



# AĞAÇ ve ORMAN

## TREE and FOREST

Yıl  
Year 2024

Cilt  
Volume 5

Sayı  
Issue 1

eISSN: 2757-5349

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
BURSA TECHNICAL UNIVERSITY



**DERGİ YAYIN KURULU**  
**EDITORIAL BOARD**

**Baş Editör / Editor-in-Chief**

Neşat ERKAN Bursa Teknik Üniversitesi

**Editör Yardımcıları / Vice Editors**

Ayşe Gül SARIKAYA Bursa Teknik Üniversitesi  
Kamil ERKEN Bursa Teknik Üniversitesi  
Mahmut Ali ERMEYDAN Bursa Teknik Üniversitesi  
Nevzat GÜRLEVİK Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Şükrü Teoman GÜNER Bartın Üniversitesi

**Alan editörleri / Subject Editors**

Abdullah Emin AKAY Bursa Teknik Üniversitesi  
Bahadır ALTUN Kırşehir Ahi Evren Üniversitesi  
Elif BOZDOĞAN SERT İskenderun Teknik Üniversitesi  
Eylem DİZMAN TOMAK Bursa Teknik Üniversitesi  
Muhammed Said FİDAN Bursa Teknik Üniversitesi  
Mustafa BATUR Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü  
Oğuzhan SARIKAYA Bursa Teknik Üniversitesi  
Oktay GÖNÜLTAŞ Bursa Teknik Üniversitesi  
Sinan GÜNER Artvin Çoruh Üniversitesi  
Temel SARIYILDIZ Bursa Teknik Üniversitesi  
Zeynep PİRSELİMOĞLU BATMAN Uludağ Üniversitesi

**Yazım Editörü / Writing Editors**

Edanur AYHAN Bursa Teknik Üniversitesi  
Özgenur AYKIN Bursa Teknik Üniversite  
Şaban ÇETİNER Orman Genel Müdürlüğü

**Dil Editörleri / Language Editors**

Merve ERSOY MİRİCİ Bursa Teknik Üniversitesi  
Mesut UYSAL Bursa Teknik Üniversitesi

**Dizgi Editörü / Layout Editor**

İnanç TAŞ Bursa Teknik Üniversitesi

**İletişim / Contact**

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/agacorman>  
Mimar Sinan Yerleşkesi  
Mimar Sinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Caddesi,  
No:177 16310 Yıldırım/BURSA  
Tel: 0(224) 300 37 95  
E-mail: [agacorman@btu.edu.tr](mailto:agacorman@btu.edu.tr)



**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

---

	<i>Derleme/Review</i>
<b>Türkiye’de bazı odun dışı orman ürünlerinin üretim, ithalat ve ihracat durumlarına ilişkin bilgiler</b> / Information on some non-wood forest production, import, and export situations in Türkiye Bekircan BALCI, Murat KÖSE	1-12
<i>Araştırma makalesi/Research article</i>	
<b>The effects of continuously wetting-drying cycles on pre-weathered and oil-coated rowan (<i>Sorbus torminalis</i>) wood</b> / Sürekli ıslatma-kurutma döngülerinin ön yaşlandırılmış ve yağla kaplanmış üvez ( <i>Sorbus torminalis</i> ) odunu üzerindeki etkileri Halil Turgut ŞAHİN, Uğur ÖZKAN	13-17
<i>Derleme/Review</i>	
<b>Sürdürülebilirlik ve mobilya endüstrisi</b> / Sustainability and the furniture industry Zeki CANDAN, Sabit TUNÇEL, Adnan SERBEST	18-31
<i>Araştırma makalesi/Research article</i>	
<b>Kent donatıları üretim tesislerinde gürültü ölçümü ve uygulamaları</b> / Noise measurement and applications in urban equipment production facilities Taha IŞIK, Murat ERTAŞ	32-36
<i>Araştırma makalesi/Research article</i>	
<b>Çapraz lamine kerestelerin sonlu elemanlar metodu ile analizi</b> / Analysis of cross laminated timbers with finite element method Halil KARATAY, Ergün GÜNTEKİN, Mesut UYSAL	37-41
<i>Araştırma makalesi/Research article</i>	
<b>Analyze the effects of CNC machining parameters on the surface roughness (<i>Rz</i>) of Anatolian chestnut</b> / CNC işleme parametrelerinin Anadolu kestanesinin yüzey pürüzlülüğü ( <i>Rz</i> ) üzerindeki etkilerinin incelenmesi Oruç ARAS, Sait Dündar SOFUOĞLU	42-50
<i>Araştırma makalesi/Research article</i>	
<b>Depo istif hacminin İHA teknolojisi ile hesaplanması: Samsun ili Tekkeköy Orman Deposu örneği</b> / Calculation of depot stack volume using UAV technology: A case study of Tekkeköy Forest Depot in Samsun Province Turan SÖNMEZ, Emir Talha KARAHAN, Furkan Emre AKSAKAL, Burhan GENÇAL	51-57

---



## Türkiye’de bazı odun dışı orman ürünlerinin üretim, ithalat ve ihracat durumlarına ilişkin bilgiler

### Information on some non-wood forest production, import, and export situations in Türkiye

Bekircan BALCI , Murat KÖSE 

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:  
Bekircan BALCI

E-mail:  
bekircan.balci@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:  
15/09/2023

Kabul Tarihi:  
09/11/2023

Atıf:  
Balci, B., Köse, M. 2024. Türkiye’de bazı odun dışı orman ürünlerinin üretim, ithalat ve ihracat durumlarına ilişkin bilgiler. Ağaç ve Orman, 5(1): 1-12.  
DOI:10.59751/agacorman.1360839

#### Özet

Bu çalışma, ormanların topluma sağladığı faydalardan birisi olan odun dışı orman ürünlerinin ele alınması, ihracat açısından ve kırsal kalkınmaya sağladığı destek bakımından önem arz eden bu ürünlerin tanıtılması ve ekonomik faydasının ortaya konması amacıyla hazırlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için Orman Genel Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu'nun sağladığı verilerden ve literatürden yararlanılmıştır. Defne yaprağı, kekik, kestane, keçiyoynuzu, lavanta, ada çayı ve biberiye ürünlerinin ihracat ve ithalat değerleri dokuz yıllık periyotta (2015-2023) ele alınarak grafik olarak sunulmuştur. Dokuz yıllık periyotta en fazla üretilen odun dışı orman ürünü 269.044 ton ile defne yaprağı olmuştur. Üretim açısından defne yaprağı ön plana çıkmış olsa da ihracatından en fazla gelir elde edilen ürün kekik olmuştur. 2015-2023 yılları arasında kekik ihracatından 3.926.061.000 Türk Lirası gelir elde edilmiştir. Odun dışı orman ürünlerinden sağlanan yararların artırılması amacıyla, hazırlanan eylem planlarının uygulanması, verilen destek ve teşviklerin artırılması, odun dışı orman ürünleri envanterinin tamamlanıp orman amenajman planlarına entegre edilmesi gerekmektedir. Ayrıca söz konusu ürünlerin mamul ürün olarak değil işlenmiş ürün olarak ihraç edilmesi hem gelir elde edilmesi hem de katma değerli ürün yaratılması bakımından önem taşımaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Odun dışı orman ürünleri, kırsal kalkınma, ithalat, ihracat.

#### Abstract

This study was prepared to discuss non-wood forest products, which are one of the benefits that forests provide to society, introduce these products that are significant in the point of export and rural development, and reveal their economic benefits. For this reason, data and literature procured from the General Directorate of Forestry and the Turkish Statistical Institute were used. Export and import values of bay leaf, thyme, chestnut, carob, lavender, sage, and rosemary products for nine years (2015-2023) were depicted. The bay leaf was the most-produced non-wood forest product in these nine years, with 269,044 tonnes. Although the bay leaf became prominent in production, thyme was the product that obtained the most income from export, with 3,926,061,000 Turkish Liras from 2015 to 2023. Implementing the prepared action plans, increasing the support and incentives provided, completing the inventory of non-wood forest products, and integrating these products in forest management plans were necessary to increase the benefits of non-wood forest products. Besides, exporting processed non-wood forest products rather than semi-products is vital to earn income and make value-added products.

**Keywords:** Non-wood forest products, rural development, import, export.

### 1. Giriş

İnsanlar var oldukları andan itibaren yaşamlarını devam ettirebilmek için gereken besinleri, araç ve gereçleri ağaçtan ve dolayısıyla ormanlardan sağlamıştır (Tolunay ve Korkmaz, 2005; Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011; Raimov ve Fakir, 2018). Ormanlar ve insanlar arasındaki ilişki sürekli değişim ve dönüşüme uğramaktadır (Öztürk ve Türker, 2005). Günümüzde ormanlar artık odun ham maddesinin üretildiği doğal kaynak olmaktan çıkmış, çeşitli mal ve ekosistem hizmetleri sunan doğal kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Odun dışı orman ürünleri (ODOÜ); insanların ve diğer canlıların kendi gereksinimlerini karşıladıkları, bitkisel, hayvansal, mineral kökenli ürünler ve orman ekosisteminin sunduğu toprak, su koruma, biyolojik çeşitlilik, rekreasyon gibi hizmetler şeklinde tanımlanabilmektedir (Şafak ve Okan, 2004; Mumcu Küçük vd., 2010; Enescu, 2017).

Önceleri yan ürün olarak değerlendirilen ODOÜ'nin yöresel ve ülke düzeyinde ekonomik gelir sağlaması, üretimden kaynaklanan zararın ekolojik açıdan çoğunlukla minimum düzeyde olması, birçoğunun kimyasal işlem görmemesinden dolayı kullanım açısından tercih edilmektedir. Ayrıca sağlık ve gıda ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılması önemini daha da arttırmaktadır (Kurt vd., 2016; Yıldırım, 2018; Çakmaklı, 2019). Bu ürünlerin özellikle bitkisel kökenli olması, birçok alanda kullanılabilmesi söz konusu ürünlere yönelik talebi de arttırmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için de ürünlerin üretimi son derece önem taşımaktadır. Türkiye’de ODOÜ’lerin üretimi yıllar içerisinde büyük farklılıklar göstermekle birlikte günümüzde özellikle kekik, defneyaprağı gibi ürünlerin üretiminde dünyada lider konumundadır (Karık ve Öztürk, 2009; Altunel, 2011). Söz konusu ürünlerin üretimi ise ‘‘302 sayılı odun dışı orman ürünlerinin envanter ve

planlanması ile üretim ve satış esasları’’ adlı tebliğde yer almaktadır. Bu tebliğ göre her türlü odun dışı orman ürünlerinden faydalanılmamaktadır. Faydalanmanın sağlanması için Blanquet skalasına göre tür ender bir şekilde bulunmalı ve ülkemizin taraf olduğu her türlü anlaşmada belirtilen mutlak korunmaya alınmış türler olmamalıdır. Faydalanılacak türler yıllık üretim planlarına alınmaktadır ve bunların üretimi taahhüt veya birim fiyat yoluyla kooperatifler ve orman köylülerine yaptırılmaktadır (OGM, 2016). Kurt vd., (2016), üretimi yapılan ürünlerden defne yaprağı, kekik, ihlamur, ada çayı, çam fıstığı, kestane, kimyon, anasonun ihracatından önemli gelirler elde edildiğini ortaya koymuştur.

ODOÜ insanlar için çeşitli faydalar sunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ODOÜ önemli yer tutmaktadır. Bu ürünler genellikle kırsal kalkınma açısından bir araç olarak kullanılmaktadır (Vantommer ve Walter, 2003; Ludvig vd., 2016; Sarıtaş ve Türker, 2022). Türkiye’de de ODOÜ kırsal kalkınmada araç olarak kullanılabilir. Orman köylüleri yaşadığı konum itibarıyla genellikle coğrafik ve iklimsel koşullarla bir mücadele içerisinde. Aynı zamanda orman köylülerinin merkezi yerlere ve pazara ulaşım koşullarının zor olması, bu alanlarda yaşayan orman köylüleri için zorluk oluşturmaktadır. Ayrıca sağlık, eğitim ve sosyal olanaklara ulaşımında kısıtlı olması ortaya çıkan diğer zorluklardan olduğu bilinmektedir (Alkan ve Toksoy, 2008; Uzun, 2010; Durkaya vd., 2017). Orman köylülerinin sosyo-ekonomik açıdan toplumun en düşük gelir seviyesine sahip ve en zor şartlarda yaşayan kesimini oluşturduğu da bilinen bir gerçektir. Bu sebepten dolayı orman köylüsünün gelirini artıracak faaliyetlerde çalıştırılması yasal zorunluluk ve sosyal devlet anlayışının gerekliliğidir (Özden ve Buğday, 2015). Orman köylülerinin kalkındırılması noktasında ormancılık politikası amaçları ve ormancılık politikası belgeleri yol gösterici niteliğe sahiptir. 1982 Anayasasının 170. maddesi orman köylüsünün korunması açısından yasal bir dayanaktır. Söz konusu madde incelendiği zaman ormanların bakımı, korunması, gözetilmesi ve işletilmesinde ayrıca ormanlardan sağlanacak her nevi ürünün üretilmesinde, devletin orman köylüleriyle iş birliği içinde olması gerektiği vurgulanmaktadır. Ülkemizin çeşitli alanlarda kalkınmasına yol gösterecek olan, 2019-2023 yıllarını kapsayan 11. Kalkınma Planında yer alması da söz konusu kalkınma planlarının altlığını oluşturan Özel İhtisas Komisyonu raporlarında orman köylüleri için odun dışı orman ürünlerinden gelir elde etmelerine katkı sağlayacak çalışmaların teşvik edilmesine vurgu yapılmaktadır. Orman Genel Müdürlüğü (OGM), gerçekleştirdiği ormancılık faaliyetlerinde Anayasa da yer alan ormancılıkla ilgili maddelerin gereği olarak, orman köylülerine öncelik tanıyarak, bu kesimin gelir elde etmesine katkı sağlamaktadır. Orman köylülerinin ormancılık faaliyetlerinde üretici, işçi vb. şekillerde yer alması, orman kaynaklarından belirli ölçülerde yararlanılmasına müsaade edilmesi, belirli miktarlarda yapacak ve yakacak odun temininde imtiyaz sahibi olması orman köylüsünün kalkınmasına katkı sağlama amacı taşımaktadır. Bu bağlamda, ormanlardan sağlanan ODOÜ’lerin üretimi, kişisel ihtiyaçlar için kullanılması hususunda orman köylülerine hak tanınmaktadır (Önal ve Bekiroğlu, 2011).

Kırsal kalkınmanın gerçekleştirilmesi açısından katkı sağlamada önemli bir örnek olarak değerlendirilebilecek olan Isparta ili, Keçiborlu ilçesi, Kuyucak köyünde yer alan lavanta tarlaları yöre halkı için önemli bir değer haline gelmiştir. Burada bulunan yöre halkı hem lavanta bitkisini doğrudan üretip satarak, hem de lavanta içerikli sabun, koku, kolonya gibi mamul hale getirilmiş ürünler satarak hanesine gelir sağladığı bilinmektedir (Ongun vd., 2015; Köse ve Güral, 2019). Gürel ve Korkmaz (2018), tarafından yapılan çalışmada Isparta ili orman köylerinde hane halkı, gelirinin %75,8’ini bitkisel üretimden sağladığı, bitkisel üretimin de %48,8’ini lavanta yetiştiriciliğinin oluşturduğu ortaya konmuştur.

Ülkemizde ODOÜ’den sağlanan yararların yanında dünyada da bu ürünlerden çeşitli yararlar sağlanmaktadır. Asya’da özellikle bambu bitkisinin ODOÜ kapsamında değerlendirilmesi ve bu üründen sağlanan gelir yöre halkı için büyük bir önem taşıdığı bilinmektedir. Asya kıtasının yanında Afrika’da da yöresel ürünler önemli ODOÜ kapsamında değerlendirilmekte ve yöre halkının hem bireysel kullanımları hem de ticaretinde öneme sahiptir (Paumgarten, 2005; Lobry de Bruyn vd., 2022). Lovrić vd., (2020), büyük çoğunluğu gelişmiş ülkelerden oluşan Avrupa kıtasında yaklaşık olarak 2,8 milyon insanın ODOÜ’den faydalandığı ve Avrupa ülkelerinde yaşayan toplam nüfusun %25’inin ODOÜ topladığı çalışmalarında ortaya koymuştur.

Ülkemizde üretimi yapılan bazı ODOÜ’lerin ihracatı önemli bir seviyeye ulaşmaktadır. Bu ürünlerin üretilmesi ve ticaretinin yapılması ülke ekonomisi açısından önemli bir gelir kaynağıdır. Bazı ODOÜ’lerin hem kırsal ekonomiye hem de ormancılık örgütüne ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkısı yüksek seviyededir. OGM tarafından yayınlanan resmi istatistikler, TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) resmî web sitesinde yer alan veriler doğrultusunda önemli gelir sağlayan kekik, defne yaprağı, kestane, biberiye, ada çayı ve keçiboynuzu meyvesi çalışma kapsamında değerlendirilecek olan ürünlerdir. Ayrıca OGM resmi ormancılık istatistiklerinde ODOÜ olarak değerlendirilen ve kırsal kalkınma açısından önemli bir örnek olan lavanta bitkisi de çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, günümüzde ihracat bakımından önemli gelir düzeyine sahip olan ve belirtilen ODOÜ hakkında genel bilgileri ve üretim miktarlarını vererek, hem bu ürünlerin ekonomiye gelir açısından katkısının gösterilmesini sağlamak, hem de kırsal kalkınmaya sağladığı yararları ortaya koymaktır. Ayrıca ODOÜ’den faydalanmanın artırılmasına yönelik önerilerde bulunmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Türkiye’de ODOÜ üretimi devlet ormanlarında gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle söz konusu ürünlerin üretiminin yapıldığı araziler devlet arazisidir ve bu arazilerden sorumlu devlet kurumu OGM’dir. Bu çalışmada, üretim, ihracat ve kırsal kalkınma açısından önemli bir yer tutan ürünlere (defne yaprağı, kekik, ada çayı, keçiboynuzu, biberiye, lavanta ve kestane) ilişkin OGM’nin resmi ormancılık istatistiklerinde yer alan veriler ve TÜİK resmî web sitesinde yer alan ithalat ve ihracata ilişkin veriler incelenmiştir. Söz konusu kurumların ortaya koyduğu 2015-2023 arası ihracat ve ithalat miktarları ve değerleri incelenerek, tespit edilen veriler grafikler halinde sunulmuş ve yorumlanmıştır.

### 3. Bulgular

Ülkemizde ODOÜ üretimi OGM aracılığıyla yapılmaktadır. 2007 yılından itibaren OGM tarafından düzenli olarak yayınlanan ormancılık istatistiklerine göre ülkemizde kaydı tutulan ve üretimi yapılan 43 adet ODOÜ bulunmaktadır. Bu ürünler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1’de görüldüğü gibi üretimi yapılan ürünlerin tamamının bitkisel kökenli olduğu anlaşılmaktadır (Balci, 2023). Ayrıca ürünlerin çeşitliliği de değinilmesi gereken başka bir durumdur. Otlar ve çiçek soğanları da yoğunluklu olarak yer almaktadır.

Çalışma amacıyla belirtildiği gibi bazı ODOÜ (defne yaprağı, kekik, keçiboynuzu, kestane, lavanta, ada çayı, biberiye)

diğer ürünler arasında hem üretim hem de ihracat bakımından ön plana çıkmaktadır.

#### 3.1 Kekik

Kullanım alanı yaygın ve geniş olan kekiğin çeşitli türleri ülkemizde yetişmektedir. Ticarete yoğunlukla kullanılan ve üretimi gerçekleştirilen türler; Dağ kekiği, İzmir kekiği, İstanbul kekiği, Sütçüler kekiği veya başka bir adıyla Yayla kekiği en yaygın olanlardır. Türkiye’de kekiğin yemeklere baharat, bitkisel çay, esans yağı gibi kullanımları daha yaygındır (Bozdemir, 2019). Ayrıca *Thymus vulgaris* türünün antimikrobiyal aktivitesinin bulunduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir. Bu sayede özellikle tedavi amaçla kullanılacağı ve sentetik antibiyotiklere karşı alternatif olabileceği vurgulanmaktadır (Benli ve Yiğit, 2005;

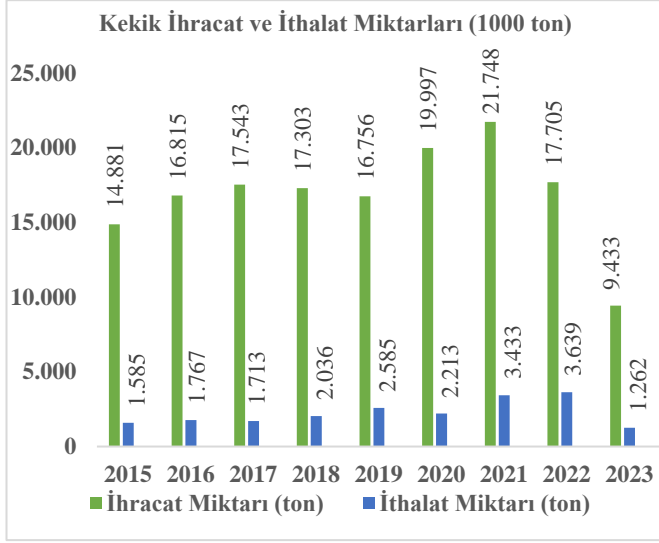
Tablo 1. Türkiye’de üretimi yapılan ODOÜ (OGM, 2022).  
Table 1. NWFPs produced in Türkiye (OGM, 2022).

Numara	Ürün Adı	Numara	Ürün Adı
1	Kestane	23	Yılan bıçağı soğanı
2	Keçiboynuzu meyvesi	24	Sarı kar çiçeği soğanı
3	Kekik	25	Göl soğanı
4	Defne yaprağı	26	Ada soğanı
5	Biberiye	27	Devetabanı soğanı
6	Ada çayı	28	Diğer yabancı yetişen çiçek soğanları
7	Ihlamur çiçeği ve yaprağı	29	Siklamen
8	Çalba	30	Sıgla yağı
9	Laden	31	Reçine
10	Kantaron	32	Kitre
11	Ökse otu	33	Doğal mantar
12	Isırgan otu	34	Çalılar
13	Eğrelti otu	35	Mersin yaprağı
14	Lavanta	36	Gökmar dalı
15	Karabaş otu	37	Şimşir
16	Katır tırnağı	38	Orman gülü
17	Papatya	39	Sarmaşık
18	Oğul otu	40	Yosun
19	Dağ çayı	41	Liken
20	Kardelen soğanı	42	Erika
21	Yoğurt çiçeği soğanı	43	Fıstık çamı kozalağı
22	Yılanyağı soğanı		

Ertürk vd., 2010). Bu özellikleri bakımından kekik, önemli bir değere sahiptir. Özellikle Türkiye başta olmak üzere yoğunluklu olarak kekiğin baharat olarak kullanıldığı bilinmekle birlikte kekiğin yapısı ve içermiş olduğu uçucu yağ sebebiyle sağlık alanında kullanımının daha yaygın olabileceği araştırmalarda ortaya koyulmaya çalışılmıştır (Yaman vd., 2018). Başer (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise Türkiye’nin kekik ihracatının büyük bir kısmını Türk kekiği, İstanbul kekiği, Yayla kekiği, Beyaz kekik ve İsrail kekiği türleri oluşturmaktadır. Kekik’in yem bitkilerinin verimi üzerine faydalarının da olduğu çalışmada ortaya koyulmuştur. Türkiye’de en çok Denizli ilinde üretimi gerçekleştirilmektedir

(Sarı ve Altunkaya, 2016). Kekik üretim miktarının, OGM tarafından yayınlanan istatistiklere göre 1990 yılından itibaren kaydının bulunduğu anlaşılmaktadır. 1990-2021 yılları arasında kekik üretimi 70.748 ton olarak gerçekleşmiştir (OGM, 2022). Bu noktada 2004-2021 yılları arasında üretimde artış eğilimi gözlemlenirken, verimliliğinde düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebinin 2007-2021 yılları arasında yaşanan kuraklık olduğu belirtilmektedir (Ken, 2023). Verimliliğinde yaşanan bu düşüşün ihracatı da etkileyeceği açıktır. TÜİK resmi internet sayfasında yayınlanan verilere göre 2015-2023 yılları arasında 143.978 ton kekik (ezilmemiş-öğütülmemiş ve ezilmiş-öğütülmüş) ihracatı yapılmıştır (TÜİK, 2022). TÜİK resmi si-

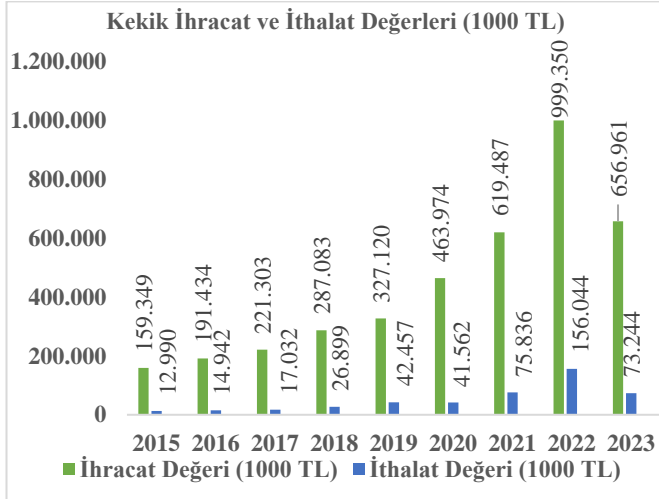
tesinden elde edilen bu verilerde kekik ihracat ve ithalat miktarları Şekil 1, ihracat ve ithalatın ekonomik değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kekik ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).

Figure 1. The quantities of thyme export and import (1000 tonnes).

Şekil 1 incelendiğinde kekik ihracatının en az yapıldığı yıl 2023 olduğu görülmektedir. Bu yılda ihracatı yapılan kekik miktarı 9.433 tondur ancak bu yıldaki veri geçicidir. Bu nedenle en az ihracatın gerçekleştirildiği yıl 2015 olarak değerlendirilebilir. En fazla ihracatın yapıldığı yıl 2021 yılıdır. Bu yılda 21.748 ton kekik ihracatı yapılmış ve 619.487.000 Türk Lirası gelir elde edilmiştir. 2022 yılında daha fazla kekik ihracatı yapılmış olmasına rağmen elde edilen gelir 2021 yılına kıyasla daha fazladır. Bunun sebebini dolar kurundaki dalgalanmalarla açıklamak mümkündür.



Şekil 2. Kekik ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).

Figure 2. The values of thyme export and import (1000 TL).

Ezilmemiş-öğütülmemiş kekik ihracatının %54,90'ı Amerika Birleşik Devletleri'ne, ezilmiş-öğütülmüş kekik ihracatının %33,99'u Ege Serbest Bölgesi'ne gerçekleştirilmiştir (Ken, 2023). Türkiye'de kekik ithalatı yok denecek kadar azdır. Bu durumu, kekiğin 2000 yıllarının başında kültüre alınıp tarla şartlarında yetiştirmeye başlaması sayesinde gerçekleştirmiş

olup ekolojik koşulların da uygun olması avantaj sağlamıştır (Sarı ve Altunkaya, 2016).

### 3.2 Defne yaprağı

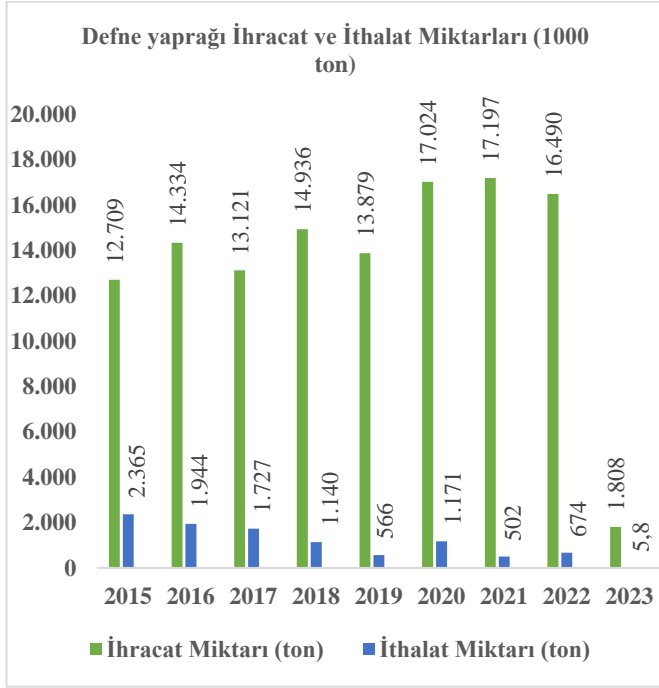
En önemli ODOÜ olarak değerlendirilen ürünlerden biri de defne yaprağıdır. Defne yaprağı ülkemizde özellikle Ege ve Akdeniz bölgesinin alçak rakımlarında, Marmara bölgesinin bir kısmında, Balıkesir, Bursa, Muğla, Antalya, İzmir, Kahramanmaraş, Hatay'da yayılış göstermektedir (Şafak ve Okan, 2004; Demir, 2015). Defne ağacı yaprağını dökmeyen bir bitki olup Türkiye'de üretilen aynı zamanda ihracatı yapılan defne türü, Akdeniz Defnesi olarak bilinen *Lauris nobilis*'tir. (Yılmaz ve Çiftçi, 2021). Türkiye'de üretimi en fazla yapılan ODOÜ başında defne yaprağı gelmektedir. Akdeniz defnesinin genellikle yaprak ve meyvelerinin kullanımı yaygındır. Defne yaprağı özellikle yemeklere baharat, aynı zamanda uçucu yağ, bitkisel çay olarak kullanılmaktadır (Karadeniz, 2001; Özer vd., 2019). Meyvelerinden elde edilen yağ ise çoğunlukla kozmetik sanayisinde sabun olarak ve bazı likörlerin üretimi için kullanılmaktadır (Demir, 2015). Ayrıca meyvelerinin cilt hastalıklarına da iyi geldiği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Meyvesinden üretilen sabun ve şampuan içeriklerinin saç derisi hastalıklar ve cilt hastalıkları tedavisinde destekleyici olduğu belirtilmektedir (Marzouki vd., 2008). Defne üzerine yapılan çalışmalar, yoğunluklu olarak kırsal halka yönelik sağladığı ekonomik faydalar ve defne yaprağının kurutulması ile içerdiği uçucu yağın kimyasal bileşenlerine yönelik olduğu görülmektedir. OGM resmi ormancılık istatistiklerine göre 1988-2022 yılları arasında 460.308 ton defne yaprağı üretilmiştir (OGM, 2022). Defne yaprağına ait ihracat ve ithalat miktarları Şekil 3, ihracat ve ithalat değerleri ise Şekil 4'te gösterilmiştir.

Defne yaprağı ihracat ve ithalat miktarlarının yıllara göre değişkenlik gösterdiği Şekil 3'te görülmektedir. En az ihracat 2023 yılında yapılmıştır. Ancak, bu yıldaki veriler geçici olduğu için 2015 yılının en az ihracatın gerçekleştirildiği yıl olduğu görülmektedir. Buna karşılık ithal edilen defne yaprağı miktarları oldukça düşüktür. Türkiye, defne yaprağı ihracatı noktasında dünyada lider konumdadır. En fazla ihracat ise 2021 yılında 17.197 ton olarak gerçekleştirilmiştir. Bu ihracattan ise 413.883.000 Türk Lirası gelir sağlanmıştır. 2022 yılında, 2021 yılına kıyasla daha az defne yaprağı ihracatı yapılırken, elde edilen gelir yaklaşık 2 kat artmıştır. Bu artış Türk Lirası bazında olup, Dolar bazında bir miktar düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebini dolar kurunda yaşanan dalgalanmalarla açıklamak mümkündür. İhracat özellikle İngiltere, İsviçre, Romanya, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya ve Hollanda'ya gerçekleştirilmektedir (Kurt vd., 2016).

### 3.3 Lavanta

Latince adı *Lavandula spp.* olan lavanta bitkisi değerli ve yaygın olarak kullanılan, uçucu yağ özelliğine sahip bir bitkidir. Lavanta, çok yıllık, yarı çalimsı bir görünüme sahiptir ve çok sayıda yan dal vermektedir. Akdeniz bölgesi, Arap Yarımadası, Kanarya Adaları, Hindistan için endemik bir tür olarak bilinmektedir (Gonçalves ve Romano, 2013). Bu bitkinin en önemli özelliği sahip olduğu hoş kokulu uçucu yağa sahip olmasıdır. Sahip olduğu hoş kokusundan dolayı parfümeri, kozmetik ve temizlik sektörlerinde en çok tercih edilen üründür

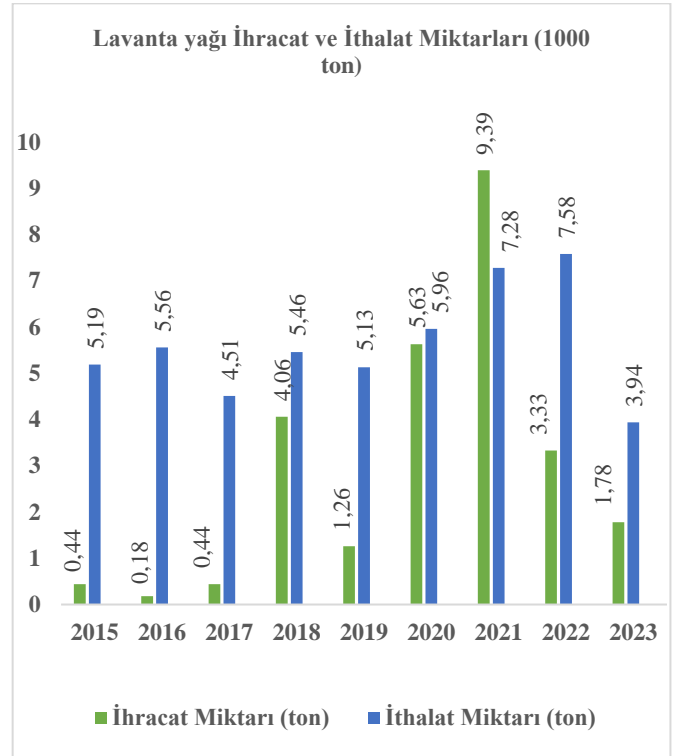
(Aslancan ve Sarıbaş, 2011; İlkimen ve Gülbandır, 2018). Kullanım alanının yaygınlaşması ve kırsal kalkınmaya destek olması açısından önemli bir üründür. Kırsal kalkınma açısından lavanta yetiştiriciliği ve turizmi son yıllarda yaygınlaşmıştır. Özellikle Isparta ilinde yer alan Kuyucak köyünde lavanta yetiştiriciliği, bölge halkının ekonomisi açısından öneme sahiptir. Güler ve Korkmaz (2018) tarafından yapılan çalışmada, Isparta ilinde yer alan orman köylülerinin hane başına gelirlerinin %37'sini lavanta yetiştiriciliği oluşturmaktadır. Kırsal alanda yaşamı sürdüren kadın nüfusun istihdam oranının düşük olması ve dolayısıyla ekonomik olarak özgür olmamaları zorluklar doğurmaktadır. Kırsal yoksulluğun giderilmesinde güzel bir örnek olan Kuyucak köyü, yetiştirilen lavanta sayesinde alanın turizm noktası olması ve kadınların ekonomide yer almasını sağlamıştır (Aylan vd., 2019). OGM tarafından yayınlanan resmi istatistiğe göre ülkemizde 2003-2022 yılları arasında toplam 125 ton lavanta üretilmiştir (OGM, 2022). Özel şahıs arazilerinde üretimi yapılan lavanta bu üretim miktarına dâhil değildir. TÜİK resmi internet sitesinde yayınlanan verilere göre lavantanın ihracatı uçucu yağ şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu ürüne yönelik ihracat ve ithalat miktarları Şekil 5'te ve parasal değerleri Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 3. Defne yaprağı ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 3. The quantities of bay leaf export and import (1000 tonnes).

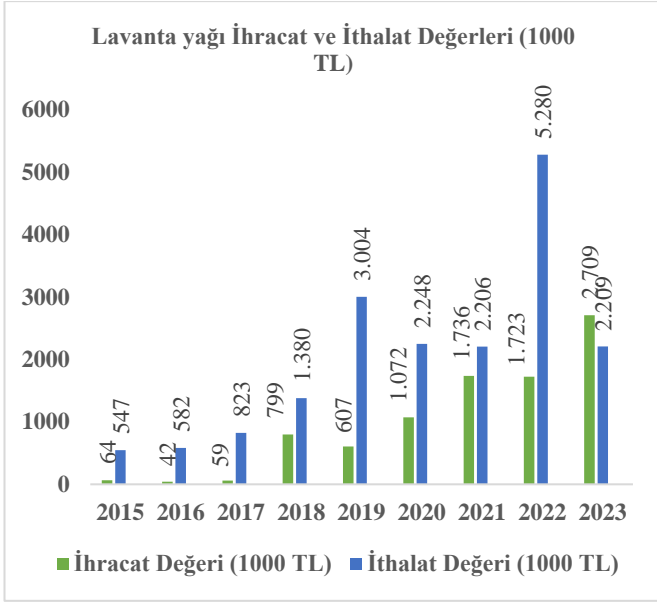


Şekil 4. Defne yaprağı ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 4. The values of bay leaves export and import (1000 TL).



Şekil 5. Lavanta yağı ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 5. The quantities of lavender oil export and import (1000 tonnes).





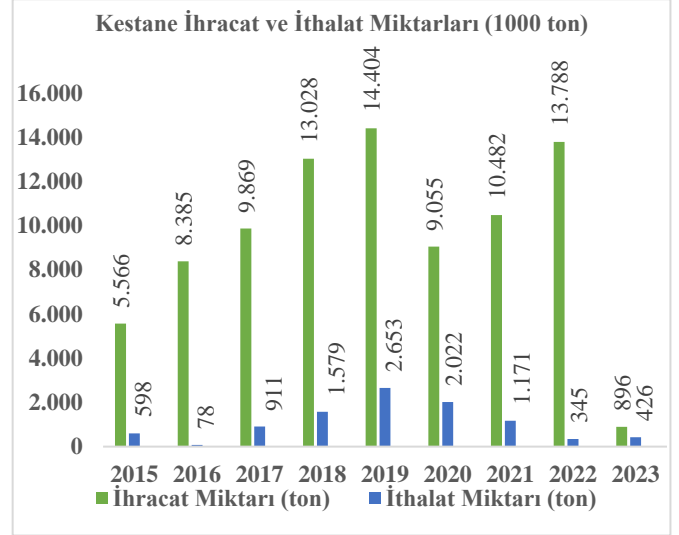
Şekil 6. Lavanta yağı ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 6. The values of lavender oil export and import (1000 TL).

Lavanta belli başlı alanlarda yetiştirilen bir ODOÜ'dür. Bir Akdeniz bitkisi olan lavantanın üretimi geçmiş yıllarda çok düşük seviyelerde olsa da günümüzde giderek artmaktadır. Bu durumun temel sebeplerinden biri, üretimi için katlanılan masrafin düşük olması ve bakımına yönelik giderlerin de düşük olması tercih sebebi olduğu bilinmektedir (Bozkıran ve Giray, 2014). Lavanta ayrıca Türkiye'de yeni önem kazanmaya başlayan bir ODOÜ'dür. 2015 yılında 0,44 ton ihracatı yapılırken, 2023 yılında bu miktar yaklaşık 4,04 kat artarak 1,78 ton seviyesine çıkmıştır. Lavanta yağı ihracatı en fazla 2021 yılında gerçekleştirilmiştir ve 1.736.000 Türk Lirası gelir elde edilmiştir. 2023 yılı verileri yıl bitmediğinden tamamlanmamıştır ve bilgi amaçlı verilmiştir. Geçici olmakla birlikte diğer yıllarda ihracat miktarı daha fazla iken elde edilen gelir daha düşük olmuştur. Bunun sebebini dolar kurunda yaşanan dalgalanmalardan kaynaklandığını söylemek mümkündür.

