

**EDİTÖR**

*Doç. Dr. İlyas BOLAT*

**ORMAN  
ENDÜSTRİ  
MÜHENDİSLİĞİ**

*Alanında Araştırmalar ve Değerlendirmeler*

**ARALIK  
2024**

**İmtiyaz Sahibi** / Yaşar Hız  
**Yayına Hazırlayan** / Gece Kitaplığı  
**Birinci Basım** / Aralık 2024 - Ankara  
**ISBN** / 978-625-388-102-3

**© copyright**

2024, Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.  
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir  
yolla çoğaltılamaz.

**Gece Kitaplığı**

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak  
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA  
0312 384 80 40  
[www.gecekitapligi.com](http://www.gecekitapligi.com) / [gecekitapligi@gmail.com](mailto:gecekitapligi@gmail.com)

**Baskı & Cilt**

Bizim Büro  
**Sertifika No:** 42488

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ  
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE  
DEĞERLENDİRMELER**

**EDİTÖR**

**Doç. Dr. İlyas BOLAT**

**gece**  
kitaplığı



# İÇİNDEKİLER

## BÖLÜM 1

### AHŞAP AĞARTICI (TEK VE ÇİFT BİLEŞENLİ) KİMYASALLARININ HİNT GÜL AĞACINA (DALBERGIA LATİFOLIA ROXB.) AIT ODUNUNDA UYGULANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*Göksel ULAY, Ümit AYATA* ..... 7

## BÖLÜM 2

### YAPILARDA KULLANILAN YÖNLENDİRİLMİŞ YONGA ESASLI MÜHENDİSLİK ÜRÜNÜ AHŞAP MALZEMELER

*İlkay ATAR, Fatih MENGELOĞLU* ..... 17

## BÖLÜM 3

### DUT VE MERANTİ RED ODUNLARINDA RENK PARAMETRELERİ ÜZERİNE AHŞAP KORUYUCU (ANTİK VE TARÇINLI) YAĞLARIN ETKİLERİ

*Göksel ULAY, Ümit AYATA* ..... 35

## BÖLÜM 4

### CHEMICAL COMPOSITION AND FIBER PROPERTIES OF SCOTS PINE: A LITERATURE REVIEW

*Sezgin Koray GÜLSOY* ..... 49



”

## BÖLÜM 1

AHŞAP AĞARTICI (TEK VE ÇİFT  
BİLEŞENLİ) KİMYASALLARININ  
HİNT GÜL AĞACINA (DALBERGIA  
LATİFOLIA ROXB.) AİT  
ODUNUNDA UYGULANMASI  
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

*Göksel ULAY<sup>1</sup>, Ümit AYATA<sup>2</sup>*

1 Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816, gokselulay@gmail.com

2 Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822, umitayata@bayburt.edu.tr

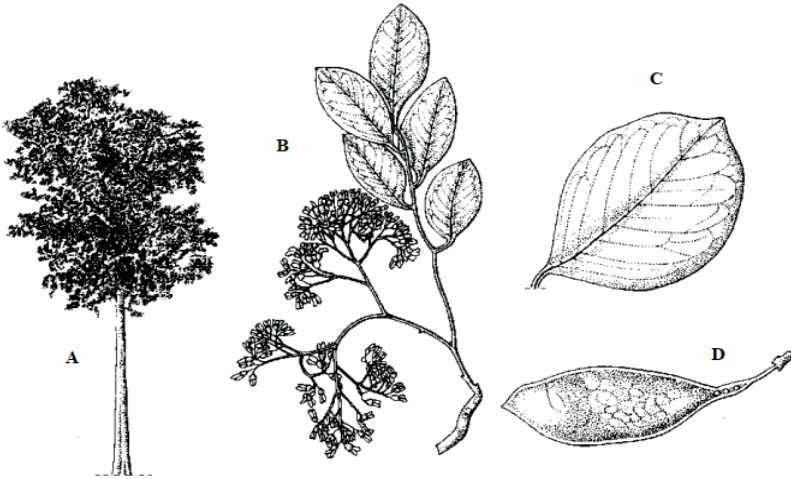
## 1. Giriş

*Dalbergia*, yaklaşık 100 tür içeren ve tüm kıtaların tropikal ve subtropikal bölgelerinde bulunan bir cinstir. Çoğu tür Asya'da (70) Kuzey Pakistan'dan Çin'e kadar bulunur ve çeşitliliğin merkezi Himalayalar'dadır. Çoğu çalı veya odunsu tırmanıcıdır. Yaklaşık 18 tür değerli keresteye sahip ağaçlardır. Yalnızca bir ağaç türü Malesian bölgesine özgüdür. Asya'da en az 7 tür değerli kereste ağacıdır ve çoğu Assam ve Burma'da bulunur. Hem sonokeling hem de sonosissoo en geniş dağılıma sahip türler arasındadır ve Asya içinde ve dışında yaygın olarak dikilirler (Lemmens and Soerianegara, 1994).

Hint gül ağacının (*Dalbergia latifolia* Roxb., syn. *Amerimnon latifolium* (Roxb.) Kuntze., syn. *Dalbergia emarginata* Roxb., Fabaceae) odunu, birçok ahşap ürünün imalatı için birinci sınıf bir kerestedir (Tewari, 1995; Jøker, 2004; Orwa ve ark., 2009; Kher ve ark., 2021).

Tür, Endonezya dilinde sonokeling olarak bilinir (Yulita ve ark., 2020). *Dalbergia latifolia* Roxb. (Fabaceae), uluslararası olarak "Hint Gülü" olarak bilinen yüksek kaliteli, yüksek fiyatlı bir kereste türüdür. Ağaçlar ağırlıklı olarak tek gövdeli, yaprak döken ve orta derecede ışık isteyen türlerdir (Troup, 1921).

Endonezya'dan bu ağaç piyasa ticareti ağırlıklı olarak yerel çiftçiler ve Devlet Orman İşletmeleri tarafından yapılmaktadır. Odun, birincil ve ikincil kereste endüstrisine yarı mamul ürünler olarak işlenmek üzere gönderilir ve ihraç edilir (Yulita ve Susila, 2019).



Şekil 1. Ağacın yapısı (A), çiçek yapısı (B), yaprak yapısı (C) ve meyve şekli (D) (Lemmens ve Soerianegara, 1994)



Endonezya’da sonokeling sadece Orta ve Doğu Java’nın ormanlarında 600 m rakımın altında, özellikle düzenli aralıklarla kayalık, verimsiz ve kuru topraklarda yabancı olarak yetişir. Kurak mevsimde yapraklarını döken mevsimlik ormanlarda, çok fazla olmamakla birlikte gruplar halinde büyümektedir (Heyne, 1987).

*Dalbergia latifolia*, *Dalbergia* cinsinin önemli bir üyesi olup, ağırlıklı olarak Hindistan’ın kuzey ve orta bölgelerinde dağılım göstermektedir (Kirtikar ve Basu, 2005).

Sonokeling odununda lignin %27, selüloz %54, pentozan %10, kül %1, silika 0.60, alkol-benzen içinde çözünürlüğü %4.50, soğuk suda çözünürlük %1.80, sıcak suda çözünürlük %5.20 ve %1’lik NaOH çözünürlüğü %15.90 olarak belirlenmiştir (Lemmens ve Soerianegara, 1994).

Sonokeling ağacı esas olarak güzel, mor, siyah veya morumsu siyah desenlere sahip, kırmızımsı kahverengi odunuyla kullanılır. Bu odun genellikle mobilya, dolap ve çeşitli yüksek sınıf ev eşyaları yapımında, dekoratif kaplaması, oymacılıkta, heykel yapımında, tornacılıkta, müzik aletleri, spor malzemeleri, şemsiye sapları, bastonlar ve diğerleri gibi bükülmüş ahşap mobilyaların yapımında sıkça kullanılmaktadır (Lemmens ve Soerianegara, 1994).

Bu çalışmada, ahşap malzeme için tasarlanmış ağartıcı (tek ve çift bileşenli) kimyasallarının sonokeling - Hint gül ağacına (*Dalbergia latifolia* Roxb.) ait odununda uygulanması sonrasında meydana gelen bazı yüzey değişimleri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Sonokeling (*Dalbergia latifolia* Roxb.) odunu örnekleri 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Numunelerde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976).

Araştırmada, tek bileşenli [oksalik asit ( $C_2H_2O_4$ )] ve çift bileşenli [hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve sodyum hidroksit (NaOH), 2:1 oranında] kimyasallar kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Sürme tekniği ile bu kimyasallar hazırlanmış olan ahşap deney örneklerine ait yüzeylere tek kat olarak bir sünger yardımıyla uygulanmıştır.

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri Whiteness Meter BDY-1 cihazı ile belirlenmiştir (ASTM E313-15e1, 2015). Parlaklık ölçümleri, ETB-0833 model gloss meter cihazı ile belirlenmiştir (ISO 2813, 1994). Renk değişimleri, CS-10 cihazı ile ölçülmüştür (ASTM D 2244-3, 2007).  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  için bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir (Lange, 1999).

Çizelge 1.  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  için bilgiler (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif sonucuna göre	Negatif sonucuna göre
$\Delta L^*$	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
$\Delta a^*$	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
$\Delta C^*$	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık
$\Delta b^*$	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi

$\Delta E^*$  için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2.  $\Delta E^*$  için kriterler (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.20	Algılanamaz
0.20 ila 0.50	Çok zayıf
0.50 ila 1.50	Zayıf
1.50 ila 3.00	Belirgin
3.00 ila 6.00	Çok belirgin
6.00 ila 12.00	Güçlü
> 12.00	Çok güçlü

Toplam renk farklılıkları aşağıda verilen formüller ile belirlenmiştir.

$$C^* = [(b^*)^2 + (a^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (3)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{ağartılmış deney örneği}} - C^*_{\text{referans değer}}) \quad (4)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{ağartılmış deney örneği}} - a^*_{\text{referans değer}}) \quad (5)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{ağartılmış deney örneği}} - L^*_{\text{referans değer}}) \quad (6)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{ağartılmış deney örneği}} - b^*_{\text{referans değer}}) \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Minimum ve maksimum değerleri, ortalama değerleri, standart sapmaları, homojenlik grupları, varyans analizleri ve % değişim oranları bir istatistik programı ile belirlenmiştir. Test başına ölçüm sayısı 10 adettir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.  $\perp$  ve  $\parallel$  20°’de parlaklık değerleri hariç diğer bütün testler üzerinde uygulamada kullanılan kimyasal türü anlamlı olarak bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Varyans analizi sonuçları (\*: anlamlı)

Test	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
$L^*$	2	733.242	366.621	169.080	0.000*
$a^*$	2	23.483	11.741	28.897	0.000*
$b^*$	2	204.218	102.109	75.582	0.000*
$C^*$	2	153.662	76.831	46.211	0.000*
$h^o$	2	923.346	461.673	334.570	0.000*
$\perp 20^\circ$ parlaklık	2	0.000	0.000		
$\perp 60^\circ$ parlaklık	2	1.571	0.785	101.942	0.000*
$\perp 85^\circ$ parlaklık	2	3.115	1.557	276.632	0.000*
$\parallel 20^\circ$ parlaklık	2	0.003	0.001	2.250	0.125
$\parallel 60^\circ$ parlaklık	2	3.699	1.849	122.382	0.000*
$\parallel 85^\circ$ parlaklık	2	7.339	3.669	142.345	0.000*
$WT^*$ ( $\perp$ )	2	178.365	89.182	228.261	0.000*
$WT^*$ ( $\parallel$ )	2	22.681	11.340	55.339	0.000*

Renk cihazı kullanılarak belirlenmiş olan renk parametrelerine ait sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Çalışma da ağartma işlemleri için her iki farklı türdeki kimyasalların kullanılması ile  $h^o$  (tek bileşenli ile %12.73 ve çift bileşenli ile %50.20),  $b^*$  (tek bileşenli ile %11.51 ve çift bileşenli ile %40.21) ve  $C^*$  (tek bileşenli ile %2.20 ve çift bileşenli ile %18.73) değerlerinde artışlar belirlenmiştir (Çizelge 4).

$b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^o$  değerlerinde en yüksek sonuçlar incelendiği zaman çift bileşenli kimyasal (sırası ile 18.40, 18.76 ve 78.79) ile bulunduğu, aynı parametreler için en düşük sonuçların ise kontrol örneklerinde (sırası ile 12.25, 13.38 ve 66.36) tespit edildiği görülmüştür (Çizelge 4).

$L^*$  değerlerinde tek bileşenli ile azalış (%4.29) bulunurken, çift bileşenli ile artış (%22.42) elde edilmiştir.  $a^*$  değerinde zıt bir durum gözlemlenmiştir (tek bileşenli ile %5.41 oranında artış bulunurken, çift bileşenli ile %31.90 oranında azalış) (Çizelge 4).

$L^*$  değerinde en yüksek sonuç çift bileşenli ağartma ile (51.70) tespit edilirken,  $a^*$  değerinde en yüksek sonuç tek bileşenli ağartma (5.65) ile bulunmuştur. Buna ek olarak,  $L^*$  değerinde en düşük sonuç tek bileşenli ağartma ile (40.42) elde edilirken,  $a^*$  değerinde ise en düşük sonuç çift bileşenli ağartma (3.65) ile tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Orta-lama	Değişim (%)	HG	Mini-mum	Maksi-mum	SS	Varyasyon Katsayısı
$L^*$	Kontrol	42.23	-	B	41.63	42.93	0.52	1.23
	Tek bileşenli	40.42	↓4.29	C**	37.01	44.13	2.44	6.04
	Çift bileşenli	51.70	↑22.42	A*	50.40	52.30	0.53	1.03
$a^*$	Kontrol	5.36	-	A	4.85	5.88	0.31	5.87
	Tek bileşenli	5.65	↑5.41	A*	3.97	7.11	1.01	17.88
	Çift bileşenli	3.65	↓31.90	B**	3.01	4.04	0.32	8.68
$b^*$	Kontrol	12.25	-	C**	11.91	12.67	0.25	2.05
	Tek bileşenli	13.81	↑12.73	B	10.67	16.23	1.93	13.96
	Çift bileşenli	18.40	↑50.20	A*	17.77	19.39	0.52	2.85
$C^*$	Kontrol	13.38	-	C**	13.06	13.89	0.31	2.34
	Tek bileşenli	14.92	↑11.51	B	11.60	17.70	2.14	14.37
	Çift bileşenli	18.76	↑40.21	A*	18.08	19.74	0.54	2.88
$h^o$	Kontrol	66.36	-	C**	64.96	68.22	1.07	1.62
	Tek bileşenli	67.82	↑2.20	B	65.76	70.86	1.48	2.18
	Çift bileşenli	78.79	↑18.73	A*	77.44	80.43	0.90	1.14

SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

Toplam renk farklılıkları için sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Toplam renk farklılıkları için sonuçlar

Uygulamada Kullanılan Kimyasallar	$\Delta a^*$	$\Delta L^*$	$\Delta b^*$	$\Delta H^*$	$\Delta C^*$	$\Delta E^*$	DIN 5033, (1979)’e Göre renk kriteri
Tek bileşenli	0.29	-1.81	1.55	0.33	1.54	2.40	Belirgin (1.5 ila 3.0)
Çift bileşenli	-1.72	9.46	6.15	3.43	5.38	11.41	Güçlü (6.0 ila 12.0)

$\Delta E^*$  değerleri tek bileşenli ile 2.40 ve çift bileşenli ile 11.41 olarak formüllüler ile hesaplanmıştır. Her iki ağartma kimyasalı ile  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  [kroma kısmı veya doygunluk farkı (Lange, 1999)] değerleri pozitif (sırası ile referansa kıyasla daha sarı ve referansa kıyasla daha net, daha parlak) olarak elde edilmiştir.  $\Delta H^*$  [ton bölümü veya gölge farkı (Lange, 1999)] değerleri tek bileşenli ile 0.33 ve çift bileşenli ile 3.43 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Renk değiştirme kriterleri (DIN 5033, 1979) için tek bileşenli için “belirgin (1.5 ila 3.0)” ve çift bileşenli için “güçlü (6.0 ila 12.0)” şeklinde bulunmuştur.  $\Delta L^*$  değerleri tek bileşenli ile negatif (referansa göre daha koyu) ve çift bileşenli ile pozitif (referansa kıyasla daha açık) olarak tespit edilirken,  $\Delta a^*$  değerleri ise tek bileşenli ile pozitif (referansa kıyasla daha

kırmızı) ve çift bileşenli ile negatif (referansa kıyasla daha yeşil) olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri için ölçüm sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Ortalama	Değişim (%)	HG	Minimum	Maksimum	SS	Varyasyon Katsayısı
$WI^*$ ( $\perp$ )	Kontrol	8.59	-	B	8.00	8.90	0.26	8.59
	Tek bileşenli	6.66	↓22.47	C**	6.00	7.60	0.57	6.66
	Çift bileşenli	12.52	↑45.75	A*	10.90	13.20	0.88	12.52
$WI^*$ ( $\parallel$ )	Kontrol	5.31	-	B	5.10	5.50	0.14	5.31
	Tek bileşenli	3.76	↓29.19	C**	3.40	3.90	0.20	3.76
	Çift bileşenli	5.80	↑9.23	A*	5.10	6.80	0.75	5.80

SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

$WI^*$  değerlerinde kontrol örnekleri  $\perp$  için 8.59 olarak ve  $\parallel$  için 5.31 olarak ölçülmüştür.  $WI^*$  ( $\perp$ ) değerlerinde en yüksek sonuç çift bileşenli (12.52) ile elde edilirken, en düşük sonuç tek bileşenli (6.66) ile belirlenmiştir.  $WI^*$  ( $\perp$ ) değerlerinde tek bileşenli ile azalış (%22.47) görülürken, çift bileşenli ile artış (%45.75) tespit edilmiştir.  $WI^*$  ( $\parallel$ ) değerlerinde ise en düşük sonuç tek bileşenli (3.76) ile tespit edilirken, en yüksek sonuç çift bileşenli (5.80) ile bulunmuştur.  $WI^*$  ( $\parallel$ ) değerlerinde tek bileşenli ile azalış (%29.19) elde edilirken, çift bileşenli ile artış (%9.23) belirlenmiştir (Çizelge 6).

Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 7'de gösterilmiştir. Liflere paralel ve dik yönlerde 60 ve 85 derecelerdeki parlaklık değerleri her iki ağartma kimyasalı ile azalmıştır. Buna ek olarak, dik yöndeki 20 derece parlaklıkta her iki kimyasal ile bir değişim elde edilmezken, liflere paralel yöndeki 20 derecede yapılan parlaklık ölçümü ile her iki ağartma kimyasalı tarafından azalışlar bulunmuştur. En yüksek sonuçlar kontrol örnekleri üzerinde belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Parlaklık değerlerine ait ölçüm sonuçları

Test	Uygulama	Orta- lama	Değişim (%)	HG	Mini- mum	Maksi- mum	SS	Varyasyon Katsayısı
⊥20°	Kontrol	0.10	-	A	0.10	0.10	0.00	0.00
	Tek bileşenli	0.10	0.00	A	0.10	0.10	0.00	0.00
	Çift bileşenli	0.10	0.00	A	0.10	0.10	0.00	0.00
⊥60°	Kontrol	1.18	-	A*	1.10	1.20	0.04	3.57
	Tek bileşenli	0.62	↓47.46	C**	0.50	0.70	0.08	12.72
	Çift bileşenli	0.88	↓25.42	B	0.80	1.10	0.12	13.97
⊥85°	Kontrol	0.82	-	A*	0.80	0.90	0.04	5.14
	Tek bileşenli	0.10	↓87.80	C**	0.10	0.10	0.00	0.00
	Çift bileşenli	0.18	↓78.05	B	0.10	0.40	0.12	68.29
∥20°	Kontrol	0.12	-	A*	0.10	0.20	0.04	35.14
	Tek bileşenli	0.10	↓16.67	A**	0.10	0.10	0.00	0.00
	Çift bileşenli	0.10	↓16.67	A**	0.10	0.10	0.00	0.00
∥60°	Kontrol	1.56	-	A*	1.40	1.60	0.08	5.41
	Tek bileşenli	0.70	↓55.13	C**	0.40	0.90	0.19	26.94
	Çift bileşenli	1.14	↓26.92	B	1.10	1.20	0.05	4.53
∥85°	Kontrol	1.98	-	A*	1.80	2.20	0.15	7.82
	Tek bileşenli	1.02	↓48.48	B	0.80	1.30	0.21	21.08
	Çift bileşenli	0.86	↓56.57	C**	0.80	1.00	0.08	9.81

*HG: Homojenlik Grubu, SS: Standart Sapma, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer*

#### 4. Sonuçlar Ve Öneriler

Çalışmada kullanılan iki farklı ağartma kimyasalının ahşap malzemenin yüzey özellikleri üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu tespit edilmiştir. Özellikle bu kimyasalların yüzeyin renk parametreleri, parlaklık ve beyazlık indeksi gibi fiziksel özelliklerini farklı oranlarda etkilediği görülmüştür. Devam eden analizlerde, bu etkilerin uzun vadeli dayanıklılık, doğal yaşlanma ve koruma performansı üzerindeki sonuçlarının incelenmesi, daha kapsamlı sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabilir.

**Kaynaklar**

- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Heyne, K., (1987). Useful plants of Indonesia. Badan Litbang Kehutanan, Jakarta. [Indonesian].
- ISO 2813, (1994). Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Jøker, D., (2004). *Dalbergia latifolia* Roxb. In: Seed Leaflet, pp 1-2.
- Kher, M.M., Nataraj, M., Arun Kumar, A.N., Sitther, V., Shekhawat, M.S., Warrior, R.R., and Teixeira da Silva, J.A., (2021). Tissue culture of Indian rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb.). *Biologia*, 1-10.
- Kirtikar, K.R., and Basu, B.D., (2005). Indian medicinal plants. Dehradun: International Book Distributor. 3: 824.
- Lange, D.R., (1999). Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e. DR Lange: New York, NY, USA.
- Lemmens, R.H.M.J., and Soerianegara, I., (1994). Plant Resources of South-East Asia, 5(1) Timber Trees: Major Commercial Timbers (Bogor: PROSEA).
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., and Anthony, S., (2009). *Dalbergia latifolia*. In: Agroforestry Database a tree Ref. Sel. Guid. version 4.0. [http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Dalbergia\\_latifolia.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Dalbergia_latifolia.PDF). Accessed 10.0.7.2024.
- Tewari, D.N., (1995). Monograph on Rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb.). International Book Distributors, Dehra Dun, pp 1-74.
- Troup, R.S., (1921). The silviculture of Indian trees (1 vol., pp. 318-325). Clarendon: Oxford.
- Yulita, K.S., and Susila, (2019). Field collection and monitoring of the flowering of Sonokeling (*Dalbergia latifolia*) in Yogyakarta and East Java Provinces. Field report. Research Centre for Biology, Indonesian Institute of Sciences, Bogor [Indonesian].

Yulita, K.S., Atikah, T.D., and Wardani, W., (2020). Unraveling genetic variations of *Dalbergia latifolia* (Fabaceae) from Yogyakarta and Lombok Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(2).



”

## BÖLÜM 2

### YAPILARDA KULLANILAN YÖNLENDİRİLMİŞ YONGA ESASLI MÜHENDİSLİK ÜRÜNÜ AHŞAP MALZEMELER

*İlkay ATAR<sup>1</sup>, Fatih MENGELOĞLU<sup>2</sup>*

1 Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,  
Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

ORCID: 0000-0001-9527-1791

2 Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman  
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

ORCID: 0000-0002-2614-3662

## 1.GİRİŞ

Çelik ve betonun bulunmasından önce, ahşap Kuzey Amerika'da birincil yapı malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktaydı. Yakın geçmişte, yeşil bina (green building) kavramı ana akım haline geldi ve insanlar ahşap ve ahşap bazlı malzemelerin potansiyel çevresel faydalarının farkına varmaya başladı (Ross, 2010; Pajchrowski ve ark., 2013; Gustavsson ve ark., 2006). Dünya çapında nüfus ve ahşap binaların artmasıyla birlikte, yapısal ahşap ürünlerine olan talepte gözlemlenebilir bir artış var (Thelandersson ve Larsen, 2003). Ancak, hızlı büyüyen ağaç türlerinden gelen hammaddelerdeki değişiklik nedeniyle tomrukların küçüldüğü ve odun kalitesi düştüğü için masif kerestenin üretimi ve özellikleri inşaat talebini karşılamakta zorlanır hale gelmiştir. Sonuç olarak, yapıştırılmış lamine kereste (GLT), çapraz lamine kereste (CLT), tabakalı kaplama kereste (LVL) ve yönlendirilmiş şerit yonga levha (OSB) gibi mühendislik ürünü ahşap malzemeler (MAM), genellikle masif keresteden daha iyi ön-görülebilir fiziksel ve mekanik özellikler sağladıkları için alternatif olarak geliştirilmiştir (Gong, 2019).

Kontrplak, yonga bazlı ahşap ürünlerinin ortaya çıkmasından önce ahşap yapılarda dış cephe kaplama malzemesi olarak yaygın olarak kullanılan en yaygın panel malzemesiydi. Nispeten, kaplama bazlı ürünlerin daha kalın bir yapısal formu olan LVL, masif kerestenin yerine ahşap yapılarda kirişler, dikmeler (kolonlar) ve diğer bileşenler için geliştirildi. Ancak, küçük, eğri ve genç kütükler kaplama üretmek için uygun değildir. Ayrıca, bir kontrplak tesisine teslim edilen kütük hacminin %60 kadarı atık olarak çıkmaktadır (Nishimura, 2015; Rowell, 2012). Kaplama bazlı mühendislik ürünü ahşap malzemelerin üretim maliyeti artmaya devam ediyor çünkü silindirik ve büyük çaplı gövdeye sahip kalitede tomruk bulmak zorlaşmaktadır (Nishimura, 2015; Rowell, 2012). Bu nedenle, kontrplak veya diğer masif ahşap ürünlerinin yerine yonga bazlı malzemeler, binalarda panel ve kiriş benzeri bileşenlerde kullanılmak üzere üretilmiştir. 1970'lerin başında, rastgele yerleştirilmiş ahşap yongalardan oluşan, waferboard adı verilen yonga bazlı ahşap paneller Armin Elmendorf tarafından patentlendi [8]. Waferboard, OSB gibi modern yonga bazlı malzemenin ana ürünüydü. İnsanlar, yonga serme yönünü kontrol ederek levha boyunca özelliklerin iyileştirilebileceğini fark ettiğinde, OSB günümüzdeki formunu aldı ve daha sonra Kuzey Amerika'da ticari bir ahşap panel olarak üretildi (Zerbe ve Harpole, 2015). 1970'lerden sonraki on yılda, OSB endüstrisi hızla gelişti ve üretimde geleneksel kontrplakla rekabet etmeye başladı. 1990'ların ortalarına gelindiğinde, OSB üretimi kontrplak hacminin %50'sinden fazlasına çıktı (Zerbe ve Harpole, 2015; Shmulsky ve Jones, 2019). OSB'nin avantajları ve ahşap panel pazarında elde ettiği büyük başarı nedeniyle, diğer iki yonga bazlı ürün biçimi olan tabakalanmış şerit kereste (LSL) ve

yönlendirilmiş şerit kereste (OSL), 1990'larda LVL ve büyük biçilmiş ke-  
restenin yerine geçecek şekilde geliştirildi. 2000'lerin başında OSB, üre-  
tim ve satışta kontrplağı geride bırakarak ahşap panel ürünlerinin en büyük  
pazar payını aldı. Şu ana kadar OSB önde gelen ahşap panel ürünüydü ve  
Kuzey Amerika'da %75'lik bir pazar payına sahipti (Shmulsky ve Jones,  
2019). Dahası, LSL ve OSL de kereste pazarında bir miktar pazar payı elde  
etti (Zerbe ve Harpole, 2015; Shmulsky ve Jones, 2019).

Yonga bazlı mühendislik ürünü ahşap malzemeler, teknolojilerde-  
ki gelişme ve ilerlemeyle mühendislik ürünü ahşap malzemeler ailesinin  
önemli üyeleri haline geldi. Kaplama veya kereste bazlı mühendislik ürünü  
ahşap malzemelere kıyasla, yonga bazlı mühendislik ürünü ahşap malze-  
meler düşük hammadde gereksinimleri, yüksek boyutlu esneklik ve kararlı  
fiziksel ve mekanik özellikler gibi avantajlara sahiptir (Ross, 2010). Bu  
bölümde, OSB ve LSL - OSL gibi şerit yonga bazlı yapısal kompozit ke-  
restelerin üretimleri, özellikleri ve inşaatta kullanımları ele alınmıştır.

## 2. HAMMADDELER

### 2.1 Ahşap Yongalar

Diğer MAM türlerine kıyasla yonga bazlı MAM'ların başlıca avantaj-  
larından biri, üretimlerinde çeşitli odun kaynaklarının kullanılmaya uygun  
olmasıdır. Kuzey Amerika'da titrek kavak, düşük yoğunluğu, düşük ma-  
liyeti ve zengin bolluğu nedeniyle OSB veya diğer yonga bazlı MAM'la-  
rı yapmak için birincil türlerden biridir. Titrek kavağa ek olarak, güney  
çamı, ladin, huş ağacı, sarı kavak, sakız ağacı, sassafras ve kayın da yonga  
üretmek için uygun hammaddelerdir (Ross, 2010). Gerçekte, yonga bazlı  
MAM'ların üretiminde, farklı boyutlarda olan yongaları yapmak için he-  
men hemen her düşük ve orta yoğunluklu türler (300–600 kg/m<sup>3</sup>) kullanı-  
labılır. Üretimlerde, kayın ve huş ağacı gibi yüksek yoğunluklu türlerden  
elde edilen yongalar, bitmiş ürünlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek  
için genellikle düşük yoğunluklu türlerden elde edilen yongalarla karış-  
tırılır (Shmulsky ve Jones, 2019). Ek olarak, budak kusuru olan odun ve  
küçük çaplı tomruklardan, orman artıkları (dallar gibi) veya egzotik ve  
istilacı türler de yonga üretiminde kullanılabilir. İşleme sırasında genel  
olarak kabuktan ve kırık yongalardan kaynaklanan kayıplar nedeniyle,  
yonga üretim sürecinde odun verimi %80-90'a ulaşabilir (Ross, 2010).  
Yongaların üretimi aşağıdaki temel süreçleri içerir. Tomruklar, kabukları  
soyulmadan önce sıcak su havuzuna batırılır. Bu, tomrukta kabuğun gev-  
şemesine ve tomrukların nem içeriğini artırarak daha istenen bir yonga bo-  
yutu elde etmek için tomrukların yumuşamasına yardımcı olur. Daha sonra  
taze tomruklar, kabukları soyulduktan sonra yonga yapmak için bir tambur  
veya disk tipi yongalama makinesine taşınır. Genellikle üretilen yongalar  
75–300 mm uzunluğunda, 15–25 mm genişliğinde ve 0,3–0,8 mm kalınlı-

ğındadır. Yonga geometrisi, bitmiş ürünlerin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Kruse ve ark., 2000; Beck ve ark.,2009). Bu nedenle, boyut gereksinimini karşılamayan yongaları ayırmak için elekler kullanılarak yonga sınıflandırması yapılmış olur. Yongaların nem içeriği de yongalar arasındaki bağlanma kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Tipik olarak, yongaları yapıştırıcı türüne bağlı olarak %2–6'lık bir son nem içeriğine kadar kurutmak için silindirik bir kurutucu kullanılır (Shmulsky ve Jones, 2019; Moore ve Cown, 2015).

## 2.2 Yapıştırıcılar

Yonga bazlı ahşap ürünlerinin üretiminde ahşap yongaların yanı sıra ana hammadde olarak yapıştırıcılar, bitmiş ürünlerin performansının belirlenmesinde kritik bir rol oynar; bunların arasında en yaygın kullanılan yapısal yapıştırıcılar fenol-formaldehit (PF) ve polimerik metilen di-izosiyanattır (pMDI) (Ross, 2010; Nishimura, 2015). Kullanılacak yapıştırıcılar, nihai ürünlerin mekanik özellikleri ve dayanıklılık performansı için özel gereksinimleri karşılamalıdır (Ross, 2010).

