllarında Mobilya Sektöründe Meydana Gelen İş Kazalarının Analizi

Ramazan Kayabaşı¹, Hatice Özdemir^{2,*}, İbrahim Cündübeyoğlu³

¹ Kayseri Üniversitesi, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Meslek Yüksekokulu, Kayseri, Türkiye

² Kayseri Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Kayseri, Türkiye

³ Kayseri Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kayseri, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 05.12.2024

Kabul: 15.04.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Mobilya sektörü ülke ekonomisine verdiği katkı ve istihdam ettiği çalışan sayısı bakımından ülkemizin önemli sektörlerinden biridir. Mobilya imalat süreçlerinde çok çeşitli makine ve ekipmanların bulunması, boya ve kimyasalların kullanılması tehlikeli durumların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Mobilya sektöründe çalışan sayısının çok olması ve riskli durumların sıklıkla oluşması nedeniyle çalışmamızda, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nun yürürlüğe girdiği 2013 yılından itibaren mobilya sektöründe yaşanan iş kazalarına ait veriler analiz edilmiştir. Mobilya imalatında yer alan alt sektörlerden, mobilyaların boyanması, verniklenmesi, cilalanması vb. hariç, “tehlikeli” sınıfta yer almaktadır. 2023 yılı verilerine göre mobilya üretiminin %33.8’i, 1 ile 9 çalışanı bulunan mikro ölçekli işyerlerinde gerçekleştiği görülmüştür. Mobilya sektöründe ortalama yılda 6.502 iş kazası meydana gelmektedir. Kaza sıklık hızı 14.50 ile Türkiye ortalamasının üzerindedir. Mobilya sektöründe çalışılan her 100 saatte ise 0.38 saat kaybedilmektedir. Türkiye’de ve mobilya imalatında iş kazaları karşılaştırılarak incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sektörde, 2013 ile 2023 yılları arasında 4.000 ile 10.000 arasında iş kazası yaşanmıştır. İş kazalarından dolayı, her yıl 5 ile 16 çalışan hayatını kaybetmektedir. Mobilya sektöründe yaşanan ve ölümcül olmayan iş kazalarının düşürülmesi için özellikle mikro ve küçük ölçekli işyerlerinde tehlikelerin belirlenerek önlemlerin alınması önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler – İş kazaları, istihdam, iş sağlığı ve güvenliği, kaza istatistikleri, mobilya sektörü

Analysis of Work Accidents Caused in the Furniture Industry in Türkiye Between 2013 and 2023

¹ Kayseri University, Tomarza Mustafa Akıncıoğlu Vocational School, Kayseri, Türkiye

² Kayseri University, Mustafa Çıkrıkçıoğlu Vocational School, Kayseri, Türkiye

³ Kayseri University, Occupational Health and Safety Training Application and Research Center, Kayseri, Türkiye

Article History

Received: 05.12.2024

Accepted: 15.04.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – The furniture sector is one of the key industries in Turkey, contributing significantly to the national economy and providing employment to a large number of people. However, the use of various machines, equipment, paints, and chemicals in furniture manufacturing processes can create hazardous situations. Due to the large number of employees working in the furniture sector and the frequent occurrence of risky stoppages, our study analyzed data on occupational accidents occurring in the furniture sector since 2013, when the Occupational Health and Safety Law No. 6331 came into force. Apart from processes such as furniture painting, varnishing, and polishing, which are part of specific sub-sectors in furniture manufacturing, the sector as a whole is classified as "hazardous." According to 2023 data, 33.8% of furniture production occurs in micro-scale workplaces with between 1 and 9 employees. On average, 6,502 occupational accidents take place annually in the furniture sector, with an accident frequency rate of 14.50 above the national average in Turkey. Additionally, 0.38 hours of work are lost for every 100 working hours in this sector. Comparisons reveal similar trends between occupational accidents in Turkey overall and those specific to the furniture manufacturing sector. Between 2013 and 2023, the sector experienced between 4,000 and 10,000 work accidents, with fatalities occurring among every 5 to 16 employees. Given these figures, identifying hazards and implementing preventive measures are crucial, particularly in micro and small-scale enterprises, to reduce the frequency of occupational accidents in the furniture sector.

Keywords – Work accidents, employment, occupational health and safety, accident statistics, furniture industry

¹  rkayabasi@kayseri.edu.tr

²  haticeozdemir@kayseri.edu.tr

³  icundubeyoglu@kayseri.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Mobilya sektörü, küreselleşen dünyada yenilik ve teknolojilere hızla uyum sağlayabilen, birçok sektörle bağlantısı olan, farklı uzmanlıklarda kişilere istihdam sağlayan emek, bilgi ve teknolojinin yoğunlaştığı bir sektördür (SGM, 2023). Türkiye mobilya sektörü; büyük ölçekli, orta ölçekli ve küçük ölçekli işletmelerden oluşan karma bir yapıya sahiptir. İstanbul, İnegöl, Kayseri, İzmir önemli üretim illerinden olup bölgedeki mobilya üretimi, istihdam ve ihracat açısından önemli bir rol oynar (ISO, 2023). Mobilya sektörü, geniş kapsamlı bir imalat alanının ve ürün çeşitliliğinin olması (Ulusoy vd., 2018) nedeniyle pek çok farklı alt sektöre etki eden (Damlayıcı ve Arslan, 2024) önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de mobilya imalatında; 27.014 işyerinde 178.212 sigortalı çalışan istihdam edilmektedir (SGK, 2023).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de teknolojinin gelişmesiyle birlikte, imalat ve imalatı destekleyen sektörlerde kullanılan makineler modernize edilmiş ve seri üretim için otomasyon sistemlerine geçiş yapılmıştır. Bu gelişmelere rağmen makine ve ekipmanların kullanımı, beraberinde çalışanlar için çeşitli tehlikeli durumların oluşmasına veya tehlikeli hareketlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu tür olaylar sadece ramak kala kazalarla sınırlı kalmayıp; çalışanların yaralanmasına, ölümüne ya da işyerinin maddi zarar görmesine yol açmaktadır (Kayabaşı ve Özdemir, 2023). Bu nedenle, sektör ve iş kollarının İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından detaylı bir şekilde incelenmesi ve önleyici-iyileştirici faaliyetlerle güvenli çalışma koşullarının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda, mobilya işletmelerinde verimlilik ve ürün kalitesinde artış da yaşanacaktır (ÇSGB, 2024a). İşyerlerinde iş kazaları; makineler, ortam koşulları, sistem tasarım hataları, insan faktörü, eğitimsizlik ve deneyimsizlik gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu faktörlerin bir araya gelmesiyle de iş kazaları meydana gelmektedir. Mobilya sektörü; kesme, delme, oyma ve kırma ekipmanları gibi birçok tehlikeli aletin yanı sıra ahşap tozu, formaldehit, boya ve tiner gibi insan sağlığını tehdit eden çeşitli kimyasalları da içermektedir. Üretim ve montaj sırasında işçilerin kas-iskelet sistemine zarar verebilecek birçok ağır görev ve iş yükü bulunmaktadır (Karademir, 2024). Ayrıca iş kazalarının diğer nedenleri arasında iletişim eksiklikleri ve psikososyal faktörler de yer almaktadır (Uysal, vd., 2010). Bu faktörler diğer tüm sektörlerde olduğu gibi mobilya sektöründe de dikkate alınması gereken önemli risk faktörleri arasındadır.

Mobilya sektöründe yapılan bir araştırmaya göre çalışanların %12.3’ü İSG mevzuatı ve kuralları hakkında bilgi sahibi değildir, %17.7’si ise kısmen bilgiye sahiptir. Geriye kalan %70’lik dilim ise İSG mevzuatına hâkim olup, kurallara uyum konusunda farkındalık göstermektedir (Yaşar ve Komut, 2018). Aşkın ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise mobilya sektöründeki 280 çalışanın katılımıyla iş kazaları ve meslek hastalıkları incelenmiştir. Anket sonuçlarına göre çalışanların Kişisel Koruyucu Donanımları (KKD) düzenli kullanmadığı ve dikkatsizliğin kaza nedenleri arasında önemli bir rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışmada en sık kazaların malzeme kesimi sırasında meydana geldiği belirlenmiştir.

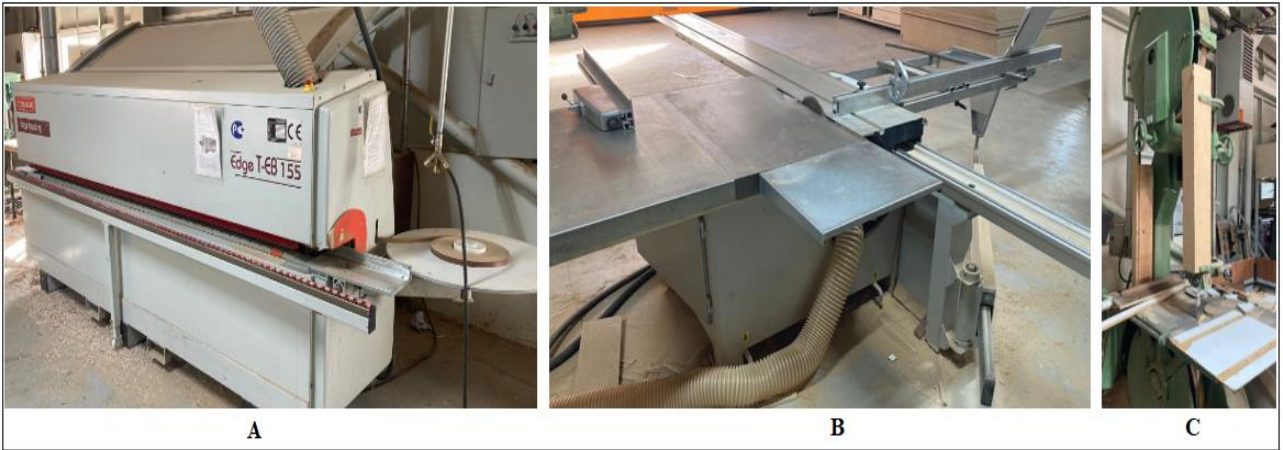
Özdemir ve Albayrak (2024) mobilya fabrikasında yapmış oldukları çalışma ile gürültü, aydınlatma, termal konfor ve toz gibi etkenlere ilişkin tehlikeleri değerlendirmişler. CNC ve kesme işlemlerinde gürültünün yüksek olduğu, üretim hatlarında aydınlatmanın düşük olduğu, sıcaklık ve nem seviyelerinin rahatsızlık eşiğine yakın olduğu ve tozun kesme bölümünde izin verilen maruz kalma sınırlarına yakın olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır (Özdemir ve Albayrak, 2024). Nijerya’da bir kereste fabrikasında 300 kişi ile yapılan anket ve yarı yapılandırılmış görüşme yapılmıştır. Makine operatörleri ve mobilya işçilerinin daha fazla kazaya maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bildirilen riskler arasında; astım, dermatit, sequoiosis, solunum problemleri, kalp problemleri ve cilt rahatsızlıklarının yer aldığını ortaya koymuşlardır (Nnaji ve Udokpoh, 2023).

Literatürde mobilya sektörünü, ergonomik risk faktörleri açısından inceleyen çalışmalar da mevcuttur. Kipper ve arkadaşları (2022), mobilya endüstrisinde ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin ele alındığı çalışmaları incelemiş ve çalışmaların tamamında mobilya imalatında kas iskelet sistemi bozukluklarından kaynaklanan septomlarla ilgili endişelerin yer aldığını belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışma Tran ve arkadaşları (2022) tarafından yürütülmüş olup Vietnam’ın Binh Duong Eyalatında mobilya çalışanı olan 231

işçiye anket uygulanmış ve son 12 ayda en az bir vücut bölümünde kas iskelet sistemi bozukluğu (yaygınlığı %72.7 olarak) bulunmuştur. Yaygınlık sırasıyla alt sırtta (%36.4), omuzda (%32.0) ve el/bilekte (%27.3) olmuştur. Ağaç işleme işlemlerinde olası sağlık ve güvenlik risklerini açıklamış ve ergonomik risklere asgari düzeyde dikkat edildiği ve bunların ihmal edilmesinin kas-iskelet sistemi hastalıklarına önemli ölçüde katkıda bulunacağı belirtilmiştir (Očkajová et al., 2024).

Ağaç işleme işlemlerinde toz yaygın olarak görülmektedir. Bu tozlar, selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi düşük moleküler ağırlığa sahip maddeler içerir. Ayrıca mantar, toksinler ve kimyasal bileşikler de barındırabilmektedir. Meta-analiz çalışmaları, ahşap tozlarının astım için mesleki duyarısızlaştırıcılar olduğuna dair güçlü kanıtlar göstermektedir (Baattjes et al., 2023) ki bu durum, insan sağlığını olumsuz etkileyecek ve verimliliği düşürecektir. Ağaç tozu, solunum sistemi ve akciğer hastalıklarına yol açabilir. Mesleki astım, mukoza kanseri, paranasal sinüs hastalıkları, akciğer kanseri ve deri iltihapları gibi sağlık sorunları görülebilir. Bunun yanı sıra, alerjik reaksiyonlara neden olabileceği gibi iş kazalarının yaşanmasına da sebep olabilmektedir (Komut, vd., 2023; Ünverdi, 2016).

Mobilya sektörü, içerdiği tehlikeler nedeniyle, iş kazalarının sıkça yaşandığı ve ülke genelinde hem küçük hem de büyük ölçekli birçok işyerini kapsayan sektördür. İmalat sırasında; testere, kenar bantlama, planya, zımpara, freze, CNC makineleri, basınçlı kaplar, kaldırma ve iletme makineleri gibi çok çeşitli makinalar kullanılmaktadır (Şekil 1). Mobilya sektöründe makineyle ilgili kazaların, tüm kazaların yarısını oluşturmakta ve kazazedelerin en yaygın kullandığı makine türünün testere olduğu bilinmektedir (Aaltonen, 1996). Mobilya imalatında yaşanan kazaların en ciddi nedenlerinden biri; işlenmiş malzemenin geri tepmesidir ve dairesel testere, planya makineleri ve elle beslemeli dikey mil kalıplama makineleri yaygın olarak bu etkiye sebep olmaktadır (Dąbrowski ve Górski, 2018). Yapılan çalışmalar mobilya imalatında kullanılan kesen, delen, saran vb. tehlikeli makine ve iş ekipmanlarının yetersiz önlemlerle birleşince kazaya yol açtığını belirtmektedir (Aaltonen, 1996; İlhan vd., 2013).



Şekil 1. Mobilya imalathanelerinde kullanılan bazı makineler (A: Kenar bantlama makinesi, B: Yatar daire testere makinesi, C: Şerit testere), (Cündübeyoğlu, 2024).

26.12.2012 tarihli Resmi Gazete 'de yayımlanan 28509 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde mobilya imalatı ile ilişkili işyerlerinin tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2012). Tehlike sınıfları, işverenlere ve çalışanlara, birbirinden farklı kriterlere sahip birtakım sorumluluklar yüklemektedir. Tehlikeli sınıfta yer alan mobilya işletmelerinde, İSG eğitimlerinin en az iki yılda bir ve 12 saatten az olmamak kaydıyla düzenlenmesi gerekirken, çok tehlikeli sınıfta, her yıl en az 16 saatlik eğitim verilmesi zorunludur (T.C. Resmi Gazete, 2013). Mobilya imalatı yapan işyerlerinin tehlike sınıfları Tablo 1'de verilmiştir. Özellikle mobilyaların boyanması, verniklenmesi ve cilalanması gibi tamamlayıcı işlemlerin yapıldığı işyerleri, çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Tablo1

Mobilya imalatı ekonomik faaliyet sınıflaması ve alt sektörler bazında tehlike sınıfları dağılımı

NACE Rev.2.1 Kodu	Altılı Kod NACE Rev.2	Altılı Tanım Tehlike Sınıfı
31.00	Mobilya imalatı	
31.00.01	Yatak odası, yemek odası, mutfak mobilyası, banyo dolabı, genç ve çocuk odası takımı, gardirop, vestiyer, vb. imalatı (gömme dolap, masa, zigon, vb. dahil)	Tehlikeli
31.00.02	Büro, okul, ibadethane, otel, lokanta, sinema, tiyatro vb. kapalı alanlar için mobilya imalatı (iskelet imalatı dahil; taş, beton, seramikten olanlar hariç)	Tehlikeli
31.00.03	Sandalye, koltuk, kanepeler, oturma takımı, çekyat, divan, markiz, vb. imalatı (iskelet imalatı dahil; plastik olanlar ile bürolarda ve park ve bahçelerde kullanılanlar hariç)	Tehlikeli
31.00.04	Mağazalar için tezgah, banko, vitrin, raf, çekmeceli dolap vb. özel mobilya imalatı (laboratuvarlar ve teknik bürolar için olanlar hariç)	Tehlikeli
31.00.05	Yatak ve yatak desteklerinin imalatı (kauçuk şişme yatak ve su yatağı hariç)	Tehlikeli
31.00.06	Mobilyaların boyanması, verniklenmesi, cilalanması vb. tamamlayıcı işlerin yapılması	Çok Tehlikeli
31.00.07	Park ve bahçelerde kullanılan bank, masa, tabure, sandalye, koltuk, vb. mobilyaların imalatı (plastik olanlar hariç)	Tehlikeli
31.00.08	Sandalyelerin, koltukların vb. döşenmesi gibi tamamlayıcı işlerin yapılması (büro ve ev mobilyalarının yeniden kaplanması hariç)	Tehlikeli
31.00.09	Plastikten bank, masa, tabure, sandalye vb. mobilyaların imalatı	Tehlikeli
31.00.90	Diğer mobilyaların imalatı	Tehlikeli

Mobilya imalatında bulunan tehlikelerin ortadan kaldırılması ve iş kazalarının azaltılmasında etkili olacak faktörler arasında; İSG ve mesleki eğitimlerin artırılması, zararsız hammaddelerin tercih edilmesi, güncel teknolojilerin kullanılması, işyeri koşullarının iyileştirilmesi, ergonomik çalışma düzenlemelerinin yapılması, etkili yangın güvenliği ve acil durum hazırlıklarının sağlanması, hijyen standartlarının korunması, makine koruyucularının etkin kullanımı ve KKD yaygınlaştırılması gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu yönde ortaya konacak olumlu çabalar, iş kazalarının azalmasına katkı sağlamaktadır (Aşkın ve Öztürk, 2022; Atılğan vd., 2015; Demirci, 2018; Kayabaşı ve Özdemir, 2023). Bu çalışmanın amacı; mobilya sektörünün içinde barındırdığı fiziksel, kimyasal, biyolojik, ergonomik, psikososyal, mekanik, yangın gibi tehlikelerin yol açtığı iş kazalarının yıllık iş kazaları verileri üzerinden analiz edilmesidir. 2013-2023 yılları arasında, sektörün son 11 yılı ele alınmış ve Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) yıllıkları kullanılarak, sektöre ait Türkiye genelindeki veriler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada; 2013-2023 SGK “İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistik Yıllıkları” kullanılmış ve son 11 yıla ilişkin veriler incelenerek mobilya sektörü iş kazaları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Yıllara göre değişen iş kazası sonucu ölüm sayıları değerlendirilmiş, sektöre özgü kaza nedenleri ve sonuçları tartışılmıştır. Elde edilen verilerle, SGK istatistik yıllıklarında formüle edilen iş kazası sıklık hızı ve ağırlık hızı mobilya sektörü için hesaplanmış ve son 11 yılda Türkiye genelindeki ve mobilya imalatındaki değişimler, grafik ve tablolarla görsel olarak sunulup değerlendirilmiştir.

Bu araştırmada yer alan veriler; 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki zorunlu sigortalılara ait olup bu çalışanlar “hizmet akdi ile bir veya birden fazla işveren tarafından çalıştırılan sigortalı çalışanlardır”. İş kazaları, ölümlü iş kazası sayıları, iş kazası istatistikleri, iş kazası sıklık hızı, iş kazası ağırlık hızı ve grafikler için MS Office Excel ve toplam sigortalı sayısı ile kaza sıklık hızı arasındaki ilişkiyi belirlemek için SPSS 23.00 programı kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, yıllık çalışan sayısı ve mali kriterlere göre işletmeleri; mikro, küçük ve orta büyüklükteki işletmeler olarak sınıflandırmaktadır. İşyeri büyüklüklerine göre yapılan bu gruplandırmada, yalnızca çalışan sayısı dikkate alınmıştır. Buna göre yıllık çalışan sayısı 10'dan az olan işletmeler mikro işletme, 50'den az olanlar küçük işletme ve 250'den az olanlar orta büyüklükteki işletme olarak tanımlanmıştır (T.C. Resmi Gazete, 2023). Yıllık çalışan sayısı 250 ve üzerinde olan işletmeler ise büyük ölçekli işletme

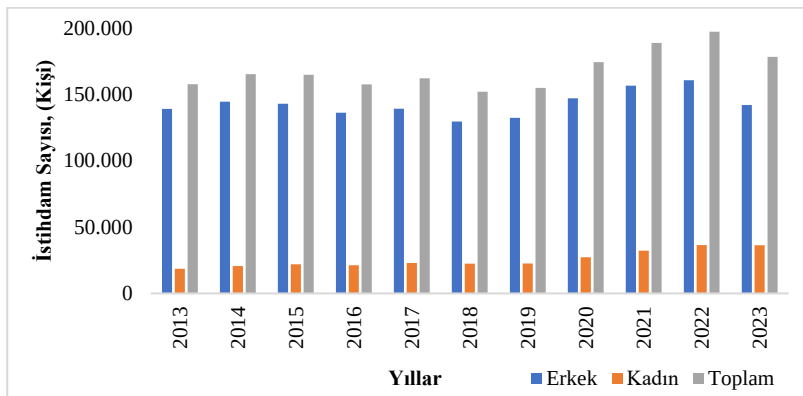
olarak kabul edilmektedir. SGK'nın 2013-2023 yılları arasında yayımladığı yıllık istatistiklerden elde edilen verilere göre Türkiye genelindeki ve mobilya imalatındaki sigortalı çalışan sayıları Tablo 2' de sunulmuştur. Bu verilere göre mobilya imalatı yapan işletmelerin büyük bir kısmının mikro ve küçük ölçekli işyerleri olduğu görülmektedir. Ticaret Bakanlığı tarafından 2021 yılında yayımlanan Mobilya Sektör Raporu'nda yer alan, "Türk mobilya sektörü, genellikle geleneksel yöntemlerle çalışan, küçük ölçekli atölye tipi işletmelerin ağırlıkta olduğu bir yapıya sahiptir" (İhracat Genel Müdürlüğü, 2021) ifadesi, bu durumu doğrulamaktadır. Türkiye genelinde ve mobilya imalatında istihdamın en yüksek olduğu yıl 2022 olmuştur. Ancak 2023 yılında hem Türkiye genelinde hem de mobilya imalatında istihdamda bir azalma gözlemlenmiştir. 2023'te, bir önceki yıla göre çalışan sayısı %9.6 oranında azalmıştır. Bu daralmanın en fazla yaşandığı sektör, %23.1 oranında çalışan kaybı yaşayan 250 ve üzeri çalışana sahip büyük ölçekli işletmeler olmuştur (SGK, 2024).

Tablo 2

Sigortalı çalışanların işyeri büyüklüğüne göre dağılımı (2013-2023)

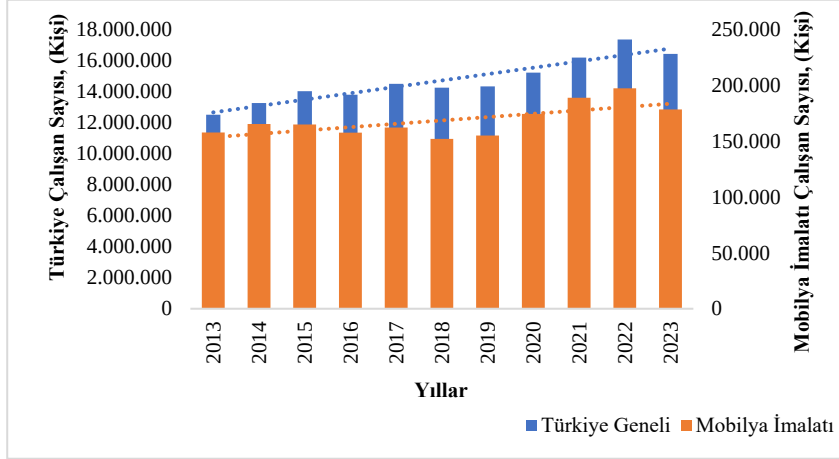
Yıllar	Mikro Ölçekli (1-9)		Küçük Ölçekli (10-49)		Orta Ölçekli (50-249)		Büyük Ölçekli (250 ve üzeri)		Toplam	
	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı
2013	3.718.766	49.037	3.962.786	51.638	2.743.329	37.023	2.059.232	19.805	12.484.113	157.503
2014	3.900.577	49.595	4.133.521	54.415	2.917.611	41.634	2.288.413	19.474	13.240.122	165.118
2015	4.034.826	50.360	4.215.166	54.219	3.102.926	39.593	2.646.480	20.551	13.999.398	164.723
2016	4.031.475	49.367	4.059.467	52.023	3.028.018	37.186	2.656.228	18.830	13.775.188	157.406
2017	4.299.064	51.592	4.273.602	52.385	3.205.434	39.158	2.699.717	18.861	14.477.817	161.996
2018	4.297.934	50.638	3.979.974	49.593	3.152.394	33.920	2.798.868	17.756	14.229.170	151.907
2019	4.274.500	48.998	3.936.653	51.365	3.207.919	36.173	2.895.241	18.293	14.314.313	154.829
2020	4.467.522	53.303	4.151.349	57.106	3.294.545	42.561	3.290.007	21.208	15.203.423	174.178
2021	4.771.262	59.835	4.378.736	61.223	3.534.372	43.614	3.485.309	24.005	16.169.679	188.677
2022	5.070.022	62.859	4.667.815	65.449	3.802.685	44.363	3.792.469	24.416	17.332.991	197.087
2023	4.939.922	60.179	4.378.244	59.569	3.549.853	39.686	3.538.401	18.778	16.406.420	178.212

Mobilya imalatında kadın ve erkek çalışan sayıları Şekil 2'de yer almaktadır. 2022 yılı, 36.454 kadın çalışan ile mobilya imalatı yapan işyerlerinde, en yüksek kadın istihdamının olduğu yıl olmuştur. Son 11 yılın incelenmesiyle, mobilya imalatı sektöründe erkek çalışan sayısının, kadın çalışan sayısından daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Özel politika gerektiren grupta yer alan kadınların işgücüne katılma oranı, erkeklere göre belirgin şekilde düşüktür. TÜİK tarafından yayımlanan 2024 Ağustos İşgücü İstatistiklerine göre; işgücüne katılma oranı erkeklerde %72.1 iken, kadınlarda bu oran %36.8'dir. Tehlikeli ve çok tehlikeli sınıflarda yer alan imalat sektöründe kadınların işgücüne katılım oranının daha düşük olduğu, dolayısıyla kadınların az tehlikeli işlerin bulunduğu hizmet sektöründe çalışmayı tercih ettikleri söylenebilir (SGK, 2024).



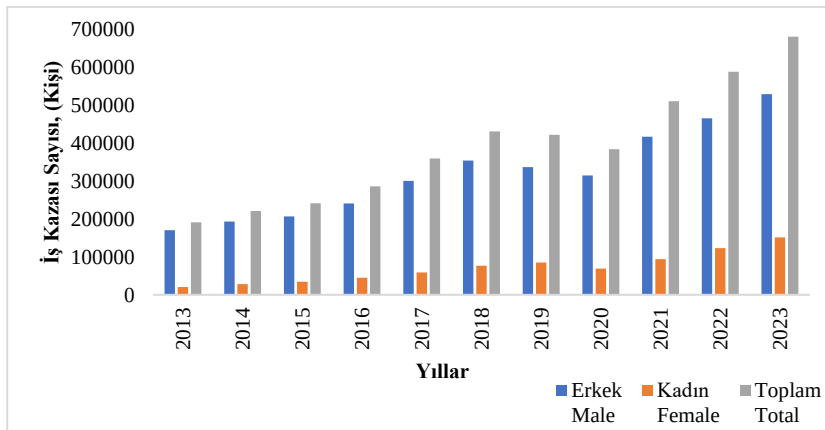
Şekil 2. Mobilya imalatında istihdam sayıları (2013-2023)

Türkiye ve mobilya imalatında sigortalı çalışan sayıları Şekil 3’ de verilmiştir. Türkiye genelinde olduğu gibi mobilya sektöründe istihdam en fazla 2022 yılında gerçekleşmiştir. 2023 yılında istihdam 2022 yılına göre azalırken 2020 yılının üzerinde seyretmiştir. Ancak mobilya imalatında sigortalı çalışanlar 2023 yılında 2021 yılından daha azdır.



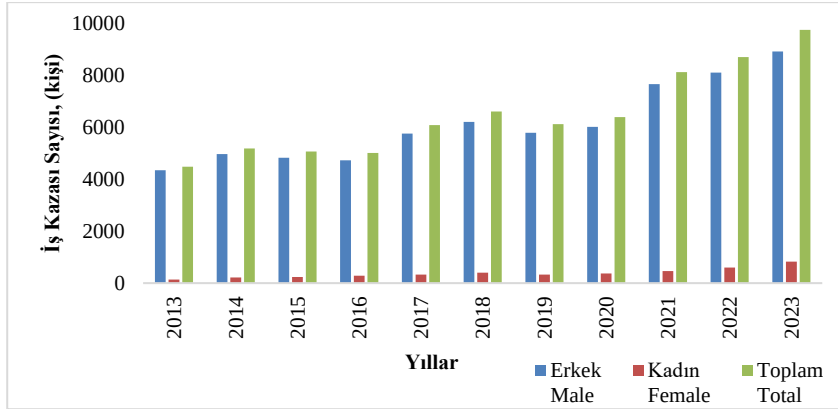
Şekil 3. Sigortalı çalışan sayıları (2013-2023)

Türkiye’de iş kazası geçiren kadın ve erkek sigortalıların sayısına ait veriler, Şekil 4’te sunulmaktadır. Hem erkek hem de kadın çalışanlar için iş kazası sayılarında bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesinin ardından, sağlık hizmeti sunucularının, iş kazalarını SGK'na bildirmeye başlaması ve iş kazalarını bildirmeyen işverenlere uygulanan caydırıcı idari para cezaları, bildirim sayılarındaki artışın nedenleri arasında sayılabilir. Ancak 2019 ve 2020 yıllarında iş kazası sayılarında bir azalma yaşanmıştır; bu düşüş, pandemi sürecindeki kapanmalar, uzaktan çalışma uygulamaları gibi etkenlerden kaynaklanmış olabilir. 2023 yılı ise 681.401 iş kazası ile en yüksek iş kazasının kaydedildiği yıl olmuştur.



Şekil 4. Türkiye’de iş kazası geçiren kadın ve erkek sigortalı sayıları (2013-2023)

Mobilya imalatında, iş kazası geçiren kadın ve erkek sigortalı sayıları Şekil 5’te verilmiştir. Mobilya sektöründe, yılda ortalama 6.502 iş kazası yaşanmaktadır. İş kazası geçiren sigortalı sayıları, 2013-2020 yılları arasında yatay bir seyir izlerken 2021 yılından itibaren görülen artış eğilimi dikkat çekmektedir. 2023 yılı, mobilya sektöründe gerçekleşen 9.750 kaza ile iş kazalarının gerçekleştiği en yüksek yıl olmuştur (SGK, 2024).



Şekil 5. Mobilya imalatında iş kazası geçiren kadın ve erkek sigortalı sayıları (2013-2023)

Türkiye geneli ve mobilya imalatı sektöründeki çalışan sayıları, iş kazası geçiren sigortalı sayıları ile iş kazası sıklık hızı, 2013-2023 yılları arasında Tablo 3'te sunulmaktadır. Mobilya sektörü için prim tahakkuk eden gün sayısı, Türkiye genelindeki "ilgili yıl için toplam prim tahakkuk eden gün sayısı" verisi ile sigortalı sayısına bölünerek, çalışan başına düşen ortalama prim tahakkuk eden gün sayısı hesaplanmıştır. Bu sayı, mobilya imalatındaki çalışan sayısı ile çarpılarak, mobilya sektörüne ait toplam prim tahakkuk eden gün sayısı elde edilmiştir (Güllüoğlu ve Taşgın, 2018; Soykan, 2021). İş kazası sıklık hızı, hem Türkiye genelinde hem de mobilya sektöründe yıl bazında sürekli bir artış göstermektedir.

Tablo 3

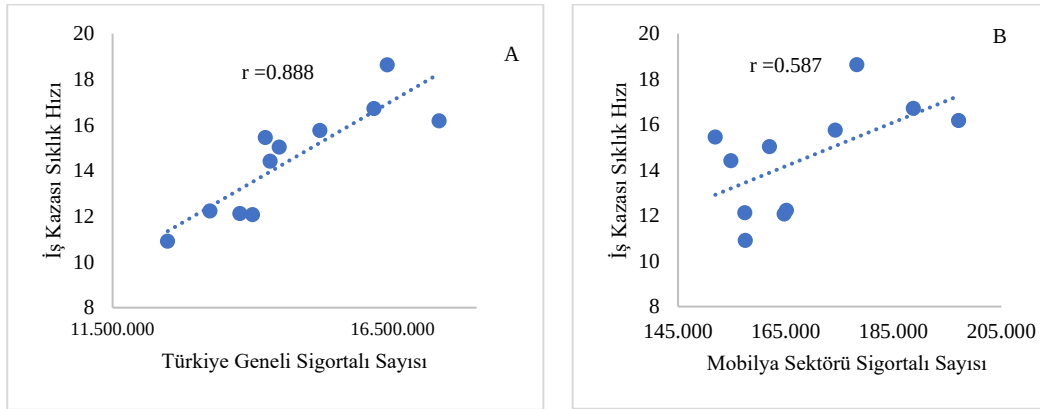
Mobilya imalatı iş kazaları sıklık hızı (2013-2023)

Yıllar	Çalışan Sayısı		İş Kazası Sayısı		Prim Tahakkuk Eden Gün Sayısı		İş Kazası Sıklık Hızı (1.000.000 iş saati)	
	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı
2013	12.484.113	157.503	191.389	4.479	4.069.831.784	51.346.116,1	5,879	10,904
2014	13.240.122	165.118	221.366	5.183	4.248.428.182	52.982.288,57	6,513	12,228
2015	13.999.398	164.723	241.547	5.068	4.462.091.444	52.502.906,83	6,767	12,066
2016	13.775.188	157.406	286.068	5.013	4.524.501.578	51.700.470,11	7,903	12,120
2017	14.477.817	161.996	359.653	6.085	4.524.383.875	50.624.489,19	9,937	15,025
2018	14.229.170	151.907	430.985	6.606	5.006.245.563	53.445.404,39	10,761	15,450
2019	14.314.313	154.829	422.463	6.118	4.907.005.930	53.076.024,06	10,762	14,409
2020	15.203.423	174.178	384.262	6.391	4.426.007.941	50.706.555,43	10,852	15,755
2021	16.169.679	188.677	511.084	8.122	5.205.921.298	60.745.647,01	12,272	16,713
2022	17.332.991	197.087	588.823	8.705	5.916.346.758	67.272.580,57	12,441	16,175
2023	16.406.420	178.212	681.401	9.750	6.022.437.172	65.417.719	14,143	18,630

Mobilya endüstrisi, özellikle ahşap işleme makinelerinin tehlikeli parçalarıyla temas veya işlenen malzemenin çalışanlar üzerindeki etkileri nedeniyle, ölümlü olmayan iş kazalarının yaygın olduğu bir sektördür. Keskin bıçaklar ve testereler yüksek hızda hareket ettiği için, ahşap işleme makinelerinin kullanımı ciddi riskler taşımaktadır. Ayrıca, makinelerin çoğu hala el ile beslenmekte, bu da çalışanların ellerini sürekli olarak tehlikeye maruz bırakmaktadır (ÇSGB, 2024a). Bu riskler, sektördeki iş kazası sıklık oranlarına da yansımıştır. Mobilya imalatındaki iş kazası sıklık hızının, Türkiye genelinin neredeyse iki katı olduğu dönemler gözlemlenmiştir. Mobilya imalatında iş kazası sıklık hızı, hiçbir dönemde 10'un altına düşmemiştir. 2023 yılında, Türkiye genelinde 1 milyon iş saati başına 14.14 iş kazası yaşanırken, mobilya imalatında bu rakam 18.63'e çıkmıştır.