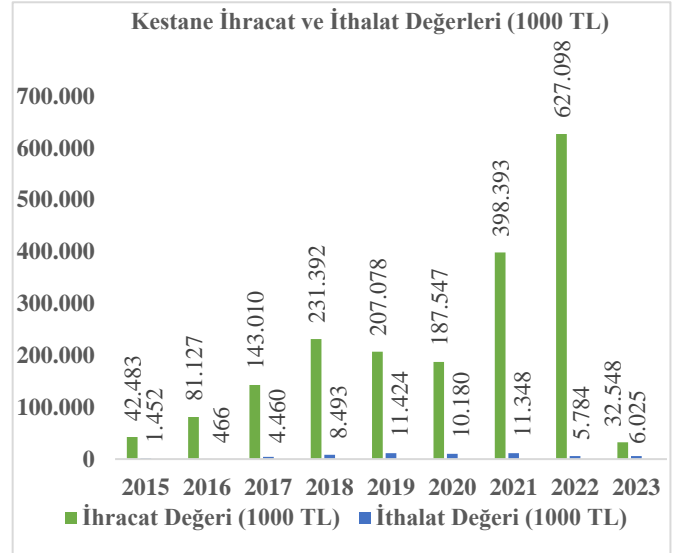
### 3.4 Kestane

Kestane, Karadeniz kıyıları boyunca, Marmara çevresinde, Batı Anadolu'dan Antalya kıyılarına kadar yayılış göstermektedir (Ertan ve Kılınç, 2005). Türkiye, kestanenin gen merkezlerinden biri olduğu bilinmektedir. Özellikle yoğunluğu daha sık görülen Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) odununun değerli olması ve meyvesi bakımından da kullanılabilir olması kendisini değerli kılmaktadır. Bu açıdan önemli yapraklı türlerimizden biridir (Kulaç vd., 2015). Kestane ağacı, meyvesinin tüketilmesinin yanı sıra çiçeklerinden elde edilen bir başka ürün ise kestane balıdır. Çiçeklenme süresinin kısa olmasından dolayı arıcılıkla uğraşan kırsal kesimdeki halk için önemli bir türdür. Kestane balı da astım gibi solunum yolu hastalıklarının tedavisinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Tuttu vd. 2021). Kestane bitkisinin meyvelerinin tüketimi çığ olarak, suda kaynatılarak veya ateş üzerinde kavularak tüketilebilmekte ve dondurma, şekerleme, et ve pilav yemeklerinde de kullanılabilir (Okan vd., 2017; Peri-

şan, 2022). OGM tarafından yayınlanan ormancılık istatistiğine göre kestane ürününe ait üretim miktarlarının kayıtları 2000 yılından itibaren başlamaktadır. Buna göre 2000-2022 yılları arasında toplam 37.761 ton kestane üretilmiştir (OGM, 2022). Kestaneye ait (kabuklu, kabuksuz) ihracat ve ithalat miktarları Şekil 7, ihracat ve ithalat değerleri ise Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu veride ihracatı yapılan kestane (kabuklu olarak taze veya kuru, kabuksuz olarak taze veya kuru) formu iki şekildedir.



Şekil 7. Kestane ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 7. The quantities of chestnut export and import (1000 tonnes).



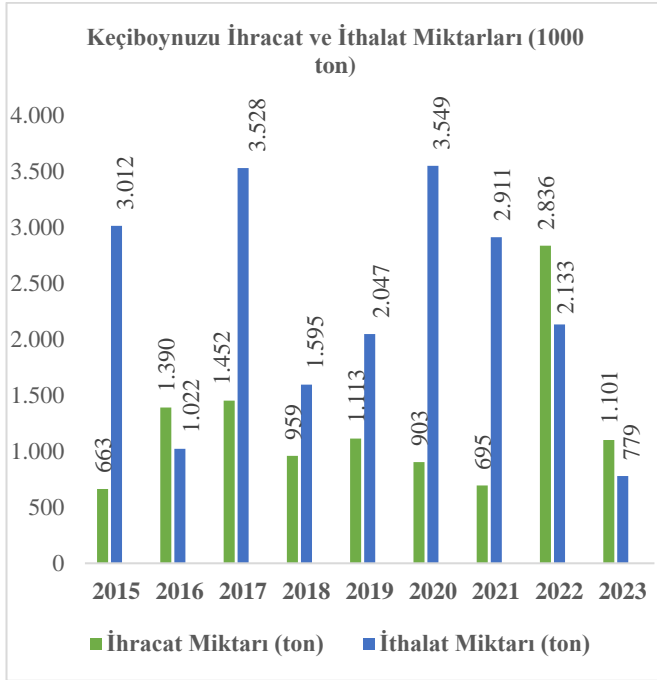
Şekil 8. Kestane ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 8. The values of chestnut export and import (1000 TL).

Kestane meyvesinin ihracatı en az 2023 yılında yapılmıştır. Ancak, bu yıldaki veriler geçici olduğundan dolayı ihracat en az 5.566 ton ile 2015 yılında gerçekleştirilmiştir. En fazla ihracat ise 2019 yılında yapılmıştır ve bu yılda 14.404 ton kestane ihracatı yapılmıştır. Dünyada en fazla kestane ihracatını Çin gerçekleştirmekte, Türkiye ise en fazla kestane ihracatı yapan ikinci ülkedir. İhracatın düşmesinde en önemli etkenlerden biri, hastalıklar ve en önemlisi de kestane kanserinin önemli bir etkisi bulunmaktadır (Okan ve Köse, 2022). Son

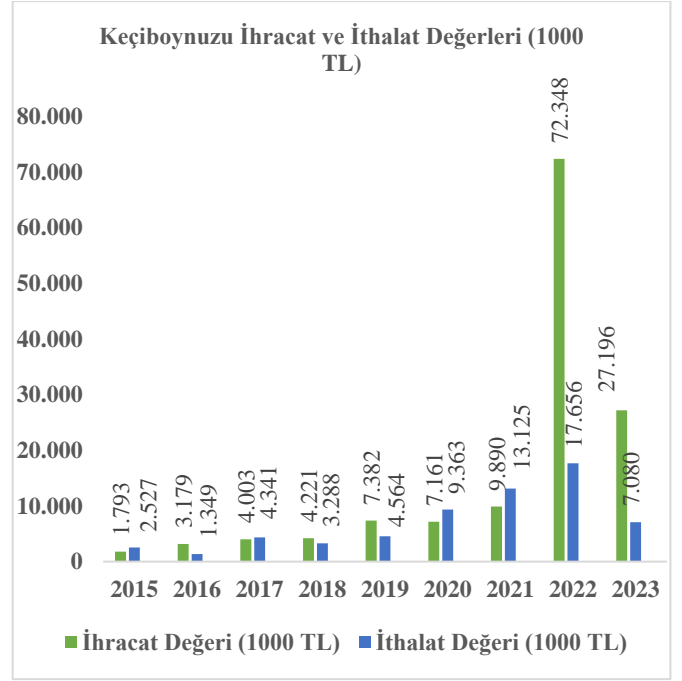
iki yılda bir azalış söz konusu olmakla birlikte genel olarak artış trendi gözükmektedir. Kestane ihracatı başta İtalya olmak üzere Lübnan, Ürdün, Almanya'ya ihracatı yapılmaktadır (Yüksel vd., 2020).

### 3.5 Keçiboynuzu

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) bitkisi yoğunlukla Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgeler ve ülkelerde yayılış göstermektedir. Bu bağlamda, Türkiye, Fas, Yunanistan, İspanya, İtalya gibi ülkelerde en fazla yayılış göstermektedir (Gübbük vd., 2016). Herdem yeşil olan bu tür hem ağaç hem de çalı formunda yetişebilmektedir. Kullanım açısından çeşitli sektörlere hammadde olabilmektedir. Keçiboynuzu meyvesi özellikle sahip olduğu şeker içeriğinden dolayı tatlandırıcı olarak, içerdiği diyet lifi sayesinde mide-bağırsak hastalıklarına karşı önleyici aynı zamanda iyileştirici özelliği bulunduğu bilinmektedir (Pazır ve Alper, 2016). Keçiboynuzu bitkisinin ülkemiz coğrafyasında yoğunlukla Akdeniz Bölgesinde yayılış göstermesinden dolayı, meyvesinin yöre halkı tarafından çeşitli kullanımları da ortaya çıkmaktadır. Keçiboynuzu meyvesinden un elde edilip, gıda olarak tüketilmektedir. Meyvesinin tüketiminin yanında özellikle pekmezinin de rağbet gördüğü bilinmektedir. Türkiye'de keçiboynuzu meyvesinin en yaygın kullanım şeklinin pekmez olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Yıldırım ve Kargioğlu, 2015). Türkiye'de yetişen her 1.000 keçiboynuzu ağacından ortalama 304 tanesinin meyve verdiği bilinmektedir (Şenay, 2009). OGM tarafından yayınlanan ormancılık istatistiğine göre keçiboynuzu meyvesinin üretim miktarının 2000 yılından itibaren kaydının bulunduğu görülmektedir. 2000-2022 yılları arasında toplam 11.969 tondur (OGM, 2022). Keçiboynuzuna ait ihracat ve ithalat miktarları Şekil 9'da, parasal değerleri ise Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. Keçiboynuzu ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 9. The quantities of carob export and import (1000 tonnes).

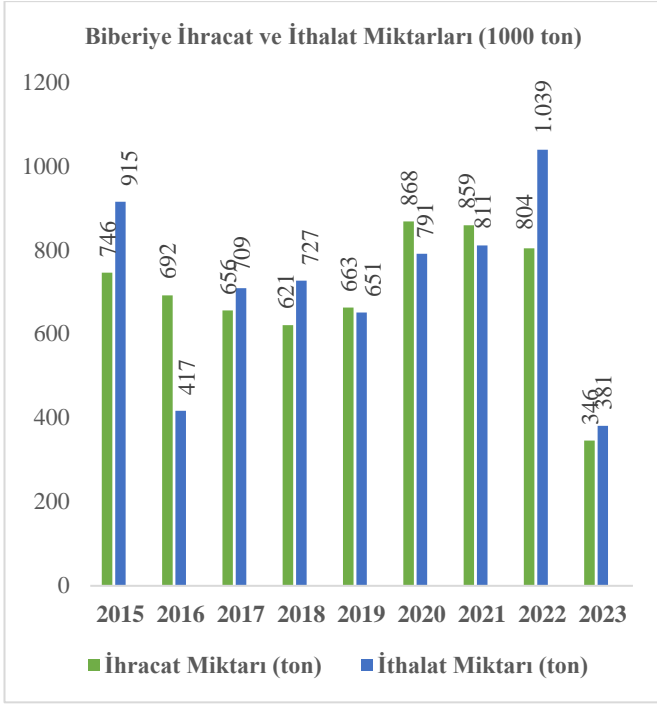


Şekil 10. Keçiboynuzu ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 10. The values of carob export and import (1000 TL).

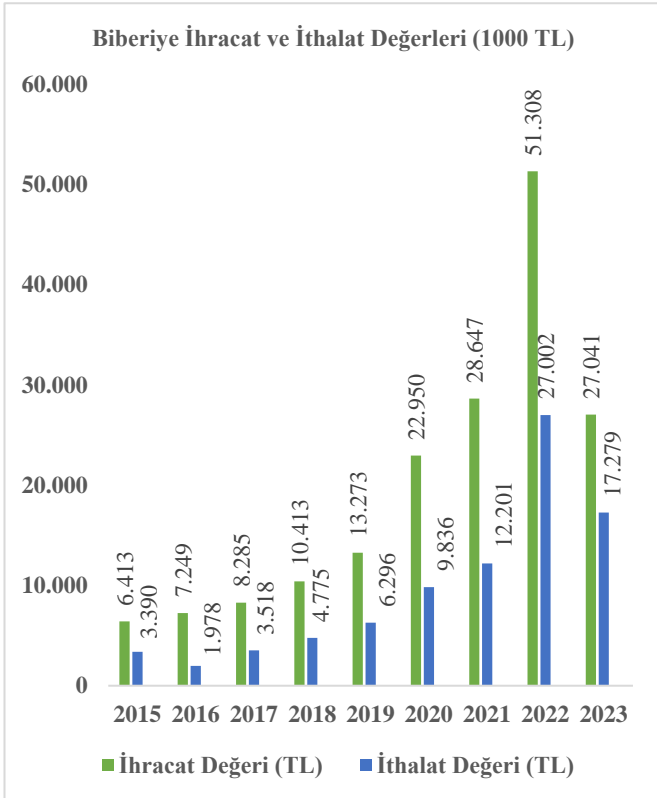
Şekil 9'da görüldüğü gibi keçiboynuzu meyvesinin ihracatı en az 2023 yılında yapılmakla birlikte, bu senenin verileri geçici olduğundan 2015 yılı en az keçiboynuzu ihracatının gerçekleştiği yıldır. En fazla ihracat 2022 yılında, 2.836 ton şeklinde gerçekleştirilmiştir. Dünyada en fazla keçiboynuzu ihracatını İspanya ve İtalya gerçekleştirmekle birlikte, Türkiye yedinci sırada yer almaktadır (Bostancı ve Şen, 2020).

### 3.6 Biberiye

Türkiye'de kuşdili, akpüren gibi adlarla da anılan biberiye bitkisinin latince adı *Rosmarinus officinalis* L. şeklindedir (Ayanoglu vd., 2016). Her dem yeşil olan, çalı formunda bir bitki türüdür. Birçok ülkede yayılış gösterse de özellikle Akdeniz ülkelerinde yoğunluklu olarak bulunmaktadır. Türkiye'de özellikle Akdeniz Bölgesi'nde yayılış göstermektedir. Geniş bir kullanım alanına sahip olan biberiye; gıda, kozmetik, ilaç sektöründe kullanılmaktadır. Özellikle, sahip olduğu uçucu yağ sayesinde geleneksel tıp, modern tıp gibi alanlarda da kullanılmaktadır (Gül Baba vd., 2002; Ayanoglu vd., 2016; Gölükçü, 2022). Biberiye gibi önemli antioksidan özelliğine sahip ODOÜ dondurulmuş ürünlerin saklanması önemli rol oynamaktadır. Biberiye bitkisi de sahip olduğu bu özellik sayesinde gıda ürünlerinde antioksidan veya doğal koruyucu olarak kullanılmakta, bunun yanı sıra deodorant, parfüm, oda kokusu yapımında da kullanımı yaygındır (Aysel, 2008; Çoban ve Patır, 2010). OGM tarafından yayınlanan resmi ormancılık istatistiklerine göre biberiye bitkisinin üretimi 1990 yılından itibaren başlamıştır. Söz konusu tarihten günümüze kadar, 2010 yılı hariç her sene üretimi yapılmıştır. Bu noktada 1990-2022 yılları arasında toplam 7.745 ton biberiye üretimi yapılmıştır (OGM, 2022). Biberiye bitkisine ait ihracat miktarları Şekil 11'de, parasal değerleri ise Şekil 12'de sunulmuştur. Ayrıca biberiye bitkisi; ezilmiş ve öğütülmüş, ezilmemiş ve öğütülmemiş, bitkisel çay şeklinde ihracatı yapılmıştır.



Şekil 11. Biberiye ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 11. The quantities of rosemary export and import (1000 tonnes).



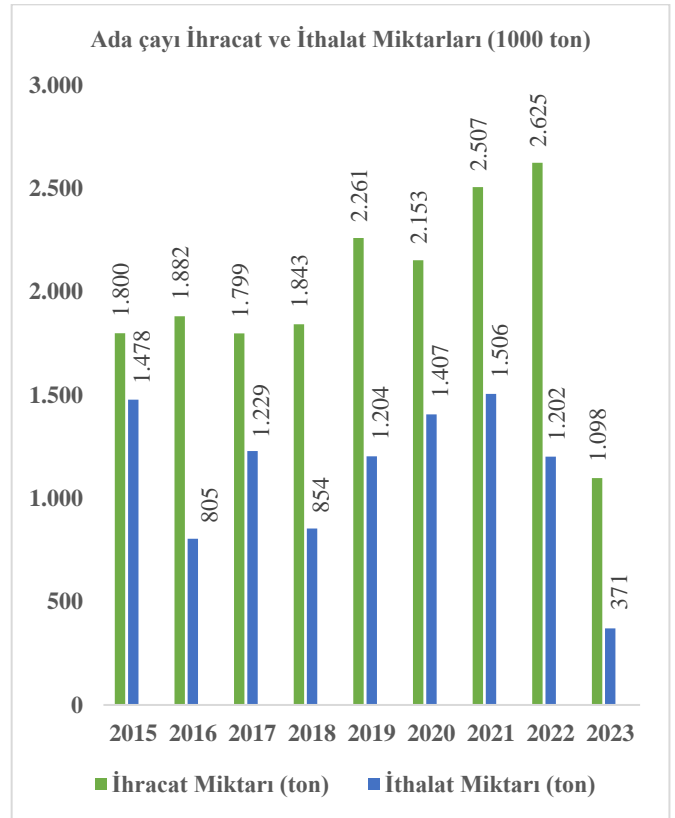
Şekil 12. Biberiye ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 12. The values of rosemary export and import (1000 TL).

Şekil 11’de görüldüğü gibi biberiye bitkisinin ihracatı en az 2023 yılında gerçekleşmiş olup bu yıldaki veriler geçicidir. Bu sebeple en az ihracat 2018 yılında, 621 ton şeklinde gerçekleştirilmiştir. En fazla ihracat 2020 yılında, 868 ton şeklinde gerçekleştirilmiştir ve 22.950.000 Türk Lirası gelir elde

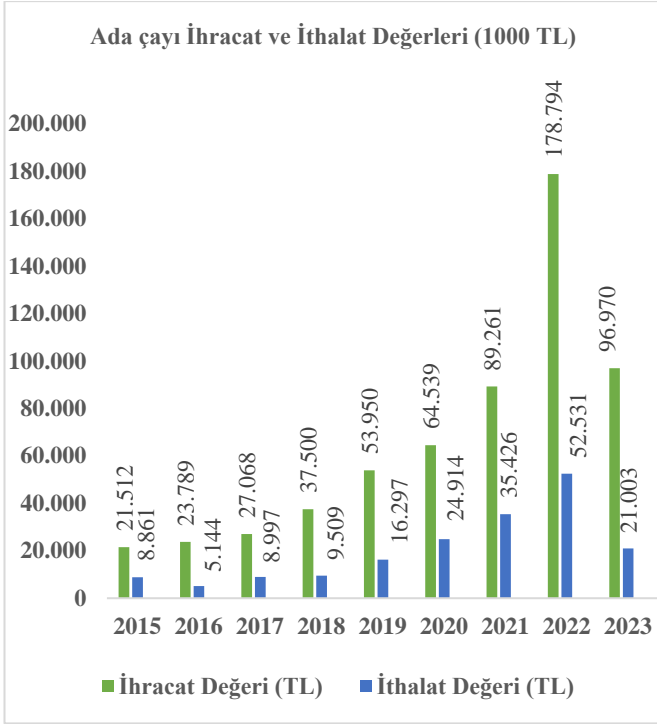
edilmiştir. Dünyada Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Avustralya, Almanya ve Japonya biberiye ihracatında öne çıkan ülkelerdendir (Metin vd., 2012).

### 3.7 Ada çayı

Latince adı *Salvia officinalis* L. olan ada çayı bitkisi birçok ODOÜ gibi öneme sahiptir. Önemli bir baharat ve uçucu yağ bitkisidir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde yayılış göstermektedir. Amerika, Güney-Batı Asya kıtalarında yoğunluklu olarak yayılış gösterdiği yerlerden olduğu bilinmektedir. Birçok uçucu yağ özelliğine sahip olan ODOÜ gibi ada çayı bitkisi de sahip olduğu uçucu yağ özelliği ile gıda, kozmetik ve tıpta kullanımı oldukça yaygındır. Ada çayı bitkisinin birçok türü vardır. Türkiye’de de önemli düzeyde üretimi ve ticareti yapılmaktadır. Ada çayı bitkisinin “şalba” ve “çalba” olarak adlandırılan doğal türleri Türkiye’de toplanmaktadır (Bağdat, 2006; Yılmaz ve Gökdoğan, 2015). OGM tarafından yayınlanan resmi istatistiğe göre 1990-2022 yılları arasında 14.233 ton ada çayı üretilmiştir (OGM, 2022). Ada çayı bitkisine (çay şeklinde tüketilenler ve tüketilmeyenler) ait ihracat ve miktarları Şekil 13’te, bunların parasal değerleri ise Şekil 14’te sunulmuştur.



Şekil 13. Ada çayının ihracat ve ithalat miktarları (1000 ton).  
Figure 13. The quantities of sage tea export and import (1000 tonnes).



Şekil 14. Ada çayı ihracat ve ithalat değerleri (1000 TL).  
Figure 14. The values of sage tea export and import (1000 TL).

Şekil 13'te görüldüğü gibi en az ihracat 2023 yılında yapılmıştır. Ancak, bu yıldaki veriler geçici olduğundan dolayı en az ihracat 2017 yılında 1.799 ton olarak gerçekleşmiştir. İhracat sürekli bir artış göstermese de bir artışın varlığı söz konusudur. Türkiye; Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, İtalya, Fransa'nın yer aldığı 65 ülkeye ada çayı ihracatı yapılmıştır (Elmas, 2021).

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye, sahip olduğu coğrafyası, iklim koşulları ile ODOÜ çeşitliliği açısından son derece zengin bir ülkedir. Zengin ürün çeşitliliğine sahip olmasına karşın, bu ürünlerin ormancılık faaliyetleri içerisinde tam anlamıyla etkin bir şekilde yer edinmesi sağlanamamıştır. Ok ve Tengiz (2018), Türkiye'de ODOÜ'ye bakış, dünyadaki anlayışa paralel olarak gelişmekte ancak istenilen düzeye ulaşılmadığını belirtmektedir. Özellikle OGM bünyesinde, 2011 yılında Odun Dışı Ürün ve Hizmetler Dairesi Başkanlığı'nın kurulmasıyla birlikte ürünler, kurumsal düzeyde önemli hale gelmiştir (Korkmaz ve Duman, 2019). Günümüzde özellikle defne yaprağı, kekik, kestane gibi ürünlerden elde edilen gelir ve sağladığı yararlar açısından değerlendirildiğinde bu ürünlere yönelik çalışmaların artmış olması dikkati çekmektedir (Yıldırım, 2018; Özderin ve Ulusoy, 2022).

ODOÜ'lerin üretimi esnasında ekosistemde meydana gelen zarar, odun üretimine kıyasla az olması değerlendirilmesi gereken başka bir noktadır (Balci, 2023). Ayrıca bu ürünlerin toplanması aşamasında katlanılan zahmetin diğer ormancılık işlerine göre nispeten az olması yerel düzeyde kullanımı artırmaktadır. Ayrıca Fidan vd., (2013), özellikle ODOÜ'yu kırsal halk gıda, baharat, ilaç olarak kullandığını belirtmekte-

dir. Bu sebeple kırsal kalkınmaya ekonomik açıdan katkı sağlaması bakımından özellikle orman köylüsü ve yöre halkıyla iş birliğinin sağlanması son derece önemlidir. Söz konusu iş birliğini sağlayacak kurum ise OGM'dir. Orman köylüleri ile kurulan iyi ilişkiler sayesinde özellikle ODOÜ'nden usulsüz yararlanmanın önlenmesi noktasında büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bu avantaj üretim miktarına, dolayısıyla ihracat rakamlarına pozitif yönde yansıtacaktır.

Ulusal ormancılık amaçlarımızdan biri olan "kırsal kalkınmanın sağlanması", iş birlikleri ile daha hızlı bir şekilde sağlanabileceği açıktır. Söz konusu ürünlerin üretimi büyük çoğunlukla orman köylüleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle, en büyük paydaş orman köylüleri olmaktadır. Orman ve Köy İlişkileri (ORKÖY) Dairesi Başkanlığı önderliğinde ODOÜ'nün ön plana çıktığı orman köylerinde, orman köylülerini ürünlerin üretiminde teşvik etmek amacıyla ekonomik destek sağlamak, ürünlerin daha fazla üretilmesine katkı sunacaktır. Ayrıca Altunel (2012), ODOÜ'nin yoğun olarak bulunduğu Ege Bölgesi'nde, ormanlardan toplama yoluyla üretim yapan köylülerin yaş ortalamasının 52 olduğunu belirtmiştir. Üretim yapan kesimin genç olmayışı, ilerleyen yıllarda üretim yapacak işçi bulunması bakımından sıkıntılara yol açacağını göstermektedir. Bu sebeple orman köylülerinin sosyal ve ekonomik anlamda kalkındırılması için ORKÖY Dairesi Başkanlığı'na, OGM'ye ve ülke yöneticilerine sorumluluk düşmektedir.

ODOÜ'den elde edilen yapraklar, meyveler, çiçekler gıdadan kozmetiğe, sağıktan parfümeriye kadar birçok sektörde kullanılmaktadır. Kullanım alanlarının diğer sektörlerle bu kadar bağlantılı olması ODOÜ'nün önemini bir kez daha arttırmaktadır. Özellikle kullanım alanı ve ihracattan sağlanan gelir bakımından öne çıkan ürünlerden biri kekiktir. Sütçüler yöresinde, geçmiş yıllarda kekiğin üretimi, önemli miktarlara ulaşmış olmasına rağmen köyler arasında yaşanan ihtilaf sorunları (Büyükgebiz vd., 2008) sebebiyle durma noktasına gelmiştir. Birçok sektörle bu denli bağlantılı olan ürünlerin sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi ve kırsal kesim başta olmak üzere halka faydanın devamlı olarak sağlanması için köylülerin üretim yapabileceği alanların OGM tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Bu sayede hem ikili ilişkilerin gelişmesine (orman-toplum ilişkileri), hem de ürün üretiminin devamlılığının sağlanmasına katkı sağlayacaktır.

Çalışma kapsamına alınan ürünler diğer ODOÜ içerisinde önemli bir yere sahiptir. Kurt vd., (2016), defne yaprağı, ıhlamur, kekik, kestane, anason, ada çayı, çam fıstığı, kimyon ürünlerinde 1995-2015 yılları arasında ihracat miktarı ve elde edilen gelirlerde önemli artışların olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışma sonucunda da özellikle defne yaprağı ve kekikte artışların devam ettiği ve önemli gelirlerin sağlandığı görülmektedir. Ancak ihracatı yapılan bu ürünlerin büyük çoğunluğu ham halde (işlenmemiş ürün) ihraç edilmektedir. Elde edilecek gelirin ve katma değer artırılması noktasında ürünlerin işlenerek ihracatının yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca, ülkemizin sahip olduğu potansiyel sadece bu ürünlerle sınırlı değildir. Envanter çalışmalarının hızlandırılıp, amenajman planlarına entegre edilmesi ODOÜ'den yararlanmayı artıracaktır.

Bahsedilen konular birlikte değerlendirildiğinde ODOÜ genel olarak sadece ülke ekonomisi ile sınırlı kalmamakta olup, kırsal alanda yaşayan halkın kalkınmasına da ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır. Kırsal kesime ve özellikle orman köylülerine ekonomik açıdan sağlanan bu fayda ile dolaylı olarak kırsal göçün önlenmesine de önemli katkı sağlanmış olacaktır. Bu sayede, kırsal ve kentsel alanlarda meydana gelen nüfus dengesizliklerinin azalmasına yardımcı olunacaktır. Sonuç itibarıyla ODOÜ ülkemiz ekonomisi ve özellikle kırsal kalkınma açısından son derece öneme sahip bir konu olduğu ortadadır. Dolayısıyla yapılacak envanter çalışmalarıyla ODOÜ bakımından ülkemizin potansiyelinin net ve doğru bir şekilde ortaya konulması, bu konunun daha fazla bilimsel çalışmalarıyla desteklenmesi ve uygulayıcı ve araştırmacıların birlikte çalışması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, üst politika belgelerinde (kalkınma planları, OGM stratejik planları vb.) ODOÜ'ye yönelik politika ve hedeflerin belirlenmesi, söz konusu ürünlere yönelik çalışmaların artmasına katkıda bulunabilecektir.

#### Yazar katkıları

Fikir: B.B.; Tasarım: B.B., M.K.; Yönetim: M.K., B.B.; Veri toplama: B.B.; Analizler: M.K., B.B.; Literatür taraması: M.K., B.B.; Kaleme alma: B.B., M.K.; Son kontrol: M.K.

#### Kaynaklar

Alkan, S., Toksoy, D., 2008. Orman köylerinde sosyo-ekonomik yapı: Trabzon ili örneği. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 8(1): 37-46.

Altunel A., T., 2011. Odun dışı orman ürünlerinin dünyada ve Türkiye'de sosyoekonomik boyutu. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Altunel A., T. 2012. Odun dışı orman ürünlerinin toplayıcı/üretici açısından sosyoekonomik önemi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 62(1), 85-99.

Aslancan, H., Sarıbaş, R., 2011. Lavanta yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın, (41).

Ayanoğlu, F., Başkaya, Ş., Bahadır, N. P., 2016. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisinin uçucu yağ oranı, uçucu yağ bileşenleri ve antioksidan içeriğinde morfojenetik ve ontogenetik varyabilite. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 12-20.

Aylan, F. K., Sarı Gök, H., Şalvarcı, S., 2019. Kırsal yoksulluğun giderilmesinde kadın girişimciliğin rolü: Lavanta Kokulu Köy örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(2), 1271-1289.

Aysel, M., B., 2008. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) ve mercanköşk (*Origanum onites* L.) bitkilerindeki antioksidan aktivite potansiyellerinin araştırılması'. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bahtiyarca Bağdat, R., 2006. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları, tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve ülkemizde kekik adıyla bilinen türlerin yetiştirme teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15 (1-2), 19-28.

Balci, B., 2023. Bitkisel Kökenli Odun Dışı Orman Ürünleri İhracatının Geliştirilmesi Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.

Başer, K. H. C., 2022. Kekik. *Tabiat ve İnsan*, 1 (191), 15-31.

Benli, M., Yiğit, N., 2005. Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8.

Bostancı, Ö. Ü. Ş., Şen, B. B., 2020. Bölüm 3 gastronomide keçi-boynuzu ve yan ürünlerinin yeri. *Gastronomi Araştırmaları*, 73.

Bozdemir, Ç., 2019. Türkiye'de yetişen kekik türleri, ekonomik önemi ve kullanım alanları. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 583-594.

Bozkıran, S., Giray, F. H., 2014. Isparta'da Lavanta Üretimi ve Pazarlaması, ss. 1365-1368. XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 3-5.

Büyükgebiz, T., Fakir, H., Negiz, M. 2008. Sütçüler (Isparta) Yöresinde Doğal Odun Dışı Bitkisel Orman Ürünleri ve Geleneksel Kullanımları. *Turkish Journal of Forestry*, 9 (1), 109-120.

Çakmaklı, T., 2019. Bartın ilinde odun dışı orman ürünlerinin sosyoekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

Çoban, Ö. E., Patır, B., 2010. Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 7-19.

Demir, Ö., 2015. Deniz suyu kaynaklı ısı pompalı tünel tipi Defne yaprağı kurutma sistemi tasarımı ve deneysel analizi. Doktora tezi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Durkaya, A., Kaptan, S., Durkaya, B., Önal, G. Erdoğmuş, S., 2017. Orman köylüsü ve yaylacıların sosyo ekonomik ve sosyo kültürel yapısı ile çalışmaların incelenmesi (Giresun ve Manisa Yöresi Örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 252-267.

Elmas, S., 2021. Türkiye'de adaçayı yetiştiriciliği ve ticari önemi. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 3(1), 298-332.

Enescu, C. M., 2017. Which are the most important non-wood forest products in the case of Ialomița County. *AgroLife Scientific Journal*, 6(1), 98-103.

Ertan, E., Kılınç, S. S., 2005. Seleksiyon ile belirlenmiş kestane genotiplerinin morfolojik, fenolojik ve biyokimyasal özellikleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2), 67-77.

Ertürk, R., Çelik, C., Kaygusuz, R., Aydın, H., 2010. Ticari olarak satılan kekik ve nane uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri. *Cumhuriyet Medical Journal*, 32(4), 281-286.

Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S., 2011. Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 52-67.

Fidan, M. S., Ayşe, Ö. Z., Adanur, H., Turan, B. 2013. Gümüşhane yöresinde yetişen bazı önemli odun dışı orman ürünleri ve kullanım miktarları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2).

Gonçalves, S., Romano, A., 2013. In vitro culture of lavenders (*Lavandula* spp.) and the production of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 31(2), 166-174.

Gölküçü, M., 2022. Biberiyenin (*Rosmarinus officinalis*) karnosik asit ve karnosol içeriğinin hasat zamanı ve lokasyona göre değişimi. *Gıda*, 47 (3) , 493-501.

Gübbük, H., Tozlu, İ., Doğan, A., Balkıç, R., 2016. Çevre, endüstriyel kullanım ve insan sağlığı yönleriyle keçi-boynuzu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 207-215.

Gülbaba, A. G., Özkurt, N., Kürkçüoğlu, M., Başer, K. H. C., 2002. Mersin ve Adana yöresindeki doğal biberiye (*Rosmarinus officinalis*

- L.) popülasyonlarının tespiti ve uçucu yağ verim ve bileşimlerinin belirlenmesi. Orman Bakanlığı Yayın, (193), 1-15.
- Güler, K. H., Korkmaz, M., 2018. Isparta ili orman köylerinde lavanta yetiştiriciliğinin ekonomik analizi. *Turkish Journal of Forestry*, 19 (2) , 156-162.
- İlkimen, H., Gülbandılar, A., 2018. Lavanta, ada çayı, kekik ve papatya ekstrelerinin antimikrobiyal etkilerinin araştırılması. *Türk Mikrobiyol Cem Dergisi*, 48(4), 241-246.
- Karadeniz, H., 2001. Hatay bölgesi defne yaprağı ve meyvası uçucu yağının özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Karik, Ü., Öztürk, M., 2009. Türkiye dış ticaretinde tıbbi ve aromatik bitkiler. *Bahçe*, 38(1), 21-31.
- Ken, E. 2023. Denizli ilinde kekik üretiminin ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale.
- Korkmaz, M., Duman, E. A. 2019. Türkiye’de bazı odun dışı orman ürünlerinin dış ticaretine yönelik değerlendirmeler. *Turkish Journal of Forestry*, 20 (4), 401-410
- Kösa, S., Güral, S. M., 2019. Tıbbi ve aromatik bitkiler ve peyzajda kullanımları. *Peyzaj*, 1(1), 41-54.
- Kulaç, Ş., Özbayram, A. K., Değermenci, Z., Küçük, A. D., Karadağ, A., 2015. Anadolu kestanesinde (*Castanea sativa* L.) tohum bütünlüğünün çimlenme yüzdesi ve fidan morfolojisine etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, 10(2), 36-42.
- Kurt, R. , Karayılmazlar, S. , İmren, E. Çabuk, Y., 2016. Türkiye ormancılık sektöründe odun dışı orman ürünleri: ihracat analizi. *Barın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 158-167.
- Lobry de Bruyn, L., Duong, T. M. P., Kristiansen, P., Marshall, G. R., and Wilkes, J., 2022. The Role of Livelihood Initiatives in Reducing Non-wood Forest Product Reliance in Protected Areas of Southern Vietnam: Opportunities and Challenges. *Non-Wood Forest Products of Asia*, 221-251.
- Lovrić, M., Da Re, R., Vidale, E., Prokofieva, I., Wong, J., Pette-nella, D., and Mavsar, R., 2020. Non-wood forest products in Europe—A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116, 102175.
- Ludvig, A., Tahvanainen, V., Dickson, A., Evard, C., Kurttila, M., Cosovic, M., ..., Weiss, G., 2016. The practice of entrepreneurship in the non-wood forest products sector: Support for innovation on private forest land. *Forest Policy and Economics*, 66, 31-37.
- Marzouki, H., Piras, A., Marongiu, B., Rosa, A., Dessi, M. A., 2008. Extraction and separation of volatile and fixed oils from berries of *Laurus nobilis* L. by supercritical CO<sub>2</sub>. *Molecules*, 13(8), 1702-1711.
- Metin, İ., Güngör, H., Çolak, Ö., F., 2012. Bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin ihracatı ve ithalatı. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 13-15 Eylül, Tokat.
- Mumcu Küçükler, D., Başkent, E. Z., Günlü, A. 2010. Odun dışı orman ürünlerinin sayısallaştırılması ve orman amenajman planlarına yansıtılması: kavramsal çerçeve. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, Türkiye, 20-22 Mayıs 2010, Cilt 1, 302- 313.
- OGM., 2016. Odun Dışı Orman Ürünlerinin Envanter Ve Planlaması İle Üretim Ve Satış Esasları. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/mevzuat/tebligler>. Erişim Tarihi: 10.09.2022
- OGM., 2022. Ormancılık İstatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>. Erişim Tarihi: 10.09.2023
- Ok, K., Tengiz, Y. Z. 2018. Türkiye’de odun dışı orman ürünlerinin yönetimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3), 457-471.
- Okan, T., Köse, C., Aksoy, E. B., Köse, N., Wall, J., 2017. Türkiye’de kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve kullanımı üzerine geleksel terimler. *Avrasya Terim Dergisi*, 5(1), 19-27.
- Okan, T., Köse, C., 2022. Türkiye’de bölgesel farklılıklar kapsamında kestane dayalı faydalanmanın sosyoekonomik boyutu. *Barın Orman Fakültesi Dergisi*, 24(3), 1-1.
- Ongun, U., Gövdere, B., Kaygısız, A. D., 2015. Isparta ili kırsal alanlarında yapılabilecek kırsal turizm türlerinin kırsal kalkınmaya etkisi. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 5(1), 122-131.
- Önal, P., Bekiroğlu, S., 2011. Orman köylerinde ORKÖY tarafından gerçekleştirilen köy kalkındırma projelerinin uygulama sonuçlarının araştırılması (Şile-İstanbul). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 61(2), 53-66.
- Özer, T., Sert, F. Z., Öztürk, A. İ., 2019. Defne bitkisi ve yağı üzerine bir araştırma. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 25-34.
- Özden, S., Buğday, S. E., 2015. Üretim faktörü olarak orman köylüsünün nüfus hareketleri: Kastamonu örneği. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15(2), 231-240.
- Özderin, S., Ulusoy, H., 2022. Ekonomik perspektiften covid-19 sürecinde Köyceğiz’deki odun dışı orman ürünlerinin değerlendirilmesi. 5th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies, 5(1), 79-85, Turkey.
- Öztürk, A., Türker, M. F., 2005. Farklı ilgi gruplarının orman kaynaklarına ve orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimine ilişkin görüşlerinin belirlenmesi: Maçka Devlet Orman İşletmesi örneği. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1-2), 135-145.
- Paumgarten, F., 2005. The role of non-timber forest products as safety-nets: a review of evidence with a focus on South Africa. *GeoJournal*, 64(3), 189-197.
- Pazır, F., Alper, Y., 2016. Keçiboynuzu meyvesi (*Ceratonia siliqua* L.) ve sağlık. *Akademik Gıda*, 14 (3), 302-306.
- Perişan, H., 2022. Kestane kabuğunun insanda besin ögesi olarak kullanılmasının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Raimov, R., Fakir, H., 2018. Orman köylülerinin odun dışı orman ürünlerini kullanım olanakları (Eğirdir Yöresi örneği). *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2, 132-144.
- Sarı, A. O., Altunkaya, M., 2016. Doğadan tarlaya kekik. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 15, 22-27.
- Sarıtaş, E., Türker, M. F., 2022. The effect of cooperatives producing non-wood forest products on rural development: The example of Kozak subdistrict agricultural development cooperative in Turkey. *Journal of Sustainable Forestry*, 1-17.
- Şafak, İ., Okan, T., 2004. Kekik, Defne ve Çam Fıstığının üretimi ve pazarlanması. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, *Doğa Dergisi*, 10, 101-129.
- Şenay, F., 2009. Keçiboynuzundan sıvı şeker üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tolunay A., Korkmaz M., 2005. Orman köylülerinin orman kaynaklarından yararlanma haklarının tarihsel gelişimi, I. Çevre ve Ormancılık Şurası, 22-24 Mart 2005, s. 1559-1566, Antalya.

Tuttu, G., Ursavaş, S. Söyler, R., 2021. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.)'nin etnobotanik kullanımı ve Türkiye'deki hasat miktarlarının trend analizi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7 (1), 23-33.