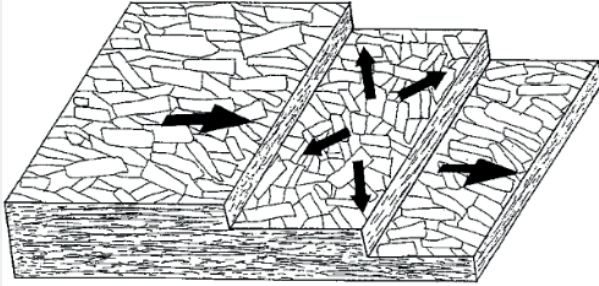
PF, iyi mekanik özellikleri ve dayanıklılık performansı nedeniyle dış mekan kullanımları için yapısal bileşenler olarak kullanılan ahşap kompozitlerde kullanılan en yaygın yapıştırıcılardan biridir (Ross, 2010). Bu nedenle, PF reçineleri, inşaat ve kullanım sırasında hava koşullarına veya diğer nem maruziyet durumlarına maruz kalan MAM'ların üretiminde kullanılır. Kürlenmiş PF reçineleri, yüksek sıcaklık ve nemli ortamlarda stabil kimyasal ve fiziksel özelliklerini koruyabilir (Pizzi ve Mittal, 2017). Bu nedenle, PF, ıslak koşullar altında MAM'ların boyut kararlılığını ve mekanik özelliklerini koruma yeteneğine sahiptir (Ross, 2010; Pizzi ve Mittal, 2017). PF'nin temel dezavantajı, kürlenmesinin diğer yapısal yapıştırıcılara kıyasla daha yavaş olması ve üretim sürecinde daha uzun bir pres süresi ve daha yüksek pres sıcaklığı gerektirmesidir (Walker, 2006). Sonuç olarak, PF'nin yerine fenol-rezorsinol-formaldehit (PRF) yapıştırıcıları geliştirilmiştir (Rowell, 2012). Adından da anlaşılacağı gibi, fenol ve formaldehite ek olarak resorsinol içerir. PRF, reaksiyonda çok daha hızlı olması nedeniyle oda sıcaklığında kürlenebilme avantajına sahiptir ve PF ile benzer iyi mekanik özelliklere ve dayanıklılık performansına sahiptir (Rowell, 2012). Bazı üreticiler, PRF'yi yonga bazlı ahşap ürünler için yapıştırıcı olarak kullanmıştır.

pMDI genellikle yonga bazlı MAM'larda PF reçinesine alternatif olarak kullanılır. pMDI'nin maliyeti PF'den daha yüksek olmasına rağmen, hızlı kürlenme oranı ve ahşap yongalardaki nem içeriğine karşı daha yüksek toleransı nedeniyle pazar payını PF'den almaktadır (Ross, 2010; Cai, 2012). Genel olarak olarak, pMDI yonga bazlı MAM'ların orta tabakasında kullanılır, çünkü pMDI levhada daha iyi bir yapışma mukavemeti, daha

iyi su geçirmezlik ve PF'den daha düşük bir kürlenme sıcaklığı gerektirdiğinden orta tabakada kullanılır PF ise yüzey katmanlarında kullanılır. Yüzey katmanında pMDI kullanılırsa, presin metal baskı plakalarına güçlü bir şekilde yapışabileceği için kalıp ayırıcının gerekli olduğuna dikkat etmek gerekir (Nishimura, 2015; Cai, 2012). PMDI kullanımı için özel koruyucu önlemler gereklidir çünkü kürlenmemiş reçine, ona maruz kalan kişilerde kimyasal hassasiyete neden olabilir. Fakat, kürlenmiş pMDI reçinesi bilinen bir sağlık sorunu oluşturmaz (Ross, 2010).

### 3. YÖNLENDİRİLMİŞ ŞERİT YONGA LEVHA (OSB)

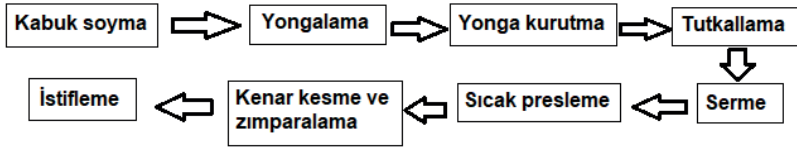
OSB, basınç ve ısı altında yapıştırıcılarla birbirine bağlanmış ahşap yongalardan yapılmış çok katmanlı panellerdir ve ilk olarak 1970'lerde kontrplağın yerine kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Thoemen, 2010). Tipik olarak, OSB paneller Şekil 1'de gösterildiği gibi yonga yönleri farklı üç tabakadan oluşur (Hiziroglu, 2006). Yüzey katmanlarındaki yongalar panelin uzun eksenine paraleldir, çekirdek katmandaki yongalar ise panelin uzun eksenine diktir veya rastgele yerleştirilir. OSB panellerin performansı, yonga boyutunu, yönünü ve katmanlı yapısını değiştirerek mühendislik tasarımı yapılabilir ve bu sayede OSB'nin farklı kullanımlara uyması sağlanır (Cai, 2012). OSB, kaplama panelleri, I-kirişlerin orta kısımları, paketleme malzemeleri, dekoratif ve diğer amaçlar için yaygın olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. OSB'de yonga yönü ve katmanlar

#### 3.1 OSB Üretim Süreci

OSB, hızlı büyüyen ağaçlardan küçük çaplı tomruklar, soyma kaplama işleminden sonra kalan ahşap parçalar ve orman artıkları (dallar ve ağaç tepeleri gibi) kullanılarak üretilir. Şerit yongalar ve OSB yapmak için geri dönüştürülmüş odun yerine yalnızca taze odun kullanılabilir (Nishimura, 2015). Tipik bir üretim süreci Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2. OSB Üretim süreci

### 3.1.1 Yongalama

Yonga üretiminde kullanılan silindir ve disk şeklinde iki tip yongalama makinesi vardır. Diskli yongalama makinelerinin basit yapı, düşük fiyat ve yüksek üretim verimliliği avantajları vardır. Diskli yongalama makinesi kullanılarak farklı ürünlerin gereksinimlerine göre yonga boyutları ayarlanabilir. Ancak, hammadde olarak yalnızca büyük boyutlu tomruklar kullanılabilir. Diskli yongalama makinelerinin aksine, silindirli yongalama makineleri çeşitli hammadde şekillerine uyum sağlayabilir, bu da yonga üretimi için daha düşük üretim maliyetleri anlamına gelir. Daha büyük boyutlu bükme makineleri genellikle yüzey tabakalarında kullanılırken, daha küçük boyutlu yongalar orta tabakada kullanılır ve daha iyi eğilme ve makaslama özelliklerine sahip bir kompozit yapı oluşturur.

### 3.1.2 Tutkallama

Yongaların arasındaki kaliteli yapışma, OSB panellerin iyi performansını garantilemek için önemli bir faktördür. Yongalara yapısal tutkalların ve mumların eklenme işlemine tutkallama denir. Yüzey tabakalarda kullanılan tutkal içeriği %3-6 iken, orta tabakalarda %4-8'dir. OSB üretiminde orta tabakada yüzey tabakasından daha fazla tutkal uygulaması yapılır. Bunun nedeni, orta tabakadaki yongaların yüzeydekilerden nispeten daha küçük boyutlara sahip olması ve daha büyük bir yüzey alanı üretmesidir (Nishimura, 2015). Tutkallama sırasında, su direncini artırmak ve son OSB levhalarının kalınlık şişmesini azaltmak için genellikle ağırlıkça %0,25-2 oranında mum eklenir (Thelandersson ve Larsen, 2003; Shmulsky ve Jones, 2019). Yongaların yüzey ve orta tabakaları için tutkallama, genellikle yüzey ve orta tabakaları arasındaki tutkal ve mum yayılım miktarı, yonga boyutu ve tutkal türü farkından dolayı ayrı ayrı yapılır. Bu nedenle, bir üretim hattında en az iki karıştırıcıya ihtiyaç vardır, biri yüzey tabaka yongaları için, diğeri ise orta tabaka yongaları için (Shmulsky ve Jones, 2019; Chan, 2012).

### 3.1.3 Yonga Serme İşlemi

Yüzey tabakadaki uzun yongaların yönelimi ve oranı, OSB'nin bükülme özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Genel olarak, yongaların yaklaşık

%80'i OSB'nin performans gereksinimlerini karşılamak için uzun eksene paralel olarak yönlendirilir (Cai, 2012). Bu nedenle, harmanlanmış yongaları bir mat formuna yerleştirme işlemine serme işlemi denir. Yongaların yönelimine ek olarak, serme işlemi ayrıca bir levhanın alanı boyunca dengeli bir ağırlık dağılımına yardımcı olabilir ve bu da son OSB levhalarının homojen yoğunluğa ve mekanik özelliklere sahip olmasını sağlayabilir. Elektrostatik yonga yönlendirme gibi bazı yeni teknolojiler geliştirilmiş olsa da, mekanik yönlendirme hala en güvenilir teknolojidir ve endüstriyel üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır (Nishimura, 2015; Shmulsky ve Jones, 2019). Serme işleminin ardından, sıcak preslemeden önce matı önceden preslemek için genellikle ağır bir çelik tambur kullanılır, ancak bu adım zorunlu değildir (Cai, 2012). Ön presleme, sıcak presleme sırasında kenar çökmesi riskini etkili bir şekilde azaltabilir. Ek olarak, ön presleme, pres kapanma süresini kısaltabilir ve tutkalın önceden kürlenme riskini azaltabilir, çünkü ön presleme, matın içindeki havanın çoğunun çıkmasını sağlar (Hsu, 2013).

### 3.1.4 Sıcak Presleme

Sıcak presleme, ısı ve basınç altında yongalar arasındaki tutkalı kürleneyen en önemli işlemdir. Bu, yongaları bir levhaya dönüştürmenin gerçek adımıdır. Çok katlı bir presteki pres baskı plakalarının boyutu genellikle  $3,66 \times 7,63$  m'dir ancak  $3,66 \times 12,2$  m'ye kadar çıkabilir. Büyük pres baskı plakaları, bir üretim hattının üretim kapasitesini büyük ölçüde artırabildikleri için avantajlıdır. Ek olarak, bazı fabrikalarda OSB levhaları üretmek için büyük tek açılımlı presler ve sürekli (sonsuz) presler de kullanılır (Shmulsky ve Jones, 2019).

Çoğu OSB levhası 7,9–28,6 mm kalınlığında nispeten ince olduğundan, ısıtılmış pres baskı plakaları tutkalı kürlenmek için bir matın yüzeylerinden orta tabakaya ısı üretmek ve aktarmak için yeterlidir (APA, 2021a). Sıcak presleme sırasında sıcaklık, PF yapıştırıcıları için 175 ila 205 °C arasında değişir. Presleme genellikle yapıştırıcı türüne, levha yoğunluğuna ve kalınlığa bağlı olarak 3–6 dakika sürer (Ross, 2010; Shmulsky ve Jones, 2019). Teorik olarak, yoğunluklar benzer olduğunda pres süresi ile OSB levha kalınlığı arasındaki ilişki ikinci derecedendir. Örneğin, 18 mm kalınlığındaki bir OSB levhayı sıcak presleme süresi, 9 mm kalınlığındaki bir levhanın yaklaşık dört katıdır (Shmulsky ve Jones, 2019). Bu, OSB levhalarının işlenmesinin süresi ve maliyetinin kalınlık arttıkça büyük ölçüde arttığı anlamına gelir. Pres süresini kısaltmak ve maliyeti düşürmek için, bazı fabrikalarda nispeten kalın OSB yapılırken yüksek frekanslı pres veya buhar enjeksiyon pres kullanılır (Ross, 2010; Shmulsky ve Jones, 2019). Genel olarak, sıcak preste kullanılan basınç 4800–5500 kPa'dır (Shmulsky ve Jones, 2019). Kısacası, sıcak pres işleminin anahtarı sıcak presleme süresini azaltmak ve üretim verimliliğini artırmaktır. Bu nedenle, endüstriyel

üretimde, pres süresini ve enerji tüketimini azaltmak için prestren çıktıktan kısa bir süre sonra preslenmiş malzemelerin sıcak istiflenmesi uygulanır (Nishimura, 2015). Yapıştırıcı tamamen kürlendikten sonra, OSB levhaları istenen boyutlarda kesilir ve nominal kalınlığa kadar zımparalanır. Son olarak, her levhanın kenarları dayanıklılığını artırmak için çinko borat ve oksin bakır ile kaplanır (Hiziroglu, 2006).

### 3.2 OSB'nin Özellikleri ve Sınıflandırması

Kontrplağın alternatif bir malzemesi olarak, bir OSB levhasının nominal boyutu tipik olarak  $1,22 \times 2,44$  m'dir. Ayrıca, bazı OSB üreticileri panelli çatı ve duvar sistemleri, yapısal yalıtımlı paneller için kaplamalar ve modüler zeminler için  $2,4 \times 7,2$  m boyutunda büyük levhalar da üretebilirler (APA, 2021a). OSB'nin fiziksel ve mekanik özellikleri doğrudan ağaç türü, yonga boyutu, tutkal türü ve işleme parametreleriyle ilgilidir. OSB levhalarının yoğunluğu genellikle  $500\text{--}800$  kg/m<sup>3</sup>'tür (Ross, 2010). OSB'de şerit yongalar yönlendirilmiş olduğundan, mekanik özellikleri yönetime paralel ve dik yönlerde farklıdır. Hem kontrplak hem de OSB, ahşap binalarda ahşap yapısal paneller olarak kullanıldığından, OSB'nin yapısal özellikleri kontrplağa benzerdir. Tablo 1'de OSB ve kontrplağın bazı özellikleri sunulmaktadır.

Bir yapı malzemesi türü olarak, OSB'nin yangın performansı kritik öneme sahiptir. Alev yayılma indeksi (FSI), genellikle ASTM E84 "Yapı malzemelerinin yüzey yanma özellikleri için standart test yöntemi" (Ross, 2010; ASTM D E84, 2021) ile uyumlu olarak değerlendirilen önemli indekslerden biridir. Uluslararası Bina Koduna (IBC) göre, FSI Sınıf A (0-25), Sınıf B (26-75) ve Sınıf C (76-200) olarak sınıflandırılır (Ross, 2010; ICC, 2018). Yangına dayanıklı olmayan OSB levhalar genellikle Sınıf C'ye düşerken, kontrplak panellerinki Sınıf B veya Sınıf C'dir (AWC, 2021).



**Tablo 1.** OSB ve kontrplağın bazı özellikleri (Ross, 2010; Rowell, 2012; AWC, 2019)

Özellikler	Uygulanan kuvvet yönü	OSB	Kontrplak
Yoğunluk	-	500–800 kg/m <sup>3</sup>	400–600 kg/m <sup>3</sup>
Eğilme Direnci	Paralel	21–48 MPa	33–48 MPa
	Dik	8–30 MPa	-
Eğilmede Elastikiyet Modülü	Paralel	4.8–8.3 GPa	7–11 GPa
	Dik	1.9–3.2 GPa	-
Çekme Direnci	Paralel	6.9–10.3 MPa	10.3–27.6 MPa
Basınç Direnci	Paralel	10–17 MPa	20.7–34.5 MPa
Kesme Direnci	-	6.9–10.3 MPa	4.1–6.9 MPa
Kesme Modülü	-	1.2–2.0 GPa	-
İç Yapışma Direnci	-	0.28–0.57 MPa	-
Alev yayılma indeksi	-	100–172	35–180
Alev yayılma sınıfı	-	C	B ve C

### 3.4 OSB'nin Uygulama Alanları

OSB'nin başlıca kullanımlarından biri, hafif çerçeve yapılarında çatı kaplaması, alt döşeme ve duvar kaplaması gibi kaplamalardır (Şekil 3). Genellikle, kaplama malzemesi olarak kullanılan OSB, kaplama sınıfı veya yapısal-I kaplama sınıfıdır (APA, 2021b; PFS-TECO, 2021). Kaplama için OSB'nin standart kalınlığı 7,9 mm, 9,5 mm, 11,1 mm, 11,9 mm, 12,7 mm, 15,1 mm, 15,9 mm, 18,2 mm ve 19,0 mm'dir (APA, 2021a).





*Şekil 3. OSB'nin kullanım alanları*

Tek katlı OSB sınıfı, halı veya altlık altındaki döşeme panelleri için tasarlanmıştır. Döşeme panelleri için OSB'nin genel standart kalınlığı 15,1 mm, 15,9 mm, 18,2 mm, 19,0 mm, 22,2 mm, 25,4 mm ve 28,6 mm'dir (APA, 2021a).