Tablo 3'de yer alan veriler, yıl bazında hem sigortalı sayısının hem de 1 milyon iş saatine karşılık gelen iş kazalarının arttığını göstermektedir. Türkiye geneli ve mobilya imalatı için iş kazası sıklık hızının sigortalı çalışan sayısına göre değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Verilerin analizi sırasında, toplam sigortalı sayısı ile kaza

sıklık hızı arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson korelasyon katsayısı SPSS 23.0 programı kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre, Türkiye geneli için çalışan sigortalı sayısı ile iş kazası sıklık hızı arasında ($r=0.888$, $p<0.01$) anlamlı ve pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Buna karşın mobilya sektöründe istihdam edilen sigortalı sayısı ile iş kazası sıklık hızı arasında ($r=0.587$, $p<0.01$) anlamlı pozitif yönlü ancak orta düzey bir ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, toplam sigortalı çalışan sayısı ile iş kazası sıklık hızı arasındaki ilişkinin Türkiye genelinde ve mobilya sektörü özelinde farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, mobilya sektöründe iş kazası sıklık hızının çalışan sayısından ziyade diğer faktörlerden (örneğin çalışma koşulları, kullanılan ekipmanların güvenliği, ergonomik riskler, mesleki eğitim seviyeleri ve iş güvenliği tedbirleri) daha fazla etkilenebileceği düşünülmektedir. Bu durum, mobilya sektöründe meydana gelen iş kazalarının nedenleri arasında tecrübe eksikliğine veya eğitimlerin yetersizliğine işaret etse de daha güçlü başka nedenlerin sorgulanması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 6. İş kazası sıklık hızının Türkiye geneli sigortalı sayısına (A) ve mobilya sektörü sigortalı sayısına (B) bağlı değişimi

Türkiye geneli ve mobilya imalatı sektörü için 2013-2023 yılları arasındaki iş kazası sonucu hayatını kaybeden sigortalı sayıları, sürekli iş göremezlik ve geçici iş göremezlik süreleri ile iş kazası ağırlık hızı Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4

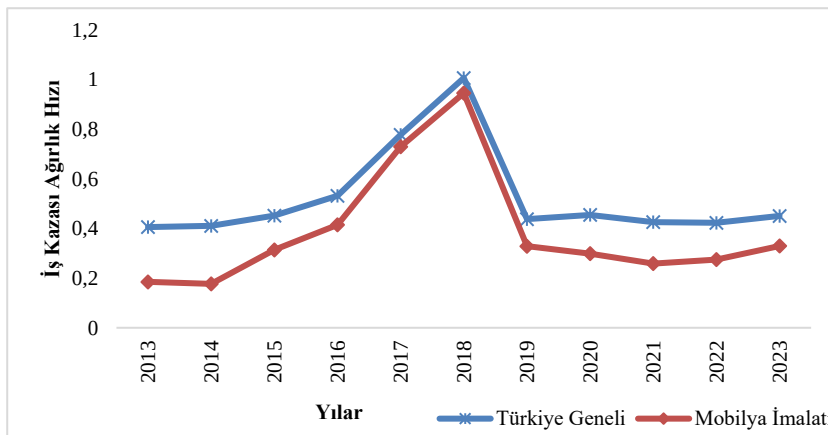
Mobilya imalatı iş kazaları ağırlık hızı (2013-2023)

Yıllar	Ölen Sigortalı Sayısı		Sürekli İş Göremezlik Sigortalı Sayısı		Geçici İş Göremezlik Süresi		Sürekli İş Göremezlik Derecesi Toplamı		İş Kazası Ağırlık Hızı	
	Türkiye	Mobilya İmalatı	Türkiye	Mobilya İmalatı	Türkiye	Mobilya İmalatı	Türkiye	Mobilya İmalatı	Türkiye	Mobilya İmalatı
2013	1.360	6	1.660	42	2.357.505	66.193	52.825	1.337	0,406	0,185
2014	1.626	9	1.421	31	2.065.962	52.325	42.857	935	0,411	0,177
2015	1.252	13	3.433	76	2.992.070	73.423	103.833	2.299	0,452	0,314
2016	1.405	12	4.447	102	3.453.702	72.431	134.403	3.083	0,532	0,415
2017	1.633	16	3.987	107	3.996.873	86.557	252.916	6.788	0,778	0,730
2018	1.541	5	3.773	92	2.488.001	51.255	484.791	11.821	1,007	0,946
2019	1.147	6	4.318	93	3.627.934	71.027	123.623	2.663	0,438	0,329
2020	1.231	7	3.183	68	3.492.824	75.339	98.620	2.107	0,455	0,299
2021	1.382	7	3.123	61	4.650.312	101.280	95.360	1.863	0,426	0,259
2022	1.517	7	4.085	82	4.808.409	96.227	117.733	2.363	0,423	0,275
2023	1.966	16	3.358	77	4.817.279	93.988	101.030	2.317	0,451	0,330

Tablo 4'de yer alan 2013-2023 dönemi verilerinin ortalamasına göre; mobilya sektöründe her yıl 9 çalışanın hayatını kaybettiği, yaklaşık 76 kişiye meslekte kazanma gücünü en az %10 oranında kaybettikleri için sürekli iş göremezlik geliri bağlandığı görülmektedir. Mobilya sektörü çalışanları, iş kazaları nedeniyle her yıl

ortalama 76.368 gün boyunca çalışmamaktadır. İş kazası sonucunda toplam gün kaybının, toplam prim tahakkuk eden gün sayısına bölünmesiyle elde edilen değerin 100 ile çarpılması sonucunda iş kazası ağırlık hızı hesaplanır (SGK, 2024). Bu yöntemle çalışılan her 100 iş saatinde iş kazası nedeniyle kaybolan iş saati bulunur. İş kazası ağırlık hızı verilerine göre, 2013-2023 yılları arasında Türkiye genelinde her 100 saatte 0.52 saat, mobilya imalatında ise 0.38 saat kaybedilmektedir. Son 11 yıl içerisinde, iş kazası ağırlık hızının en yüksek olduğu yıl 2018 olmuştur. 2018 yılında iş kazası ağırlık hızı, mobilya imalatı için 0.94 saat, Türkiye genelinde ise 1 saat olarak hesaplanmıştır. 2013-2023 yılları arasında yapılan değerlendirmede, 2018'deki artış, Türkiye genelinin 2 katı ve mobilya imalatının ise yaklaşık 2.4 katı olarak belirlenmiştir (SGK, 2024).

İş kazası ağırlık hızının 2013-2023 yılları arasındaki dağılımı, Şekil 7'de yer almaktadır. Mobilya imalatı için iş kazası ağırlık hızı, tüm yıllarda Türkiye genelinin altındadır. Türkiye genelinde ve mobilya imalatında iş kazası ağırlık hızının en çok artış 2017 ve 2018 yıllarında görülmüştür. 2021 yılından itibaren iş kazası ağırlık hızında Türkiye genelinde ve mobilya imalatında artış eğilimi görülmektedir (SGK, 2024).



Şekil 7. Türkiye geneli ve mobilya imalatı iş kazası ağırlık hızı (2013-2023)

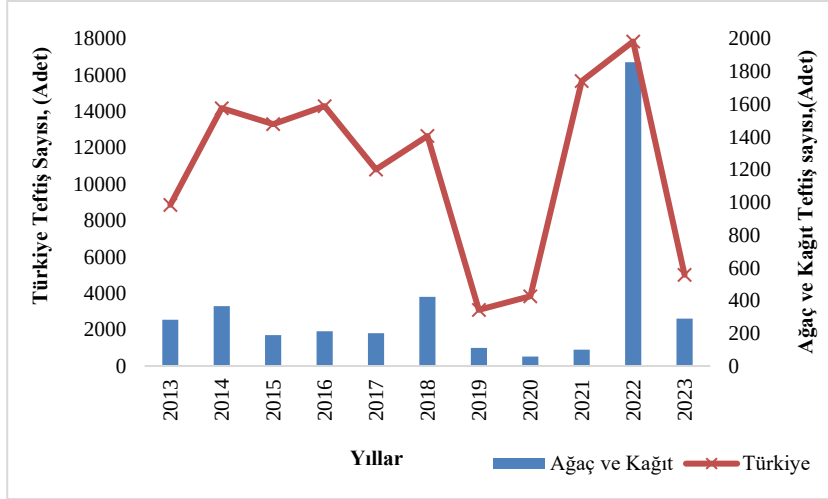
Kaza olabilirlik oranı, bir takvim yılı içinde ölümlü ve/veya ölümlü olmayan iş kazalarının toplam sayısının, aynı yıl içinde hedef grupta yer alan çalışanların toplam sayısına bölünüp, elde edilen değerin 100.000 katsayısı ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır (Erdem, 2001). Türkiye genelinde ve mobilya imalatında yıllara göre kaza olabilirlik oranları, Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'de yer alan bu oranlar, her 100.000 çalışan için hesaplanmıştır. Son üç yılda kaza olabilirlik oranlarında bir artış gözlemlenmiştir. 2023 yılı, hem Türkiye genelinde hem de mobilya imalatında en yüksek kaza olabilirlik oranının görüldüğü yıl olmuştur (SGK, 2024).

Tablo 5

Türkiye ve mobilya imalatı kaza olabilirlik oranı (2013-2023)

Yıllar	Türkiye Geneli	Mobilya İmalatı
2013	1533,06	2843,76
2014	1671,93	3138,97
2015	1725,41	3076,68
2016	2076,69	3184,76
2017	2484,17	3756,27
2018	3028,88	4348,71
2019	2951,33	3951,46
2020	2527,47	3669,23
2021	3160,76	4304,71
2022	3397,12	4416,83
2023	4153,26	5471,01

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından 2013-2023 yılları arasında yapılan programlı ve program dışı teftişler incelenmiştir. Türkiye’de (Şekil 8) en fazla teftiş 17.842 teftiş sayısı ile 2022 yılında gerçekleşmiş, teftişin en az yapıldığı 3.088 teftiş sayısı ile 2019 yılı olmuştur (ÇSGB, 2023).



Şekil 8. Türkiye geneli ve ağaç ve kâğıt iş kolu teftiş (2013-2023)

Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı tarafından yayımlanan genel değerlendirme raporunda; 2023 yılında aralarında mobilya, ağaç ürünlerinin de bulunduğu sekiz ayrı sektörde faaliyet gösteren 1.480 işyerinin teftişi gerçekleştirilmiştir. Programlı teftişlerde en fazla mevzuata aykırılık İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği’nde tespit edilmiştir. Mevcut ekipmanların ve koruyucu donanımların mevzuata, standartlara, günün ve teknolojinin gereklerine uygun olması oldukça önemlidir (ÇSGB, 2024b)

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, 2013-2023 yılları arasında mobilya sektöründeki iş kazaları incelenmiştir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nu tehlikeli ve çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerleri için 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu nedenle, çalışmada kanunun yürürlüğe girmesinin ardından yayımlanan SGK iş kazası verileri analiz edilmiştir. İstihdam edilen çalışan sayıları, meydana gelen iş kazaları, iş kazası sıklığı ve ağırlık hızları, iş kazası olabilirlik oranı ile sürekli ve geçici iş göremezlik süreleri gibi veriler mobilya sektörü analizine dâhil edilmiştir.

Mobilya sektöründeki iş kazası sıklık hızı, Türkiye genelindeki eğilimle benzer bir seyir izlemiş ve zamanla artmıştır. 2023 yılı için mobilya sektöründe istihdam edilen çalışanların %67.19’u, 50’den az çalışanı olan mikro ve küçük ölçekli işletmelerde çalışmaktadır. Mobilya sektöründe, en yüksek iş kazası sıklık hızı, 18.63 ile 2023 yılı olmuştur. SGK tarafından yayınlanan iş kazaları veri setinde, kazaların nedenlerine ilişkin bilgiler yer almamaktadır. Son 11 yıllık dönemde, Türkiye geneli için ortalama iş kazası sıklık hızı 9.84 iken, mobilya sektöründe bu oran 14.50 ile Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde kalmıştır. Üstelik 2023 yılında çalışan sayısı bir önceki yıla göre %9.6 azalmışken iş kazası sıklık hızının artması, sektördeki tehlikelerle ilgili alınan teknik ve idari önlemlerin yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle ölümcül olmayan iş kazalarının azaltılması için, özellikle bu mikro ve küçük ölçekli işletmelerde, İSG profesyonelleri tarafından kapsamlı risk değerlendirmeleri yapılmalıdır. Ayrıca, kullanılan makinelerin modern teknolojiye uyum sağlaması, makinelere parçaların elle verilmesinin engellenmesi, makinelerin tehlikeli operasyon bölgelerinin kapatılması ve düzenli bakım ile kontrollerin yapılması gibi önlemler, iş kazalarının azaltılmasına büyük katkı sağlayacaktır. Risk değerlendirmesi yapılırken, makinelerin güvenlik donanımlarının durumu da gözden geçirilmelidir. Kesici aletlerin (testere, bıçak vb.) koruyucularının düzgün çalıştığından emin olunmalı, switch sistemleri düzenli olarak kontrol edilmelidir. Ayrıca iş ekipmanlarının güvenli kullanımı için yapılacak eğitimlerde makine bazlı tehlikeler anlatılmalı ve bakım, onarım talimatları çalışanlara sunulmalıdır. Mobilya

sektöründe, her yıl ortalama 10 ölümlü iş kazası meydana gelmektedir (Çizelge 4). Bu ölümlü iş kazalarının azaltılabilmesi için, iş kazalarının kök neden analizleri yapılmalı ve sektör raporlarında bu nedenler açıklanarak farkındalık oluşturulmalıdır. Böylece sektördeki güvenlik kültürü geliştirilebilir ve iş kazaları en aza indirilebilir.

Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği bilincini artıracak eğitimler ve bilgilendirme faaliyetleri tüm işyerlerinde hayati önem taşımaktadır. Peker ve arkadaşları (2022), mobilya sektöründe çalışanların mesleki konulardaki eğitim ve tecrübe eksikliğini, iş kazalarının nedenleri arasında bulmuştur. Araştırmalar, çalışanlara verilen eğitimlerin, güvenlik algılarının artırmada ve güvenlik kültürü oluşumunda önemli bir etken (Çabuk vd., 2024) olabileceğini göstermektedir. Ancak özellikle mikro ve küçük ölçekli işyerleri, büyük firmaların eğitim bütçelerine sahip değildir. Bu tip işyerlerinde, eğitimlerin gerçekleştirilmesi sorumluluğu paylaşılan iş güvenliği uzmanları ve işyeri hekimlerinin yetişkin eğitimi konusunda yetkinliklerinin artırılması gerekmektedir.

Mobilya sektöründe iş kazalarının sıklığı ve şiddeti son yıllarda artış göstermiştir. 2023 yılı, sektörde en yüksek kaza sayılarının dolayısıyla en yüksek iş kazası sıklığının kaydedildiği yıl olmuştur. 2023 yılında, iş kazası sıklık hızı Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde kalmıştır. İş kazalarının önemli bir kısmı, özellikle ahşap işleme makineleri ve diğer tehlikeli ekipmanlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca iş kazalarının sürekli iş göremezlik oranları da dikkate alındığında, sektörde güvenlik önlemlerinin daha etkin hale getirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. İşletmelerde makine ve ekipmanların güvenli bir şekilde kurulabilmesi için uygun olarak işyeri, laboratuvar veya atölye tasarımı yapılmalıdır. İş ekipmanlarının güvenli çalışması sağlanmalı, çalışanların zarar görmesi önlenmelidir. Mobilya sektöründe kimyasal maddeler, tozlar ve diğer etkenler nedeniyle meslek hastalıkları riski bulunmaktadır. Bu nedenle, yerel ya da genel havalandırma sistemleri kurarak, ortamda etkin madde kontrolü sağlanmalı ve bu sistemler yasal mevzuata uygun hale getirilmelidir.

İş teftiş sayılarına bakıldığında zaman, 2022 yılında denetim faaliyetlerinde en yüksek sayıya ulaşılırken, 2019 yılında denetimler en düşük seviyede gerçekleşmiştir. Bu durum, sektördeki denetimlerin ve iş güvenliği uygulamalarının güçlendirilmesi ve süreklilik kazandırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. İş müfettişleri tarafından sağlanacak rehberlik ve etkin denetimler sayesinde iş kazalarının önlenmesine yönelik çalışmalar hız kazanacaktır.

Genel olarak, mobilya sektöründe iş kazalarının önlenmesi ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanması için, kapsamlı risk değerlendirme çalışmalarının yürütülmesi, çalışanların ihtiyaçları gözetilerek etkili eğitim programlarının uygulanması ve güvenlik kültürünün işyerlerinde yerleşmesini sağlamak amacıyla denetim süreçlerinin sürekliliği esas alarak yürütülmesi gerektiği sonuçlarına varılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda, mobilya sektöründe iş kazaları ile meslek hastalıkları arasındaki ilişki araştırılabilir. Mobilya sektöründe yaşanan iş kazalarının özellikle ahşap işleme vb. tehlikeli makinelerden kaynaklı kazaların sebeplerinin daha ayrıntılı olarak ortaya çıkarılabilmesi için kaza kök neden analizleri gerçekleştirilebilir. Ayrıca SGK veri setleri kullanılarak farklı sektörlerde meydana gelen iş kazalarının analizleri yapılmalı böylece hem literatüre katkı sağlanacak hem de sektör çalışan ve temsilcilerinin bilinçlenmesine katkı sağlanacaktır.

Yazar Katkıları

Ramazan Kayabaşı: Çalışmayı planlamış, tasarlamış, literatür araştırması yapmış, elde edilen verileri yorumlamış ve makaleyi yazmıştır.

Hatice Özdemir: Çalışmayı planlamış, tasarlamış, literatür araştırması yapmış, elde edilen verileri yorumlamış, ve makaleyi yazmıştır.

İbrahim Cündübeyoğlu: Çalışmayı planlamış, tasarlamış, literatür araştırması yapmış, verileri toplamış, elde edilen verileri yorumlamış ve makaleyi yazmıştır.

Cıkar Çatışması

Herhangi bir kişi ya da kurum ile herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Aaltonen, M. P. (1996). Occupational injuries in the finnish furniture industry. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, 22(3), s. 197-203. <https://doi.org/10.5271/sjweh.131>
- Aşkın, A., Öztürk, Ö., 2022. Mobilya sektörü çalışanlarında iş kazası ve meslek hastalıklarının incelenmesi üzerine bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(2), 351-364.
- Atılğan, A., Ersen, N., Peker, H., Kahraman, N., 2015. Türkiye mobilya sanayinde iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesine ilişkin tavsiyeler. *Selçuk Teknik Dergisi*, 1, 498-516.
- Baatjies, R., Chamba, P., ve Mohamed , J. (2023). Wood dust and asthma. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 23(2), s. 76-84.
- Cündübeyoğlu, İ., 2024. Mobilya atölyesi kullanılan makine örnekleri. Kayseri.
- Çabuk, Y., Kahveci, M., ve Aşkın, A. (2024). Mobilya Sektörü Çalışanlarında Güvenlik İkliminin Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 26(4), s. 426 – 435. <https://doi.org/10.24011/barofd.1579666>
- ÇSGB, (2023). Çalışma hayatı istatistikleri. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.
- ÇSGB, (2024a). Mobilya sektörü iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 03 18, 2025. Erişim adresi: <https://www.cs.gb.gov.tr/isggm/yayinlar/>
- ÇSGB, (2024b). 2023 yılı kimya, mobilya, ağaç ürünleri, geri dönüşüm, kağıt ve kağıt ürünleri, depolama ve ambarlama, kauçuk ve plastik ile tekstil sektörlerinde iş sağlığı ve güvenliği programlı teftişi. Genel Değerlendirme Raporu.
- Dąbrowski, M., ve Górski, J. (2018). Influence of the milling tool setup on occupational safety in furniture making. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(2), s. 278-286 . <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1514134>
- Damlayıcı, Ö., ve Arslan, İ. K. (2024). Dünya ve Türkiye ekonomisinde mobilya sektörü. *Mecmua Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(17), s. 81-91. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3655599>
- Demirci, S., 2018. Mobilya imalatında kullanılan malzeme ve makinelerin iş sağlığı ve güvenliği yönünden değerlendirilmesi. *Hastane Öncesi Dergisi*, 3(2), 103-118.
- Erdem, Ü., 2001. İş kazası istatistikleri. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 3(1), 2-6.
- Güllüoğlu, E. ve Taşgım, E. (2018). Türkiye tekstil sektöründe istihdam ve iş kazalarının analizi. *Tekstil ve Mühendis*, 25(112), 344-354.
- İhracat Genel Müdürlüğü, 2021. Mobilya sektör raporu. Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, Ankara.
- Ilhan, A., Kosar, G., Karapinar, A. ve Gedik, T. (2013). Analysis of Underlying Causes of the Occupational Accidents and Diseases in Furniture Manufacturing in Sakarya Province. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(2), s. 202-210. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000410041800004>
- ISO, (2023). Mobilya İmalat Sanayi. Erişim tarihi: 03 03, 2025. Erişim adresi: https://www.iso.org.tr/Sites/1/upload/files/mobilya_sanayi_sektor_raporu_01-12116.pdf
- Karademir, D. (2024). Efficiency assessment based on data envelopment analysis for occupational accidents and diseases in furniture industry of Turkey. *Drvna Industrija*, 75(1), s. 19-27. doi:DOI10.5552/drvind.2024.0136
- Kayabaşı , R., & Özdemir, H. (2023). Makinelerde Risk Değerlendirmesi. B. Akdemir, & U. Özkaya içinde, *Mühendislikte Güncel Yaklaşımlar* (s. 205-230). Duvar Yayınevi.
- Kipper, L. M., Colvero, A., Moraes, J. A., & Iepsen, S. (2022). Ergonomic risk assessment methods on the on-demand furniture factory floor: a systematic literature review. *Open Science Research II*, 2, s. 1284-1303.
- Komut, O., Yaşar, Ş., Yaşar, Ş., Fidan, M., Yaşar, M., 2023. Ağaç işleri ve mobilya sektörlerinde iş güvenliği kültürüne yönelik bir değerlendirme: Gümüşhane ilinde bir durum çalışması. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 24(3), 316-322.

- Nnaji, C. C., & Udokpoh, U. (2023). Identification of immediate and remote health hazards and the need for health hazard assessment in the Nigeria sawmill industry. *Indonesian Journal of Social and Environmental Issues*, 4(2), s. 202–220.
- Očkajová, A., Banský, A., Kučerka, M., ve Vyhňáliková, Z. (2024). Examples of safety and health risk factors in woodworking industry in Slovak Republic. *Chip And Chipless Woodworking Processes*, 14(1), s. 159-167.
- Özdemir, M., & Albayrak, S. (2024). Occupational safety and hidden risks in a furniture factory: A comprehensive assessment of hazards related to noise, lighting, thermal comfort, and dust exposure. *BioResources*, 19(4), s. 9259-9270.
- Peker, H., Kuşdemir, B., Ersen, N., Akyüz, İ., & Akyüz, K. C. (2022). Tekirdağ ilindeki mobilya işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik araştırma. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2), s. 247-265. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2551326>
- SGK, (2024). SGK İstatistik Yıllıkları, Sosyal Güvenlik Kurumu, Erişim tarihi: 10.09.2024 Erişim adresi: <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>.
- SGK, (2023). 4/1-a Kapsamındaki iş yerleri ile zorunlu sigortalıların faaliyet grubuna göre dağılımı. Erişim tarihi: 05.05.2025 Erişim adresi: <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4/>
- SGM, (2023). Mobilya Sektör Raporu 2022. Ankara: Sanayi Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi: 04.03.2025 Erişim adresi: <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sektor-raporlari/mu3101015014>
- Soykan, O., 2021. An analysis on the statistics of occupational accidents in Turkish fisheries and aquaculture sector; 2013-2019 period. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(4), 533-544.
- TC Resmi Gazete. (2012, Aralık 26). İş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işyeri tehlike sınıfları tebliği. Erişim tarihi: 01.09.2024.
- TC Resmi Gazete. (2013, Mayıs 15). Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin usul ve esasları hakkında yönetmelik. Erişim tarihi: 01.09.2024.
- TC Resmi Gazete. (2023). Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler Yönetmeliği. Ankara: Mevzuat Bilgi Sistemi. Erişim tarihi: 01.09.2024.
- Tran, T. T., Taptagaporn, S., Dang, C. V., ve Kaewdok, T. (2022). Ergonomic risk factor-related musculoskeletal disorders among wood furniture workers. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 28(6), s. 1-10.
- Ulusoy, H., Atılğan, A., Peker, H., 2018. Mobilya endüstrisinde kullanılan makinelerde çalışma güvenliği. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1), 70-81.
- Uysal, B., Özçifçi, A., Kurt, Ş., 2010. Analysis of industrial accidents occurred in small and medium-sized furniture manufacturing firms in Turkey. *Gazi University Journal of Science*, 18(3), 439-451.

Mobilya İmalatı Yapan Mikro Ölçekli İşletmelerin Odun Tozu Patlama Riski Yönünden Araştırılması

Lokman ODABAŞ^{1,*}, Yener TOP²

¹ Trabzon Üniversitesi, Şalpaazarı Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Trabzon, Türkiye

² Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 16.01.2025

Kabul: 17.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Hammaddenin işlenmesi sırasında uygulanan yöntemin bir sonucu olarak yan ürünler oluşur. Oluşan bu yan ürünlerden biri tozdur. Bir risk faktörü olan toz, mobilya imalatı sektöründe yaygın bir sorundur. Ayrıca, sektörde yer alan işletmelerin büyük çoğunluğu mikro ölçekli işletme kapsamına giren işletmelerden oluşmaktadır. Bu işletmeler, ekonomik ve sosyal yönlerden ülke ekonomisi için önemlidirler, ancak bu işletmeler iş sağlığı ve güvenliği açılarından bazı olumsuzluklara sahiptirler. Bu olumsuzluklardan biri, oluşan odun tozunu yönetme imkânlarının yetersizliğidir. İş atmosferine karışan odun tozu, çalışan sağlığına olduğu kadar işyeri güvenliği için de bir risktir. Toz, iş ortamındaki diğer faktörlerle birleştiğinde “toz patlamalarına” sebep olabilir. Toz patlamaları genellikle üretim yapılan alanlarda, işlem sürecinde, depolama aşamasında veya malzemelerin transferi sırasında meydana gelir. Ülkemizde, toz patlama riski farkındalık düzeyinin yüksek olmadığı söylenebilir. Bu nedenle bu çalışmada, Trabzon ilinde faaliyet gösteren ve mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde toz patlama risklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada yöntem olarak 5x5 matris diyagram yöntemi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında, mobilya sektöründe faaliyet gösteren üç mobilya atölyesi materyal olarak seçilmiş ve yerinde ziyaret edilerek odun tozu oluşumu ile toz patlamasına yol açabilecek faktörler açısından detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiştir. İnceleme sonucunda toplam 64 risk unsuru tespit edilmiştir. Bu risk unsurlarının 30’u “yüksek risk”, 28’i “orta risk” ve 6’sı “düşük risk” kategorisinde değerlendirilmiştir. Belirlenen riskler doğrultusunda çeşitli önlemler önerilmiş olup, alınan tedbirler neticesinde mevcut risklerin 63’ü “düşük risk”, 1’i ise “orta risk” seviyesine düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Mikro işletme, mobilya, odun tozu patlaması, risk analizi, toz

Study Of Wood Dust Explosion Risk in Micro-Scale Furniture Manufacturing Enterprises

¹ Department of Property Protection and Security, Şalpaazarı Vocational School, Trabzon University, Trabzon, Turkey

² Department of Design, Gümüşhane Vocational School, Gümüşhane University, Gümüşhane, Turkey

Article History

Received: 16.01.2025

Accepted: 17.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – During the processing of raw materials, by-products are generated as a result of the employed technique. Dust is one of them. It is a common issue in the furniture manufacturing sector. In addition, the majority of the enterprises in the sector are micro-scale enterprises. These enterprises are important for the country's economy in economic and social aspects, but these enterprises have some negativities in terms of occupational health and safety. One of these negativities is the inadequacy of the management of wood dust. Wood dust emitted into the work atmosphere poses a risk to both employee health and workplace safety. Dust can cause "dust explosions" when combined with other factors in the work environment. Dust explosions usually occur in production areas, during the process, the storage phase or the transfer of materials. It can be said that the level of awareness of dust explosion risk is not high in our country. Therefore, this study aims to determine dust explosion risks in micro-scale enterprises operating in the province of Trabzon and manufacturing furniture. In this study, the 5x5 matrix diagram method was employed as the primary methodology. Three furniture workshops operating in the furniture industry were selected as study material and were visited for an in-depth examination regarding wood dust generation and factors that could lead to dust explosions. As a result of the assessment, a total of 64 risk factors were identified. Among these, 30 were classified as “high risk,” 28 as “medium risk,” and 6 as “low risk.” Based on the identified risks, various preventive measures were proposed. Following the implementation of these measures, 63 of the existing risks were reassessed as “low risk,” while 1 remained in the “medium risk” category.

Keywords – Micro enterprise, furniture, wood dust explosion, risk analysis, dust

¹  lokmanodabas@trabzon.edu.tr

²  yeneretop@gumushane.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Mobilya imalatı, Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği kapsamında "C İmalat" kategorisinde yer almakta olup, bu kategori NACE kodu ile tanımlanmaktadır. Mobilya imalatı faaliyetleri, farklı özelliklere sahip ahşap malzemelerin şekillendirilmesi ve işlenmesi ile sandalye, koltuk gibi ürünlerin döşeme işlemlerini kapsamaktadır. Genel olarak bu faaliyetler "tehlikeli" sınıf altında değerlendirilmekte olup, iş sağlığı ve güvenliği açısından çeşitli riskler içermektedir. Özellikle, mobilya üretim süreçlerinin önemli bir parçası olan boyahanelerde gerçekleştirilen işlemler, 31.09.01 alt kodu ile tanımlanmakta ve bu süreçlerde “mobilyaların boyanması, verniklenmesi, cilalanması ve benzeri tamamlayıcı işlerin yapılması” gibi faaliyetler “çok tehlikeli” sınıfa girmektedir. Bu durum, söz konusu boyahanelerde kullanılan kimyasal maddelerin, örneğin boya ve tiner gibi, yüksek yanıcılık ve patlayıcılık potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, bu tür faaliyetlerin gerçekleştirildiği iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından özel önlemler alınması gerekmektedir. Mobilya imalatı sektöründeki işletmelerin, çalışanların güvenliğini sağlamak amacıyla tehlike sınıflarını dikkate alarak sistematik risk değerlendirmeleri yapmaları ve bu doğrultuda gerekli önlemleri almaları büyük önem taşımaktadır. Özellikle "çok tehlikeli" sınıfa dahil edilen faaliyetler için özel eğitimlerin verilmesi ve güvenlik protokollerinin etkin bir şekilde uygulanması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır ((Resmi Gazete, Sayı:28509).

Toz, genel olarak çapı 100 µm’den küçük, havada asılı kalabilen ve ortam koşullarına bağlı olarak çökebilen parçacıklardır. Tozlar, belirli bir hacimdeki ağırlık (mg/m³) ve toz sayısı (tane/m³) cinsinden ölçülür. Sanayide kullanılan tozların % 70’inden fazlası yanıcıdır. Bu da toz işleme ekipmanına sahip sanayi tesislerinin büyük çoğunluğunun toz patlamalarına karşı hassas olduğu anlamına gelir (Vijayaraghavan, 2004). Toz, büyüklük açısından değerlendirildiğinde, küçük tozların daha büyük toplam yüzey alanına sahip olmaları ve havaya daha hızlı karışabilmeleri nedeniyle kaba tozlardan daha tehlikelidir (Dobashi, 2009). Bu durum, çalışanlar için sağlık riski oluşturur. Özellikle tozun parçacık boyutu 100 µm’den küçük olduğunda, havada asılı kalma ihtimali artar. Bu da çalışanların tozu solumasına ve sağlık sorunlarına neden olur (Yuan vd., 2015). Tozun solunması sonucunda ortaya çıkacak sağlık sorunlarına bakıldığında kısa vadede göz, burun ve boğaz tahrişi, öksürük, nefes darlığı ve alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Uzun vadede ise pnömokonyoz, KOAH, astım, akciğer kanseri ve sinüs hastalıkları gibi ciddi solunum rahatsızlıklarına yol açabilir (Bozkurt ve Bozkurt, 1979). Tozlar kimyasal kökenlerine göre genellikle organik ve inorganik tozlar olmak üzere iki grupta ele alınabilir:

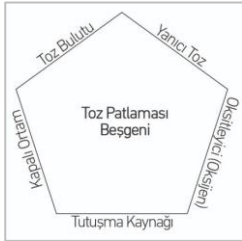
Organik tozlar, doğal kaynaklı organik maddelerin parçalanması veya işlenmesi sırasında açığa çıkan küçük parçacıklar olarak tanımlanabilir. Bu tozlar, bitki ve hayvan kaynaklı maddelerden oluşur ve başlıca bileşenleri arasında selüloz, lignin, proteinler, yağlar ve karbonhidratlar bulunur (IARC, 1995). İnorganik tozlar, mineraller ve metaller gibi inorganik maddelerin işlenmesi veya doğal olarak parçalanması sonucu açığa çıkan küçük parçacıklardan oluşur. Kaya, cam, metal, seramik ve çimento gibi maddelerden gelir ve çoğunlukla madencilik, inşaat, metal işleme, taşlama, dökümcülük ve seramik gibi endüstriyel alanlarda yaygın olarak karşılaşılır(Akbar-Khanzadeh ve Brillhart, 2002).

Yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte ahşaba olan talep artış göstermiştir (Estrella vd., 2020). Ancak, ahşabın işlenmesi genellikle kesme, biçme ve zımparalama gibi işlemler ile gerçekleştirilir. Bu işlemler, büyük miktarda yan ürün olarak toz oluşturur ve bu tozlar da ahşap tozu patlamalarına yol açabilir (Schmidt vd., 2018). Toz ve gaz emisyonları, sanayi perspektifinden bakıldığında, üretim ve paketleme aşamalarında ortaya çıkmaktadır (Khambekar ve Pittenger, 2013). Eritme fırınları, pota ve tandişlerin ısıtma istasyonları, toz kurutma, sınıflandırma, yükleme ve boşaltma ekipmanları ile paketleme süreçleri, bu emisyonların başlıca kaynakları arasında yer almaktadır (Neikov vd., 2009). Mobilya imalatı üretim işletmelerinde toz oluşumu, özellikle ahşap malzemelerin işlenmesi sırasında yaygın bir sorundur. Bu tozlar, ahşap kesme, zımparalama ve frezeleme gibi işlemler sırasında havaya karışır ve iş sağlığı açısından riskler doğurur. Toz oluşumunu etkileyen başlıca faktörler arasında işleme yöntemleri, malzeme türü, ekipman durumu ve hava akışı yer alır.

Örneğin, sert ağaçların işlenmesi genellikle daha fazla toz üretirken, körelmiş kesici aletler de daha fazla toz oluşumuna neden olur. Toz yönetimi için etkili önlemler almak önemlidir. İyi bir havalandırma sistemi, yerel emme (vakum) sistemleri ile kullanılarak havadaki toz miktarını azaltabilir. Düzenli temizlik uygulamaları ve çalışanlara verilen eğitimler, toz yönetimi açısından önemlidir (Carton vd., 2002).

Toz patlaması, çevreye, insanlara, işletmelere ve ülke ekonomisine ciddi zarar verme potansiyeline sahip bir patlama türüdür. Yanma sırasında, toz parçacıklarının çapı küçüldükçe patlama hızı ve şiddeti de artar. Örneğin, küçük bir odun parçası yavaş yavaş yanarken, odun talaş haline getirildiğinde yanma hızı artar. Bunun nedeni, yanıcı odun talaşı ile hava arasındaki temas yüzeyinin genişlemesidir. Talaş halindeki odun parçaları toz haline geldiğinde, uygun koşullar altında yanma hızları daha da artar ve patlama riski yükselir (Asana, 2015). Toz patlamaları genellikle depolama siloları, imalat tesisleri, fabrikalar ve iş yerlerinin kapalı alanlarında meydana gelen birincil patlama ile başlar. Bu patlama, oluşan şok dalgası ile büyük hasara yol açabilir ve çoğu zaman binanın duvarlarını yıkabilir. Patlamadan sonra ortaya çıkan basınç, toz ve gazların çevreye yayılmasına neden olur. Büyük çaplı hasara yol açan toz patlamaları, zincirleme reaksiyonların birbirini tetiklemesiyle gerçekleşir (Prakash vd., 2001). Toz patlamaları i) birincil ve ii) ikincil olarak ikiye ayrılabilir. Birincil toz patlaması, bir kapta, odada veya ekipmanda bir toz bulutu ateşlendiğinde ve patladığında meydana gelir. İkincil patlama ise, birincil patlama ile oluşan basınç dalgası tarafından havaya kaldırılan tozun, daha sonra daha yavaş hareket eden alev önünden ateş alması sonucu gerçekleşir. Toz birikintilerinin kapsamına bağlı olarak, zayıf bir birincil patlama bile çok güçlü ve yıkıcı ikincil toz patlamalarına neden olabilir (Abbasi ve Abbasi, 2007).

Yangın, yakıt, oksitleyici madde ve tutuşma gibi üç faktörün birleşmesiyle, “yangın üçgeni” olarak adlandırılan durumu oluşturur. Ancak bir toz patlaması için bu üç faktöre ek olarak iki faktör daha gereklidir: Toz bulutu ve kapalı ortam. Bu beş faktörün bir araya gelmesiyle “toz patlaması beşgeni” oluşur (Kauffman, 1982). Bu faktörler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toz patlamasına neden olan faktörler (Kauffman, 1982).

Genel olarak bir toz patlamasının meydana gelebilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir:

- 1-Yanıcı Özellik: Patlayıcı özellik gösteren kimyasal tozun aynı zamanda yanıcı olması gereklidir.
- 2-Optimum Yoğunluk: Patlayıcı ve yanıcı özellik gösteren kimyasal tozun havada asılı kalabilmesi gerekir.
- 3-Tutuşturucu Kaynak: Havada asılı katı madde, bir tutuşturucu kaynakla temas ettiğinde alev yayılmasını başlatıp sürdürebilmelidir.
- 4-Oksitleyici: Yanıcı ve patlayıcı özellik gösteren tozun askıda bulunduğu havada, yanma olayını kolaylaştıracak yeterli miktarda oksijen bulunmalıdır.
- 5-Sınırlı Hacim: Toz patlamasının meydana gelebilmesi için ortamın kapalı bir alan olması gerekmektedir (Shrey, 2020).

Mobilya sektöründe toz, toz oluşumu ve toz patlamaları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kaya vd. (2020) tarafından ahşap ve mobilya imalatında risk değerlendirmesi yapılmış ve matris yöntemiyle toplamda 49 farklı risk belirlenmiştir. Bu risklerin 26'sının "Yüksek Risk" kategorisinde yer alması, sektörde ciddi önlemler alınması gerektiğine işaret etmektedir. Çalışmada, risklerin azaltılmasına yönelik somut öneriler de sunulmuştur.

Kurban (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, masif mobilya üretimi yapılan işletmelerde işçilerin odun tozu, gürültü ve titreşim gibi çevresel faktörlere maruziyeti detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Çalışma, Bartın ilindeki üç küçük ve orta ölçekli işletmede dört farklı makine ile çalışan işçiler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan dijital gürültü ölçer ve kişisel gravimetrik toz ölçüm cihazlarıyla toplanan veriler, mobilya sektöründe iş sağlığı açısından alınması gereken önlemler için somut bir temel sağlamıştır.

Eckhoff ve Li (2021) tarafından yapılan çalışmada, toz patlamasının ne olduğu detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmada, toz patlamalarına neden olabilecek malzemeler, toz bulutlarının tutuşabilirlik ve patlayabilirlik özelliklerini etkileyen faktörler, havadaki toz bulutlarının yanma mekanizmaları ve toz patlamalarını tetikleyebilen tutuşma kaynakları ele alınmıştır. Ayrıca, birincil ve ikincil toz patlamalarına dair bilgiler verilmiş; toz patlamalarının önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için alınabilecek önlemler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

Zhou vd. (2023) tarafından yapılan son dönemdeki bir çalışmada, yanıcı odun tozu patlamaları ile bu patlamaların çevresel ve sağlık üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırmada, ahşap tozu patlamalarının nedenleri, etkileyen faktörler, mekanizmalar ve modeller incelenmiş; elde edilen bulgular analiz edilerek ahşap işleme endüstrisinde güvenlik prosedürlerinin iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışma, ahşap tozu patlamalarının neden olduğu çevresel ve sağlık etkilerini azaltmaya yönelik öneriler sunmuştur.