TÜİK., 2022. İhracat ve ithalat verileri. <https://iz.tuik.gov.tr/#/showcase/SC-2851FY777F34D2R?token=8d79727fff862a891ce574d27220bfebbf66fecf>. Erişim Tarihi: 10.09.2023

Uzun, Ş., 2010. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü Amasra Orman İşletme Şefliği bünyesinde orman-halk-ormancılık etkileşimleri. Yüksek Lisans Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

Vantommer, P., Walter, S., 2003. Opportunities and challenges for non-wood forest products certification. In Congress Proceedings XII, World Forestry Congress (WFC), September (pp. 21-28).

Yaman, S., Özdemir, Z., Şit, M., Özer, B., Çatal, O., 2018. Kekik yağı karvakrol'ün insan sağlığına etkileri. In SETSCI Conference Indexing System (Vol. 2, No. 1, pp. 391-392).

Yıldırım, H. T., 2018. Orman toplum ilişkileri açısından odun dışı orman ürünleri üretiminin sosyo-ekonomik etkilerinin irdelenmesi. ISNOS-MED 2018, Isparta.

Yıldırım, H. İ., Kargıoğlu, M., 2015. Alanya ve Gazipaşa (Antalya)'da doğal Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) pekmezinin üretimi ve kullanımı. *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 15(2).

Yılmaz, D., Gökdoğan, M. E., 2015. Adaçayı (*Salvia officinalis*) bitkisinin farklı nem düzeylerinde fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 73-82.

Yılmaz, A., Çiftçi, V., 2021. Türkiye'de defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisinin durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 325-330.

Yüksel, N., Ülkeryidiz Balçık, E., Deniz Şirinyıldız, D., Binat, Z., Boyacıoğlu, O., 2020. Aydın'ın değerlerinden biri olan kestane meyvesinin önemi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(1), 162-166.



## The effects of continuously wetting-drying cycles on pre-weathered and oil-coated rowan (*Sorbus torminalis*) wood

### Sürekli ıslatma-kurutma döngülerinin ön yaşlandırılmış ve yağla kaplanmış üvez (*Sorbus torminalis*) odunu üzerindeki etkileri

Halil Turgut ŞAHİN<sup>id</sup>, Uğur ÖZKAN<sup>id</sup>

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye.

Sorumlu yazar:  
Uğur ÖZKAN

E-mail:  
ugurozkan@isparta.edu.tr

Gönderim Tarihi:  
11/04/2024

Kabul Tarihi:  
08/05/2024

Atf:  
Şahin, H. T., Özkan, U. 2024. The effects of continuously wetting-drying cycles on pre-weathered and oil-coated rowan (*Sorbus torminalis*) wood. Ağaç ve Orman, 5(1). 13-17. DOI:10.59751/agacorman.1467534

#### Abstract

The naturally weathered and then oil-coated (Teak oil) Rowan wood (*Sorbus torminalis*) was subjected to distilled (A) and swimming pool water (B) aging treatments with continuous wetting-drying up to the third cycle. Treatment conditions and water aging types seem to influence color variables somewhat. The highest lightness ( $\Delta L^*$ ), redness ( $\Delta a^*$ ), and yellowness ( $\Delta b^*$ ) changes were measured in samples that were continuously aged at the third cycle procedure in swimming pool water, respectively. Similar results have also been observed for total color changes, such that pool water had higher discoloration effects on color values compared to distilled water at similar conditions, while increasing the cycle usually further lowered discoloration. The highest color change value of  $\Delta EB_3$ : 10.49 (metric) was found in the third cycle in pool water treatment, followed by a value of  $\Delta EB_2$ : 9.42 (metric) in the second cycle and a value of  $\Delta EB_1$ : 1.71 (metric) in the first cycle, respectively. Color changes could be employed as a sensitive physical indicator of coating aging, which can be correlated to the associated chemical changes. All aging processes have lower gloss values than control in all aging procedures, regardless of water type. The lowest gloss value of 1.2 GU was noticed at the third cycle in swimming pool treatments. It is also notable that the most dramatic effect on surface hardness (Shore D) was found after the first cycle, while the lowest hardness values of 38 (metric) and 33 (metric) were found in swimming pools and distilled pure water-treated samples, respectively.

**Keywords:** Weathered Rowan wood, teak oil, color changes, glossiness, surface hardness.

#### Özet

Atmosferik dış şartlarda yaşlandırma işlemine tabii tutulmuş Üvez odunları (*Sorbus torminalis*), yağ esası yüzey işlem maddesi (Tik yağı) ile işleme tabii tutulmuştur. Daha sonra damıtılmış saf su (A) ve yüzme havuz suyu (B) ile sürekli ıslatma-kurutmaya tabii tutularak yaşlandırma işlemleri üç döngü olacak şekilde uygulanmıştır. İşlem koşullarının ve suda yaşlandırma türlerinin renk değişkenlerini bir dereceye kadar etkilediği görülmektedir. En yüksek parlaklık ( $\Delta L^*$ ), kırmızılık ( $\Delta a^*$ ) ve sarılık ( $\Delta b^*$ ) değerlerinde meydana gelen farklılıklar, yüzme havuz suyu ile muamele edilmiş üçüncü döngü prosedüründe yaşlandırılmış numunelerde ölçülmüştür. Toplam renk değişimleri için de benzer sonuçlar gözlemlenmiş, havuz yüzme suyunun renk değerleri üzerinde, benzer koşullarda damıtılmış suya göre daha yüksek oranda renk değiştirme etkisine sahip olduğu, kurutma-ıslatma döngüsünün artırılmasının ise genellikle renk bozulmasını daha da artırdığı anlaşılmıştır. En yüksek renk değişimi değeri  $\Delta EB_3$ : 10,49 (metrik) ile havuz suyu ile üçüncü döngüde elde edilirken, bunu ikinci döngüde  $\Delta EB_2$ : 9,42 (metrik) değeri ve ilk döngüde ise  $\Delta EB_1$ : 1,71 (metrik) değeri ile takip etmiştir. Örneklerin renklerinde meydana gelen değişiklikler, uygulanan yüzey işlem maddesinin yaşlanması sonucu oluşan kimyasal reaksiyonlarla ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, tüm yaşlandırma işlemine tabii tutulan numunelerin parlaklık değerleri, su türünden bağımsız olarak kontrol örneğinden daha düşük olarak belirlenmiştir. Yüzme havuzu yaşlandırmalarında numunelerin en düşük parlaklık değeri 1,2 GU ile üçüncü döngüde belirlenmiştir. Ayrıca yüzey sertliği (Shore D) üzerindeki en çarpıcı etkinin ilk döngüden sonra bulunması dikkat çekicidir ki en düşük sertlik değerleri ise 38 (metrik) ve 33 (metrik) olarak sırası ile yüzme havuzunda ve damıtılmış saf su ile işlem görmüş numunelerde bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Yaşlandırılmış üvez ağacı, tik yağı, renk değişimi, parlaklık, yüzey sertliği.

## 1. Introductions

Since wood is a light absorber, most components in wood are capable of absorbing visible and UV light to undergo photochemical complex reactions that ultimately lead to discoloration and degradation, commonly called weathering (Feist and Hon, 1984; Feist, 1990). Those wood surfaces become rough as the grain raises, creating checks that grow into large cracks. Generally, these impact discoloration, gather dirt and mildew,

and become unsightly (Kubler, 1980; Gindl et al., 2004; Oberhofnerová et al., 2017). However, the weathering process can be significantly reduced by appropriate surface and/or bulk treatments, for which natural color and aesthetic appearance are important (Feist and Hon, 1984; Palashev, 1994; Williams and Knaebe, 2000).

Painting, coating, and surface finishing are commonly used to protect wood to varying degrees in outdoor conditions (Şahin, 2021). Several researchers have attempted to summarize the



current knowledge on the weathering phenomena as well as the techniques of protecting wood (Feist and Hon, 1984; Sell and Fesit, 1986; Feist, 1990; Pánek and Reinprecht, 2014; Kržišnik et al., 2018). Hydrophobic extractives migrate to the surface and decrease surface energy during weathering (Feist and Hon, 1984). As a result, wetting of surface coating agents is adversely affected, and bonding is potentiated when substrates deteriorate (Williams et al., 1987; Williams et al., 1999; Williams et al., 2002).

In recent works, it was obviously hypothesized that coating was one of the most effective methods for remediating a weathered wood surface (Kubler, 1980; Williams et al., 2002; Gindl et al., 2004). Many types of natural and synthetic agents could be used to protect and nourish wood while they penetrate deep into the grain of the wood to create a long-lasting, hard-wearing finish that protects the wood and enhances its beauty (Singh and Singh, 2012; Broda, 2020; Sahin, 2021). However, recent trends in the use of wood for exterior applications have emphasized natural-type finishes that enhance the texture, grain, and inherent beauty of the wood (Singh and Singh, 2012; Broda, 2020; Timar et al., 2020). While several approaches have been used for developing an acceptable natural finish, surface treatments have been extensively studied to improve the service life of clear exterior finishes.

Šimunková et al. (2018) compared a high-gloss polyurethane lacquer with traditional shellac varnish (applied to oak) and the effect of artificial UV aging on some selected properties of the finished surfaces. They concluded that UV aging affected surface properties differently, highlighting a marked decrease in the water resistance of shellac finishes. However, teak oil is not extracted from teak trees; namely, it is often used to varnish teak wood surfaces, so it was named as teak oil. It typically consists of a blend of ingredients; namely, linseed oil, tung oil, and mineral spirits (Petroleum naphtha) (Tesarova and Cech, 2015; Panek and Reinprecht, 2016). However, teak oil is a finishing oil product for wooden materials (e.g., furniture). Although it was initially formulated for teak wood, it can be used in any indoor or outdoor application of wood items. It can be used on most softwood, hardwood, and tropical species, but it gives better application on hardwoods (Reinprecht et al., 2018). It has become popular for general outdoor situations, including decks, garden furniture, windows, doors, and fencing, because it beautifies the wood grain, protecting it against UV rays and water. Many advantageous results have been proposed for using teak oil as a wood surface coating agent (Tesarova and Cech, 2015; Panek and Reinprecht, 2016; Reinprecht et al., 2018). Some of them are (i) easy to use and fast drying (4–6 hours), (ii) giving the wood a stable surface, (iii) good water and dirt resistance, and (iv) providing UV protection to slow the graying process for all other exterior wood products.

The study of aging of wood surfaces and preservation is one of the significant topics for wood scientists (Feist and Hon, 1984; Sell and Fesit, 1986; Williams et al., 1987; Feist, 1990; Williams et al., 1999; Pánek and Reinprecht, 2014; Kržišnik et al., 2018). However, it is challenging to compare wood-finished surfaces due to the significant varia-

bility in testing (e.g., tested materials, aging factors, procedures, investigated parameters). Therefore, the aging of finishing materials, mainly applied on wood surfaces, needs to be examined using dedicated approaches, so the gap in the literature related to aging on the properties of the coating on weathered wood could be filled.

This study aims to evaluate the efficiency of teak oil applied to naturally five-year-weathered Rowan wood subjected to distilled and swimming pool water aging. The experimental findings presented in this study aim to contribute to the aging-induced changes in the quality of finished wood surfaces.

## 2. Material and Method

In this study, Rowan (*Sorbus aucuparia*) sapwood, from the forestlands region of Bolu Province-Turkiye, was used. A leading brand of commercially available teak oil was supplied from a retail store (a Turkish brand with a carried label). Three experimental wood samples were prepared in 5.0×5.0×1.5 cm (length parallel to tree axis x width in radial direction x thickness in radial direction). Average number of annual rings per centimeter were seven to ten for specimens, exposed outdoors for five years in Sobu height-Isparta-Turkiye (37°50'05.9"N 30°31'27.6"E). All the samples were defect-free but severely weathered with some profound color changes. The control and weathered wood samples were exposed to teak oil treatment by soaking for one minute. Afterwards, the samples were air-dried at the room temperatures for 72 hours.

The properties of the cured coatings on wood were assessed by the CIE L \* a \* b \* C\* h\* (1976) color standard; differences ( $\Delta$  values) were calculated as surface color changes. An X-Rite SP-68 spectrophotometer measured the color characteristics. The gloss of samples was determined according to ASTM D523 with a 60°-measuring device (Glosgard II, Pacific Scientific, Lansing, MI). A Shore Hardness (Scale D) instrument was used according to the test method of ASTM D2240.

The aging effects of two different types of distilled pure water (A) and swimming pool water (B) were utilized to progress continuously through wetting-drying cycles for evaluating surface color, gloss, and hardness properties. Therefore, three wetting-drying stages were carried out continuously to evaluate properties. The pre-weathered and coated samples were soaked in the waters at atmospheric conditions for 16 hours. After each soaking and drying phase in the room temperatures, samples were separated and numbered. The remaining samples were continued for wetting-drying progress. At the end of each soaking stage, the sheets were dried in an atmospheric condition at 25 °C for five days.

Some code numbers and abbreviations were established throughout the study, as shown in Figures and Tables. These are samples subjected to distilled water treatments (A) and samples subjected to swimming pool water treatments (B); once (1), twice (2), and third-times (3) wetted-dried (cycle number) wood samples.

**3. Results and Discussions**

The color coordinate differences ( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ , and  $\Delta b$ ) of the teak oil-coated wood samples after up to three wetting-drying cycles are comparatively summarized in Table 1. Water types and aging intensity appear to greatly significantly impact color properties. The maximum lightness-darkness ( $\Delta L$ ), red-green ( $\Delta a$ ), and blue-yellow ( $\Delta b$ ) color coordinate changes were found with swimming water treated in the third cycled (aged) samples. However, the total intensity range of lightness is 0–100 units, where 0 represents the total darkness, followed by gray up to bright white (100 units). The highest changes of  $\Delta LA_3$ : -7.95 (metric),  $\Delta aB_3$ : -1.46 (metric), and  $\Delta bB_3$ : -6.68 (metric) were measured in a sample that was continuously aged at the third cycle procedure in swimming pool water, respectively. It is vital to note that swimming pool water typically contains chlorine (1.0–3.0 ppm) and higher total dissolved solids (500–5000 ppm) than distilled water, which could affect further aging on surface coatings, as realized in this study.

The wood samples immersed in swimming pool water exhibited higher chroma changes ( $\Delta CB$ ) than those immersed in distilled water ( $\Delta CA$ ) under all conditions. Increasing the cycle is more effective for higher chroma properties (Figure 1). The highest chroma value of  $\Delta CB_3$ : -6.83 (metric) was found, followed by  $\Delta CB_2$ : -5.80 (metric) and  $\Delta CB_1$ : -1.59 (metric), respectively. Notably, distilled water aging has only marginal effects on the chroma properties of samples ( $\Delta CA_1$ : 0.1,  $\Delta CA_2$ : 0.05,  $\Delta CA_3$ : 0.21).

Although it is an easy and valuable method to determine the basic color coordinate values of the samples, the explanation of each color parameter (CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) is quite complicated. However, examination of the total color difference ( $\Delta E$ ) value is essential in providing information about the way

of change. The total color change of the samples is comparatively illustrated in Figure 2. It is obvious that considerably different discolorations were measured at similar aging procedures for two different water sources. The plots confirm that distilled water effects are only in a narrow range ( $\Delta EA_1$ : 1.37,  $\Delta EA_2$ : 1.65,  $\Delta EA_3$ : 2.16) but increase as aging continues to the third cycle. The swimming pool treatments highly affect color changes in all conditions more than distilled water treatment conditions. A positive relationship between increasing aging levels (cycle) and color changes is also observed. The highest value of  $\Delta EB_3$ : 10.49 (metric) was found in the third cycle procedure in swimming water treatment, followed by a value of  $\Delta EB_2$ : 9.42 (metric) and a value of  $\Delta EB_1$ : 1.71 (metric), respectively. Color changes could be employed as a sensitive physical indicator of coating aging, which can be correlated to the associated chemical changes.

The hue angle for most of the natural woods in the CIE  $L^*$ ;  $h^*$ ;  $C^*$  color sphere is between  $45^\circ$  and  $90^\circ$ , which human eyes perceive between yellow and brown. However, the hue ( $h$ ) has slightly varied for both aging treatments. The hue changes for distilled water-treated samples were found to be  $\Delta HA_1$ :  $-0.13^\circ$ ,  $\Delta HA_2$ :  $-0.47^\circ$  and  $\Delta HA_3$ :  $0.01^\circ$ . The swimming water-treated samples show hue changes of  $\Delta HB_1$ :  $0.54^\circ$ ,  $\Delta HB_2$ :  $-0.7^\circ$  and  $\Delta HB_3$ :  $-0.43^\circ$ , respectively. Although a linear correlation between lightness ( $L^*$ ) and hue angle ( $h^* = \arctan b^*/a^*$ ) was reported for steamed wood (Tolvaj and Németh, 2008) and light irritated wood (Tolvaj et al., 2011). In this study, there is no correlation between lightness and hue values.

The gloss measurements revealed lower values than the control in all aging procedures, regardless of water type (Figure 3). However, there is no clear correlation between gloss values and the type of water treatment. The control samples have a gloss value of 2.6 GU. The lowest gloss value of 1.2 GU was observed at the third cycle in swimming pool treatments.

Table 1. Surface color properties (CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) of woods.

Cycles	$\Delta LA$	$\Delta LB$	$\Delta aA$	$\Delta aB$	$\Delta bA$	$\Delta bB$
First	1.36	-0.33	0.1	-0.9	0.07	-1.41
Second	1.58	-7.39	0.45	-1	-0.12	-5.75
Third	2.15	-7.95	0.12	-1.46	0.18	-6.68

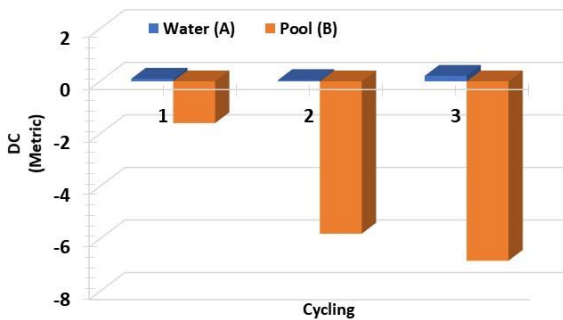


Figure 1. Chromacity ( $\Delta C$ ) properties of samples.

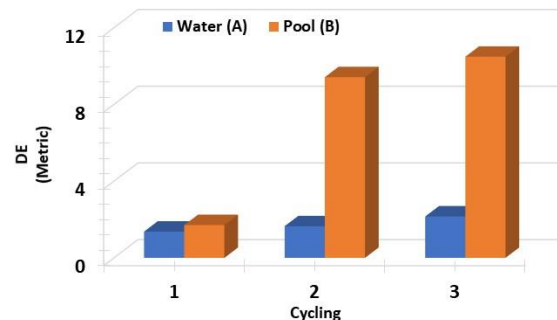


Figure 2. Color changes ( $\Delta E$ ) properties of samples.

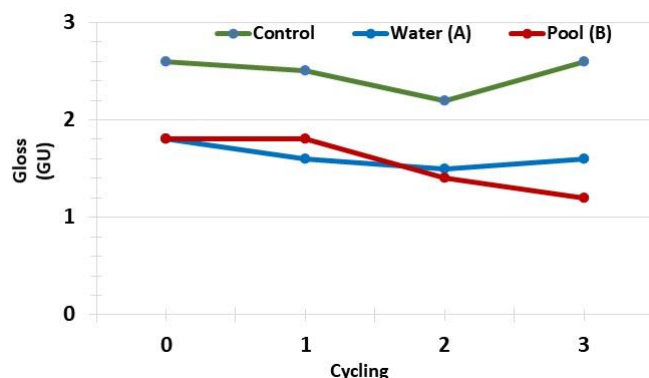


Figure 3. Gloss change properties of samples.

Weathering typically causes surface roughness, open cracks, and defects in treated surfaces. It is challenging to eliminate roughness and cracks with surface treatments. Even a high-quality coating often loses its protective ability because it cannot tolerate the stresses and strains of wood shrinkage and swelling. In this regard, any further analysis of these surface optical changes is beyond the scope of this study, which focuses mainly on the influence of aging on the adherence and resistance of coating films to a selection of two different water aging processes. However, these color changes are visible evidence of aging and an indication that other water sources should be involved in the aging procedures, as a function of the surface optical property factor involved.

It can be seen that the first aging cycle had the most dramatic effects for both types of samples concerning the changes in surface hardness, in Figure 4. The lowest Shore D value of 38 (metric) was obtained in the swimming pool-treated sample (B<sub>1</sub>), while it was 33 (metric) for sample A<sub>1</sub>. Throughout the second and third aging procedures, the hardness changes were much lower than those of the initial control value (A0&B0: 47 metric).

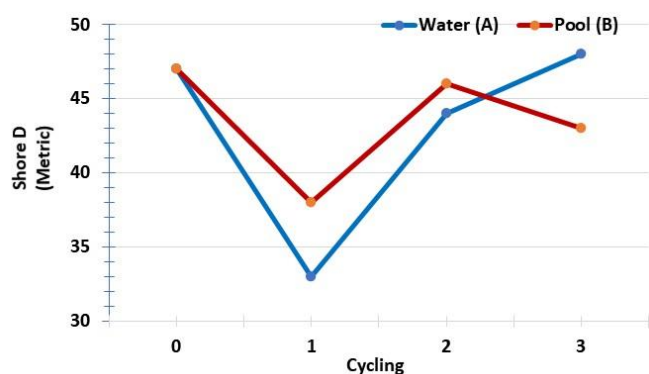


Figure 4. Hardness (shore D) changes the properties of samples.

#### 4. Conclusions

The results presented in this study are based on conducted research on the five-year pre-weathered wood substrates and aging phenomena for transparent finishes using a comparative approach for distilled pure and swimming water conditions. Both water types could affect surface optical changes. It is expected to result in discoloration occurring on wood surfaces with water contact. However, swimming pool water appears

to have further modification effects on surface physical properties than distilled water.

Surface finishing or coating on wooden materials is sensitive to wetting as well as the ingredients of the agent. It could be hypothesized that chlorine and other pool agents, typically found in swimming pool water (1-3 ppm), may have detrimental effects on further discolorations. Teak oil is one of the well-known and suitable mainly for the exterior of all types of wood materials. However, Teak oil has some distinctive advantages over other coating agents. Some of those are easy to apply, provide a rich appearance with a warm matt finish, and are great resistant to water and staining. In this case, Teak oil could be used for outdoor furniture and wooden elements, which are used in harsh weather conditions.

#### Author contributions

Concept: H.T.Ş.; Design: U.Ö.; Supervision: H.T.Ş., U.Ö.; Data Collection: H.T.Ş.; Analysis: H.T.Ş., U.Ö.; Literature Search: H.T.Ş.; U.Ö.; Writing Manuscript: H.T.Ş.; Critical Review: U.Ö

#### References

- Broda, M., 2020. Natural compounds for wood protection against fungi-a review. *Molecules*, 25(15), 3538.
- Feist, W.C., 1990. Outdoor wood weathering and protection. Archaeological wood, properties, chemistry, and preservation. *Advanced in Chemistry Series*, (225), 263-298.
- Feist, W.C., Hon, D.N.S., 1984. Chemistry of weathering and protection. *The chemistry of solid wood*, 207, 401-451.
- Gindl, M., Reiterer, A., Sinn, G., Stanzl-Tschegg, S.E., 2004. Effects of surface ageing on wettability, surface chemistry, and adhesion of wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 62(4), 273-280.
- Kržišnik, D., Lesar, B., Thaler, N., Humar, M., 2018. Influence of natural and artificial weathering on the colour change of different wood and wood-based materials. *Forests*, 9(8), 488.
- Kubler, H., 1980. Wood as building and hobby material, John Wiley & Sons, NY
- Oberhofnerová, E., Pánek, M., García-Cimarras, A., 2017. The effect of natural weathering on untreated wood surface. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 19(2), 173-184.
- Palashev, Y., 1994. Change in the wood colour under the influence of climatic factors. *Naukaza Gorata*, 31(2), 65-71.
- Pánek, M., Reinprecht, L., 2014. Colour stability and surface defects of naturally aged wood treated with transparent paints for exterior constructions. *Wood Research*, 59(3), 421-430.
- Pánek, M., Reinprecht, L., 2016. Effect of vegetable oils on the colour stability of four tropical woods during natural and artificial weathering. *J Wood Sci*, 62, 74-84.
- Reinprecht, L., Nosál, E., Jaš, F., 2018. The impact of accelerated weathering on the mold resistance and color stability of the Morway spruce wood treated with natural oils. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen res Publica Slovaca*, 60(2), 95-106.
- Sahin, H., 2021. Evaluation of Natural Oil Adducts in Alkyd-Based Varnish Emulsion and Effect on Rowan (*Sorbus torminalis*)

- Wood. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*, 7(3), 56-63.
- Sell, J. and Fesit W.C., 1986. U.S. and European finishes for weather exposed wood-a comparison. *Forest Prod. J.*, 36(4), 37-41.
- Šimunková K., Pánek M., Zeidler A., 2018. Comparison of selected properties of shellac varnish for restoration and polyurethane varnish for reconstruction of historical artefacts. *Coatings*, 8(4), 12.
- Singh T., Singh AP., 2012. A review on natural products as wood protectant. *Wood Sci. Technol.*, 46, 851-870.
- Tesařová, D., Cech, P., 2015. Influence of classic finished surfaces of massive wood on indoor environment. *Pro Ligno*, 11(4), 294-300.
- Timar, M. C., Varodi, A. M., Liu, X. Y., 2020. The influence of artificial ageing on selected properties of wood surfaces finished with traditional materials-an assessment for conservation purposes. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series II: Forestry• Wood Industry• Agricultural Food Engineering*, 81-94.
- Tolvaj, L., Mitsui, K., Varga, D., 2011. Validity limits of Kubelka–Munk theory for DRIFT spectra of photodegraded solid wood. *Wood Science and Technology*, 45, 135-146.
- Tolvaj, L., Németh, K., 2008. Correlation between hue-angle and colour lightness of steamed black locust wood. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 2008(4), 55-59.
- Williams, R.S., Knaebe, M., 2000. Restoration of severely weathered wood. *Journal of Coatings Technology*, 72(902), 43-51.
- Williams, R.S., Sotos, P., Feist, W.C., 1999. Evaluation of several finishes on severely weathered wood. *Journal of Coatings Technology*, 71(895), 97-102.
- Williams, R.S., Winandy, J.E., Feist, W.C., 1987. Paint adhesion to weathered wood. *Journal of Coatings Technology*, 59(749), 43.
- Williams, R.S., Winandy, J.E., Feist, W.C., 2002. Correlation of adhesive strength with service life of paint applied to weathered wood. In *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Durability of Building Materials and Components Conference* held 17-20, March 2002, in Brisbane, Australia. SI: sn, 2002: 11 p.



## Sürdürülebilirlik ve mobilya endüstrisi

### Sustainability and the furniture industry

Zeki CANDAN<sup>1,2</sup>, Sabit TUNÇEL<sup>3</sup>, Adnan SERBEST<sup>4</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup> Biyomalzeme ve Nanoteknoloji Araştırma Grubu & BioNanoTeam, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup> İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Ağaç ve Peyzaj AŞ, İstanbul, Türkiye.

<sup>4</sup> Tasarımcı, İstanbul, Türkiye.

Sorumlu yazar:  
Sabit TUNÇEL

E-mail:  
sabittuncel@gmail.com

Gönderim Tarihi:  
16/10/2023

Kabul Tarihi:  
06/02/2024

Atf:  
Candan, Z., Tunçel, S. 2024. Sürdürülebilirlik ve mobilya endüstrisi. Ağaç ve Orman, 5(1):18-31.  
DOI: 10.59751/agacorman.1376623

#### Özet

Sürdürülebilirlik kavramı son dönemde önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Ahşap mobilya sektörünün doğal kaynaklara dayalı bir sektör olması nedeni ile çevresel etkileri oldukça önemlidir. Sürdürülebilir doğal kaynakların kullanımına olanak sağlayan ahşap sanayi, birçok alanda çevre dostu yaklaşımları içermektedir. Ormanlarımızın sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, orman ekosisteminin korunmasını, biyoçeşitliliğin devamlılığını sağlamaktadır. Ormanların kesilerek kereste elde edilmesi ve rehabilitasyonu gibi uygulamalar ile doğal kaynaklardan faydalanırken, ağaçlandırma çalışmalarıyla da gelecek nesillere sağlıklı ormanlar bırakılmaktadır. Ayrıca ahşap mobilya sektöründe oluşturulan sertifikasyon sistemleri de sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Sürdürülebilir orman yönetimi, uluslararası tanınan sertifikasyon sistemleri ile desteklenmektedir. Forest Stewardship Council (FSC) gibi sertifikasyon programları, orman yönetimi konusunda uluslararası geçerliliğe sahip olan standartlar belirler. Bu tür sertifikalandırmalar ahşap ve türevleri ürünlerin izlenebilirliğini ve doğru kaynaktan gelip gelmediğini garanti etmektedir. Dolayısıyla orman ürünlerinin izlenebilirliği ve doğal yaşamın korunmasını sağlamaktadır. Bunların yanı sıra ahşap mobilya sektöründe sürdürülebilir yaklaşım enerji ve su verimliliğine de odaklanmaktadır. Üretim süreçlerinde enerji ve suyun etkin kullanımı, işletmelerin maliyetlerini azaltırken çevresel etkilerini de minimize etmektedir. Ayrıca geri dönüşüm ve atık yönetimi de sürdürülebilir ahşap mobilya sektörünün önemli unsurlarından biridir. Atıkların uygun şekillerde geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanıma sunulması, kısıtlı olan doğal kaynakların etkin kullanılmasını sağlayacağı gibi çevresel etkilerini de azaltacaktır.

Konuya sosyal ve ekonomik açıdan baktığımızda sürdürülebilir ahşap mobilya sanayi, sadece çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sosyal ve ekonomik faydalarda sunmaktadır. Ahşap ürünlerin kullanımı ile karbon ayak izi azaltılırken, iklim değişikliğiyle mücadelede yardımcı olmaktadır. Ayrıca ahşap mobilya sektörü, yeşil ekonomiye katkıda bulunarak sürdürülebilirliğin yaygınlaşmasını teşvik eder. Ahşap mobilya sanayinde sürdürülebilirliğin uygulanması, çevre dostu bir sektör oluşturmak ve doğal kaynakları korumak için önemli bir fırsattır. Bu nedenle, sektör paydaşları ve yerel ve merkezi yönetimlerin bu konuda daha fazla bilinç yaratması ve sürdürülebilirliği teşvik edecek politikalar üretmeleri gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilirlik, mobilya endüstrisi, döngüsel ekonomi, ÜKH, mobilya tasarımı.

#### Abstract

The concept of sustainability has come into prominence topic in recent years. Due to its reliance on natural resources, the furniture industry has significant environmental implications. The sustainable wood industry incorporates eco-friendly approaches in various aspects. The sustainable management of our forests ensures the preservation of forest ecosystems and the continuity of biodiversity. By harvesting timber from forests and implementing practices such as rehabilitation, natural resources could be evaluated while leaving behind healthy forests for future generations through reforestation efforts. Moreover, certification systems established in the furniture industry are also critical in sustainability. Internationally recognized certification systems support sustainable forest management. Certification programs such as the Forest Stewardship Council (FSC) establish internationally valid standards for forest management. Such certifications ensure the traceability of wood and wood-based products and guarantee their origin. Therefore, they contribute to the traceability of forest products and the preservation of natural habitats. In addition, the sustainable approach in the furniture industry also focuses on energy and water efficiency. The efficient use of energy and water in production processes not only reduces costs for businesses but also minimizes their environmental impact. Furthermore, recycling and waste management are vital elements of the sustainable furniture industry. Proper recycling and reuse of waste materials will not only ensure the efficient use of limited natural resources but also reduce environmental impacts. From a social and economic perspective, the sustainable furniture industry not only provides environmental benefits but also offers social and economic advantages. The use of wood and wood-based products helps reduce carbon footprint and contributes to combating climate change. Additionally, the furniture industry contributes to the green economy, promoting the widespread adoption of sustainability. Implementing sustainability in the furniture industry presents a vital opportunity to create an environmentally friendly sector and preserve natural resources. Therefore, industry stake holders and local and central governments must raise more awareness on this issue and develop policies to promote sustainability.

**Keywords:** Sustainability, furniture industry, circular economy, TBL, furniture design.

## 1. Sürdürülebilirlik

Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal), Avrupa Birliği (AB) ülkeleri tarafından 2019 yılının Kasım ayında kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarının sıfırlanması ve Avrupa'nın modern, kaynak açısından daha verimli ve rekabetçi bir ekonomiye sahip adil ve müreffeh bir topluma dönüştürülmesini amaç edinmiştir. Bu kapsamda 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının en az %55 oranında azaltılması, 2050 yılında ise Avrupa'yı dünyanın ilk iklim-nötr kıtasına dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nda yer alan "Yenilenebilir Enerji Direktifi" ile uyumlu olarak 2030 yılında enerjinin %40'ünün yenilenebilir kaynaklardan sağlanması beklenmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'ndaki amaçlara ulaşmak için 2021 yılında "Avrupa Yeşil Mutabakatı (Fit for 55) yasa teklifi ortaya konulmuştur. Paris Anlaşması ise 2020 yılı sonrası küresel iklim rejimini belirleyen ve ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede gönüllü katkılarını esas alan bir anlaşmadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, Paris Anlaşması'nın hedeflerine ulaşma doğrultusunda hazırlanmış olup bu kapsamda yapılacak çalışmaları hükümetlerin öncelikleri haline getirme yolunda atılmış bir adımdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde küresel iklim değişikliği ile mücadelede kendisi kadar düşük karbon yoğunluğuna sahip üretimi sağlayamayan ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarına sahip olmayan ülkelere, "Avrupa Birliği Sınırdan Karbon Düzeneleme Mekanizması (European Union Carbon Border Adjustment Mechanism – EU CBAM)" gibi araçlarla ithal edilen mallar üzerinden bir karbon fiyatının uygulanması planlanmaktadır. 27 ülkeden oluşan Avrupa Birliği, dünyadaki en büyük siyasi ve ekonomik örgütlenmedir. 450 Milyona yaklaşan nüfusu, 34 Bin \$'lık kişi başı geliri, 15,1 Trilyon \$'lık gayri safi yurtiçi hasılası (GSYH) ile dünyanın en büyük 2. ekonomisidir. 2022 yılında Türkiye'nin ihracatının %40,6'sı (103,1 Milyar \$) Avrupa Birliği'ne yapılmaktadır. Mal ithalatımızın da %25,6'sı (93 Milyar \$) Avrupa Birliği'nden yapılmaktadır. Bu nedenle konu sadece Avrupa Birliği'ni veya dünyayı değil Ülkemizi de oldukça yakından ilgilendirmektedir (İstanbul Sanayi Odası 2022; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023; T.C. Ticaret Bakanlığı, 2023).

1972 yılında Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'nda (Stockholm Konferansı) sosyoekonomik yapıları ve gelişme düzeyleri farklı olan birçok ülke çevre konusunda ilk defa bir araya gelmiştir. Bu kapsamda "Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Bildirisi" kabul edilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca hazırlanan Brundtland Raporu'nda "bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmıştır. 1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde Dünya Zirvesi (World Summit) ve Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (Rio Konferansı) (178'den fazla ülke) düzenlenmiştir. Gündem 21 (Agenda 21), Rio Bildirisi ile Orman İlkeleri de bu konferansta kabul edilmiştir. Buna ilaveten "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" ile "Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi" imzaya açılmıştır. Rio Kon-

feransı'nda alınan kararlar doğrultusunda hazırlanan "Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi" de 1994 yılında imzaya açılmıştır. 2000 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin New York kentinde bulunan Birleşmiş Milletler'in merkezinde Millennium Summit & Birleşmiş Milletler Binyıl Zirvesi'nde "Binyıl Bildirisi ve Binyıl Kalkınma Hedefleri (Millennium Development Goals – MDGs)" kabul edilmiştir. Burada çevresel sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma ve sağlıklı içme suyuna sürdürülebilir biçimde ulaşamayan nüfusun yarı yarıya azaltılması hususları yer almıştır. Rio Konferansı neticelerinin takibi amacıyla 2002 yılında Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Johannesburg şehrinde "Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (World Summit on Sustainable Development)" gerçekleştirilmiştir. 2012 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde "Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20))" düzenlenmiştir. Rio+20 Zirvesi sonucunda "İstedığımız Gelecek (The Future We Want)" isimli, kalkınma için yol haritası niteliğinde bir sonuç belgesi kabul edilmiştir. 2015 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin New York şehrinde "Gündem 2030: Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (The 2030 Agenda for Sustainable Development)" kabul edilmiştir. Bu kapsamda 17 ana hedef (Sustainable Development Goals – SDGs) ile 169 alt hedef tespit edilmiştir. Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri tarafından her sene sürdürülebilir kalkınma hedeflerindeki gelişmeler bir rapor halinde sunulmaktadır. Söz konusu sürdürülebilir kalkınma hedefleri aşağıda sıralanmıştır (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2023; United Nations, 1987; United Nations, 2023).

1. Yoksulluğa Son (No Poverty)
2. Açlığa Son (Zero Hunger)
3. Sağlık ve Kaliteli Yaşam (Good Health and Well-Being)
4. Nitelikli Eğitim (Quality Education)
5. Cinsiyet Eşitliği (Gender Equality)
6. Temiz Su ve Sanitasyon (Clean Water and Sanitation)
7. Erişilebilir ve Temiz Enerji (Affordable and Clean Energy)
8. İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (Decent Work and Economic Growth)
9. Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı (Industry, Innovation and Infrastructure)
10. Eşitsizliklerin Azaltılması (Reduced Inequalities)
11. Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar (Sustainable Cities and Communities)
12. Sorumlu Üretim ve Tüketim (Responsible Consumption and Production)
13. İklim Eylemi (Climate Action)
14. Sudaki Yaşam (Life Below Water)
15. Karasal Yaşam (Life On Land)

16. Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar (Peace, Justice and Strong Institutions)

17. Amaçlar için Ortaklıklar (Partnerships For The Goals)

Elkington (1998) yaptığı çalışmada sürdürülebilirliği değerlendirirken “Üçlü Kar Hanesi” (Triple Bottom Line – TBL veya 3BL) yaklaşımını ortaya koymuştur. Bu konsept “Üçlü Sorumluluk Raporlaması”, “Üç Boyutlu Sorumluluk”, “Üçlü Sorumluluk”, “Üçlü Bilanço”, “Üçlü Performans” olarak da ifade edilmektedir. ÜKH, öncelikle işletmelerin karlılığının ölçümünü, sonrasında işletmenin insanla olan kısmını yani sosyal sorumluluğun ölçümünü ve son olarak da işletmenin dünyayla ilgili bölümünü yani çevresel sorumluluğun ölçümünü yapmaktadır. Diğer bir ifadeyle işletmelerin/kurumların/organizasyonların ekonomik-finansal, sosyal ve ekolojik-çevresel performansını belirli dönemlerde ölçmeyi önermektedir. TBL'nin insan (People), gezegen (Planet) ve kar (Profit) olmak üzere üç boyutu bulunmaktadır (Hoşcan, 2017). Uygun TBL sürdürülebilirlik göstergeleri üretim sürdürülebilirliğini değerlendirme yapmak için kritiktir. Bununla beraber uygun olmayan göstergeler operasyonun başındaki yöneticilere üretim prosesinin performansı ile ilgili olarak daha az faydalı bilgiler sunmaktadır.

Sürdürülebilirlik  $2 + 2 = 5$  (veya 50) oyunu olabilir. Üstün bir ÜKH performansı elde etmek için yeni tip ekonomik, sosyal ve çevresel işbirlikleri gerekmektedir. Uzun dönemdir var olan düşmanlıklar karşılıklı tahripten simbiyozun yeni formlarına mutlaka kaymalıdır. Ortaya çıkan işbirliği, her bir partnerin kendi geleneksel görevlerini-amaçlarını daha verimli bir şekilde yerine getirmesinde yardımcı olur. Buna ilaveten hiçbir partnerin kendi başına ulaşamayacağı hedeflere birlikte ulaşmasında bir platform sunabilir. Bunlar ile ilgili özet görsel aşağıdaki şekil 2’de belirtilmiştir.