Panel olarak kullanılmasının yanı sıra, I-kirişinin orta kısmı, ahşap binalarda OSB'nin bir diğer önemli kullanımınıdır. I-kirişleri, kereste veya SCL tablaları ve OSB levhaları kullanılarak üretilir. Tipik olarak, tablalar ve dikmeler PF ve pMDI gibi dış hava koşullarına dayanıklı tutkallar kullanılarak üretilir. I-kirişlerin kayma (kesme) özellikleri OSB dikmeleri tarafından sağlanırken, eğilme özellikleri tablalar tarafından sağlanmaktadır çünkü OSB'nin kayma (kesme) özellikleri kontrplaktan daha yüksektir. OSB ayrıca ticari ve endüstriyel yapılarda raf ve paketleme gibi endüstriyel uygulamalarda da kullanılır.

#### **4. TABAKALANMIŞ ŞERİT KERESTE (LSL) VE YÖNLENDİRİLMİŞ ŞERİT KERESTE (OSL)**

LSL ve OSL, hepsi şerit yongalardan yapıldığı için OSB'nin türevleridir. Bu iki yonga bazlı MAM'ın farklılıklarından çok benzerlikleri vardır. Başlıca fark, LSL'de kullanılan yongaların OSL ve OSB'den daha uzun olmasıdır (Ross, 2010). LSL'de kullanılan yongaların uzunluk-kalınlık oranı yaklaşık 150 iken, OSL için yongaların uzunluk-kalınlık oranı 75'tir (APA, 2021c). İki tipik SCL olan LSL ve OSL, biçilmiş keresteye olan artan talebe yanıt olarak geliştirilmiştir (Ross, 2010). LSL ve OSL, çıtalar, kirişler ve kolonlar gibi birçok uygulamada katı kereste LVL ve PSL'nin yerine geçmiştir. LSL ve OSL'nin olağanüstü avantajları, LVL ve PSL ile karşılaştırıldığında daha düşük malzeme gereksinimleri, yüksek odun lifi verimi ve kararlı özellikleridir (Ross, 2010). LSL ve OSL, üretim süreçleri ve ürün özellikleri açısından endüstride değiştirilebilir olarak kabul edilmektedir (Blau, 2021).

##### **4.1 Üretim Süreci**

LSL/OSL'nin üretim süreçleri, Şekil 2'de görülebilen OSB'nin üretim süreçlerine benzerdir. Kavak ve sarı kavak gibi düşük yoğunluklu ağaçlar, LSL/OSL yapmak için yaygın olarak kullanılan türlerdir (Blau, 2021). LSL ve OSL arasındaki temel fark, yongaların boyutlarıdır. LSL'de kullanılan yongaların boyutları 230–356 mm uzunluğunda ve 15–25 mm genişliğindeyken, OSL için kullanılan yongaların boyutları genellikle 100–150 mm uzunluğunda ve 15–25 mm genişliğindedir (Thelandersson ve Larsen, 2003; Shmulsky ve Jones, 2019). Ayrıca, LSL'nin kalınlığı OSB'den daha büyüktür; bu nedenle, PF veya PRF, LSL yapmak için uygun tutkallar değildir. Bunun yerine, PF'ye kıyasla pres süresini önemli ölçüde azaltabilen difenilmetan diizosiyanat (MDI) tutkalı kullanılır (Shmulsky ve Jones, 2019). LSL imalatının tutkallama ve serme süreçleri de OSB imalatına benzerdir. OSB ile LSL arasındaki büyük fark, yonga yönelimindedir. OSB'nin yüzey tabakasındaki yongalar esas olarak uzunluk yönüne paralel olarak yönlendirilir ve orta tabakadaki yongalar uzunluk yönüne dik veya rastgeledir. Bununla birlikte, LSL'deki yongalar bütün tabakada uzunluk

yönünde hizalanır (Thelandersson ve Larsen, 2003; Blau, 2021). Bu, nihai ürünlerin eksen yönünde nispeten yüksek mekanik özellikler sağlamasına yardımcı olabilir. LSL'nin matı 406 mm kalınlığında ve 2440 mm genişliğinde olabilir. Tek katlı pres kapanma süresini kısaltma ve düzgün bir dikey yoğunluk profili oluşturmanın kolay olması avantajlarına sahip olduğu için yalnızca LSL imalatında kullanılır (Thelandersson ve Larsen, 2003). Bazen, orta tabakaların sıcaklığını hızla artırmak, pres süresini azaltmak, kalınlık boyunca düzgün bir yoğunluk profili oluşturmak ve çarpılmaya (pres sonrası levhanın formunun bozulması) karşı büyük bir direnç oluşturmak için sıcak presleme sırasında buhar enjeksiyonu kullanılır (Thelandersson ve Larsen, 2003). Bazı durumlarda, OSL'nin sıcak presleme sürecinde bazı mimari şekillere sahip ürünler üretmek için özel kavisli pres baskı plakalarının kullanılabilmesini belirtmekte fayda var (Shmulsky ve Jones, 2019). LSL panelleri koruyucu bir uç veya kenar contası almadan önce boyuta göre kesilir ve test edilir. LSL ürünlerinin nem içeriği %7 ila %10 arasında değişir.

#### 4.2 LSL ve OSL'nin Özellikleri ve Derecelendirmesi

Kuzey Amerika'da, LSL'nin nominal boyutları genellikle piyasadaki biçilmiş kerestenin boyutlarına benzerdir. Bazı üreticiler ayrıca özel uygulamalar için özel boyutlu ürünler de sağlar; örneğin, Weyerhaeuser Company tarafından üretilen LSL'nin ticari adı olan TimberStrand®'ın boyutu 14,6 m uzunluğa, 1,2 m genişliğe ve 140 mm kalınlığa kadardır (Thelandersson ve Larsen, 2003; Weyerhaeuser Company, 2021).

LSL'nin yoğunluğu OSB'den yaklaşık %15 daha fazladır ve 640 ila 670 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir (Blau, 2021). LSL'nin yapısal özellikleri, ASTM D 5456 "Yapısal Kompozit Kereste Ürünlerinin Değerlendirilmesine İlişkin Standart Spesifikasyon" (ASTM D 5456, 2019) standartlarına uygun olarak değerlendirilir. LSL'nin sertliği LVL'den daha büyüktür ve LSL'nin çekme dayanımı biçilmiş keresteye benzerdir (Blau, 2021). Genel olarak, izin verilen elastiklik modülü (MOE), LSL sınıflandırılmasının temeli olarak kullanılır; örneğin, 1.5E derecesi, izin verilen MOE'nin  $1.5 \times 106$  psi (8960 MPa) olduğunu gösterir (Thelandersson ve Larsen, 2003). Farklı üreticiler tarafından üretilen LSL'nin eğilme dayanımı, çekme dayanımı, basınç dayanımı ve diğer yapısal özelliklerinin izin verilen değerleri biraz farklıdır (APA, 2021d; APA, 2019). Ek olarak, LSL'nin giriş yönündeki (genişlik yönü) izin verilen gerilimi, kalınlık yönündekinden farklıdır (APA, 2019; Weyerhaeuser, 2021).

Ahşap binalarda kullanıldığında, çivi tutma ve yanal direnç bağlantı özellikleri de LSL için önemlidir. Çivi tutma ve yanal direnç bağlantı özellikleri yani eşdeğer özgül ağırlık, masif kerestenin özgül ağırlığına eşdeğer olduğu kabul edilir ve LSL'nin bağlantı özelliklerini tahmin etmek

için her zaman kullanılır (Thelandersson ve Larsen, 2003; Weyerhaeuser, 2021). Örneğin, 1.3E ve 1.5E dereceli TimberStrand® LSL'nin eşdeğer özgül ağırlığı 0,5'tir, bu da standart civatalı bağlantı tasarım değerlerinin 0,5 özgül ağırlığı olan Douglas köknar için kabul kodunda elde edilebileceği anlamına gelir (Weyerhaeuser, 2021; CSA, 2014).

### 4.3 LSL ve OSL'nin Uygulama Alanları

LSL/OSL, kaplama bazlı SCL'den daha düşük ham madde gereksinimlerine ve masif keresteye iyi bir alternatif haline gelen biçilmiş keresteye benzer yapısal özelliklere sahiptir. Şu anda, farklı boyut ve derecelere sahip LSL ürünleri, konut ahşap iskelet yapımında başlık, dikmeler ve kenar tahtaları olarak kullanılmıştır (Thelandersson ve Larsen, 2003; Weyerhaeuser, 2021). LSL ürünleri ayrıca kalıplama, doğrama ve mobilya gibi inşaat dışı alanda yapısal olmayan derecelendirilmiş malzemeler olarak da kullanılır (Shmulsky ve Jones, 2019). Dahası, bazı araştırmacılar LSL'nin yeni uygulamalarını belirlemiş ve geliştirmiştir. Örneğin, New Brunswick Üniversitesi ve Kanada'daki Alberta Üniversitesi, LSL/OSL ve biçilmiş kerestesinden yapılmış bir hibrit çapraz lamine kereste (HCLT) panel ürünü geliştirdiler ve bükülme ve yuvarlanma kesme özelliklerini araştırdılar (Chui ve ark., 2015). HCLT panellerinden yapılmış kesme duvarlarının raf performansı hem monotonik hem de döngüsel yüklemeler altında da incelendi. Başka bir örnek, LSL'den (yüzey katmanları veya çekirdek katmanları olarak kullanılır) ve Lodgepole çam kerestesinden yapılmış HCLT üretiminin uygulanabilirliğini araştıran Wang ve diğerleri tarafından verilmiştir (Wang ve ark., 2015). Sonuçları, HCLT'nin bükülme özelliklerinin ve kayma- kesme özelliklerinin yalnızca Lodgepole çam kerestesinden yapılmış genel CLT'den önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir.

LSL ile karşılaştırıldığında, OSL nispeten daha yeni bir yonga bazlı SCL ürünüdür ve pazarı hala geliştirilme aşamasındadır. OSL ürünleri, genellikle döşeme yapımında bant kirişler için ve çatı yapımında kirişlerin yerine kullanılan LSL ile benzer uygulamalara sahiptir (Ross, 2010). OSL'nin CLT üretiminde enine katman(lar) olarak kullanılmasının uygulanabilirliği kanıtlanmıştır (Gong, 2019; Chui ve ark., 2015). Ayrıca, OSL mimari bir şekle göre üretilebildiği için mimari pencere ve kapılarda, mobilya parçalarında ve diğer özel uygulamalarda da kullanılabilir (Shmulsky ve Jones, 2019).

## 5. SONUÇ

OSB, LSL ve OSL gibi yonga bazlı MAM'lar, düşük karbon emisyonları gibi diğer MAM'ların tüm çevresel avantajlarına sahiptir. Ancak, yonga bazlı MAM'lara daha fazla fosil bazlı tutkal ekleyerek nispeten karmaşık üretim süreçleri nedeniyle, kereste bazlı ve kaplama bazlı MAM'lardan daha yüksek çevresel etkilere sahiptir. Kanada'daki British Columbia Üni-

versitesi tarafından yapılan bir araştırma, kaplama bazlı MAM'ların, daha düşük enerji kullanımı ve üretim sırasında daha az CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve diğer uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve partikül madde emisyonu gösteren yonga bazlı ahşap ürünlerinden daha sürdürülebilir ürünler olduğunu göstermiştir. (Chan, 2012). Bu nedenle, yonga bazlı MAM'ların üretim süreci daha fazla araştırma ve geliştirme gerektirmektedir. Örneğin, yonga bazlı MAM'ları üretmek için biyo-bazlı yapıştırıcıların kullanılması, çevresel ayak izlerini azaltmaya yardımcı olabilir.

Özetle, yonga bazlı MAM'lar, küçük çaplı ve düşük kaliteli kütüklerden yüksek verimli odun lifleri ile nispeten büyük boyutlarda insan yapımı kereste üretmenin bir yolunu sağlayarak MAM ailesinin önemli üyeleri haline gelmiştir. İnşaatta MAM'lara olan talebin artması ve yaşlı orman kaynaklarının erişilebilirliği ve kalitesindeki değişikliklerle birlikte, yonga bazlı MAM'ların geliştirilmesi ve uygulanması gelecekte artmaya devam edecektir. Yüksek ahşap binaların artması ile yonga bazlı MAM'lar büyük bir pazar potansiyeline sahip olacak ve yeni bir araştırma merkezi olacaktır.

## KAYNAKLAR

- APA. (2019). Joint Evaluation Report ESR- 1053. The Engineered Wood Association. <https://www.apawood.org>
- APA, (2021a). Oriented Strand board. Product Guide, The Engineered Wood Association. <https://www.apawood.org>
- APA. (2021b) Engineered Wood Construction Guide. The Engineered Wood Association. <https://www.apawood.org>
- APA. (2021c). Structural Composite Lumber Selection and Specification. The Engineered Wood Association. <https://www.apawood.org>
- APA. (2021d). Joint Evaluation Report ESR- 2725, The Engineered Wood Association. <https://www.apawood.org>
- ASTM D 5456-19. (2019). Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D E84-21a. (2021). Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials. American Society for Testing and Materials.
- AWC, (2019). Flame spread performance of wood products. American Wood Council. Design for code acceptance No. 1. <https://www.awc.org/codes-standards/publications/dca1>
- Beck, K., Cloutier, A., Salenikovich, A., & Beauregard, R. (2009). Effect of strand geometry and wood species on strandboard mechanical properties. *Wood and Fiber Science*, 41(3):267-278.
- Blau K. ( 2021). Personal Communications. Product Development and Quality. Vernon, BC, Canada: Tolko Industries Ltd. Canada.
- Cai, Z. (2012). Wood-based composite board. In: *Wiley Encyclopedia of Composites*. Chichester: John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118097298.weoc262
- Chan, G. (2012). Sustainability Assessment of OSB and Softwood Plywood Manufacturing in North America. Vancouver, BC, Canada: University of British Columbia; 71.
- Chui, YH., Gong, M., & Niederwestberg, J. (2015). Development of a lumber-SCL massive timber panel product. Final Report #: WSTC2013- 015. Fredericton, NB, Canada: Wood Science and Technology Centre, the University of New Brunswick, 55.
- CSA. (2014). Engineering Design in Wood. Mississauga, Canadian Standards Association. Canada. 280.
- Gong, M. (2019). Lumber-based mass timber products in construction. In: Concu G, editor. *Timber Buildings and Sustainability*. 7-16. DOI: 10.5772/intechopen.85808
- Gustavsson, L., Pingoud, K., & Sathre, R. (2006). Carbon dioxide balance of wood substitution: Comparing concrete-and wood-framed buildings. *Miti-*

gation and Adaptation Strategies for Global Change. 11(3):667-691. DOI: 10.1007/s11027-006-7207-1

- Hiziroglu, S. (2006). Oriented strand board as a building material. Stillwater, Oklahoma, USA: Oklahoma State university Extension Fact Sheet, FAPC-146, Food and Agricultural Products Research Center; 4.
- Hsu, WE. (2013). Oriented Strand Board Manufacturing. Scotts Valley, California, USA: CreateSpace Independent Publishing Platform; 316.
- ICC, (2018). International Building Code. International Code Council, Country Club Hills, Ill
- Kruse, K., Dai, C., & Pielasch, A. (2000). An analysis of strand and horizontal density distributions in oriented strand board (OSB). *European Journal of Wood and Wood Products*, 58(4):270-277
- Moore, JR., & Cown, DJ. (2015). Processing of wood for wood composites. In: Ansell M, editor. *Wood Composites*, Cambridge: Woodhead Publishing; pp. 27-45. DOI: 10.1016/B978-1-78242-454-3.00002-0
- Nishimura, T. (2015). Chipboard, oriented strand board (OSB) and structural composite lumber. In: Ansell M, editor. *Wood Composites*. Cambridge: Woodhead Publishing; 103-121. DOI: 10.1016/B978-1-78242-454-3.00006-8
- Pajchrowski, G., Noskowiak, A., Lewandowska, A., & Strykowski, W. (2013). Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. *Construction and Building Materials*. 52:428-436. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066
- PFS-TECO. (2021). OSB design and Application Guide. Sun Prairie, Wisconsin: TECO, <https://www.pfsteco.com/library>
- Pizzi, A., & Mittal, KL. (2017). *Handbook of Adhesive Technology*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 643.
- Ross, RJ. (2010). *Wood handbook: Wood as an engineering material*. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report FPL-GTR- 190. 509.
- Rowell, RM. (2012). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press; 473.
- Shmulsky, R., & Jones, PD. (2019). *Forest Products and Wood Science: An Introduction*. 6th ed. Chichester: Wiley Blackwell; 477.
- Thelandersson, S., & Larsen, HJ., (2003). *Timber Engineering*. Chichester: *John Wiley & Sons*; 446.
- Thoemen, H. (2010). *Wood-based Panels: An Introduction for Specialists*. London: Brunel University Press; 283.
- Walker, JC. (2006). *Primary Wood Processing: Principles and Practice*. Dordrecht, NED: Springer Science & Business Media; 576.
- Wang, Z., Gong, M., Chui, YH. (2015). Mechanical properties of laminated strand



lumber and hybrid crosslaminated timber. *Construction and Building Materials*. 101:622-627. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.10.035

Weyerhaeuser Company. (2021). <https://www.weyerhaeuser.com>

Weyerhaeuser. (2021). Specifier's Guide for Beams Headers and Column. <https://www.weyerhaeuser.com>

Zerbe, JI., Cai, Z., & Harpole, GB. (2015). An evolutionary history of oriented strand board (OSB). USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report, FPL-GTR-236. 10.