Son olarak, odun esaslı levha ürünlerinin ebatlanması sırasında oluşan tozların miktarını inceleyen Gül (2024), 36 küçük ve orta ölçekli mobilya işletmesinde yaptığı çalışmada, makine başında çalışan personelin kişisel solunabilir toz konsantrasyonlarını ölçmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, zımparalama makinesinde çalışan personelde ortalama toz konsantrasyonunun $3,69 \text{ mg/m}^3$ ile en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, özellikle zımparalama işleminin toz maruziyetini artırdığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde odun tozu patlama risklerini belirlemeyi ve bu riskleri en aza indirmek için öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Türkiye'de bu tür işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından yeterli önlemleri almadığı göz önüne alındığında, özellikle odun tozunun yönetimi ve patlama riskleri konularında farkındalığın artırılması gerekmektedir. Çalışmada, Trabzon ilinde faaliyet gösteren üç farklı mikro ölçekli mobilya atölyesi incelenmiş ve 5x5 matris yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, odun tozu kaynaklı tehlikelerin belirlenmesi, risk seviyelerinin analiz edilmesi ve uygun kontrol önlemlerinin önerilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada incelenen mikro ölçekli mobilya imalat işletmeleri, mobilya ve kapı üretimi, boyama ve yüzey işlemleri gibi faaliyetleri yürütmektedir. İşletmelerden birinde üretim süreçleri sürekli olarak devam ederken, diğer iki işletmede üretim daha az yoğunlukta gerçekleşmektedir. Kullanılan makineler arasında rendeleme makineleri, freze makineleri, daire testere, şerit testere ve torna makineleri yer almaktadır. Çalışan sayısı işletmelerin ölçeğine bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle 1 ile 9 kişi arasında değişmekte olup, işletmelerden birinde yalnızca iki çalışanın bulunduğu tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma mobilya imalat sektöründe faaliyet gösteren mikro ölçekli (1-9 çalışan istihdam edilen işletme) üç mobilya atölyesinde/işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletmeler Trabzon ili Şalpazarı, Beşikdüzü ve Ortahisar ilçelerinde faaliyet göstermektedir. Bu üç işletme, çalışan sayısı, üretimde kullanılan hammadde, üretim araçları, hammadde olarak ahşap ve/veya MDF/yonga levha kullanılması, işyeri düzeni, işyerinde bulunan riskler gibi faktörler açısından sektörde yer alan herhangi bir mobilya imalatı yapan işletmenin özellikleri ile benzer özellikler göstermektedir. Bu sebep ile bu çalışmada elde edilecek bulgu ve sonuçlar, mikro ölçekli mobilya imalatı yapan tüm işletmeleri kapsayacak şekilde genellenebilir.

Bu çalışmada yöntem olarak 5x5 matris yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, tanımlanan tehlikenin meydana gelme olasılığı ile gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak sonucun şiddetinin derecelendirilerek değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Özkiliç, 2005). 5x5 matrisin, içsel ve dışsal faktörlerin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesini mümkün kılması da bir diğer önemli avantajıdır. Mobilya sektöründe toz patlaması riski yalnızca üretim süreci içindeki fiziksel faktörlerden (toz boyutu, yoğunluğu vb.) değil, aynı zamanda çevresel koşullardan (havalandırma, nem, sıcaklık) ve iş güvenliği eğitiminden de etkilenebilir. 5x5 matris

yöntemi, bu içsel ve dışsal faktörleri birlikte değerlendirerek, her iki grup arasındaki etkileşimi anlamaya yardımcı olur. Bu, daha kapsamlı bir risk değerlendirmesi sağlar ve işletmelere yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda çalışma ortamlarını da gözden geçirme fırsatı sunar. Bu yöntemde, bir olayın meydana gelme olasılığı ile meydana geldikten sonraki sonuçlarının derecelendirilmesi ve ölçümü yapılmaktadır (Özkiliç, 2005). Bu süreçte, tehlike ve risklere ait olasılık (O) ve şiddet (Ş) değerlerinin çarpımından risk puanı (RP) değerleri elde edilir. Elde edilen bu risk puanı değerleri, matris tablosundaki uygun yerlere yazılarak görsel bir analiz sağlanır. Bu yöntem, iş yerindeki tehlikelerin daha hızlı ve etkili bir şekilde belirlenmesini sağlayarak, önleyici tedbirlerin alınmasına olanak tanır. Tehlikeler belirlendikten sonra, risklerin değerlendirilmesi aşamasına geçilir. Bu süreçte, olayın gerçekleşme olasılığı tespit edilerek bir skor belirlenir. Olasılık derecelendirilirken, dikey ekseninde çok düşükten çok yükseğe kadar beş farklı kategori kullanılır. Olayın gerçekleşmesi durumunda oluşacak şiddet de tespit edilerek bir skor belirlenir. Şiddet derecelendirilirken, çok hafiften çok ciddiye kadar beş farklı seviyede sınıflandırma yapılır. Bu sınıflandırma, meydana gelebilecek olayların olumsuz etkilerini anlamak ve bu etkilere göre önceliklendirme yapmak için kritik öneme sahiptir.

Bu yöntem, riskin gerçekleşme olasılığına dayalı olarak belirlenen olasılık değerlerinin hesaplanmasını içermektedir. Söz konusu değerler, olası tehlikelerin meydana gelme sıklığını anlamak ve değerlendirmek için kritik bir başlangıç noktası oluşturmaktadır. Takiben, riskin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek etkilerin ciddiyetine göre derecelendirilen şiddet değerleri belirlenmektedir. Şiddet değerleri, bir olayın gerçekleşmesi halinde meydana gelebilecek olumsuz sonuçların büyüklüğünü ve önemini kavramak açısından önemli bir bileşendir. Bu iki temel bileşen, yani olasılık ve şiddet değerleri birbiriyle çarpılarak risk skoru elde edilmektedir. Tablo 1'de, 5x5 matris yöntemi ile hesaplanan risk skorlarının derecelendirmeleri gösterilmektedir. Bu matris, farklı olasılık ve şiddet seviyelerini bir araya getirerek, her bir riskin genel önem düzeyini belirlemeye olanak sağlamaktadır. Risk skorları, iş yerindeki tehlikelerin önceliklendirilmesine ve hangi alanlarda acil önlemler alınması gerektiğine dair stratejik bir perspektif sunmaktadır. Matris yöntemi ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, risklerin kabul edilebilirlik seviyeleri de belirlenmektedir. Kabul edilebilirlik seviyeleri, iş yerinde risklerin yönetimine yönelik alınması gereken önlemleri tanımlayarak rehberlik etmektedir. Bu bağlamda, riskin kabul edilebilirlik seviyeleri, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) politikalarının geliştirilmesine katkıda bulunmakta ve çalışanların güvenli bir çalışma ortamında bulunmalarını sağlamak amacıyla önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Erdim vd., 2010).

Bu çalışmada, mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde risk değerlendirmesi, iş sağlığı ve güvenliği alanında eğitim almış uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sürecinde, iş yerindeki olası tehlikeleri tanımlamak, risk analizi yapmak ve uygun kontrol önlemlerini belirlemek amacıyla farklı uzmanların görüşlerine de başvurulmuştur. Risk değerlendirmesi; saha ziyaretleri, gözlemler ve işletmelerde çalışanlarla yapılan görüşmelerin yanı sıra mevcut yasal düzenlemeler ve iş sağlığı ve güvenliği standartları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1

Matris Yöntemine Göre Risk Derecelendirme Tablosu (Erdim vd., 2010)

		İlkyardımla hemen giderilebilir yaralanma/ İş saati kaybı yok	Ayakta tedavi edilebilir yaralanma /İşgünü kaybı yok	Yatarak tedavi gerektiren yaralanma / Kısa süreli iş göremezlik	Uzun süreli yatarak tedavi gerektiren yaralanma veya meslek hastalığı / Uzun süreli iş göremezlik	Uzuv kaybı veya ölüm/ Sürekli iş göremezlik
		1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
Hemen hiç	1 Çok Küçük	1 Anlamsız	2 Düşük	3 Düşük	4 Düşük	5 Düşük
Çok az (Yılda bir kez)	2 Küçük	2 Düşük	4 Düşük	6 Düşük	8 Orta	10 Orta
Az (Yılda birkaç kez)	3 Orta	3 Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Ciddi

Tablo 1

Devam ediyor

Sıklıkla (Ayda bir kez)	4 Yüksek	4 Düşük	8 Orta	12 Orta	16 Ciddi	20 Ciddi
Çok sık (Haftada bir)	5 Çok Yüksek	5 Düşük	10 Orta	15 Ciddi	20 Ciddi	25 Tolere Edilemez

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, üç farklı işletmede sektörel özelliklere göre tespit edilen tehlikeler tanımlanmış, özellikle toz patlaması riski açısından bu tehlikelerin yaratabileceği riskler belirlenmiş ve analiz edilerek derecelendirilmiştir. Derecelendirme sonuçlarına dayanarak, düzeltici ve önleyici faaliyetler aşama aşama belirlenmiş ve bu faaliyetlerin ardından risklerin kabul edilebilir seviyelere inip inmediği değerlendirilmiştir. Risklerin belirlenmesi amacıyla seçilen işletmeler düzenli olarak gözlemlenmiş ve yapılan gözlemler sonucunda risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu süreçte toplamda 64 adet tehlike tespit edilmiştir. Belirlenen tehlikelerin tamamı kapsamlı bir şekilde incelenmiş, her birinin olasılık ve şiddet değerleri sistematik bir şekilde derecelendirilerek risk seviyeleri hesaplanmıştır.

Matris yöntemine dayalı bu değerlendirme sonuçları, ilgili Tablo 2, 3 ve 4'te detaylı olarak sunulmuştur. Bu tablolar, risk yönetimi sürecinin etkinliğini ve alınan önlemlerin sonuçlarını görsel olarak desteklemektedir.

A İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli olup bir binanın zemin katında faaliyet göstermektedir ve iki personel tarafından işletilmektedir. Ana faaliyet alanları arasında mobilya üretimi ve boyama işlemleri bulunmaktadır. Bu süreçlerde kullanılan malzemeler ve kimyasallar, işletme içerisinde depolanmakta ve bu durum yangın ve patlama riski açısından dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. İşletmede standart bir aydınlatma sistemi kullanılmakta ve elektrik panosu, operasyon alanının içinde yer almaktadır. Ancak, çeşitli kimyasal maddelerin depolanması, özellikle yangın ve patlama risklerini artırmaktadır. Mevcut havalandırma, yalnızca kapıların açılmasıyla sağlanan doğal havalandırma ile sınırlı olup, bu durum yeterli hava akımı (sirkülasyon) sağlamada yeterli olmayabilir. Başka bir havalandırma sisteminin bulunmaması, işletme içinde gazların veya tozların havada birikmesine neden olabilir. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları ise Tablo 2'de sunulmuştur.

B İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli bir kuruluş olarak, bir mahalledeki binanın zemin katında faaliyet göstermektedir. Alanı sınırlı olan bu işletme, yalnızca temel ekipmanlara sahiptir. İşletmenin günlük faaliyetleri sürekli değil, gün içerisinde belirli zaman dilimlerinde gerçekleştirilmekte olup, günlük çalışma süresi yalnızca birkaç saatle sınırlıdır. Çalışma süresinin sınırlı olması, toz oluşumunun da sınırlı kalmasına neden olmuştur. Bu durum, iş atmosferinde oluşan toz yoğunluğunun, toz patlamasına yol açabilecek seviyelere ulaşmasını engelleyen bir faktör olarak değerlendirilebilir. İşletme içinde gözlemlenen risk unsurları arasında, özellikle bir adet gaz tüpünün bulunması dikkat çekicidir. Gaz tüpü, yangın ve patlama gibi ciddi potansiyel tehlikeleri beraberinde getirmektedir. Ayrıca, işletme içinde yangın güvenliği açısından yeterli önlemlerin alınmaması, bu riski daha da artırmaktadır. Havalandırma sistemi yalnızca doğal yöntemlerle, kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu yetersiz havalandırma koşulları, iç mekândaki hava sirkülasyonunun sınırlı kalmasına yol açarak havaya karışan toz miktarının artmasına neden olabilmektedir. Bu durum toz patlaması riski açısından olumsuz bir etki oluşturabilir. Isınma amacıyla işletme içinde kullanılan soba, toz patlaması riski açısından önemli bir tutuşturucu kaynak olarak değerlendirilmektedir. Sobanın kullanımı ve yerleştirilmesi gibi unsurlar doğru şekilde yönetilmediğinde, yüksek sıcaklık veya kıvılcımlar nedeniyle toz patlamasını tetikleme olasılığını artırabilir. Bu nedenle, sobanın etrafındaki alanın düzenli olarak temizlenmesi ve sobanın güvenli bir şekilde monte edilmesi önem arz etmektedir. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları, Tablo 3'te sunulmuştur.

C İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli olup mobilya ve kapı üretimi yapmaktadır. Günlük üretim faaliyeti süreklilik göstermektedir. Üretim sürecinde bazı makinelerde toz toplama sistemleri bulunmaktadır. İşletmenin aydınlatılmasında enerji tasarrufu sağlayan floresan lamba kullanılmaktadır. Havalandırma, işletme içindeki kapı ve pencereler aracılığıyla doğal yollarla yapılmaktadır. Ancak bu havalandırma sistemi, işletmenin tüm bölümlerine etkili bir şekilde ulaşamamaktadır. Özellikle kimyasalların depolandığı alanlar ve makinelerin bulunduğu bölgelerde yetersiz hava akımı, toz patlaması açısından ciddi riskler ortaya çıkarmaktadır. Bu alanlarda yeterli hava akışının olmaması, havada askıda kalan tozların birikmesine ve patlama riskini artıran tehlikeli bir ortam oluşmasına neden olabilir. Yetersiz havalandırma, patlama sınırına ulaşabilecek toz konsantrasyonlarının meydana gelmesini kolaylaştırabilir. İşletme içinde çeşitli kimyasalların yanı sıra, bazı ekipmanların üzerinde benzin şişeleri bulundurulmaktadır. Bu durum, özellikle havada biriken tozlarla birleştiğinde, toz patlaması riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle, yangın ve patlama risklerini azaltmak amacıyla önlemler almak hayati önem taşımaktadır. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları detaylı olarak Tablo 4'te sunulmuştur.

Ortaya çıkan bu sonuçlar, yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Simpson tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, ahşap işçiliği yapılan alanlarda havalandırma sistemlerinin incelendiği görülmektedir. Bu araştırma, genel havalandırma koşullarını değerlendirmiştir. Çalışma alanlarından ikisinde, duvar veya çatı fanları şeklinde zorunlu mekanik havalandırma bulunurken, bir alanda doğal havalandırma için çatı havalandırması kullanılmıştır (Simpson vd., 2024). Araştırmaya göre, incelenen üç işletmeden yalnızca birinde havalandırma pencereleri bulunmakta, diğer iki işletmede ise havalandırma yalnızca kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Oral ve Gülsün tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, örnek bir mobilya atölyesindeki çalışma koşulları, makine-insan etkileşimi ve çevresel faktörler bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, çalışma ortamında tutuşma ihtimali yüksek ürünlerin ana malzeme olarak kullanılması nedeniyle yangın tehlikesinin var olduğu belirlenmiştir (Oral ve Gülsün, 2019). Benzer şekilde yapılan bu çalışmada, MDF gibi malzemelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan tozun, ciddi yanma veya patlama tehlikesine yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, kimyasal maddelerin saklandığı dolabın kilitli olmaması, yetkisiz kişilerin bu maddelere erişim riskini artırmakta ve kimyasalların uygun şekilde depolanmaması, fiziksel ve kimyasal etkenlerle etkileşime girerek patlama riskini ortaya çıkarmaktadır. Çalışma ortamlarında boyalar, benzinler ve tinerler gibi kimyasal maddelerin bulunduğu ve bu maddelerin toz patlamasına sebebiyet verebileceği sonucu da ortaya çıkmıştır. Bu kimyasal maddeler, çalışma ortamında toz patlama kriterlerinin oluşmasına neden olabilmektedir.

Öte yandan, Aydoğdu'nun araştırmasında yapılan değerlendirme sonucunda, aydınlatma, toz, gürültü, ortamın termal konforu ve titreşim gibi tehlikeler dikkate alınarak L tipi matris yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sırasında, makinelerin işlenen malzemelerle çevrili olduğu ve kullanım sonrası temizliğinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır. İşyerinde elektrik bağlantı kablolarının dağınık halde bırakıldığı ve prizlerin kapaksız olduğu tespit edilmiştir (Aydoğdu, 2023). Bu çalışmada yapılan gözlemler sonucunda, benzer tehlikelerin bulunduğu gözlenmiştir. Özellikle, makinelerin yan kısımlarında parlayıcı ve patlayıcı maddelerin bulunduğu, elektrik aksamındaki bazı uçların korunaksız bir şekilde açık bırakıldığı ve prizlerin kapaksız olduğu belirlenmiştir. Aksoy ve Keskin'in yürüttüğü çalışmada ise, incelenen ortamın iklimlendirme, havalandırma, gürültü, titreşim ve toz gibi fiziksel faktörler açısından yetersiz olduğu saptanmıştır. Çalışmada, ortamda bulunan tozun yeterli ölçümlere tabi tutulmaması ve maruziyet kaynaklarının varlığı nedeniyle tehlike olasılıklarının yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, makinelerde toz emici sistemlerin bulunmaması veya işlevsel olmaması, çalışma ortamında ciddi riskler doğurmaktadır (Aksoy ve Keskin, 2019). Bu çalışmada incelenen üç küçük ölçekli işletmede ise, alanın sınırlı olması, makinelerde toz toplama sistemlerinin bulunmaması veya yetersiz çalışması gibi problemler tespit edilmiştir. Toz toplama sistemlerinin düzenli bakım ve kontrol eksikliğinin de bu işletmelerde potansiyel bir toz patlaması riskini artırdığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada, iş yerlerinde kimyasal maddelerin uygunsuz bir şekilde bırakıldığı ve kullanıldığı, güvenli depolama alanları yerine doğrudan çalışma ortamında bulundurulduğu tespit edilmiştir. Bu durum, güvenli bir çalışma ortamının sağlanmasında ciddi bir zafiyet yaratmaktadır. Ayrıca, bu tür maddelerin korunmasına yönelik önleyici veya koruyucu tedbirlerin alınmamış olması, toz patlaması gibi ciddi riskleri beraberinde getirmektedir. Özellikle iş yerinde toz oluşumunu artıran faaliyetlerin varlığı, bu maddelerin patlayıcı bir ortam oluşturma potansiyelini daha da güçlendirmektedir. Yetersiz havalandırma sistemleri ve etkisiz doğal havalandırma, havadaki toz yoğunluğunu artırarak patlama riskini yükseltmektedir. Bu bulgular, Yılmaz'ın (2015) mobilya sektöründeki firmaların iş sağlığı ve güvenliği koşullarını incelediği araştırmasıyla paralellik göstermektedir. Yılmaz'ın çalışmasında, patlayıcı madde kullanımından kaynaklanan tehlikelerin önemli bir risk faktörü olduğu belirtilmiş ve yetersiz havalandırma sistemlerinin, tehlikeli buharların ve gazların birikmesine yol açarak iş yerlerinde ciddi riskler oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Bu benzerlik, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yetersizliğinin sektördeki riskleri ne denli artırdığını ortaya koymaktadır.

Güneysu (2016) çalışmasında, işletmede tespit edilen tehlike ve riskler arasında, kazan dairesinin önünde bulunan parlayıcı maddelerin yangın riski yaratabileceği vurgulanmıştır. Araştırma, işletmedeki mevcut düzenlemelerin bu tür risklerin azaltılmasına yeterince katkı sağlamadığını göstermiştir. Bu çalışmada ise, işletmenin iç kısmında, özellikle makinelerin bulunduğu alana yakın konumlandırılmış boya, vernik gibi yanıcı ve patlayıcı özellik taşıyan maddelerin varlığı tespit edilmiştir. Bu durum, yalnızca yangın riski değil, aynı zamanda toz patlaması riski açısından da önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Özellikle yanıcı toz ve patlayıcı madde kombinasyonunun, işletmede ciddi güvenlik tehditleri yarattığı söylenebilir.

Ahşap ve mobilya sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde gerçekleştirilen bu çalışmada, iş yerlerinde güvenli olmayan ısıtıcıların kullanıldığı tespit edilmiştir. Özellikle soba gibi açık alevli ısıtıcıların varlığı önemli bir tehlike unsuru olarak değerlendirilmiştir. Soba kullanımının, yanıcı tozlarla birleştiğinde, 1. derece önemli bir risk oluşturduğu belirlenmiş ve bu durum yangın ve patlama riskini önemli ölçüde artırmaktadır. İncelenen üç işletmeden birinde, ısınma amacıyla kullanılan sobanın, işletme alanının ortasında, yanıcı tozların birikebileceği bir bölgede konumlandığı gözlemlenmiştir. İşletme ortamına yayılan toz ile soba gibi açık alev kaynağının birleşmesi, potansiyel bir toz patlaması riskini doğurmakta ve çalışanların güvenliği açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Benzer bulgular Kaya vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada da elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sektördeki iş sağlığı ve güvenliği risklerinin çeşitliliğini ve ciddiyetini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Tablo 2

A işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Tozların Birikmesi	Tozlar birikerek havada asılı kalabilir ve uygun koşullarda patlayıcı bir ortam oluşturabilir. Özellikle ince parçacıklara sahip tozlar, havada asılı kaldıklarında tutuşma kaynağı ile temas ettiklerinde çok hızlı bir şekilde yanabilir ve patlayabilirler.	3	5	15	Toz birikmesini önlemek için iş yerlerinde düzenli temizlik yapılmalı ve tozlar sürekli olarak temizlenmelidir. Özellikle zeminler, raflar, makineler ve havalandırma kanalları gibi toz birikmeye meyilli alanlar dikkatle izlenmelidir.	1	3	3
2		Toz Birikmesi	Toz patlaması sonucunda ikincil patlamaya sebep olması	2	5	10	Yerde çökelmiş olan tozların ikincil patlamaya sebep olmaması için temizlenmeli	1	2	2
3		Çalışma ortamında patlayıcı gazların bulunması	LPG tüpü gaz kaçırsa, yanıcı tozlar ve gaz bir araya gelerek patlama riski oluşturur. Kaçan gaz, bir kıvılcım veya sıcak bir yüzeyle temas ettiğinde çok büyük bir yangın veya patlama meydana gelebilir.	4	5	20	LPG tüpleri, yanıcı tozların yoğun olduğu ortamlardan uzak tutulmalı ve havalandırması iyi olan, yangın tehlikesi taşımayan alanlarda muhafaza edilmelidir.	1	3	3
4		Havalandırma Yetersizliği	Eğer ortamda iyi bir havalandırma sistemi yoksa hem tozların havada asılı kalması hem de gaz sızıntısı durumunda gazın birikmesi riski artar. Gaz kaçağı ve havadaki yanıcı tozlar patlayıcı bir karışım oluşturabilir.	3	4	12	Hem toz birikimini azaltmak hem de olası gaz kaçaklarını etkisiz hale getirmek için ortamın iyi bir şekilde havalandırıldığından emin olunmalıdır.	2	2	4
5		Toz toplama sisteminin dolması	Toz toplama sistemleri dolduğunda, içlerinde biriken tozlar hava akımı ile daha fazla havalanabilir. Bu, kapalı sistemlerde basıncın artmasına ve toz parçacıklarının yoğun bir şekilde birikerek patlama riskini tetiklemesine neden olabilir. Eğer sistem içinde bir kıvılcım, statik elektrik veya aşırı ısınma gibi bir tutuşma kaynağı bulunursa, bu patlayıcı bir duruma yol açabilir.	4	5	20	Toz toplama sisteminin belli aralıklarla kontrol ederek çalışmasını sağlamak	2	2	4

Tablo 2
Devam ediyor

6		Tıkanma ve Hava Akışının Engellenmesi	Dolmuş bir toz toplama sistemi, hava akışını kısıtlar ve tozların etkili bir şekilde filtrelenmesini engeller. Bu sistemin verimliliğini düşürerek ortamda daha fazla tozun birikmesine ve patlama riskinin artmasına neden olabilir.	4	4	16	Toz toplama sistemlerinin düzenli olarak boşaltılması, temizlenmesi ve bakımlarının yapılması gerekir. Sistemin doluluk oranı sürekli izlenmeli ve kritik seviyelere ulaşmadan boşaltılmalıdır.	2	1	2
7		Toz toplama sisteminin işyerinde bulunan tüm makinelerde olmaması	Tüm makinelerin ortama toz bırakması sonucu toz patlamasına sebep olması	4	5	20	Tüm makinelere gerekli olan toz toplama sistemi kurulması	1	2	2
8		Makinelerin sıcak yüzeylerinde tozların birikmesi	Sıcak yüzeyle biriken tozlar sıcaklığın etkisi ile patlamaya sebep olması	3	5	15	Makinelerin sıcak yüzeylerinin kontrol edilmesi ve aşırı ısınmasının önüne geçilmesi	2	2	4
9		Elektrik tesisatının iç kısımlarına tozların ulaşması ve birikmesi	Elektrik tesisatında biriken tozlar ortaya çıkan bir ark kıvılcımı ile toz patlamamasına sebep olması	3	5	15	Elektrik tesisatının priz kısımlarına tozların ulaşıp birikmesini engellemek	1	3	3
10		Makinelerin elektrik tesisat kablolarında deforme olması	Kablolarda meydana gelen deformasyonlar sonucunda kıvılcım oluşarak toz patlamasına sebep olması	2	5	10	Yıpranan elektrik kablolarının yenilenmesi	1	2	3
11		Çalışma ortamında tiner gibi yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunması	Tiner gibi solventlerin buharları havada kolayca yayılır ve düşük bir tutuşurma kaynağı ile (örneğin kıvılcım, sıcak yüzey veya açık alev) hızla alev alabilir. Eğer ortamda yanıcı tozlar (örneğin odun tozu) birikmişse, bu yangın riski daha da artar.	3	5	15	Ortamdaki yanıcı parlayıcı ve patlayıcı maddeleri güvenli alanlarda depolamak	2	2	4

Tablo 2
Devam ediyor

12		Çalışma ortamında tiner gibi yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunması	Yanıcı tozların olduğu bir ortamda tiner gibi solventlerin buharı, patlayıcı bir karışım oluşturabilir. Eğer bir tutuşurma kaynağı bulunursa hem solvent buharı hem de ortamdaki tozlar büyük bir patlamaya neden olabilir.	3	4	12	Çalışma ortamında tiner kullanılıyorsa, iyi bir havalandırma sistemi bulunmalıdır. Bu hem buharların ortamda birikmesini önler hem de çalışanların zehirli gazları solumasını engeller. Lokal egzoz havalandırma sistemleri, solvent buharlarını doğrudan kaynağından uzaklaştırabilir.	2	2	4
13		Uygun olmayan sistemler ile toz toplanmanın yapılması	Toplanan tozlar çalışma ortamında birikmesi ve toplanması sonucunda tozların ortamda uzaklaştırılmadığı için toz patlamasına sebep olması	4	5	20	Toz toplama sistemi kurarak tozların ayrı bir ortamda birikmesini sağlamak	2	2	4
14		Dış ortamda biriken tozlar dış etkenler sonucunda çalışma ortamındaki havaya karışması	Dış ortamdan gelen tozlar havada asılı kalması ile toz patlamasına sebep olması	2	4	8	Mevcut yerlerde tozların biriktirdikten sonra kısa sürede toplanıp alınmasını sağlamak	1	2	2
15		Çalışma ortamında havalandırma sisteminin olmaması	Ortamda havaya karışan tozun uygun yöntemler ile dışarı atılamaması sonucu havada asılı kalan tozun patlamaya sebep olması	3	5	15	Hava aspiratörleri kullanarak tozların ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamak	2	2	4
16		Çalışma ortamında sıcak yüzeylerin bulunması	Sıcak yüzeyler, tozların veya yanıcı maddelerin üzerinde bulunduğu, bu maddelerin tutuşturulma riskini artırır. Özellikle yanıcı tozlar, yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kolayca tutuşabilir.	3	5	15	Sıcak yüzeyler, uygun ısı yalıtımı ile kaplanarak ısı'nın yayılmasını azaltılmalıdır. Bu, ortamın genel sıcaklığını düşürmeye yardımcı olur.	1	2	2

Tablo 3
B işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Çalışma ortamında MDF tozu bulunması	MDF tozu, ince ve kuru olduğu için uygun koşullar altında toz patlamasına neden olabilir. Özellikle havada yeterli miktarda toz biriktiğinde ve bir kıvılcım ya da ateş kaynağına maruz kaldığında patlayıcı bir karışım oluşabilir.	3	4	12	Kesim, zımparalama gibi işlemler sırasında ortaya çıkan mdf tozun hemen toplanabilmesi için uygun toz toplama sistemleri (örneğin, vakumlu toz toplama sistemleri) kullanılmalıdır.	2	2	4
2		Elektrik panosunun açık olması	Elektrik panosunun açık olması sonucu ark oluşması veya kıvılcım çıkması sonucu toz patlamasına sebep olması	3	4	12	Elektrik panosunda gerekli izolasyonu yaparak çıkabilecek kıvılcımların önlenmesi	2	3	6
3		Kıvılcım Kaynağı	Elektrikli aletler kıvılcım üretebilir. Bu kıvılcımlar, tozun havada asılı olduğu bir ortamda patlamaya neden olabilir.	4	5	20	Toz patlaması riskinin yüksek olduğu ortamlarda kıvılcım oluşturmayacak antistatik veya kıvılcım önleyici aletler kullanılmalıdır.	2	3	6
4		Statik Elektrik	Metal yüzeylere sahip küçük aletler, özellikle iyi topraklanmamışsa statik elektrik birikmesine yol açabilir. Biriken statik elektrik, toz bulutları için bir tutuşturma kaynağı olabilir.	4	5	20	Aletler ve çalışanlar arasında statik elektrik birikmesini önlemek için uygun topraklama ve antistatik ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4
5		Aletlerin Aşınması ve Yıpranması	El aletlerinin düzenli bakımı yapılmadığında, aşınmış yüzeyler ya da bozulmuş kablo izolasyonu, mekanik kıvılcım ya da elektriksel kıvılcım riskini artırabilir.	4	5	20	Aletlerin düzenli bakımı yapılmalı ve toz birikimi önlenmelidir.	2	4	8

Tablo 3
Devam ediyor

6		Yanıcı Malzemelerin Kullanımı	Eğer el aletleri yağ, gres gibi yanıcı malzemelerle kaplıysa, bu malzemelerin varlığı yangın riskini artırabilir.	3	4	12	Aletlerin yağ ve diğer yanıcı maddelerle kaplanmış aletler sık sık temizlenmelidir.	2	3	6
7		Yanıcı Buharlar	Tiner ve boya, buharlaşarak yanıcı buharlar üretir. Bu buharlar, toz patlaması riski taşıyan ortamlarda ek bir tutuşturma kaynağı oluşturabilir.	4	4	16	Tiner ve boya kullanımı sırasında uygun havalandırma sağlanmalı ve yanıcı buharların ortamda birikmesi önlenmelidir.	2	2	4
8		Alevlenme Riski	Tinerin düşük parlama noktası (genellikle 20-30°C civarında) onu oldukça yanıcı hale getirir. Eğer ortamda kıvılcım veya açık alev varsa, tiner buharları kolayca alev alabilir ve patlamaya neden olabilir.	4	4	16	Kıvılcım üreten makineler, sıcak yüzeyler veya açık alevler bu tür yanıcı maddelerle birlikte kullanılırken dikkat edilmelidir. Bu tür kaynaklar ortamdan uzaklaştırılmalı ya da kapalı ve izole edilmelidir.	2	2	4
9		Havada Asılı Madde Yoğunluğu	Tiner ve boya uygulaması sırasında, havaya yayılan ince damlacıklar, tozla birleşerek patlamayı daha da şiddetlendirebilir. Tozla birlikte bir patlama üçgeni oluşmasına katkı sağlarlar.	3	4	12	Eğer mümkünse, solvent bazlı tiner ve boya yerine su bazlı veya alev almaz alternatifler tercih edilmelidir.	1	2	2
10		Yanıcı Gaz	Mutfak tüplerinde bulunan LPG, havayla karıştığında çok tehlikeli bir patlayıcı gaz haline gelir. Gaz sızıntısı olursa ve ortamda yanıcı toz bulunuyorsa, patlamaya neden olabilir.	4	5	20	LPG'nin yoğunluğu havadan daha ağır olduğundan, ortamda sürekli havalandırma sağlanmalı, gazın birikmesi önlenmelidir. Kapalı alanlarda mutfak tüpü kullanımı sınırlanmalı ve hava giriş-çıkışı olan alanlarda tercih edilmelidir.	2	3	6
11		Kaçak Riski	Mutfak tüpünün valf, hortum veya bağlantı noktalarından gaz sızması riski vardır. Bu sızıntı fark edilmeden ortama yayılırsa, kıvılcım, sıcak yüzey veya açık alevle temas ettiğinde patlama gerçekleşebilir.	4	4	16	Mutfak tüpünün hortumları, valfleri ve bağlantı noktaları düzenli olarak kontrol edilmeli ve herhangi bir gaz sızıntısı olup olmadığı tespit edilmelidir. Sızıntı olması durumunda hemen tüp kapatılmalı ve ortam havalandırılmalıdır.	2	3	6

Tablo 3
Devam ediyor

12		Tutuşma Kaynağı	Tüp gazın açığa çıkması ve toz bulutlarıyla karışması durumunda, gaz birincil patlamanın etkisiyle alev alarak çok daha geniş bir yangın ya da patlama alanı oluşturabilir.	3	4	12	Gaz kaçaqlarını erken tespit edebilmek için mutfak tüpünün bulunduğu ortama gaz algılama sensörleri yerleştirilebilir. Bu sayede olası sızıntılar erkenden fark edilir ve müdahale edilebilir.	2	3	6
13		Patlama Riski	LPG'nin basınç altında sıvı halde depolanıyor olması, tüp üzerinde fiziksel bir hasar ya da yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda patlama riskini artırır.	2	4	8	Mutfak tüpleri, sıcak yüzeylerden, kıvılcım ve alevlerden uzak tutulmalı, serin ve iyi havalandırılan ortamlarda muhafaza edilmelidir.	2	2	4
14		Yanıcılık	Kalın toz parçaları genellikle patlamaya yol açmaz çünkü patlamanın gerçekleşebilmesi için tozun ince olması ve havada bir toz bulutu oluşturabilmesi gerekir. Ancak kalın tozlar da ikincil patlamaya sebep olabilir.	3	4	12	Kalın toz parçaları, yangına neden olabilecek ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Sıcak yüzeylerin etrafındaki toz birikimi önlenmelidir.	1	2	2
15		Birikme ve Tutuşma	Kalın toz parçaları makine yüzeylerinde, sıcak yüzeylerde ya da ısı kaynaklarının yakınında birikerek yangına neden olabilir.	3	5	15	Kalın toz parçalarının yüzeylerde birikmesini önlemek için düzenli temizlik yapılmalıdır. Özellikle ısı kaynaklarının, makine motorlarının ve elektrikli ekipmanların bulunduğu alanlar sık sık kontrol edilmelidir.	2	2	4
16		Yanıcılık	İnce toz taneleri, yanıcıdır. Yanıcı tozlar, uygun koşullarda patlayabilirler.	4	5	20	İnce tozların birikmesini ve havaya karışmasını önlemek için etkili toz toplama ve havalandırma sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler, toz birikimini engelleyerek patlama riskini azaltır.	2	3	6

Tablo 3
Devam ediyor

17		Havada Asılı Kalabilme	İnce toz taneleri havada uzun süre asılı kalabilir, bu da toz bulutu oluşturma potansiyelini artırır. Patlamalar genellikle ince tozların havada asılı olduğu ortamlarda gerçekleşir.	4	5	20	İnce tozlar düzenli aralıklarla temizlenmelidir. Özellikle sıcak yüzeyler, makineler ve elektrikli ekipmanlar etrafında toz birikimi engellenmelidir.	2	2	4
18		Tutuşma Kaynakları	İnce tozlar, kıvılcım, açık alev, sıcak yüzeyler, statik elektrik veya mekanik sürtünmeyle kolayca tutuşturulabilir. Tutuşma kaynağı, havada bulunan toz bulutunu patlatabilir.	4	4	16	İnce toz patlamalarını tetikleyebilecek statik elektrik birikimini engellemek için antistatik ekipman ve topraklama kullanılmalıdır.	1	2	2
19		Toz Birikimi ve Patlama	Dolu toz toplama sistemleri, tozların filtrelerde ve torbalarda birikmesine neden olur. Bu birikim, ortamdaki en küçük tutuşturma kaynağıyla (kıvılcım, sıcak yüzey, statik elektrik) temasa geçtiğinde patlamaya neden olabilir.	3	4	12	Toz toplama sistemlerinin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı yapılmalıdır. Filtreler ve toplama torbaları belirli periyotlarda boşaltılmalı ve biriken tozlar uzaklaştırılmalıdır.	2	2	4
20		Hava Akışının Engellenmesi	Dolu filtreler, sistemdeki hava akışını kısıtlar, bu da tozların ortama geri yayılmasına ve toz konsantrasyonunun artmasına yol açar.	3	4	12	Toz toplama sistemine doluluk seviyesi sensörleri takılabilir. Bu sensörler, doluluk oranını izleyerek doluluk seviyesinin kritik bir noktaya ulaştığında uyarı verir.	2	2	4
21		Hava Akışının Engellenmesi	Kısıtlanmış hava akışı, patlama basıncı oluşması için gerekli olan kapalı alan ortamını güçlendirir.	3	3	9	Hava akışını sağlayan fanlar, filtrasyon sistemi ve havalandırma yollarının düzgün çalıştığından emin olunmalıdır. Hava akışı engellenmemeli ve sistem kapasitesi aşılmamalıdır.	2	1	2

Tablo 3
Devam ediyor

22		İkincil Patlamalar	Dolu toz toplama sistemleri, patlama riski arttığında ikincil patlamalara yol açabilir. İlk patlamada havaya karışan tozlar, sistemde biriken tozları harekete geçirip çok daha büyük bir patlama yaratabilir.	3	4	12	Toz toplama sistemlerine basınç tahliye valfleri ve patlama tahliye panelleri gibi ek güvenlik sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler, olası bir patlamayı bastırmak veya yönlendirmek için kritik öneme sahiptir.	2	3	6
23		Yangın	Ahşap tozu, kimyasal maddeler veya diğer yanıcı maddelerin bulunduğu yerlerde soba, bu maddelerin yanmasına ve hızla yayılmasına sebep olabilir.	4	5	20	Çalışma ortamında bulunan ısıtıcılar kaldırılmalıdır.	2	1	2
24		Toz Patlaması	Özellikle ahşap, gibi yanıcı tozların bulunduğu yerlerde soba, toz patlaması için bir tutuşturma kaynağı oluşturabilir. Soba çevresinde asılı kalan tozlar, sıcak yüzeylerle temas ettiğinde kolayca tutuşabilir ve patlamaya yol açabilir.	4	4	16	Eğer soba kullanılması zorunluysa, soba çevresinde hiçbir şekilde yanıcı madde veya toz birikmesine izin verilmemelidir.	3	2	6
25		Tutuşma Kaynağı	Sobanın aşırı ısınması, çalışma ortamındaki asılı kalan tozların ısınıp patlamasına neden olabilir.	3	4	12	Eğer çalışma ortamında yanıcı toz birikimi oluyorsa, soba kullanımı tamamen yasaklanmalıdır. Yanıcı tozların bulunduğu ortamlarda açık alev kaynakları çok tehlikelidir.	2	2	4
26		Toz Birikimi ve Patlama	Tozlu ortamlarda kapaksız priz kullanımı, prizlerin içerisine toz birikmesine neden olabilir. Elektrik prizlerinde biriken tozlar, zamanla bir tutuşma kaynağına dönüşebilir. Bu hem yangın hem de toz patlaması riskini artırır.	4	4	16	Toz, nem veya yanıcı maddelerin olduğu tüm alanlarda kapaklı prizler kullanılmalıdır. Bu prizler, kullanılmadıkları zamanlarda otomatik olarak kapanır ve toz, sıvı veya yabancı maddelerin girişini önler. Aynı zamanda, kapaklı prizler kıvılcım riskini de minimize eder.	1	2	2