Sürdürülebilirliğin 3 temel bileşeni vardır. Bunlar:

- 1) Çevresel karakteristikler
- 2) Ekonomik karakteristikler
- 3) Sosyal karakteristikler

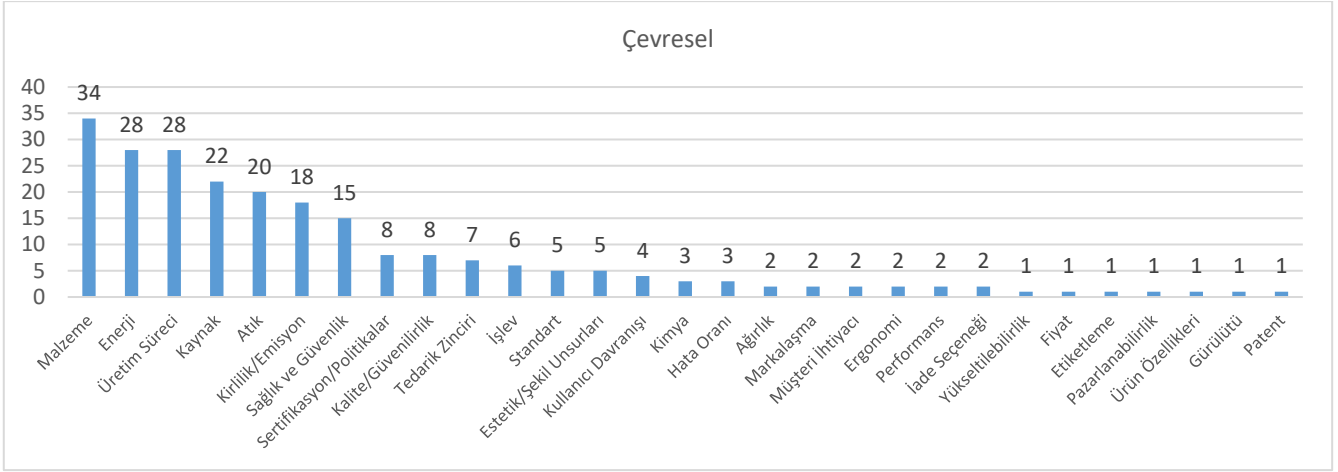
Üç ana faktör esas alınarak sürdürülebilirliğin karakteristiklerinin belirlenmesi, geçmişte yapılan bilimsel eserler göz önüne alınarak ortaya konulmuştur. Sürdürülebilirliğin toplamda 137 tane karakteristiği bulunmaktadır. Bunlardan 29’u çevresel, 46’sı ekonomik, 62’si ise sosyal boyuttur. Her bir boyuta ait bileşenler ve bunlarla ilgili yapılan çalışmalar Şekil 3,4 ve 5’te detaylıca gösterilmiştir (Muhammad Suandi vd. 2022).



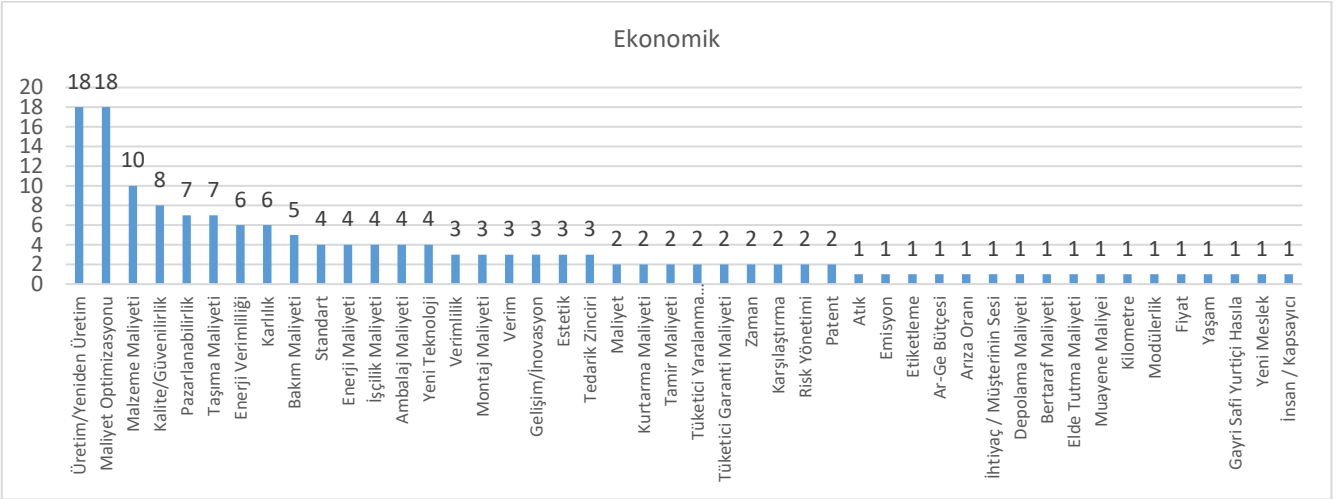
Şekil 1. Sürdürülebilir kalkınma amaçları (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019).  
Figure 1. Sustainable development goals.



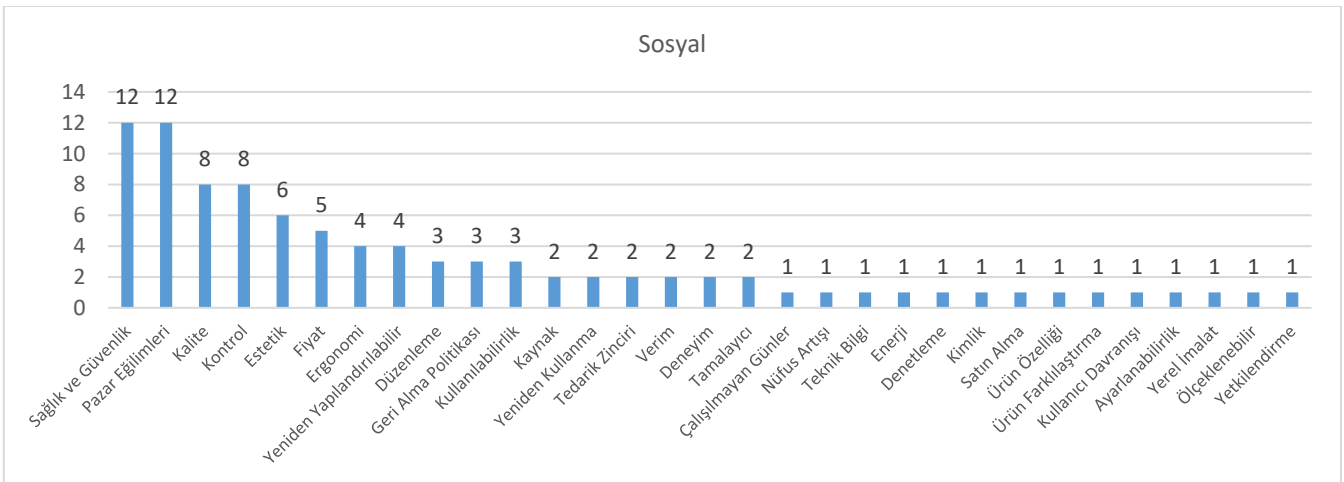
Şekil 2. İlişkilerin dönüşüm süreci.  
Figure 2. Transformation process of relationships (Elkington, 1998).



Şekil 3.Çevresel karakteristikler.  
Figure 3. Environmental characteristics (Muhammad Suandi vd. 2022).



Şekil 4. Ekonomik karakteristikler.  
Figure 4. Economic characteristics (Muhammad Suandi vd. 2022).



Şekil 5. Sosyal karakteristikler.  
Figure 5. Social characteristics (Muhammad Suandi vd. 2022).



## 2. Mobilya Endüstrisi

### 2.1. Dünyada ve Türkiye’de mobilya endüstrisinin güncel durumu

Ahşap mobilya sektörü ülkemizin hızla gelişim gösteren en eski sektörlerinden biridir. Son yıllarda global piyasalarda kabul gören standartlara uygun üretim yapan tesislerimiz artmış, ülke geneline yaygın bayi ağları ve çeşitli ülkelerdeki satış merkezleri veya bayilikleri ile dünyaya ürün satar hale gelmiştir. Ayrıca tasarıma verilen önem ile birlikte sektör ürünlerini geliştirmekte ve çeşitliliğini de her geçen gün arttırmaktadır.

Özellikle katma değer açısından baktığımızda ve ihracatın ithalatı karşılama oranında ahşap mobilya sanayi ülkemizin önde gelen sektörlerinden birisi olup, ihracatta ürünlerinde yerli kaynakları en çok kullanan ve ithal ürünlere bağımlılığı en az olan sektörlerden birisidir.

Sektörde yer alan işletmelerin %90’dan fazlası KOBİ ölçeğindedir. Son yıllarda orta ve büyük ölçekli işletmelerin sayısının artmasıyla fabrikasyon üretime yönelik çalışmalar hızlanmıştır.

Dünya’da ahşap mobilya üretimi 2019 yılında ki verilere göre 700 milyar \$’ı aşmaktadır. Yıllara göre gerçekleşen üretim verilerine bakıldığında ahşap mobilya sektörünün 2030 yılına kadar yıllık ortalama %6,3 büyümesi beklenmektedir. Buna göre pazar büyüklüğünün 1,4 trilyon \$’a ulaşması öngörülmektedir. Trademap verilerine göre 2021 yılında dünya mobilya ihracatı büyüklüğü 243 milyar \$, ithalat büyüklüğü ise 227 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 6’da verilen grafikte de görüldüğü üzere Dünya da ahşap mobilya ihracatı 2012-2021 yılları arasında genel itibarıyla büyüme eğilimi göstermiş, 2012 yılında 160,3 milyar \$ olan dünya mobilya ihracatı, 2021 yılındaki 243 milyar \$’a ulaşarak ihracat hacmi %51 oranında büyümüştür. Aynı dönemde Türkiye’nin ihracat miktarı %123 oranında büyüyerek 1,9 milyar \$’dan 4,2 milyar \$’a yükselmiştir.

Dünya mobilya ticaretinde Çin %36,3’lük oran ile ilk sırada yer alırken, Türkiye, %1,74’lük oran ile 11. sırada yer almaktadır. Büyüme oranlarını incelediğimizde 2017-2021 yılları arasında %191,1’lik oran ile Vietnam birinci sırada yer alırken, Türkiye, 79,1’lik oranla 2. sırada gelmektedir. Aynı dönemde ABD ve Kanada’nın ihracatında da gerileme görülmektedir. İlk 20 ülkenin ihracat rakamları ve büyüme oranları ile Dünya ticaretinden aldığı pay Tablo 1’de verilmiştir.

Mobilya sektörümüz 2021 yılında 4,2 milyar \$’lık ihracatı ve 563 milyon \$’lık ithalatı ile 3,6milyar \$’lık dış ticaret fazlası vererek ülkemizin dış ticaret açığının kapatılması yönünde olumlu yönde katkı sağlamıştır. Yine sektörün 2021 yılı dış ticaret fazlası bir önceki yıla göre %25 oranında artış gösterecek olumlu yönde gelişme göstermiştir.

### 3. Mobilya Endüstrisinde Sürdürülebilirlik

Uluslararası literatür incelendiğinde mobilya üreticisi olan ülkelerin sürdürülebilirlik ile ilgili çeşitli hesaplamalar yaptığı, özel indeksler ortaya koyduğu görülmektedir. Fakat bu çalışmalarda kesin sınırlar çizilmemiş, bazı hususlar açıkça ifade

edilmemiştir. Bu çalışmalar sadece çeşitli karakteristikler, değişkenler, parametreler veya farklı yaklaşımlara göre ölçümlenmeleri önermekte ve tanımlamaktadır. Bugüne kadar ahşap mobilya tasarımı için kesin karakteristikler bulunmamaktadır.

Muhammad Suandi vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada sürdürülebilirlik karakteristikleri 3 ana faktör halinde Malezya Mobilya Endüstrisi özelinde mobilya tasarım sürecine uygulanmıştır. Ahşap mobilya üretim-tasarım sürecinde 10 çevresel karakteristik, 18 ekonomik karakteristik ve 16 sosyal karakteristik olduğu, bunların göz önüne alınarak değerlendirme yapılması gerektiği ifade edilmiştir.

Utama vd. (2022) yaptıkları çalışmada yeni bir üretim sürekliliği performans değerlendirmesi (Manufacturing Sustainability Performance Assessment–MSPA) geliştirilmiştir. Buna ilaveten, üretim ve sürdürülebilirlik göstergeleri arasındaki ilişkiler göz önüne alınmak suretiyle mobilya endüstrisindeki vaka takdimleri incelenerek üretim sürdürülebilirliğinin performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

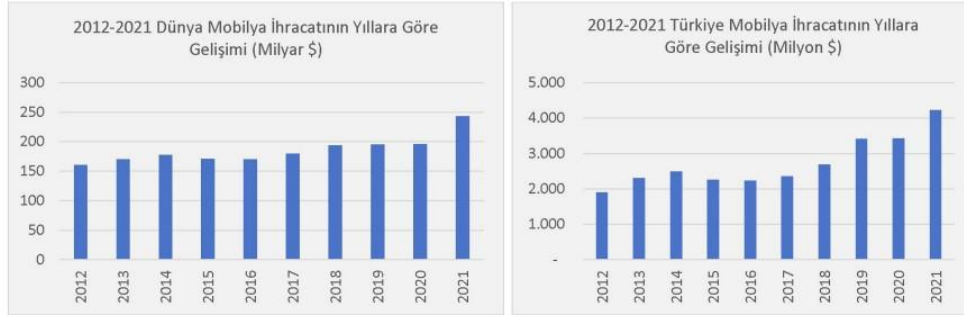
Georgieva (2020) Bulgar mobilya işletmelerinde sürdürülebilirlik üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir.

Küçük ve orta ölçekli mobilya işletmelerinin (KOBİ) sürdürülebilirlik indeksinin analizi, Feil vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Sürdürülebilirlik seviyesinin ölçülmesi, kuruluşlara çeşitli faydalar sunmaktadır. Bu özellikle sürdürülebilir bir yönetim için önem arz etmektedir. Mevcut göstergelerin ve sürdürülebilirlik indislerinin genellikle büyük işletmelere odaklandığı görülmektedir. Çünkü bunların neden olduğu bozunma ve kirlilik yüksek orandadır. Diğer yandan KOBİ dahi birçoğu durumda kirliliğe neden olmaktadır. Çünkü bunun neden olduğu etkilerin bilincine yeterince haiz değildirler. Yapılan bir çalışmada küçük ve orta ölçekli işletmelerin %39’u kendilerinin çevreye etkilerinin olmadığını değerlendirirler. Avrupa’daki çevresel etkilerin %64 oranında küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından yapıldığı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, KOBİ sürdürülebilirliği kendi operasyonlarına dâhil etmelidir. Sürdürülebilirlik indeksi, çok boyutlu matematiksel göstergeler topluluğu olup sonucu sadece tek haneli bir skordur. Sürdürülebilirlik indeksi, güçlü bir performans yönetimi, rekabet ve iletişim aracı temsil etmektedir. Bu indislerin yapısı, standardize değildir. Bu yüzden indislerin yapısı, kabul edilmiş mevcut normlardan daha fazla bunları geliştiren kişinin becerilerine bağlı bulunmaktadır. Bu nedenle indis geliştiriciler, bu indisleri kullanarak karar verecek kullanıcılar için metodolojik (direkt ve açık) bir yaklaşım, limitler ve indekslerin uyumsuzluklarını ortaya koymalıdır.

Feil vd. (2022) mobilya endüstrisinde sürdürülebilirlik seviyesinin ölçümü ve analizini yapmışlardır. Bu kapsamda 29 mobilya işletmesi incelemeye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarda işletmelerin %75,8’inin sürdürülebilirlik seviyesinin 0,6’nın üzerinde olduğu ifade edilmiştir. Sürdürülebilirlik etkinliğin ekonomik ve sosyal boyutlar için daha ilgili bir indikatör iken, çevresel boyutla daha az ilgili olduğu ortaya çıkmıştır. Mobilya şirketlerinin çevresel boyutu için ciddi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Özellikle “geri dönüşüm ve yeniden kullanım”, “elektrik enerjisi”, “su” ve “atık geri dönüşümü” indikatörlerinin önemli sonuçlara sahip olduğu be-

lirtilmiştir. Bu çalışmada 11 tane çevresel performans, 7 sosyal indikatör ve 7 ekonomik indikatör kullanılmıştır. TBL'nin

üç boyutunu gözetenek oluşturulan bir sürdürülebilirlik indeksinin yapısı Şekil 7'de ifade edilmektedir.



Şekil 6. Dünya-Türkiye mobilya ihracatının yıllara göre gelişimi (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Mobilya Sektör Raporu 2021).  
Figure 6. Development of World-Türkiye furniture exports over the years.

Tablo 1. Dünya mobilya ticaretinde ilk 20 ülke payları  
Table 1. Shares of the top 20 countries in World furniture trade (Trademap)

Sıra No	İhracatları	Miyon \$					2017-2021 Büyüme Oranı	Dünya Ticaretinden Aldığı Pay
		2017	2018	2019	2020	2021		
1	Çin	\$59.296	\$64.287	\$64.629	\$70.086	\$88.046	48,5%	36,3%
2	Vietnam	\$6.318	\$6.998	\$8.985	\$11.364	\$18.390	191,1%	7,6%
3	Polonya	\$11.553	\$13.387	\$13.400	\$13.113	\$16.038	38,8%	6,6%
4	Almanya	\$12.987	\$14.080	\$13.770	\$12.905	\$15.125	16,5%	6,2%
5	İtalya	\$11.238	\$12.200	\$11.682	\$10.671	\$13.314	18,5%	5,5%
6	Meksika	\$8.215	\$8.193	\$8.111	\$7.058	\$8.800	7,1%	3,6%
7	ABD	\$8.456	\$8.352	\$7.886	\$6.609	\$7.137	-15,6%	2,9%
8	Çek Cumhuriyeti	\$4.548	\$4.792	\$4.517	\$4.275	\$4.746	4,4%	2,0%
9	Kanada	\$4.661	\$4.714	\$4.760	\$4.007	\$4.561	-2,1%	1,9%
10	Hollanda	\$2.754	\$3.083	\$3.022	\$3.406	\$4.372	58,8%	1,8%
11	Türkiye	\$2.360	\$2.687	\$3.416	\$3.427	\$4.227	79,1%	1,7%
12	Danimarka	\$2.420	\$2.576	\$2.616	\$2.686	\$3.283	35,7%	1,4%
13	İspanya	\$2.454	\$2.680	\$2.656	\$2.447	\$3.173	29,3%	1,3%
14	Malezya	\$2.447	\$2.536	\$2.902	\$3.219	\$3.138	28,2%	1,3%
15	Fransa	\$2.948	\$3.029	\$2.946	\$2.749	\$3.121	5,9%	1,3%
16	Endonezya	\$1.674	\$1.745	\$2.000	\$2.246	\$2.949	76,2%	1,2%
17	Litvanya	\$1.848	\$2.115	\$2.203	\$2.268	\$2.852	54,3%	1,2%
18	Romanya	\$2.426	\$2.744	\$2.709	\$2.314	\$2.650	9,2%	1,1%
19	İngiltere	\$3.143	\$3.127	\$3.392	\$2.511	\$2.502	-20,4%	1,0%
20	Hindistan	\$1.250	\$1.456	\$1.607	\$1.625	\$2.491	99,3%	1,0%
İlk 20 Ülke Toplamı		\$152.996	\$164.781	\$167.209	\$168.986	\$210.915		
Dünya Toplamı		\$179.386	\$193.407	\$195.214	\$195.832	\$242.804		
İlk 20 Ülkenin Dünyadaki Oranı		85,3%	85,2%	85,7%	86,3%	86,9%		

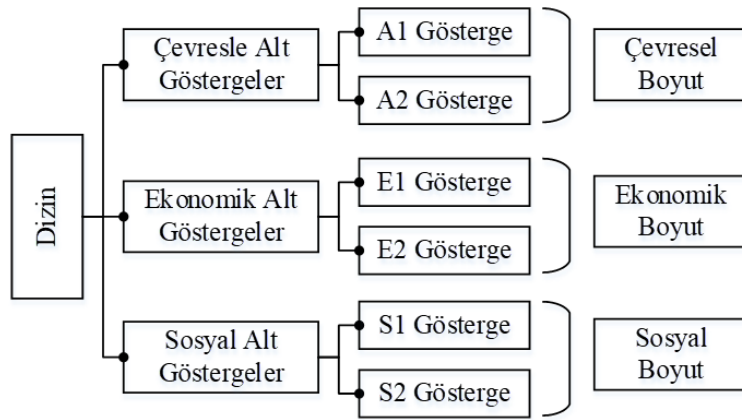
Küçük ve orta ölçekli mobilya işletmelerinin (KOBİ) sürdürülebilirlik indeksinin analizi, Feil vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Sürdürülebilirlik seviyesinin ölçülmesi, kuruluşlara çeşitli faydalar sunmaktadır. Bu özellikle sürdürülebilir bir yönetim için önem arz etmektedir. Mevcut göstergelerin ve sürdürülebilirlik indislerinin genellikle büyük işletmelere odaklandığı görülmektedir. Çünkü

bunların neden olduğu bozunma ve kirlilik yüksek orandadır. Diğer yandan KOBİ dahi birçoğu durumda kirliliğe neden olmaktadır. Çünkü bunun neden olduğu etkilerin bilincine yeterince haiz değillerdir. Yapılan bir çalışmada küçük ve orta ölçekli işletmelerin %39'u kendilerinin çevreye etkilerinin olmadığını değerlendirirler. Avrupa'daki çevresel etkilerin

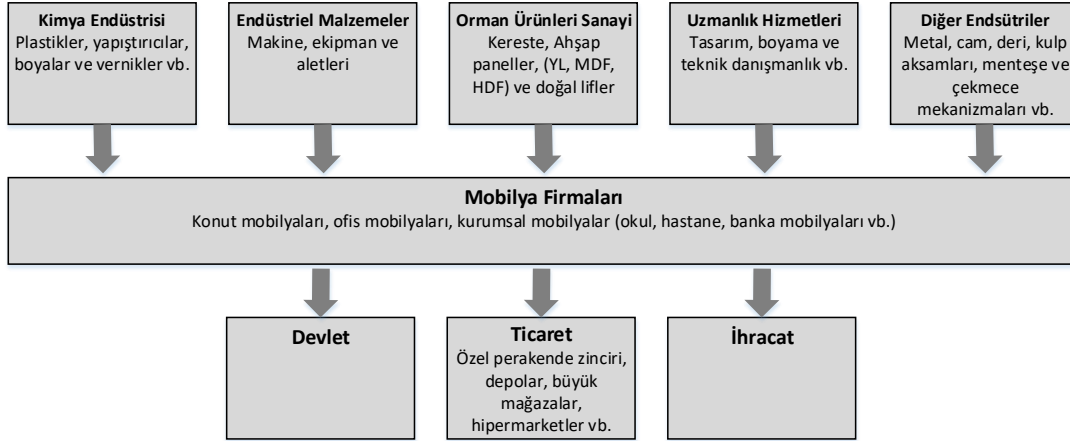
%64 oranında küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından yapıldığı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, KOBİ sürdürülebilirliği kendi operasyonlarına dâhil etmelidir. Sürdürülebilirlik indeksi, çok boyutlu matematiksel göstergeler topluluğu olup sonucu sadece tek haneli bir skordur. Sürdürülebilirlik indeksi, güçlü bir performans yönetimi, rekabet ve iletişim aracını temsil etmektedir. Bu indislerin yapısı, standardize değildir. Bu yüzden indislerin yapısı, kabul edilmiş mevcut normlardan daha fazla bunları geliştiren kişinin becerilerine bağlı bulunmaktadır. Bu nedenle indis geliştiriciler, bu indisleri kullanarak karar verecek kullanıcılar için metodolojik (direkt ve açık) bir yaklaşım, limitler ve indekslerin uyumsuzluklarını ortaya koymalıdır.

Feil vd. (2022) mobilya endüstrisinde sürdürülebilirlik seviyesinin ölçümü ve analizini yapmışlardır. Bu kapsamda 29

mobilya işletmesi incelemeye tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlarda işletmelerin %75,8'inin sürdürülebilirlik seviyesinin 0,6'nın üzerinde olduğu ifade edilmiştir. Sürdürülebilirlik etkinliğinin ekonomik ve sosyal boyutlar için daha ilgili bir indikatör iken, çevresel boyutla daha az ilgili olduğu ortaya çıkmıştır. Mobilya şirketlerinin çevresel boyutu için ciddi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Özellikle "geri dönüşüm ve yeniden kullanım", "elektrik enerjisi", "su" ve "atık geri dönüşümü" indikatörlerinin önemli sonuçlara sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada 11 tane çevresel performans, 7 sosyal indikatör ve 7 ekonomik indikatör kullanılmıştır. TBL'nin üç boyutunu gözeterek oluşturulan bir sürdürülebilirlik indeksinin yapısı Şekil 7'de ifade edilmektedir. Mobilya endüstrisi üretim zincirinin yapısı aşağıdaki Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Sürdürülebilirlik indeks yapısı.  
Figure 7. Sustainability index structure (Feil vd. 2022).



Şekil 8. Sadeleştirilmiş üretim zinciri.  
Figure 8. Simplified production chain (Feil vd. 2022).

Ankara'daki KOBİ'lerde sürdürülebilir ürün tasarım süreçleri, bunların sunduğu fırsatlar ve aşılması gerekli hususlar Okursoy (2012) tarafından hazırlanan bilimsel eserde ortaya konulmuştur. Bu kapsamda 16 mobilya üreticisi firma ve 5 mobilya tasarımcısı ile görüşmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın neticesinde sürdürülebilir mobilya tasarımının sunmuş olduğu ekonomik imkânların sosyal ve çevresel etkilerinden

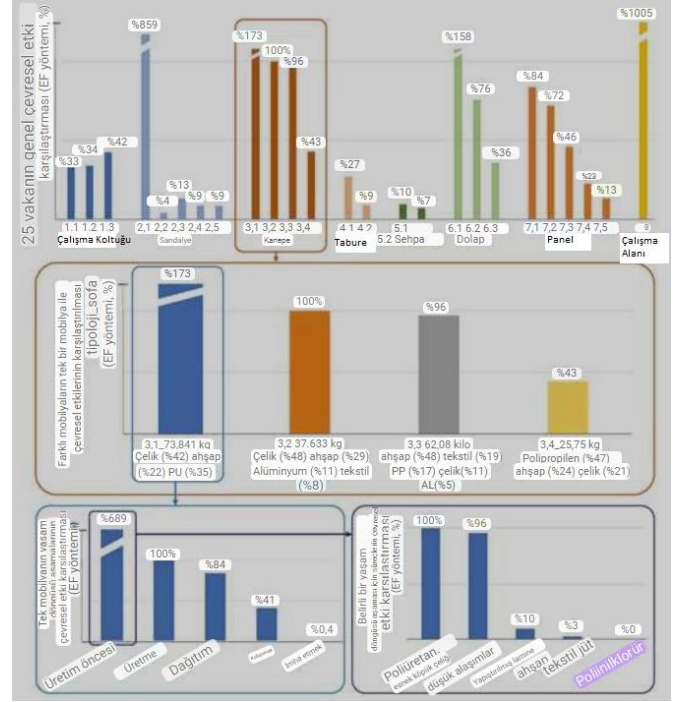
daha fazla önemsendiği tespit edilmiştir. Bunun dışında, söz konusu firmaların çevresel konularda yeterli bilgiye sahip olmadığı anlaşılmıştır.

Mobilya endüstrisi alanında Hayat Döngüsü Tasarımı (Life Cycle Design – LCD) ve Sürdürülebilir Ürün-Hizmet Sistem Tasarımı (Sustainable Product-Service System Design

(S.PSSD) konseptleri Dongfang (2023) tarafından yapılan bilimsel eserde ortaya konulmuştur. Bu çalışma, Sürdürülebilir Mobilya Sistem Tasarımı (Sustainable Furniture System Design) konularında teknik bilgiyi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Mobilyanın çevresel profiline ait bir çalışma örneği Şekil 9’da grafikte sunulmuştur.

41 adet mobilya ürününe ait durum kartı geliştirilmiş ve yayınlanmıştır. Her bir durum kartı (case card), ilgili mobilyanın sürdürülebilirlik karakteristiklerini tasarım yaklaşımı ve çevresel yararlarını belirtmektedir. Örnek bir kart Şekil 10’da gösterilmektedir.

Sun ve diğ. (2023) Tayvan’ın karbon negatif mobilya markası olarak ifade edilen “Forest in Living” konseptini vaka takdimi olarak sunmaktadır. Detaylar, sürdürülebilir kalkınmanın başarısını veya başarısızlığını belirler. Birçok marangoz ve tasarımcı, kullandığı malzemeye derin bir bağlantı duyar. “Formosa Flower” ismi verilen tasarımda ana malzeme olarak kullanılan ahşap yongaları veya parçaları tasarımcı tarafından güzel ve ilgi çekici süslemelere dönüştürülür. Şekil 11’deki tasarım buna örnek olarak verilebilir. Burada farklı ahşap türlerine ait ahşap parçaları ilgili karakterlerin saçlarını oluşturan güzel çiçeklere dönüştürülür.



Şekil 9. Bir hayat döngüsü değerlendirmesi (LCA) örneği.  
Figure 9. An example of a life cycle assessment (LCA) (Dongfang, 2023).



Şekil 1. Sürdürülebilir mobilya ürününe ait bir durum kartı.  
Figure 10. A status card for a sustainable furniture product (Dongfang, 2023).



Şekil 11. The Passing Years isimli tasarım  
Figure 11. Design called The Passing Years (Sun vd. 2023)

Hartini vd. (2020) yaptıkları çalışmada Endonezya Mobilya Endüstrisi özelinde üretim sürdürülebilirlik indeksi (Manufacturing Sustainability Index – MSI) geliştirmişlerdir. Bunu yaparken de sürdürülebilir değer akışı haritalama (Sustainable-Value Stream Mapping & Sus-VSM) kullanılarak yalnız ve sürdürülebilirlik konseptleri esas alınmıştır. İstanbul Sanayi Odası (İSO) 2022 yılı Mart ayında Orman, Kâğıt Ürünleri, Mobilya ve Basım Sanayi Sürdürülebilirlik Öncelikleri ve Takip Göstergeleri isiminde bir rapor yayımlamıştır. Bu rapor aşağıdaki sektörleri Meslek Komitelerini kapsamaktadır.

1) Orman ürünleri sanayi

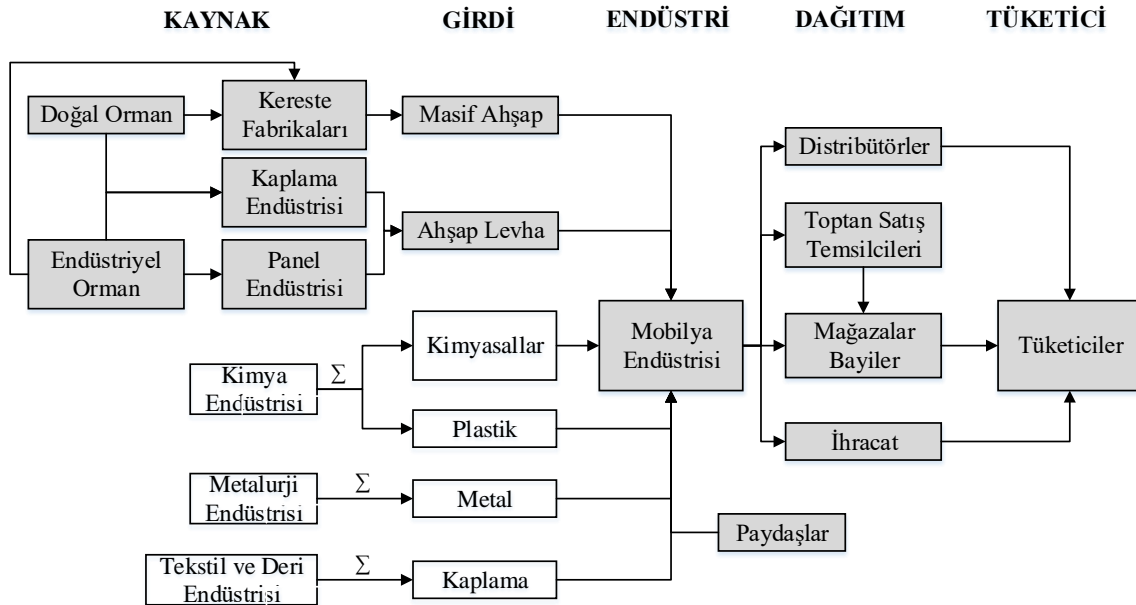
- 2) Büro ve mağaza mobilyaları sanayi
- 3) Ev mobilyaları sanayi
- 4) Kağıt ve kağıt ürünleri sanayi
- 5) Basım ve yayın sanayi

Mobilya endüstrisinde sürdürülebilir tedarik zinciri performansının değerlendirilmesi Sağnak (2020) tarafından yapılan bir çalışmada incelenmiştir. Bu noktada ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler dikkate alınarak kavramsal bir çerçeve ortaya konulmuştur. Bu çerçeve hem nicel hem de nitel faktörleri barındırmaktadır.

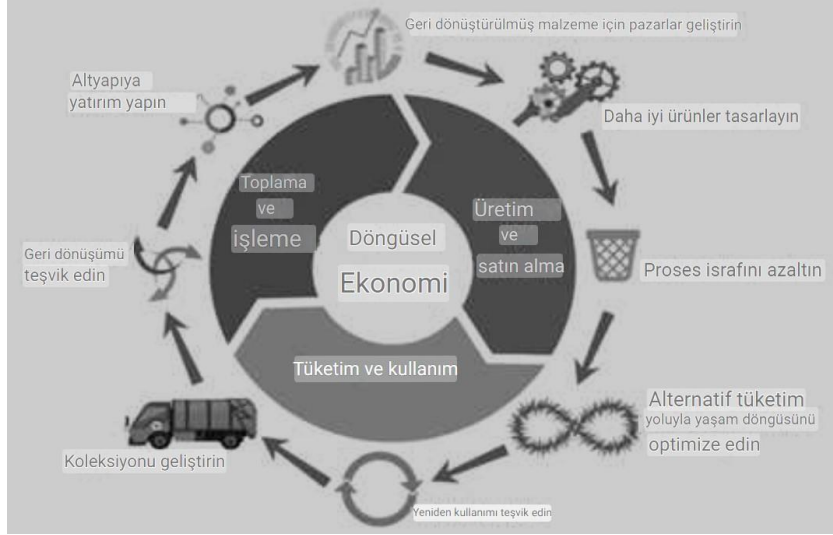
Mikro ve küçük mobilya üreticilerinde sürdürülebilirliğin hızlıca ölçülmesi amacıyla kullanılacak indikatörlerin seçimi ve belirlenmesi amacıyla Feil vd. (2015) tarafından bir bilimsel çalışma gerçekleştirilmiştir. Mobilya tedarik zinciri Şekil 12’de gösterilmiştir.

Bu çalışma sonuçları incelendiğinde toplamda 77 tane indikatör kullanıldığı, bunlardan 26 tanesinin mobilya endüstrisinde sürdürülebilirliği ortaya koymada daha etkili olduğu görülmektedir.

Barbaritano vd. (2019) hazırladıkları eserde İtalyan lüks mobilya sektöründe sürdürülebilirlik ve kalite yönetimini ele almışlardır. Burada döngüsel ekonomi yaklaşımı esas alınmıştır. Örnek bir döngüsel ekonomi modeli Şekil 13’de gösterilmektedir.



Şekil 12. Mobilya tedarik zinciri.  
Figure 12. Furniture supply chain (Feil vd. 2015).



Şekil 13. Döngüsel ekonomi modeli  
Figure 13. Circular economy model (Barbaritano vd. 2019)

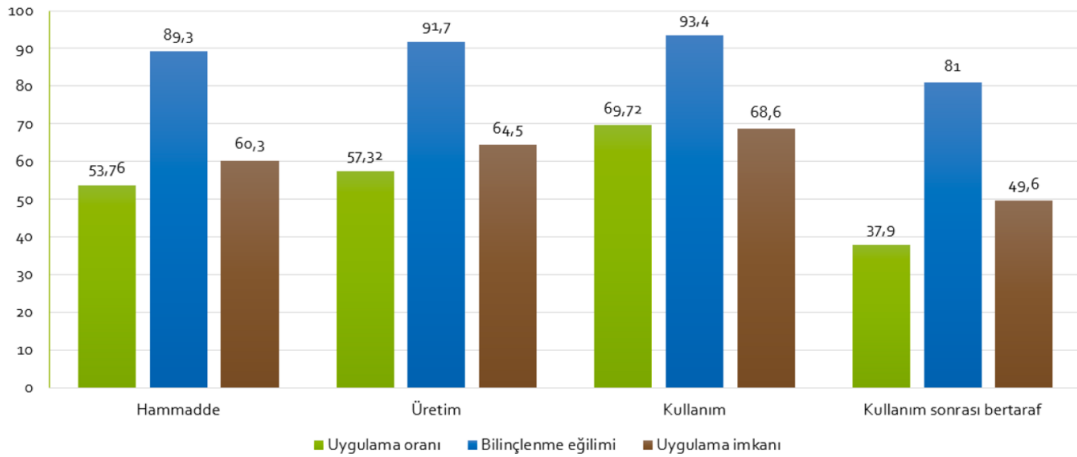
Döngüsel ekonomi (Circular Economy), yeni bir iş modeli olarak ortaya atılmıştır. Döngüsel ekonomi; sürdürülebilir kalkınmayı ve adil toplumu elde etmek için kullanışlı bir yöntem olarak gösterilmektedir. Bu bir model olup üretim ve tüketim proseslerinde malzemelerin alternatif yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanımını azaltan “kullanım ömrü sonu (end-of-life)” konseptinin yerini almaktadır (Barbaritano vd. 2019).

Borga vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada İtalyan mobilya şirketlerini örnek alarak küçük işletmeler için sürdürülebilirlik raporu hazırlamışlardır. Bu kapsamda İtalya'nın çeşitli şehirlerinde bulunan 7 işletme vaka olarak incelenmiştir.

Chipambwa vd. (2023) Zimbabve'de yer alan küçük ve orta ölçekli mobilya işletmelerinde sürdürülebilir tasarım konusunu ele almışlardır.

Portekiz mobilya endüstrisinde sürdürülebilir tasarım üzerine bir bilimsel çalışma Vicente vd. (2018) tarafından yapılmıştır. Araştırmanın neticesinde şirketlerin tasarımı ürün geliştirmede ana araç olarak kullandığı, çevresel etki azalmasını göz ardı ettiği, sürdürülebilirlik ile etkileşimlerinin olması gerekenden uzak olduğu kanısına varılmıştır.

Sürdürülebilir mobilya üretiminde tasarımcı üzerine bir bilimsel eser Karaca (2018) tarafından yapılmıştır. Bu noktada üreticiler ve tasarımcılardan oluşan 121 kişi seçilerek anket ve gözlemler yapılmıştır. Çalışmanın neticesinde sürdürülebilir mobilya kriterleri 4 başlık altında toplanmıştır. Bunlar hammadde, üretim, kullanım ve kullanım sonrası bertaraf olarak saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre ankete katılan mobilya tasarımcılarının yaklaşık %55'inin sürdürülebilir mobilya üretimini yerine getirdiği görülmektedir. Türkiye'de sürdürülebilir mobilya üretiminde tasarımcı bilinci, Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14. Sürdürülebilir mobilya üretiminde tasarımcı bilinci  
Figure 14. Designer awareness in sustainable furniture production (Karaca, 2018)

Araştırma sonuçları incelendiğinde hem üretici hem de tasarımcıların bilinçlenmeye açık olduğu, imkânların ve uygulama oranlarının düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Sürdürülebilir orman yönetimi kapsamında orman ürünleri sertifikasyon sistemlerinin ülkemizdeki durumu Komut (2020) tarafından yapılan çalışmada ifade edilmiştir. Bu kapsamda dünya genelinde en yaygın Orman Yönetimi Sertifikasyon (Forest Management Certification) sisteminin PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) olduğu, en yaygın Gözetim Zinciri Sertifikasyon (Chain of Custody Certification – CoC) sisteminin ise FSC (Forest Stewardship Council) olduğu ifade edilmektedir. Diğer yandan Türkiye’de orman ve orman ürünleri sertifikalandırma düzeyinin arzu edilen seviyede olmadığı, sertifikasyonun gelişiminde orman ürünleri endüstrisinin alt sektörlerinde anlamlı farklılıklar oluştuğu tespit edilmiştir.