”

## BÖLÜM 3

DUT VE MERANTİ RED  
ODUNLARINDA RENK  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE  
AHŞAP KORUYUCU (ANTİK VE  
TARÇINLI) YAĞLARIN ETKİLERİ

*Göksel ULAY<sup>1</sup>, Ümit AYATA<sup>2</sup>*

1 Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Mobilya Dekorasyon Programı, Van, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-4080-8816, gokselulay@gmail.com

2 Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt, Türkiye, ORCID ID: 0000-0002-6787-7822, umitayata@bayburt.edu.tr

## 1. Giriş

Ahşap, çok eski bir malzeme olup, tarih öncesi dönemden günümüze kadar insanlığın gelişiminde büyük öneme sahiptir. Başlangıçta ısınma, barınma ve araç gereç sağlama amacıyla kullanılan ahşap, çok uzun zaman önce kömür, katran ve demir cevheri indirgeme ile gemi yapımı gibi kimyasalların başlangıç malzemesi haline gelmiştir. Dünya farklı bölgelerindeki toplumsal gelişimle el ele giden ahşap ve ahşap tabanlı malzemelerin kullanımı daha da geliştirilmiştir (Gellerstedt, 2009).

Ahşap doğal olarak dayanıklı ve güçlü olsa da, dış mekâna maruz kalmanın etkileri yalnızca bu fiziksel özellikleri değil, aynı zamanda doğal güzelliğini de bozabilir. Dış mekâna maruz kalan ahşap hem yağmura (nem) hem de güneşe (ultraviyole radyasyon) maruz kalmaktadır; bu iki önemli faktör, ahşabın hem doğal güzelliğini hem de gücünü kaybetmesine neden olabilmektedir (Daniels ve ark., 2000).

Ahşap yüzey rengi, özellikle iç mekân uygulamalarında ahşabın kullanımında çok önemli bir kalite kriteridir. Bu, ahşap üzerindeki renk farklılıklarını ( $\Delta E^*$ ) karşılaştırmak için doğru bir ölçüm yöntemi gerektirir (Hauptmann ve ark., 2012).

Mobilyalara estetik açıdan geliştirmek ve ahşabı çürüme, nem, kir ve pislikten korumak için zaman içinde cilalar uygulanmıştır. Nesne yeniyken daha sonraki restorasyon kampanyalarına kadar mumlar, oleo-reçineli vernikler, ispirto vernikleri ve daha sonraki sentetik vernikler dahil olmak üzere çok çeşitli malzemeler kullanılmıştır (Auffret ve Landre, 2014).

Ahşap yüzeylerin yüzey işlemi şu temel prosedürleri içerir: yüzey hazırlığı (zımparalama, fırçalama vb.), yüzey işlem malzemelerinin (mumlar, yağlar, vernikler, lekeler vb.) uygulanması ve uygulanan malzemenin sertleştirilmesi. Yüzey işlemi için malzeme seçerken yüzeyin istenilen estetik etkisinin yanı sıra ürünün kullanılacağı ortamın mikro iklim koşullarının da dikkate alınması önemlidir. Belirli bir malzemeyi seçmeyi ve uygulamayı kolaylaştırmak için özelliklerini bilmek önemlidir. Yüzey işleme malzemeleri, doğrudan uygulanan veya farklı etkilere sahip diğer bileşenlerin (sertleştiriciler, geciktiriciler, incelticiler vb.) eklenmesi şeklinde ön hazırlık yoluyla uygulanan sıvılar, toz preparatlar veya macunlar olabilir (Kirić, 2021).

Vernik, lake, yağ ve mum şeffaftır ve bu nedenle yüzeyindeki havayı çok daha yüksek kırılma indisine sahip bir ortamla yer değiştirerek bir parçanın damarını daha tam olarak ortaya çıkarır. Ahşabın doğal rengini yoğunlaştırırlar, ahşaba ne kadar derin nüfuz ederlerse o kadar yoğunlaştırırlar (Anonim, 1955).

Aromatik yağlar, zorlukla kristalleşen sıvı veya katı karışımlarıdır. Bunlar, olağan son kat filmlerinin çoğuyla çözünür ve bu nedenle boyayı

veya diğer son katları renklendirebilir. Bunların varlığı ayrıca kaplamaların kurummasını geciktirebilir, yapışkan hale getirebilir ve genellikle kabarma, yumuşama, kırışma ve kaplamaların genel parçalanmasına neden olabilir (Cassens, 1986). Bir dizi yağ (örneğin; keten tohumu, tung) ve modifiye yağlar geleneksel olarak nüfuz eden ahşap cilaları olarak kullanılmıştır. Bu yağlar bir film bırakmaz ve UV ışığına ve suya karşı düşük dirençleri nedeniyle 1-1.5 yıldan uzun süre dayanmazlar. Bu nedenle, nüfuz eden yağlar dış mekân cilaları olarak sınırlı kullanım bulmaktadır. Ancak iç mekân mobilya cilaları olarak yaygın olarak kullanılırlar (Feist, 1990).

Renk, bir malzemenin görünümünün en önemli özelliklerinden biri olup, bambunun katma değerini ve kullanıcıların psikolojik duygularını etkilemektedir (Tang ve ark., 2022).

Bu çalışmada, dut ve meranti red odunlarında beyazlık indeksi ( $WT^*$ ) ve renk parametreleri üzerine ahşap koruyucu (antik ve tarçınlı) yağların etkileri incelenmiştir.

Bu ağaç türlerine ait bazı önemli bilgiler aşağıda verilmiştir;

Dut (*Morus alba*) odunu orta dereceli yakacak odun sağlar. Dallar bağlayıcı malzeme olarak ve sepet yapımında kullanılır. Kök kabuğu liflidir ve Çin ve Avrupa'da kâğıt yapımında kullanılmıştır (Duke, 1983). Bitkinin yaprakları antik çağlardan beri bir ilaç olarak kullanılmaktadır (Arfan ve ark., 2012; Yang ve ark., 2012; Gryn-Rynko ve ark., 2016). Dut odununda; ısı iletkenlik katsayısı değeri 0.155 W/m.K (Çavuş ve ark., 2019), janka sertlik değerleri teğet yüzeyde 77.69 N/mm<sup>2</sup>, radyal yüzeyde 73.24 N/mm<sup>2</sup>, enine yüzeyde 93.71 N/mm<sup>2</sup> (Ayata ve ark., 2018) olarak bulunmuştur.

Meranti ağaçları yavaş büyür ve odunları yaygın olarak yapı malzemesi olarak ve mobilya yapımında kullanılmaktadır (Kintamani, 2018). Meranti red (*Shorea curtisii*) odununda ağırlık kaybı *Pycnoporus sanqui-neus* için %0.26, *Lentinus sajor-caju* için %1.27, *Trametes versicolor* için %1.65, (Roszaini ve ark., 2016), *Trametes versicolor* için %0.60, *Coniophora puteana* için %0.22 (Reinprecht ve Vidholdová, 2019) olarak belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Dut (*Morus alba*) odunu ve meranti red (*Shorea curtisii*) odunu örnekleri 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Numunelerde iklimlendirme uygulamaları yapılmıştır (ISO 554, 1976). Ahşap koruyucu yağlar (antik ve tarçınlı) satın alınma ile temin edilmiştir.

## 2.2. Metot

Ahşap malzemelerin yüzeyleri titreşimli bir zımpara makinesi ve farklı zımparaların (80, 120 ve 150) kullanılması ile zımparalanmıştır. Zımparalanmış ve tozdan arındırılmış olan ahşap yüzeyler üzerinde üstü�ü ile dairesel şekilde sürülerek yağlara ait uygulamalar yapılmıştır.

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri Whiteness Meter BDY-1 cihazı (ASTM E313-15e1, 2015) ile renk değişimleri CS-10 cihazı ile belirlenmiştir (ASTM D 2244-3, 2007).  $\Delta a^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  için bilgiler Çizelge 1’de gösterilmektedir (Lange, 1999).

Çizelge 1.  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta C^*$  için bilgiler (Lange, 1999)

Parametre	Pozitif sonucuna göre	Negatif sonucuna göre
$\Delta L^*$	Referanstan daha açık	Referanstan daha koyu
$\Delta a^*$	Referanstan daha kırmızı	Referanstan daha yeşil
$\Delta C^*$	Referanstan daha net, daha parlak	Mat, referanstan daha bulanık
$\Delta b^*$	Referanstan daha sarı	Referanstan daha mavi

$\Delta E^*$  için kriterler (DIN 5033, 1979) Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2.  $\Delta E^*$  için kriterler (DIN 5033, 1979)

Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ )	Görsel renk puanı farkı
<0.20	Algılanamaz
0.20 ila 0.50	Çok zayıf
0.50 ila 1.50	Zayıf
1.50 ila 3.00	Belirgin
3.00 ila 6.00	Çok belirgin
6.00 ila 12.00	Güçlü
> 12.00	Çok güçlü

Toplam renk farklılıkları aşağıda verilmiş olan formüller tarafından belirlenmiştir.

$$C^* = [(b^*)^2 + (a^*)^2]^{0.5} \quad (1)$$

$$\Delta H^* = [(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$h^o = \arctan (b^*/a^*) \quad (3)$$

$$\Delta C^* = (C^*_{\text{yağ uygulanmış deney örneği}} - C^*_{\text{referans deney örneği değeri}}) \quad (4)$$

$$\Delta a^* = (a^*_{\text{yağ uygulanmış deney örneği}} - a^*_{\text{referans deney örneği değeri}}) \quad (5)$$

$$\Delta L^* = (L^*_{\text{yağ uygulanmış deney örneği}} - L^*_{\text{referans deney örneği değeri}}) \quad (6)$$

$$\Delta b^* = (b^*_{\text{yağ uygulanmış deney örneği}} - b^*_{\text{referans deney örneği değeri}}) \quad (7)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5} \quad (8)$$

Ortalama değerleri, minimum ve maksimum değerleri, standart sapmaları, homojenlik grupları, varyans analizleri ve % değişim oranları bir istatistik programı ile hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Toplam renk farklılıkları için sonuçları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Her iki odun türünde uygulanan yağlar ile  $\Delta L^*$  değerleri negatif (referansa kıyasla daha koyu) olarak bulunmuştur.  $\Delta E^*$  değerleri dut odununda antik yağ ile 7.48 olarak ve tarçınlı yağ ile 7.40 olarak bulunurken, meranti red odununda ise antik yağ ile 18.85 olarak ve tarçınlı yağ ile 11.52 olarak elde edilmiştir. DIN 5033, (1979)’e göre renk kategorisi açısından sonuçlar incelendiğinde, tarçınlı yağ uygulaması ile her iki odun türünde “güçlü (6.00 ila 12.00)” kriteri şeklinde bulunmuştur. Buna ek olarak, antik yağ ile dut odununda “güçlü (6.00 ila 12.00)” kriteri ve meranti red odununda ise “çok güçlü (> 12.00)” kriteri şeklinde belirlenmiştir.  $\Delta H^*$  değerleri dut odununda antik yağ ile 0.81 olarak ve tarçınlı yağ ile 3.00 olarak bulunurken, meranti red odununda ise antik yağ ile 3.17 olarak ve tarçınlı yağ ile 3.57 olarak tespit edilmiştir. Her iki yağ uygulaması ile  $\Delta C^*$  değerleri dut odununda negatif (mat, referansa kıyasla daha bulanık) olarak tespit edilirken, meranti red odununda ise pozitif (referansa kıyasla daha net, daha parlak) değerde bulunmuştur.  $\Delta b^*$  değerleri de dut ağacında iki yağ türü ile negatif (referansa kıyasla daha mavi) olarak belirlenmiştir.  $\Delta a^*$  değerleri ise meranti red ahşabında iki yağ türü ile pozitif (referansa kıyasla daha kırmızı) olarak elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Toplam renk farklılıkları için sonuçlar

Ağaç Türü	Yağ Türü	$\Delta a^*$	$\Delta L^*$	$\Delta b^*$	$\Delta H^*$	$\Delta C^*$	$\Delta E^*$	DIN 5033, (1979)’e Göre renk kriteri
Dut	Antik	-0.77	-6.57	-3.49	0.81	-3.48	7.48	Güçlü (6.00 ila 12.00)
	Tarçınlı	1.89	-6.57	-2.84	3.00	-1.63	7.40	Güçlü (6.00 ila 12.00)
Meranti Red	Antik	3.23	-18.56	-0.72	3.17	0.96	18.85	Çok güçlü (> 12.00)
	Tarçınlı	4.62	-10.54	0.63	3.57	3.00	11.52	Güçlü (6.00 ila 12.00)

Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir.

Her iki ağaç türünde de yağ uygulamaları ile  $L^*$  değerleri azalmıştır (dut odunu için antik ve tarçınlı yağ %43.25 ile meranti red odunu için antik yağda %30.48 ile tarçınlı yağda %17.31).  $L^*$  değerlerinde en yüksek sonuçlar kontrol örneklerinde bulunmuştur (dut için 49.82 ve meranti red için 60.90) (Çizelge 4).

Yağ uygulamaları sonrasında her iki ağaç türünde  $h^o$  parametreleri azalmıştır (dut odunu için antik yağ için %2.66 ve tarçınlı yağ için %9.69

ile meranti red odunu için antik yağda %13.26 ile tarçınlı yağda %14.45).  $h^o$  parametresinde en yüksek sonuçlar kontrol örneklerinde bulunmuştur (dut için 65.52 ve meranti red için 65.31) (Çizelge 4).

$C^*$  parametresinde her iki yağ türü ile dut odununda azalışlar (antik yağ ile %12.50 ve tarçınlı yağ ile %5.85) bulunurken, meranti red odununda artışlar (antik yağ ile %4.70 ve tarçınlı yağ ile %14.64) görülmüştür.  $C^*$  değerinde kontrol örnekleri açısından dut odununda en yüksek (27.85) sonucu verirken, meranti red odunu için en düşük (20.42) sonuca denk geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4).

Meranti red odununda her iki yağ uygulaması ile  $a^*$  değerinde artışlar (antik yağ ile %38.03 ve tarçınlı yağ ile %54.23) görülmüştür. Dut odununda  $a^*$  değerinde antik yağ ile %6.67 oranında azalış ve tarçınlı yağ ile %16.38 oranında artış bulunmuştur (Çizelge 4).