Tablo 3
Devam ediyor

27		Çalışma ortamında sıcak yüzeylerin bulunması	Sıcak yüzeyler, tozların veya yanıcı maddelerin üzerinde bulunduğu, bu maddelerin tutuştu- rulma riskini artırır. Özellikle yanıcı tozlar, yük- sek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kolayca tu- tuşabilir.	3	5	15	Sıcak yüzeyler, uygun ısı yalıtımı ile kaplanarak ısının yayılmasını azaltılmalıdır. Bu, ortamın ge- nel sıcaklığını düşürmeye yardımcı olur.	1	2	2
----	---	--	---	---	---	----	---	---	---	---

Tablo 4
C işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Elektrik kablolarının korumasız ve açıkta bu- lunması	Yanıcı toz bulunan ortamlarda açıkta kalan kab- lolar, kısa devre yaparak kıvılcım oluşturabilir. Bu kıvılcımlar, tozun patlayıcı hale gelmesine yol açabilir. Ayrıca, aşırı ısınan kablolar da yan- gın tehlikesi yaratır. Tozla kaplanan kabloların, elektriksel arızaya daha yatkın hale gelmesi ve bu arızanın yangına veya patlamaya neden olma olasılığı yüksektir.	4	4	16	Elektrik kabloları, dayanıklı ve yalıtkan bir malzeme ile kaplanmalıdır. Toz geçirmez kı- lıflar kullanılmalı, kabloların dış etkenlere karşı korunması sağlanmalıdır.	2	2	4
2		Yanıcılık	Yağlar genellikle yüksek yanıcılık özelliğine sa- hiptir ve kıvılcımlarla kolayca alev alabilir. Ya- ğın yanması, özellikle toz patlaması riski taşıyan bir ortamda, zincirleme bir reaksiyon başlatabi- lir.	3	3	9	Yağ bulunan bölgelerde kıvılcım oluşturabile- cek kaynaklar (elektriksel arızalar, statik elekt- rik, sıcak yüzeyler) minimize edilmelidir. Özellikle elektrikli ekipmanlar ve kablolama sistemleri iyi izole edilmelidir.	2	1	2
3		Yüzey Kirlenmesi	Yağ, yüzeylerde biriktiğinde tozların yapışma- sını kolaylaştırarak kalın bir tabaka oluşturur. Bu tabaka, patlayıcı bir ortam yaratabilir.	2	3	6	Yağ bulunan ortamlar düzenli olarak temizlen- meli, yağlı yüzeylerde toz birikmesine izin ve- rilmemelidir.	1	2	2
4		Yanıcı Madde Bulun- ması	Benzin, düşük bir alev noktası (yaklaşık 30 °C) ve yüksek buhar basıncı ile son derece yanıcıdır. Buharları, havada asılı olan tozlar ile yanıcı ka- rışımlar oluşturabilir.	4	4	16	Benzin, uygun, patlamaya dayanıklı ve sızdır- maz kaplarda saklanmalıdır. Bu kapların üze- rinde "yanıcı madde" uyarı işareti bulunmalı- dır.	2	3	6

Tablo 4
Devam ediyor

5		Patlama Riski	Benzin buharları, kapalı veya yarı kapalı alanlarda birikerek patlayıcı ortamlar oluşturabilir. Kıvılcım ya da sıcak yüzey gibi ateşleyici kaynaklarla birleştiğinde ani toz patlamalara yol açabilir.	4	4	16	Benzin bulunan alanlarda etkili bir havalandırma sistemi sağlanmalı, buharların dışarı atılması sağlanmalıdır.	2	2	4
6		Yanıcı Karışım Oluşumu	Sıcak metal yüzeylerde biriken tozlar, yüksek sıcaklıkla birleştiğinde yanıcı bir karışım oluşturabilir. Bu karışım, küçük bir kıvılcım veya ısı kaynağı ile aniden tutuşabilir.	3	3	9	Sıcak metal yüzeylerin düzenli olarak temizlenmesi sağlanmalıdır. Toz birikintileri, her çalışma döngüsünden sonra veya belirli aralıklarla temizlenmelidir.	1	2	2
7		Aşırı Isınma	Metal yüzeylerin ısınması, üzerindeki tozların tutuşmasına ve yangın çıkmasına neden olabilir. Toz birikintileri, sıcak metal yüzeylerde bir ısı yalıtım etkisi yaratarak daha fazla ısınmasına yol açabilir.	3	4	12	Metal yüzeylerin sıcaklıkları düzenli olarak izlenmeli ve aşırı ısınma durumları tespit edilmelidir. Aşırı ısınan yüzeyler, soğutma sistemleri ile kontrol altında tutulmalıdır.	2	2	4
8		Patlama	İnce tozlar, belirli bir konsantrasyonda havada asılı kaldığında patlayıcı bir karışım oluşturabilir. Zeminde biriken toz, havadaki kıvılcım veya ısı kaynakları ile birleştiğinde ani bir patlama meydana getirebilir.	4	4	16	Zeminlerde ince toz birikintilerinin birikmesini önlemek için düzenli temizlik yapılmalıdır.	2	3	6
9		Yangın Tehlikesi	Toz birikintileri, sıcak yüzeylerle temas ettiğinde tutuşabilir. Ayrıca, yanıcı malzemelerle birleştiğinde yangın riskini artırır.	3	4	12	İnce tozların bulunduğu alanlarda açık alev ve kıvılcım kaynakları bulundurulmamalıdır. Elektriksel ekipmanların patlamaya dayanıklı olması gerekmektedir.	1	2	2
10		Uygun Olmayan Elektrik Panoları	Yetersiz tasarım, yanlış montaj veya aşırı yüklenme nedeniyle elektrik panolarında aşırı ısınma meydana gelebilir. Bu durum, kıvılcım oluşmasına sebep olabilir.	3	3	9	Elektrik panoları, yerel ve uluslararası elektrik güvenlik standartlarına uygun olarak tasarlanmalı ve kullanılmalıdır.	2	2	4
11		Yanıcı Toz Birikimi	Havalandırma yokluğunda, ortamda bulunan yanıcı tozlar (örneğin, ahşap tozu) birikerek belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Belirli bir seviyeye ulaştığında, bu tozlar havada asılı kalabilir ve patlama riski oluşturabilir.	3	4	12	Kapalı alanlarda mekanik havalandırma sistemleri kurulmalı ve düzenli olarak bakımı yapılmalıdır. Bu, havadaki toz miktarını azaltır.	2	2	4

Tablo 4
Devam ediyor

12		Ateş Kaynakları ile Etkileşim	Yetersiz havalandırmada biriken yanıcı tozlar, kıvılcım, ısı veya açık ateş gibi ateş kaynaklarıyla etkileşime girdiğinde patlama riski artar. Bu durum, üretim alanında büyük bir tehlike yaratır.	2	3	6	Yanıcı tozların bulunduğu alanlarda ateş kaynakları (kıvılcım çıkaran ekipmanlar, açık alevler) kullanılmamalıdır.	2	1	2
13		İkincil Patlama Riski	İlk patlamadan sonra, ortaya çıkan toz bulutları ve enkaza bağlı olarak ikincil patlamalar meydana gelebilir. Bu durum, daha geniş bir alanın etkilenmesine ve daha fazla hasara neden olabilir.	2	3	6	Üretim süreçlerinde tozların birikimini önlemek için toz toplama sistemleri (vakum sistemleri) kullanılmalıdır.	1	2	2
14		Havada Yüksek Toz Konsantrasyonu	Toz toplama sisteminin etkisiz çalışması, ortamda yanıcı tozların birikmesine neden olur. Bu durum, belirli bir konsantrasyona ulaştığında, patlama riskini artırır.	3	4	12	İş yerinin özelliklerine uygun ve verimli toz toplama sistemleri (vakum sistemleri, filtreleme sistemleri) kullanılmalıdır.	2	2	4
15		Ateş Kaynaklarıyla Etkileşim	Biriken tozlar, açık alevler, kıvılcımlar veya ısı kaynaklarıyla etkileşime girdiğinde aniden tutuşabilir ve toz patlamaları meydana gelebilir.	3	3	9	Yanıcı tozların bulunduğu alanlarda ateş kaynakları (kıvılcım çıkaran ekipmanlar, açık alevler) kullanılmamalıdır.	1	3	3
16		Statik Elektrik Birikimi	Yetersiz toz kontrolü, statik elektrik birikimine neden olabilir. Statik elektrik, tozların tutuşmasına yol açabilecek bir kıvılcım oluşturabilir, bu da patlamayı tetikleyebilir.	3	4	12	Toz toplama sistemleri, düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakım yapılmalıdır. Tıkanıklıkların giderilmesi ve filtrelerin değiştirilmesi önemlidir.	2	3	6
17		İkincil Patlama Riski	İlk patlama sonrası oluşan toz bulutları, başka bir patlamaya neden olabilir. Bu durum, daha fazla hasar ve yaralanmalara yol açar.	2	3	6	İş yerinde düzenli temizlik yapılmalı ve toz birikintileri derhal temizlenmelidir.	1	2	2
18		Ekipman Arızaları	Yetersiz toz toplama, makinelerde toz birikimine neden olabilir. Bu birikim, ekipman arızalarına, aşırı ısınmasına yol açarak toz patlamasına sebep olabilir.	2	3	6	İş yerinin özelliklerine uygun ve verimli toz toplama sistemleri (vakum sistemleri, filtreleme sistemleri) kullanılmalıdır.	1	2	2

Tablo 4
Devam ediyor

19		Patlama Zamanlaması	Yanıcı tozların, havada belirli bir yoğunluğa ulaşması durumunda patlama meydana gelebilir. Bu durum, iş yerinde ani ve yıkıcı olaylara neden olabilir.	3	4	12	İş yerinde düzenli temizlik yapılmalı ve toz birikintileri derhal temizlenmelidir.	2	2	4
20		Yanıcı Toz Birikimi	Tutkallama işlemleri sırasında, ahşap veya diğer malzemelerden kaynaklanan tozlar birikerek, havada belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Bu durum, patlama riski oluşturur.	2	3	6	Tutkallama makinelerinin yanına uygun toz toplama sistemleri (vakum sistemleri) yerleştirilmeli ve düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.	1	2	2
21		Patlama Riski	Kalın toz parçaları, havada asılı kalma potansiyeline sahip olduğunda, belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Bu, patlama riski oluşturur. Özellikle, tozların yanıcı olduğu durumlarda bu risk daha da artar.	3	4	12	Toz toplama sistemlerinin aktif olarak kullanılması sağlayarak kalın tozların birikmesi önlenir.	2	2	4

4. Sonuçlar

Ülkemizde mobilya sektörünün genel görünümünün, ağırlıklı olarak geleneksel yöntemler ile çalışan atölye tipi küçük ölçekli işletmelerin ön planda olduğu bir yapı sergilediği dikkate alındığında, son yıllarda yürürlüğe giren yasal düzenlemelere rağmen, bu işletmelerde iş güvenliği ve risk analizi ile ilgili çalışmalar yeterince önemsenmemekte ve sıkça göz ardı edilmektedir. Örnek vermek gerekirse, Ankara ilinde faaliyet gösteren 10.000'den fazla küçük ve orta ölçekli mobilya işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerin %46'sı 4 kişiden az, %44'ü 4-10 kişi, %8'i 11-25 kişi ve yalnızca %2'si 25 kişiden fazla personel çalıştırmaktadır. Bu veriler, küçük ölçekli işletmelerin sektördeki hakimiyetini ve emek yoğun üretim yapılarının yaygınlığını göstermektedir (Mobilya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, 2024). Küçük ölçekli işletmelerin kısıtlı kaynakları ve bilgi eksiklikleri, bu durumun başlıca sebepleridir. Bu durum hem çalışanların sağlığı ve güvenliğini hem de işyeri güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Çalışma sonucunda toplam 64 risk unsuru tespit edilmiştir. Bu risklerin 30'u "yüksek risk," 28'i "orta risk" ve 6'sı "düşük risk" olarak değerlendirilmiştir. Tespit edilen bu riskler tüm işletmeler açısından değerlendirildiğinde, çalışma ortamında tozların birikmesi, patlayıcı özelliği bulunan LPG tüpünün ortamda bulundurulması, toz toplama torbalarının tozla dolu olması veya toz toplama torbalarının hiç bulunmaması, makine sıcak yüzeylerinde toz birikmesi, elektrik kablolarının açıkta ya da deforme halde bulunması, çalışma ortamında tiner ve benzin gibi yanıcı maddelerin yer alması, kıvılcım etkisi oluşturabilecek soba gibi ekipmanların bulunması ve prizlerin kapaksız olması gibi durumlar toz patlamalarına sebebiyet verebilecek yüksek risk unsurları olarak belirlenmiştir. Bu bulguların ortadan kaldırılması ya da risk seviyelerinin düşürülmesi, mobilya imalatı yapan işletmelerde toz patlaması risklerinin önlenmesi açısından önemlidir. Çalışma ortamının yetersiz havalandırılması, yerde biriken tozların çeşitli etkenler nedeniyle havaya karışabilmesi, MDF tozunun ortamda bulunması ve elektrikli el aletlerinin kullanımı gibi faktörlerin, özellikle bu aletlerde statik elektrik birikmesi durumunda, orta düzey risk faktörleri olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen risklere karşı alınması gereken koruyucu ve önleyici tedbirler, güvenlik yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Koruyucu tedbirler, olay meydana geldikten sonra, kişilerin zarar görmesini engellemeye yönelik alınan önlemler olarak tanımlanabilir. Bu tedbirler, olayın sonuçlarını hafifletmeyi amaçlamakta olup, genellikle olayın etkilerini minimize eden müdahaleleri içerir. Örneğin, yangın söndürme sistemlerinin etkin kullanımı, koruyucu ekipmanların sağlanması ve acil durum müdahale planlarının oluşturulması bu kapsama girmektedir. Önleyici tedbirler ise, olayların meydana gelme sıklığını azaltmaya yönelik stratejilerdir. Bu tedbirler, potansiyel risklerin kaynağında müdahale ederek, tehlike arz eden faktörlerin ortadan kaldırılmasını veya minimize edilmesini sağlamaktadır. Alınan koruyucu ve önleyici tedbirlerin uygulanması sonucunda, tespit edilen risklerin 63'ü düşük risk seviyesine, 1'i ise orta risk seviyesine indirilebileceği öngörülmektedir. Bu durum, etkili bir risk yönetimi yaklaşımının, çalışma ortamındaki güvenliği önemli ölçüde artırabileceğini ve iş sağlığı ve güvenliği standartlarını iyileştirebileceğini göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen işletmeler, toz patlamasına neden olan beş ana faktör (kapalı ortam, tutuşma kaynağı, oksijen, yanıcı toz ve toz bulutu) açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kapalı Ortam: İlk faktör olarak, işletmelerin hepsi kapalı bir ortamda faaliyet göstermektedir. Bu durum, ortamda oluşan tozun hava akışı ile dışarı atılmasını engelleyerek patlama riskini artırmaktadır. İncelenen işletmelerde yeterli bir havalandırma sistemi bulunmadığından, doğal hava akışı yalnızca kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak kapılar her zaman açık kalmadığı için havalandırmanın sürekli sağlanamaması, iş atmosferinde toz miktarının artmasına ve tozun tutuşarak patlamasına neden olabilmektedir. Bu, kapalı ortam faktörünün işletmelerde toz patlaması riskini yükselttiğini göstermektedir.

2. Tutuşma Kaynağı: İkinci olarak, işletmelerde olası bir tutuşma kaynağının varlığı dikkate alınmıştır. Üç işletmede de çeşitli tutuşma kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklar arasında açıkta bırakılmış elektrik prizleri, elektrik panoları, küçük ev aletleri, mutfak tüpleri ve şişelerde depolanan benzin gibi maddeler sayılabilir. Bu unsurlar, işletmelerde yanıcı tozların tutuşmasına ve potansiyel bir patlamaya yol açabilecek

kıvılcımlar veya aşırı ısınma riskine neden olabilmektedir. İşletmelerde bu tür unsurların bulunması, ortamda sürekli bir tutuşma kaynağı tehdidini oluşturmakta ve yangın veya patlama riskini ciddi oranda artırmaktadır.

3. Oksijen: Oksijen, yanmanın ve dolayısıyla patlamanın temel bileşenlerinden biridir. Çalışma yapılan işletmelerin her birinde doğal olarak oksijen bulunmakta, bu da olası bir toz patlaması için gerekli olan üçüncü faktörün var olduğu anlamına gelmektedir. Oksijenin yeterli miktarda mevcut olması, eğer diğer faktörler de hazır ise toz patlaması riskini kaçınılmaz hale getirmektedir.

4. Yanıcı Toz: Yanıcı toz, işletmelerin faaliyet gösterdiği ortamlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak, incelenen üç işletmeden ikisinde toz toplama sistemi bulunmamaktadır. Bu durum, üretim sırasında oluşan tozların işletme içerisinde yayılmasına neden olmaktadır. Oluşan toz, işyeri ortamından uzaklaştırılmadığında, işyeri atmosferinde, işletme tabanında, işletmede kullanılan makine ve donanımların üzerinde birikerek patlamaya neden olabilir. Toz toplama sistemlerinin bulunmaması, yanıcı tozların ortamda kontrolsüz bir şekilde dağılmasına ve uygun koşullarda toz birikimlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Toz toplama sisteminin eksikliği, toz patlaması riskini artıran önemli bir faktördür.

5. Toz Bulutu: Son olarak, işletmelerde toz bulutunun oluşum süresi incelenmiştir. İncelenen üç işletmeden ikisinde sürekli iş yapılmadığı için toz oluşum sıklığı düşük kalmakta, havada asılı halde bulunan tozun süresi kısa olmaktadır. Bu işletmelerde ara sıra oluşan toz bulutları, hızlı bir şekilde çökelmekte ya da dağılmaktadır. Ancak, sürekli aktif olarak çalışan üçüncü işletmede, işlem sırasında sürekli toz üretimi olduğu için havada asılı kalan toz miktarı oldukça yüksektir. Toz bulutunun sürekliliği ve yoğunluğu, bu işletmede diğerlerine göre daha fazla risk oluşturmaktadır. Havada asılı kalan tozun uzun süre ortamda bulunması, kıvılcım veya benzeri bir tutuşma kaynağı ile birleştiğinde patlama riskini doğurabilmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, araştırma yapılan işletmelerde kapalı ortam, tutuşma kaynağı, oksijen, yanıcı toz ve toz bulutu olmak üzere beş ana faktörün mevcut olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak toz patlamaları için bu faktörlerin olması kadar; bu faktörlerin aynı anda bir arada bulunması da gereklidir. Mobilya imalatı sırasında toz oluşumu önlenemese de oluşan tozun ortamdan uzaklaştırılması ile ya da bu da yapılamıyorsa tutuşmaya neden olabilecek faktörler işyeri ortamından kaldırılarak toz patlamasına giden halka kırılabilir. Daha genel bir ifade ile aynı anda beş faktörün işyeri ortamından kaldırılması mümkün olmasa da iyi bir yönetimle bu faktörlerden en az biri ortamdan kaldırılarak toz patlama riski ortadan kaldırılabilir.

Yazar Katkıları

Lokman ODABAŞ: Çalışmayı planlamış, veri toplamış, analiz yapmış ve makaleyi yazmıştır.
Yener TOP: Çalışmayı planlamış, analiz yapmış ve sonuçları değerlendirmiştir.

Kaynaklar

- Abbasi, T. ve Abbasi, S. A. (2007). Dust explosions—Cases, causes, consequences, and control. *Journal Of Hazardous Materials*, 140(1-2), 7-44.
- Akbar-Khanzadeh, F. ve Brillhart, R. L. (2002). Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(3), 341-346.
- Aksoy, E. ve Keskin, H. (2019). Mobilya endüstrisinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risk değerlendirmesi: Begonya mobilya imalat işletmesi örneği. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 46-60.
- Asana, M. M. (2015) *Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları, modellenmesi ve Risk Azaltılması*, (Doktora tezi).
- Aydoğdu, R. (2023). *Ahşap ve mobilya sektöründe Fine-Kinney, HRNS, X tipi ve L tipi matris yöntemleri kullanılarak ve ortam ölçümleriyle risklerin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans tezi.
- Bozkurt, A. Y., & Bozkurt, T. (1979). Ağaç işleyen endüstrilerde sağlık sorunları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 60-67.

- Carton, M., Goldberg, M. ve Luce, D. (2002). Occupational exposure to wood dust. Health effects and exposure limit values. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 50(2), 159-178.
- Dobashi, R. (2009). Risk of dust explosions of combustible nanomaterials. *Journal of Physics*, 170, 1.
- Eckhoff, R. K. ve Li, G. (2021). Industrial dust explosions. A brief review. *Applied Sciences*, 11(4), 1669.
- Erdim, H., Türkmen, A., Atalar, C. ve Tansu, A. (2010). *Ahşap Doğrama Atölyelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği El Kitabı*. Taşova Taş Ocakları Vakfı Yayınları.
- Estrella, X., Guindos, P., Almazán, J. L. ve Malek, S. (2020). Efficient nonlinear modeling of strong wood frame shear walls for mid-rise buildings. *Engineering Structures*, 215, 110670.
- Gül, A. (2024). *Odun Esashi Levha Ürünlerinin Ebatlanmasında Ortaya Çıkan Tozların Ölçümü: Gaziantep İli Örneği*. Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Güneysu, G. (2016). *Bir kereste işletmesi üretim sürecinde iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme çalışması*. Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (1995). *Wood Dust and Formaldehyde*, World Health Organization.
- İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği*. (2012). *Resmî Gazete Sayısı:28509*, Ankara.
- Kaya, E. Ç., İri, N. İ. Ö. ve Pedis, K. (2020). Ahşap ve mobilya imalatı yapan bir işyerinde risklerin belirlenmesi ve örnek risk analiz çalışması. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 25-35.
- Kauffman, C. W. (1982). Agricultural dust explosions in grain handling facilities. *Fuel-air Explosions*, University of Waterloo Press, 305-347.
- Khambekar, J. ve Pittenger, B. H. (2013). Understanding and preventing metal-dust hazards. *Powder Metall.*, 49(4), 39-47.
- Kurban, H. (2015). *Mobilya üretimi yapılan işletmelerde gürültü, titreşim ve odun tozunun ergonomik etkilerinin işçi sağlığı açısından incelenmesi (Bartın örneği)*. Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi.
- Mobilya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, 2024. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara. 10 Şubat 2025 tarihinde https://www.csgeb.gov.tr/Media/tahbdso3/mobilya-sektoru-kkd-rehberi-revizyon_061124.pdf adresinden erişildi.
- Neikov, O. D., Yefimov, N. A. ve Naboychenko, S. (2009). *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders*. Technologies and Applications.
- Oral, T., ve Gülsün, B. (2019). Mobilya Atölyelerinde Fine-Kınney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 1(3), 134-152.
- Özkiliç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*, TİSK Yayınları, Ankara.
- Prakash, A., Fielding, E. J., Gens, R., Van Genderen, J. L. ve Evans, D. L. (2001) Data fusion for investigating land subsidence and coal fire hazards in a coal mining area. *International Journal of Remote Sensing*, 22(6), 921-932.
- Schmidt, C., Westermann, H. H., Thorenz, B. ve Steinhilper, R. (2018). Sustainability of cutting frozen wood- An analysis of buzz saw blades cutting performance depending on wood temperature. *Procedia Manufacturing*, 25, 263-270.
- Shrey, F. (2020). *Studying the Effect of Particle Morphology and Density on Dust Cloud Dynamics in Minimum Ignition Energy (MIE) Device by Digital Inline Holography (DIH) Technique*. Doktora Tezi, Texas A&M University.
- Simpson, A. T., Beattie, H., Lekka, C. ve Keen, C. (2024). Health and Safety Executive research on wood dust exposure controls in British manufacturing. *Annals of Work Exposures and Health*, 68(2), 180-191.
- Vijayaraghavan, G. (2004). *Impact assessment, modelling, and control of dust explosions in chemical process industries*. MTech Thesis, Coimbatore Institute of Technology.
- Yılmaz, K. (2015). *Ağaç İşleri Endüstrisinde İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Mevcut Durumun Belirlenmesi: Mobilya Sektörü Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F. ve Amyotte, P. (2015). Dust explosions: A threat to the process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 57-71.
- Zhou, X., Li, X., Cui, Z., Wu, L., Zhou, H. Ve Lu, X. (2023). Combustible wood dust explosions and impacts on environments and health-A review. *Environmental research*, 216, 114658.

Visual and Colorimetry Assessments of Synthetic Resin Impregnated α -Cellulose Decor Paper Laminated Particleboard Surfaces: A Comparative Study

Halil Turgut Şahin^{1,*}, Emre Beğlen², Uğur Özkan³, Merve Cambazoglu⁴

^{1,3,4} Isparta University of Applied Sciences, Department of Forest Industry Engineering, Isparta, Türkiye

² Isparta University of Applied Sciences, Institute of Graduate Studies, Isparta, Türkiye

Article History

Received: 02.12.2024

Accepted: 12.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article



Abstract – This study aims to visually and instrumentally examine the surfaces of particleboards laminated with white decor paper impregnated with α -cellulose-based melamine resin after treatment with five different surface processing agents. Samples of three different types (-A, -B, -C), each with three different grammages, were evaluated according to the TS EN 14323 standard, and color and texture changes were compared. The data were statistically analyzed using ANOVA and the Duncan test. The lowest brightness value (L^* : 92.79) was found in samples laminated with 110 g/m² grammage B-type decor paper and treated with water (Wa) and acetone (Ac). The a^* color coordinate values were found to be negligible (a^* : <1.0), while variations in the b^* coordinate were calculated at certain levels. The highest change in the b^* coordinate was observed in the acetone-treated surface of the 80 g/m² grammage A-type decor paper (Δb^*A80Ac : 0.51), with a difference of 27.4% compared to the control sample. The most significant color changes were found in the 110 g/m² grammage A-type samples treated with water vapor (ΔE_{A110Wa} : 0.61) and the 80 g/m² grammage B-type samples treated with coffee (ΔE_{B80Co} : 0.68); however, these changes were visually undetectable (ΔE_B : <0.70). The highest color difference was observed in 90 g/m² grammage C-type samples treated with alcohol (ΔE_{C90Al} : 1.48), followed by acetone (ΔE_{C90Ac} : 1.18) and water (ΔE_{C90Wa} : 0.91). The results indicate a strong correlation between visual perception and colorimetric measurements; however, some marginal differences may be overlooked. This study emphasizes that colorimetric assessments provide more precise results compared to visual evaluations.

Keywords – Laminated particleboard, Colorimetry, CIE, $L^*a^*b^*$, Total color difference (ΔE)

Sentetik Reçine Emprenyeli α -Selüloz Dekor Kağıdı Lamine Yonga Levha Yüzeylerinin Görsel ve Kolorimetrik Değerlendirmeleri: Karşılaştırmalı Bir Çalışma

^{1,3,4} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta, Türkiye

Makale Tarihi

Gönderim: 02.12.2024

Kabul: 12.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışma, beyaz dekor kağıdı ile kaplanmış ve α -selüloz bazlı melamin reçine ile emprenye edilmiş yonga levha yüzeylerinin beş farklı yüzey işlem maddesi ile muamele edildikten sonra görsel ve enstrümantal olarak incelenmesini amaçlamaktadır. Üç farklı tür (-A, -B, -C) ve her biri için üç farklı gramajda kaplanmış numuneler TS EN 14323 standardına göre değerlendirilmiş, renk ve doku değişiklikleri karşılaştırılmıştır. Veriler istatistiksel olarak analiz edilerek ANOVA ve Duncan testi kullanılmıştır. En düşük parlaklık değeri (L^* : 92.79) 110 g/m² gramajlı B tipi dekor kağıdı ile kaplanmış ve su (Wa) ile aseton (Ac) ile işlenmiş numunelerde tespit edilmiştir. a^* renk koordinatı değerleri ihmal edilebilir düzeyde (a^* : <1.0) bulunurken, b^* koordinatındaki değişimler belirli seviyelerde hesaplanmıştır. En yüksek b^* değişimi, aseton ile işlem görmüş 80 g/m² gramajlı A tipi kağıtta (Δb^*A80Ac : 0.51, %27.4 fark) gözlenmiştir. En büyük renk değişimi 110 g/m² gramajlı A tipi su buharı ile işlenmiş (ΔE_{A110Wa} : 0.61) ve 80 g/m² gramajlı B tipi kahve ile işlenmiş (ΔE_{B80Co} : 0.68) numunelerde tespit edilmiştir; ancak bu değişimler görsel olarak fark edilemez düzeydedir (ΔE_B : <0.70). En yüksek renk farkı, 90 g/m² gramajlı C tipi alkol ile işlem görmüş numunelerde (ΔE_{C90Al} : 1.48) bulunmuş, bunu aseton (ΔE_{C90Ac} : 1.18) ve su (ΔE_{C90Wa} : 0.91) takip etmiştir. Sonuçlar, görsel algı ile kolorimetrik ölçümler arasında genel olarak iyi bir korelasyon olduğunu, ancak bazı marjinal farklılıkların gözden kaçabileceğini göstermektedir. Çalışma, renk ölçüm analizlerinin görsel değerlendirmelere kıyasla daha hassas sonuçlar sunduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler – Lamine yonga levha, kolorimetri, CIE, $L^*a^*b^*$, Toplam renk farkı (ΔE)

¹  halilsahin@isparta.edu.tr

²  emrebeylen@gmail.com

³  ugurozkan@isparta.edu.tr

⁴  mervecambazoglu@isparta.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

Wood has been one of the primary sources for mankind. Due to its wide range of versatility, it has still widely used materials worldwide. In this context, numerous types of engineering products have been developed and become to be utilized in many end use applications (Ross, 2010; Sahin et al., 2020, Sahin and Onay, 2020). However, wood-composites have gained increasing interest which is considered to be on high value-added engineered materials from once unusable or considered low value wooden materials. Those engineering design wood-composites has begun to be produced in different forms, sizes and usage purposes depending on customer needs over time (Shmulsky and Jones, 2019; Akbulut and Ayrılmış, 2024). Since the 1980s, interest in the application of decorative treatments to wooden materials surfaces by providing alternative patterns, aesthetic appearance and functionality has begun to increase throughout the world (Aksu, 2009; Ross, 2010; Sahin et al., 2024). However, the utilization of cellulosic papers in wood-based composite industry have become widely accepted, and its use as an alternative to solid wood has gradually increased (Akbulut and Ayrılmış, 2024).

As it is well known, cellulose is the main skeletal element of paper and cardboard products, the most abundant natural polymer on earth. Typically, it is found in primitive plants (algae) to highly organized trees, as well as in some animal sources (Fengel and Wegener, 2011). In general, when the hydroxyl groups (functional groups) in the structure of the paper come into contact with water or other chemicals, they can undergo a series of reactions, from the simplest softening, swelling or contraction to the complete disintegration of the sheet structure (Young, 2008). However, decorative papers adhered to wood-based board surfaces are produced from pulp with a high α -cellulose ratio, in weights varying between 30-115 g/m². The high α -cellulose ratio in sheet structure is to ensure that these papers have sufficient resistance and other desired properties for the processes to be applied later (printing, coloring, resin impregnation, etc.) (Aksu, 2009; Muğla, 2010; Sahin et al., 2024). Regarding this issue, first, a pattern or decor is applied (pattern printing once or twice) on raw papers with high α -cellulose content, then ink is applied, and finally reprinting is done (Aksu, 2009; Muğla, 2010). Therefore, those papers must have adequate qualities properties against multi-stage processing before being applied to wood-based boards. Some of the important quality requirements are the a stain-free on the paper surfaces, homogeneous fiber distribution in the sheet structure, and the absence of other quality-degrading features (Nemli, 2003; Aksu, 2009; Muğla, 2010; Akbulut and Ayrılmış, 2024). It has been well established by numerous researchers that the coating of the surfaces of wood-based board products, such as laminates, melamine films, or paper foils made of synthetic materials is very important in the furniture industry, in order to increase both their aesthetic appearance and durability (Nemli, 2003; Aksu, 2009; Muğla, 2010; Akbulut and Ayrılmış, 2024; Beğlen, 2024). Besides conventional instrumental analyses of decor paper laminated wood surfaces, the visual perception of those products is generally applied due to ease of perceptions by qualified test laboratory personnel. Brandt and Shook (2005) conducted a comprehensive review of research on forest product attributes, highlighting that consumer preferences for wood products are influenced by various product characteristics. In addition to these attributes, the color of laminated boards was found to be an important factor, demonstrating that both visual and tactile perceptions play a significant role in shaping consumer perceptions of these products (Broman, 2001; de Morais and Pereira, 2015; Bhatta et al. 2017).

In forest products industry, the time- and cost-effective various type sensory analysis has already applied to evaluate; consumer preferences (Jonsson, 2008), visual and tactile perceptions of wood surface qualities (Broman, 2001), textural characteristics of wood panels (Zhu et al., 2023), naturalness of the surface textures (Bhatta et al., 2017). It has also reported by de Morais and Pereira (2015) that contrasting relationships between tactile and visual appreciation involving multiple senses in people's appreciation assessments. It has hypothesized that asymmetric or high-contrast textural patterns offer a layered visualization, attracting the attention of viewers (Zhu et al., 2023). Decor paper laminated particleboard as a type of wood panel, has unique appearance characteristics, such as grain and color, which can also have psychological and emotional effects. Many previous studies have focused on visual preferences for the appearance by users of wood surfaces (Jonsson et al., 2008; Ho et al., 2015; Jia and Niu, 2017; Zhu et al., 2023). Those research clearly indicate that color, grain, and gloss significantly impact the visual aesthetic evaluations. But in the field of visual perception of wood material science research, some studies have also utilized a biased subjective approach. In a more recent study,

the eye-tracking method has evolved to assess users real-time reactions to products, helping to predict which products they are likely to prefer. (Ho et al., 2015; Miao et al., 2024).

It is an important aspect to explore the visual and instrumental quality checks of synthetic resin impregnated α -Cellulose decor paper laminated wooden substrates as decorative materials with accurately. In this regard, it is essential for evaluating visually graded laminated particleboard surfaces with numerical methods in order to be certificate final product's optical quality properties. In this study, we have aimed to evaluate visually graded decor paper laminated particleboard surfaces against certain surface agents using spectrophotometry measurements. In this case, we have assumed to find feedback for visually laboratory controls by comparing numeric values with visually grading.

2. Material and Methods

In the study, 18 mm decor paper laminated standard particleboards (580-650 kg/m³) which was prepared for general purposes with urea-formaldehyde resin were selected as base material for surface decorative paper lamination. The standard (high α -cellulose ratio) white decor papers (Type-A, Type-B and Type-C) in three different grammages of each group: 80g/m², 90g/m², 110g/m² were used, supplied from the commercially operated a company located in Germany. These papers were undergone standard synthetic resin impregnation process, immersed first in 55% urea-formaldehyde resin pool, followed second in 50-53% melamine-formaldehyde resin bath, then dried at 140-160 °C to establish a total of desired properties which is ready to be glued to standard raw particle board surfaces. The decorative paper laminated panels obtained at the end of these processes were subjected to a series of quality checks, which certified certain surface quality properties. Three different types of decor papers, which are regarded as different shade of white, were tested, A total of 120 samples (ten samples for each condition in each decor paper grammage) were prepared according to dimensions specifies at TS EN 14323 standard, and conditioned at 20 °C and 65% relative humidity. The following surface quality controls were made by qualified testing laboratory personnel at a standard testing laboratory of a particleboard producer, in Türkiye. The materials used in the study were obtained from a particleboard plant that carries out large-scale production.

2.1. Resistance to water vapor

In order to determine the surface staining/discoloration characteristics of the decor paper laminated particleboard when they come into contact with water vapor, the samples are placed on boiling water (> 100°C) and exposed to the steam of boiling water for one hour. After the experiment is completed, the surface is dried, and the surfaces are checked with the naked eye from a distance of 250 mm;

- discoloration,
- gloss changes,
- general appearance and blisters etc.,

Taking into account the factors, the rating is made according to the rating criteria specified in TS EN 14323 below, given by the standards.

Grade 1: Blisters and/or crust separation,

Grade 2: A noticeable change in brightness and/or color,

Grade 3: Moderate change in brightness and/or color,

Grade 4: Slight change in brightness and/or color when viewed only from a certain angle,

Grade 5: No change is seen.

2.2. Resistance to staining

This experiment was carried out to evaluate the material's resistance to various types of stains that it may encounter in daily use. The results obtained determine how resistance of the material is to staining, providing information on areas of use and appropriate maintenance methods. The stain/color resistance properties of decorative paper laminated wood composite surfaces are determined according to TS EN 14323 standards. Three samples of 70x70 mm are utilized in the method. The surfaces of the samples are cleaned with a cloth

dipped in 30% purity ethyl alcohol. The samples are exposed to staining with substances such as water, coffee, alcohol and acetone and kept for a certain period of time. At the end of the test period, the surfaces of the samples are cleaned again and any color change is evaluated according to the rating system outlined in TS EN 14323.

Class 1: Surface deterioration and/or blistering,

Class 2: Significant change in finish and/or color,

Class 3: Noticeable change in finish and/or color,

Class 4: Polish and/or polish visible only from certain viewing angles slight change in color,

Class 5: No visible change.

2.3. Determination of color (CIE L*a*b*) properties of samples

The colour change properties caused by five different selected dyeing effects on the surfaces of decorative paper laminated test specimens were measured according to the CIE L*a*b* (1976) standard. Also colour changes were measured automatically using D65 daylight at a sensor angle of 20/100 and in a standard environment using an X-Rite 962 (Grand Rapids, Michigan) spectrophotometer. Changes in brightness/darkness (L*), redness/greenness (a*) and yellowness/blueness (b*) can be calculated with this device. Some code numbers are given to difference treatments. These are: Ko: control, Wv: water vapor treatment, Co: coffee treatment, Wa: Water treatment, Al: Alcohol treatment, Ac: Acetone treatment. Figure 1 (a-f) shows some test equipment applied in the laboratory environment for staining/color changes of decorative paper laminated samples.



Figure 1. The standard tests for staining resistance quality check in laboratory conditions (a: Test laboratory, b,c: Treatment process, d,e,f: Analysis process)

2.4. Statistical analysis

IBM SPSS Statistics 22 program was used to analyse the data. Analysis of variance (ANOVA) was performed in the statistical evaluation of the data obtained. Data analysis was carried out in the IBM SPSS Statistics 22 program at 95% confidence level. Duncan test was used to compare the samples with each other. Statistical results are categorized as letters with the data in each table. Each group is evaluated within itself.

3. Result and Discussion

Table 1 shows the L* (lightness) properties measured for the controls and the surfaces of particleboard laminated with three different types and grammages of decorative paper, after five different surface treatments. For controls, the highest lightness value of 95.04 (metric) was found with A-type of 80 g/m² while the lowest value of 92.65 (metric) was found with B-type of 110 g/m² decor paper laminate surfaces, respectively. Those values were indicated only 2.5% differences from control samples, which is in three type of decor papers from three

different grammage white color tones. However, surface treatments appeared to marginally lightness value changes, which could not be difference by visually (<1.0 point) in all conditions regardless of treatment chemicals, type of or grammage of laminated decor papers. Moreover, the highest lightness value of 95.55 (metric) was found C-type with water treatments and the lowest lightness value of 92.69 (metric) was found with B-type in 110 g/m² decor paper treated with water vapor (Wv), which only show approximately 0.2% and 0.6% differences from counterpart controls, respectively (L*C110: 94.98 and L*B110: 92.65). These could be expected, considering in a strict manufacturing process with utilizing very durable and hard surface thermoset resin formulations (melamine- and urea-formaldehyde) established on those samples (Beğlen, 2024).