Asya ahşap mobilya endüstrisinin sürdürülebilirliği üzerine bir çalışma Ratnasingam vd. (2003) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Çevre bilincinin artmasıyla dünyada ekolojik ürünlerin kullanım oranı her geçen gün artmaktadır. Çevresel ürün veya hizmet etiketleri & Eko-Etiket (Eco-Label); hammaddenin temin sürecinden üretim sürecine, ürünün paketlenmesinden bertaraf edilmesi sürecine kadar geçen tüm süreçlerde çevresel etkileri en aza indirilmiş ürün veya hizmetlerin sunulması amacıyla ortaya çıkmış bir sistemdir. Burada esas amaç sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Eko-etikete sahip ürünler uluslararası pazarlarda daha avantajlı konuma gelmektedir. Eko-Etikete sahip ürünler Avrupa Birliği ülkelerinde ve Avrupa Ekonomik Alanı (AEA) ülkelerinde pazarlanabilmektedir. Eko-Etiketler ile ilgili ilk çalışmalar 1970’li yıllara dayanmaktadır. Eko-Etiket sistemi Avrupa Birliği’nde 1992 tarihinde resmi olarak yürürlüğe girmiştir (BOSAD 2022; SKD 2014).

Türkiye’de orman endüstrisi işletmelerinde sürdürülebilir hammadde tedariki konusunda bir bilimsel eser, Türkoğlu (2011) tarafından ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarında orman endüstrisinde sertifikalı ürünlerin önem arz ettiği, sanayi kuruluşlarının %90’ının CoC sisteminin gerekli olduğu kanısına sahip olduğu belirtilmektedir. CoC sisteminin dünyada büyüme hızının %20 mertebesinde olduğu, ülkemizde ise daha hızlı bir şekilde artış gösterdiği belirtilmiştir. Diğer yandan sürdürülebilir bir orman endüstrisinin sahip olması gereken özellikleri 6 kriter altında incelenmiştir. Eko-Etiket (Eco-Label) örnekleri Şekil 15’te verilmiştir.

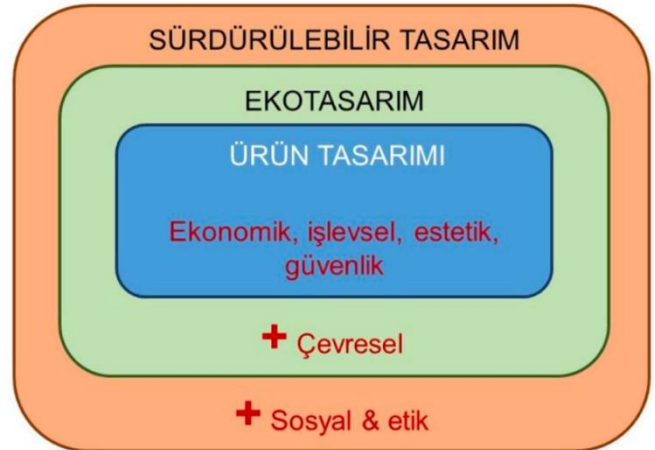
Avustralya ahşap mobilya sektöründe sürdürülebilirlik standartlarının artırılması amacıyla ahşap atık yönetimi ve uygulamalarını ortaya koyan bir çalışma Daian ve Ozarska (2009) tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde proseslerde yıllık ahşap hammaddesi tedarikinin %7’den %40-50’lere varan oranlarda atık konumuna geldiği tespit edilmiştir. Bunun da cironun yaklaşık olarak %2-8 oranına tekabül ettiği hesaplanmıştır.



Şekil 2. Yeşil etiket örnekleri.  
Figure 15. Examples of green labels (Türkoğlu 2011).

#### 4. Sürdürülebilir Mobilya Tasarımı

Sürdürülebilir tasarım, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerinin tasarım aşamasında göz önüne alınması olarak ifade edilmektedir. Sürdürülebilir tasarım kapsamı aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Yılmaz, 2015).



Şekil 16. Sürdürülebilir tasarım kapsamı.  
Figure 16. Scope of sustainable design (Yılmaz, 2015).

Mobilya sektöründe sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan bir dengenin sağlanmasını hedeflemektedir. Bu konuda sektörün teşvik edilebilmesi için aşağıda belirtilen konularda stratejik adımların atılması gerekmektedir.

Mobilya sektöründe sürdürülebilirlik, çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan bir dengenin sağlanmasını hedeflemektedir. Bu konuda sektörün teşvik edilebilmesi için aşağıda belirtilen konularda stratejik adımların atılması gerekmektedir.

**Malzeme seçimi:** Mobilyanın oluşumunu sağlayan ana girdilerden olan orman ürünleri ve türevlerinin tercihinde sürdürülebilir malzemeler seçilmelidir. Ahşap ürünler için ormanların sürdürülebilir yönetimine odaklanılmalıdır. Özellikle geri

dönüştürülmüş malzemeler veya düşük karbon ayak izine sahip materyallerin tercih edilmesi ile sürdürülebilirliğe katkı sağlanabilir.

**Enerji verimliliği:** Mobilya üretim tesislerinde kullanılan enerjinin daha verimli kullanımına yönelinecek bir dizi tedbirler alınmalıdır. Bu ve diğer tüm sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, temiz enerji yaklaşımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

**Yeniden kullanım, geri dönüşüm:** Mobilya üretiminde tasarım aşamasından itibaren ürünlerini daha dayanıklı ve mümkünse onarılabilir olmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kullanılmış mobilyaların geri dönüşümü teşvik edilerek yeniden değerlendirme yolları bulunmalıdır.

**Sosyal sorumluluk:** İşçi haklarına saygı gösterme, adil ücret ödeme ve güvenli çalışma koşullarını sağlama gibi sosyal sorumluluk ilkeleri de mobilya üretiminin yanı sıra tüm sektörlerin geleceği açısından önemlidir.

**Taşıma ve ambalaj:** Sürdürülebilir bir Dünya için ürünlerin taşıma ve ambalaj süreçlerinin de dikkate alınması gerekir. Doğaya zarar veren ve geri dönüşümü uzun yıllar süren ambalaj malzemesi kullanımı yerine geri dönüştürülmüş malzemelerden ambalajlama yapılması ve lojistik aşamasında enerji tasarrufu sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi gibi adımlar atılmalıdır.

**Tasarım ve inovasyon:** Sürdürülebilir mobilya tasarımı teşvik edilmeli ve inovasyon özendirilmelidir. Çevre dostu ürünlerin geliştirilmesi ve yeşil teknolojilerin kullanılması sektörü ileriye taşıyacaktır.

**Eğitim ve bilinçlendirme:** Sektör çalışanları, tüketiciler ve diğer ilgili paydaşlar sürdürülebilirlik konusunda eğitilmeli ve bilinçlendirilmelidir.

Mobilya sektöründe sürdürülebilirlik çabaları, hem çevresel hem de toplumsal fayda sağlayarak sektörün geleceği için kritik bir öneme sahiptir. Bu çabalar, doğal kaynakların korunması, enerji tasarrufu ve daha iyi çalışma koşulları gibi bir dizi avantajı beraberinde getirecektir.

#### 4.1. Kurumsal sürdürülebilirlik ve tasarım

Mobilya üretmek aynı zamanda bir kültür üretme eylemidir. Doğru insan doğru kültüre sahip olmadan akıllı bir organizasyon yaratılamaz. Her departman tasarım odaklı yaklaşımı benimsemeli ve bir tasarımcı gibi yönetebilme becerisine sahip olmalıdır. Var olan tüm sorunların çözümü o sorunun muhatapları tarafından değil kolektif bir yaklaşım ve anlayış içinde çözümlenmelidir. Tasarım odaklı düşüncenin organizasyonel yapı içerisinde içselleştirilmesi gerekmektedir. Bunun için tasarım kavramının oluşturan 5 temel kriteri inceleyelim.

**Stratejik tasarım:** Bir kurumun kültürel anlamda toplum üstünde yarattığı etkidir. Kurumsal organizasyonlar becerileri üstünden değil kültürel yetkinlikleriyle değerlendirilir.

**Hizmet tasarımı (Service design):** Hizmet tasarımı sunduğunuz ürünü ve hizmetleri kullanıcının yolculuğunda daha iyi desteklemek için kuruluşun operasyonlarını tasarlayarak daha etkili ve verimli olmasını sağlamak, hem kullanıcının hem çalışanların deneyimine yardımcı olmaktır. Hizmete hizmetin bir parçası olarak değil bir bütün olarak bakmaktır.

**Deneyim tasarımı:** Ürün ve hizmetlerin kullanıcı üzerinden kullanılabilirliğinin ölçülmesi, analiz edilmesi ve tasarlama süreçleridir. Yüksek dozda bilgi mimarisi, tasarım iş stratejisi, ürün stratejisi ve planlama gerektirir.

**Tasarım odaklı düşünme (Design thinking):** Dikey, yatay, doğrusal hiyerarşik organizasyondan döngüsel hiyerarşik yapıya geçmek ve hangi alanda olursa olsun her şeye bir tasarımcı gözüyle bakıp değerlendirmek ve yönetmektir. Bunun için aşağıda verilen 5 kavramın sırası ile yerine getirilmesi tasarım odaklı düşüncenin oluşması için gereklidir.

##### i. Empati

Gerçekte kullanıcı ne ister? Farklı insani hayatları onların gözünden bakmak, onları anlamaya çalışmak ve buna gayret göstermektir.

##### ii. Tanımla

Verilerin toplanması, beklentileri karşılayacak analizlerin yapılması, belirlenen kök sorunun tanımlanması, gözlemlenmesi ve karar verme aşamasıdır.

##### iii. Tasarla

Ürün kimliğinin oluşturulması, malzeme seçimi, tematik yaklaşım, senaryolar üzerinden fikir üretme; farklı bakış açıları ve fikirleri geliştirme aşamasıdır.

##### iv. Prototip

Tasarımın ete kemiğe büründüğü aşamadır. Tasarımın öğrenildiği, tasarımın olgunlaştığı zaman sürecidir. Birçok basit fikrin ar-ge de ve prototipleme aşamasında geliştiği, birçok farklı alandan farklı görüşlerin var olduğu bakış açılarının değerlendirildiği aşamadır.

##### v. Test etme

Ürünün kullanıcı deneyimleri üzerinden test edilmesidir. Ürünün beklentileri ve ihtiyaçları karşılama açısından kullanıcıyla yapılan karşılıklı alışverişidir.

#### 4.2. Evrensel tasarım

Evrensel tasarım anlayışı insanların fiziksel, sosyal veya ekonomik farklılıklarına bakılmaksızın herkes için tasarım yapmayı hedefler. Bu kapsamda oluşturulan evrensel tasarım ilkeleri bulunmaktadır.

**Kullanımda esneklik:** Kullanıcıların kendi tercihlerine ve yetkinliklerine uygun olarak, seçim hakkı vermesidir.

**Basit ve sezgisel kullanım:** Tasarımın kolay anlaşılabilir olması ve farklı bilgi seviyelerindeki kullanıcılara da kullanım imkânı sunmasıdır.

**Algılanabilir bilgi:** Tasarımın bilgiyi kullanıcıya açık ve net bir şekilde iletebilmesidir.

**Hatalara tolerans:** Tasarımın oluşabilecek olumsuz durumlara karşı (kaza, tehlike, vb) riski en aza indirmesidir.

**Düşük fiziksel çaba:** Tasarımın kolay kullanım sunmasıdır.

**Yaklaşım ve kullanım için uygun boyut:** Tasarıma farklı durum ve ortamlarda rahatça kullanılabilmesidir.



### 4.3. Döngüsel tasarım

Tasarlanan bir objenin ürün odaklı tasarım anlayışından sıyrılarak sistem odaklı bir tasarım anlayışı içinde ele alınmasıdır. Döngüsel tasarım anlayışında tasarlanan ürünün hayata geçirilmesinden itibaren kullanım ömrünün sonu ve sonrasına kadar olan süreçlerin hepsi tasarıma dahil edilir. Burada ürünün üretim aşamasında kullanılan malzemenin ne tür bir malzeme olduğu (örneğin kompozit bir malzeme veya atık bir malzeme mi?), tüketilen enerji miktarı ve enerji kaynağının yenilenebilir veya yenilenemez oluşu, ürünün karbon ve su ayak izi; ürünün ambalajının ne denli verimli kullanıldığı (küçük ve sıfır boşluk kalacak şekilde paketlenme gibi); ürünün kolay monte edilip edilmediği ve tamir edilebilir oluşu, ürün ömrünün belirlenmesi ve ürün ömrü bittikten sonra o ürüne ne olacağı (örneğin ürünün başka bir ürüne evrilmesi, kompozit bir malzemeye dönüşmesi, vb.) gibi konular döngüsel tasarımın içinde yer almaktadır. Buradaki yaklaşım tasarlanan ürünün her aşamasını tasarıma dâhil etmek ve ürünü bu döngü içinde tutmaktır.

### 5. Sonuçlar ve Öneriler

Avrupa Birliği ülkeleri tarafından ortaya konan 2050 hedefleri ve bu kapsamda atılan adımlar sadece Avrupa Birliği ülkelerini değil tüm dünyayı etkilemektedir. Dünyanın uygulamaya koyduğu sürdürülebilir anlayış içerisinde mobilya endüstrisinin ne derece önemli bir paya sahip olduğu göz ardı edilemez. Türkiye özelinde bakıldığında, yapılan çalışmalar sonucunda mobilya endüstrisinde sürdürülebilirlik konusuna yönelik birtakım çalışmalar bulunsa da yeterli bir bilincin oluşmadığı ve yaklaşımın büyük çoğunlukla ürün odaklı ekonomik çıktılar üzerine olduğu görülmüştür. Türkiye ve Avrupa arasındaki ticari ilişkiler göz önüne alındığında Türkiye'nin sürdürülebilirlik konusundaki adımları önem arz etmektedir.

Türkiye'deki mobilya endüstrisinin içinde bulunduğu kültürün, düşünce platformları kurularak değiştirilmesi gerekmektedir. Buradaki değişim ancak multidisipliner bir yapı ile mümkün olabilir. Toplumun bütün fikir üreten yapılarının bu değişime dahil olması gerekmektedir. Buradaki problem sadece mobilya sektörüne indirgenemeyecek kadar köklü bir yapıya dayanmaktadır. Sürdürülebilir anlayışın yaygınlaşarak benimsenmesi ve bu konuda somut adımlar atılması bahsi geçen kültürün değişimi ile sağlanabilir.

### Teşekkür

Bilimsel çalışmalarımıza sunmuş olduğu anlamlı destekten ötürü Türkiye Bilimler Akademisi'ne (TÜBA) teşekkür ederiz. Buna ilaveten, değerli katkılarından ötürü Biyomalzeme ve Nanoteknoloji Araştırma Grubu'na & BioNanoTeam teşekkürlerimizi sunarız.

### Yazar katkıları

Fikir: Z.C., S.T.; Tasarım: Z.C., S.T., A.S.; Yönetim: Z.C., S.T.; Veri toplama: Z.C., S.T.; Analizler: Z.C., S.T.; Literatür taraması: Z.C., S.T.; Kaleme alma: Z.C., S.T., A.S.; Son kontrol: Z.C., S.T., A.S.

### Kaynaklar


- Barbaritano, M., Bravi, L., Savelli, E. 2019. Sustainability and quality management in the Italian luxury furniture sector: a circular economy perspective. *Sustainability* 11: 3089.
- Borga, F., Citterio, A., Noci, G., Pizzurno, E. 2009. Sustainability report in small enterprises: case studies in Italian furniture companies. *Business Strategy and the Environment* 18, 162 – 176.
- BOSAD. 2022. Boya sektörü sürdürülebilirlik raporu. 46 sayfa, Boya Sanayicileri Derneği, İstanbul.
- Chipambwa, W., Moalosi, R., Rapitsenyane, Y., Molwane, O.B. 2023. Sustainable design orientation in furniture-manufacturing SMEs in Zimbabwe. *Sustainability* 15, 7515.
- Daian, G., Ozarska, B. 2009. Wood waste management practices and strategies to increase sustainability standards in the Australian wooden furniture manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production* 17: 1594 – 1602.
- Dongfang, Y. 2023. Design for environmentally sustainable furniture systems – the knowledge and know-how of furniture life cycle design and furniture sustainable product-service system design. *The Design Journal* 26:3, 503 – 514.
- Elkington, J. 1998. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environmental Quality Management* 8(1), 37–51.
- Feil, A.A., de Quevedo, D.M., Schreiber, D. 2015. Selection and identification of the indicators for quickly measuring sustainability in micro and small furniture industries. *Sustainable Production and Consumption* 3: 34 – 44.
- Feil, A.A., de Quevedo, D.M., Schreiber, D. 2017. An analysis of the sustainability index of micro- and small-sized furniture industries. *Clean Techn Environ Policy* 19, 1883–1896.
- Feil, A.A., Reiter, lane de B., Oberherr, R., Strasburg, V.J., Schreiber, D. 2022. Analysis and measurement of the sustainability level in the furniture industry. *Environment, Development and Sustainability* 24:13657 – 13682.
- Georgieva, V. 2020. A study of intangible assets disclosure as factor for sustainability: An evidence from Bulgarian furniture enterprises. 13th International Scientific Conference WoodEMA 2020 & 31th International Scientific Conference on Wood Science and Technology (ICWST 2020), September 28 – 30, 2020, Vinkovci, Croatia.
- Hartini, S., Ciptomulyono, U., Anityasari, M., Sriyanto. 2020. Manufacturing sustainability assessment using a lean manufacturing tool: a case study in the Indonesian wooden furniture industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(5): 943 – 971.
- Hoşcan, N. 2017. Seyahat Acentelerinde Sürdürülebilir Pazarlama Yaklaşımının Kullanımı: Batı Karadeniz Destinasyon Örneği. *Doktora Tezi*, 262 sayfa, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- İstanbul Sanayi Odası (İSO). 2022. Orman, Kağıt Ürünleri, Mobilya ve Basım Sanayi Sürdürülebilirlik Öncelikleri ve Takip Göstergeleri. İSO, İstanbul.
- Karaca, B. 2018. Sürdürülebilir mobilya üretiminde tasarımcı bilinci üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, 139 sayfa, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Komut O. 2020. Sürdürülebilirlik çerçevesinde Türkiye'deki orman ve orman ürünleri sertifikasyonu. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 11(Ek), 257 – 265.
- Muhammad Suandi, M.E., Amlus, M.H., Hemdi, A.R., Abd Rahim, S.Z., Ghazali, M.F., Rahim, N.L. 2022. A review on sustainability characteristics development for wooden furniture design. Sustainability 14, 8748.
- Okursoy, M.E. 2012. Barriers and opportunities for integrating sustainable product design into Ankara small and medium-sized furniture enterprises. MSc Thesis, 129 pages, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Türkiye.
- Ratnasingam, J., Ioras, F. 2003. The sustainability of the Asian wooden furniture industry. Holz Roh Werkst 61, 233 – 237.
- Sağnak, M. 2020. Mobilya sektöründe sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi performans değerlendirilmesi. International Journal of Economics and Administrative Studies 26: 97 – 114.
- SKD, 2014. Sürdürülebilirlik için eko etiketler. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği & SKD Türkiye, İstanbul, 92 sayfa.
- Sun, Y., Yen, C.-C., Chen, T.-L. 2023. Designing “forest” into daily lives for sustainability: a case study of Taiwanese wooden furniture design. Sustainability 15, 7311.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. 2019. Sürdürülebilir kalkınma araçları değerlendirme raporu. 286 sayfa, Ankara.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023. <https://csb.gov.tr> (Ziyaret Tarihi: 16 Eylül 2023).
- T.C. Dışişleri Bakanlığı. 2023. Çevre, iklim değişikliği ve suya dair sürdürülebilir kalkınma hedefleri. <https://www.mfa.gov.tr> (Ziyaret Tarihi: 18 Eylül 2023).
- T.C. Ticaret Bakanlığı. 2023. Yanı başımızdaki dev pazar Avrupa Birliği. <https://ticaret.gov.tr> (Ziyaret Tarihi: 19 Eylül 2023).
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2022. Mobilya Sektör Raporu 2021. Yayın Tarihi 2022. 129 sayfa, Ankara.
- Türkoğlu, T. 2011. Türkiye'deki orman endüstrisi işletmelerine sürdürülebilir orman yönetimi çerçevesinde odun hammaddesi tedariki ve orman ürünlerinin sertifikasyonu. 2011. Doktora Tezi, 253 sayfa, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- United Nations. 1987. Our Common Future (The Brundtland Report). World Commission on Environment and Development (WCED). October 1987 by the United Nations through the Oxford University Press, UK, 383 pages.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN-DESA). 2023. Sustainable Development. The 17 goals. <https://sdgs.un.org/goals> (Ziyaret tarihi: 17 Eylül 2023).
- Utama, D.M., Ardiyanti, N., Putri, A.A. 2022. A new hybrid method for manufacturing sustainability performance assessment: a case study in furniture industry, Production & Manufacturing Research, 10:1, 760-783.
- Vicente, J., Frazão, R., da Silva, F.M. 2018. Sustainable product design and the wood furniture sector. In: Rebelo, F., Soares, M. (eds) Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 588. Springer, Cham.
- Yılmaz, T. 2015. Sürdürülebilirlik ile ilgili ölçütlerin endüstri ürünleri tasarımı bölümlerinin öğretim programlarına entegrasyonu: bir yöntem önerisi. Doktora Tezi, 187 sayfa, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



## Kent donatıları üretim tesislerinde gürültü ölçümü ve uygulamaları

### Noise measurement and applications in urban equipment production facilities

Taha IŞIK , Murat ERTAŞ 

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:

Taha IŞIK

E-mail:

isiktaha@yahoo.com

Gönderim Tarihi:

16/03/2024

Kabul Tarihi:

17/05/2024

Atf:

Işık, T., Ertaş, M. 2024. Kent donatıları üretim tesislerinde gürültü ölçümü ve uygulamaları. Ağaç ve Orman, 5(1): 32-36.

DOI: 10.59751/agacorman.1454162

#### Özet

Bu çalışmada kent donatısı üretim tesislerinde makine bazlı gürültü, çalışma alanı bazlı gürültü ve doğrudan çalışan bazlı gürültü maruziyetleri tespit edilerek bölgesel ses haritaları çıkarılmış, böylece hem bölgesel hem de çalışanlar üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma ile makine bazlı ve kişisel bazlı gürültü ölçümleri yapılmıştır. İşletme içerisindeki 7 makine üzerinde yapılan ölçümler sonucunda ortalama olarak makine bazlı gürültünün (LEX, 8 saat) 88,72 dB(A) olduğu görülmüştür. Üç personel üzerinde yapılan kişisel bazlı gürültü ölçümü sonucunda ise bu değerin 88,63 dB(A) olduğu görülmüştür. En yüksek gürültü maruziyeti çalışanların gürültü ile ilgili risklerden korunmalarına dair yönetmeliğe göre (LEX, 8 saat) 85 dB(A) olarak belirtilmiştir. Makine ve kişisel gürültü ölçümlerinin sonuçlarının yönetmelikte belirtilen sınır değerini üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen işletmede yönetmelikte belirtilen sınır aşıldığından dolayı işletmede kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanılması önerilmekle beraber makinelerle alakalı detaylı bir çalışma yapılmasının gerekliliği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** İş güvenliği, Gürültü maruziyeti, Meslek hastalığı, Mobilya üretimi.

#### Abstract

In this study, it was aimed to determine machine-based, regional and personal noise exposures in urban equipment production facilities, create a regional sound map and investigate the effects on both regional and employees. In the study, machine-based and personal-based noise measurements were made. As a result of the measurements made on 7 machines in the enterprise, it was seen that the average machine-based noise (LEX, 8 hours) was 88.72 dB(A). As a result of personal-based noise measurement made on three personnel, it was found to be 88.63 dB(A). The highest noise exposure is stated as 85 dB(A) according to the regulation on the protection of employees from noise-related risks (LEX, 8 hours). It was determined that the results of machine and personal noise measurements were above the limit value specified in the regulation. Since the limit has been exceeded, it is recommended to use personal protective equipment (PPE) in the business, but it has been determined that a detailed study on the machines is necessary.

**Keywords:** Occupational safety, Noise exposure, Occupational disease, Furniture Production.

### 1. Giriş

Ahşap mobilya ve kent donatıları toplumlar için her zaman önemli bir yere sahip olmuştur. Mobilya üretim sektörü, savaşlar, salgın hastalıklar, nüfus eğilimleri, afetler, teknolojik gelişmeler ve en önemlisi kaynak kıtlığı gibi küresel ve bölgesel birçok sosyal ve doğal faktörden doğrudan etkilenmiştir (Taşdemir vd., 2024). Türkiye’de ve tüm dünyada etkili olan Covid-19 pandemisi, insanların kapalı alanlardan ziyade rahat nefes alabilecekleri, yeterli oksijen ve sosyal mesafenin sağlanabildiği açık alanlara rağbet etmelerine sebep olmuştur (Türkoğlu, 2020). Pandemi kısıtlamaları boyunca kentte yer alan açık hava parkları insanların sosyalleşmesi konusunda yardımcı olmuş, fiziksel ve ruhsal açıdan rahatlatma ihtiyaçlarını giderebilmek için farklı açık hava etkinlikleri (piknik vb.) ve spor aktiviteleri için fırsat sağlamıştır (Xie ve ark., 2020). Kent parklarının; kentin tüm bireylerinin açık hava ihtiyaçlarına karşılık verme, kentlilerin rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılama, bireylerin ve toplulukların sosyalleşmelerini sağlama ve toplumsal bilinci ve farkındalığı yükselterek kentsel bilinç ve belleğin oluşmasını sağlama gibi oldukça fazla fonksiyonu

vardır (Karakaya vd., 2019). Covid-19 sonrası oluşan yoğun taleple birlikte mevcut durumda bile öneme sahip olan kent parklarının ehemmiyeti artmış ve böylece bank, kamerye, piknik masası, çardak vb. kent donatılarının üretiminde artış meydana gelmiştir.

Kamuya ait alanlarda kullanılan ahşap kent donatıları özel işletmelerin dışında belediyeler tarafından da üretilmektedir. Belediyeler, iştiraki olan şirketler vasıtasıyla üretim yaptıkları gibi daire başkanlığı hiyerarşisi içerisinde kendi bünyesinde de üretim yapmaktadırlar. İştirakler üzerinden yapılan üretimler hem bağlı oldukları belediyelerinin ihtiyacı doğrultusunda hem de dışarıdan gelebilecek müşteri talepleri doğrultusunda gerçekleşmektedir. Daire Başkanlığına bağlı olarak üretim yapılan tesislerde ise sadece bağlı olunan belediyenin sorumlu olduğu park, meydan ve yeşil alanlardaki kent donatılarına ait bakım, onarım ve yeni proje kapsamında belirlenen ihtiyaca göre yapılmaktadır.

Kent donatıları üretim tesislerinde genellikle testere, freze, planya makineleri gibi iş kazası potansiyeli olan kesici, delici makineler kullanılmaktadır. Bununla birlikte üretim esna-

sında gürültü meydana geldiği bilinmektedir. Bu gibi durumlarda çalışma koşullarını standardize edebilmek ve iyileştirmek için ilgili kanun ve yönetmelikler dikkate alınmaktadır. 2012 yılında yayınlanan 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile ülkemizde meydana gelebilecek meslek hastalıkları ve iş kazası risklerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu kanun ile işletmelerde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için işveren, işveren vekili ve çalışanların görev, sorumluluk, yetki, hak ve yükümlülüklerini belirlemektedir.

İşyerlerinde yapılan gürültü ölçümleri, TS EN 9612 “Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi” standardı doğrultusunda gerçekleştirilmekte olup gürültü seviyeleri bu standart temel alınarak belirlenmiştir. Bu standart çalışanların çalışma ortamında maruz kaldıkları gürültünün ölçümünde ve gürültü maruziyet seviyesinin hesaplanmasında kullanılan bir mühendislik yöntemini kapsar. Ölçüm işlemi için gürültüye maruz kalınan ortamların gözlemlenmesine ve analizine gerek vardır.

İş yerlerinde gürültü ölçümleri ve sonuçları ile ilgili uygulamalar hakkında birçok akademik çalışma bulunmaktadır. Kır vd., (2004) Gürültünün, insanları olumsuz etkileyen, iletişim becerilerini zorlaştıran, dinleme ve anlama kabiliyetlerini kısıtlayan, sinir sistemlerini olumsuz etkileyen, çalışma verimini ve konsantrasyonu azaltan, ayrıca fiziksel işitme sorunlarına neden olan olumsuz bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Serin vd. (2013) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, tam kapasite çalışan işletmedeki makinelerin makine bazlı gürültülerinin ortalama 91,27 dB(A) olduğu tespit edilmiş ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabileceği belirtilmiştir. Benzer şekilde, Sönmez vd., (2009) tarafından Ankara’da mobilya imalatında faaliyet gösteren işletmelerde fiziksel çevre koşullarının değerlendirildiği bir çalışmada, işletmelerde çalışma sırasında gürültüye maruz kalındığı belirlenmiştir. Barlı (1998)’nin yapmış olduğu çalışmada orman endüstrisinde faaliyet gösteren fabrikalarda özellikle belirli işlem noktalarında 85dB ve daha yukarısı gibi insana zarar veren ve rahatsız eden bir gürültü eşliğinin mevcut olduğu görülmektedir. Yine aynı çalışmada rahatsızlık sayısı ve şikâyet yoğunluğunun çalışılan yıl sayısı ile doğrusal bir ilişki içerisinde olduğu görülmektedir. Noweir (2014) Cidde Sanyai Bölgesi’nde metal ve ahşap endüstrisinde faaliyet gösteren 28 fabrika ve atölyede, farklı saatlerde yapılan gürültü ölçümleri sonucunda, metal fabrikalarında ortalama gürültü seviyesinin ahşap fabrikalarına kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çakır (2010)’ın Odyometrik ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde ISO 1999 “Gürültüye bağlı işitme kaybının tahmini” standardı ve ANSI S3-1 (American National Standards Institute) sınıflaması kullanılmıştır. Yedi farklı işletmede çalışan 724 personelin bulunduğu çalışma ortamında gürültü seviyesi 80 dB’nin üzerinde ölçülmüştür. Gürültüye bağlı işitme kaybı (GBİK) sıklığı ise %6,45 olarak belirlenmiştir. Çalışanların halen çalıştıkları bölümlerin gürültüsü ile gürültüye bağlı işitme kaybı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Metal ve ahşap fabrikalarının %50’sinde yapılan ölçümlerde tespit edilen ortalama gürültü seviyeleri 85 dB(A)’in üzerinde çıkmıştır. Erdoğan (2017) tarafından yapılan bir çalışmada üç ayrı fabrikada gürültü kaynakları bakımından araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırma çerçevesinde

kişisel gürültü maruziyeti ve ortam gürültü ölçümleri yapılmış ve çıkan sonuçlara göre tedbirler alınmıştır. Yapılan risk analizi sonucunda, üretim sahası yerleşiminin, maruziyetin önlenmesi için kullanılan kulak koruyucuların (KKD), sessiz makine seçiminin, işitme kaybı ve sağlık muayenelerinin gürültü kontrolü için kritik öneme sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı kent donatısı üreten örnek bir işletmede makine bazlı ve genel gürültü ölçümleri yapılarak işletmeye ait gürültü haritası çıkarılması ve frekans yoğunluklarının belirlenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Bu araştırma Sakarya ili Adapazarı ilçesinde bulunan Sakarya Büyükşehir Belediyesine ait Kent Donatıları Üretim Tesisi’nde yapılmıştır. Bu tesisin seçilmesindeki ana sebep Marmara bölgesinde olup kamuya ait ve daire başkanlığı hiyerarşisinde olması ve diğer Büyükşehir Belediyelerindeki gibi anonim şirket olmamasıdır. Araştırmanın yapıldığı kent donatısı üretim tesisi 800 m<sup>2</sup> kapalı alana sahip olup, 25 personel ile bank, kamerya, piknik masası, çardak ve ofis mobilyaları üretmektedir. Personel sayısının az olması ve ölçüm sonuçlarının doğru sonucu verebilmesi için işletme içerisinde farklı istasyonlarda çalışan üç personel üzerinde kişisel bazlı gürültü ölçümü yapılmıştır.

### 2.2 Yöntem

#### 2.2.1. İşyeri ortamı gürültü ölçümü

Ortam gürültü ölçümleri, TS EN 9612 “Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün ölçülmesi ve değerlendirilmesi” standardına uygun olarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar, gürültüye karşı alınacak tedbirlerin belirlenmesinde önemli bilgiler sağlamıştır. Bu ölçümler tesiste kullanılan tüm makinelerde operatörün makineye kumanda ettiği yer zeminine “Delta Ohm HD2110L” marka ses ölçüm cihazı ve “Cesva SC310” cihazları yerleştirilerek alınmıştır. Her bir ölçüm 15 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sonucunda, her bir makine için eş değer sürekli ağırlıklı ses basınç seviyesi (LAeq), en yüksek ses basıncı (LCpeak) ve düzenlenmiş ses basıncı seviyesi (Lcorr) belirlenmiştir. Daha sonra Surfer12 adlı program içerisinde daha önceden autocad olarak makine yerleşimi dahil olacak şekilde işletme krokisi yüklenmiş ve ölçüm noktaları program üzerinde belirtilmiştir. Çıkan sonuçlar neticesinde program yardımıyla işletmeye ait gürültü haritası oluşturulmuştur.

#### 2.2.2. Kişisel gürültü ölçümü

Makine bazlı yapılan gürültü ölçümünün çalışan üzerindeki yansımalarını tayin edebilmek amacıyla belirlenen çalışanların omuzlarına “Extech SL400” marka kişisel gürültü ölçüm cihazı konumlandırılarak gün boyu (8 saat) ölçüm yapılmıştır. Başlamadan önce ve ölçüm sonrasında kalibratör kullanılarak cihazda doğrulama yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda çalışanların gün boyu maruz kaldıkları ortalama gürültü değerleri çıkarılarak kişisel bazlı gürültü maruziyetleri ortaya çıkarılmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. İşyeri ortam gürültü ölçüm değerleri

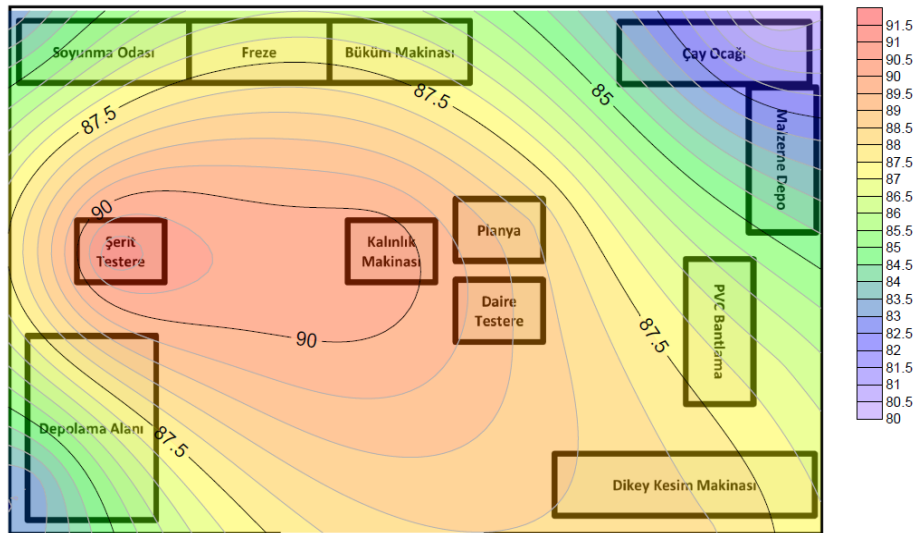
Tesis içerisinde çalışmakta olan 7 adet makine üzerinde makine bazlı gürültü ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda ortalama gürültü değeri (LEX, 8saat) 88,72 dB(A) olduğu görülmüş olup tüm makinelere ait veriler Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre oluşturulan gürültü haritası ise Şekil-1’de verilmiştir.

#### 3.2. Kişisel gürültü ölçüm değerleri

İşletme içerisinde farklı proseslerde çalışmakta olan 3 personel üzerinde kişisel dozimetre ile kişisel bazlı gürültü ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda ortalama gürültü değeri 88,63 dB(A) olduğu görülmüş olup personellere ait veriler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1. Makine bazlı gürültü ölçüm hesaplaması.  
Table 1. Machine based noise measurement calculation.

Ölçüm Noktası	Ölçüm Süresi (dk)	Leq (A)	Lpeak (C)	Düzenlenmiş Ses Basıncı Seviyesi $L_{corr}$
Freze	15	87,4	105,9	87,3
		87,2	102,9	
		87,5	100	
Kalınlık Makinesi	15	90,1	100,7	89,9
		90	103,8	
		89,6	99,3	
Kenar Bantlama	15	87,3	104,3	87,2
		87,1	99,2	
		87,4	100,1	
Dikey Kesim	15	88	101,2	88,2
		88,2	103,1	
		88,6	100,2	
Yatar Daire	15	88,7	100,9	88,3
		88,2	101,4	
		88,1	100,5	
Şerit Testere	15	90,8	104,3	91,4
		90,9	107,2	
		92,5	101,6	
Planya	15	89,1	104,9	88,8
		88,7	100,4	
		88,7	100,1	



Şekil 1. Makine bazlı gürültü ölçümü sonucu çıkarılan gürültü haritası.  
Figure 1. Noise map obtained as a result of machine-based noise measurement.

Tablo 2. Kişisel gürültü ölçümleri.  
Table 2. Personal noise measurements.

Personel	Leq (dBA)	Görev Süresi (dk)	Görevin Kişisel Maruziyete Katkısı (LEX8h, m)	Kişisel Maruziyet (Lex, 8 saat) dB(A)	Ppeak dB(C)
İ.....G.....	89,6	480	89,3	89,3	99,8
	89,2				101
	89,1				106,3
E.....A.....	90,1	480	90,1	90,1	100
	90,2				103,4
	90,1				104,4
S.....S.....	86,5	480	86,5	86,5	99,8
	86				98,5
	87,1				106

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Günlük çalışma süresi boyunca (8 saat) 90 dB gürültü seviyesine maruz kalmak, işitme kaybı için önemli bir risk oluşturur. Bu tür gürültüye maruz kalmak, tipik olarak sensörel işitme kaybına neden olur. Orta veya yüksek şiddette tekrarlanan gürültüye uzun süre maruz kalmak, gürültüye bağlı işitme kayıplarına yol açabilir ve bu durum genellikle kronik gürültüye bağlı işitme kaybı olarak tanımlanır (Değer, 2015). Bu çalışmada yapılan makine bazlı gürültü ölçüm sonuçlarına göre işletmenin gürültü haritası çıkarılmış olup Şekil 1’de verilmiştir. Gürültü haritası incelendiğinde en çok gürültü makinelerin birbirine en yakın olduğu ve marangoz makinelerinin kullanıldığı alan olduğu görülmekte olup en yüksek gürültünün 91,4 dB ile şerit testere ve 89,9 dB ile kalınlık makinelerinin olduğu alanda yoğunlaştığı görülmektedir. En düşük gürültü ise 87,2 dB ile kenar bantlama makinesi olduğu görülmektedir. Bantlama makinesi diğer marangoz makinelerine göre daha modernize olup ses izolasyonu açısından daha iyidir. Haricen en fazla gürültüye sahip makine şerit testere ve kalınlık makineleri ile de arasında mesafe bulunmaktadır. Bu mesafe de ses iletiminde azalma ve maruziyetin düşmesine sebebiyet vermektedir.