Dut odununda her iki yağ uygulaması ile  $b^*$  parametresinde azalışlar (antik yağ ile %13.77 ve tarçınlı yağ ile %11.17) tespit edilmiştir. Meranti red odununda  $b^*$  değerinde antik yağ ile %3.94 oranında azalış ve tarçınlı yağ ile %3.34 oranında artış elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Renk parametrelerine ait ölçüm sonuçları

Ağaç Türü	Test	Yağ Türü	Ortalama	Değişim (%)	HG	Minimum	Maksimum	SS	Varyasyon Katsayısı
Dut ( <i>Morus alba</i> )	$L^*$	Kontrol	49.82	-	A*	49.16	50.49	0.45	0.90
		Antik	43.25	↓13.19	B**	42.62	44.11	0.49	1.14
		Tarçınlı	43.25	↓13.19	B**	41.63	44.58	1.03	2.39
	$a^*$	Kontrol	11.54	-	B	11.19	11.80	0.22	1.93
		Antik	10.77	↓6.67	C**	9.86	11.47	0.57	5.34
		Tarçınlı	13.43	↑16.38	A*	12.28	14.34	0.61	4.53
	$b^*$	Kontrol	25.34	-	A*	24.28	25.68	0.42	1.65
		Antik	21.85	↓13.77	B**	20.38	23.56	1.16	5.30
		Tarçınlı	22.51	↓11.17	B	21.55	24.10	0.88	3.93
	$C^*$	Kontrol	27.85	-	A*	26.98	28.22	0.36	1.30
		Antik	24.37	↓12.50	C**	22.70	26.03	1.26	5.16
		Tarçınlı	26.22	↓5.85	B	24.83	27.86	0.93	3.55
	$h^o$	Kontrol	65.52	-	A*	64.16	66.22	0.63	0.97
		Antik	63.78	↓2.66	B	62.56	64.84	0.69	1.08
		Tarçınlı	59.17	↓9.69	C**	56.35	60.36	1.18	1.99



Meranti Red ( <i>Shorea curtisii</i> )	L*	Kontrol	60.90	-	A*	52.58	63.25	3.02	4.96	
		Antik	42.34	↓30.48	C**	41.55	42.86	0.37	0.87	
		Tarçınlı	50.36	↓17.31	B	48.01	51.93	1.41	2.80	
	a*	Kontrol	8.52	-	C**	8.11	9.02	0.33	3.83	
		Antik	11.76	↑38.03	B	10.61	13.25	0.79	6.73	
		Tarçınlı	13.14	↑54.23	A*	12.54	13.58	0.37	2.83	
	b*	Kontrol	18.55	-	B	18.23	18.77	0.19	1.01	
		Antik	17.82	↓3.94	C**	16.71	18.63	0.56	3.16	
		Tarçınlı	19.17	↑3.34	A*	17.79	20.06	0.79	4.14	
	C*	Kontrol	20.42	-	C**	20.19	20.80	0.17	0.82	
		Antik	21.38	↑4.70	B	20.24	22.47	0.81	3.78	
		Tarçınlı	23.41	↑14.64	A*	22.43	24.13	0.57	2.43	
	h°	Kontrol	65.31	-	A*	63.67	66.50	0.94	1.45	
		Antik	56.65	↓13.26	B	53.86	58.60	1.39	2.45	
		Tarçınlı	55.87	↓14.45	B**	53.34	57.35	1.20	2.14	
	<b>SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, *: En yüksek değer, **: En düşük değer</b>									

Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 5'de sunulmaktadır.

Çizelge 5. Beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerlerine ait ölçüm sonuçları

Ağaç Türü	Test	Yağ Türü	Ortalama	Değişim (%)	HG	Minimum	Maksimum	SS	Varyasyon Katsayısı
Dut ( <i>Morus alba</i> )	$WI^*$ (⊥)	Kontrol	7.44	-	A*	7.20	7.70	0.18	2.47
		Antik	4.86	↓34.68	B	4.50	5.10	0.24	4.87
		Tarçınlı	4.78	↓35.75	B**	4.20	5.00	0.32	6.60
	$WI^*$ (  )	Kontrol	5.14	-	A*	4.80	5.50	0.28	5.44
		Antik	3.38	↓34.24	B	3.10	3.50	0.15	4.58
		Tarçınlı	2.16	↓57.98	C**	2.10	2.20	0.05	2.39
Meranti Red ( <i>Shorea curtisii</i> )	$WI^*$ (⊥)	Kontrol	24.22	-	A*	24.00	24.60	0.29	1.18
		Antik	6.74	↓72.17	C**	6.40	7.20	0.40	5.90
		Tarçınlı	14.28	↓41.04	B	13.30	15.00	0.81	5.67
	$WI^*$ (  )	Kontrol	13.80	-	A*	13.50	14.10	0.28	2.05
		Antik	1.78	↓87.10	C**	1.50	2.00	0.20	11.48
		Tarçınlı	4.64	↓66.38	B	4.20	5.00	0.33	7.13
<b>SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, *: En yüksek değer, **: En düşük değer</b>									

Her iki yağ tarafından her iki odun türünde  $WI^*$  değerlerinde azalışlar ( $WI^*$  ⊥ yönde dut odununda yapılan uygulama sonrasında antik yağ ile %34.68, tarçınlı yağ ile %35.75, meranti red odununda yapılan uygulama sonrasında antik yağ ile %72.17, tarçınlı yağ ile %41.04 oranlarında ve  $WI^*$  || yönde ise dut odununda yapılan uygulama sonrasında antik yağ ile %34.24, tarçınlı yağ ile %57.98, meranti red odununda yapılan uygulama sonrasında antik yağ ile %87.10, tarçınlı yağ ile %66.38 oranlarında) elde edilmiştir. En yüksek sonuçlar kontrol deney örneklerinde bulunmuştur

(dut odunu için  $WI^* \perp$ : 7.44 ve  $WI^* \parallel$ : 5.14, meranti red odunu için  $WI^* \perp$ : 24.22 ve  $WI^* \parallel$ : 13.80). En düşük  $WI^*$  değerleri için sonuçlar dut odununda tarçınlı yağ uygulaması ( $WI^* \perp$ : 4.78 ve  $WI^* \parallel$ : 2.16) ile bulunurken, meranti red odunu için antik yağ uygulanmış örneklerde ( $WI^* \perp$ : 6.74 ve  $WI^* \parallel$ : 1.78) belirlenmiştir (Çizelge 5).

Meranti red odunu için varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir. Her iki ağaç türünde bütün renk parametreleri ve beyazlık indeksi ( $WI^*$ ) değerleri üzerinde yağ türü anlamlı olarak elde edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Meranti red odunu için varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
<b>L*</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	1733.045	866.523	230.661	0.000*
	<b>Hata</b>	27	101.431	3.757		
	<b>Toplam</b>	30	80478.700			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	1834.476			
<b>a*</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	112.297	56.148	193.407	0.000*
	<b>Hata</b>	27	7.838	0.290		
	<b>Toplam</b>	30	3843.346			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	120.135			
<b>b*</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	9.115	4.557	13.931	0.000*
	<b>Hata</b>	27	8.833	0.327		
	<b>Toplam</b>	30	10301.734			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	17.948			
<b>C*</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	46.858	23.429	69.907	0.000*
	<b>Hata</b>	27	9.049	0.335		
	<b>Toplam</b>	30	14228.648			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	55.907			
<b>h°</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	549.552	274.776	194.047	0.000*
	<b>Hata</b>	27	38.233	1.416		
	<b>Toplam</b>	30	106001.852			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	587.784			
<b>WT* (⊥)</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	1537.352	768.676	2576.248	0.000*
	<b>Hata</b>	27	8.056	0.298		
	<b>Toplam</b>	30	8367.600			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	1545.408			
<b>WT* (  )</b>	<b>Yağ Türü</b>	2	788.552	394.276	5118.006	0.000*
	<b>Hata</b>	27	2.080	0.077		
	<b>Toplam</b>	30	2153.460			
	<b>Düzeltilmiş Toplam</b>	29	790.632			

\*: Anlamlı

Dut odunu için varyans analizi sonuçları Çizelge 7’de sunulmuştur. Her iki ağaç türünde bütün renk parametreleri ve beyazlık indeksi (*WT\**) değerleri üzerinde yağ türü anlamlı olarak bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Dut odunu için varyans analizi sonuçları

Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
<i>L*</i>	Yağ Türü	2	287.591	143.795	285.861	0.000*
	Hata	27	13.582	0.503		
	Toplam	30	62251.342			
	Düzeltilmiş Toplam	29	301.173			
<i>a*</i>	Yağ Türü	2	37.499	18.749	74.984	0.000*
	Hata	27	6.751	0.250		
	Toplam	30	4301.122			
	Düzeltilmiş Toplam	29	44.250			
<i>b*</i>	Yağ Türü	2	68.879	34.440	44.991	0.000*
	Hata	27	20.668	0.765		
	Toplam	30	16284.575			
	Düzeltilmiş Toplam	29	89.547			
<i>C*</i>	Yağ Türü	2	60.664	30.332	35.289	0.000*
	Hata	27	23.207	0.860		
	Toplam	30	20589.656			
	Düzeltilmiş Toplam	29	83.871			
<i>h°</i>	Yağ Türü	2	215.872	107.936	142.772	0.000*
	Hata	27	20.412	0.756		
	Toplam	30	118639.420			
	Düzeltilmiş Toplam	29	236.284			
<i>WT*</i> (⊥)	Yağ Türü	2	45.795	22.897	362.810	0.000*
	Hata	27	1.704	0.063		
	Toplam	30	1019.920			
	Düzeltilmiş Toplam	29	47.499			
<i>WT*</i> (  )	Yağ Türü	2	44.888	22.444	641.936	0.000*
	Hata	27	0.944	0.035		
	Toplam	30	426.040			
	Düzeltilmiş Toplam	29	45.832			

\*: Anlamlı

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Dut odunu, yağ uygulamalarından sonra meranti red odununa kıyasla daha düşük beyazlık kaybı göstermektedir. Antik ve tarçınlı yağlar, hem dut hem de meranti red odunu üzerinde beyazlık indeksi değerini düşürmüştür. *C\** parametresi için dut ağacında antik ve tarçınlı yağlar ile azalış

ve meranti red odununda artış gözlemlenmiştir. Her iki ağaç türünde yapılan yağ uygulamaları sonucunda  $L^*$  ve  $h^o$  değerlerinde azalmalar elde edilmiştir. Antik yağ uygulamasıyla  $a^*$  parametresinde meranti red odununda artış, dut odununda ise azalma tespit edilmiştir.

Yağ ile kaplanmış malzemeler üzerinde yapay veya doğal yaşlandırma testlerinin uygulanması önerilmektedir.

## Kaynaklar

- Anonim, (1955). Basic information on wood as a material of construction with data for its use in design and specification, Agriculture Handbook, (72).
- Arfan, M., Khan, R., Rybarczyk, A., and Amarowicz, R., (2012). Antioxidant activity of mulberry fruit extracts, International journal of molecular sciences, 13(2): 2472-2480. DOI: 10.3390/ijms13022472.
- ASTM D 2244-3, (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E313-15e1, (2015). Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Auffret, S., and Landrey, G., (2014). Seeing more clearly through opaque surfaces: a review of furniture finishes materials, their use and ethical considerations related to their preservation, Furniture finishes: Past, present and future of transparent wood coatings, Amsterdam: Stichting Ebenist.
- Ayata, Ü., Çavuş, V., Bal, B.C., ve Efe, F.T., (2018). Dut, doğu çınarı, kızılçam ve sedir ağaç türlerinde janka sertlik değerinin belirlenmesi, 2. Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu, 30 Kasım - 2 Aralık, Samsun, Türkiye, 1490-1494.
- Cassens, D.L., (1986). Finishing wood exteriors: selection, application, and maintenance (No. 647). US Department of Agriculture, Forest Service.
- Cavus, V., Sahin, S., Esteves, B., and Ayata, U., (2019). Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey, Biore-sources, 14(3): 6709-6715. DOI: 10.15376/biores.14.3.6709-6715.
- Daniels, T., Hirsch, M., McClelland, K., Ross, A., and Williams, S., (2000). Best of both worlds: Clear exterior finishes: In search of finishes that protect wood without hiding its natural beauty, American Painting Contractor, 4: 47-49.
- DIN 5033, (1979). Deutsche Normen, Farbmessung. Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung eV, Beuth, Berlin März.
- Duke, J.A., (1983). *Morus alba* L.. Handbook of Energy Crops (unpublished).
- Feist, W.C., (1990). Outdoor wood weathering and protection. Archaeological wood, properties, chemistry, and preservation. Advanced in Chemistry Series, 225, 263-298.
- Gellerstedt, G., (2009). The worldwide wood resource. Pulp and Paper Chemistry and Technology, Wood Chemistry and Wood Biotechnology, 1, 1-12.
- Gryn-Rynko, A., Bazylak, G., and Olszewska-Slonina, D., (2016). New potential phytotherapeutics obtained from white mulberry (*Morus alba* L.) lea-

- ves, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 84: 628-636. DOI: 10.1016/j.biopha.2016.09.081.
- Hauptmann, M., Hermann, P., Carsten, M., Jürgen, F., and Hansmann, C., (2012). The potential of color measurements with the CIEDE2000 equation in wood science, *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(4): 415-420. DOI: 10.1007/s00107-011-0575-6.
- ISO 554, (1976). Standard atmospheres for conditioning and/or testing, International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- Kintamani, E., (2018). The diversity of *Shorea* spp. (meranti) at some habitats in Indonesia, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 197(1): 012034. IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/197/1/012034.
- Kirić, M., (2021). Obrada površine drva uljima i voskovima (Doctoral dissertation, University of Zagreb. Faculty of Forestry and Wood Technology. Institute of Furniture and Wood in Construction).
- Lange, D.R., (1999). *Fundamentals of Colourimetry - Application Report No. 10e*. DR Lange: New York, NY, USA.
- Reinprecht, L., and Vidholdová, Z., (2019). Rot resistance of tropical wood species affected by water leaching, *BioResources*, 14(4): 8664-8677. DOI: 10.15376/biores.14.4.8664-8677.
- Roszaini, K., Hale, M.D., and Salmiah, U., (2016). In-vitro decay resistance of 12 Malaysian broadleaf hardwood trees as a function of wood density and extractives compounds, *Journal of Tropical Forest Science*, 28(4): 533-540.
- Tang, T., Fei, B., Song, W., Su, N., and Sun, F., (2022). Tung oil thermal treatment improves the visual effects of moso bamboo materials, *Polymers*, 14(6): 1250. DOI: 10.3390/polym14061250.
- Yang, A.W., (2012). A survey on usage of mulberry leaves for controlling treatment, *PRSC-Planetary Scientific Research Center Proceedings*.





”

## **BÖLÜM 4**

### **CHEMICAL COMPOSITION AND FIBER PROPERTIES OF SCOTS PINE: A LITERATURE REVIEW**

*Sezgin Koray GÜLSOY<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Assoc.Prof., Bartın University, Forestry Faculty, Forest Industry Engineering Department, 74100 Bartın, TÜRKİYE, [sgulsoy@bartin.edu.tr](mailto:sgulsoy@bartin.edu.tr)

## INTRODUCTION

The Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is a fast-growing conifer native to Europe and parts of Asia, widely valued as a key timber resource in global forest industries, especially across the northern hemisphere. Its wood properties, such as chemical composition and fiber characteristics, play a crucial role in determining its suitability for various applications. The wood is composed of a complex blend of polymers, extractives, and inorganic materials, which significantly affect its mechanical strength and chemical reactivity. A thorough understanding of these properties enables the optimization of processing methods for diverse uses, including construction materials, paper manufacturing, and biofuel production.

Scots pine forests cover over 28 million hectares, accounting for at least 20% of the EU's commercial forest area (Table 1) and approximately 12% of the species' global distribution. Nearly 85% of this forest area is concentrated in Sweden (10.6 million hectares) and Finland (13.9 million hectares), while Germany, France, Türkiye, and Spain also host significant Scots pine forests, each exceeding 1 million hectares (Mason and Alía, 2000).

Scots pine is widely distributed across the Eurasian continent, spanning latitudes from 37°N to 70°20'N. At the northern boreal forest edge, it endures challenging conditions, with fewer than 100 frost-free days per year and annual rainfall as low as 300 mm. In Central Asia's steppe plains, its range is restricted by the duration of drought periods. In southern Europe and Asia Minor, Scots pine occurs in isolated montane zones, reaching altitudes of up to 2,200 meters in the Balkans and Spain, and 2,700 meters in the Caucasus (Figure 1) (Mátyás et al. 2004). The southernmost distribution of Scots pine in the world is 38°34'N latitude in the Kayseri-Pınarbaşı region of Türkiye (Demirci, 2006). Scots pine has the broadest distribution of all pine species, extending from central and northern Europe to eastern Asia. In southern regions, its range is limited to mountainous areas. It is the only North European pine species that survived the Ice Ages. Due to its expansive range, Scots pine exhibits numerous geographic variations. The tree has been widely planted in central and western Europe, and to a lesser extent, in southeastern Canada and parts of the adjacent United States. (Ilvessalo-Pfäffli, 1995).