Table 1

Lightness (L*) properties of samples

Samples	80 g/m ²			90 g/m ²			110 g/m ²		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K0	95.04(a) (0.15)	93.42(b) (0.90)	94.61(a) (0.09)	94.94(a) (0.14)	93.31(a) (0.08)	94.72(d) (0.07)	94.58(a) (0.13)	92.65(a) (0.21)	94.98(a) (0.18)
Wv	95.46(e) (0.05)	93.71(f) (0.08)	94.85(b) (0.08)	95.40(f) (0.09)	93.66(b) (0.19)	95.04(f) (0.47)	95.19(f) (0.09)	92.69(b) (0.11)	95.31(b) (0.12)
Co	95.10(c) (0.04)	93.37(a) (0.09)	94.95(e) (0.06)	95.25(e) (0.04)	93.67(c) (0.07)	94.87(e) (0.15)	94.86(c) (0.07)	92.71(c) (0.04)	95.46(e) (0.04)
Wa	95.17(d) (0.08)	93.56(e) (0.05)	94.90(c) (0.07)	95.19(d) (0.09)	93.72(d) (0.09)	94.10(c) (0.81)	94.89(d) (0.07)	92.78(e) (0.12)	95.55(f) (0.07)
Al	95.17(d) (0.06)	93.48(c) (0.04)	94.90(c) (0.12)	95.17(c) (0.10)	93.82(e) (0.07)	93.30(a) (1.74)	94.85(b) (0.08)	92.75(d) (0.10)	95.32(c) (0.04)
Ac	95.06(b) (0.14)	93.51(d) (0.12)	94.92(d) (0.13)	95.13(b) (0.11)	93.84(f) (0.09)	93.72(b) (1.09)	94.90(e) (0.13)	92.79(f) (0.04)	95.45(d) (0.17)

The numbers and letters in parentheses in Table indicate standard deviations and group differences, respectively.

Table 2 shows the redness-greenness (a*) properties of samples. In contrast to lightness, some level different a* values were calculated for not only controls but also after surface treatments. Initially, some level of different a* color coordinate properties were noted for three different types decor papers which are in the range of a*A90: -1.01 (metric) to a*A80: -1.07 (metric) and a*A110: -1.07 (metric) for A-type decor papers, in range of a*B80: 0.67 (metric) to a*B90: 0.79 for B-type decor papers, and in range of a*C110: -0.95 (metric) to a*C90: -0.99(metric) for C-type decor papers. It seems the type of decor paper influences a* coordinate properties, while the grammage is not effective compared to relevant controls. However, a* colour coordinate values were found to be negligible for all samples regardless of the treatment conditions. The lowest a* values of -1.03 (metric) were found with water vapor-treated sample for A-type decor papers, 0.58 (metric) found with acetone-treated sample for B-type papers, and -0.69 (metric) for C-type papers, respectively.

Table 2

Redness- greenness (a*) properties of samples

Samples	80 g/m ²			90 g/m ²			110 g/m ²		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K0	-1.07(c) (0.06)	0.67(d) (0.10)	-0.98(a) (0.11)	-1.01(e) (0.09)	0.72(a) (0.06)	-0.99(a) (0.01)	-1.07(b) (0.06)	0.71(d) (0.04)	-0.95(e) (0.04)
Wv	-1.05(e) (0.03)	0.65(c) (0.14)	-0.81(c) (0.02)	-1.05(d) (0.03)	0.93(d) (0.04)	-0.77(b) (0.08)	-1.03(e) (0.02)	0.62(a) (0.05)	-1.01(b) (0.05)
Co	-1.08(b) (0.08)	0.72(f) (0.00)	-0.80(d) (0.02)	-1.07(c) (0.02)	0.96(f) (0.02)	-0.76(c) (0.05)	-1.05(d) (0.02)	0.64(b) (0.04)	-0.98(c) (0.08)
Wa	-1.05(e) (0.05)	0.61(b) (0.07)	-0.83(b) (0.02)	-1.09(b) (0.01)	0.95(e) (0.03)	-0.73(d) (0.13)	-1.06(c) (0.02)	0.64(b) (0.05)	-0.97(d) (0.02)
Al	-1.06(d) (0.02)	0.69(e) (0.04)	-0.81(c) (0.02)	-1.09(b) (0.03)	0.90(c) (0.04)	-0.69(e) (0.11)	-1.07(b) (0.03)	0.67(c) (0.05)	-1.02(a) (0.01)
Ac	-1.09(a) (0.01)	0.58(a) (0.06)	-0.81(c) (0.04)	-1.10(a) (0.04)	0.89(b) (0.02)	-0.73(d) (0.08)	-1.08(a) (0.02)	0.67(c) (0.03)	-1.02(a) (0.02)

Table 3 shows the yellow-blue (b*) color properties that were found after five different surface treatments of the similar samples. Although the grammage changes appear to not influence b* values, in contrast to L* and a* coordinates, considerably different b* properties were found initially at three different type of decor papers. Values are clearly indicated that there is a distinct difference between type of decor papers which is subjected to lamination on particleboard surfaces. After the treatments by five different agents, there is also considerably different b* values were found, either increase or decrease according to counterpart control sample. The highest b* coordinate changes were found with acetone treated 80 g/m² decor paper surface (Δb^*A80Ac : 0.51)

for A-type decor papers, followed by water treated 90 g/m² decor paper surface (Δb^*C90Wa : -0.60) for C-type decor papers, and by coffee treated 90 g/m² decor paper surface (Δb^*B90Co : 0.41) for B-type decor papers, in that order. Those values calculated to be 27.4%, 15.9% and 5.6% different from controls, respectively.

Table 3

Yellowness-blueness (b^*) properties of samples

Samples	80 g/m ²			90 g/m ²			110 g/m ²		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K0	1.86(a) (0.12)	6.88(b) (0.31)	3.96(e) (0.16)	1.87(f) (0.15)	6.98(b) (0.06)	3.78(d) (0.14)	1.97(f) (0.09)	6.42(f) (0.11)	4.29(d) (0.15)
Wv	1.93(b) (0.08)	6.60(a) (0.31)	3.88(c) (0.06)	1.76(b) (0.05)	6.90(a) (0.06)	3.80(e) (0.15)	1.91(e) (0.08)	6.19(a) (0.07)	4.07(a) (0.09)
Co	1.95(c) (0.06)	7.55(f) (0.07)	3.94(d) (0.01)	1.83(e) (0.81)	7.39(f) (0.19)	3.91(f) (0.05)	1.84(c) (0.08)	6.22(c) (0.04)	4.20(b) (0.08)
Wa	2.03(d) (0.03)	7.20(e) (0.20)	3.80(a) (0.08)	1.75(a) (0.04)	7.24(e) (0.13)	3.18(a) (0.59)	1.87(d) (0.03)	6.21(b) (0.09)	4.39(e) (0.04)
Al	2.30(e) (0.12)	7.15(d) (0.09)	3.88(c) (0.09)	1.77(c) (0.07)	6.99(c) (0.13)	3.48(c) (0.54)	1.79(b) (0.05)	6.30(e) (0.13)	4.20(b) (0.04)
Ac	2.37(f) (0.26)	6.90(c) (0.13)	3.82(b) (0.13)	1.81(d) (0.08)	7.14(d) (0.11)	3.22(b) (0.54)	1.77(a) (0.08)	6.28(d) (0.10)	4.28(c) (0.08)

The numbers and letters in parentheses in Table indicate standard deviations and group differences, respectively

Total color difference (ΔE) is a single numeric value that is commonly used to separate between two colors. This numeric value (metric) allows quantified examination of materials, which is of great importance to those materials that are color-critical. Numerous researchers have already well established to use total color difference (ΔE) to evaluate wooden products for evaluating surface discoloration properties (Sahin et al., 2011; Wei et al., 2017; Beğlen, 2024). In this sense, we have also used color coordinate values to calculate total color difference properties of surface treated decor paper laminated particleboard.

Figure 2 shows the total color difference properties (ΔE) of three types of decor papers which were prepared from three different grammages, subjected to quality check against five different surface treatments. The highest color change values of $\Delta EA110$: 0.61 (metric) and $\Delta EA90$: 0.47 (metric) were found with water vapor-treated samples of 110 g/m² and 90 g/m² decor paper surfaces, $\Delta EA80$: 0.46 (metric) with alcohol-treated 80 g/m² decor paper surfaces, respectively. It could be seen that there are only marginally discolorations were noted (ΔEA : <0.70) for all A-type decor papers, regardless of treatment conditions and grammage of laminated papers. Those level of color changes were reported to be not visually perceived by human eye (Kotradyova et al., 2012). The similar results were also found with B-type papers (Fig.2B) that the color difference was found to be in range of $\Delta EB80AC$: 0.13 (metric) with acetone-treated to $\Delta EB80Co$: 0.68 (metric) with coffee treatment at 80 g/m² laminated paper surfaces. These values appeared to be not visually perceived and could be negligible discolorations (ΔEB : <0.70) for all B-type laminated samples, regardless of treatment conditions and grammage of papers.

For C-type of decor papers (Fig. 2C), except samples of water, alcohol and acetone-treated 80 g/m² decor paper surfaces, all other samples show negligible discolorations (ΔEC : <0.70), in all treatment conditions, regardless of grammages and treatment conditions. However, acetone and alcohol-treated 90 g/m² C-type decor paper surfaces show a high level of (ΔE :> 1.0) discoloration properties, compare to all other samples. In this study, the highest color difference value of $\Delta EC90Al$: 1.48 (metric) was found with alcohol treatment, followed by $\Delta EC90AC$: 1.18 (metric) with acetone-treated and $\Delta EC90Wa$: 0.91 (metric) with water-treated in 90 g/m² grammage C-type decor papers, in that order.

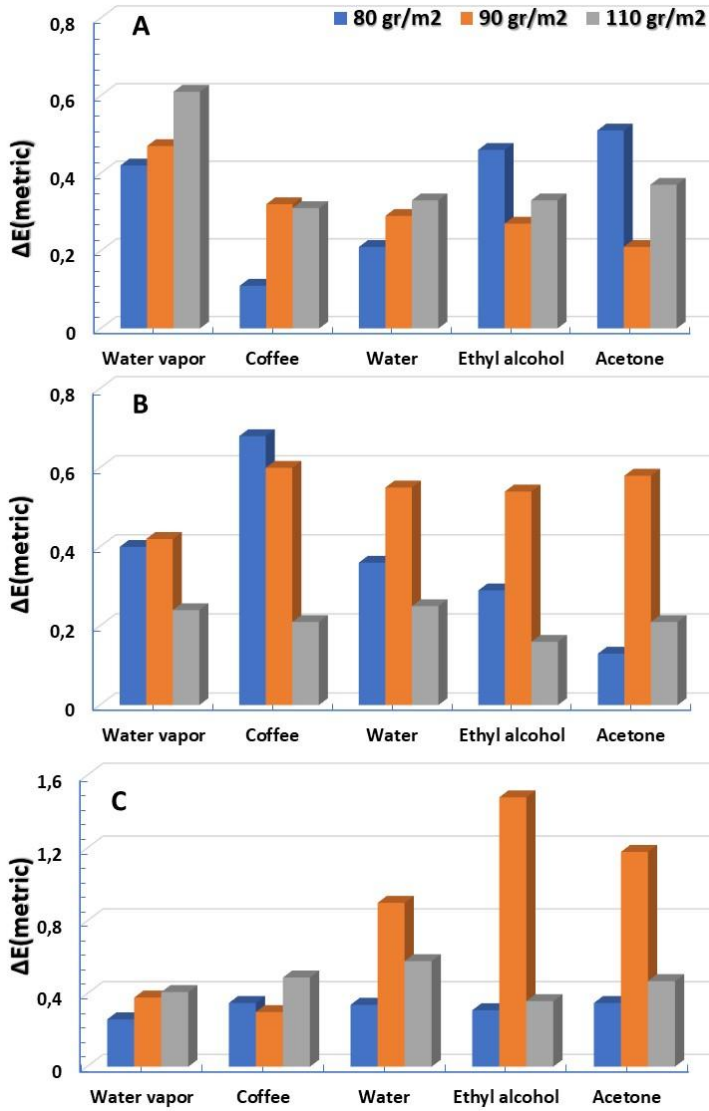


Figure 2. Total color changes of laminated decor papers after five different surface treatments (A: A-type decor papers, B: B-type decor papers, C: C-type decor papers)

Due to time effective approach, surface quality of wooden products (i.e., decor paper laminated wood-based composite products) are often determined visually (sensory analyses) by expert personnel in plants quality testing laboratories. In many cases, these methods have usually worked well when checks made by qualified persons at similar evaluation procedures. However, there have been plenty of literature reports regarding visual perception of wood-based materials while there is increasing interest in combination of visual perception with colorimetric analysis in recent years. Moreover aesthetic perception of orcahr woods colors evaluated by combining questionnaire and colorimetric measurements (Sahin and Onay, 2020). The color, texture and gloss reported to be positively the aesthetic perception of the end user by providing sensory stimuli (Ho et al., 2015). In addition, a more objective methods have also been developed to understand consumers aesthetic perception and quality controls by combining questionnaire and eye movement tracking methods (Jia and Niu, 2017). But it has suggested that it is better to analysis aesthetic preferences to more accurately meet the perceptual needs, using quantitative approaches alone and/or combinations with sensory analyzed (Ho et al., 2015; de Moraes and Pereira, 2015; Sahin and Onay, 2020; Zhu et al., 2023). In our study, approximately 120 particleboard samples were investigated, laminated with three different types of decor papers, each of which has three different grammages. All those treated with five different surface staining agents were evaluated by visual perception with qualified laboratory laboratory personnel and quantitatively by a colorimetric method to compare those results.

In terms of TS EN 14323 standard for water vapor treatment analysis, the visually perceived average grades were noted to be 4.45 (S: 0.51) for 80 g/m² laminated samples, 4.55 (S: 0.52) for 90 g/m² laminated samples, and 4.35 (S: 0.49) for 110 g/m² laminated samples, respectively. When we were investigated those samples instrumentally, the color coordinate differences for water vapor-treated samples were found to be only marginally variations (<1.0 point) (Tables 1-3). The total color changes were also found to be <1.0, for all three different type papers regardless of grammages (Figure 2). In terms of TS EN 14323 standard for surface coffee contact analysis, the visually perceived average grades were assessed to be 5.0 (S: 0.0), regardless of the type of laminations. However, all three color coordinate differences and total color differences were found to be marginally changed (<1.0 point) (Tables 1-3, Fig. 2), even <0.5 point in most cases.

In terms of TS EN 14323 standard for surface water contact analysis, like coffee analysis, almost similar trend was observed that all visually perceived average grades were established to be 5.0 (S: 0.0) for all the types of papers and grammages. However, the color coordinate differences and total color differences were also found to be marginally changed (<1.0 point) (Tables 1-3, Fig. 2), even <0.5 point in most cases. In terms of TS EN 14323 standard for surface ethyl alcohol contact analysis, all visually perceived average assessments were established to be 5.0 (S: 0.0) for all types of papers and grammages. Although 80 g/m² and 110 g/m² decor paper laminated samples show negligible color changes and like coffee and water conditions (<1.0 point) in all cases, some noticeable differences were noted for C-type 90 g/m² decor paper laminated samples that the total color difference was found to be ΔE_{C90Al} : 1.48 (metric) which is the highest difference noted in this study.

In terms of TS EN 14323 standard for surface acetone contact analysis, like water vapor-, coffee-, water- and ethyl alcohol analysis, all visually perceived average grades were established to be 5.0 (S: 0.0) for all type of papers and grammages. However, only 90 g/m² decor paper laminated sample show $\Delta E > 1.0$ (metric) difference value of ΔE_{C90Ac} : 1.18 (metric) from counterpart control while rest of samples show negligible color coordinate and total color changes (<1.0 point), regardless of grammages of C-type decor papers laminated samples.

4. Conclusions

This study aims to answer the question of whether there is any relationship between visual perceptions and numerical measurements. The results show a high degree of consistency across measurement methods. There is a very strict manufacturing process for synthetic resin- impregnated α - cellulose decor paper lamination to particleboard surfaces, that could be very durable and have hard surface properties established against deteriorating agents. In this context, this research highlights the importance of properties such as visually and instrumentally determination of discoloration of decor paper laminated particleboard surfaces, which are essential for optimizing the quality of products. It is already well presented that ΔE is measured on a scale from 0 to 100, with 0 indicating less colour difference and 100 indicating full distortion. Regarding that issue, it is suggested by a number of researchers that $\Delta E < 1.0$: not perceptible by the human eye but $1.0 < \Delta E < 2.0$: could be perceptible through close observation while $\Delta E > 3.0$ could be perceptible at a glance (Sahin et al., 2011; Sahin and Onay, 2020). Therefore, it appeared ethyl alcohol and acetone-treated 90 g/m² decor paper laminated sample mistakenly was perceived/graded by visually (ΔE_{C90Al} : 1.48 and ΔE_{C90Ac} : 1.18). It could be recognized that evaluation of color changes from different types of papers at the same particleboard surfaces at similar treatment conditions is a challenging topic. However, those colorimetric results clearly point towards the visual perception is that well-designed up to some limitations while some level of alterations in the designed colors in the decor paper laminated particleboard. In that case, spectrometry measurements, which are a high sensitive numeric methods could be utilized to check the final optical properties of laminated samples if very high sensitivity necessary.

Author Contributions

Halil Turgut Şahin: Conceptualization, Project administration, Writing – review & editing.

Emre Beğlen: Methodology, Investigation, Data curation.

Uğur Özkan: Methodology, Investigation, Writing – review & editing, Validation.

Merve Cambazoğlu: Methodology, Investigation, Validation.

Conflict of Interest

The authors have no competing interests to declare that are relevant to the content of this article.

References

- Akbulut, T., Ayrılmış, N. (2024). Yonga Levha Endüstrisi (Particleboard Industry), (Turkish, Abstract in English), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa (İÜC) Yayınevi, 2024. İstanbul. 136p.
- Aksu, S. (2009). Fact of decor paper and resin type to physical mechanic and surface quality of particleboard, (MSc thesis), (Turkish, Abstract in English), Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Products Engineering, Bartın-Türkiye.
- Beğlen, E. (2024). Investigation of the effects of different grammages of decorative paper laminations on particle board properties. (MSc thesis), (Turkish, Abstract in English), Graduate Education Institute, Department of Forest Products Engineering, Isparta-Türkiye.
- Bhatta, S. R., Tiippana, K., Vahtikari, K., Hughes, M., Kytä, M. (2017). Sensory and emotional perception of wooden surfaces through fingertip touch. *Frontiers in Psychology*, 8, 367.
- Brandt, J.P., Shook, S. (2005). Attribute Elicitation: Implications in the Research Context. *Wood Fiber Sci.*, 37, 127–146.
- Broman, N. O. (2001). Aesthetic properties in knotty wood surfaces and their connection with people's preferences. *Journal of Wood Science*, 47, 192-198.
- de Moraes, I. C., Pereira, A. F. (2015). Perceived sensory characteristics of wood by consumers and trained evaluators. *Journal of Sensory Studies*, 30(6), 472-483.
- Fengel, D., Wegener, G. (Eds.). (2011). *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Walter de Gruyter, Berlin. 626p.
- Ho, M. C., Chen, J. M., Huang, R. Y., Shen, M. H., Lu, M. C., Liu, C. J. (2015). Numerical analysis on color preference and visual comfort from eye tracking technique. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015(1), 861610.
- Jia, T.-Y., and Niu, X.-T. (2017). Evaluation of color and visual properties of 22 kinds of redwood, *Journal of Northwest Forestry University* 32(6), 250-258-269.
- Jonsson, O., Lindberg, S., Roos, A., Hugosson, M., Lindström, M. (2008). Consumer perceptions and preferences on solid wood, wood-based panels, and composites: A repertory grid study. *Wood and Fiber Science*, 663-678.
- Kotradzova, V., Teischinger, A., Ebner, G. (2012). Aesthetic performance of different wood species: Visual interaction of human being and wood (by analyzing the colour and the texture of wood separately). *Innovation in Woodworking Industry and Engineering Design*, 1, 25-30.
- Miao, Y., Gao, X., Miao, T., Xu, W. (2024). A study on the visual and tactile perception of oriented strand board combined with consumer-preference analysis. *Coatings*, 14(8), 1000.
- Muğla, K. (2010). The effect of different finishing materials on the surface properties of mdf, Bartın University, (MSc thesis), (Turkish, Abstract in English), Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Products Engineering, Bartın-Türkiye. 107p.
- Nemli, G. (2003). *Sentetik Laminant Endüstrisi. (Turkish language)*, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları. Ders Teksirleri Serisi No: 71, Trabzon, 110 s.
- Ross, R.J. (2010). Forest Products Laboratory. Wood Handbook-Wood as an engineering material, General Technical Report FPLGTR-190, Madison, WI., 508p.
- Sahin, H.T., Arslan, M.B., Korkut, S., Sahin, C. (2011). Colour changes of heat-treated woods of red-bud maple, European hophornbeam and oak. *Color Research & Application*, 36(6), 462-466.

- Sahin, C. K., Topay, M., Var, A. A. (2020). A study on suitability of some wood species for landscape applications: surface color, hardness and roughness changes at outdoor conditions. *Wood Research*, 65(3), 395-404.
- Sahin, C. K., Onay, B. (2020). Alternative wood species for playgrounds wood from fruit trees. *Wood Research*, 65(1), 149-160.
- Sahin, H. T., Beglen, E., Ozkan, U. (2024). Properties of Particle Boards Laminated with Different Grammage Decor Papers. *Journal of Engineering Research and Reports*, 26(7), 269-277.
- Shmulsky, R., Jones, P. D. (2019). Forest products and wood science: an introduction, John Wiley & Sons Ltd. NY. ISBN:9781119426431, 482p.
- TS EN 14323 (2006). Wood-based panels. Melamine faced boards for interior uses. Test methods, Turkish Standard Institute, Ankara, Turkiye.
- Wei, M., Wang, Y., Ma, S., Luo, M. R. (2017). Chromaticity and characterization of whiteness for surface colors. *Optics Express*, 25(23), 27981-27994.
- Young, R. (2008). Historical developments in wood chemistry. *Turkish Journal of Forestry*, 9(1), 1-15.
- Zhu, Y., Wang, Q., Zhao, F. (2023). Wood in office spaces: The impact of different wooden furniture on aesthetic evaluation. *Frontiers in Psychology*, 13, 986627.

Parafin Damlacık Boyutu ve Kullanım Oranının Yüksek Yoğunluklu Lif Levhanın (HDF) Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi

Mehmet Erdal KARA^{1,*}

¹İnönü Mahallesi, Alparslan Türkeş Bulvarı, Altınşehir Sitesi, No: 7/68, 37100 Kastamonu/Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 29.10.2024

Kabul: 28.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışmada, HDF levhalarının bazı fiziksel, teknolojik ve mekanik özellikleri üzerine ultrasonik homojenizasyon yöntemi ile elde edilen parafin emülsiyonlarının türü ve kullanım oranının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla %70 doğu kayını ve %30 karaçam odunu liflerinden 870 kg/m³ yoğunluğunda deney levhaları üretilmiştir. Deney levhalarının üretiminde yapıştırıcı olarak kuru lif ağırlığına göre %1 l oranında %58 katı madde miktarına sahip üre formaldehit (UF) reçinesi verilmiştir. Su itici olarak farklı damlacık boyutuna sahip parafin emülsiyonları kuru life oranla %0,75, %1,0 ve %1,25 oranlarında ilave edilmiştir. Elde edilen deney örneklerinin yüzeye dik yönde çekme direnci testi (TS EN 319), yüzey sağlamlık testi (TS EN 311), 24 saat kalınlık artışı ve su emme testleri (TS EN 317), yüzey absorpsiyon testi (TS EN 382/1) ve serbest formaldehit testi (TS EN 12460-5) standartlarına göre test edilerek kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Test sonuçlarından damlacık boyutu ve kullanım oranının HDF'lerin çekme direnci ve yüzey sağlamlık üzerine belirgin bir etkisi görülmezken, 24 saat kalınlık artışı ve su emme, yüzey absorpsiyon ile serbest formaldehit değerleri üzerine olumlu yönde etkisi olduğu tespit edilmiştir. En iyi değerlere düşük damlacık boyutuna sahip B tipi ve %1 parafin emülsiyonu kullanılan test örneklerinde ulaşılmıştır. Buna göre 24 saat kalınlık artışında %13, 24 saat su emme değerlerinde %23, yüzey absorpsiyon değerlerinde %27 ve serbest formaldehit değerlerinde ise %1 l iyileşme görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak ultrasonik homojenizasyon işlemi ile damlacık boyutu küçülen parafin emülsiyonunun su geçirgenliğinin düşürmesi olarak açıklanmıştır. Araştırma sonunda lif levhanın boyutsal kararlılıkları üzerine etkisi olan yeni teknolojik sistemlerin kullanılması tavsiye edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – HDF, lif levha, paraffin emülsiyonu, ultrasonik homojenizasyon, mekanik ve fiziksel özellikler

The Effect of Paraffin Droplet Size and Usage Amount Ratio on Some Properties of High Density Fiberboard (HDF)

Mehmet Erdal KARA^{1,*}

¹Altınşehir Complex, Apt. 7/68, Alparslan Türkeş Blvd., İnönü Mah., 37100 Kastamonu, Türkiye

Article History

Received: 29.10.2024

Accepted: 28.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – In this study, the effect of the type and usage rate of paraffin emulsions obtained by ultrasonic homogenization method on some physical, technological and mechanical properties of HDF boards was investigated. For this purpose, experimental boards with a density of 870 kg/m³ were produced from 70% eastern beech and 30% larch wood fibers. Urea formaldehyde (UF) resin with 58% solids content at a ratio of 11% by dry fiber weight was used as adhesive in the production of test boards. As a water repellent, paraffin emulsions with different droplet sizes were added at the rates of 0.75%, 1.0% and 1.25% by dry fiber weight. The test specimens were tested according to the tensile strength test (TS EN 319), surface strength test (TS EN 311), thickness swelling and water absorption tests for 24 hours (TS EN 317), surface absorption test (TS EN 382/1) and free formaldehyde test (TS EN 12460-5) standards and compared with the control specimens. From the test results, it was determined that droplet size and usage rate had no significant effect on the tensile strength and surface durability of HDFs, while they had a positive effect on 24 hour thickness swelling and water absorption, surface absorption and free formaldehyde values. The best values were obtained in the test samples with low droplet size type B and 1% paraffin emulsion. Accordingly, there was a 13% improvement in 24 hour thickness swelling, 23% improvement in 24 hour water absorption values, 27% improvement in surface absorption values and 11% improvement in free formaldehyde values. The reason for this situation was explained as the decrease in the water permeability of the paraffin emulsion whose droplet size decreased with ultrasonic homogenization process. At the end of the research, it was recommended to use new technological systems that have an effect on the dimensional stability of fiberboard.

Keywords – HDF, fiberboard, paraffin emulsion, ultrasonic homogenization, mechanical and physical properties

¹  erdal.kara7581@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1.Giriş

Günümüzde yaygın bir kullanım alanına sahip odun esaslı kompozit malzemeler benzer teknolojilerle üretilmekte ve özellikleri gereği farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanların başında iç ortamlarda mobilya ve dekorasyon uygulamaları ile dış ortamlarda yapısal amaçlı kullanımlar gelmektedir. Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak üretilen ağaç bazlı ahşap panellerin başında orta yoğunluklu lif levhalar (MDF) gelmektedir. Lif levhalar, farklı odun türlerinden termomekanik yöntemlerle elde edilen liflerine sentetik reçine ve katkı kimyasalları ilave edilerek sıcaklık ve basınç altında preslenerek farklı yoğunluklarda elde edilen ahşap esaslı panellerdir. Lif levhanın, ahşap ve ahşap esaslı paneller gibi higroskopik bir malzeme olduğu bilinmektedir (Ayrılmis, 2007). Ahşap esaslı panellerin neme maruz kalması sonucu yapılarında ve boyutlarında meydana gelen bazı değişiklikler malzemelerin son kullanımı açısından bazı problemler oluşturabilir (Suzuki ve Miyamoto, 1998). Lif levhaların boyutsal stabilitesini arttırmak için parafin, wax gibi su itici katkı maddeleri kullanılmaktadır (Nazerian vd. 2014). Katkı maddeleri levhanın su almasını tamamen önleyemezler fakat hızını yavaşlatarak kullanıcıların önlem alma zamanını uzatırlar (Baharoğlu, 2010). Parafin emülsiyonlarının kararlılığı belirli bir zamanda şekli ve kimyasal özelliklerinin değişimine karşı direnç göstermesi, kararsızlığı ise misellerin yüzeye doğru hareketi, aglomere oluşması ve zamanla yapısının bozunması şeklinde gerçekleşmektedir (Ishii vd. 2014). Parafin emülsiyonunun stabilitesi ve akışkanlığı üzerinde damlacık boyutunun önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle damlacık boyutunun belirlenmesi emülsiyon kalitesi için önemlidir (McClements, 1999). Parafin damlacıklarının çapı küçüldükçe yüzey alanı artmakta ve emülsiyonun uzun süre kararlı kalmasını sağlamaktadır (Maphosa ve Jideani, 2018).

Gündüz ve Masraf, (2005) ahşap bazlı levhalarda hidrofobiklik kazandırmak için kullanılan parafinin, levhaların bazı direnç özelliklerini düşürdüğü, fakat %1 veya daha az oranlarda ilave edildiğinde özelliklerini etkilemediği belirtilmiştir. Maloney, (1977) parafin emülsiyon olarak %0,5-1 kullanım oranının yeterli olduğunu belirtmiştir. Heebink, (1967) %1'in üzerinde parafin ilavesinin direnç değerlerini azalttığı, telafisi için levha yoğunluğu ya da tutkal miktarının artırılması gerektiğini belirtmiştir. Akrami vd. (2011) %0,1-2 arasında parafin ilavesinin etkisini araştırdığı çalışmada parafin oranı arttıkça MDF'nin kalınlık artışı ve su emme değerlerinin düştüğünü ifade etmişlerdir. Özçifçi vd. (2017) 2-2,5 kg/m³ parafin kullanımının yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonunda aynı tutkal kullanım oranlarında parafinin artması ile deney örneklerinin yüzeye dik yönde çekme direncinde %3-7, kalınlık artışında %6-11 bir düşüş tespit etmişlerdir. Bu durum parafinin tutkal ile yonga arasında bağlanmayı olumsuz etkilemesi olarak açıklanmıştır. Baharoğlu vd. (2104) parafin uygulama yerlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada reçine öncesi parafin uygulanan yonga levhaların tüm özellikleri üzerine önemli etkisinin olduğu sonucuna varmışlardır. Gürgen vd. (2019) parafin kullanımı ve pres sıcaklığına bağlı olarak orta yoğunluklu liflevhanın (MDF) su emme ve kalınlık artışı değerlerinin düştüğünü açıklamışlardır. Roffael vd. (2005) %0,1 ile %1,0 arasındaki aralıkta (katı liflere dayalı) parafin, levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde olumsuz bir hidrofobik etkiye sahip olmadığı sonucuna varmışlardır. Hidrofobiklik için kullanılan parafin emülsiyonunun özelliklerinin yanı sıra, verilme yeri ve oranı önem arz etmektedir. Işık ve Gönültaş, (2022) yaptıkları çalışma ile tutkallama öncesi ve sonrası parafin ilavesinin yonga levhaların bazı mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırılmıştır. Araştırma ile parafinin tutkallama sonrası verilmesi mekanik özelliklerde düşüşe neden olmuştur. Serbest formaldehit değerlerinde desikatör metoduna göre %9,8, perforatör metoduna göre %7, gaz analizi metoduna göre %17,2 oranında düşürdüğü ve E1 sınıfı için belirlenen limitler içinde olduğu tespit edilmiştir. Parafinin veriliş sırasının değiştirilmesiyle levhaların fiziksel özellikleri olumsuz etkilenmiştir, ancak mekanik özelliklerde belirgin bir değişimin olmadığı anlaşılmıştır. Xu vd. (2009) yapılan çalışmada parafin ilavesinin mekanik özellikleri olumsuz etkilemediği, ancak parafin miktarının artmasıyla kalınlık artışı ve çekme direncini düşürdüğü anlaşılmıştır. Baharoğlu, (2010) parafin miktarı arttıkça kalınlık artışı azalmaktadır. Buna karşın mekanik dirençlerde düşüş meydana gelmektedir. Bu düşüş standartlar içinde olacak şekilde kalınlık artışını azaltmak için parafin miktarı artırılabilir. Gözalan, (2016) yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelediği tez çalışmasında parafin miktarının değiştirilmesi veya verilmemesi kalınlık artışı ve su emme hariç diğer özelliklerin standartlarda belirtilmiş değerlere aykırı bir sonuç çıkmadığını belirtmiştir.

Son yıllarda emülsiyon maliyetlerini düşürmek amacıyla ultrasonik homojenizasyon işlemleri uygulanmaya başlamıştır. Bu işlemler sayesinde daha az katı madde içeriği ile istenen damlacık boyutları aralığında daha homojen parafin süspansiyonu elde edilerek yüksek su iticilik performansı sağlanmıştır (Özlühan vd. 2013). Literatürde yeni teknolojik sistemlerle damlacık boyutuna düşürülen parafin emülsiyonlarının etkisinin araştırıldığı yeterli sayıda çalışmanın olmadığı anlaşılmıştır. Bu çalışma ile yüksek yoğunluklu HDF'lerin fiziksel, teknolojik ve mekanik özellikleri üzerine ultrasonik homojenizasyon yöntemi ile elde edilen farklı damlacık boyutlarına sahip parafin emülsiyonlarının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla elde edilen A ve B tipi parafin emülsiyonları kuru life oranla %0,75, %1,0 ve %1,25 oranlarında ilave edilmiştir. Deney levhaları üzerinde yapılan test sonuçları kontrol numuneleri ile karşılaştırılarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Hammadde: Araştırmada hammadde olarak Taşköprü/Kastamonu ilçesinden temin edilen %70 Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) ve %30 Karaçam (*Pinus nigra A.*) odun türlerinden elde edilen lifler kullanılmıştır.

Reçine ve kimyasallar: Deney numunelerinin üretiminde tutkal olarak üre formaldehit (UF) reçinesi, sertleştirici olarak Amonyum klorür NH_4Cl ve su itici olarak farklı damlacık boyutlarına sahip parafin emülsiyonu kullanılmıştır. Bunlardan ilki katı madde içeriği %60 olan A tipi parafin emülsiyonudur. Diğeri bu parafinden ultrasonik homojenleştirme yöntemi ile elde edilen %35 katı madde içeriği olan ve daha küçük damlacık boyutuna sahip B tipi parafin emülsiyonudur. Ultrasonik homojenleştirme yöntemi kısaca dağıtma, karıştırma ve homojenleştirme işlemidir. Bu işlem ile geçen akışkanın parçacık boyutu küçültülerek daha homojen yapıda ve uzun süre kalması sağlanır. Araştırmada kullanılan; lif, reçine, sertleştirici kimyasalları ve parafin emülsiyonları Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş.'den temin edilmiştir. UF reçinesi ve parafin emülsiyonlarının özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

ÜF reçinesi ve parafin emülsiyonlarının özellikleri

Ölçülen parametreler	Katı madde (%)	Yoğunluk (g/cm^3)	Mol oranı (MR)	Viskozite (cPs)	pH	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Damlacık boyutu (μm)
Üre formaldehit (UF)	58,00	1,22-1,27	0,92	300	7,7-8,9	-	-
Parafin emülsiyonu (A) 	59,34	0,95	-	50-100	10,15	25,20	0,828
Parafin emülsiyonu (B) 	33,82	0,96	-	50-100	8,32	24,78	0,259

Deney örneklerinin üretimi için hazırlanan üretim deseni Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Üretim deseni

Deney grupları	Parafin emülsiyonu (A-B)	Kullanım oranı (%)
A1 (Kontrol)		0,75
A2	A	1,00
A3		1,25
B1		0,75
B2	B	1,00
B3		1,25

Deney levhalarının üretimi: Deney örneklerinin üretimi laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup, üretim aşamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Tutkallama: Liflerin reçine ve diğer kimyasallarla karıştırılması özel olarak tasarlanıp yapılmış bir karıştırıcı ile gerçekleştirilmiştir. Tutkal ve kimyasalların ilavesi bu karıştırıcı üzerindeki pnömatik enjektörler ile yapılmıştır. Deney levhalarının üretiminde tam kuru lif ağırlığına oranla %11 oranında %58 katı madde içeriğine

sahip UF reçinesi kullanılmıştır. Sertleştirici olarak tutkala oranla %0,5 oranında katı madde içeriği %10 olan Amonyum klorür NH_4Cl çözeltisi tercih edilmiştir. Su itici olarak tam kuru lif ağırlığına oranla katı madde içeriği %60 ve %35 olan iki tip (A-B) parafin emülsiyonu kullanılmıştır. Bu emülsiyonlar üç farklı oranda (%0,75, %1,0, % 1,25) tutkallama işleminden önce life ilave edilmiştir.

Lif taslağının hazırlanması: Üretim desenine göre lif taslaklarının hazırlanmasında tutkal ve diğer kimyasallar ile karıştırılmış lifler 350x500x300 mm ebatlarında hazırlama kabında elle serilerek gerçekleştirilmiştir.

Presleme: Hazırlanan lif taslakları sırasıyla 195 ± 5 °C sıcaklık ve 32 kg/cm^2 basınçta 5 dakika sürede KURÇE-LİK firması tarafından özel olarak imal edilen hidrolik preste preslenerek 350x500x09 mm ebatlarında ve 870 kg/m^3 yoğunluğunda deney örnekleri üretilmiştir.