Gürültü, ilk başta geçici işitme değişikliklerine yol açabilir; ancak belirli bir seviyeyi aştığında, bu değişiklikler kalıcı hale gelebilir ve işitme eşiği üzerinde kalıcı hasara neden olabilir. Gürültü kaynaklı işitme kaybı, genellikle yavaş ilerleyen bir süreçtir ve fark edilmesi zaman alabilir. Bu doğrultuda, işletme içerisinde yapılan gürültü ölçüm sonuçlarına bakıldığında 85dB üzerinde gürültüye sahip makinelerin yeni makineler ile ikame edilmesi, ikame edilemiyorsa ses izolasyonu için çalışma yapılması gerekmektedir.

Ortam ölçümleri ve kişisel gürültü maruziyeti sonuçlarına bakıldığında Şekil 1’de de görüleceği üzere işletme içerisindeki tüm makinelerin eşik değeri (85dB) üzerinde ses şiddetine sahip oldukları görülecektir. Gürültü haritası değerlendirildiğinde en yüksek ses değerine sahip olan Şerit Testere (90,8dB), Yatar Daire (91,4dB) ve Kalınlık (86,3dB) makinelerinde oluşan gürültünün tüm çalışma sahasına etki ettiği görülmektedir.

Bu sebeple çalışanların etkilenmemesi için ilgili makinelerin öncelikle değiştirilmesi (modernize edilmesi), ikame edilememesi durumunda izolasyon sağlamak için yerlerinin değiştirilerek makine etrafı ses sönümleyici malzemeler ile kaplanmalıdır. Haricen makineleri kullanan operatörlere İş Güvenliği Uzmanı ve İşyeri Hekiminin önerceği KKD olan kulak koruyucu verilmelidir (Demirci, 2018). Yapılan analizler ve benzer çalışmalar gösteriyor ki KKD kullanımının dışında çalışan personellerin meslek hastalığına yakalanmaması için çalışma süresi içerisinde dönemsel görev değişikliği yapılabilirse yer değişikliği yapılması kişisel maruziyeti azaltacak ve risk faktörünü indirgeyecektir (Gedik ve İlhan, 2014). Bunlara ilave olarak, çalışan-işveren iletişiminin artırılmasının ve gürültü maruziyeti yaşanan alanda yapılacak iyileştirme kararlarının ortak görüşmeler doğrultusunda yapılmasının olumlu etkileri olacağı düşünülmektedir (Ülker, 2008).

Çalışanlar üzerinde yasal olarak belirli periyotlarda odyometre testleri yapıp çıkan sonuçlar kayıt altına alınmalı ve sonuçlara dair grafik oluşturularak meslek hastalığı öngörüsü yapılarak önceden risk tespiti ile tedbir alınmalıdır (Karademir ve Koç, 2016).

Bu çalışmadan elde edilen verilere dayanarak, ileriye dönük araştırmalarda daha uzun süreli ölçümlerin yapılması ve bu ölçümlerden kaynaklanan değişikliklerin göz önünde bulundurulması önerilir.

Yapılan bu çalışma göstermiştir ki yüksek gürültü değerlerine sahip makineler üretim prosesine maksimum uyumlu olacak şekilde birbirlerinden zıt yerlere konulursa frekans yoğunluğunda azalma olacak ve gürültü yoğunluğu düşecektir. Kulak tıkacı, kulaklık vb. KKD kullanımının aktif olduğu işletmelerde, çalışanlar genellikle ses ve gürültüden daha az etkilenirler. Üretimde kullanılan makine ekipmanları açısından farklı tesislerde ölçümler yapılarak durum sürekli olarak izlenmelidir.

#### Teşekkür

Bu çalışma Taha Işık’ın Bursa Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında gerçekleştirdiği

“Kent Donatıları Üretim Tesislerinde Gürültü Ölçümü ve Uygulamaları” adlı yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Çalışmanın yapılmasına idari ve teknik anlamda desteklerinden dolayı Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Park ve Bahçeler Daire Başkanı, Şube Müdürü ve tüm çalışanlarına teşekkür ederiz.

#### Yazar katkıları

Fikir: T.I., M.E.; Tasarım: T.I., M.E.; Yönetim: M.E.; Veri toplama: T.I.; Analizler: T.I.; Literatür taraması: T.I., M.E.; Kaleme alma: T.I.; Son kontrol: M.E.

#### Kaynaklar

Barlı, Ö. 1998. Orman endüstri işletmelerinde insan sağlığını etkileyen fiziksel çevre faktörleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, (22), 521-524.

Çakır, A. 2010. Ankara’da mobilya imalatı yapan 7 fabrikada gürültü düzeylerinin saptanması ve gürültüye bağlı işitme kayıplarının incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara).

Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik (2013,28 Temmuz). Resmî Gazete (Sayı: 28721). Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm>

Değer, F. 2015. Ahşap doğrama atölyelerinde gürültü maruziyeti ve alınabilecek önlemler. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü: Ankara.

Demirci, S. 2018. Mobilya imalatında kullanılan malzeme ve makinelerin iş sağlığı ve güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. *Hastane Öncesi Dergisi*, 3(2), 103-119.

Erdoğan, Y. 2017. Üretim sahasında gürültü kontrolü (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).

Gedik, T., İlhan, A. 2014. Sakarya ili mobilya imalatçılarında iş sağlığı ve iş güvenliği üzerine bir inceleme. *Turkish Journal of Forestry*, 15(2), 123-129.

Karademir, D., Koç, K. H. 2016. AB Sürecinde Türkiye Mobilya İşletmelerini Bekleyen Fiziksel Çevre Sorunları. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 1205-1218.

Karakaya, N., Cengiz, T. 2019. Yaşam kalitesinin artırılmasında kent parklarının önemi: Eskişehir ili örneğinde incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 14(20), 1259-1283.

Kır T., Güler Ç., 2004. *Sağlık Boyutuyla Ergonomi*. Palme Yayıncılık. Ankara

Noweir, M. H., Bafail, A. O., Jomoah, I. M. 2014. Noise pollution in metalwork and woodwork industries in the Kingdom of Saudi Arabia. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 20(4), 661-670.

Ülker, O. (2018). Mobilya imalatı esnasında oluşan gürültü emisyonlarının ve maruziyetinin araştırılması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 10(2), 225-244.

Serin, H., Şahin, Y., Durgun, M. 2013. Küçük ölçekli mobilya işletmelerinde gürültü analizi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 9(2), 1-8.

Sönmez, A. Arslan, A. R. Asal, Ö. Akdere, B. 2009. Ankara’da Mobilya Sektöründe Faaliyet Gösteren Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerde Fiziksel Çevre Koşullarından Ortam Faktörlerinin Değerlendirilmesi, *Journal of Polytechnic*, 12 (2): 127-135.

Taşdemir, C., Yıldırım, Y., Uysal, M., Angin, N., Ertas, M. 2024. *Investigation of Indoor Noise Pollution Level and Air Quality of Furniture Manufacturers*. *BioResources*, 19(2), 3571-3596

Türkoğlu, H. 2020. Covid-19 sonrası kent ve kent planlama. *Türkiye Sağlıkli Kentler Birliği*.

Xie, J., Luo, S., Furuya, K., Sun, D. (2020). *Urban parks as green buffers during the Covid-19 pandemic*. *Sustainability*. 12: 1-17.



## Çapraz lamine kerestelerin sonlu elemanlar metodu ile analizi

### Analysis of cross laminated timbers with finite element method

Halil KARATAY<sup>id</sup>, Ergün GÜNTEKİN<sup>id</sup>, Mesut UYSAL<sup>id</sup>

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:

Halil KARATAY

E-mail:

halilkaratay\_20@hotmail.com

Gönderim Tarihi:

05/04/2024

Kabul Tarihi:

13/05/2024

Atf:

Karatay, H., Güntekin, E., Uysal, M. 2024. Çapraz lamine kerestelerin sonlu elemanlar metodu ile analizi. Ağaç ve Orman, 5(1): 37-41.

DOI: 10.59751/agacorman.1465706

#### Özet

Çalışmada, Çapraz Lamine Kerestelerin (ÇLK) Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) ile yük altında eğilme davranışları incelenmiş; literatürde yer alan Uludağ göknarı ve karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerin eğilme özellikleri kullanılmış ve çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. ANSYS sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak ahşap malzemenin ortotropik malzeme özellikleri ve laminasyonda kullanılan tutkallama dikkate alınarak modeller oluşturulmuştur. Uludağ göknarı odunundan elde edilen ÇLK'lerde malzemenin yük-deformasyon eğrisi 700 N yük uygulamasından sonra lineer bölgeden uzaklaşırken, karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerde ise 1400 N'dan sonra uzaklaşmaktadır. Uludağ göknarı'ndan elde edilen ÇLK'lerde 800 N altındaki deformasyon 10,50 mm iken karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerde ise 13,85 mm'dir. Ayrıca, nümerik analizlerden elde edilen yük-deformasyon grafikleri ile deneysel sonuçların gösterildiği verilerdeki yük-deformasyon eğrileri uyumludur. Çalışmanın sonuçları, karaçam ve Uludağ göknarı odunundan elde edilen ÇLK'lerin ortotropik özellikleri kullanılarak bilgisayarlı ortamda simüle edilmesi yerli odun türlerimizin yapı sektöründe kullanılması açısından önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sonlu elemanlar metodu, Çapraz lamine keresteler, Eğilme özellikleri, Uludağ göknarı, Karaçam.

#### Abstract

The bending behavior of cross-laminated timber (CLT) under the imposed load was examined using the Finite Element Method (FEM) in the study. For this reason, the bending properties of CLTs made of Uludağ fir and black pine wood in the literature were used and compared with the study results. Specimens were modeled using ANSYS finite element software, taking into account the orthotropic material properties of the wood and the gluing used in lamination. While the load-deformation curve of the CLT made of Uludağ fir wood moved away from the linear region after imposing a load of 700 N, it moved away from the linear region after 1400 N for the CLT made of black pine wood. While the deformation under 800 N was 10.50 mm in CLTs made of Uludağ Fir wood, it was 13.85 mm in those of black pine wood. Besides, the load-deformation curves obtained from numerical analyses were compatible with the load-deformation curves in the data where the experimental results were shown. The results come into prominence in terms of the use of wood species - cut from native trees - in the wood construction industry by simulating them in a computerized environment using the orthotropic properties of black pine and Uludağ fir wood.

**Keywords:** Finite element method, Cross laminated timber, Bending properties, *Abies bornmulleriana*, *Pinus nigra*.

## 1. Giriş

Sonlu Elemanlar Metodu (SEM), bir ürünün gerçek dünyadaki kuvvetlere, titreşime, ısıya, sıvı akışına ve diğer fiziksel etkilere nasıl tepki vereceğini tahmin etmek için bilgisayarlı bir yöntemdir. Bir ürünün kırılacağını, yıpranmayacağını veya tasarlandığı şekilde çalışıp çalışmayacağını gösteren (Güntekin, 2004) SEM, çok çeşitli mühendislik problemlerine sonuç elde edebilen sayısal bir işlemdir. Kararlı rejimli, değişken rejimli, lineer ve lineer olmayan durumlar için gerilim analizi, ısı transferinin analizi, akışkanlar mekaniğinin analizi ve elektromanyetizma problemlerinin analizleri sonlu elemanlar yöntemi ile yapılabilir (Eppstein, 2001).

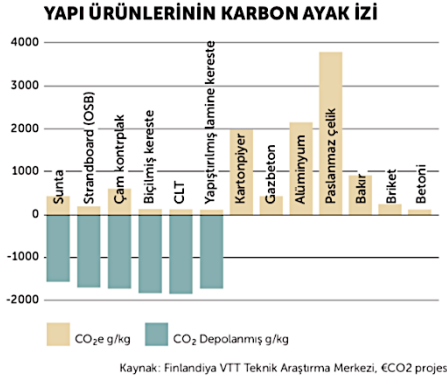
SEM yapısal statik hesaplamalarda rijitlik matrisi  $\{K\}$  ile deformasyonlar matrisinin  $\{u\}$  kuvvetler matrisine  $\{F\}$  eşitlenmesi ile kurulan matematik modelin nümerik çözümünü içerir (Güntekin, 2004). Bu model Eşitlik-1'de verilmiştir.

$$\{F\} = [K] \times \{u\} \quad (1)$$

SEM, karmaşık problemlerin daha basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir çözüm şeklidir. Metot, i) geometrik olarak karmaşık olan çözüm bölgesi, geometrik biçimli basit alt bölgelere ayrılır, ii) her elemandaki sürekli fonksiyonlar, cebirsel polinomların lineer kombinasyonu olarak tanımlanabileceği kabul edilir ve (iii) aranan değerlerin her eleman içinde sürekli olan tanım denklemlerinin belirli noktalardaki (düğüm noktaları) değerleri elde etmenin problemin çözümünde yeterli olduğu belirtilmiştir (Topçu ve Taşgetiren, 1998).

Günümüzde doğal, yenilenebilir ve kolay geri dönüştürülebilir malzemelerin yapı malzemesi olarak kullanımı giderek daha yaygın hale gelmektedir. İnşaat sektöründe çevresel gerekliliklerin artması ve uzun vadeli sürdürülebilirlik giderek daha fazla tartışılan bir konudur. Yaygın olarak çelik ve beton yapıların yerine kullanılan ahşap yapılar, daha küçük karbon ayak izi sayesinde çevre üzerindeki etkiyi önemli ölçüde azaltmaktadır ve dolayısıyla inşaat mühendisliğinde sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlamaktadır (Şekil 1).





Şekil 1. Bazı yapı malzemelerinin karbon emisyon ve depolama oranları (URL-1).

Figure 1. Ratios of carbon emission and storage for same structural materials.

Ahşap yapıların, özellikle yüksekliğe sahip binalarda (çok katlı binalar) kullanımları sınırlıdır (Eppstein, 2001). Kirişler, aşıklar ve kolonlar gibi standart ahşap elemanları da çok katlı binalar için kullanılabilir, ancak yatay yönde güçlü bir takviyenin gerçekleştirilmesi gereklidir. ÇLK paneller dikey ve yatay yük taşıyıcı yapılarda kullanılabilen ve mekanik özellikleri daha yüksek mühendislik ürünü ahşap malzemeleridir. ÇLK panelleri alan yapısal elemanları olmakla beraber, dikey ve yatay kuvvetleri taşıyabilirler. Böylece, tüm yapının temel takviye elemanları olarak görev yapabilirler (Tavşan vd., 2022).

Odon anizotropik yapı bir malzemedir, özellikleri yönlerine bağlı olarak değişmektedir ve en yaygın kabulde ortotropik özelliğe sahip bir materyaldir. Ortotropik özellik gösteren odunda; boyuna (lif yönüne paralel), radyal (özden kabuğa doğru uzanan) ve teğet (yıllık halkalara paralel uzanan) üç farklı yön bulunur. Ortotropik karakter odunun tüm malzeme özelliklerini etkiler. Bu da odunun elastik ve mukavemet özelliklerinin yönlerine bağlı olduğunu göstermektedir. Elastiklik modülü değeri, liflere paralel yönde en yüksek, radyal yönde daha küçük, yıllık halkalara teğet yönde ise en düşüktür. Örneğin, ahşabın lif doğrultusundaki basılma dayanımı buna dik doğrultudakinin yedi katıdır. Çekme halinde bu kat daha fazla olup 20-30 kat değerlerine ulaşabilir (Şirin ve Aydemir, 2016).

Vilguts vd. (2015), ANSYS sonlu elemanlar analizi yazılımını kullanarak bir tasarım metodu ortaya koyarak ÇLK'lerde orta katmanın yük taşıma kapasitesine istatistiksel

olarak önemli bir etkisinin olmadığını ortaya çıkarmışlardır. Diaz vd. (2019) katman kalınlığını, katman sayısı ve katmanlarda bulunan panellerin uç birleştirme tipinin ÇLK malzemesinin termal özellikleri üzerine etkisini incelemişler ve sonuçları nümerik sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları katman kalınlığı ve katman sayısındaki değişimin termal özellikler üzerine çok az bir etkisi olduğunu, ama U tipi uç birleştirmenin Z tipine göre sıcaklığı %20 daha az geçirdiğini nümerik sonuçları ile göstermiştir.

Kozaric vd. (2020), ÇLK malzemesinin taban döşemelerinde kullanılabilirliğini inceleyerek malzeme uzunluğu 4 m, 5 m ve 6 m olarak artış gösterdiğinde deformasyonun arttığını, katman sayısı (katman kalınlıkları aynıdır) 3, 5 ve 7 katman olarak arttıkça deformasyonun azaldığını deneysel ve nümerik sonuçlar ile ortaya koyarken, nümerik sonuçların deneysel sonuçlardan yaklaşık %1 farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Okuni ve Bradford (2021), ÇLK katmanları arasında tutkal yapıştırma performansını pres sıcaklığının artışıyla deneysel ve nümerik olarak incelemişler ve sıcaklık artışı ile ÇLK katmanları arasında bulunan tutkalın dayanımın azalttığını hem deneysel hem de nümerik olarak ortaya koymuşlardır. Haftkhani ve Hematabadi (2022) ise farklı lif yönü açılarına sahip üç katmanlı ÇLK malzemelerinin deneysel ve nümerik analizi üzerinde çalışmışlar ve ABAQUS yazılımı ile elde edilen SEM analizi sonuçları eğilme ve kayma gerilmesi sonuçlarının yaklaşık %14,5 fark gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı; SEM ile ÇLK malzemelerinin üç nokta eğme deneyi altında modellenmesidir. SEM sonucu elde edilen nümerik sonuçlar Uysal vd. (2022)'nin deneysel sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Çalışmamızın hedefleri, i) izotropik ahşap ve tutkal malzemesi tanımlamasının yapılması, ii) katmanlar arası etkileşim tanımlanması, iii) üç nokta eğme deneyinin modellenmesi, iv) nümerik ve deneysel sonuçlarda maksimum gerilme değerlerinin karşılaştırılmasıdır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Uysal vd. (2022), Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*) ve karaçam (*Pinus nigra*) odunundan elde edilen keresteler ile ÇLK malzeme üzerinde çalışarak elde edilen masif ve ÇLK malzemelerin bazı mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Masif ve ÇLK malzemeler için eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri (Uysal vd., 2022).

Table 1. Values of bending strength and modulus of elasticity for solid wood and CLT materials.

Malzeme	Odon türü	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )			Elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> )		
			Ortalama	SS	VK	Ortalama	SS	VK
Masif	Uludağ göknarı	0,42	65,01	1,89	%2,9	9093,51	298,57	%3,3
	Karaçam	0,54	83,80	10,22	%12,2	11068,79	1657,82	%15,0
ÇLK	Uludağ göknarı	0,43	38,45	3,04	%7,9	5273,42	663,25	%12,6
	Karaçam	0,57	64,57	10,03	%15,5	8657,00	1390,86	%16,1

\*SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı

## 2.2 Çapraz lamine kirişlerinin ANSYS sonlu elemanlar analizi programı ile çözülmesi

Ortotropik ve izotropik malzemelerin SEM ile numerik analizi için ANSYS Mechanical APDL R2 2022 programında kullanılan elastik ve poisson değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu değerler literatür araştırmalarından (Uysal vd. 2022; Yılmaz Aydın and Özveren, 2019) alınmıştır.

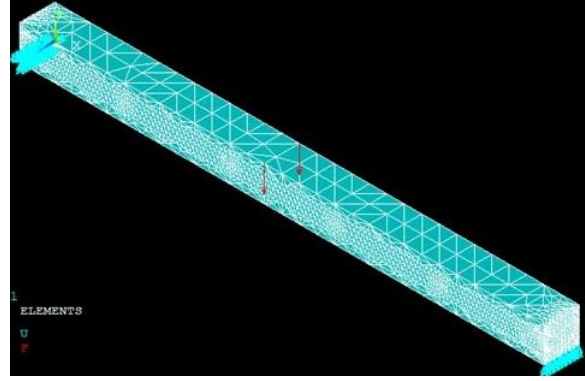
Tablo 2. SEM’da kullanılan elastik ve poisson oranı değerleri.  
Table 2. Values of elasticity and poisson ratio used in FEM.

	Uludağ göknarı	Karaçam
Boyuna yönde elastikiyet modülü	9000 N/mm <sup>2</sup>	11000 N/mm <sup>2</sup>
Radyal - Teğet yönde elastikiyet modülü	415 N/mm <sup>2</sup>	915 N/mm <sup>2</sup>
$L_{yield}$	45 N/mm <sup>2</sup>	56 N/mm <sup>2</sup>
R-T $L_{yield}$	3,5 N/mm <sup>2</sup>	5 N/mm <sup>2</sup>
Poission oranı	0,3	0,3

ÇLK örneklerinin sayısal modellerinde, tüm katmanlarının izotropik olduğu varsayılmış ve bir elastikiyet modülü ( $E$ ) ve bir Poisson oranı ( $\nu$ ) değeri kullanılmıştır. Sayısal modelin ayrıştırılması *Solid186* elemanı kullanılarak, yaklaşık 50.000 eleman ve 70.000 düğüm noktası ile yapılmıştır. Yapısal problemlerin modellenmesinde en sık tercih edilen *Solid186*, ikinci dereceden yer değiştirme davranışı sergileyen yüksek dereceli 3 boyutlu 20 düğüm noktalı katı elemandır. Düğüm noktası başına üç serbestlik derecesi olmasından dolayı bu eleman 60 serbestlik derecesine sahiptir.

Modellemede *tetrahedral* eleman seçeneği kullanılmıştır. Üst orta açıklık iki düğüm noktasına  $P/2$  kuvveti uygulanmış ve modeller bir uçtan basit ve diğer uçtan öteleme ve döndürme

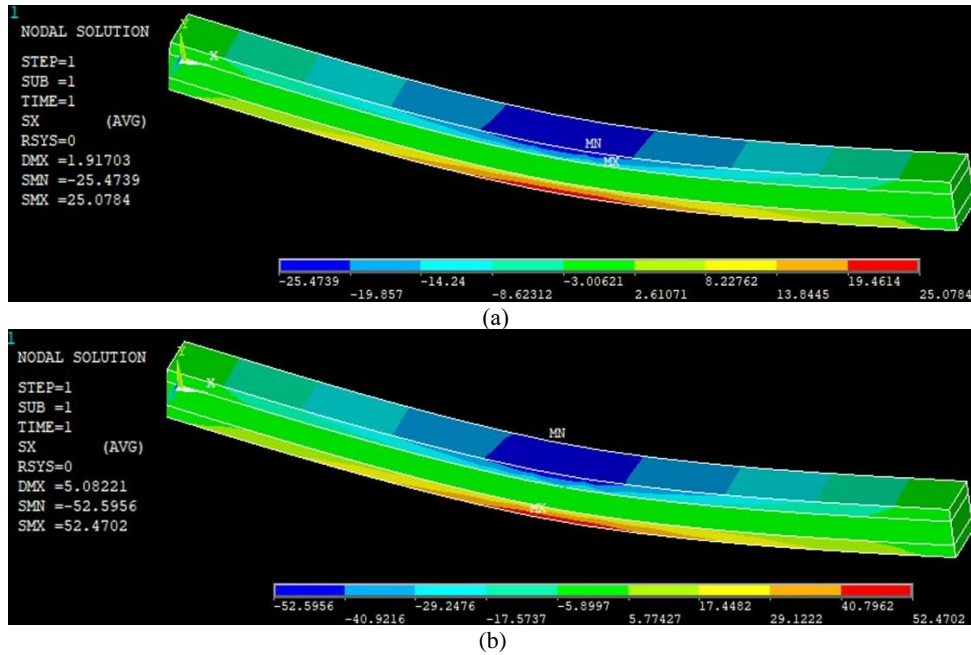
için sınırlandırılmıştır (Şekil 2). Temas bölgesindeki yüzler ile çekirdek arasında mükemmel bir bağın olduğu varsayılarak yazılımın *Prep* seçeneğinden sağlanan *Glue* komutu uygulanmıştır. Orta noktanın deformasyonu, maksimum gerilme ve örneklerin farklı yerlerindeki gerilmeler program çıktısı olarak görülebilmektedir. ANSYS yazılımı kullanılarak oluşturulan yük-deformasyon (sertlik) eğrileri, laboratuvarında test edilen gerçek ÇLK örneklerin yük-deformasyon eğrileriyle karşılaştırılmıştır.



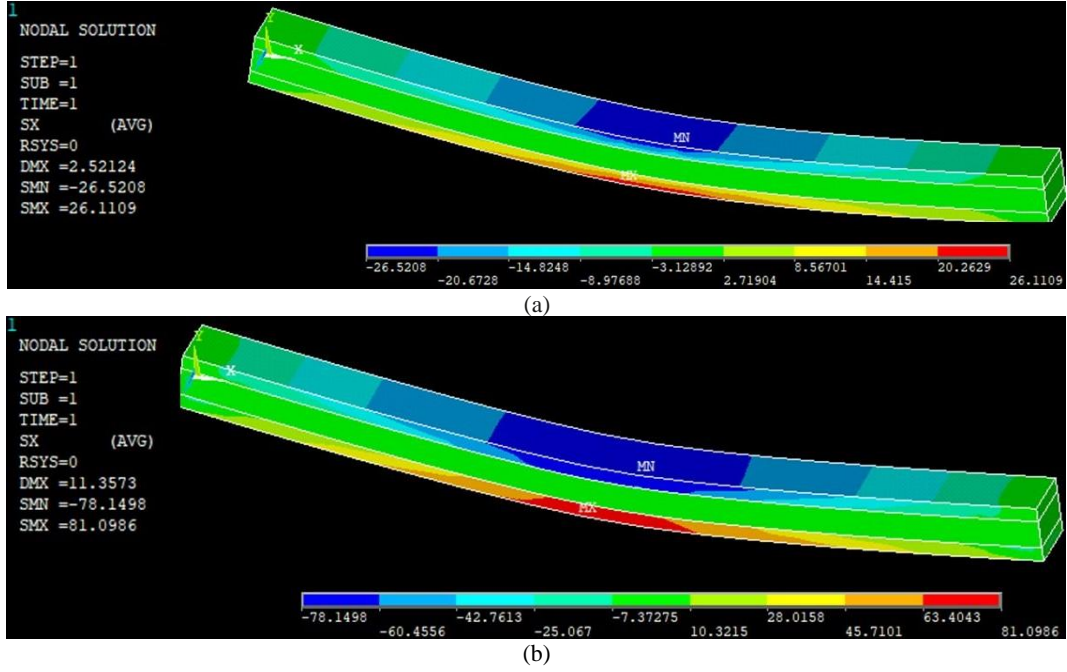
Şekil 2. Modellemede ağ ve sınır koşullarının uygulanması.  
Figure 2. Application of mesh and boundary conditions in model.

## 3. Bulgular

Şekil 3’te ve Şekil 4’te sırası ile Uludağ göknarı ve karaçam odunundan elde edilen ÇLK’lerin 400 N (Newton) ve maksimum yüklenme seviyesindeki yük altında ANSYS modelinde oluşan eğilme gerilmeleri gösterilmiştir. 400 N yük altında Uludağ göknarı’ndan elde edilen ÇLK’lerde eğilme gerilmesi 25,47 MPa iken karaçam odunundan elde edilen ÇLK’lerde ise 26,52 MPa’dır. Maksimum yük uygulamalarında, Uludağ göknarı için 800 N yük altında 52,59 MPa iken karaçam odunu için 1600 N yük altında 81,09 MPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. Uludağ göknarı odunundan elde edilen ÇLK’lerde eğilme gerilmeleri: a) 400 N yük altında, b) 800 N yük altında.  
Figure 3. Bending stresses on CLTs made of Uludağ fir wood: a) Under 400 N load level, b) Under 800 N load level.



Şekil 4. Karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerde eğilme gerilmeleri: a) 400 N yük altında, b) 1600 N yük altında.  
Figure 4. Bending stresses on CLTs made of black pine wood: a) Under 400 N load level, b) Under 1600 N load level.

Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen ÇLK'lerin modellemelerinde Tablo 3'te belirtilen yüklemeler yapıldığında  $-y$  yönünde meydana gelen deformasyon ve bu deformasyondaki eğilme gerilmeleri görülmektedir. Uludağ göknarı odunundan elde edilen ÇLK'ler 700 N; karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lere ise 1400 N yük uygulanmasından

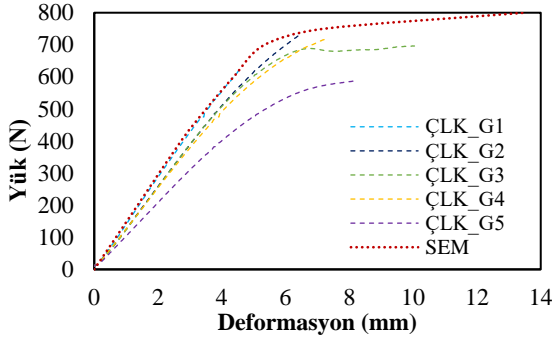
sonra lineer bölgeden uzaklaşmaktadır. Bu lineer bölgeden uzaklaşmasının sebebi uygulanan yükün malzemenin elastik deformasyon bölge sınırını geçtiği plastik deformasyon sınırına geçiş yaptığı, malzemenin şeklinin bozulmaya başladığı görülmektedir.

Tablo 3.  $-y$  yönündeki yük-deformasyon-gerilme değerleri  
Table 3. Load-deformation-stress values in  $-y$  direction in modeling

ÇLK-Uludağ göknarı			ÇLK-Karaçam		
Yük (N)	Deformasyon (mm)	Gerilme (MPa)	Yük (N)	Deformasyon (mm)	Gerilme (MPa)
0	0,00	0	0	0,00	0
200	1,36	13,26	400	1,93	26,52
400	2,72	25,47	600	3,00	38,21
500	3,51	33,15	800	3,86	50,94
600	4,37	39,78	1000	4,85	64,65
700	5,34	46,38	1200	5,97	61,60
750	7,20	50,36	1400	7,28	68,08
800	13,50	52,59	1600	10,85	81,01

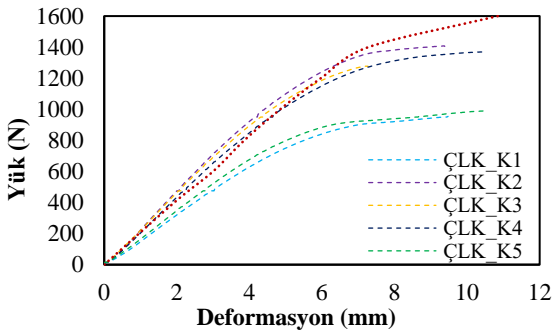
Uludağ Göknarı odunundan elde edilen ÇLK'lerin hem numerik hem de deneysel analizler sonucunda elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil 5'te verilmiştir. Numerik analizde elde edilen yük-deformasyon grafiği ile elde edilen deneysel sonuçlardaki yük-deformasyon grafiği birbirine yakınlık göstermektedir.

Karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerin hem numerik hem de deneysel analizler sonucunda elde edilen yük-deformasyon grafikleri Şekil 6'da verilmiştir. Bu ÇLK'lerin numerik analizde elde edilen yük-deformasyon grafiği ile deneysel sonuçlarda elde edilen yük-deformasyon grafiği birbirine yakınlık göstermektedir.



Şekil 5. Uludağ göknarı odunundan elde edilen ÇLK'lerin deneysel ve numerik analizler sonucunda elde edilen yük-deformasyon eğrileri.

Figure 5. Load-deformation curves obtained from empirical and numerical analyses of CLTs made of Uludağ fir.



Şekil 6. Karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerin deneysel ve numerik analizler sonucunda elde edilen yük-deformasyon eğrileri.

Figure 6. Load-deformation curves obtained from empirical and numerical analyses of CLTs made of black pine.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Uludağ göknarı ve karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lerin deneysel ve nümerik analiz ile eğilme özellikleri ve statik yük altındaki davranışları incelenmiş olup SEM sonuçlarının deneysel sonuçlara yakınlık gösterdiği ve elde edilen verilerin uygulama yapılmadan önce malzemenin mekanik özelliklerine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durumda üretilecek olan malzemenin öncelikle SEM kullanılarak tasarlanması ve sınır koşullarının malzemenin mekanik değerlerini sisteme tanımlayarak üretilecek olan mühendislik ürünü ahşap malzemelerin AR-GE çalışmalarında, mühendislik uygulamalarında kullanılmadan önce teorik ve numerik analizlerin yapılarak yapısal tasarımların değerlendirilmesinin önemi ortaya konacaktır. Çalışmanın sonuçları, Eurocode 5'e göre yapısal kereste sınıfına alınan ve Türkiye'nin yerli ağaç türlerinden olan karaçam ve göknar odunundan elde edilen ÇLK'lerin ortotropik özellikleri kullanılarak bilgisayar ortamında simülasyonu ile yerli odun türlerimizin yapı sektöründe kullanılması açısından önem arz etmektedir.

#### Yazar katkıları

Fikir: H.K., E.G., M.U.; Yönetim: E.G., M.U.; Veri toplama: H.K., E.G., Analizler: H.K., E.G., M.U.; Literatür taraması: H.K., Kaleme alma: H.K., Son Kontrol: H.K., E.G., M.U.

#### Kaynaklar

Diaz, A.R., Flores, E.I.S., Yanez, S.J., Vasco, D.A., Pina, J.C., 2019. Multiscale modeling of the thermal conductivity of wood and its application to cross-laminated timber. *International Journal of Thermal Sciences*, 144: 79-92. Doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.05.016

Eppstein, D., 2001. Global Optimization of Mesh Quality. Univ. of California. Dept. of Information and Computer Science. arnold-neumaier.at/glopt/mss/Epp01.pdf (Erişim tarihi: 17 Nisan 2024)

Güntekin, E., 2004. Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi. *Türkiye Ormanlık Dergisi* 5(1): 159-172. Doi.org/10.18182/tjf.22108

Haftkhani, A.R., Hematabadi, H., 2022. Effect of layer arrangement on bending strength of cross-laminated timber (CLT) manufactured from poplar (*Populus deltoides* L.). *Buildings*, 12(5): 608. Doi.org/10.3390/buildings12050608

Kozaric, L., Purcar, M.V., Tekic, Z., Besevic, M., Zivkovic, S., 2020. Dynamic characteristics of CLT panels: Computer modelling and simulations. *Proceeding of IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 789(1): 012031, Doi.org/10.1088/1757-899X/789/1/012031

Okuni, I.M., Bradford, T., 2021. Modelling of elevated temperature performance of adhesives used in cross laminated timber: An application of ANSYS Mechanical 2020 R1 Structural Analysis Software. *Environ. Sci. Proc.*, 3(1): 46. Doi.org/10.3390/IECF2020-07902

Şirin, G., Aydemir, D., 2016. Sonlu Elemanlar Metodunun ahşap malzemelerde kullanımına ilişkin bir araştırma. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2): 205-212. Doi.org/10.27011/barofd.272971

Tavşan, C., Şahiner Tufan, A., Tavşan, F., 2022. Ekolojik malzeme olan ahşapla yapılan çok katlı yapılar. *Mimarlık ve Yaşam*, 7(1): 291-309. Doi.org/10.26835/my.1018854

Topçu, M., Taşgetiren, S., 1998. Mühendisler İçin Sonlu Elemanlar Metodu, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını. ISBN: 9756992034

URL-1: PUU-Info. Ürün Satın Alma Kılavuzu. puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/08/ahsap\_urun\_satın\_alma\_kilavuzu\_2018.pdf (Erişim tarihi: 17 Nisan 2024)

Uysal, M., Eren, O., Karatay, H., Memiş, D., 2022. Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen çapraz lamine kerestelerinin eğilme özelliklerinin incelenmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 23(4): 313-319. Doi.org/10.18182/tjf.1166361

Vilguts, A., Serdjuks, D., Pakrastins, L., 2015. Design methods of elements from cross-laminated timber subjected to flexure. *Procedia Engineering*, 117: 10-19. Doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.117

Yılmaz Aydın, T., Özveren, A., 2019. Effects of moisture content on elastic constants of fir wood. *European J. Wood and Wood Prod.* 77: 63-70. Doi.org/10.1007/s00107-018-1363-3



## Analyze the effects of CNC machining parameters on the surface roughness ( $R_z$ ) of Anatolian chestnut

### CNC işleme parametrelerinin Anadolu kestanesinin yüzey pürüzlülüğü ( $R_z$ ) üzerindeki etkilerinin incelenmesi

Oruç ARAS<sup>1</sup> , Sait Dündar SOFUOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya, Türkiye

<sup>2</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Simav/Kütahya, Türkiye

Sorumlu yazar:  
Sait Dündar SOFUOĞLU

E-mail:  
sdundar.sofuoglu@dpu.edu.tr

Gönderim Tarihi:  
09/04/2024

Kabul Tarihi:  
24/05/2024

Atf:  
Aras, O., Sofuoğlu, S. D. 2024. Analyze the effects of CNC machining parameters on the surface roughness ( $R_z$ ) of Anatolian chestnut. Ağaç ve Orman, 5(1). 42-50.  
DOI:10.59751/agacorman.1467058

#### Abstract

The effect of processing parameters on the surface roughness parameter  $R_z$  (mean peak-to-valley height) in CNC machining of Anatolian chestnut (*Castenia sativa* Mill.) wood species used in the woodworking and furniture industry was investigated. The machining conditions were determined to obtain the lowest  $R_z$  value. The experiments were carried out at the speeds of 8000, 12000, and 16000 rpm and the feed rates of 1000, 1500, and 2000 mm/min with 3 and 4 machining layers by using two different cutters with a diameter of 8 mm.  $R_z$  measurements were made on the obtained surfaces using the needle scanning method according to TS EN ISO 21920-2 (2021). In the measurements perpendicular to the fibers, the lowest  $R_z$  values were obtained with cutter type 2 (the cutter of the three cutting edge straight end mill), at 16000 rpm speed, 1000/2000 mm/min feed rate, and four machining layers. In the measurements made parallel to the fibers, the lowest  $R_z$  values were obtained at the cutter type 2 (the cutter of the three cutting edge straight end mill), at the speed of 16000 rpm and the feed rate of 1000/2000 mm/min and 4th step-down. A smooth surface (lower  $R_z$  value) was obtained with fourth cuts (step down, cut layer) instead of third cuts.

**Keywords:** Anatolian chestnut CNC, machining, surface roughness,  $R_z$ .

#### Özet

Mobilya ve ağaç işleme sanayisinde kullanılan yerli ağaç türlerinden Anadolu kestanesi (*Castenia sativa* Mill.)'nin CNC ile işlenmesinde işleme parametrelerinin  $R_z$  yüzey pürüzlülük parametresi üzerine etkisi incelenmiştir. En düşük  $R_z$  değerinin elde edilebilmesi için işleme koşulları belirlenmiştir. Denemeler iki farklı kesici kullanılarak (çap=8 mm) 8000, 12000 ve 16000 devir/dakika devir sayılarında ve 1000, 1500 ve 2000 mm/dak ilerleme hızlarında 3 ve 4 olmak üzere farklı iki işleme katman sayısında yapılmıştır. İşleme sonucu meydana gelen yüzeylerin zeminlerinde dokunmalı iğne taramalı yöntem kullanılarak TS 6956 EN ISO 4287' e göre  $R_z$  (ortalama tepe-vadi yüksekliği) tespiti yapılmıştır. Liflere dik yapılan ölçümlerde en düşük  $R_z$  değerleri 2 no'lu (3 kesici kenarlı düz parmak freze) kesici tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000/2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. Liflere paralel yapılan ölçümlerde en düşük  $R_z$  değerleri 2 no'lu kesici (3 kesici kenarlı düz parmak freze) tipinde, 16000 dev/dak devir sayısında, 1000/2000 mm/dak ilerleme hızında ve 4 işleme katman sayısında elde edilmiştir. 3 kesiş ile alan boşaltma yerine 4 kesiş ile yapılan alan boşaltma da düzgün yüzey (daha düşük  $R_z$  değeri) elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Anadolu kestanesi, CNC, işleme, yüzey pürüzlülüğü,  $R_z$ .