Scots pine is a long-lived coniferous tree, easily recognized by its distinctive orange-hued trunk. It is the most widely distributed pine species globally, spanning the entirety of Eurasia and encompassing immense genetic diversity with several subspecies across its range. Particularly in northern Europe, Scots pine holds significant economic importance. Its

strong, versatile wood is well-suited for general construction, furniture production, and the pulp and paper industry. Additionally, it plays a crucial role in stabilizing sandy soils, contributing to environmental management efforts (Bonciu et al. 2023).

The wood of Scots pine is versatile, durable, and resinous, making it suitable for a wide range of applications. It is easy to work with, providing a smooth, shiny surface that readily absorbs paint, varnish, and glue, while also holding nails securely. These qualities make Scots pine an excellent choice for construction materials, furniture-making, and carving. It is commonly used in door and window frames, as well as ceiling and floor coverings. In Türkiye, Scots pine covers a total area of 1.48 hectares, representing approximately 0.5% of the nation's forested areas. It occurs both in pure stands and mixed with other tree species. Its wood is highly versatile, offering a wide range of potential uses. (OGM, 2009).

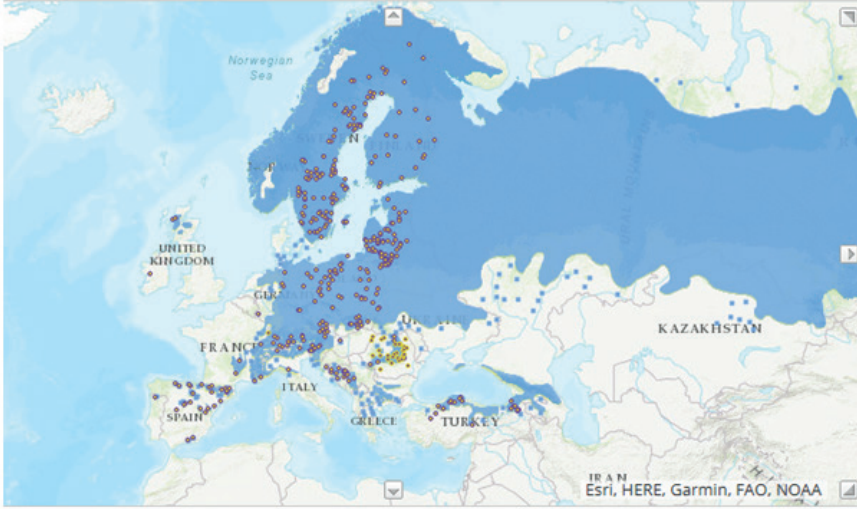


Figure 1. The distribution area of Scots pine (EUFORGEN, 2024).

Scots pine is among the most economically and ecologically significant tree species in temperate regions. Its wood finds extensive use in construction, papermaking, and bioenergy production. A comprehensive understanding of its chemical composition and fiber properties is essential for maximizing its potential in various applications. This paper presents an in-depth review of Scots pine wood, examining the composition of cellulose, hemicellulose, lignin, extractives, and ash. Additionally, it explores the mechanical properties of its fibers, highlighting their influence on the wood's suitability for diverse industrial processes.

## CHEMICAL COMPOSITION OF SCOTS PINE WOOD

Scots pine wood is primarily composed of cellulose, hemicellulose, lignin, extractives, and ash. Each of these components plays a significant role in the wood's properties and behavior under various processing conditions. Chemical composition of Scots pine is given in Table 1.

Table 1. Chemical composition of Scots pine wood from various regions.

Geographical Region	H (%)	$\alpha$ C (%)	L (%)	HWS (%)	CWS (%)	1% NaOH (%)	E (%)	A (%)	Reference
Türkiye	69.77	56.03	25.83	2.57	-	14.23	4.13 <sup>1</sup>	0.31	Akkayan (1983)
-	-	-	28.00	-	-	-	1.00 <sup>4</sup>	0.20	Pettersen (1984)
	74.30	52.20	26.30	-	-	-	-	-	Fengel and Wegener (1989)
Zonguldak/ Türkiye	71.33	48.22	26.73	4.37	2.82	19.42	3.71 <sup>1</sup>	0.40	Usta (1989)
Finland (stem height 20%)	69.60	-	25.50	-	-	-	5.00 <sup>5</sup>	-	Voipio (1990)
Finland (stem height 80%)	66.10	-	27.00	-	-	-	5.40 <sup>5</sup>	-	Voipio (1990)
-	-	40.00	27.70				3.50 <sup>5</sup>		Sjöström (1993)
Türkiye	-	-	-	4.98	-	16.50	-	-	Balaban and Uçar, 2001
Netherland	-	-	25.30	-	-	-	-	-	Gosselink et al. 2004
Bartın/Türkiye	70.90	55.50*	23.50	6.60	5.70	13.80	-	-	Alkan (2004)
Finland	-	40.76	27.35	-	-	-	3.31 <sup>3</sup>	-	Kilpeläinen et al. (2005)
Türkiye (HW)	-	45.20	26.60	4.40	2.80	13.20	4.70 <sup>1</sup>	0.40	Hafizoğlu and Usta (2005)
Türkiye (SW)	-	50.00	28.30	3.20	2.00	19.40	2.50 <sup>1</sup>	0.30	Hafizoğlu and Usta (2005)
- (JW)	65.80	-	34.20	-	-	-	-	-	
- (MW)	71.10	-	28.70	-	-	-	-	-	
-	81.00	49.10	25.90	-	-	-	2.80 <sup>9</sup>	-	Boonstra and Tjeerdsma (2006)
- (SW)	59.73	-	27.75	2.44	-	15.71	3.95 <sup>1</sup>	-	Parysek and Zakrzewski (2006)

- (HW)	54.24	-	29.17	2.72	-	17.62	8.54 <sup>1</sup>	-	Parysek and Zakrzewski (2006)
- (average of 13 samples)	-	-	23.26	-	-	-	6.62 <sup>3</sup>	-	Toivanen and Alén (2006)
Kütahya/ Türkiye (HW)	-	-	-	3.65	3.12	13.45	9.38 <sup>4</sup>	-	Hafizoğlu and Ozalp (2007)
Kütahya/ Türkiye (SW)	-	-	-	3.11	2.78	13.12	6.28 <sup>4</sup>	-	Hafizoğlu and Ozalp (2007)
Bartın/Türkiye (NW)	71.37	48.58	27.57	3.10	1.74	12.88	2.81 <sup>4</sup>	0.33	Sarıusta (2007)
Bartın/Türkiye (CW)	70.11	42.82	32.19	3.90	1.74	13.04	3.24 <sup>4</sup>	0.41	Sarıusta (2007)
Sinop/Türkiye (100 m altitude)	64.15	48.36	28.19	8.78	-	12.21	6.23 <sup>2</sup>	-	Dönmez (2010)
Sinop/Türkiye (700 m altitude)	66.31	41.31	22.96	10.88	-	13.33	6.48 <sup>2</sup>	-	Dönmez (2010)
Sinop/Türkiye (1300 m altitude)	62.32	40.10	24.68	13.57	-	15.47	10.65 <sup>2</sup>	-	Dönmez (2010)
Bartın/Türkiye	73.23	51.50	30.72	4.43	2.43	15.87	-	-	Gençay (2010)
Kahramanmaraş /Türkiye	73.67	46.85	28.57	3.82	3.42	16.28	6.71 <sup>1</sup>	0.45	Tutuş et al. (2010)
-	-	-	27.7	-	-	-	3.5	0.20	Sıdıras et al. (2011)
Türkiye	79.71	50.53	30.68	4.40	2.62	15.48	2.45 <sup>1</sup>	-	Sarı (2011)
-	-	47.00	27.50	6.70	-	19.40	3.40 <sup>1</sup>	0.20	Barbash et al. 2011
Latvia	-	49.00*	27.10	-	-	-	2.90 <sup>3</sup>	0.30	Sable et al. (2012)
Türkiye	68.69	49.53	27.91	-	-	-	5.57 <sup>5</sup>	0.18	Özçifçi and Özbay, 2013
Kemi/Finland	72.10	-	23.60	-	-	-	4.00 <sup>5</sup>	0.27	Keränen et al. (2013)
Ardahan/ Türkiye (SW)	75.40	56.00*	26.10	5.30	1.97	10.80	-	0.27	Gültekin (2014)
Ardahan/ Türkiye (HW)	73.30	55.10*	27.30	5.91	5.89	19.20	-	0.36	Gültekin (2014)
Finland	66.59	39.70	25.40	-	-	-	4.32	-	Benyoucef and Harrache (2015)
-	60.40	-	27.20	-	-	-	3.70 <sup>3</sup>	-	Lehto et al. (2015)
Satakunta/ Finland	67.99	-	25.14	-	-	-	6.40 <sup>5</sup>	-	Vivian et al. (2015)
Poland (75-year-old, SW, up to 20 <sup>th</sup> ring)	65.20	47.30	26.80	-	-	-	2.70 <sup>4</sup>	-	Waliszewska et al. (2015)

Poland (75-year-old, SW, 20-40 rings)	65.40	46.30	26.40	-	-	-	2.30 <sup>4</sup>	-	Waliszewska et al. (2015)
Artvin/Türkiye	73.27	43.15	28.24	4.22	3.12	16.41	5.81 <sup>1</sup>	0.34	Ayrlimis et al. (2015)
West Black Sea/Türkiye	75.35	53.14	25.34	3.22	2.19	-	4.90 <sup>4</sup>	-	Sivrikaya et al. (2016)
Kars/Türkiye	-	41.60*	28.50	-	-	-	-	0.60	Alma et al. (2016)
Russia	73.46	47.80	23.46	-	-	-	0.21 <sup>1</sup>	-	Li et al. (2016)
Italy	67.80	-	24.70	1.50	-	-	5.90 <sup>8</sup>	0.10	Macchioni et al. (2016)
-	-	46.30	28.70	-	-	-	-	-	Tarabanko et al. (2017)
Italy	67.80	-	25.80	-	-	-	6.20 <sup>5</sup>	0.20	Tamburini et al. (2017)
-			31.20	-	-	-	3.30 <sup>3</sup>	-	Lehto et al. (2017)
Lithuania	-	-	34.93	-	-	-	-	0.40	Chemerys and Baltrėnaitė (2018)
-	-	48.09*	27.39	4.31	2.86	13.45	5.53 <sup>1</sup>	0.21	Nemli et al. (2018)
Russia	64.60	47.60	28.00	-	-	-	7.60 <sup>5</sup>	0.30	Yatsenkova et al. (2018)
Poland	70.40	45.30	26.40	-	-	-	2.60 <sup>5</sup>	0.60	Przybysz et al. (2018)
Sweden (JW)	-	-	27.10	-	-	-	7.40 <sup>6</sup>	-	Funda et al. (2020)
Sweden (MW)	-	-	27.70	-	-	-	1.90 <sup>6</sup>	-	Funda et al. (2020)
Bursa/Türkiye	73.50	50.20	29.40	-	-	-	5.83 <sup>1</sup>	0.48	Mertoglu Elmas and Yilgor (2020)
-	66.30	41.50	28.50	-	-	-	4.60 <sup>3</sup>	-	Barman et al. (2020)
Arkhangelsk/Russia (SW)	-	-	28.35	-	-	-	-	-	Khviyuzov et al. (2021)
Arkhangelsk/Russia (HW)	-	-	28.95	-	-	-	-	-	Khviyuzov et al. (2021)
Estonia	-	47.93	27.31	-	-	-	-	-	Khan et al. (2022)
Marrakech/Morocco	-	42.51	-	-	-	-	8.76	4.19	Anter et al. (2022)
Bartın/Türkiye	73.22	47.54	27.36	2.58	1.58	10.61	8.47 <sup>4</sup>	-	Kuştaş and Gülsoy (2023)
Bartın/Türkiye	75.00	48.00	24.60	-	-	-	4.12 <sup>4</sup>	3.40	Gülsoy (2023)



Zonguldak/Türkiye	3.34	38.03	25.71	6.16	-	-	-	Usta (1989)
Finland (stem)	1.96	26.33	-	5.05	-	-	-	Laurila (1989)
Finland (branch)	0.84	16.74	-	4.04	-	-	-	Laurila (1989)
Russia (HW)	2.30	-	-	-	-	-	-	Lee (1990)
Russia (SW)	4.00	-	-	-	-	-	-	Lee (1990)
Russia (EW)	3.02	-	-	-	-	-	-	Lee (1990)
Russia (LW)	3.37	-	-	-	-	-	-	Lee (1990)
Türkiye (EW)	2.74	41.90	28.95	6.24	-	-	-	Ay (1990)
Türkiye (LW)	2.92	30.30	11.04	9.65	-	-	-	Ay (1990)
Austria	3.12	-	-	-	-	-	-	Wimme, (1995)
-	3.10	35.00	-	-	-	-	-	Ilvessalo- Pfäffli (1995)
East Anglia/UK (ring 7, EW)	1.00	-	-	-	-	-	-	Mencuccini et al. (1997)
East Anglia/UK (ring 15, EW)	1.81	-	-	-	-	-	-	Mencuccini et al. (1997)
East Anglia/UK (ring 30, EW)	2.37	-	-	-	-	-	-	Mencuccini et al. (1997)
East Anglia/UK (ring 45, EW)	2.59	-	-	-	-	-	-	Mencuccini et al. (1997)
East Anglia/UK (ring 60, EW)	2.55	-	-	-	-	-	-	Mencuccini et al. (1997)
Sweden (tree age 11)	1.79	-	-	-	-	-	-	Hannrup and Ekberg (1998)
Sweden (tree age 31)	3.11	-	-	-	-	-	-	Hannrup and Ekberg (1998)
Norra Kvill/Sweden (rings 3-4)	1.78	-	21.3	4.0	-	-	-	Hannrup et al. (2001)
Norra Kvill/Sweden (rings 21-26)	3.23	-	20.7	5.4	-	-	-	Hannrup et al. (2001)
Bartın/Türkiye	4.01	49.00	34.80	7.10	-	-	-	Alkan (2004)
Poznan/Poland (1-5 rings)	2.63	-	-	-	-	-	-	Rackowski et al. (2004)
Poznan/Poland (27-41 rings)	3.51	-	-	-	-	-	-	Rackowski et al. (2004)
Poznan/Poland (77-99 rings)	4.87	-	-	-	-	-	-	Rackowski et al. (2004)
Vännäsby/Sweden	2.02	29.0	-	-	-	-	-	Ericsson and Fries (2004)
Finland	2.27	-	-	-	-	-	-	Kilpeläinen et al. 2005
Sweden	2.3	34.0	-	2.7	-	-	-	Lundqvist et al. (2005)
Křtiny/Czech Republic (1.3 m height)	-	29.96	-	3.93	-	-	-	Vavřík et al. (2006)
- (JW)	1.02	-	-	-	-	-	-	Papadopoulos (2006)
- (MW)	2.52	-	-	-	-	-	-	Papadopoulos (2006)
Bartın/Türkiye (NW)	3.10	40.85	28.50	4.42	-	-	-	Sarusta (2007)
Bartın/Türkiye (CW)	2.82	42.25	32.30	6.18	-	-	-	Sarusta (2007)