Yüzey işlemleri: Deney örnekleri 20 ± 2 °C ve 65 ± 5 bağıl nemde 4-7 gün kondisyonlanma için bekletilmiştir. Daha sonra net kalınlık $8 \pm 0,1$ mm olacak şekilde İtalya menşeli EMC Explorer 1100 marka zımpara makinesinde 80-100 kum zımpara bantları ile kalibre edilmiştir. Lif taslağının preslenmesi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Lif taslağının preslenmesi

2.2. Metod

Deney numuneleri TS EN 12369-1 standartlarında uygun olarak her grup için 8 deney örneği alınarak test edilmiştir. Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden çekme direnci ve yüzey sağlamlık testleri İtalyan menşeli IMALPAL firmasına ait IBX600 test cihazı ile yapılmıştır. Fiziksel özelliklerden kalınlık artışı ve su emme değerlerini belirlemek için test örneklerinin ilk ve 24 saat sonraki değerleri 1/20 hassasiyette dijital kumpas ile ölçülerek hesaplanmıştır. Teknolojik özelliklerinden serbest formaldehit içeriği perforatör yöntemi ile belirlenmiştir (TS EN 12460-5). Parafin emülsiyonlarının tanecik boyutunun düşürülmesi ultrasonik homojenizasyon yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntem ile partikül boyutu küçülen parafin emülsiyonun sızdırmazlık özellikleri ve kararlılıkları artmış olur. Aynı zamanda imalat için gerekli olan ısı miktarını düşürerek enerji tasarrufu sağlamış olur. Bu teknoloji kimya, ilaç, gıda ve enerji gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (URL1, 2025). Parafin emülsiyonlarının damlacık boyutlarının analizinde Japon menşeli Horiba firmasına ait Partica LA-960 model lazer taramalı parçacık boyutu ölçümü yapan test cihazı kullanılmıştır. Yapılacak testlere ait standartlar ve limit değerler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3

Testlere ait standartlar ve limit değerler

Mekanik ve fiziksel testler	Standart no	Örnek boyutu (mm)	Örnek sayısı	Standart limit değer
Yüzeye dik çekme direnci (N/mm^2)	TS EN 319	50x50	8	$>1,20$
Yüzey sağlamlığı (N/mm^2)	TS EN 311	50x50	8	$>1,00$
Yüzey absorpsiyonu (mm)	TS EN 382/1	300x2100	8	min. 150
24 Saat kalınlık artışı (%)	TS EN 317	50x50	8	max. 11
24 Saat su emme (%)	TS EN 317	50x50	8	max. 35
Serbest formaldehit (mg/100g)	TS EN 12460-5	20x25 (150 g)	150 g	$(E1) \leq 8 \text{ mg/100g}$

İstatistiksel analizlerde SPSS 23 istatistik paket programı kullanılmıştır. Faktörlerin etkinliğini (parafin damlacık boyutu ve kullanım oranı) belirlemek için çok yönlü varyans analizi ANOVA, faktörler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise %95 güvenle DUNCAN testi ile belirlenmiştir.

3.Bulgular ve Tartışma

Deney örneklerinin mekanik, fiziksel ve serbest formaldehit özellikleri üzerine parafin türü ve kullanım miktarının etkisinin araştırıldığı çalışmada test sonuçlarına ait ortalama değerler ve istatistiksel analizler Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4

Test sonuçlarına ilişkin istatistiksel analizler

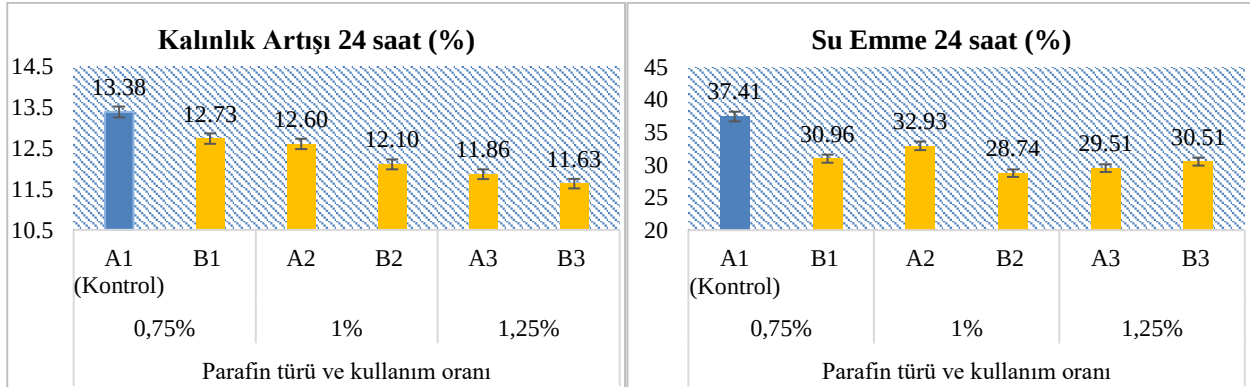
Testler	F	Grup	N	Ortalama	Standart sapma	<i>p</i>	Testler	N	Ortalama	Standart sapma.	<i>p</i>
Çekme direnci (N/mm ²)	Parafin türü	A	24	1,40	0,07	0,980 ^{ns}	Kalınlık artışı 24 h (%)	24	12,61	1,59	0,284 ^{ns}
		B	24	1,40	0,06			24	12,15	1,41	
	Parafin oranı	0,75%	16	1,45 ^a	0,06	0,001 [*]		16	13,05 ^a	1,51	0,003 [*]
		1%	16	1,39 ^b	0,06			16	12,35 ^{ab}	1,25	
		1,25%	16	1,37 ^b	0,05			16	11,74 ^b	1,52	
	Parafin türü x Parafin oranı	A1x0,75%	8	1,45	0,06	0,417 ^{ns}		8	13,38	1,74	0,920 ^{ns}
		A2x1%	8	1,38	0,07			8	12,60	1,18	
		A3x1,25%	8	1,39	0,07			8	11,86	1,62	
		B1x0,75%	8	1,45	0,06			8	12,73	1,27	
		B2x1%	8	1,40	0,05			8	12,10	1,36	
B3x1,25%		8	1,35	0,04	8		11,63	1,53			
Yüzey sağlamlık (N/mm ²)	Parafin türü	A	24	1,14	0,06	0,489 ^{ns}	Su emme 24 h (%)	24	33,29	5,7	0,030 [*]
		B	24	1,15	0,06			24	30,40	3,82	
	Parafin oranı	0,75%	16	1,14	0,06	0,069 ^{ns}		16	34,19 ^a	5,67	0,033 [*]
		1%	16	1,12	0,05			16	31,33 ^{ab}	4,68	
		1,25%	16	1,17	0,06			16	30,01 ^c	3,89	
	Parafin türü x Parafin oranı	A1x0,75%	8	1,17 ^a	0,03	0,001 [*]		8	37,41	5,24	0,069 ^{ns}
		A2x1%	8	1,08 ^c	0,05			8	32,93	5,21	
		A3x1,25%	8	1,16 ^{ab}	0,07			8	29,51	4,05	
		B1x0,75%	8	1,11 ^{bc}	0,06			8	30,96	4,20	
		B2x1%	8	1,16 ^a	0,07			8	28,74	3,73	
B3x1,25%		8	1,17 ^a	0,05	8		30,51	3,93			
Yüzey absorpsiyon (mm)	Parafin türü	A	24	385,63	47,3	0,011 [*]	Serbest Formaldehit oranı (mg/100g)	24	11,74	1,47	0,007 [*]
		B	24	405,63	36,03			24	10,79	1,09	
	Parafin oranı	0,75%	16	363,75 ^c	27,11	0,001 [*]		16	11,23 ^{ab}	1,04	0,003 [*]
		1%	16	387,19 ^b	36,00			16	12,04 ^a	1,57	
		1,25%	16	435,94 ^a	28,59			16	10,53 ^b	1,04	
	Parafin türü x Parafin oranı	A1x0,75%	8	350,00 ^d	20,87	0,002 [*]		8	11,50	1,04	0,294 ^{ns}
		A2x1%	8	361,88 ^{cd}	17,51			8	12,89	1,48	
		A3x1,25%	8	445,00 ^a	22,04			8	10,82	1,16	
		B1x0,75%	8	377,50 ^c	26,59			8	10,94	1,03	
		B2x1%	8	412,50 ^b	31,74			8	11,20	1,21	
B3x1,25%		8	426,88 ^{ab}	32,83	8		10,24	0,89			

*: 0,05 düzeyinde anlamlı, ^{ns}: 0,05 düzeyinde anlamsız.

Tablo 4’de verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre parafin türü ve kullanım oranının deney örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve faktörler arasında anlamlı farkların olduğu tespit edilmiştir.

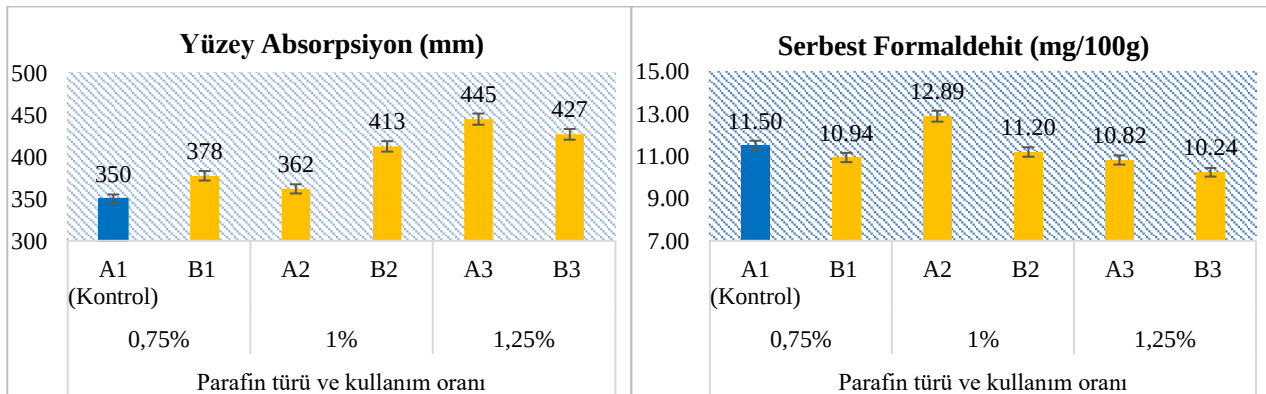
3.1.Fiziksel ve Teknolojik Özellikler

Deney örneklerinin fiziksel ve teknolojik özelliklerinden 24 saat kalınlık artışı ve su emme, yüzey absorpsiyon ve serbest formaldehit değerleri incelenmiştir. Kalınlık artışı ve su emme değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Kalınlık artışı ve su emme ortalama değerler (24 saat)

Tablo 4’e göre kalınlık artışında istatistiksel olarak sadece parafin kullanım oranının etkisi anlamlı bulunurken, su emme de parafin emülsiyonunun türü ile parafin oranının etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 317’de kalınlık artışı için belirlenen (max. %11) değerlerin üzerinde, su emme için belirlenen (max. %35) değerlerin altında olduğu görülmüştür. Şekil 2’de verilen test sonuçlarından en yüksek kalınlık artışı %13,38 ile A1 kontrol numunelerinde, en düşük ise %11,63 ile kontrol numunesine göre %13 oranında iyileşme gösteren B3 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Su emme de ise en yüksek değerler %37,41 ile A1 kontrol numunelerinde, en düşük ise %28,74 ile kontrol örneğine göre %23 iyileşme gösteren B2 deney örneklerinde görülmüştür. Test sonuçlarından parafin emülsiyonunun özelliği ve artışının 24 saat kalınlık artışı ve su emme üzerine olumlu bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Bu durum küçük damlacık yapısına sahip B tipi parafin süspansiyonunun lif ile serbest su molekülleri arasındaki teması azaltması ile açıklanmıştır. Elde edilen bulguların literatürde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür. Chau ve ark. (2015) parafin ile muamele edilmiş çam odunu numunelerinin boyutsal kararlılıklarının arttığını belirtmiştir. Maphosa ve Jideani, (2018) parafin damlacıklarının çapı küçüldükçe kararlılıklarının arttığını bahsetmiştir. Akrami vd. (2011) %0,1-2 parafin kullanımının etkisini araştırdığı çalışmada parafin oranı arttıkça MDF’lerin kalınlık artışı ve su emme değerlerinin düştüğünü tespit etmiştir. Roffael vd. (2005) yüksek oranda parafin emülsiyonu kullanımının MDF’nin boyutsal kararlılıkları üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Özçifçi vd. (2017)) farklı oranlarda parafin ilavesi ile yaptıkları çalışmada aynı tutkal oranlarında parafin miktarının artışı ile OSB levhaların kalınlık artışı değerlerinde %6-11 düşüş tespit etmiştir. Xu vd. (2009) ve Baharoğlu, (2010) parafin miktarının artmasıyla kalınlık artışında düşüş görülmüştür. Heebink, (1967) %1’in üzerinde parafin ilavesinin direnç değerlerini azalttığını belirtmiştir. Yüzey absorpsiyon ve serbest formaldehit değerleri Şekil 3’de verilmiştir.



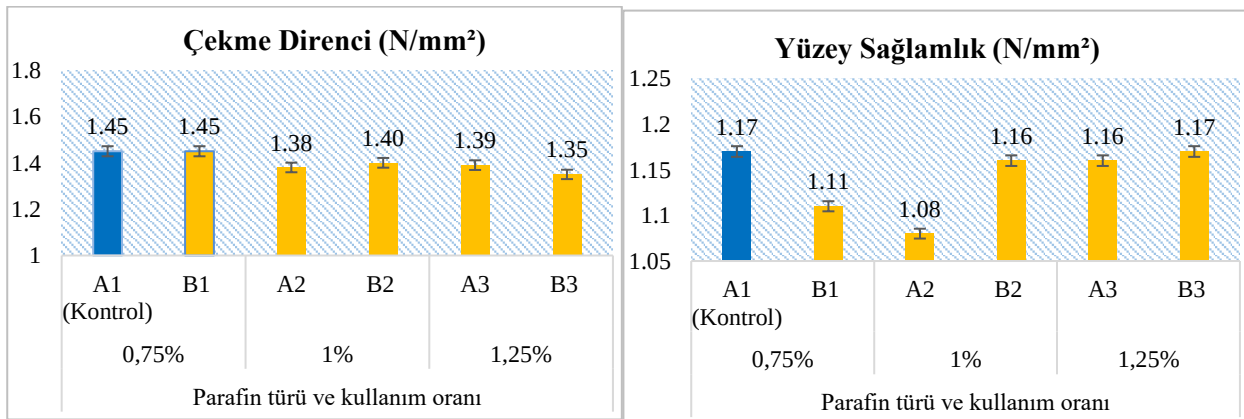
Şekil 3. Yüzey absorpsiyon ve serbest formaldehit ortalama değerler

Tablo 4'e göre üst yüzey absorpsiyon değerleri üzerine istatistiksel olarak parafin emülsiyon türü, parafin kullanım oranı ve iki parametrenin birlikte etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 382/1 standardında belirlenen (min. 150 mm) değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3'de verilen test sonuçlarından en düşük yüzey absorpsiyon değerine 350 mm ile A1 kontrol örneklerinde, en yüksek ise 445 mm ile kontrol örneğine göre %27 oranında artış gösteren A3 deney numunelerinde görülmüştür. Test sonuçlarından parafin emülsiyonunun özelliği ve kullanım oranının yüzey absorpsiyon üzerine olumlu bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Bu durum daha homojen ve küçük tanecik yapısına sahip B tipi parafin emülsiyonunun levha yüzeylerinde küçük gözenekleri doldurarak porozitenin düşmesi ve su iticilik performansını arttırması ile açıklanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçların literatürde yapılan çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Gündüz vd. (2005) yaptıkları araştırmada benzer bulgular elde etmiştir. Akbulut vd. (2000) yüzey emiciliği testlerinde akma mesafesinin uzun olması, levha yüzeylerinin daha düzgün bir yapıda olduğunu akma mesafesinin kısa olması ise levhanın sıvıyı iyi absorbe ettiğini ve yüzeylerinin daha pürüzlü olduğunu ifade etmiştir. Gözalan, (2016) parafin miktarının yüzey absorpsiyonu değerleri üzerine kesin bir etkisinin olmadığı, fakat parafin miktarının azalmasıyla bu teknolojik özelliklerde kademeli düşüşler görüldüğünü belirtmiştir.

Tablo 4'e göre serbest formaldehit değerleri üzerine istatistiksel olarak parafin emülsiyon türü ile parafin kullanım oranının etkisinin anlamlı olduğu anlaşılmıştır. MDF, OSB ve yonga levha gibi odun esaslı levhaların üretimlerinde kullanılan tutkalın serbest formaldehit içeriği, TS EN ISO 12460-5 standardına göre, perforatör yöntemi ile elde edilen, E1 emisyon sınır değeri 8 mg/100g'dan küçük ise E1, emisyon sınır değeri 8 mg/100g değerinden büyük ise E2 olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 3'de verilen test sonuçlarından en yüksek serbest formaldehit değerine 12,89 mg/100g ile %12 oranında artış gösteren A2 örneklerinde, en düşük ise %10,24 ile kontrol örneğine göre yaklaşık %11 oranında düşüş gösteren B3 örneklerinde tespit edilmiştir. Serbest formaldehit değerlerine ilişkin bu sonuçlara göre parafin emülsiyonunun özelliği ve kullanım oranına bağlı olarak lif levhaların formaldehit emisyon değerlerinde azda olsa düşüşler görülse de E2 sınıfına dahil olduğu saptanmıştır. Bu durum farklı tanecik yapısına sahip parafin emülsiyonlarının tutkal ile lifler demetleri arasında bağ yapma davranışlarını olumlu yönde etkilemiş olması ile açıklanmıştır. Bu sayede açığa çıkabilecek serbest halde bulunan formaldehit yapılarının levha içinde hapsolması olarak düşünülebilir. Çalışmadan elde edilen bulguların literatürde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Işık ve Gönültaş, (2022) parafinin tutkallama sonrası verilmesinin formaldehit emisyon değerlerini perforatör metoduna göre %7 düşürdüğü ve E1 sınıfı yonga levhalar için belirlenen limitler dahilinde olduğunu belirtmiştir. Buna göre hidrofofiklik için parafin emülsiyonunun özelliği kadar, verilme yeri ve oranı da önem arz etmektedir.

3.2.Mekanik Özellikler

Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden yüzeye dik yönde çekme direnci ve yüzey sağlamlık değerlerine ait ortalama değerler Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Çekme direnci ve yüzey sağlamlık direnci ortalama değerler

Tablo 4'e göre çekme direnci üzerine istatistiksel olarak sadece parafin kullanım oranının anlamlı bir etki göstermiştir. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 319 standardında belirlenen ($>1,20 \text{ N/mm}^2$) değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'den de anlaşılabileceği üzere en yüksek çekme direncine $1,45 \text{ N/mm}^2$ ile A1 kontrol ile B1 örneklerinde, en düşük ise $1,35 \text{ N/mm}^2$ ile kontrol örneğine göre %7 oranında düşüş gösteren B3 örneklerinde tespit edilmiştir. Test sonuçlarından parafin oranı arttıkça çekme dirençlerinde düşüş görülmüştür. Bu durum birim alandaki parafin artışına bağlı olarak lifler arasında bağ yapma kabiliyetini olumsuz yönde etkilemesi olarak açıklanabilir. Çalışmadan elde edilen sonuçların literatürde yapılan çalışmaların sonuçları ile örtüştüğü anlaşılmıştır. Heebink, (1967) %1'in üzerinde parafin ilavesinin levhaların direnç değerlerini azalttığını belirtmiştir. Özçifçi vd. (2017) aynı tutkal oranlarında parafin miktarının artışı ile OSB levhaların çekme dirençlerinde %3-7 bir düşüş tespit etmiştir. Bu durumun nedeni olarak parafinin tutkal ile yonga arasındaki bağlanmayı olumsuz etkilemesi gösterilmiştir. Baharoğlu, (2010) parafin miktarının artışına paralel çekme dirençlerinde düşüşten bahsetmiştir. Gözalan, (2016) farklı oranlarda parafin kullanımının yonga levhaların çekme direnci üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmiştir.

Tablo 4'e göre yüzey sağlamlık değerleri üzerine istatistiksel olarak parafin türü ve kullanım oranının birlikte etkisi ise anlamlı bulunmuştur. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 311 standardında belirlenen ($>1,00 \text{ N/mm}^2$) değer üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'de verilen ortalama değerler incelendiğinde en yüksek yüzey sağlamlık direncine $1,17 \text{ N/mm}^2$ ile A1 kontrol örnekleri ile B3 örneklerinde, en düşük $1,08 \text{ N/mm}^2$ ile kontrol örneğine göre %8 oranında düşüş gösteren A2 örneklerinde görülmüştür. Test sonuçlarından parafin türü ve kullanım oranının yüzey sağlamlık değerleri üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçların diğer araştırmacıların çalışmalarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Gözalan, (2016) yonga levhaların yüzey ve orta tabakasına fazla miktarda parafin verilmesi durumunda yüzey sağlamlık direncinin önemli oranda düştüğünü belirtmiştir.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmadan elde edilen sonucular aşağıda belirtilmiştir. Buna göre;

- Bu çalışma ile elde edilen tüm değerlerin ilgili standartlarda TS-EN belirtilen limit gereksinimleri karşıladığı ya da yakın değerlerde olduğu anlaşılmıştır.
- Test sonuçlarından optimum değerlere homojenizasyon yöntemi ile daha küçük damlacık boyutuna düşürülen B tipi parafin emülsiyonunda %1 oranında kullanılan deney örneklerinde görülmüştür.
- Araştırmada B tipi parafin emülsiyonunun kullanılması ile fiziksel özelliklerden 24 saat kalınlık artışı ve su emme değerlerinde sırasıyla %13 ve %23 iyileşme tespit edilmiştir. Teknolojik özelliklerden yüzey absorpsiyon değerinde %27, formaldehit emisyon değerinde ise %11 iyileşme gerçekleşmiştir. Buna karşılık, mekanik dirençlerde ise belirgin bir iyileşme görülmemiştir.
- Bu araştırmada homojenizasyon yöntemi ile elde edilen parafin emülsiyonunun standart parafin emülsiyonuna göre levhaların boyutsal kararlılıkları üzerine daha iyi performans göstermiştir. Bu durum damlacık boyutu küçülen parafin emülsiyonlarının daha geniş yüzey alanı oluşturması ve serbest su moloküllerine karşı sızdırmazlık özelliklerinin artması olarak yorumlanmıştır.
- Araştırma sonunda ultrasonik homojenleştirme sisteminin kullanılması ile ahşap panel sektörünün ihtiyaç duyabileceği özellik ve kalitede daha ekonomik üretimlerin yapılabileceği anlaşılmıştır. Aynı zamanda teknolojik sistemlerin sürdürülebilir büyümeye katkı sağlayabileceği düşünülmüştür.

Sonuç olarak ultrasonik homojenizasyon yöntemi ile elde edilen parafin emülsiyonlarının kullanılması ile su ve rutubete karşı boyutsal kararlılıkları yüksek lif levhaların elde edilebileceği tespit edilmiştir. Bu nedenle gelecekte ahşap bazlı panellerin boyutsal kararlılıklarını iyileştirmeye yönelik farklı teknolojik sistemlerle yeni denemelerin yapılmasına odaklanması tavsiye edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada materyal temini ve testlerin yapılmasında desteklerinden dolayı Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu fabrikası yönetimine teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Akrami, A., Doosthoseini, K., Faezipour, M., Jahan Latabari, A., (2011). "The effect of paraffin addition and pressing conditions on some properties of medium density fiber board (MDF) with emphasis on surface roughness. *Journal of Forest and Wood Products*, 64: 343-353.
- Akbulut, T., (1995). *Çeşitli Faktörlerin Yatay Preslenmiş Yongalevhaların Özellikleri Üzerine Etkisi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, T., Hızıroğlu, S., Ayrılmış, N., (2000). "Surface absorption, surface roughness, and formaldehyde emission of turkish medium density fiberboard." *Forest products journal*, 50 (6), 45-48.
- Ayrılmış, N., (2007). "Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fiberboards." *Journal of Materials Science*, 42 (20): 8551-8557. <https://doi.org/10.1007/s10853-007-1782-8>.
- Baharoğlu, M., (2010). "Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri." Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 155 s.
- Baharoğlu, M., Nemli, G., Sarı, B., Ayrılmış, N., Bardak, S and Emir, Zeković., (2014). "Effect of paraffin application technique on the physical and mechanical properties of particleboard." *De Gruyter*, DOI 10.1515/secm-2013-0074 *Sci Eng Compos Mater*, 21(2): 191-195.
- Candan, Z. (2007). "Bazı Üretim Değişkenlerinin MDF'nin Dikey Yoğunluk Profili ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi." Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 400 s.
- Chau, T., Ma, E., & Cao, J. (2015). Moisture adsorption and hygroexpansion of paraffin wax emulsion-treated southern pine (*Pinus spp.*). *BioResources*, 10(2), 2719-2731.
- Gözzalan, M., (2016). *Yonga Levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 117 s.
- Gündüz, G. ve Masraf, Y. (2005). Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yonga Levha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (8): 58-69
- Gunduz, G., Yapici, F., Ozciftci, A and Kalaycioglu, H., (2011). "The Effects of Adhesive Ratio and Pressure Time on Some Properties of Oriented Strand Board", *BioResources*, 6(2): 2118-2124.
- Gurgen, A., Ustaömer, D., Yıldız, S., (2019). "Application of artificial neural network to predict the effect of paraffin addition on water absorption and thickness swelling of MDF." *Drvna Industrija* 70 (3) 247-255 (2019). <https://doi.org/10.5552/drind.2019.1839>
- Heebink, B. G. (1967). "Wax in particleboards. T. Maloney: Proceedings of the WSU." Particleboard Symposium. No:1, Pullmann, Wash.
- Ishii, F. and Nii, T., (2014). "Lipid emulsions and lipid vesicles prepared from various phospholipids as drug carriers." In *Colloid and interface science in pharmaceutical research and development* (pp. 469-501).
- Işık, H., Gönültaş, O., (2022). "Yonga Levha Üretiminde Tutkallama Öncesi ve Sonrası Parafin İlavesinin Levha Özellikleri Üzerine Etkisi." *D.Ü Ormancılık Dergisi Cilt 19, Sayı 1*, s.295-304.
- Maloney, TM. (1977). "Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing." Miller Freeman Publications, San Fransisco/California.
- Maphosa, Y. and Jideani, V.A., (2018). "Factors affecting the stability of emulsions stabilised by biopolymers." In *Science and Technology Behind Nanoemulsions* (pp. 65-81).
- McClements, D.J., (1999). *Food Emulsions; Principles, Practice, and Techniques*. 2nd Ed, CRC Press.
- Nazerian, M., Dalirzadeh, A., Farokhpayam, S. R., (2014). "Use of almond shell powder in modification of the physical and mechanical properties of medium density fiberboard." *BioResources*, 10 (1): 169-181.
- Nemli, G., Demirel, S. ve Zeković, E. (2006). "Yonga Rutubeti, Parafin Kullanımı ve Ağaç Cinsinin Yonga Levhanın Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkileri." *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2): 81-93.
- Ozciftci, A., Kara, M.E., Karakaya, B., Bicer, E., (2017). "The Effect of Adhesive and Paraffin on Mechanical and Physical Properties of Oriented Strandboard (OSB)." *Journal of Advanced Technology Sciences* ISSN: 2147-345.
- Özlühan, G., Zungur, A., Koç, M., Kaymak Ertekin, F., (2013). "Emülsiyonların Özellikleri ve Emülsifikasyon Kosullarının Aroma ve Yağların Mikroenkapsülasyonu Üzerine Etkisi." *Akademik Gıda*, 11(2): 116-124,

- Özlüsoylu, İ., İstek, A., Can, A., (2018). "The Effect of Silane and Paraffin Addition on Some Surface Properties of Fiber Board." Journal of Bartın Faculty of Forestry, DOI: 10.24011/barofd.446385, 20 (3): 509-518, 15 Aralık/December.
- Roffael, E., Schneider, T., Dix, B., Buchholz, T. (2005). "On paraffin sizing of medium density fiberboards (MDF). Part 1: Influence of the chemical composition of paraffin and type of emulsifier on the hydrophobic properties of MDF." Holz Roh Werkst 63, 192-203.
- Suzuki, S., Miyamoto, K., (1998). "Effect of manufacturing parameters on the linear expansion and density profile of particleboard." J. Wood Sci., 44 (6): 444-450.
- TS EN 325, (1999). Ahşap esaslı levhalar. Deney numunelerinin boyutlarının tayini, TSE, Ankara
- TS EN 317, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar. Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 319, (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar. Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayin, TSE, Ankara.
- TS EN 311 (2005) Ahşap esaslı levhalar. Yüzey sağlamlığının tayin edilmesi, TSE, Ankara
- TS EN ISO 12460-5 (2016). Ahşap esaslı levhalar. Formaldehit salınımının belirlenmesi, Bölüm 5: Ekstraksiyon (perforatör yöntemi).
- URL1<http://tr.cnsientz.com/info/scope-of-application-of-ultrasonic-homogenizer>(erişim tarihi: 10.02.2025).
- Xu, X., Yao, F., Wu, Q. ve Zhou, D., (2009). "The Influence of Wax-Sizing on Dimension Stability and Mechanical Properties of Bagasse Particleboard", Industrial Crops and Products, 29, 1 80-85.

Biyo-Kökenli Organik Faz Değişim Malzemeleri ile Emprenye Edilen Odun Örneklerinin Enerji Depolama Özelliklerinin İncelenmesi

Eda Zorlu¹, Ahmet Can^{2,*}

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

Makale Tarihçesi

Gönderim: 14.01.2025

Kabul: 26.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Bu çalışma, yenilenebilir biyomalzemelerin sürdürülebilir yapı malzemeleri olarak kullanımını artırmak amacıyla, organik faz değişim malzemeleri (FDM) ile emprenye edilen kavak odununun enerji depolama özelliklerini incelemektedir. Çalışmada faz değişim malzemesi olarak hindistan cevizi yağı (HC) ve laurik asit (LA) kullanılmış, farklı oranlarda karışımlar oluşturularak emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan örnekler, vakum ve atmosferik basınç koşullarında emprenye edilmiş ve ağırlık artışları hesaplanmıştır. Emprenye edilen örneklerin kimyasal, termal ve fiziksel özellikleri FTIR, DSC, XRD ve TGA analiz yöntemleriyle karakterize edilmiştir. HC ile emprenye edilen örneklerde %162,97 ile en yüksek ağırlık artışı elde edilmiştir. FTIR analizleri, emprenye işleminin kimyasal bir değişim yaratmadığını, yalnızca fiziksel bir etkileşim gerçekleştiğini ortaya koymuştur. DSC analizlerinde, LA ve HC karışımının (FDM4) erime ve donma sıcaklıklarını optimize ettiği ve enerji depolama kapasitesini artırdığı belirlenmiştir. TGA sonuçları, HC'nin termal dayanıklılık açısından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. FDM'ler ile emprenye edilen odun örneklerinin enerji depolama özelliklerinin geliştirildiği ve bu yöntemle çevre dostu, enerji verimli yapı malzemelerinin üretimine olanak sağlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Enerji depolama, hindistan cevizi yağı, kavak, laurik asit, organik faz değişim malzemesi

Investigation of Energy Storage Properties of Wood Samples Impregnated With Bio-Based Organic Phase Change Materials

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

Article History

Received: 14.01.2025

Accepted: 26.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – This study investigates the energy storage properties of poplar wood impregnated with organic phase change materials (PCMs) to enhance the use of renewable biomaterials as sustainable construction materials. Coconut oil (HC) and lauric acid (LA) were used as phase change materials, and different ratios of mixtures were prepared for impregnation. The prepared samples were impregnated under vacuum and atmospheric pressure conditions, and weight gain was calculated. The chemical, thermal, and physical properties of the impregnated samples were characterized using FTIR, DSC, XRD, and TGA analysis methods. The results showed that the highest weight gain, 162.97%, was obtained in samples impregnated with HC. FTIR analyses revealed that the impregnation process caused no chemical changes, but only physical interactions. DSC analyses showed that the LA and HC mixture (FDM4) optimized melting and freezing temperatures, enhancing energy storage capacity. TGA results demonstrated that HC exhibited better thermal stability compared to other materials. The findings indicate that the energy storage properties of wood samples impregnated with PCMs have been significantly improved, enabling the production of eco-friendly, energy-efficient construction materials.

Keywords – Energy storage, coconut oil, poplar, lauric acid, organic phase change material

¹  eda.zrl55@gmail.com

²  acan@bartin.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyomalzemeler, gelecekteki teknolojilerde çevre dostu ve sürdürülebilir bir çözüm sunarak insan yaşamının iyileştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Ramage vd., 2017). Son on yılda, ahşabın tek ve çok katlı yapılarda kullanılması artış göstermiş, bu durum biyotabanlı ürünlere olan ilgiyi arttırmış ve gelecekteki teknolojiler için umut verici bir alternatif oluşturmuştur (Hepburn vd., 2019; Amiri vd., 2020). Geleneksel olarak kullanılan metaller, beton, plastik gibi yapı malzemeleri enerji yoğun ve geri dönüştürülemez atıklar oluşturarak çevresel sorunlara neden olmaktadır (Omer vd., 2020). Bu malzemelerin bazıları, insan sağlığına zarar verebilecek asbest, formaldehit ve kurşun gibi maddeler içerebilmektedir. Bu nedenle, çevre dostu, yenilenebilir ve yeşil yapı malzemelerine olan talep artmış, biyomalzemelerin kullanımı sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmak için kritik bir hale gelmiştir (Toppinen vd., 2018; Wen vd., 2020; Falk vd., 2009).

Faz değişim malzemeleri (FDM'ler), enerji depolama kapasiteleri ve ısı transferi özellikleri nedeniyle yapı uygulamalarında önemli bir potansiyel sunmaktadır. FDM'ler, katı-sıvı, sıvı-gaz gibi faz değişim sırasında gizli ısı depolama kapasiteleri nedeniyle enerji tasarrufu sağlamaktadır (Tatsidjodoung vd., 2013; Xie vd., 2017). Organik faz değişim malzemeleri (OFDM'ler), iç mekan sıcaklık düzeyini kontrol etme yetenekleri ile öne çıkmakta ve çevre dostu malzeme isteğini karşılamaktadır (Sharma vd., 2009; Agyenim vd., 2010).

Ahşap, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan biyotabanlı bir malzemedir ve son yıllarda ahşaptan yapılan çok katlı binalar oldukça popüler hale gelmiştir. İnşaat sektöründe bir diğer gelişme, ahşabın işlevselliğini artırmak için farklı amaçlarla modifiye edilmesidir. FDM'lerle emprenye edilerek ahşap temelli malzemeler oluşturma çabaları, yukarıda bahsedilen konseptte bir örnektir. Ma vd. (2019)'e göre, ahşabın gözenekli yapısı, FDM'leri adsorbe etmek için uygun bir malzeme olduğunu vurgulamıştır. Çoğu araştırma, FDM'lerle ahşap bazlı kompozitler oluştururken destek malzeme olarak ahşap ununun kullanımına odaklanmaktadır. Yang ve arkadaşları (2017), FDM olarak PEG (polietilen glikol) içeren bir atık talaş kompoziti oluştururken, Liang vd. (2018) ahşap unu ve dört yağ asidini FDM olarak kullanmıştır. Yukarıda bahsedilen araştırmalarda, termal iletkenliklerini artırmak için kompozitlere genişletilmiş grafit eklenmiştir. Sari vd. (2020), ahşap fiberi ve kaprik (CA)-stearik asitleri (SA) bir ötektik FDM kombinasyonunda kullanarak ahşap bazlı kompozitin özelliklerini ve termal düzenleme performansını incelemiştir. Ma vd. (2018), laurik ve miristik asitlerin bir karışımını ve modifiye edilmiş gözenekli ahşap ununu kullanarak kompozit FDM'ler oluşturmuştur. Ma vd. (2019), lignini uzaklaştırılmış masif ahşabı kaprik-palmitik asit ötektik karışımı içeren bir FDM ile emprenye ettikleri ve Yang vd. (2018), lignini alınmış ahşap ve 1-tetradekanol kullanarak kompozit FDM'ler oluşturdukları çalışmalar bulunmaktadır. Temiz vd. (2020) FDM alımını kontrol etmek için vakum tekniği kullanarak kaprik-stearik asitlerin ötektik karışımını ile sarıçam odun örneklerini emprenye etmişlerdir. Çam diri odunu, FDM olarak farklı konsantrasyonlarda kaprik asit ile emprenye edilmiş ve higroskopik, mekanik ve termal enerji depolama özellikleri analiz edilmiştir (Mohamad Amini vd. 2022). Can ve Zigon (2022), ahşabı N-Heptadekan ile emprenye ederek stabilize edilmiş termal enerji depolama malzemeleri üretmişlerdir. Ayrıca, Can (2023), palmitik asit-şellak (PA/Sh) karışımını ladin ağacına emprenye ederek odun örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemiştir.

Bu çalışma, literatürdeki önceki araştırmalardan farklı olarak, yenilenebilir biyomalzemeler olan hindistan cevizi yağı (HC) ve laurik asit (LA) bazlı faz değişim malzemeleri (FDM) ile kavak odununun emprenye edilmesine odaklanmaktadır. Daha önceki çalışmalar genellikle PEG, yağ asitleri veya modifiye edilmiş ahşap bileşenleri kullanırken, bu çalışma HC ve LA'nın farklı oranlardaki kombinasyonlarını değerlendirerek enerji depolama performanslarını optimize etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, vakum ve atmosferik basınç koşullarında emprenye işlemi gerçekleştirilerek ağırlık artışı karşılaştırılmış ve termal analizlerle (DSC, TGA) enerji

depolama kapasitesi belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilir ve çevre dostu yapı malzemelerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada faz değişim malzemesi (FDM) olarak hindistan cevizi yağı (HC, Thermo Fisher Scientific), ve laurik asit (LA, Thermo Fisher Scientific) kullanılmıştır. Odun örneği olarak kavak (*Populus euroamericana* I214) diri odun örnekleri kullanılmıştır.

2.2. Faz değiştiren malzemelerin hazırlanması

Faz değiştiren malzemelerin karışım oranları ve hazırlama koşulları Tablo 1’de yer almaktadır. FDM1, %100 LA, 80°C sıcaklıkta, 2 saat süreyle ve 200 rpm karıştırma ile karıştırılarak hazırlanmıştır. FDM2, %100 HC yağının 60°C sıcaklıkta, 2 saat süreyle ve 200 rpm karıştırma hızında karıştırılarak hazırlanmıştır. FDM4, birbir oranında LA ve HC karıştırılmış ve karışım, 70°C sıcaklıkta, 2 saat süreyle ve 200 rpm karıştırma hızıyla hazırlanmıştır.

Tablo 1

Oluşturulan varyasyonlar ve hazırlama koşulları.

		Karışım oranı	Sıcaklık (°C)	Süre	Karıştırma hızı
FDM1	LA	%100	80	2 saat	200 rpm
FDM2	HC	%100	60	2 saat	200 rpm
FDM4	LA:HC	%50:%50	70	2 saat	200 rpm

2.3. Faz değiştiren maddeler ile emprenye işlemi

Odun örnekleri hazırlandıktan sonra emprenye işlemi için 2 hafta süreyle %65 bağıl nem ve 25 °C’de kondisyonlanmıştır. Örneklerin emprenye işlemi Bartın Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 5x15x30 mm boyutlarında tam kuru her bir odun örneği için 50 gr FDM çözültisi beher içerisinde koyulmuştur. Sıvı halde bulunan FDM maddeleri örnek üzerine döküldükten sonra 70 °C’de sıcaklıkta bulunan vakumlu etüv içerisine koyulmuştur. Ardından 30 dakika vakum uygulanmış, vakum ardından örnekler 24 saat atmosferik basınç altında aynı sıcaklıkta bekletilmiştir. Bu işlem süresi içerisinde herhangi bir karıştırma işlemi uygulanmamıştır. Emprenye edilen örneklerin % ağırlık artışı değerleri ilgili formül kullanılarak hesaplanmıştır. Hazırlanan varyasyonlar ve örnek isimlendirmesi aşağıdaki gibidir. LA: laurik asit, HC: Hindistan cevizi yağı, W: kavak odun örneği, LA-W: laurik asit ile emprenyeli odun, HC-W: Hindistan cevizi ile emprenyeli odun, LA:HC-W: laurik asit ve Hindistan cevizi yağı karışımı ile emprenye edilmiş odunu ifade etmektedir.