## 1. Introductions

In products with wood and wood-based materials, high surface quality is a desired feature during and after production. Surface quality is one of the most critical factors determining the quality in the furniture and woodworking sector. The machining technique is a critical factor that forms the surface quality of wood material. The use of CNC machines in the Turkish furniture industry started in the 1990s (Koç and Koç, 2005). Nowadays, CNC machines in the furniture industry fulfill customer demands and enable the application of various designs. Low labor costs and the ability to produce quality

products increase competitiveness (Karagöz, 2010). The machining strategy and parameters, and cutting tool must be correctly selected (Karagöz, 2011). Settings such as the number of revolutions used in machining, feed speed, depth of cut, machining strategy, depth of cut, etc., are determined with the CNC programs (Bal and Akçakaya, 2018). These factors change the surface roughness of the processed surface. With the decrease in forest assets worldwide, both producers and users should process the wood material more efficiently, evaluate it, and use it for a more extended period. Non-smooth surfaces in one of the processing stages of wood material causes additional processes, such as sanding in the next production stage (Aykaç, 2018). Wood materials generally give higher roughness values than similar materials where surface

smoothness is essential. Wood materials should be processed with appropriate tools, cutters, and machines. Otherwise, undesirable defective surfaces may occur. Surface quality can be related to surface roughness in the joints of wood materials, adhesion strength at joints and surfaces, and the success of finishes (Jakub and Martino, 2005). It is significant to know and apply the machining properties of the wood species and the machining properties appropriate for them (Sofuoğlu, 2008). As a rule, the feed rate, number of cutter marks per unit distance, and depth of cut must be kept small when the density of the workpiece being processed increases (iron, steel, etc.). Low-density and easy-to-process materials such as wood are kept large, and these settings vary according to the material density (Bal, 2018). There are studies on the determination of surface quality in CNC machining of wood and wood-based materials by changing various machining parameters (Kilic et al., 2006; Karagöz, 2010; Sütçü and Karagöz, 2012; Kacal and Sofuoglu, 2013; Sofuoglu and Kaçal, 2013; Sofuoglu, 2015a; Sofuoglu, 2015b; Sofuoglu, 2016; Koç et al., 2017; Bal, 2018; İşleyen and Karamanoğlu, 2019, Kaba and Bal, 2024). Heat-treated (Ergin and Sofuoglu, 2023), surface densified (Tosun and Sofuoglu, 2023a, Tosun and Sofuoglu, 2023a, Sofuoglu et al., 2023) studies were also carried out to determine the optimum parameters in CNC hole drilling process. Machining time (Dumanoglu and Bal, 2022) and energy consumption (Bal et al., 2022) are also investigated. There are also review articles on the subject (Khorasani et al., 2012; Gurau and Irle, 2017). Different results may occur in each wood species due to its heterogeneous structure. This study aimed to investigate the relationship between machining parameters and  $R_z$  surface roughness in CNC machining of Anatolian chestnut wood species and determine the optimum conditions for obtaining the lowest  $R_z$  value.

## 2. Material and Method

### 2.2. Material

The study used an Anatolian chestnut (*Castenia sativa* Mill.) wood sample as the experiment material. The wood was randomly selected from the sawmill in Simav, Kutahya. The air dry density was determined as 0.56 g/cm<sup>3</sup>.

The specimens were machined using the SKILLED 2040 three-axis CNC vertical machining machine located in

Kutahya Dumlupinar University Simav Technology Faculty Woodworking Industrial Engineering Departmen.

As the cutter type, straight-end mills with 8 mm diameter and a different number of cutting edges (2 and 3) made of high-speed steel (HSS) supplied by Netmak company were used (Figure 1). The roughness was measured using a Time TR-200 needle-scanning surface roughness measuring instrument.

### 2.2. Method

The timbers determined for the test specimen were left to natural drying for six months under room conditions. Then, they were cut to dimensions of approximately 55x6x2 cm. The specimens prepared for the experiments were kept in an air conditioning cabinet at a temperature of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  and a relative humidity of  $65 \pm 5\%$  until they reached a stable weight and the relative humidity reached  $12 \pm 2\%$ . Using the software, L-shaped zigzag machining was carried out with long sides of 5 cm and short sides of 2 cm, with a machining depth of 10 mm. The machining parameters and levels determined in the creation of the experimental design are given in Table 1. A schematic representation of the experimental design is given in Figure 1.

The parameter  $R_z$  (arithmetic mean of the highest and lowest five points, a total of ten points) was used to obtain roughness data. The  $R_z$  parameter is a valuable complement to the  $R_a$  parameter as it defines the height of individual irregularities.  $R_z$  defines the gradual removal of protruding fibers from the surface and the reduction of deep grooves created on the surface simultaneously. In the direction perpendicular to the fibers, the parameter is also an indicator of the decrease in the differences between earlywood and latewood (Adamcik et al., 2024). The test was conducted according to ISO 21920-2 (2021) standard. The wood surface roughness parameter  $R_z$  was evaluated in two directions: parallel and perpendicular to fibers. The measurement step (cut-off) was taken at 0.8 mm. The device was used to determine the surface roughness values of the specimens, which were placed parallel to the ground with five repetitions. During the measurement process, the calibration of the device was checked at specific intervals.

Table 1. Parameters used in the face milling of Anatolian chestnut (Aras, 2019).

Machining parameters	Coded levels		
Number of stepdown	3	4	
Spindle speed (rpm)	8000	12000	16000
Feed (mm/min)	1000	1500	2000
Cutter type	1 (The cutter with the two cutting-edge straight end mills)	2 (with the three cutting edge straight end mills)	

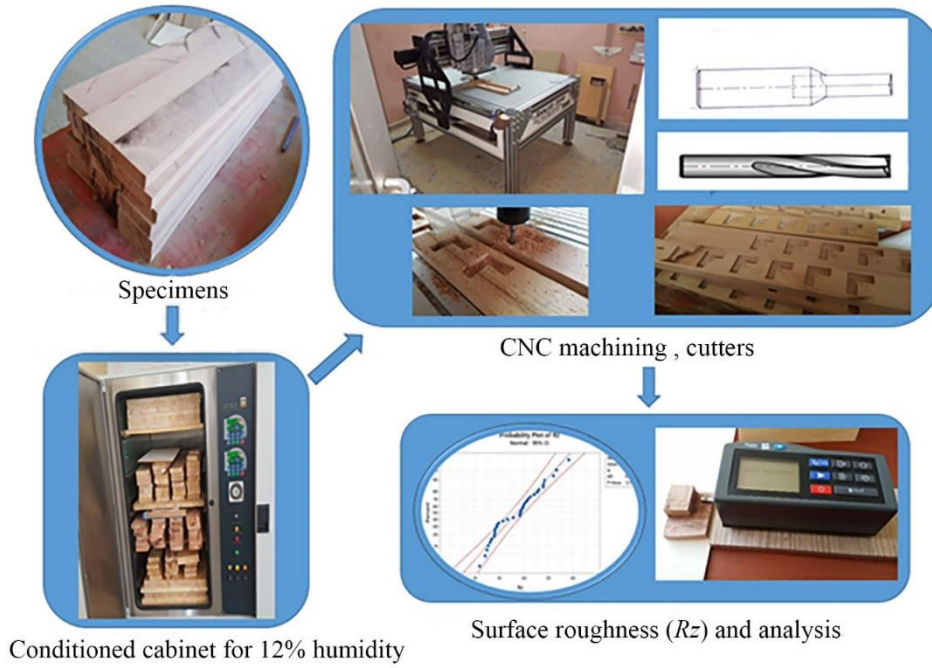


Figure 1. Schematic representation of the experimental design.

### 2.3. Statistical analysis

Using Minitab software, a normality test was performed on the obtained data at a 95% confidence level. Analysis of variance (ANOVA) was applied to the data, and evaluations were made with main effect and interaction graphs between factors. The results are given in tables and graphs.

### 3. Results and Discussion

Roughness measurements perpendicular and parallel to the fibers on the machined ground surfaces were carried out and evaluated using statistical methods to determine the effect of

cutter type, speed, feed rate, and number of cut layers on  $Rz$  on the machined ground surfaces.  $Rz$  values obtained are given in Table 2.

In Figure 2, the normality test was performed on the  $Rz$  values obtained from the measurements perpendicular to the fibers. The p-value is more significant than 0.05 ( $P=0.753$ ), so the  $Rz$  values are normally distributed at a 95% confidence level.

The results of the analysis of variance for  $Rz$  in measurements perpendicular to the fibers are given in Table 3.

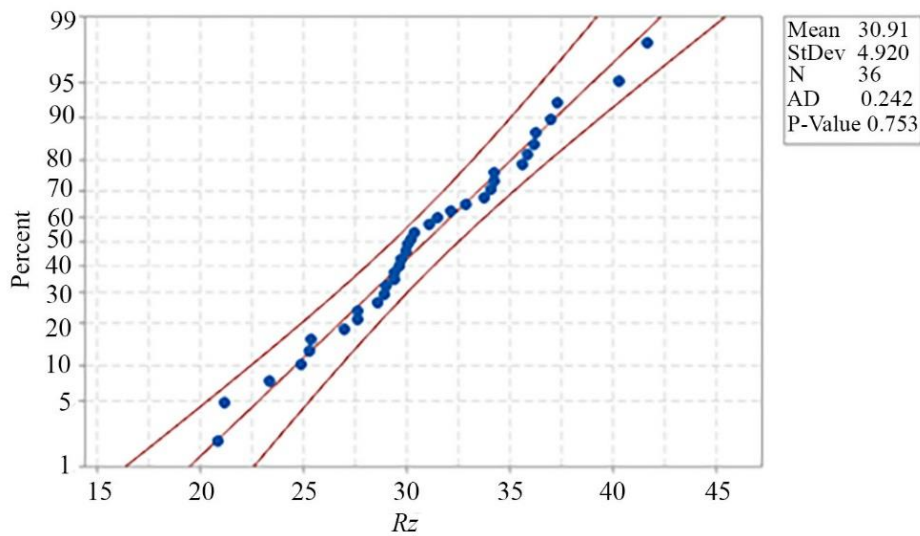


Figure 2. Normality plot for  $Rz$  for measurements perpendicular to the fibers.

Table 2.  $R_z$  values obtained from measurements perpendicular and parallel to the fibers on the ground surfaces (Aras, 2019).

Cutter type	Spindle speed (rpm)	Feed (mm/min)	Number of stepdown	$R_z$ ( $\mu\text{m}$ )	
				Perpendicular to the fibers	Parallel to the fibers
1	8000	1000	3	32.167	23.048
1	8000	1000	4	29.367	12.387
1	8000	1500	3	35.918	13.950
1	8000	1500	4	34.090	24.187
1	8000	2000	3	21.150	19.130
1	8000	2000	4	30.200	15.690
1	12000	1000	3	28.610	13.873
1	12000	1000	4	36.167	19.750
1	12000	1500	3	36.247	14.457
1	12000	1500	4	37.014	11.990
1	12000	2000	3	41.680	26.017
1	12000	2000	4	29.028	14.473
1	16000	1000	3	29.763	13.043
1	16000	1000	4	28.920	29.223
1	16000	1500	3	34.220	24.013
1	16000	1500	4	29.417	21.260
1	16000	2000	3	29.640	20.033
1	16000	2000	4	37.313	19.200
2	8000	1000	3	30.388	20.830
2	8000	1000	4	26.950	22.110
2	8000	1500	3	34.268	19.350
2	8000	1500	4	29.983	19.727
2	8000	2000	3	33.780	16.583
2	8000	2000	4	20.823	14.030
2	12000	1000	3	32.896	19.357
2	12000	1000	4	27.628	13.330
2	12000	1500	3	31.073	20.573
2	12000	1500	4	27.593	23.970
2	12000	2000	3	24.900	14.840
2	12000	2000	4	31.536	17.807
2	16000	1000	3	25.347	20.167
2	16000	1000	4	25.297	14.043
2	16000	1500	3	40.347	22.717
2	16000	1500	4	23.564	12.640
2	16000	2000	3	23.287	26.723
2	16000	2000	4	30.070	10.855

Table 3. Analysis of variance results for  $R_z$  in measurements perpendicular to the fibers.

Source	Degree of freedom	$R_z$			
		Sum of squares	Mean squares	F	P
Cutter type	1	183.06	183.06	4.52	0.042
Spindle speed (rpm)	2	92.94	46.47	1.15	0.331
Feed (mm/min)	2	22.85	11.43	0.28	0.756
Number of stepdown	1	71.46	71.46	1.77	0.194
Error	29	1173.69	40.47		
Total	35	1544.00			

According to the results of the analysis of variance at 95% confidence level, there is a statistically significant difference for  $R_z$  since  $P=0.042<0.05$  for cutter type. There is no significant difference for all other factors due to  $p\text{-value}>0.05$ . Figure 3 shows the main effect plot for  $R_z$  for measurements perpendicular to the fibers on the surface.

According to the main effect plot in Figure 4, lower  $R_z$  values were obtained on the surfaces machined with the cutter of the three cutting-edge straight-end mills. The roughness value increased when the number of revolutions increased from 8000 rpm to 12000 rpm. In the case of increasing to 16000 rpm, the



$R_z$  value decreased, and the lowest roughness value was obtained at this speed. The lowest roughness value was obtained at 1000 mm/min feed, while the roughness value increased when the feed increased to 1500. The highest roughness value occurred at 1500 mm/min. The values were nearly identical

at 1000 and 2000 mm/min feed rates. The lowest  $R_z$  values were obtained with the three cutting-edge straight-end mills, 16000 rpm, 1000/2000 mm/min feed, and the fourth cut layers.

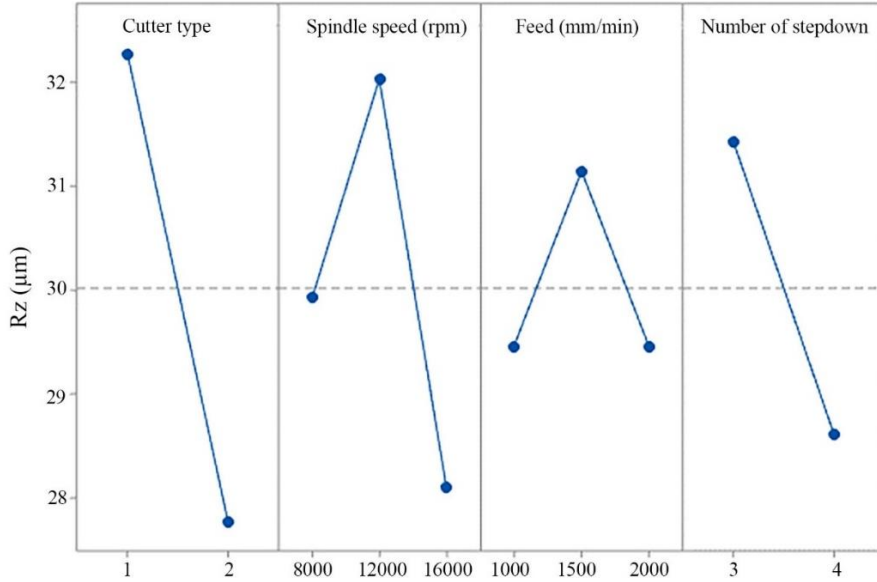


Figure 3. Effect of cutter type, speed, feed rate, and number of cut layers on  $R_z$  in measurements perpendicular to the fibers.

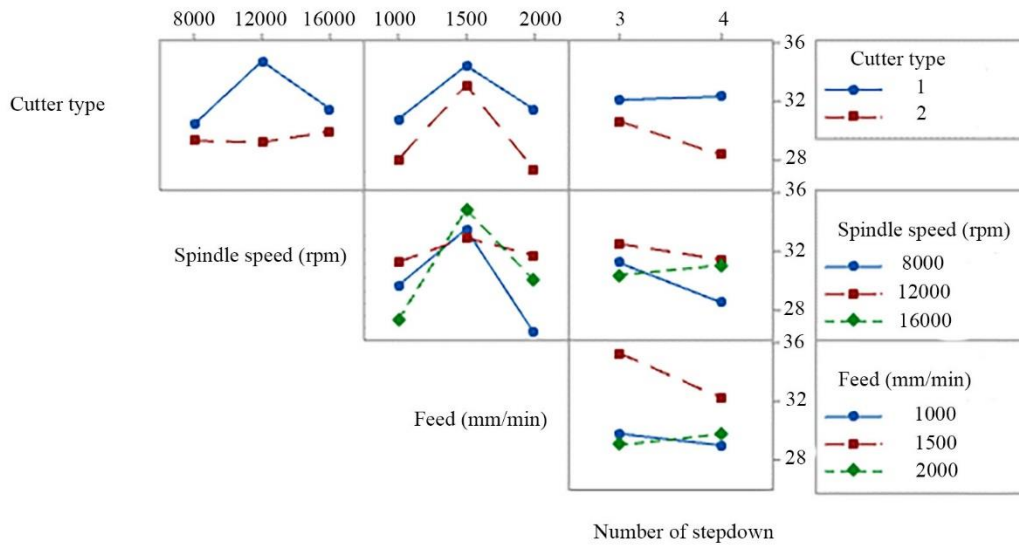


Figure 4. Interactions of processing factors in terms of  $R_z$  in measurements perpendicular to the fibers.

As can be seen in the interaction plot, the cutter of the two cutting-edge straight-end mills gives  $R_z$  values close to each other at both machining layer numbers. In comparison, the cutter of the three cutting edge straight end mills gives a lower  $R_z$  value at the fourth step-downs. At 8000 and 12000 rpm, the lowest  $R_z$  value was obtained at the fourth machining layers, while at 16000 rpm, the lowest  $R_z$  value was obtained at the third step-downs. At 1000 and 2000 mm/min feed rates, close  $R_z$  values were obtained between the number of machining layers, while a lower  $R_z$  value was obtained at 1500

mm/min feed rate with the fourth step-downs. The highest  $R_z$  values were obtained at 1500 mm/min feed rate in both cutters and each speed. The highest  $R_z$  value was obtained at 1500 mm/min feed rate at all three speeds. The cutter with the three cutting-edge straight-end mills gave lower  $R_z$  values at both machining layer numbers, all feeds, and all speeds.

The normality plot of  $R_z$  values obtained in surface roughness measurements parallel to the fibers is given in Figure 5.

Since  $p\text{-value}=0.119>0.05$  was obtained according to the normality plot, it is obvious that the average  $R_z$  values obtained in the average roughness measurement are normally distributed at a 95% confidence level.

Table 4 gives the results of the variance analysis for the surface roughness parameters in the measurements made parallel to the fibers on the surface.

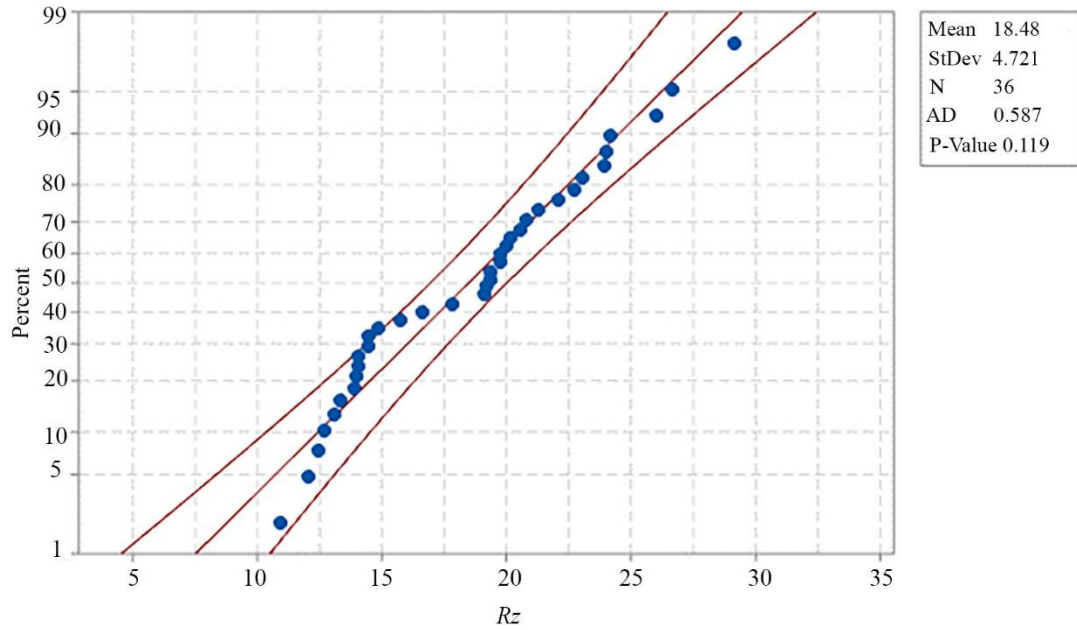


Figure 5. Normality plot for  $R_z$  for measurements parallel to the fibers.

Table 4. Analysis of variance results for  $R_z$  in measurements parallel to the fibers.

Source	Degree of freedom	$R_z$			
		Sum of squares	Mean squares	F	P
Cutter type	1	1.024	1.024	0.04	0.840
Spindle speed (rpm)	2	23.047	11.524	0.46	0.633
Feed (mm/min)	2	7.590	3.795	0.15	0.859
Number of stepdown	1	28.501	28.501	1.15	0.293
Error	29	719.973	24.827		
Total	35	780.135			

According to the variance analysis results for  $R_z$  at a 95% confidence level, there is no significant difference in all factors since  $P>0.05$ . Figure 9 shows the main effect plot for  $R_z$  in the measurements made parallel to the fibers on the surface.

As can be seen in the main effect plot for  $R_z$  in the measurements parallel to the fibers (Figure 6), smoother surfaces were obtained on the surfaces machined with the cutter of the three cutting-edge straight-end mills. However, closer values were obtained compared to the measurement perpendicular to these fibers. When the spindle speed was increased from 8000 rpm to 12000 rpm, a decrease occurred in the roughness value. When increased to 16000 rpm, the  $R_z$  value increased again, and the lowest  $R_z$  value was obtained at 12000 rpm. While the highest  $R_z$  value occurred at 12000 rpm in the measurement perpendicular to the fibers, the lowest  $R_z$  value was obtained in the measurement parallel to the fibers. When the feed was increased from 1000 mm/min to 1500, an increase in the roughness value occurred, and when the feed was increased

to 2000 mm/min, the  $R_z$  value close to the  $R_z$  value obtained at 1000 mm/min was obtained again. The lowest  $R_z$  values were obtained with the cutter of the three cutting-edge straight-end mills, 16000 rpm, 1000 or 2000 mm/min feed, and the fourth step-down.

According to Figure 7, when the interaction graph of the measurements made parallel to the fibers is evaluated in general, it can be said that lower roughness values are obtained with cutter type 2 (the cutter of the three cutting-edge straight-end mill). Similar to the measurements perpendicular to the fibers, in the measurements parallel to the fibers, at a feed of 1000 mm/min, cutter types 1 and 2 gave similar  $R_z$  values.

With the increase in the number of revolutions in rotary cutters, roughness values decrease, and smoother surfaces can be obtained (Karagoz, 2010; Sutcu and Karagoz, 2012; Sofuoglu, 2015a; Sofuoglu, 2015b; Koç, et al., 2017; Hazır, et al., 2018; Aykac and Sofuoglu, 2021; Tosun, 2021). When

evaluated in general, it is seen that the values obtained in the study show similar trends to those in the literature. It can be considered that the differences that occur in some cases may be due to the increase in vibration at some speeds in CNC and the anatomical structure of the wood material due to its heterogeneous structure. As a result, a linear graph may not appear. Smoother surfaces can be achieved by increasing the number of cutting marks per unit distance on the material surface of the cutters. (Malkocoglu and Özdemir, 2006; Usta et al.,

2007; Sofuoglu, 2008; Sofuoglu and Kurtoglu, 2014; Tiryaki, 2014). In this case, the fact that cutter No. 2 has three blades and its side surfaces have helical, beveled cutting edges provided smoother surfaces in the machining of the surfaces and similar results to the literature were obtained. It is also known that softwood is resinous. The surface roughness parameter  $R_z$  is slightly influenced by the presence of resin canals in wood macrostructure (Vitosytè, et al., 2015).

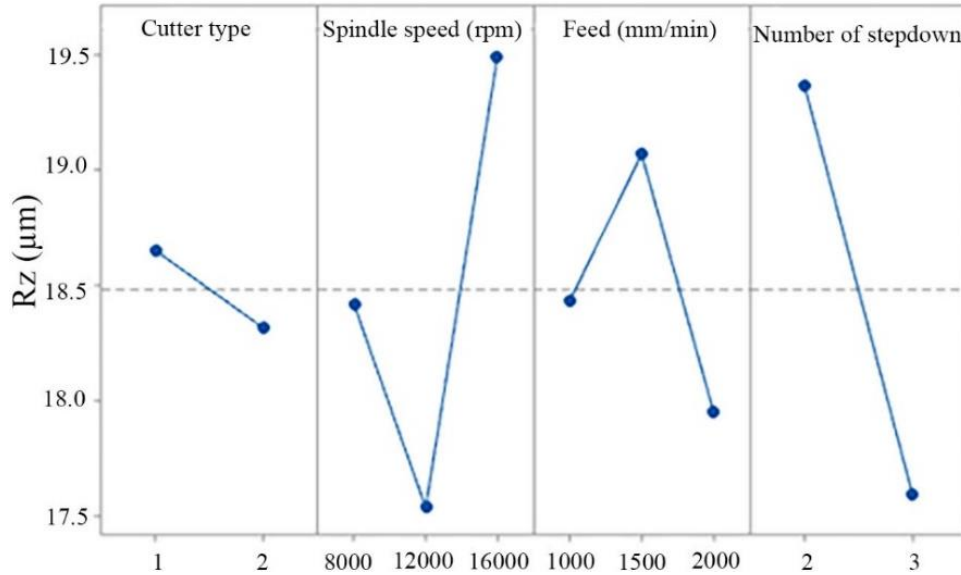


Figure 6. Effect of cutter type, spindle speed, feed, and number of stepdown on  $R_z$  in measurements parallel to the fibers.

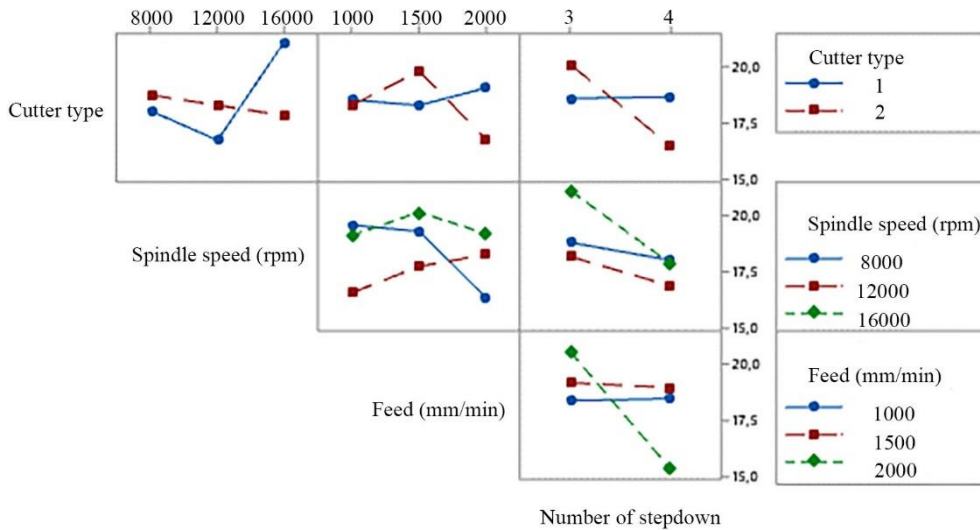


Figure 7. Interactions of processing factors in terms of  $R_z$  in measurements parallel to the fibers.

#### 4. Conclusions

In this study, machining was carried out on a CNC machine by changing various parameters to determine the optimum machining conditions by obtaining the lowest  $R_z$  roughness value of the samples prepared from Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood species. When the roughness values obtained are analyzed,

- Increasing the feed rate had different, independent effects on the roughness parallel and perpendicular to the fibers.

The lowest value occurred in  $R_z$  perpendicular to the fibers, and the highest value occurred in  $R_z$  parallel to the fibers at the highest spindle speed (16000 rpm). It is obvious that the effect of measurement direction on  $R_z$  was different.

- Feed rate variations, the number of machining layers, and the cutter type had similar effect on  $R_z$  in both measurement directions. The lowest  $R_z$  values were obtained with cutter type 2 (with the three cutting-edge straight-end mills), 16000 rpm, 1000/2000 mm/min feed rate, and four

machining layers in the measurements perpendicular to the fibers.

- The lowest  $R_z$  values were obtained at the cutter type 2 (the cutter of the three cutting edge straight end mill), at a speed of 16000 rpm, at a feed rate of 1000/2000 mm/min and the fourth machining layers in the measurements parallel to the fibers.
- A smoother surface (lower  $R_z$  value) was obtained with four cuts (step-down) compare to those of three cuts.
- The data should be evaluated, and machining should be performed using the optimum parameters to obtain minimum roughness values.
- Since CNC machining characteristics will differ for each wood type, optimum points can be determined by changing the parameters such as cutter type, wood type, moisture content, etc.

### Acknowledgment

This article is based on Oruç ARAS's master thesis entitled "Investigation of the relationship between machining parameters in different massive wood sections at CNC milling operations “.

### Author contributions

Concept: O.A., S.D.S.; Design: O.A., S.D.S.; Supervision: S.D.S.; Data Collection: O.A.; Analysis: O.A., S.D.S.; Literature Search: O.A., S.D.S.; Writing Manuscript: O.A.; Critical Review: S.D.S

### References

- Aras, O., 2019. Investigation of the Relationship Between Machining Parameters in Different Massive Wood Sections at CNC Milling Operations, Kutahya Dumlupinar University, Graduate School of Sciences, Master Thesis, Kutahya, Türkiye.
- Aykaç, E., 2018. Investigation of the effect of machining parameters on surface quality in Bamboo, Kutahya Dumlupinar University, Graduate School of Sciences, Master thesis, Kutahya, Türkiye.
- Aykac, E., Sofuoğlu, S.D., 2021. Investigation of the effect of machining parameters on surface quality in bamboo. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, 28(2): 684-689. <https://doi.org/10.17559/TV-20200102202928>
- Bal, B.C., 2018. The effects of some tool paths adjustments of CNC machines on surface roughness and processing time of fiberboards, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1): 21-30. <https://doi.org/10.33725/mamad.427588>
- Bal, B.C., Akçakaya, E., 2018. The effects of step over, feed rate and finish depth on the surface roughness of fiberboard processed with CNC machine, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(2): 86-93. <https://doi.org/10.33725/mamad.481278>
- Bal, B. C., Mengelöglu, F., Akcakaya, E., Gündes, Z., 2022. Effects of cutter parameters on surface roughness of fiberboard and energy consumption of CNC machine. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(3): 264-272. <https://doi.org/10.17475/kastorman.1215347>
- Dumanoglu, F., Bal, B.C., 2022. Effects of machining parameters on the processing time and surface roughness of fiberboards formed by CNC machine. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 25(4): 615-621. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1144224>
- Ergin, U., Sofuoğlu, S. D., 2023. Determination of machining characteristics of heat-treated Siberian pine (*Pinus sibirica*). *Drvna Industrija*, 74(2): 139-152. <https://doi.org/10.5552/drvid.2023.0003>
- Gurau, L., Irle, M., 2017, Surface roughness evaluation methods for wood products: A review, *Current Forestry Reports*, 3: 119-131. <https://doi.org/10.1007/s40725-017-0053-4>
- Hazir, E., Erdinler, E.S., Koc, K.H., 2018. Optimization of CNC cutting parameters using design of experiment (DOE) and desirability function. *Journal of Forestry Research*, 29(5): 1423-1434. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0555-8>
- Isleyen, U.K., Karamanoglu, M., 2019. The influence of machining parameters on surface roughness of MDF in milling operation. *Bio-Resources*, 14(2): 3266-3277. <https://doi.org/10.15376/biores.14.2.3266-3277>
- Jakub, S., Martino, N., 2005. Wood surface roughness-What is it, Rosenheim Workshop, 29–30 September 2005, Boku University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Kaba, O., Bal, B.C., 2024. Investigation of the effect of CNC machine cutting parameters on the surface roughness of walnut wood. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 27(1): 69-77. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1352802>
- Kaçal, A., Sofuoğlu, S.D., 2013. Experimentally and Statistically Evaluating of Drilling of Massive Wooden Table which is Made of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.), 21<sup>st</sup> International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan. August 4-7, 2013, 421-428.
- Karagöz, Ü., 2010. Investigation of Machining Parameters on the Surface Quality in CNC Routing Wood And Wood-Based Materials, Süleyman Demirel University, Graduate School of Sciences, Master thesis, Isparta.
- Karagöz, Ü., 2011. The effecting factors on surface quality of wood and wood-based materials machined by CNC. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 11(1): 18-26.
- Kilic, M., Hiziroglu, S., Burdurlu, E., 2006, Effect of machining on surface roughness of wood, *Building and Environment*, 41(8): 1074-1078. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.008>
- Khorasani, A.M., Yazdi, M.R.S., Safizadeh, M.S., 2012, Analysis of machining parameters effects on surface roughness: a review, *Int. J. Computational Materials Science and Surface Engineering*, 5(1): 68-84
- Koc, K.H., Erdinler, E.S., Hazır, E., Öztürk, E., 2017. Effect of CNC application parameters on wooden surface quality, *Measurement*, 107: 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.05.001>
- Koç, K.H., Koç, R., 2005. Bilgisayar destekli üretim ve Türkiye mobilya endüstrisinin geleceği, *Mobilya Dekorasyon*, 67: 22-38. <http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/MAKALE/M4628.pdf>
- Malkoçoğlu, A., Ozdemir, T., 2006. The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey. *Journal of Materials Processing Technology*, 173(3): 315–320. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.09.031>
- Sofuoğlu, S.D., 2008. Effect of Wood Machining Properties of Some Native Wood Species on Surface Quality, İstanbul University, Institute of Sciences, PhD thesis, İstanbul.

- Sofuoglu, S.D., 2015a. Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge-glued panels made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi design method. *BioResources*, 10(4): 6797-6808. <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.7772-7781>
- Sofuoglu, S.D., 2015b. Using artificial neural networks to model the surface roughness of massive wooden edge-glued panels made of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in a machining process with computer numerical control. *BioResources*, 10(4): 6797-6808. <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.6797-6808>
- Sofuoglu, S.D., 2016. Determination of Optimal Machining Parameters of Massive Wooden Edge- Glued Panels Which is Made of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), Using Taguchi Design Methods. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75(1):33-42. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1028-z>
- Sofuoglu, S.D., Kaçal, A., 2013. Investigating of machining performance in terms of tool wear and hole accuracy in drilling of particleboard surfaced with synthetic resin sheet, 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Japan, August 4-7, 2013, s. 233-240.
- Sofuoglu, S.D., Kurtoğlu, A., 2014. Some machining properties of 4 wood species grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3): 420-427. <https://doi.org/10.3906/tar-1304-124>
- Sofuoglu, S. D., Tosun, M., Atılğan, A., 2023. Determination of the machining characteristics of Uludağ fir (*Abies nordmanniana* Mattf.) densified by compressing. *Wood Material Science & Engineering*, 18(3): 841–851. <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2080586>
- Suçtu, A., Karagoz, U., 2012. Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF, *Wood Research*, 57(2): 231-240.
- Tiryaki, S., 2014. Effecting factors on surface roughness in wood machining. 15(2): 176-182. <https://doi.org/10.18182/tjf.93755>
- Tosun, M., 2021. The Effect of Thermo-Mechanical Densification on Machining Properties of Massive Wooden Material, Kutahya Dumlupınar University, Institute of Graduate Education, Master thesis, Kutahya, Turkiye.
- Tosun, M., Sofuoglu, S. D., 2023. The use of an artificial neural network for predicting the machining characterising of wood materials densified by compressing. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 7(1): 55-62.
- Tosun, M., Sofuoglu, S. D. (2023). Determination of processing characteristics of wood materials densified by compressing. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 25:1-16. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-221x2023000100427>
- ISO 21920-2, 2021. Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile - Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters
- Usta, I., Demirci, S., Kılıç, Y., 2007. Comparison of surface roughness of Locust Acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) and European Oak (*Quercus petraea* (Mattu.) Lieble.) in terms of the preparative process by planning. *Building and Environment*, 42: 2988-2992.
- Vitosyté, J., Ukvalbergiené, K., and Keturakis G., 2015. Roughness of sanded wood surface: an impact of wood species, grain direction and grit size of abrasive material. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 21(2): 255-259 (5), <https://doi.org/10.5755/j01.mm.21.2.5882>



## Depo istif hacminin İHA teknolojisi ile hesaplanması: Samsun ili Tekkeköy Orman Deposu örneği

### Calculation of depot stack volume using UAV technology: A case study of Tekkeköy Forest Depot in Samsun Province

Turan SÖNMEZ <sup>id</sup>, Emir Talha KARAHAN <sup>id</sup>, Furkan Emre AKSAKAL <sup>id</sup>, Burhan GENÇAL <sup>id</sup>

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:  
Burhan GENÇAL

E-mail:  
burhan.gencal@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:  
05/04/2024

Kabul Tarihi:  
04/06/2024

Atf:  
Sönmez, T., Karahan, E. T., Aksakal, F. E., Gençal, B. 2024. Depo istif hacminin İHA teknolojisi ile hesaplanması: Samsun ili Tekkeköy Orman Deposu örneği. Ağaç ve Orman, 5(1): 51-57.  
DOI:10.59751/agacorman.1465184

#### Özet

Bu çalışma, İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojisi kullanılarak bir orman deposundaki odun hacminin hesaplanması araştırmaktadır. Çalışma, Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Samsun Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Tekkeköy Orman Deposu'nda gerçekleştirilmiştir. Depodaki 30 adet kayın tomruk istifi hacmi, DJI Matrice 300 RTK İHA ve Zennuse P1 kamera ile toplanan görüntüler aracılığıyla Agisoft Metashape yazılımı kullanılarak fotogrametrik yöntemlerle ölçülmüştür. İHA uçuşları sonucunda hesaplanan tomruk hacimlerinde depo kayıtları ile karşılaştırılmış, uygulamada bulunan yerlerle depo verileri arasında -6,681 m<sup>3</sup> ile +7,829 m<sup>3</sup> arasında değişen hacim farkları gözlemlenmiştir. Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi kullanılarak, İHA ve yazılımlar kullanılarak hesaplanan hacim ölçümleri ile gerçek depo ölçümleri arasında fark olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucu (t = -1,576; p = 0,126) iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı ortaya konulmuştur. Bu bulgular, İHA tekniklerinin tomruk istif hacmi tahmininde yersel ölçümlere güvenilir bir alternatif olabileceğini göstermektedir. Araştırmanın sınırlı sayıda örnekleme göz önünde bulundurulduğunda, gelecekteki çalışmalarda örneklem sayısının ve çeşitliliğinin artırılması, bu yöntemin genel uygulanabilirliğini ve güvenilirliğini daha da pekiştirecektir. Bu çalışma, ormancılık sektöründe dijital teknolojilerin kullanımının önemini vurgulamakta ve tomruk istif hacmi tahmininde İHA kullanımının başarılı bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar kelimeler:** İHA teknolojisi, tomruk hacmi tahmini, uzaktan algılama, orman deposu.

#### Abstract

This study investigates the feasibility of calculating wood volume in a forest depot using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology. The research was conducted at the Tekkeköy Forest Depot, affiliated with the Samsun Forest Management Directorate of the Amasya Regional Forest Directorate. The volume of 30 beech log stacks in the depot was measured using photogrammetric methods with images collected by the DJI Matrice 300 RTK UAV and Zennuse P1 camera, processed with Agisoft Metashape software. The log volumes calculated as a result of the UAV flights showed variations in the range of -6.681 m<sup>3</sup> to 7.829 m<sup>3</sup> and were consistent with the depot volumes. A Paired Sample T-Test was employed to investigate if there was a significant difference between the volume measurements calculated using UAV and software and the actual depot measurements. The analysis results (t = -1.576; p = 0.126) indicated no statistically significant difference between the two methods. These findings suggest that UAV techniques could be a reliable alternative to terrestrial measurements for estimating the volume of log stacks. Considering the limited number of samples in this research, increasing the sample size and diversity in future studies will further reinforce the general applicability and reliability of this method. This study demonstrates the success of using UAVs in log volume estimation and emphasizes the importance of utilizing digital technologies in the forestry sector by offering innovative solutions for estimating the volume of log stacks.