2.4. Örneklerin karakterizasyonu

Fouier Transform Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR, JASCO 430); emprenye edilen ve kavak kontrol örneklerinin kimyasal yapısında meydana gelen değişimleri incelemek için FT-IR analiz yöntemi kullanılmıştır. Her örneğin spektrası 4 cm⁻¹ çözünürlükte ve 400-4000 cm⁻¹ tarama aralığında alınacaktır.

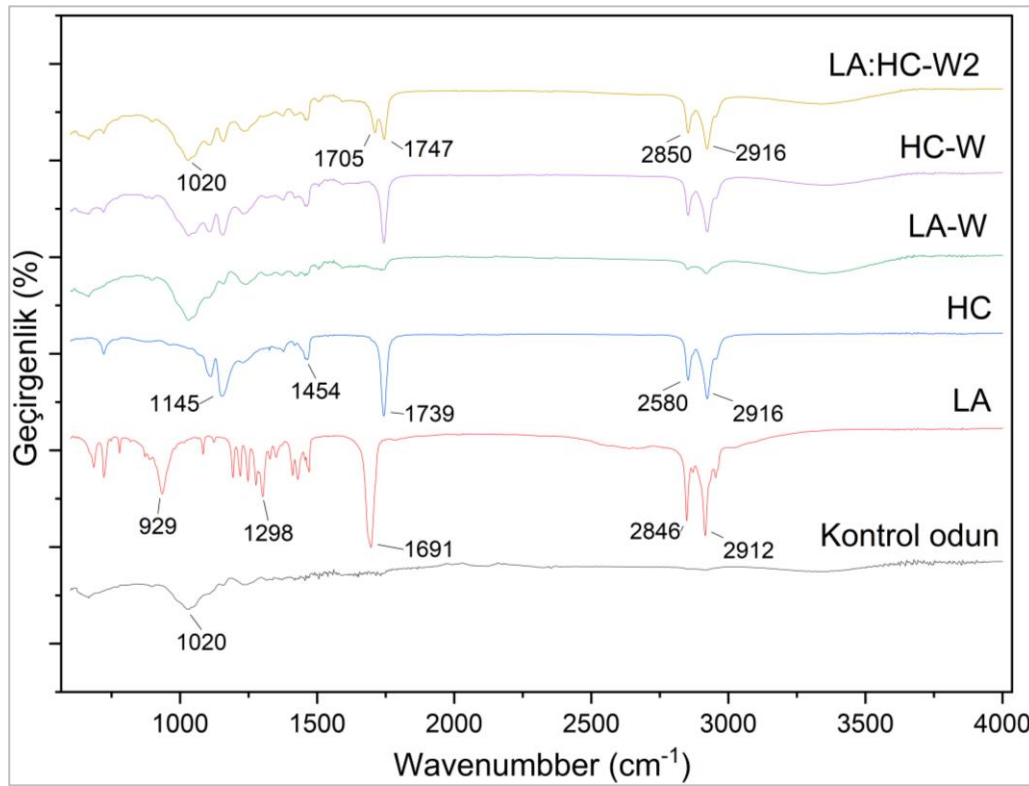
Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) Analizi; FDM ile emprenye edilen örneklerin ısı depolama özellikleri, bir Setaram µDSC3evo (Lyon, Fransa) diferansiyel tarama kalorimetresi kullanılarak belirlenmiştir. Her numune doğrudan kalorimetrenin yığın kabına tartılmış ve -10 ila +45 °C sıcaklık aralığında üç döngü halinde yapılmıştır.

Kristal Yapı Analizi (XRD Analizleri, Rigaku, Japonya); Örneklerin kristal yapısının belirlenmesinde kullanılmıştır. Analizler, 1°/dakika hızında 10–70 2θ derece aralığında, CuK ışıması ($\lambda = 1.5405 \text{ Å}$) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Termogravimetrik analiz (TG); Termogravimetri, genel olarak malzemelerde sıcaklığın veya zamanın bir fonksiyonu olarak meydana gelen kütle kaybı ve/veya kazanımlarının belirlenmesinde kullanılır. Azot atmosferi altında, örneklerin termal kararlılığı termo-analizör ekipmanı (Perkin-Elmer TGA7) ile incelenmiştir. Yaklaşık 3 mg numune içeren bir alüminyum oksit pota, dakikada 10 °C'de oda sıcaklığından 600 °C'ye ısıtılmış ve soğutulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

LA ile emprenye edilen örneklerde %146,366, HC ile emprenye edilen örneklerde %162,97, FDM4 ile emprenyeli örneklerde %158,01 ağırlık artışı değerleri elde edilmiştir. HC ile emprenye işlemi sonrası örneklerde daha fazla ağırlık artışı elde edilmiştir. Bu durumun, HC'nin moleküler yapısı ve yoğunluğu, ahşap malzemeye daha fazla kimyasal maddenin nüfuz etmesine olanak sağlayabilmektedir. Özellikle HC'nin sahip olduğu hidrofobik özellikler, ahşap hücre duvarları ile daha güçlü bir etkileşim oluşturabilir ve bu durum emprenye işleminden sonra daha yoğun bir kimyasal kaplama ile sonuçlanabilir.

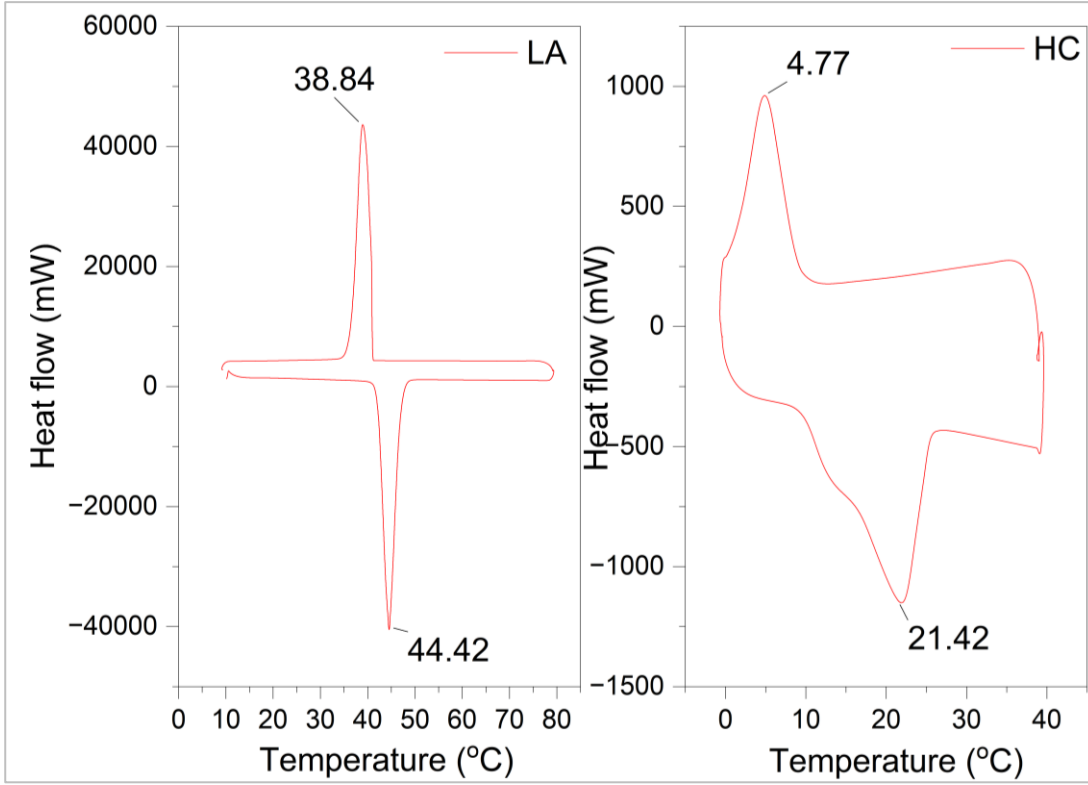


Şekil 1. Kontrol ve test örneklerinin FTIR grafiği

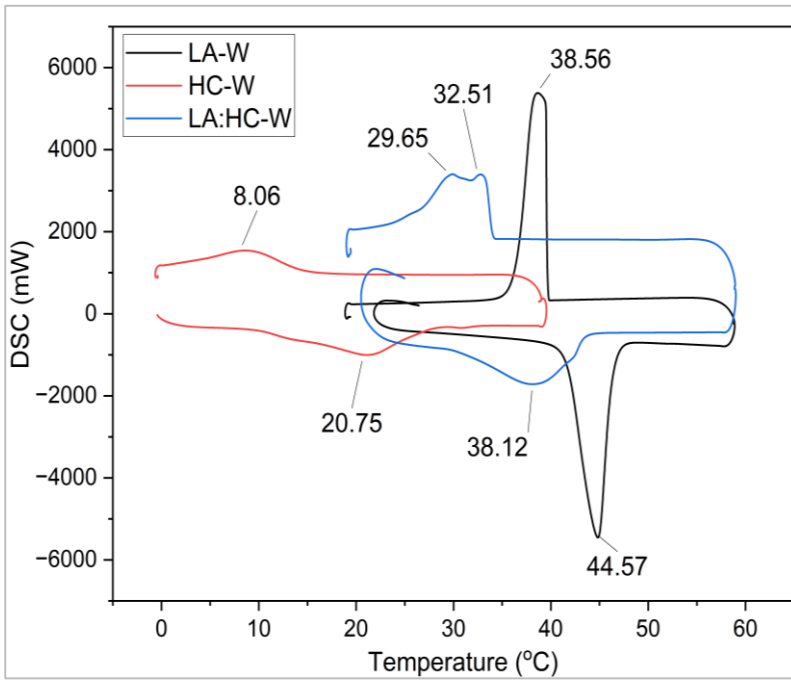
Şekil 1'de kavak kontrol odunu, laurik asit, hindistan cevizi yağı, ve diğer test örneklerine ait FTIR spektrumları gösterilmiş olup, kavak odununun 1020 cm⁻¹'de karakteristik holoselüloz piki, laurik asidin 2912 cm⁻¹ ve 2846 cm⁻¹'deki karakteristik pikler CH₂ ve CH₃ gruplarının gerilme titreşimlerine işaret etmektedir. 929 cm⁻¹'de OH grubunun titreşim piki, 725 cm⁻¹'de ise C-H gruplarının düzlem dışı bükülme titreşim piki bulunmaktadır. Ayrıca, 1691 cm⁻¹'deki pik karbonil grubuna (C=O) atfedilebilirken, 1298 cm⁻¹'deki pik C-O gerilme titreşimlerine bağlanmıştır. Laurik asidin FT-IR spektrumu, yapılan literatür çalışmasıyla oldukça tutarlıdır (Sari vd. 2009). Metilen (CH₂) ve metil (CH₃) gruplarının bükülme absorpsiyonuna atfedilen iki alkan piki sırasıyla 1465 ve 1375 cm⁻¹'de ortaya çıkmıştır. 1739 ve 1145 cm⁻¹'de gözlemlenen iki pik ise sırasıyla aldehit (C=O) ve esterlerin (C-O) gerilme absorpsiyonuna bağlıdır (Yunus vd. 2009). Zhu vd. (2014), metilenin asimmetrik ve simetrik gerilmesiyle ilgili yağ asitlerinden oleik asitle muamele edilen odunlar için FTIR spektrumlarında 1738 cm⁻¹'de (C = O) emilim bantlarının yoğunluğunda bir artış ve 2924 ve 2854 cm⁻¹'de yeni emilim bantları gözlemlediler. Hazırlanan ötektik karışımlar ile emprenye edilen odun örneklerinde yeni piklerin oluşmadığı, ortaya çıkan piklerin LA ve HC'den kaynaklandığı görülmektedir. Bu durum LA:HC ile emprenye

edilen odun örneklerinde kimyasal değişimin olmadığı sadece fiziksel bir etkileşimin olduğunu göstermektedir.

Şekil 2-3'de gösterilen DSC sonuçları, her DSC eğrisinin ısıtma işlemi için bir tepe ve soğutma işlemi için başka bir tepeye sahip olduğunu göstermektedir. LA, HC ve emprenyeli odun örneklerine ait DSC analiz sonuçları Şekil 2 ve Şekil 3'te yer almaktadır.



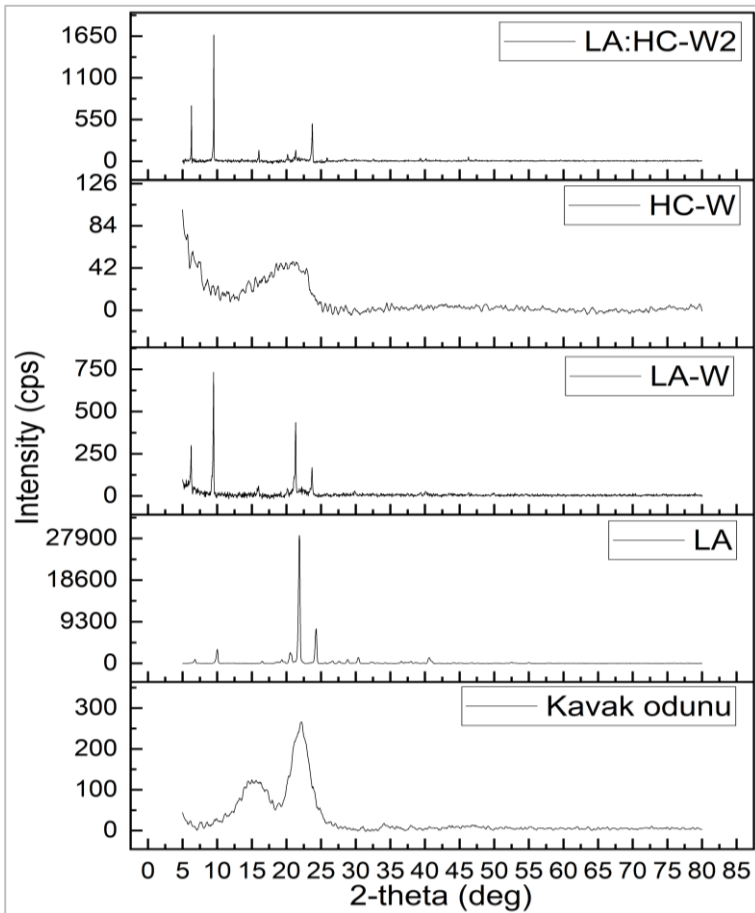
Şekil 2. Laurik asit (LA) ve hindistan cevizi yağı (HC)'e ait DSC grafikleri



Şekil 3. LA ve HC ile emprenye edilen test örneklerinin DSC grafiği

Laurik asit 44.42 °C’de ve hindistan cevizi yağı ise 21.42 °C sıcaklıkta erime gösterirken, 38.84 °C ve 4.77 °C sıcaklıkta donma entalpisi sergilemişlerdir. Elde edilen sonuçlar literatür ile benzerlik göstermiştir (Chinnasamy ve Appukuttan, 2019; Safira vd. 2020). Odun örneklerinin faz değişim malzemeleri ile emprenye işlemi, örneklerin termal depolama özelliklerini etkilemiştir. LA örneklerinin gizli ısı değeri 207.82 J/g iken, LA-W örneklerinde 42.86 J/g, ve LA:HC-W örneklerinde 3.39 J/G olarak hesaplanmıştır. Erime sıcaklığı LA-W örneklerinde 44.57 °C, HC-W için 20.75 °C, ve LA:HC-W için 32.12 °C olarak ölçülmüştür. Örneklerin donma sıcaklığı ise LA-W için 38.56 °C, HC-W için 8.06 °C, ve LA:HC-W için 29.65 °C olarak ölçülmüştür. LA içerisine HC katılmasıyla hazırlanan karışım LA maddesinin erime ve katılma sıcaklığını düşürerek konfor sıcaklığına (24 °C)daha yakın bir sıcaklık elde edilmiştir.

Kristal Yapı Analizi (XRD Analizleri); XRD analiz sonuçlarına göre, kavak odun örneğinin sadece 17° ve 21°’de pik yaptığı gözlenmiştir (Şekil 4), bu odun örneklerinin belirli bir kristal yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Öte yandan, laurik asit maddesinde 5°, 8°, 14°, 21°, 24° ve 40°’de kristal ve amorf pikler gözükmemektedir. Bu laurik asidin daha karmaşık bir kristal yapıya sahip olduğunu, özellikle 21° ve 24°’deki piklerin belirginliğinin dikkat çekici olduğunu göstermektedir. LA:HC-W2’nin XRD spektrumu, LA, HC ve odun örneklerinin piklerinin birleşimi olarak yorumlanabilir; bu, LA:HC-W2’nin LA ve HC karışımından kaynaklandığını ve bu iki bileşiğin özelliklerini birleştirdiğini göstermektedir. Özellikle, LA:HC-W2’nin 5°, 8° ve 24°’de güçlü pikler, bu karışımın belirli bir LA:HC yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

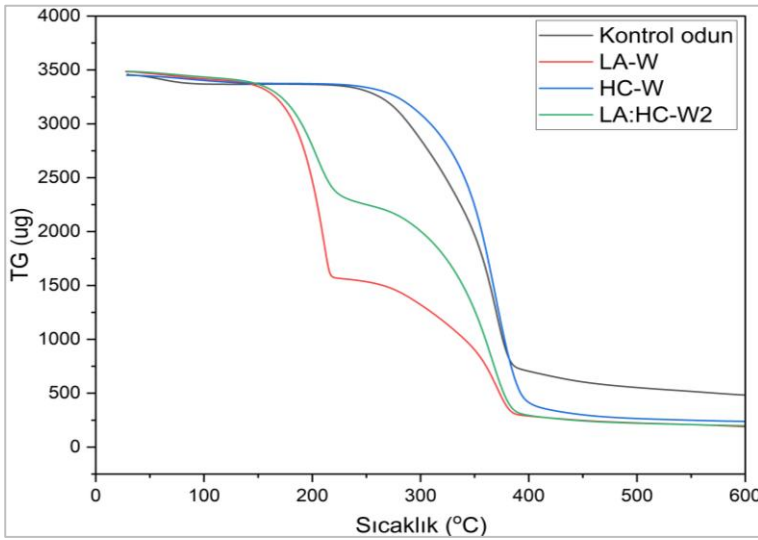


Şekil 4. Kavak kontrol ve test örneklerinin XRD grafiği

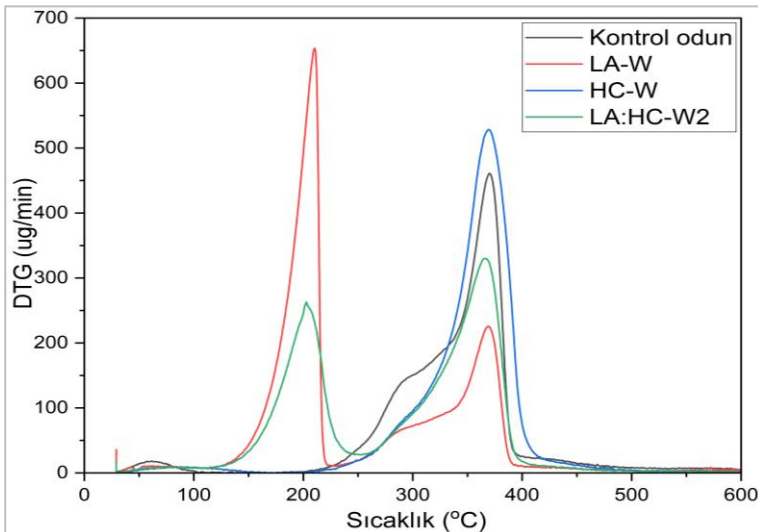
Termogravimetrik analiz (TG) sonuçlarına göre, 56–150 °C aralığında tüm numunelerde ağırlık kaybı gözlemlenmiş olup, bu kayıp numunelerdeki nem ve adsorbe edilmiş suyun uzaklaştırılmasıyla ilişkilendirilmiştir. Ana ayrışma süreci 176–400 °C aralığında gerçekleşmiş, LA-W numunesinde ağırlık kaybının 200 °C’den sonra hızlandığı ve daha düşük sıcaklıklarda tamamlandığı belirlenmiştir. Bu durum, laurik asidin odun ile

kimyasal bir bağ oluşturmada fiziksel olarak tutulduğunu göstermektedir. HC-W numunesi tek aşamada bozunmuş ve kontrol odununa benzer bir ayrışma eğrisi göstermiştir, bu da hindistan cevizi yağının odunla birlikte bozunduğunu ve ısıya karşı daha stabil bir yapı sergilediğini düşündürmektedir. LA:HC-W2 numunesinde bozunma iki aşamada gerçekleşmiş, ilk aşamada (~ 200 °C) LA'nin, ikinci aşamada (~ 350 °C) ise odun ve HC'nin bozunduğu belirlenmiştir. Genel olarak, HC içeren numuneler, LA içeren numunelere kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda parçalanarak termal dayanıklılık açısından daha iyi bir performans sergilemiştir.

Diferansiyel termogravimetri (DTG) analizinde, $150\text{--}440$ °C aralığında iki farklı ayrışma tepe noktası gözlemlenmiştir. İlk tepe (~ 200 °C), özellikle LA içeren numunelerde belirgin olup, laurik asidin erken bozunduğunu göstermektedir. İkinci tepe (~ 350 °C) ise odun ve HC'nin ayrışmasını temsil etmektedir ve HC içeren numunelerde bu tepe kontrol odununa yakın olup, HC'nin termal dayanıklılığı açısından odunla benzer davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır. LA-W numunesinde yaklaşık 200 °C'de büyük bir DTG tepe noktası gözlemlenirken, HC-W numunesinde yaklaşık 350 °C'de daha belirgin bir tepe görülmüştür. LA:HC-W2 numunesinde ise her iki sıcaklıkta belirgin tepe noktaları bulunmuş, bu da her iki bileşenin bağımsız olarak bozunduğunu ve odunla kimyasal etkileşime girmediğini göstermiştir. Sonuç olarak, laurik asidin düşük sıcaklıklarda bozunması, LA içeren empenyeli odun numunelerinin termal kararlılığını olumsuz yönde etkilerken, hindistan cevizi yağının odun ile benzer sıcaklıklarda bozunması, ısı karşısında daha stabil bir yapı sunduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Kontrol ve test örneklerinin TG grafiği



Şekil 6. Kontrol ve test örneklerinin DTG grafiği

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, biyokökenli organik faz değişim malzemeleriyle (FDM) emprenye edilen kavak odununun enerji depolama özellikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Hindistan cevizi yağı (HC) ve laurik asit (LA) kullanılarak hazırlanan FDM karışımlarının, odun örneklerine emprenye işlemi sonrasında kimyasal bir değişime neden olmadan fiziksel bir etkileşim sağladığı ve enerji depolama kapasitelerini optimize ettiği belirlenmiştir. FTIR, DSC, XRD ve TGA analiz sonuçları, HC'nin yüksek termal dayanıklılık ve enerji depolama kapasitesi sunduğunu, LA:HC karışımının ise erime ve donma sıcaklıklarını optimize ederek konfor sıcaklıklarına daha uygun bir çözüm sunduğunu göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çevre dostu ve enerji verimli yapı malzemelerinin geliştirilmesinde FDM'lerin önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı biyokökenli faz değişim malzemeleri ve emprenye yöntemleri kullanılarak ahşap malzemelerin işlevselliğinin daha da artırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 2209-1919B012301579 Proje numarası altında Türkiye Bilimsel ve Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından finanse edilmiştir. Eda Zorlu lisans öğrencisidir ve proje yürütücüsü olarak görev yapmıştır.

Yazar Katkıları

Eda Zorlu: Veri toplamış, Analizi planlamış ve tasarlamıştır. Makaleyi yazmıştır.

Ahmet Can: Veri toplamış ve analizini yapmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Agyenim, F., Hewitt, N. J., Eames, P., & Smyth, M. (2010). A review of materials, heat transfer and phase change problem formulation for latent heat thermal energy storage systems (LHTESS). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 615–628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.015>
- Amiri, A., Ottelin, J., Sorvari, J., & Junnila, S. (2020). Cities as carbon sinks—classification of wooden buildings. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094076. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba134>
- Can, A. (2023). Preparation, characterization, and thermal properties of microencapsulated palmitic acid with ethyl cellulose shell as phase change material impregnated wood. *Journal of Energy Storage*, 66, 107382. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107382>
- Can, A., & Žigon, J. (2022). n-Heptadecane-impregnated wood as a potential material for energy-saving buildings. *Forests*, 13(12), 2137. <https://doi.org/10.3390/f13122137>
- Chinnasamy, V., & Appukuttan, S. (2019). Preparation and thermal properties of lauric acid/myristyl alcohol as a novel binary eutectic phase change material for indoor thermal comfort. *Energy Storage*, 1(5), e80. <https://doi.org/10.1002/est2.80>
- Falk, R. H. (2009). Wood as a sustainable building material. *Forest Products Journal*, 59(9), 6–12. Erişim Linki: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/37431>
- Hepburn, C., Adlen, E., Beddington, J., Carter, E. A., Fuss, S., MacDowell, N., Minx, J. C., Smith, P., & Williams, C. K. (2019). The technological and economic prospects for CO₂ utilization and removal. *Nature*, 575(7781), 87–97. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1681-6>
- Liang, J., Zhimeng, L., Ye, Y., Yanjun, W., Jingxin, L., & Changlin, Z. (2018). Fabrication and characterization of fatty acid/wood-flour composites as novel form-stable phase change materials for thermal energy storage. *Energy and Buildings*, 171, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.04.044>
- Ma, L., Guo, C., Ou, R., Sun, L., Wang, Q., & Li, L. (2018). Preparation and characterization of modified porous wood flour/lauric-myristic acid eutectic mixture as a form-stable phase change material. *Energy & Fuels*, 32, 5453–5461. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b03933>
- Ma, L., Wang, Q., & Li, L. (2019). Delignified wood/capric acid-palmitic acid mixture stable-form phase change material for thermal storage. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 194, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2019.02.026>

- Mohamad Amini, M. H., Temiz, A., Hekimoğlu, G., Köse Demirel, G., & Sarı, A. (2022). Properties of Scots pine wood impregnated with capric acid for potential energy saving building material. *Holzforschung*, 76(8), 744–753. <https://doi.org/10.1515/hf-2022-0007>
- Omer, M. A., & Noguchi, T. (2020). A conceptual framework for understanding the contribution of building materials in the achievement of sustainable development goals (SDGs). *Sustainable Cities and Society*, 52, 101869. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101869>
- Ramage, M. H., Burridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D. U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D., & Allwood, J. (2017). The wood from the trees: the use of timber in construction. *Renew Sustain Energy Rev*, 68, 333–359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- Safira, L., Putra, N., Trisnadewi, T., Kusri, E., & Mahlia, T. M. I. (2020). Thermal properties of sonicated graphene in coconut oil as a phase change material for energy storage in building applications. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15(4), 629–636. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctaa018>
- Sari, A., Hekimoğlu, G., & Tyagi, V. V. (2020). Low-cost and eco-friendly wood fiber-based composite phase change material: Development, characterization and lab-scale thermoregulation performance for thermal energy storage. *Energy*, 195, 116983. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.116983>
- Sari, A., Karaipikli, A., & Alkan, C. (2009). Preparation, characterization and thermal properties of lauric acid/expanded perlite as novel form-stable composite phase change material. *Chem Eng J*, 155, 899–904. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.09.005>
- Sharma, A., Tyagi, V., Chen, C., & Buddhi, D. (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 318–345. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.10.005>
- Tatsidjoudong, P., Le Pierrès, N., & Luo, L. (2013). A review of potential materials for thermal energy storage in building applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 327–349. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.10.025>
- Temiz, A., Hekimoğlu, G., Köse Demirel, G., & Sarı, A. (2020). Phase change material impregnated wood for passive thermal management of timber buildings. *International Journal of Energy Research*, 44, 10495–10505. <https://doi.org/10.1002/er.5679>
- Toppinen, A., Röhr, A., Pätäri, S., Lähinen, K., & Toivonen, R. (2018). The future of wooden multistory construction in the forest bioeconomy—a Delphi study from Finland and Sweden. *Journal of Forest Economics*, 31, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2017.05.001>
- Wen, B., Musa, S. N., Onn, C. C., Ramesh, S., Liang, L., Wang, W., & Ma, K. (2020). The role and contribution of green buildings on sustainable development goals. *Building and Environment*, 185, 107091. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107091>
- Xie, N., Huang, Z., Luo, Z., Gao, X., Fang, Y., & Zhang, Z. (2017). Inorganic salt hydrate for thermal energy storage. *Applied Sciences*, 7(12), 12. <https://doi.org/10.3390/app7121317>
- Yang, H., Wang, Y., Liu, Z., Liang, D., Liu, F., Zhang, W., Di, X., Wang, C., Ho, S. H., & Chen, W. H. (2017). Enhanced thermal conductivity of waste sawdust-based composite phase change materials with expanded graphite for thermal energy storage. *Bioresource and Bioprocessing*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40643-017-0182-4>
- Yang, H., Wang, Y., Yu, Q., Cao, G., Yang, R., Ke, J., Di, X., Liu, F., Zhang, W., & Wang, C. (2018). Composite phase change materials with good reversible thermochromic ability in delignified wood substrate for thermal energy storage. *Applied Energy*, 212, 455–464. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.12.006>
- Yunus, W. M. M., Fen, Y. W., & Yee, L. M. (2009). Refractive index and Fourier transform infrared spectra of virgin coconut oil and virgin olive oil. *American Journal of Applied Sciences*, 6(2), 328. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2009.328.331>
- Zhu, Y., Wang, W., & Cao, J. (2014). Improvement of hydrophobicity and dimensional stability of thermally modified southern pine wood pretreated with oleic acid. *BioResources*, 9(2), 2431–2445. <https://doi.org/10.15376/biores.9.2.2431-2445>

Strengthening Wood Structures Against Climate Change: Approaches from Türkiye and Different Countries

İbrahim Engin Öztürk^{1,*}, Çağlar Altay², Esra Gençdağ Gözen³

^{1,3}Aydın Adnan Menderes University, Aydın Vocational School, Construction program, Aydın, Türkiye

²Aydın Adnan Menderes University, Aydın Vocational School, Interior Design, Aydın, Türkiye

Article History

Received: 01.01.2025

Accepted: 07.03.2025

Published: 25.04.2025

Research Article



Abstract – This study examines the durability and strengthening strategies of wooden structures in Türkiye against climate change and extreme weather conditions. The effects of climate change challenge the resistance of structures to fire, water and other natural events. Although wood continues to be used as a traditional building material, it needs to be adapted to these new conditions. Wood that is not protected in any way will deteriorate, change shape, crack, develop dimensional differences, change colour, lose gloss, increase surface roughness and lose properties with similar negative effects over time due to climate change and weather conditions. This study discusses fire and water protection strategies, material renewal techniques and sustainability enhancement methods to assess the current status of wood structures in Türkiye, Canada and Finland and their durability against climate change. The study provides suggestions to ensure the sustainability of both existing and newly constructed wood structures against climate change. In addition, this article provides important information from studies in the literature on how to protect and develop wood structures against climate change in the modern world, and discusses new protection strategies against ever-changing climate differences.

Keywords – Climate change, Wooden structures, Reinforcement methods, Sustainability, Strengthening.

Ahşap Yapıların İklim Değişikliğine Karşı Güçlendirilmesi: Türkiye ve Farklı Ülkelerden Yaklaşımlar

^{1,3}Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Bölümü, Aydın, Türkiye

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu, İç Tasarım Programı, Aydın, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 01.01.2025

Kabul: 07.03.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi

Öz – Bu çalışmada, Türkiye’de iklim değişikliği ve aşırı hava koşullarına karşı ahşap yapıların dayanıklılığı ve güçlendirme stratejileri incelenmektedir. İklim değişikliğinin etkileri, yapıların yangına, suya ve diğer doğa olaylarına karşı dayanıklılığını zorlamaktadır. Ahşap, geleneksel bir yapı malzemesi olarak kullanılmaya devam etse de, bu yeni koşullara adapte edilmesi gerekmektedir. Hiçbir şekilde korunmayan ahşap, iklim değişikliği ve hava koşulları nedeniyle zamanla bozulacak, şekil değiştirecek, çatlayacak, boyut farklılıkları geliştirecek, renk değiştirecek, parlaklığını kaybedecek, yüzey pürüzlülüğü artacak ve benzer olumsuz etkilerle özelliklerini kaybedecektir. Bu çalışmada, Türkiye, Kanada ve Finlandiya’daki ahşap yapıların mevcut durumunu ve iklim değişikliğine karşı dayanıklılıklarını değerlendirmek için yangın ve su koruma stratejileri, malzeme yenileme teknikleri ve sürdürülebilirlik artırma yöntemleri tartışılmaktadır. Çalışma, hem mevcut hem de yeni inşa edilen ahşap yapıların iklim değişikliğine karşı sürdürülebilirliğini sağlamak için öneriler sunmaktadır. Ayrıca, bu makale, modern dünyada ahşap yapıların iklim değişikliğine karşı nasıl korunacağı ve geliştirileceği konusunda literatürdeki çalışmalardan önemli bilgiler sunmakta ve sürekli değişen iklim farklılıklarına karşı yeni koruma stratejilerini tartışmaktadır.

Anahtar Kelimeler – İklim değişikliği, Ahşap yapılar, Güçlendirme yöntemleri, Sürdürülebilirlik, Güçlendirme.

¹  iozturk@adu.edu.tr

²  caglar.altay@adu.edu.tr

³  egencdag@gmail.com

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Introduction

Wood has been used in construction for far longer than concrete and steel. The development process of wooden structures, from the earliest times to today's construction systems, has been slow, despite the fact that wood is readily available from nature and easy to use in the construction phase (Batur, 2004). The development of wood construction systems and its use as a supporting skeleton in structures dates back to the beginning of the 20th century. The needs arising from growing and increasingly widespread industrialisation and the withdrawal of steel, a valuable raw material for weapons before and during the First World War, led to the need to use wood in structures with different functions and in a more rational way. During this period, the mechanical and physical properties of wood were studied, studies were carried out on connecting elements (nails, wedges, bolts, etc.) and materials and methods were developed to protect wood against external influences (Çalışkan, 2019). Today, it is possible to produce and design wooden construction elements of all kinds of sections and lengths with static and strength calculations.

According to the General Directorate of Forestry (OGM), the total forest area in Turkey is 23 million 245 thousand hectares. While the north of the country stands out for its extensive forest areas, the forest area per capita is the highest in this region. In 2023, 29.8% of Turkey's total area will be covered by forests. The south of Turkey has extensive forest areas and contains a significant proportion of the country's forests. The Mediterranean coasts are particularly densely forested, and these regions account for a significant proportion of Turkey's total forest area (OGM, 2023). The forest map of Türkiye's provinces by area is shown in Figure 1. The map shows forest density in numbers, with increasing numbers indicating greater density. In Figure 2, visual examples of wood structures in different regions of Türkiye are shown.

In recent years, the concept of "tiny house", which is built with wooden construction materials, has become popular in order to contribute to nature in terms of efficient energy use, protection of people's health, contribution to the ecological environment, water saving, etc. This situation makes a significant contribution to building environmentally friendly structures and ensuring sustainability in the Türkiye. The image of tiny house structures (interior and ceiling wall) built with wood materials is shown in Figure 3 (Öztürk, 2024). Tiny houses contributes to the overall framework of the study from the perspective of sustainable building solutions and climate change adaptation. As small-scale and environmentally friendly structures, tiny houses utilize renewable materials such as wood, reducing their carbon footprint while enhancing energy efficiency. In this context, the study can examine the impact of tiny houses on wooden construction systems, their resilience to climate change, and their relationship with innovative approaches implemented in different countries. Thus, a comprehensive perspective on global trends in sustainable wooden building design can be provided.

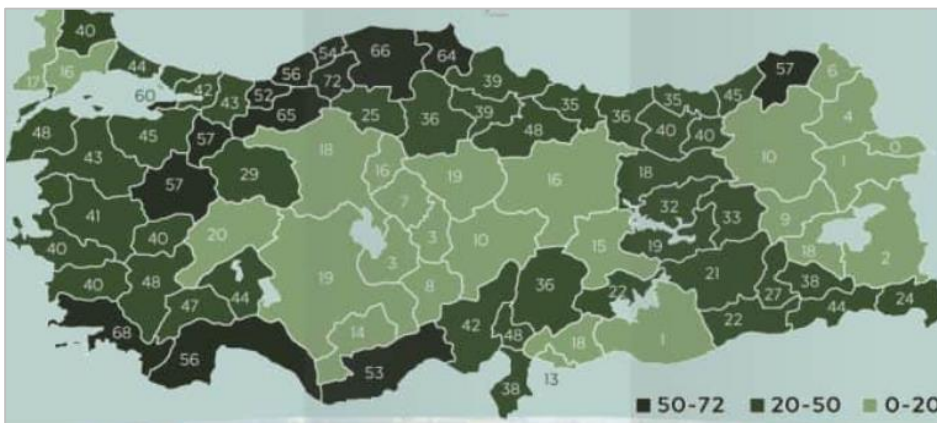


Figure 1. Distribution of forests in Türkiye by provincial area in percent

Over the next century, average annual air temperatures in Canada (British Columbia) are expected to increase by 1°C to 4°C, accompanied by increased precipitation events of increasing intensity and magnitude. These climate changes are certain to affect Canada's forests and are expected to result in fundamental changes in the cellular structure of wood, productivity and wood quality (Temel, 2024). To manage the social and economic impacts of these changes, Canada must develop conscious management plans that take into account climate-

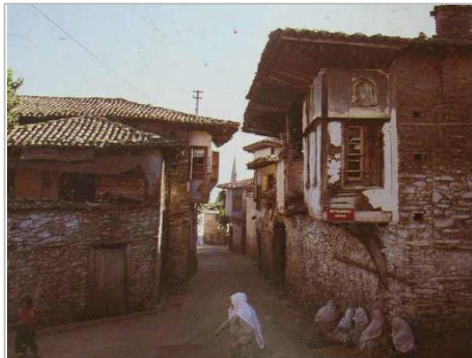
related changes in wood quality in future forests (Wood, 2016). Finland is a northern country with a forested landscape. The boreal forest covers about 22.8 million hectares of the country's 30.4 million hectares. Finland has a long history of solid wood construction; wood construction techniques have been used as the traditional method of building houses in Finland for thousands of years. Today, almost all recreational buildings, such as Finland's cottages, are made of wood, mostly in log construction. Residential buildings are increasingly made of wood, especially cross-laminated wood and laminated veneer lumber. The most common way of building wooden apartments is to use volumetric elements as opposed to large load-bearing elements and joist systems. Today in Finland, as in many European countries, growing environmental awareness is increasing the popularity of wood construction, which in turn is leading to the search for innovative and environmentally friendly wood product solutions (e.g. dovetailed solid wood panel elements) as a vision for the future (Ilgin, 2022).



Rize – Wooden stack houses (Web-1)



Eskişehir – Odunpazarı houses (Erşan and Demirarslan, 2020)



Kula – Wooden structure emerging from wooden beamed stone walls (Sözen, 1996)



Alanya – Baghdadi laths nailed to the carcass (Halaç and Demir, 2017)

Figure 2. Images of examples of wood constructions from different regions of Türkiye

In recent years, interest in high-rise buildings and wood construction has increased significantly in Finland. The main reason for this increase is related to the rapid development of urbanisation and population growth in large cities. The increasing population density in cities has increased the demand for high-rise buildings due to the efficiency of land use and the advantages of vertical construction (Kaste, 2004). Figure 4 shows the 14-storey Lighthouse in Joensuu, Finland, which will be completed in 2019 and will contain 117 student apartments and, at 48 metres, will be the tallest wooden high-rise building in Finland (Caştur, 2021).



Figure 3. Interior and ceiling wall cladding made using wooden building materials

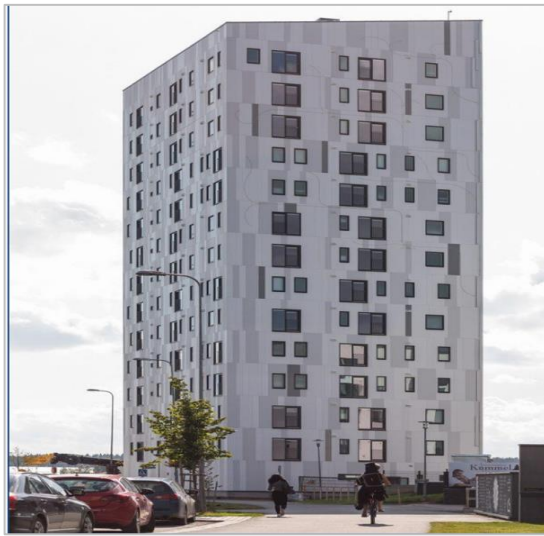


Figure 4. Lighthouse structure (Finland)

Climate change is the biggest problem for wood structures, affecting both plants and animals. In addition to the rise in global temperature, the increase in the amount of CO₂ in the atmosphere, together with changes in the rainfall regime, affects the structure and function of trees. This climate change interacts with trees throughout their lives and can leave permanent marks on the wood (Pandey, 2021). The performance of wood cladding depends on the quality of the wood material, the surface treatment, the construction details and the climatic effects to which it is exposed. Climate indices, which allow a quantitative assessment of the conservation performance of buildings, can be an important element in the development of adaptation measures to the future risks of climate change in different parts of the world. The quantitative relationships established between climate impacts and material behaviour or building performance can determine the changes that can be made to the structure (Robert, 2006). In addition, the construction sector is a significant source of global greenhouse gas emissions. CO₂ emissions from construction amount to 5.7 billion tonnes and accounted for 23% of emissions from global economic activities in 2009 (Huang, 2018). More recently, in 2018, the construction and operation of buildings accounted for the largest share of both global final energy consumption (36%) and energy-related CO₂ emissions (39%) (UNEP, 2019). The construction sector is even more important given the impending wave of 2.3 billion new urban dwellers, with the global building stock expected to double by 2060. Achieving net zero carbon requires changes in all aspects of building operations (electricity, lighting, heating, cooling, etc.). This enables both increased energy efficiency and the production and supply of renewable energy (Wiik, 2018). As buildings become more energy efficient, embodied energy - the energy used in the production, transport, construction, maintenance and demolition/reuse of building materials -

becomes relatively more important (Huang, 2018; Cabeza, 2014; Lolli, 2019). The embodied energy of a building can be reduced by replacing carbon intensive materials such as concrete and steel with wood (Gustavsson, 2017; Sathre, 2010). Increasing the amount of wood used in buildings to replace more carbon intensive materials has the potential to reduce overall emissions from the construction sector (Hill, 2019). Oliver, (2014) estimates that replacing concrete and steel with wood in the construction of buildings and bridges could reduce global CO₂ emissions by between 14% and 31%.

In recent years, the development of mass wood technology has paved the way for the construction of mid-rise and high-rise wood buildings to meet the built environment needs of the world's rapidly growing urban population (Brandner, 2017; Harte, 2017). Mass wood is a wood-based construction category characterised by the use of large solid wood panels for wall, floor and roof construction (Harte, 2017). Cross-Laminated Wood (CLT) is the most widely used solid wood product in the construction of multi-family homes and multi-storey commercial buildings (Brandner, 2017; Harte, 2017). Unlike concrete and steel, which emit CO₂ during production, the trees used to make mass wood products naturally absorb and store CO₂ as they grow. In sustainably managed forests, new trees grow to replace those harvested, ensuring no net loss of forest carbon (Gustavsson, 2017).

There are many positive characteristics of wood structures produced in forests. These can be listed as: natural, beautiful texture and colour, easy to work, renewable and sustainable, light, flexible, surface treatments, increased thermal and sound insulation and energy saving, high durability, long life with maintenance. In addition, wood materials have the property of reducing the CO₂ effect compared to other building materials. Wooden materials have disadvantages as well as advantages. In particular, changing climatic conditions negatively affect the structural properties of wood materials. For example, wood's ability to easily absorb and release moisture makes it very sensitive to changes in climate. It can swell in a high humidity environment and shrink by drying in a low humidity environment. In addition, the risk of decay and deterioration of wood materials increases with increasing temperature and humidity. Temperature changes can also cause cracks or deformations in the structure of wood. UV rays from the sun can cause fading of wood surfaces and deterioration of structural integrity. Another factor, air pollution, can increase the rate of deterioration by causing chemical reactions on the surface of wood materials. With climate change, the spread of some insect species in wood materials increases, which can damage wood materials. In addition, the outdoor effect, or "weathering", is an important risk factor for wood-based materials. Weathering is defined as the change in colour, surface roughness and cracks that occur on the surface as a result of exposure to light (UV, IR), moisture (rain, snow, damp, dew), mechanical forces (wind, sand, dirt) and temperature. As a result of these effects, there are changes in the colour, chemical and physical properties of the wood material. All the negative effects mentioned above can shorten the durability and life of wood, so it is necessary to preserve the wooden material with appropriate protection and maintenance methods. In addition, the provision of appropriate climatic conditions for wood materials (appropriate temperature and humidity levels) is important for the design of high-quality and long-lasting wooden structures and for sustainability.

In today's climatic conditions, the recycling of materials used in construction and the prevention of environmental pollution are important factors. The recycling stages of wood are shown schematically in Figure 5. Basically, each anatomical feature of wood fibre, including tracheid diameter, lumen diameter, cell wall thickness and microfibril angle (MFA), controls the mechanical properties of wood and the quality of fibre-based products. Functional properties of wood products, such as axial stiffness and longitudinal shrinkage, are properties that are largely dependent on the MFA in the S2 layer of the secondary cell wall. As MFA increases, longitudinal shrinkage increases exponentially and axial stiffness decreases (Neagu et al., 2006). When designing wood structures, it is necessary to follow some design rules in order to be an ecological building (Tönük, 2001). These can be summarized as: Ensure that the design and construction of the wooden structure does not result in the depletion of natural resources, placing it in a way that is compatible with the environment and topography during the design phase of the structure, be appropriate to the climatic conditions and topographical features of the region when positioning the structure; Use materials that can be easily recycled,

design wet areas and circulation areas on the north side as much as possible in the horizontal layout during the structure design phase, paying attention to this principle in the vertical layout as well as in the horizontal layout during the structure design phase, consider modularity in the design, designing spaces as multifunctional, allow for the use of solar energy.

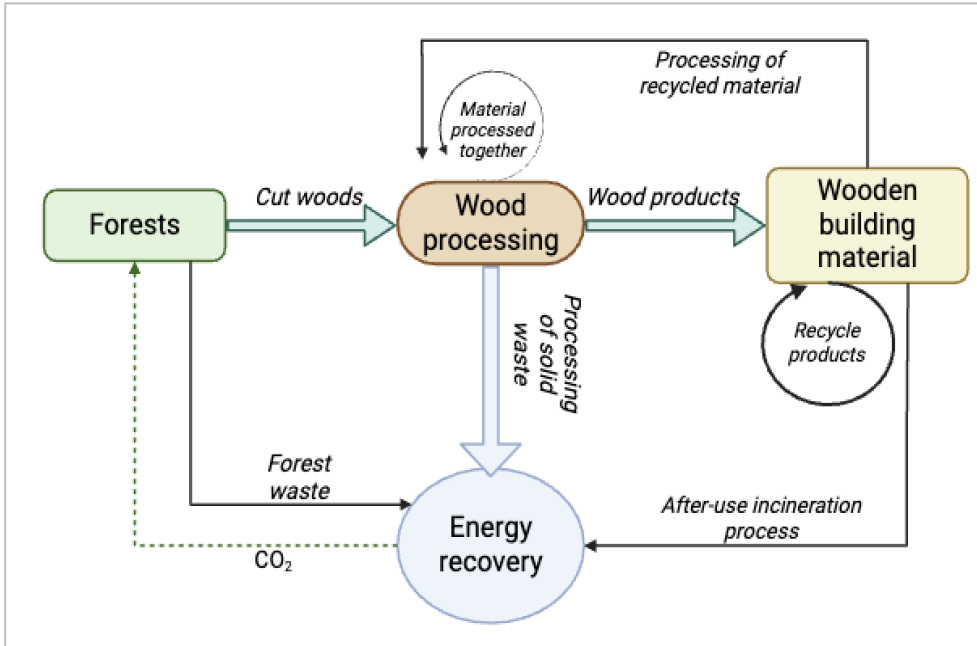


Figure 5. Lifecycle of wood-based materials (Serengil, 2018)

One of the factors causing environmental problems is the activity of the building sector. The need to reduce the negative effects of this activity leads us to ecological design and the use of ecological materials in buildings. This study considers wood as one of the ecological building materials. The criteria, categories and indicators to be used in assessing the sustainability of this material are examined and the sustainability of this material is examined in the light of these. Climate change has a major impact on nature and people, as well as on the transfer of an existing structure into the future. The change in the temperature factor in the future determines the concentration of heating and cooling demand in buildings. In this context, future scenarios against climate change are created in order to see the attitude of structures against climate change. The purpose of this review study is to compare the climatic resistance of wooden structures in Türkiye, Canada and Finland as different countries and to determine what measures should be taken to strengthen these structures in harsh climatic conditions.

This study discusses the effects of climate change on timber structures and strategies to increase their durability. Research carried out in different countries on the environmental sustainability and durability of wooden structures will be reviewed and approaches applied in Turkey and other countries will be compared. The literature review will evaluate academic studies on the protection of wood materials, new generation coating and processing techniques, engineering solutions to increase durability and climate change adaptation strategies. In this context, both current practices and innovative methods to be developed in the future will be discussed.

2. Methods

This review study used case study as a method, which is a qualitative research technique. In this context, examples of climate-resilient wood structures on different countries (Canada and Finland), as well as in Türkiye, were used to compare successful applications. Forest structures in Türkiye, Canada and Finland were studied and the changes in these structures against climate change were investigated. Based on the data obtained from the research, the strategies that can be applied for the adaptation of wood structures in Türkiye to climate change were determined. In addition, material, design and building protection strategies to adapt to

climate change and increase durability were proposed based on the research results. The effects of different climatic conditions on wooden building materials and construction, and the general stages of the studies to be carried out for the strengthening of wooden structures are shown in Figure 6.

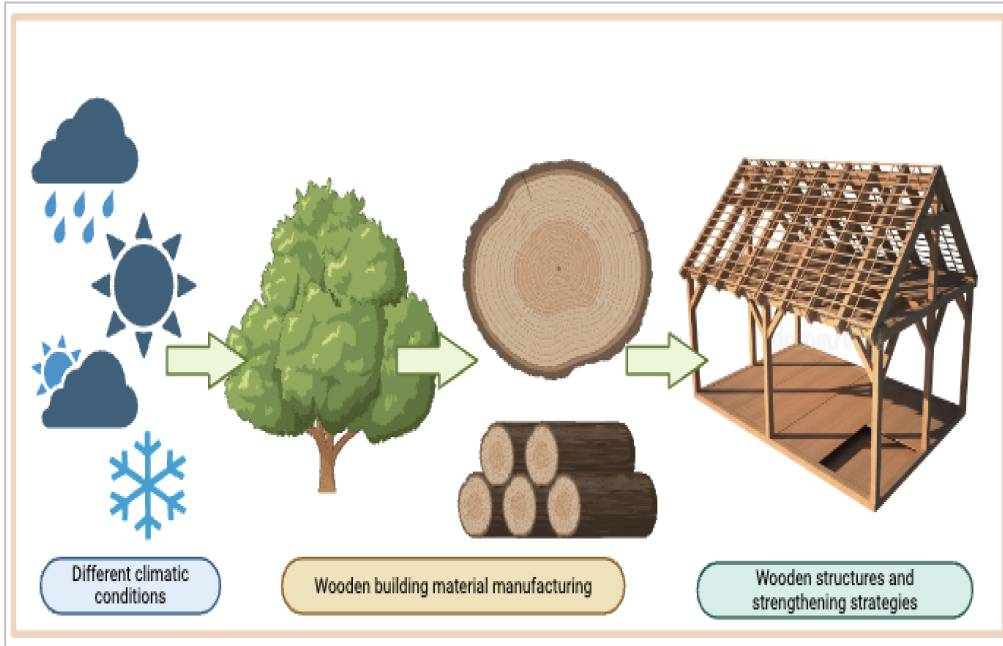


Figure 6. A general graphical presentation of the effects of different climatic conditions on wood building materials and construction, and on the reinforcement of wood structures.

3. Results and Discussion

3.1. Türkiye's Forest Structure And Climate Change Policies

Türkiye is surrounded by sea on three sides and lies between the subtropical and temperate zones. While the coastal areas of Türkiye have a milder climate due to the effect of the sea, the North Anatolian and Taurus Mountains prevent this effect from penetrating into the interior of the country. For this reason, while the inner parts of our country have continental climate characteristics, a large part of Türkiye is located in the dry summer subtropical Mediterranean climate zone. According to international and national literature, Türkiye is divided into 8 ecological regions. The interactions between the ecological regions and climate types determined by Serengil, (2018) are shown in Table 1. In this way, the evaluation of ecological regions, more homogeneous calculations and the use of more specific emission factors and coefficients can be provided. Wood, which is the most used building material in traditional Turkish architecture with a rate of 60-75%, is used as a structural element in regions where it is easily available. The rate of use in the structural system varies according to the climatic conditions of the region where the wooden structures are located.

In our country, traditional wooden structures can be found in the area south of the eastern Black Sea region, west of Gaziantep, as well as in the Western Black Sea region, parts of the Aegean region, and certain rural areas of Central Anatolia. In other words, the properties of wood and the extent to which it can be used in construction are significantly affected by the climatic conditions of the region where the structure is to be built. The distribution of forests and the map of wooden structures in Türkiye are shown in Figure 7 (Şahin, 2021).

Table 1

Ecological regions in Türkiye and their relationships with climate classification

Ecozone	Biome	Climate type	IPCC climate type
Euxine-Colchic deciduous forest	Temperate deciduous and mixed forest	Black Sea coastal zone	Warm temperate humid
Northern Anatolian deciduous, coniferous and mixed forest	Temperate deciduous, coniferous and mixed forest	Black Sea coastal back temperate climate zone	Warm temperate dry
Mediterranean Coastal Zone deciduous and coniferous forest	Mediterranean forests and shrubs	Mediterranean coastal zone	Warm temperate humid-dry
Mediterranean Mountain Zone	Mediterranean forests and shrubs	Mediterranean coastal back temperate mountain climate	Warm temperate dry
Inner Aegean deciduous and coniferous forest	Mediterranean forests and shrubs	Mediterranean coastal back temperate climate	Warm temperate dry
Central Anatolian Steppe	Temperate deciduous and mixed forest	Semiarid steppe climate	Warm-cool temperate dry
Eastern Anatolian deciduous forest zone	Temperate deciduous and mixed forest	Temperate continental climate	Warm temperate dry
Eastern Anatolian Steppe	Temperate pasture, shrub and steppe	Mountainous continental climate	Warm temperate dry-humid

Climate change and the disasters it causes have a negative impact on urban structures and increase their vulnerability. In this process, it is important to identify the climatic conditions and determine which region is more vulnerable. It is very important that the current plans and the decision support tools used are well designed. Correctly identifying the problem areas and studying their characteristics is very important in order to take the right steps in the process of developing solutions (Dursun, 2004). The IPCC climate classification is not sufficient when considering the conditions in Türkiye and needs to be detailed by associating it with phytogeographical regions (Black Sea Main Climate, Mediterranean Main Climate, Continental Climate Region) and altitude.

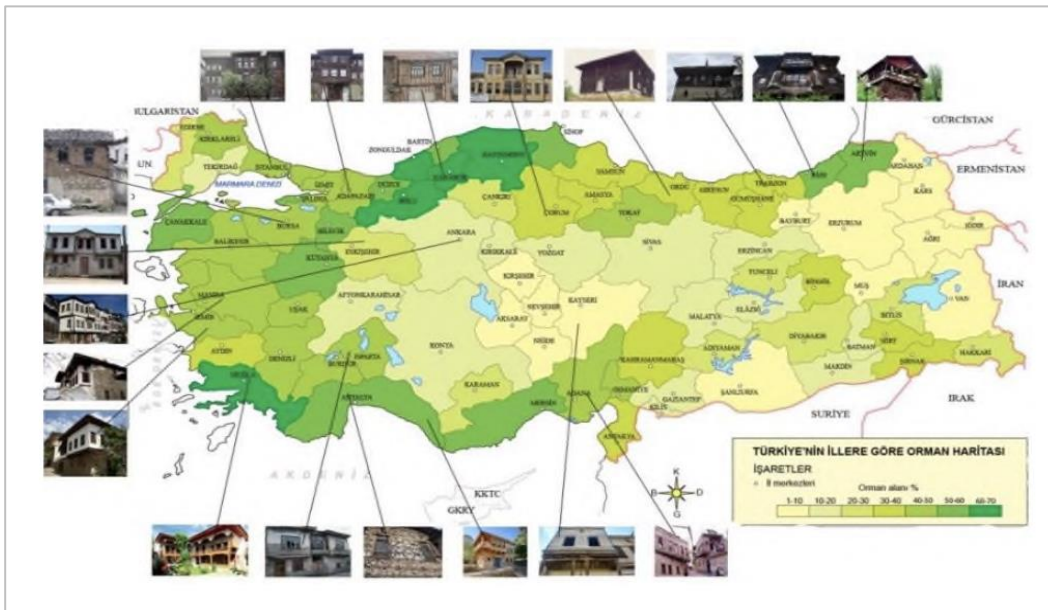


Figure 7. Map of the distribution of the forests and of the wooden constructions in Türkiye

Türkiye's overall climate change policy is framed by various intersectoral and sectoral policies, strategies and action plans based on national legislation. The forestry sector is included in the national strategies and action

plans, which emphasise the importance of focusing on climate change adaptation measures. Türkiye's objectives for the forestry sector are as follows: Identifying drought-resistant tree species and planting them, especially in arid and semi-arid areas, plan and implement forest areas and forestry activities that are essential for the protection and management of water resources within the framework of sustainability principles and based on the principles of headwater catchment management (MEUCC, 2010), limiting the negative impacts of land uses and changes, such as forests, pastures, agriculture and settlements, on climate change, strengthen the legal and institutional structure for addressing climate change in land use and forestry, integrate climate change adaptation into ecosystem services, biodiversity and forestry policies, identify and monitor climate change impacts on biodiversity and ecosystem services (MEUCC, 2011a; MEUCC, 2011b).

Considering the effects of climate change in Türkiye, various measures and strategies should be implemented to increase the durability of wooden structures and ensure environmental sustainability. Firstly, naturally durable wood species should be preferred and these materials should be protected against moisture, pests and fungi by using techniques such as heat treatment, impregnation or carbonisation. The use of local and certified wood is important to reduce the carbon footprint. In terms of design, solutions should be adopted that are appropriate to the climatic conditions. For example, insulation should be provided against extreme hot and cold weather conditions, and roofs and external facades should be covered with waterproof materials. In addition, natural ventilation systems reduce the effects of moisture, while sunshades or shading systems can minimise the direct effects of sunlight. Regular maintenance is essential to maintain the durability of wood structures. Water-repellent coatings should be applied regularly, and cracks or warping should be detected and repaired early. Foundations should be insulated against moisture and damp and effective drainage systems should be installed. Reinforcement should also be provided at joints to increase resistance to natural hazards such as wind and storm, and flexible design principles should be adopted in accordance with seismic regulations. To ensure the sustainability of wood structures, it is also important to protect the carbon storage potential, use energy-efficient systems and develop them with innovative technologies such as nanotechnology coatings.

Finally, it is necessary to develop climate-friendly building codes within the legal and policy framework and to promote sustainable projects such as rainwater management, green roofs or vertical gardens around wooden structures. These comprehensive approaches can be adapted to Türkiye's different climate zones and supported by training and awareness activities for the construction sector.

3.2. British Columbia (Canada) Forest Structure and Climate Change Policies

British Columbia's (BC) forests are characterised by a high degree of ecological diversity. Particularly for species with a wide distribution, the ecological characteristics of their natural range can vary greatly. It is therefore important to be able to match the regeneration area with the right species and the right origin of the species. Rapid climate change makes it difficult to make these matches in a healthy way. The negative effects of climate change are expected to be felt in BC above the world average (Spittlehouse, 2008). Currently, the negative effects of climate change are manifested in changes to hydrological systems (Leith, 1998), forest fires (Gillett, 2004), and damage from insects (Carroll, 2004) and fungi (Woods, 2005). The natural ranges of forest tree species are also expected to change (Hamann, 2006; Johnston, 2009). As a result, research on safe seed transfer is being conducted together with tree breeding studies, and the information gained is being considered in an integrated way in breeding programmes. The main objective of these tree breeding and seed transfer efforts is to increase wood production per unit area by 20% in terms of quantity and quality compared to natural stands (Temel, 2001).

Three major research projects are underway to make BC's forests and forestry sector more resilient to the adverse effects of climate change. The Assisted Migration and Adaptation Trial (AMAT) was initiated to provide the information needed to transition from a geographically based seed transfer system to a climate-based seed transfer system. A total of 15 forest tree species were planted in 48 two-hectare trial plots in BC and neighbouring Canadian provinces. Twelve trials were established each year between 2009 and 2013, and

survival and growth measurements have been taken every five years since 2014. The means and variances of survival and growth variables for each provenance are loaded into the Tree and Stand Simulator to estimate the volume of wood that can be harvested from a unit area (ha) at the end of the management period. By modelling the relationship between volume growth and differences in climatic variables between the source and experimental sites, it will be possible to predict where species and seed sources will be most productive under future climatic conditions in the face of climate change (Temel, 2001).

There have also been some innovations in the use of wood and reinforcement in Canada. For example, a solid wood factory clad in vertical cedar slats was built in the Squamish Valley of British Columbia. In 2021, Hemsworth Architecture designed a 2,700 m² industrial facility for Leon Lebeniste Fine Furnishings & Architectural Woodworking in the Vancouver area. The sustainable architecture of the Leon Lebeniste facility was designed with an emphasis on the use of sustainable materials, a large area of glass along the street, and a shared green roof and deck (Web-2) (Figure 8). The three-storey building, which is an example of sustainable architecture, is clad in vertical red cedar slats treated with a natural preservative to increase the durability of the material and minimise maintenance. The nearly rectangular structure is constructed of glulam post and beam columns supporting solid wood CLT panels and concrete slabs for the floor and roof. The solid wood structure is left exposed in places and clad in plywood in others to create a warm atmosphere. Therefore, materials used in sustainable architecture were preferred (Web-2) (Figure 8).



(a)

(b)

Figure 8. Leon Lebeniste facility (a) and Leon Lebeniste internal structure of the facility(b)

British Columbia is one of the most densely forested regions in Canada and has developed several strategies to address the effects of climate change. The region has a wide range of ecosystems, including boreal, temperate rainforest and subalpine forest. Tree species such as spruce, cedar, fir and Douglas fir form the foundation of these forests and are important for carbon storage, biodiversity, watershed protection and wood production. As part of the climate change response, reforestation studies are being carried out using sustainable forestry practices and fire management methods such as early warning systems and controlled burns. Forest health is also protected through pest and disease control.

Forest-based carbon credits have been developed to reduce carbon emissions, and degraded areas have been rehabilitated. Ecosystem resilience has been increased and wildlife corridors created by promoting native and climate-resilient species to adapt to changing climate conditions. Traditional knowledge of indigenous peoples has been integrated into forest management, and awareness of climate change has been raised in society. Forest

health and long-term responses are continuously monitored using remote sensing technologies and climate change models. Through these proactive policies and scientific approaches, British Columbia is playing an important role in both protecting ecosystem health and reducing the impacts of global warming.

3.3. Finland's Forest Structure and Climate Change Policies

Among European countries, the wood building industry in Finland is extensive and deep-rooted, and the government's policy to increase the wood building stock is examined in detail in this compilation in order to set an example for our country. In Finland, increasing the use of wood in construction has become a government policy and has been promoted by the authorities through various wood promotion programmes and legislative changes for about thirty years. Increasing the processing capacity of the wood industry, developing exports and supporting local ecology are among the basic strategies implemented to promote wood construction (Karjalainen, 2002). In the 2010s, climate change has become an important driver for the wood construction industry (Ijäs, 2013)

In recent years, reinforced concrete has still accounted for about 70% of residential construction in Finland. However, in recent years there has been a significant increase in the use of wood construction systems. This development has been accompanied by a growing awareness of the advantages and sustainability of wood construction. Fire regulations have played a central role in the spread of wood construction. In 1997, a revised version of the fire regulations led to the construction of residential and office buildings with wood frames and facades of up to four storeys in height, which resulted in a sharp increase in the construction of wood housing in Finland. In 2011, the zoning regulations were revised to allow the construction of wood apartment buildings up to 8 storeys high under certain conditions.

In Finland, wooden multi-family dwellings are currently constructed using three different structural systems: the modular mass construction system, the load-bearing large element system and the post and beam system. The post and beam system is widely used in Finland, especially for low-rise wooden apartment buildings with a maximum of 5 storeys. The chosen structural system, together with the location of the load-bearing lines and the potential spans of the subfloors, influences the architectural design of the building. Wood structures are usually connected with steel or bolted connections. The method of connection is influenced by the choice of structural system. Subfloors in wood residential buildings tend to have slightly shorter spans than reinforced concrete structures. Depending on the construction method, spans of approximately 4-7 metres can be cost-effectively achieved with wood subfloors. At the same time, the load-bearing structures and partition walls between apartments are usually thicker than those of reinforced concrete structures. These features ensure that wood apartment buildings are strong and durable. The 18-storey, 85-metre high Mjøstårnet in Brumunddal (Norway) is the tallest wooden apartment building in the world (Figure 9) (Erdoğan and Begeç, 2021). In Finland, the implementation of wood apartment buildings with different structural systems provides architectural flexibility and enables different design options. This increases the diversity and aesthetic potential of wood construction (Tulonen, 2018).

Helsinki-based Anttinen Oiva Architects has built Katajanokan Laituri, a solid wood office and hotel building on the south bank of Katajanokka in Helsinki. This wood building in Finland demonstrates the country's continuing achievements in innovative and contemporary large-scale wood architecture. Wood construction is an important step towards Finland's goal of carbon neutrality. It promotes wood construction in a country where forests cover around 75% of the land area.



Figure 9. The building of Mjøstårnet

Sustainable forest management is at the forefront of Finland's efforts to combat climate change. Selective felling and reforestation studies are being carried out to increase the growth rate of forests. Biological control methods and early warning systems have been developed to combat pests and diseases. Forest roads and firebreaks have been created to reduce the risk of fires, and the use of advanced technology to quickly detect and control fires has been increased. Finland is also investing in projects to increase the carbon sink capacity of forests. To reduce carbon emissions, the forestry sector is supported through carbon trading and innovative technologies, and degraded areas are reforested to increase their carbon storage capacity.

To build resilience, priority is given to resilient and native species that can adapt to climate change. Protected areas have been expanded to preserve the biodiversity of forest ecosystems and projects have been implemented to support natural processes. Finland is also working to reduce dependence on fossil fuels by promoting renewable energy sources from forests. In the area of research and innovation, institutions such as the Finnish Climate Change Panel are working to monitor forest responses to climate change and develop adaptation strategies. As a result, Finland is using scientific and innovative approaches to protect its large forest areas and increase their resilience to the effects of climate change. These efforts make a significant contribution not only to Finland's natural resources, but also to the fight against climate change on a global scale.

4. Conclusion

Strengthening wooden structures against climate change demands both traditional and modern approaches, as evidenced by examples from Türkiye and beyond. When selecting wood building materials, preference should be given to species that are resistant to moisture, temperature changes and biological threats caused by climate change. For example, wood from coniferous trees may not be as durable as certain hardwoods, which tend to offer higher resistance to decay, as observed in diverse forest ecosystems such as those in İğneada and other regions. Options such as modified wood species with increased durability and thermally or chemically treated wood should be considered for construction. Waterproof coatings, varnishes and protective impregnants can be applied to protect wood surfaces. These applications increase the wood's resistance to moisture and water and also provide protection against biological pests such as insects and fungi. The increased amount and intensity of rainfall associated with climate change may increase the risk of water damage to wood structures. It is therefore important to install drainage systems and reduce the contact of the wood structure with the

ground. Creating moisture barriers between the foundation and the walls of the structure will help prevent water accumulation. Wood structures can be designed to withstand natural factors such as wind, rain and snow. For example, wide eaves on wood roofs can extend the life of the structure by reducing the amount of rain that comes into contact with the façade. In addition, designs that allow for air circulation can prevent moisture from building up in the structure. Using wood from sustainable and certified sources is an important step in combating climate change. Wood from sustainable forestry minimises the environmental impact as it is produced without harming nature and by reducing carbon emissions. Wooden structures require regular maintenance and repair, even if they are made resistant to climate change. Regular checks should be carried out, particularly on areas such as the exterior cladding, roof and foundation. Rapid replacement of rotten or damaged parts will maintain the overall durability of the structure. Increased temperature fluctuations with climate change make it necessary to protect the thermal performance of wood. Energy-saving insulation materials and airtight coatings reduce energy consumption by maintaining the internal temperature of the wood structure. Bio-resistant wood applications developed using innovative biotechnological methods are becoming more durable against threats such as fungi, insects and decay. Wood species with increased bio-resistance can withstand climate change conditions for longer periods of time than traditional materials. Raising awareness of climate-resilient wood applications among wood building owners and the construction industry supports the long-term and sustainable use of buildings. Educational programmes ensure the preservation of the structure by teaching proper maintenance practices.

Author Contributions

Author İbrahim Engin Öztürk: He planned and designed the study, performed statistical analyses and wrote the manuscript.

Author Çağlar Altay: He collected the data and contributed to the writing of the manuscript.

Author Esra Gençdağ Gözen: She contributed to the writing of the manuscript.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Batur, A. (2004). Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze. Access address: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., & Thiel, A. (2016). Cross laminated timber (CLT): overview and development. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74, 331-351. <https://doi.org/10.1007/s00107-015-0999-5>
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394-416. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037>
- Çalışkan, Ö., Meriç, E., & Yüncüler, M. (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dünü, bugünü ve yarını. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 109-118. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.531012>
- Çaştur, Ş. N. (2021). Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul. Access address: <https://acikerisim.fsm.edu.tr/xmlui/handle/11352/3918>
- Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change (MEUCC), (2010). Climate Change Strategy 2010-2023. The Republic of Türkiye, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/iklim_degisikligi_stratejisi_EN\(2\).pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/iklim_degisikligi_stratejisi_EN(2).pdf).
- Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change (MEUCC), (2011a). National Climate Change Action Plan 2011-2023. ISBN: 978-605-393-097-6, <http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/%C4%B1depeng.pdf?sfvrsn=2>.

- Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change (MEUCC), (2011b). Türkiye's National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan. <http://www.dsi.gov.tr/docs/iklim-degisikligi/Turkiyes-national-climate-change-adaptationstrategy-and-action-plan.pdf?sfvrsn=2>.
- Dursun, D., & Yavaş, M. (2024). Kentlerin İklim Risklerinin Ölçülmesinde Parametre Bazlı Değerlendirme Modeli. Planlama, (1).
- Erdoğan, D., & Begeç, H. (2021). Tall Timber Architecture: An Opportunity for Green Building as Mjøståmet. International Symposium of Architecture, Technology and Innovation. Yaşar University, Izmir, Turkey.
- Erşan, R. R., & Demirarslan, D. (2020). Tarihi yapılarda sürdürülebilirlik ilkesi bağlamında Eskişehir Odunpazarı evleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 187-213.
- Gillett, N. P., Weaver, A. J., Zwiers, F. W., & Flannigan, M. D. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters*, 31(18).
- Gustavsson, L., Haus, S., Lundblad, M., Lundström, A., Ortiz, C. A., Sathre, R. and Wikberg, P. E. (2017). Climate change effects of forestry and substitution of carbon-intensive materials and fossil fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 612-624. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.056>
- Halaç, H., & Demir, İ. (2017). Alanya Geleneksel Tophane Evlerinin Cephelelerinde Mimari Eleman ve Malzemenin Dönüşümü. *Art-e Sanat Dergisi*, 10(20), 601-629.
- Hamann, A., & Wang, T. (2006). Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia. *Ecology*, 87(11), 2773-2786. <https://doi.org/10.1890/0012-9658>
- Harte, A. M. (2017). Mass timber—the emergence of a modern construction material. *Journal of Structural Integrity and Maintenance*, 2(3), 121-132. <https://doi.org/10.1080/24705314.2017.1354156>
- Hill, C. A. S. (2019). The environmental consequences concerning the use of timber in the built environment. *Frontiers in Built Environment*, 5, 129. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00129>
- Huang, L., Krigsvoll, G., Johansen, F., Liu, Y., & Zhang, X. (2018). Carbon emission of global construction sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1906-1916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001>
- Ijäs V. (2013). Ahşap Apartman İnşaatı Engeller Ve Fırsatlar: Önemli Finlerin İnşası Gayrimenkul Paydaşlarının Karşılaştırmalı Tutum Ölçümü., Yüksek Lisans Tezi, Tampere Teknoloji Üniversitesi.
- Johnston, M. (2009). Vulnerability of Canada's tree species to climate change and management options for adaptation: An overview for policy makers and practitioners (pp. 40-pp).
- Karjalainen, M. (2002). The Finnish multi-story timber apartment building as a pioneer in the development of timber construction. Oulu, Finland: University of Oulu.
- Kaste, Ø., Rankinen, K., & Lepistö, A. (2004). Modelling impacts of climate and deposition changes on nitrogen fluxes in northern catchments of Norway and Finland. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(4), 778-792. <https://doi.org/10.5194/hess-8-778-2004>
- Leith, R. M., & Whitfield, P. H. (1998). Evidence of climate change effects on the hydrology of streams in south-central BC. *Canadian Water Resources Journal*, 23(3), 219-230. <https://doi.org/10.4296/cwrj2303219>
- Igin, E., & Karjalainen, M. (2022). Massive wood construction in finland: Past, present, and future. In Wood Industry-Past, Present and Future Outlook. InTech Open Access Publisher.
- Lolli, N., Fufa, S. M. and Kjendseth Wiik, M. (2019). An assessment of greenhouse gas emissions from CLT and glulam in two residential nearly zero energy buildings. *Wood Material Science & Engineering*, 14(5), 342-354. <https://doi.org/10.1080/17480272.2019.1655792>
- Cristian Neagu, R., Kristofer Gamstedt, E., Bardage, S. L. and Lindström, M. (2006). Ultrastructural features affecting mechanical properties of wood fibres. *Wood Material Science and Engineering*, 1(3-4), 146-170. <https://doi.org/10.1080/17480270701195374>
- OGM, (2023). Access date: 20.10.2024. Access address: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- Oliver, C. D., Nassar, N. T., Lippke, B. R., & McCarter, J. B. (2014). Carbon, fossil fuel, and biodiversity mitigation with wood and forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 33(3), 248-275. <https://doi.org/10.1080/10549811.2013.839386>
- Özhan, N. (2006). Anadolu'nun Geleneksek Konutlarında Ahşap Kullanımına Ait Bir Derleme. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Öztürk, İ.E. (2024). Mobil Evlerin Yeşil Bina Standartlarına Uyumu: Sistemik Literatür Taraması. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Pandey, S. (2021). Climatic influence on tree wood anatomy: a review. *Journal of Wood Science*, 67(1), 24.

- Robert Lisø, K., Olav Hygen, H., Kvande, T., & Vincent Thue, J. (2006). Decay potential in wood structures using climate data. *Building Research & Information*, 34(6), 546-551. <https://doi.org/10.1080/09613210600736248>
- Şahin, N., & Biçer, Ö. P. (2021). Geleneksel Çorum Evlerinde Ahşap Yapım Sistemlerinin İncelenmesi. *Erciyes Akademi*, 35(4), 1554-1586. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.985297>
- Sathre, R., & O'Connor, J. (2010). Meta-analysis of greenhouse gas displacement factors of wood product substitution. *Environmental science & policy*, 13(2), 104-114.
- Serengil, Y. (2018). İklim değişikliği ve karbon yönetimi; Tarım/Orman ve diğer arazi kullanımları. https://www.undp.org/content/dam/Türkiye/SFM%20PRJ/undp_iklim_web.pdf.
- Sözen, M., & Erüzün, C. (1996). Anatolian Vernacular Houses. Emlak Bankası Yayınevi, İstanbul, 296.
- Spittlehouse, D. L. (2008). Climate change, impacts, and adaptation scenarios: climate change and forest and range management in British Columbia (No. 045, pp. viii+-38).
- Taylor, S. W., & Safanyik, L. (2003). Effect of climate change on range expansion by the mountain pine beetle in British Columbia. In *Mountain Pine Beetle Symposium: Challenges and Solutions*; Canadian Forest Service: Victoria, BC, Canada.
- Temel, F. (2024) Britanya Kolumbiyası (Kanada) ormancılığında ağaç ıslahı. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 81-93. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.1482489>
- Tönük, S. (2001). Bina Tasarımında Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- Tulonen, L., Karjalainen, M., & Ilgin, H. E. (2021). Tall wooden residential buildings in Finland: What are the key factors for design and implementation?. In *Engineered Wood Products for Construction*. InTech Open Access Publisher.
- UNEP, United Nations Environment Programme, (2019). The emissions gap report 2019. Access address: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.
- Vahey, D. W., Zhu, J. Y., & Scott, C. T. (2007). Wood density and anatomical properties in suppressed-growth trees: Comparison of two methods. *Wood and fiber science*. Vol. 39, no. 3 (2007): pages 462-471.
- Web-1, (2024). Access date: 13.10.2024. Access address: <https://rize.ktb.gov.tr/>
- Web-2, (2024). Access address: <https://www.ekoyapidergisi.org/hemsworth-architecture-kanada-da-surdurulebilir-masif-ahsap-fabrikasi-insa-etti>
- Wiik, M. K., Fufa, S. M., Kristjansdottir, T., & Andresen, I. (2018). Lessons learnt from embodied GHG emission calculations in zero emission buildings (ZEBs) from the Norwegian ZEB research centre. *Energy and Buildings*, 165, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.025> Get rights and content
- Wood, L. J., Smith, D. J., & Hartley, I. D. (2016). Predicting softwood quality attributes from climate data in interior British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management*, 361, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.004>
- Woods, A., Coates, K. D., & Hamann, A. (2005). Is an unprecedented Dothistroma needle blight epidemic related to climate change?. *BioScience*, 55(9), 761-769. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0761:IAUDNB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0761:IAUDNB]2.0.CO;2)

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