**Keywords:** UAV technology, log volume estimation, remote sensing, forest depot.

## 1. Giriş

Küresel ticaretin gelişmesiyle, kereste üretimi, sürdürülebilir kaynak yönetimi ile sanayi ve yerel piyasaların artan talepleri arasındaki karmaşık dengeyi temsil eden önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization-FAO), 2020 yılında geçici bir düşüş yaşanmasının ardından, endüstriyel odun üretimi 2021'de %3,8'lik bir artışla yeniden yükselişe geçmiş ve 2022'de %0,04'lük küçük bir artış göstermiştir. Böylece 2022 yılı sonunda toplam üretim tahmini 510 milyon m<sup>3</sup> hacme ulaşmıştır. Bu hacim, 2000'li yıllara kıyasla küresel odun üretiminde %26'lık bir artış işaret etmektedir (Eurostat, 2023).

Endüstriyel odun, ormanlardan elde edilen en önemli ürünlerden biri olarak kabul edilerek ve Avrupa'da gayrisafı yurtiçi hasılanın %0,7'sini temsil etmektedir. (UNECE, 2020). Türkiye'de ise durum incelendiğinde, OGM (2009)'ne göre 2000 yılında endüstriyel odun üretimi ve yakacak odun üretimi sırasıyla yaklaşık 7,3 milyon m<sup>3</sup> ve 5,9 milyon m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. OGM (2024) yılındaki programa göre endüstriyel odun 25,6 milyon m<sup>3</sup> yakacak odun ise 4,9 milyon m<sup>3</sup> olarak planlanmıştır. Löwe vd. (2019), endüstriyel odunun ormancılıkta en önemli gelir kaynağı olduğunu belirtmiştir. Pazar yerinde birim fiyatı belirleyen sınıflandırmaların yanı sıra, ticarete konu odunun miktarını niceliksel olarak belirlemek için hacmin doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir.

Odun miktarının yanlış tahminlerinin işletmelerin ekonomisini oldukça etkilemektedir. Kereste tedarik zincirinde, yüksek ekonomik etkisi nedeniyle yuvarlak odunun ölçümü önemli bir rol oynamaktadır (Berendt vd., 2019). Tüm bu veriler ve bilgiler ışığında küresel ölçekteki kereste talebi artmaya devam ederken, ormancılık sektörü, özellikle endüstriyel odun alanında, üretim ve ticaret uygulamalarının verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırmak için yenilikçi çözümler aramaktadır. Son yıllarda, İnsansız Hava Araçları (İHA) birçok alanda, özellikle orman yönetimi olmak üzere, esneklik, maliyet etkinliği, güvenilirlik ve otonomi sağlayarak ve orta ile küçük ölçekli alanlarda yüksek çözünürlüklü veri toplama yetenekleri sayesinde devrim yaratmıştır (Zhang vd., 2016; Eker vd., 2018) İHA'ların uzaktan algılama uygulamalarında kullanımı sürekli genişlemekte olup, sürdürülebilir orman yönetimi için orman yapısı, meşcere hacmi, artım ve büyüme gibi bilgiler sağlamada temel bir araç haline gelmiştir (Tang ve Shao, 2015). İHA teknolojileri, özellikle orman örtüsünün genişliğini ve değişimini izleme, envanter ve haritalama, hacim, biyokütle ve zaman içinde karbon depolama, ormansızlaşma, yangın sonrası rehabilitasyon, orman sağlığı, karbon miktarı, iklim değişikliğinin etkileri gibi orman bilimindeki birçok uygulamada giderek daha fazla kullanılmaktadır (Ullah vd., 2016; Hopkinson vd., 2016; Kamlun vd., 2016; Chu ve Guo, 2013; Hall vd., 2016; Kumar vd., 2016; Schäfer vd., 2016; Steinaker vd., 2016). İHA'ları, zorlu arazi koşullarında bile yüksek çözünürlüklü ve doğru veri toplama kabiliyetleri sayesinde, orman depolarında tomruk istiflerinin hacim ölçümünde etkin bir araç haline gelmiştir. Bu teknolojinin uygulamaya alınması, geleneksel yöntemlere göre önemli zaman ve maliyet tasarrufu sağlamakta, ayrıca insan hatasını azaltarak ölçüm süreçlerinin doğruluğunu artırmaktadır (Lucieer vd., 2014). Bununla birlikte, İHA teknolojisinin operasyonel maliyetleri, teknik gereksinimleri ve kötü hava koşullarında sınırlı kullanımı gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu teknolojinin orman yönetimindeki potansiyelini tam olarak değerlendirebilmek için, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, operatörlere yönelik eğitim programlarının geliştirilmesi ve daha dayanıklı İHA modellerinin tasarlanması gerekmektedir (Shervais, 2015; Steinaker vd., 2016). İHA destekli fotogrametrik yöntemler, yapısal hareketten (Structure from Motion - SfM) algoritması ile birleştirilerek, tomruk istiflerinin üç boyutlu (3B) sayısal modellerini oluşturmaktadır. Bu sayede, orman depolarındaki hacim tahminleri daha etkin ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu fotogrametrik ölçüm yöntemlerinin keşfi, geleneksel uygulamalarla teknolojinin entegrasyonu sayesinde odun hacmi tahmininde doğruluk ve verimlilik potansiyelini vurgulayan birçok çalışmanın odak noktası olmuştur. Boberg ve Lilja (2016), Berendt vd., (2021), Cremer vd., (2021) gibi araştırmacılar, bu amaçla akıllı telefonların kullanımını derinlemesine incelemiş ve bu cihazların orman ölçümlerindeki pratikliğini ve erişilebilirliğini ortaya koymuştur. Bu noktada foto-optik olarak bilinen bazı mobil uygulamalarla (Polycam, Scanner 3D Scanner vb.), kolaylıkla tek veya istif şeklindeki odunların hacmi hesaplanabilmektedir. Bu yaklaşım, envanter sürecini hızlandırmakla kalmayıp, potansiyel insan hatasını da azaltarak, depoda bulunan tomrukların hacimlerinin daha güvenilir tahminini sağlamaktadır. Bu makalenin amacı,

orman içerisinde orman deposuna götürülen tomrukların istiflendikten sonra tomruk hacim tahminlerini, fotogrametrik işlemleri kullanarak bir İHA yardımı ile tahmin etmektir.

## 2. Materyal ve Metot

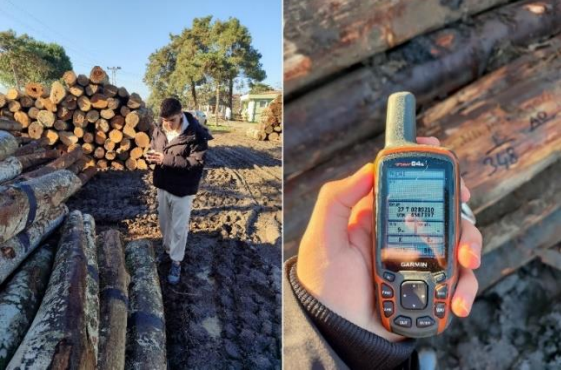
Çalışma, 2023 Ağustos ayında Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Samsun Orman İşletme Müdürlüğü Tekkeköy Orman İşletme Şefliği'ne ait orman deposunda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Tekkeköy orman deposu yaklaşık 2.5 hektar büyüklüğünde olup çeşitli türlerde ve sınıflarda odunlar bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının havadan ve yerden görüntüleri.  
Figure 1. Aerial and ground-level views of the study area.

Çalışma için 35 adet Kayın istifi depoda belirlenmiş ve hacimleri depo kayıtlarından alınmıştır. Çalışma kapsamında incelenen tomruk istifleri, normal uzunluklarda (2,5- 4 metre arasında) ve 3. sınıf kalın çap grubuna giren (40-49 cm çap aralığında) boyutlarda belirlenmiştir. Depodaki tomruk istiflerinin hacmi, depo kayıtlarından alınan verilere dayanarak değerlendirilmiştir. Bu kayıtlar, yerel pazarda kereste ticareti için kabul edilen standart yöntemlere uygun olarak daha önce hesaplanmış hacim bilgilerini içermektedir. Bu önceden belirlenmiş hacimler, her bir kerestenin orta çapının ölçülmesi ve bu ölçümlerin sektörde yaygın olarak kullanılan kübaj tabloları yoluyla elde edilmiştir. Kübaj tablosu, her bir kerestenin orta çapının ve uzunluğunun ölçülmesi ve bu ölçümlerin belirli bir formül veya tablo aracılığıyla hacme dönüştürülmesi işlemidir. Bu yöntem, özellikle yuvarlak odun gibi standart olmayan boyutlara sahip ürünler için pratik ve hızlı bir çözüm sunmaktadır. İHA teknolojisi ve depo kayıtlarını kıyaslamak için her bir istifin koordinatı GPS ile kayıt altına alınmıştır. İHA ve GPS'in koordinat sistemi UTM Zone 37N olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 2).

İHA teknolojisi ile yapılan ölçümlerde ise DJI Matrice 300 RTK ve İHA'ya entegre DJI Zenmuse P1 adlı kamera kullanılmıştır (Şekil 3). DJI Matrice 300 RTK, önde gelen ticari İHA modellerinden biri olup, 8,37 kg net ağırlık ve 810 × 670 × 430 mm boyutlarındadır. Çift GNSS RTK alıcısı ile donatılmış olan bu platform, birçok uydu sistemleriyle uyumlu çalışarak, D-RTK modunda dikey ve yatay boyutlarda ±0,1 m'lik hassasiyete ulaşmaktadır.



Şekil 2. GPS kullanarak istif konumlarının belirlenmesi.  
Figure 2. Identification of stack locations using GPS.



Şekil 3. Araştırmada kullanılan insansız hava aracı (DJI Matrice 300 RTK).

Figure 3. The unmanned aerial vehicle deployed for research (DJI Matrice 300 RTK).

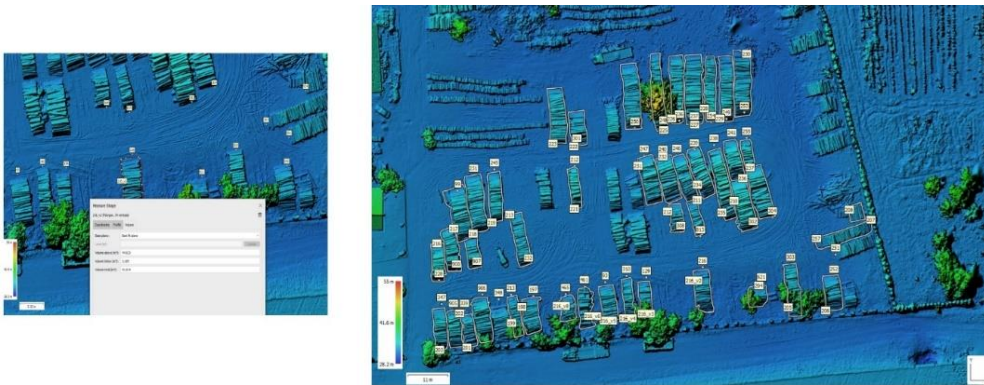
Çalışma kapsamında İHA'ya monte edilen DJI Zenmuse P1 kamerası mekanik deklanşöre ve tam kare sensöre ( $35,9 \times 24$  mm) sahiptir. Bu kamera, yer kontrol noktaları (YKN) kullanılmadan, tek bir uçuşta  $3 \text{ km}^2$ 'lik bir alanı, İHA'nda bulunan RTK aracılığıyla elde edilen konum bilgilerine göre  $0,03 \text{ m} - 0,05 \text{ m}$  arasında bir doğrulukla haritalayabilmektedir. Kameranın akıllı eğik çekim yeteneği sayesinde, tek bir uçuşta hem dik hem de eğik görüntüler elde edilir, bu da görüntülerin Yapıdan Hareket (SfM) algoritması kullanılarak işlenmesine olanak tanır. Uçuş planı ve haritalama görevi DJI Fly uygulamasında oluşturulmuş ve uçuş yüksekliği olarak  $110 \text{ m}$  seçilmiştir. Bu yükseklik seçimi, İHA operasyonlarında geniş alanların etkin bir şekilde haritalanması ve yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmesi arasında optimal bir denge sağlamaktadır. Uçuş yüksekliğinin çalışma sonuçları üzerindeki etkileri, tartışma bölümünde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ön ve yan bindirme %80 olarak belirlenmiş ve kamera alana göre  $90^\circ$  açıda uçuşu tamamlamıştır. Bu

sayede alanın 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4). Yoğun bir nokta bulutu, yüksek çözünürlüklü bir SYM ve ortofoto üretmek için SfM metodolojisi uygulanmıştır.



Şekil 4. Çalışma alanının gerçek renkli 3B model görseli.  
Figure 4. Real color 3D model visual of the study area.

Yaklaşık 6 dakika süren uçuşta toplam 273 fotoğraf kaydedilmiştir. Fotogrametrik analiz süreci, Agisoft Metashape (Agisoft, 2019) yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup, bu analiz sonucunda elde edilen nokta bulutu, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve ortofoto, tomruk istiflerinin hacimlerinin belirlenmesinde temel veri kaynakları olarak kullanılmıştır. Nokta bulutu, çok sayıda görüntüden elde edilen üç boyutlu koordinatların yoğun bir koleksiyonu olarak, istiflerin boyut ve hacimlerinin yüksek doğrulukla tespit edilmesini sağlamaktadır. SYM ise, arazi yüzeyinin ve dolayısıyla üzerinde yer alan istiflerin yükseklik bilgisini sağlayarak, hacim hesaplamalarının daha doğru bir referans noktasına dayandırılarak yapılmasına olanak tanımaktadır. Ortofoto ise, zeminin gerçek renk ve detaylarını yansıtarak istiflerin konumlarının ve sınırlarının daha kolay belirlenmesini sağlamıştır. Ortalama ortofoto çözünürlüğü ve SYM çözünürlüğü sırasıyla  $1,2 \text{ cm}$  ve  $3,88 \text{ cm}$  olarak ölçülmüştür. Çalışmada, Agisoft Metashape yazılımı kullanılarak SYM verilerinden hacim hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için, yazılımdaki model alanında bulunan 'Draw Polygon' (Poligon Çizim) aracı kullanılmıştır. İlk olarak, SYM üzerinde dikkatli bir şekilde tomrukların sınırları çizilir. Poligon çizimi tamamlandıktan sonra, şekil üzerinde sağ tıklayarak açılan menüden 'Measure' (Ölçüm) seçeneği seçilir ve ardından 'Volume' (Hacim) sekmesine gidilir. Burada, 'Volume Total ( $\text{m}^3$ )' alanından istenilen hacim elde edilebilir (Şekil 5).



Şekil 5. Sayısal yükseklik modelinde poligon aracı kullanarak hacim tahmini.  
Figure 5. Estimating volume with polygon tool in the digital elevation model.



Verilerin istatistiksel analizleri SPSS 28 adlı programda değerlendirilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğinin belirlenmesi için Shapiro Wilks testi uygulanmıştır. Test bulgularında normal dağılım tespit edilmiştir, bu nedenle analizde parametrik testler kullanılmıştır. Yersel ölçülen hacim verisi ile İHA yardımıyla ölçülen hacim verilerini karşılaştırmak için Eşleştirilmiş Örneklem T-testi kullanılmıştır. Ölçümlerde anlamlılık düzeyi 0,05 alınmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, İHA teknolojisinin tomruk hacim tahmininde kullanım potansiyelini değerlendirmek amacıyla, Tekkeköy orman deposu üzerinde İHA ile bir uçuş gerçekleştirilmiştir. Yoğun bir nokta bulutu, yüksek çözünürlüklü bir SYM ve ortofoto üretmek için SfM metodolojisi uygulanmıştır. Elde edilen SYM ve ortofoto, sırasıyla, 3,88 cm ve 1,2 cm'lik çözünürlüğe sahiptir. Bu çalışmada, tomruk hacmi hesaplamaları için nokta bulutundan elde edilen ortofoto ve SYM'den yararlanılmıştır; bu bulut, uçuş alanının hepsini içine alan 30 milyona yakın nokta içermekte ve nokta yoğunluğu açısından oldukça detaylı bir veri seti oluşturmuştur. İncelenen 35 tomruk istifi içerisinde beş istif, ağaç tacı altında kaldığı için (Şekil 6.) hacim hesaplamasına dahil edilememiştir; bu sebeple 30 tomruk üzerinden analiz yürütülmüştür. Araştırmada incelenen istifinin hesaplanan hacimleri, depo kayıtlarıyla karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Yersel ölçüm yöntemleri ve İHA teknolojisi kullanımı neticesinde elde edilen ortalama hacim değerleri sırasıyla 48,03 m<sup>3</sup> ve 49,0 m<sup>3</sup> olarak saptanmıştır.



Şekil 6. Çalışma alanındaki bir ağacın taç yapısının hacim hesabındaki engellemesi.

Figure 6. Canopy interference in volume calculation of a tree in the study area.

İHA ile yapılan uçuşlar sonucunda hesaplanan tomruk hacimlerinde depo kayıtları ile karşılaştırıldığında, uygulamada bulunan verilerle depo verileri arasında -6,681 m<sup>3</sup> ile +7,829 m<sup>3</sup> arasında değişen hacim farkları gözlemlenmiştir (Tablo 1). Depo kayıtlarındaki en yüksek ve en düşük hacim değerleri 105,24 m<sup>3</sup> ve 5,35 m<sup>3</sup> olarak belirlenirken, İHA teknolojisi

kullanılarak hesaplanan hacimlerin en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla 104,22 m<sup>3</sup> ve 8,34 m<sup>3</sup> olarak kayıtlara geçmiştir. Karşılaştırma sonucunda İHA teknolojisi kullanılarak belirlenen istif hacimlerinde yaklaşık +%2'lik bir hacim farkı ortaya çıktığı saptanmıştır. Her iki teknik de benzer standart sapma ve hata değerlerine sahip olduğundan, ölçümlerin güvenilirliği açısından tutarlılık göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 1. Hesaplanan hacim ile depo hacminin karşılaştırmalı analizi.

Table 1. Comparative analysis of calculated volume and depot volume.

İstif No	İstifteki Odun sayısı	Depo Kayıtlarındaki Hacim (A)	İHA ile Hesaplanan Hacim (B)	Fark (B-A)
99	154	62,614	60,096	-2,518
212	115	48,902	51,641	2,739
213	220	29,108	32,193	3,085
216	215	44,979	41,514	-3,465
228	74	45,048	47,945	2,897
231	301	64,008	64,829	0,821
238	288	105,246	104,223	-1,023
239	186	59,220	63,041	3,821
240	131	55,196	48,515	-6,681
241	128	44,152	46,382	2,230
245	157	57,692	57,627	-0,065
246	249	38,236	31,670	-6,566
247	292	59,679	62,985	3,306
249	452	69,711	72,951	3,240
253	239	72,096	72,207	0,111
254	239	72,096	71,171	-0,925
255	92	25,089	25,859	0,770
301	191	92,528	93,01	0,482
303	143	55,146	60,791	5,645
304	183	82,977	82,407	-0,570
308	74	23,654	30,453	6,799
310	116	33,86	31,477	-2,383
347	211	33,556	32,785	-0,771
465	67	23,655	22,000	-1,655
524	32	5,357	8,345	2,988
621	49	13,891	17,518	3,627
813	124	19,442	27,271	7,829
905	129	30,376	30,345	-0,031
907	75	26,354	28,821	2,467
908	122	47,104	50,174	3,070

İHA teknolojisi kullanılarak yapılan hacim hesaplamaları ile depo kayıtlarındaki hacimler arasında ilişki olup olmadığı Pearson Korelasyon analizi ile araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucu hacimler arasında istatistiksel olarak çok kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği ve sonuçların anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $r=0,99$ ;  $p<0,05$ ) (Tablo 3).

Depo kayıtları ile İHA teknolojisi arasındaki hacim değerleri farkının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için hipotez testi yapılmıştır. Yapılan Eşleştirilmiş Örneklem T-testi sonucunda, iki ölçüm yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı ortaya konmuştur ( $t = -1,576$ ;  $p = 0,126$ ) (Tablo 4).

Tablo 2. Farklı ölçüm teknikleriyle elde edilen hacimlerin karşılaştırmalı değerlendirilmesi.  
Table 2. Comparative evaluation of volumes derived from different measurement techniques.

Ölçüm Tekniği	Ortalama Hacim (m <sup>3</sup> )	İstif Sayısı (adet)	Minimum	Maksimum	Standart sapma	Standart Hata	Hacim farkı (%)
Depo Kayıtları	48,03	30	5,35	105,24	23,65	4,31	-
İHA Teknolojisi	49,0	30	8,34	104,22	23,03	4,20	+2,01

Tablo 3. Ölçüm teknikleri arasındaki korelasyonları değerlendirmek için yapılan pearson analizi sonuçları.  
Table 3. Pearson analysis outcomes for assessing correlations among measurement techniques.

Değişken	N	r	p
Depo Kayıtları	30	0,99	0,000
İHA Teknolojisi			

Tablo 4. Ölçüm tekniklerinin ortalamaları arasındaki karşılaştırmayı içeren Eşleştirilmiş Örneklem T-testi sonuçları.  
Table 4. Paired Sample T-test outcomes comparing mean values of measurement techniques.

Ölçüm Tekniği	N	$\bar{x}$	$Sh_x$	t Testi		
				t	Sd	p
Depo Kayıtları	30	48,03	4,31	-1,576	29	0,126
İHA Teknolojisi	30	49,0	4,20			

Bu bulgular, depo kayıtları ve İHA teknolojisi aracılığıyla elde edilen hacim tahminlerinin uyumlu olduğunu göstermektedir. İHA teknolojisi, ormancılık sektöründe depodaki odun istiflerinin hacminin belirlenmesi için pratik ve yenilikçi bir alternatif sunabilir. İHA ile elde edilen ve depo kayıtlarındaki hacimler arasındaki farklılıklar, uçuş açılarının neden olduğu görüntüleme hataları, sensör kalitesi, uçuş yüksekliği gibi teknik faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Eker ve Aydın, 2020). Ayrıca, araştırma sahasının yerleşim koşulları ve odun istiflerinin yerleşimi, İHA teknolojisiyle yapılan ölçümlerin hassasiyetini etkileyebilmektedir.

Eker ve Aydın (2020)'nin araştırması, İHA teknolojisi ve geleneksel yöntemler arasındaki odun hacmi ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasını ele almıştır. Çalışmada dört adet istifin hacim farkı dağılımının +4,402 m<sup>3</sup> ile -0,255 m<sup>3</sup> arasında değiştiğini belirlenmiş, ölçüm teknikleri arasındaki varyasyonları ve potansiyel doğruluk sınırlarını gösterilmiştir.

Çalışmamızda uygulanan 110 metre uçuş yüksekliği, işletme tarafından önerilen standart bir protokol olmasına rağmen, farklı uçuş yüksekliklerinin araştırma sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendirmek önemlidir. Genel olarak, daha düşük bir uçuş yüksekliği (örneğin, 40, 50 veya 70 metre), görüntü detaylarının artmasını sağlayarak daha yüksek çözünürlüklü veri toplamasına olanak tanır. Bununla birlikte, bu yüksekliklerde uçuş süresi artar ve kapsanan alan azalır, bu da geniş alanların haritalanması için gereken zamanı ve maliyeti artırabilir. Ayrıca, alçak irtifada uçuşlar daha fazla hava trafiği engeline maruz kalabilir ve bu da İHA'nın güvenliği açısından risk oluşturabilir.

Çalışmamızda, İHA ile yapılan hacim ölçümleri sırasında bazı tomruk istiflerinin ağaç tacı gibi doğal engellerle kapanmış olması nedeniyle 5 adet istif analiz dışı bırakılmıştır. Bu durum, İHA ile yapılan depo hacmi ölçümlerinde karşılaşılabilecek zorlukları göstermektedir. İdeal olarak, her türlü engelin varlığında bile doğru hacim hesaplamalarının yapılabilmesi için gelişmiş görüntü işleme teknikleri ve engelleri tanı-

yıp aşabilen algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, bu engellerin hacim hesaplamalarına etkisini minimize edecek şekilde veri işleme yöntemleri geliştirilebilir. Ayrıca, engellerin konumlarının daha detaylı haritalanması, engellerin veri üzerindeki etkilerini azaltabilir. Bu çalışmada ele alınamayan bu tür gelişmiş yöntemler, gelecekteki araştırmalarda İHA kullanımının doğruluğunu artırarak daha kapsamlı veri toplama imkânı sunabilir.

Yersel ölçüm yöntemi ile İHA teknolojisi ile yapılan ölçümler arasındaki farklar, özellikle tomruk istifleri arasındaki boşlukların varlığı göz önünde bulundurulduğunda önem kazanmaktadır. Çalışmamızda, geleneksel yöntemlerle hesaplanan hacimler, tomrukların orta çap bilgileri kullanılarak kübaj tablosu aracılığıyla elde edilmiştir. Bu yöntem, genellikle her bir tomruğun hacmini ayrı ayrı hesaplar ve istifler arasındaki boşlukları göz ardı eder. Buna karşın, İHA ile yapılan ölçümlerde, tomruklar arasındaki boşluklar da dahil olmak üzere tüm istifin hacmi hesaplanmaktadır. Bu durum, İHA ölçümlerinin genellikle daha yüksek hacim değerleri vermesine neden olabilir. Bu farkın, tomruk istiflerinin şekli ve düzenlenme biçimi nedeniyle değişkenlik gösterdiği bilinmektedir. İHA'ları ile yapılan hacim ölçümünde bu boşlukların doğru bir şekilde hesaba katılması için geliştirilmiş görüntü işleme algoritmalarının kullanılması önerilmektedir. Bu algoritmalar, tomruk ve boşlukları daha kesin bir şekilde ayırt edebilir ve böylece daha doğru hacim hesaplamalarına imkân tanıyabilir. Ayrıca, bu tür farklılıkları daha iyi anlamak ve gelişmiş ölçüm tekniklerinin entegrasyonu konusunda gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturabilir.

Günümüzde, ormancılık sektöründe dijital teknolojilerin kullanımını hızla artmaktadır. Bu da alan çalışmalarının verimliliğini ve doğruluğunu önemli ölçüde artırmaktadır. Yüksek çözünürlüklü kameraların yanı sıra artık özellikle Işık Algılama ve Mesafe Belirleme (Lidar - Laser Imaging Detection and Ranging) teknolojisinin entegrasyonu sayesinde, odunların ölçümünde yeni alanlar açmaktadır. Bu sayede dar konumlandırılan istiflerin arasına bile Lidar ışınları girebilmekte ve

daha doğru tahminler bulunabilmektedir. Ayrıca İHA'lara takılan Lidar sensörlerinin yanında iOS işletim sistemine sahip cihazlarda kullanılmaya başlanan Lidar orman envanteri ve tek ağaç hacmi ölçümleri gibi spesifik alanlarda önemli avantajlar sunmaktadır. Balzter vd. (2007), Magnussen vd. (2018), Pyörälä vd. (2019), Gollob vd. (2021) ve Xu vd. (2021) tarafından yapılan çalışmalar, LiDAR'ın orman envanteri ölçümlerindeki etkinliğini göstermiştir. Bu gelişmeler, ormancılık sektörünün geleceğinde dijital teknolojilerin merkezi bir rol oynayacağını ve arazi çalışmalarının doğruluğunu ve hızını artırarak sektörü daha da ileriye taşıyacağını göstermektedir.

#### 4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, bir İHA ile elde edilen görüntüler üzerinden Agisoft Metashape yazılımı kullanılarak hacim tahminleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, yersel ölçümler ile uzaktan algılama yöntemleri arasındaki hacim değerleri farklılığının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için yapılan T-testiyle değerlendirilmiştir. Yapılan Eşleştirilmiş Örneklem T-testi sonucu, iki ölçüm yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı ( $t = -1,576$ ;  $p = 0,126$ ) bulunmuştur. Karşılaştırma sonucunda İHA teknolojisi kullanılarak belirlenen istif hacimlerinde yaklaşık %2'lik bir hacim farkı ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç, İHA yardımıyla elde edilen görüntüler üzerinden yapılan ölçümlerin, yersel ölçümlerle karşılaştırılabilir düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. İHA sistemlerinin kullanımı zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışma kapsamında sunulacak öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- Ormancılık sektöründeki kurum ve kuruluşlar, uzaktan algılama teknolojilerine ve özellikle uygun fiyatlı İHA veya Lidar özelliği olan tablet veya telefonların kullanımına yönelik yatırımlar artırılabilir. Bu, veri toplama süreçlerini hızlandıracaktır.
- Uzaktan algılama tekniklerinin etkin kullanımı için gerekli bilgi ve becerilere sahip personel yetiştirilmelidir. Bu amaçla, eğitim ve sertifikasyon programları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
- Uzaktan algılama tekniklerinin ormancılık sektöründeki potansiyelini daha da artırmak için, bu alanda araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yatırım yapılması önemlidir.
- İHA teknolojisinin uygulanmasındaki zorluklar, sensör teknolojisindeki gelişmelerle ve daha detaylı uçuş planlamasıyla minimize edilebilir. Fakat, elde edilen verilerin doğruluğunu artırmak için, sensör kalitesinin yanı sıra, uçuş stratejilerinin ve veri işleme tekniklerinin de sürekli olarak iyileştirilmesi gerekmektedir.
- İHA teknolojisine dayalı hacim tahminlerinin güvenilirliğini artıracak standart yöntemlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.
- İstiflerinin hacim tahminlerinde İHA teknolojisinin getirdiği yeniliklerin, bu tür teknik ve operasyonel zorluklarla başa çıkabilecek bilgi ve becerilerle desteklenmesi, bu yöntemin ormancılık sektöründe daha geniş bir kabul görmesini sağlayacaktır.
- Çalışmamızda uygulanan 110 metre yükseklik, bu tür riskleri minimize ederken, geniş bir alanın etkili bir şekilde haritalanmasını sağlamıştır. Bu yükseklikte elde edilen veriler, çalışmanın gereksinimlerini karşılamakta yeterli olmuş, ancak farklı senaryolar ve ihtiyaçlar için ideal uçuş yüksekliklerinin belirlenmesi, spesifik proje hedeflerine ve yerel koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, İHA kullanımı planlanırken, proje hedefleri ve çevresel faktörler doğrultusunda optimal uçuş yüksekliğinin dikkatlice değerlendirilmesi önerilmektedir.
- Çalışmamızda, ağaç tacı gibi doğal engeller nedeniyle bazı tomruk istiflerinin hacim ölçümlerine dahil edilememesi önemli bir sorun olarak tespit edilmiştir. Bu tür engeller, İHA ile yapılan ölçümlerin doğruluğunu etkileyebilir. Bu sorunun üstesinden gelmek için daha gelişmiş görüntü tanıma ve işleme teknikleri geliştirilmelidir. Ayrıca, İHA'nın engellere karşı daha duyarlı ve adaptif olmasını sağlayacak teknolojik iyileştirmeler yapılmalıdır. Veri işleme ve analiz yöntemlerinin optimize edilmesi de engellerin etkisini azaltacaktır. Bu yaklaşımlar, doğal engellerin varlığında bile yüksek doğrulukta hacim hesaplamalarının yapılmasını mümkün kılacaktır.
- Tomruk ve boşlukları daha doğru ayırtmak için gelişmiş görüntü işleme algoritmalarının kullanımı önerilebilir. Bu hem ölçüm doğruluğunu artırabilir hem de İHA ile yapılan ölçümlerin genel kalitesini iyileştirebilir. Bu yaklaşımlar, İHA teknolojisini kullanarak yapılan çevresel ve ormancılık çalışmalarının etkinliğini artıracaktır.

Bu çalışma, 30 adet tomruk istifi üzerinde gerçekleştirilmiş olup, uzaktan algılama tekniklerinin tomruk hacmi tahminindeki etkinliğine dair önemli bulgular sunmaktadır. Araştırmanın bu aşamasında sınırlı sayıda örneklem kullanılması, gelecekteki çalışmalar için bir temel teşkil edebilir. Elde edilen sonuçların daha geniş bir istif veya depo verisi üzerinde doğrulanması, metodolojiyi ve genel uygulanabilirliğini pekiştirecektir. Bu nedenle, örneklem büyüklüğünün ve çeşitliliğinin artırılması, çalışmanın kapsamını genişletmek ve daha kapsamlı sonuçlar elde etmek açısından değerli bir adım olacaktır. İlerleyen araştırmalarda, farklı hacim, çap veya türlere sahip daha fazla istifin incelenmesi, bulguların güvenilirliğini artıracak ve uzaktan algılama tekniklerinin tomruk istif hacmi tahminindeki potansiyelini daha net bir şekilde ortaya koyacaktır. Bu yaklaşım ile İHA veya uzaktan algılama teknolojilerinin çeşitli orman depolarında uygulanabilirliğini daha detaylı bir şekilde anlamamızı sağlayarak, ormancılık sektöründe etkin kullanımlarına dair yol gösterici olacaktır. Sonuç olarak, çalışma uzaktan algılama tekniklerinin, tomruk istif hacmi tahminleri konusunda yersel ölçümlere güvenilir bir alternatif sunabileceğini ortaya koymuştur. Bu tekniklerin etkin kullanımı, ormancılık sektöründe iş süreçlerini geliştirme ve optimizasyonuna önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Samsun Orman İşletme Müdürlüğü ve Tekkeköy Orman İşletme Şefliği'ne, özellikle de İHA uçuşunun gerçekleştirilmesinde yardımcı olan personele teşekkürlerimizi sunarız.

## Yazar katkıları

Fikir: T.S., B.G; Tasarım: T.S., B.G; Yönetim: T.S., B.G.; Veri toplama: E.T.K.; Analizler: B.G., E.T.K., F.E.A.; Literatür taraması: B.G., E.T.K., F.E.A.; Kaleme alma: T.S., B.G.; Son kontrol: T.S.

## Kaynaklar

AgiSoft, 2019. Agisoft Metashape. <https://www.agisoft.com/>

Balzter, H., Rowland, C., Saich, P., 2007. Forest canopy height and carbon estimation at Monks Wood National Nature Reserve, UK, using dual-wavelength SAR interferometry. *Remote Sensing of Environment* 108(3): 224–239. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.11.014>

Berendt, F., de Miguel-Diez, F., Wallor, E., Blasko, L., Cremer, T., 2021. Comparison of different approaches to estimate bark volume of industrial wood at disc and log scale. *Sci. Rep.*, 11, 15630.

Berendt, F., Wolfgramm, F., Cremer, T., 2021. Reliability of photo-optical measurements of log stack gross volume. *Silva Fennica* 55(3): 10555. <https://doi.org/10.14214/sf.10555>.

Boberg, A., Lilja, J., 2016. Precision vid travmätning av rundvirke med en fotoinventeringsteknik applicerat i smarta telefoner. Kandidatarbete n i skogsvetenskap. *Swedish University of Agricultural Sciences*. Uppsala, 33 p

Chu, T., Guo, X., 2013. Remote sensing techniques in monitoring post-fire effects and patterns of forest recovery in boreal forest regions: A review. *Remote Sensing*, 6(1), 470-520.

Cremer, T., Berendt, F., Diez, F. de M., Wolfgramm, F., Blasko, L., 2021. Accuracy of Photo-Optical Measurement of Wood Piles. *Environmental Sciences Proceedings* 3(1): 90. <https://doi.org/10.3390/iecf2020-08192>

DJI, 2022. Matrice 300. <https://www.dji.com> (Erişim tarihi: 15 Mart, 2024).

Eker, R., Aydın, A., Hübl, J., 2018. Unmanned aerial vehicle (UAV)-based monitoring of a landslide: Gallenzerkogel landslide (Ybbs-Lower Austria) case study. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-14.

Eker, R., Aydın, A., 2020. The use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Tracking Stock Movements in Forest Enterprise Depots. *European Journal of Forest Engineering*, 6 (2), 68-77.

Eurostat, 2023. Wood products - production and trade. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Wood\\_products\\_-\\_production\\_and\\_trade#Roundwood\\_production](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Wood_products_-_production_and_trade#Roundwood_production) (Erişim Tarihi: 15 Mart, 2024)

Gollob, C., Ritter, T., Kraßnitzer, R., Tockner, A., Nothdurft, A., 2021. Measurement of Forest Inventory Parameters with Apple iPad Pro and Integrated LiDAR Technology. *Remote Sensing* 13(16): 3129. <https://doi.org/10.3390/rs13163129>

Hall, R. J., Castilla, G., White, J. C., Cooke, B. J., Skakun, R. S., 2016. Remote sensing of forest pest damage: A review and lessons learned from a Canadian perspective. *The Canadian Entomologist*, 148(S1), 296-S356.

Hopkinson, C., Chasmer, L., Barr, A. G., Kljun, N., Black, T. A., McCaughey, J. H., 2016. Monitoring boreal forest biomass and carbon storage change by integrating airborne laser scanning, biometry

and eddy covariance data. *Remote Sensing of Environment*, 181, 82-95.

Kumar, P., Pandey, P. C., Singh, B. K., Katiyar, S., Mandal, V. P., Rani, M., Patariya, S., 2016. Estimation of accumulated soil organic carbon stock in tropical forest using geospatial strategy. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 109-123.

Löwe, R.; Sedmíková, M.; Natov, P.; Jankovský, M.; Hejmanová, P.; Dvořák, J., 2019. Differences in timber volume estimates using various algorithms available in the control and information systems of harvesters. *Forests*, 10, 388.

Lucieer, A., Jong, S. M. D., Turner, D., 2014. Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. *Progress in physical geography*, 38(1), 97-116.

Magnussen, S., Nord-Larsen, T., Riis-Nielsen, T., 2018. Lidar supported estimators of wood volume and aboveground biomass from the Danish national forest inventory (2012– 2016). *Remote Sensing of Environment* 211: 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.015>

OGM, 2009. Orman Genel Müdürlüğü Üretim Pazarlama Faaliyetleri (Bilanço Sonuçları) Değerlendirmesi. [www.ogm.gov.tr](http://www.ogm.gov.tr) (Erişim Tarihi: 15 Mart, 2024).

OGM, 2024. Orman Genel Müdürlüğü Üretim, Satış ve Stok Faaliyetleri. [www.ogm.gov.tr](http://www.ogm.gov.tr) (Erişim Tarihi: 15 Mart, 2024).

Pyrölä, J., Saarinen, N., Kankare, V., Coops, N.C., Liang, X., Wang, Y., Holopainen, M., Hyypä, J., Vastaranta, M., 2019. Variability of wood properties using airborne and terrestrial laser scanning. *Remote Sensing of Environment* 235: 111474. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111474>

Schäfer, E., Heiskanen, J., Heikinheimo, V., Pellikka, P., 2016. Mapping tree species diversity of a tropical montane forest by unsupervised clustering of airborne imaging spectroscopy data. *Ecological indicators*, 64, 49-58.

Shervais, K., (2015). Structure from motion introductory guide. Version Oct, 22, 2015.

Steinaker, D. F., Jobbágy, E. G., Martini, J. P., Arroyo, D. N., Pacheco, J. L., Marchesini, V. A., 2016. Vegetation composition and structure changes following roller-chopping deforestation in central Argentina woodlands. *Journal of Arid Environments*, 133, 19-24.

Tang, L., Shao, G., 2015. Drone remote sensing for forestry research and practices. *Journal of forestry research*, 26, 791-797.

Ullah, S., Farooq, M., Shafique, M., Siyab, M. A., Kareem, F., Dees, M., 2016. Spatial assessment of forest cover and land-use changes in the Hindu-Kush mountain ranges of northern Pakistan. *Journal of Mountain Science*, 13, 1229-1237.

UNECE, 2020. Summary for Policy Markers State of Europe's Forest. In Proceedings of the Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Bratislava, Slovakia, 14–15 April 2020.

Xu, D., Wang, H., Xu, W., Luan, Z., Xu, X., 2021. LiDAR Applications to Estimate Forest Biomass at Individual Tree Scale : Opportunities, Challenges and Future Perspectives. *Forests* 12(5): 550. <https://doi.org/10.3390/f12050550>

Zhang, J., Hu, J., Lian, J., Fan, Z., Ouyang, X., Ye, W., 2016. Seeing the forest from drones: Testing the potential of lightweight drones as a tool for long-term forest monitoring. *Biological Conservation*, 198, 60-69.