Poland (NW, JW)	2.56	-	-	-	-	-	-	Fabisiak et al. (2007)
Poland (NW, MW)	3.00	-	-	-	-	-	-	Fabisiak et al. (2007)
Poland (CW, JW)	1.90	-	-	-	-	-	-	Fabisiak et al. (2007)
Poland (CW, MW)	2.40	-	-	-	-	-	-	Fabisiak et al. (2007)
Bartın/Türkiye	3.37	-	-	-	-	-	-	Yaman (2007)
Bartın/Türkiye (EW)	-	34.7	-	3.2	-	-	-	Yaman (2007)
Bartın/Türkiye (LW)	-	18.8	-	8.8	-	-	-	Yaman (2007)
Finland (EW, ring 7)	2.03	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Finland (EW, ring 20)	2.76	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Finland (EW, ring 50)	2.97	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Finland (LW, ring 7)	2.37	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Finland (LW, ring 20)	2.73	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Finland (LW, ring 50)	3.09	-	-	-	-	-	-	Mäkinen et al. (2008)
Sweden	2.02	28.5	-	4.1	-	-	-	Lestander et al. (2008)
Finland (Tree A, whole stem)	1.83	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Finland (Tree B, whole stem)	2.03	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Finland (Tree C, whole stem)	2.01	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Finland (Tree D, whole stem)	1.89	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Finland (Tree E, whole stem)	1.91	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Finland (Tree Y, whole stem)	1.97	-	-	-	-	-	-	Rautiainen and Alén (2008)
Türkiye	2.42	-	-	-	-	-	-	Erdin and Tırak (2009)
Türkiye (EW)	-	35.53	-	2.60	-	-	-	Erdin and Tırak (2009)
Türkiye (LW)	-	28.88	-	5.48	-	-	-	Erdin and Tırak (2009)
Finland (2000 trees/ha spacing)	1.61	29.1	-	-	-	-	-	Gort et al. (2009)
Finland (2000-2500 trees/ha spacing)	1.67	29.2	-	-	-	-	-	Gort et al. (2009)
Finland (4000 trees/ha spacing)	1.62	28.8	-	-	-	-	-	Gort et al. (2009)
AltoValle del Porma/Spain	2.3	-	34.6	3.60	-	-	-	Martín et al. (2010)
Sierra de Guadarrama/Spain	2.6	-	33.9	3.51	-	-	-	Martín et al. (2010)

Sierra de Ayllón/ Spain	2.5	-	37.5	3.40	-	-	-	Martín et al. (2010)
Sinop/Türkiye (100 m altitude)	3.91	45.55	31.00	7.27	-	-	-	Dönmez (2010)
Sinop/Türkiye (700 m altitude)	3.43	49.75	36.15	6.80	-	-	-	Dönmez (2010)
Sinop/Türkiye (1300 m altitude)	1.79	37.45	20.25	8.60	-	-	-	Dönmez (2010)
Latvia	2.15	33.10	15.50	2.20	64.80	-	-	Sable et al. (2012)
Latvia	2.10	32.60	26.10	3.60	-	-	-	Irbe et al. (2013)
Latvia (EW)	-	36.2	32.6	2.4	-	-	-	Irbe et al. (2013)
Latvia (LW)	-	27.0	16.0	5.6	-	-	-	Irbe et al. (2013)
Bartın/Türkiye	2.40	39.20	28.60	5.30	-	-	-	Gulsoy et al. (2013)
Spain (EW)	-	33.75	30.55	-	-	-	-	Martin-Benito et al. (2013)
Spain (LW)	-	12.60	8.10	-	-	-	-	Martin-Benito et al. (2013)
Finland	2.68	32.00	-	3.39	-	-	-	Mäkinen and Hynynen (2014)
Vanemek-Nek/Iran (Spanish seed origin)	3.30	32.72	23.19	4.77	102.83	70.66	0.45	Farsi and Kiaei (2014)
Vanemek-Nek/Iran (Armenian seed origin)	2.78	-	-	5.72	71.46	71.37	0.44	Farsi and Kiaei (2014)
Vanemek-Nek/Iran (Serbian seed origin)	-	42.34	31.74	-	70.78	73.22	0.40	Farsi and Kiaei (2014)
Ardahan/Türkiye (SW)	4.94	69.71	33.13	18.28	70.89	47.53	1.10	Gültekin (2014)
Ardahan/Türkiye (HW)	3.64	64.54	32.64	15.95	56.39	50.58	0.97	Gültekin (2014)
Murowana Goślina/ Poland (JW)	2.35	-	-	-	-	-	-	Czajka et al. (2015)
Murowana Goślina/ Poland (MW)	3.31	-	-	-	-	-	-	Czajka et al. (2015)
Finland	2.52	30.9	-	2.85	-	-	-	Mäkinen et al. (2015)
Satakunta/Finland	3.10	43.73	28.15	7.59	71.00	61.00	0.55	Vivian et al. (2015)
Soria/Spain	3.15	48.10	-	-	-	-	-	Esteban et al. (2017)
- (bleached kraft pulp)	2.34	30.90	26.70	2.12	-	-	0.16	Danielewicz and Surma- Ślusarska (2017)
Gümüşhane/Türkiye	2.89	-	-	-	-	-	-	Göl et al. (2018)
Gümüşhane/Türkiye (EW)	-	-	40.79	6.19	-	-	-	Göl et al. (2018)

Gümüşhane/Türkiye (LW)	-	-	13.97	7.49	-	-	-	Göl et al. (2018)
-	4.43	-	22.81	17.76	-	-	-	Nemli et al. (2018)
Bartın/Türkiye	2.89	38.05	19.86	9.14	75.95	52.19	0.92	Kuştaş and Gülsoy (2023)
Bartın/Türkiye	3.13	25.99	-	-	120.43	-	-	Gülsoy (2023)
<b>FL:</b> Fiber length, <b>FW:</b> Fiber width, <b>LW:</b> Lumen Width, <b>CWT:</b> Cell wall thickness, <b>SR:</b> Slenderness ratio (FL/FW), <b>FR:</b> Flexibility ratio [(LW/FW)*100], <b>RR:</b> Runkel ratio [(2xCWT)/LW], <b>EW:</b> Earlywood, <b>LW:</b> Latewood, <b>SW:</b> Sapwood, <b>HW:</b> Heartwood, <b>NW:</b> Normal wood, <b>CW:</b> Compression wood, <b>JW:</b> Juvenile wood, <b>MW:</b> Mature wood								

## CONCLUSIONS

Scots pine wood is a versatile raw material with a diverse range of applications in industries such as papermaking, construction, and bioenergy. Its chemical composition, including the proportions of cellulose, hemicellulose, lignin, extractives, and ash, significantly influences its properties and performance. The fiber morphology and mechanical properties of Scots pine fibers further determine its suitability for specific applications, particularly in the production of high-strength paper products. By understanding these chemical and fiber properties, industries can better optimize the use of Scots pine for sustainable material production and energy generation.

## REFERENCES

- Akkayan, S., C., (1983). Sarıçam (*P. silvestris* L.), kızılçam (*P. brutia* Ten.) ile doğu kayını (*F. orientalis* Lipsky), kavak (*P. euroamericana* c.v. I-214), okaliptus (*E. camaldulensis* Dehnh.) odunlarından elde edilen selüloz karışımları, özellikleri ve kağıt üretiminde kullanılabilme olanakları üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi A33(1): 104-132.
- Alkan, Ç. (2004). Türkiye'nin önemli yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının migrografik yönden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Alma, M.H., Salan, T., Temiz, A. (2016). A novel approach for the liquefaction of wood powder: usage of pyrolytic bio-oil as a reaction medium. International Journal of Energy Research, 40(14): 1986–2001.
- Anter, N., Guida, M. Y., Kasbaji, M., Chennani, A., Medaghri-Alaoui, A., Rakib, E. M., Hannioui, A. (2022). Thermal degradation and kinetic studies of redwood (*Pinus sylvestris* L.). Progress in Agricultural Engineering Sciences, 18(1), 33-59.
- Ay, N. (1990). Türkiye'de doğal olarak yetişen sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odunlarının değişik yetişme ortamlarındaki iç morfolojik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Ayrilmis, N., Kaymakci, A., Güleç, T. (2015). Potential use of decayed wood in production of wood plastic composite. Industrial Crops and Products, 74: 279-284.
- Balaban, M., Uçar, G. (2001). The correlation of wood acidity to its solubility by hot water and alkali. Holz als Roh- und Werkstoff, 59: 67-70.
- Barbash, V., Poyda, V., Deykun, I. (2011). Peracetic acid pulp from annual plants. Cellulose Chemistry and Technology, 45(9-10): 613-618.
- Barman, D. N., Haque, M. A., Hossain, M. M., Paul, S. K., Yun, H. D. (2020). Deconstruction of pine wood (*Pinus sylvestris*) recalcitrant structure using alkali treatment for enhancing enzymatic saccharification evaluated by Congo red. Waste and Biomass Valorization, 11, 1755-1764.
- Benyoucef, S., Harrache, D. (2015). Caractérisation de la microstructure de sciure de bois de pin sylvestre *Pinus sylvestris* Journal of Materials Environmental Science, 6(3): 765-772.
- Bonciu, E., Olaru, A. L., Ślusarczyk, J. (2023). The main characteristics of the genetic system in some forest tree species. Scientific Papers. Series A. Agronomy, 66(1).
- Boonstra, M.J., Tjeerdsma, B. (2006). Chemical analysis of heat treated softwoods. Holz als Roh- und Werkstoff, 64: 204-211.

- Chemerys, V., Baltrėnaitė, E. (2018). Influence of intrinsic properties of lignocellulosic feedstock on adsorptive properties of biochar. *Journal of Environmental Engineering*, 144(9), 04018075.
- Cortina-Escribano, M., Barbero-López, A., Kilpeläinen, P., Vanhanen, H., Haapala, A. (2024). Degradation of *Pinus sylvestris* and *Populus tremula* by laccate *Ganoderma* species. *Holzforschung*, 78(10), 581-585.
- Czajka, M., Fabisiak, E., Krauss, A. (2015). Duration of juvenile period in diameter growth of trees selected coniferous species. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, 92: 68-73.
- Danielewicz, D., & Surma-Ślusarska, B. (2017). Properties and fibre characterisation of bleached hemp, birch and pine pulps: a comparison. *Cellulose*, 24(11), 5173-5186.
- Demirci, A. (2006). *Silvikültürün Temel İlkeleri*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Notları Serisi No: 83, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 198 s.
- Dönmez, İ.E. (2010). Yükselti farkına göre sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) anatomik ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimler. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Dorn, D. (1969). Relationship of specific gravity and tracheid length to growth rate and provenance in Scotch pine. In *Proceedings of 16th Northeastern Forest Tree Improvement Conference* (pp. 1-6).
- Echols, R. M. (1958). Variation in tracheid length and wood density in geographic races of Scotch pine. *Yale School of Forestry & Environmental Studies Bulletin Series. Bulletin No: 64*.
- Erdin, N., Tırak, K. (2009). Identification of wooden objects in Ishak Pasha Palace. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 59 (A-2): 124-137.
- Ericsson, T., Fries, A. (2004). Genetic analysis of fibre size in a full-sib *Pinus sylvestris* L. progeny test. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(1): 7-13.
- Esteban, L. G., de Palacios, P., Conde, M., Fernández, F. G., García-Iruela, A., González-Alonso, M. (2017). Application of artificial neural networks as a predictive method to differentiate the wood of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus nigra* Arn subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco. *Wood Science and Technology*, 51, 1249-1258.
- EUFORGEN, (2024). European forest genetic resources programme <http://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris/>
- Fabisiak, E., Moliński, W., Roszyk, E. (2007). The propagation velocity of ultrasound waves along the grain in the juvenile and mature, normal and reaction wood of pine (*Pinus sylvestris* L.). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 61: 200-206.

- Farsi, M., Kiaei, M., (2014). Wood physical properties and tracheid dimensions of non-native softwoods in Iran. *Cellulose Chem. Technol.*, 48 (5-6), 445-454.
- Fengel, D., Wegener, G. (1989). *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Funda, T., Fundova, I., Gorzsás, A., Fries, A., Wu, H. X. (2020). Predicting the chemical composition of juvenile and mature woods in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) using FTIR spectroscopy. *Wood Science and Technology*, 54, 289-311.
- Gençay, E. (2010). Açık hava koşullarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarının kimyasal yapısında meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Göl, Ç., Serdar, B., Öztürk, M., Coşkun, K. A., Bilgili, E. (2018). *Viscum album* L. subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman (Çam ökse otu)'un *Pinus sylvestris* L. (Sarıçam)'ın odun elemanlarına etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 1354-1363.
- Gort, J., Zubizarreta Gerendiain, A., Peltola, H., Pulkkinen, P., Routa, J., Jaatinen, R. (2009). Differences in fibre properties in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites. *Silva Fennica*, 43(3): 355–368.
- Gosselink, R. J. A., Krosse, A. M. A., Van der Putten, J. C., Van der Kolk, J. C., de Klerk-Engels, B., Van Dam, J. E. G. (2004). Wood preservation by low-temperature carbonisation. *Industrial Crops and Products*, 19(1): 3-12.
- Gülsoy, S. K. (2023). Comparison of kraft and ternary deep eutectic solvent pulping of scots pine. *Industrial Crops and Products*, 206, 117596.
- Gulsoy, S.K., Kustas, S., Erenturk, S. (2013). The Effect of Old Corrugated Container (OCC) Pulp Addition on the Properties of Paper Made with Virgin Softwood Kraft Pulps. *Bioresources*, 8(4): 5842-5849.
- Gültekin, G. (2014). Bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların diri ve öz odunlarının kimyasal, morfolojik, anatomik, fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi Doktora Tezi, KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Hafizoğlu, H., Özalp, M. (2007). Su Soğutma Kulelerinde Kullanılan Emprenyesiz Bazı Çam Türlerinin Çözünürlük Değerlerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi. *Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12): 20-25.
- Hafizoğlu, H., Usta, M. (2005). Chemical composition of coniferous wood species occurring in Turkey. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63: 83-85
- Hannrup, B., Danell, Ö., Ekberg, I., Moëll, M. (2001). Relationships between wood density and tracheid dimensions in *Pinus sylvestris* L. *Wood and Fiber Science*, 31(2): 173-181.

- Hannrup, B., Ekberg, I. (1998). Age-age correlations for tracheid length and wood density in *Pinus sylvestris*. Canadian Journal of Forest Research, 28(9), 1373-1379.
- Ilvessalo-Pfäffli, M.S. (1995). Fiber Atlas. Identification of Papermaking Fibers, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Irbe, I., Sable, I., Treimanis, A., Jansons, A., Grinfelds, U. (2013). Variation in the tracheid dimensions of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm) trees grown in Latvia. Baltic Forestry, 19(1): 120-127.
- Keränen, A., Leiviskä, T., Gao, B. Y., Hormi, O., Tanskanen, J. (2013). Preparation of novel anion exchangers from pine sawdust and bark, spruce bark, birch bark and peat for the removal of nitrate. Chemical Engineering Science, 98: 59-68.
- Khan, S., Rauber, D., Shanmugam, S., Kay, C. W., Konist, A., Kikas, T. (2022). Efficient lignin fractionation from Scots pine (*Pinus sylvestris*) using ammonium-based protic ionic liquid: Process optimization and characterization of recovered lignin. Polymers, 14(21), 4637.
- Khviyuzov, S., Gusakova, M., Bogolitsyn, K., Volkov, A. (2021). Differences in the physicochemical properties of lignins in the heartwood and sapwood of *Pinus sylvestris*. Journal of Wood Chemistry and Technology, 41(4), 177-184.
- Kilpeläinen, A., Peltola, H., Ryyppö, A., Kellomäki, S. (2005). Scots pine responses to elevated temperature and carbon dioxide concentration: growth and wood properties. Tree Physiology, 25: 75-83.
- Kučerová, V., Hřčka, R., Hýrošová, T. (2024). Chemical composition as the indicator of thermally treated pine (*Pinus sylvestris* L.) wood colour. Forests, 15(7), 1186.
- Kuştaş, S., Gülsoy, S.K. (2023). Boron compounds-added kraft pulping from Scots pine. Drvna Industrija, 74(1), 43-52.
- Laurila, R. (1989). Fibre properties in *Pinus sylvestris* small wood. Silva Fennica, 23(1): 51-58.
- Lee, W. Y. (1990). Variation of tracheid length and wood ray of major Sivelian coniferous woods. Journal of Forest and Environmental Science, 7(1), 1-6.
- Lehto, J., Louhelainen, J., Huttunen, M., Alén, R. (2017). Spectroscopic analysis of hot-water- and dilute-acid-extracted hardwood and softwood chips. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 184: 184-190.
- Lehto, J., Pakkanen, H., Alén, R. (2015). Characterization of lignin dissolved during alkaline pretreatment of softwood and hardwood. Journal of Wood Chemistry and Technology, 35(5): 337-347.

- Lestander, T. A., Lindeberg, J., Eriksson, D., Bergsten, U. (2008). Prediction of *Pinus sylvestris* clear-wood properties using NIR spectroscopy and biorthogonal partial least squares regression. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(7): 2052-2062.
- Li, L., Wang, X., Wu, F. (2016). Chemical analysis of densification, drying, and heat treatment of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) through a hot-pressing process. *Bioresources*, 11(2): 3856-3874.
- Liese, W., Ammer, U. (1962). Anatomische Untersuchungen an extrem drehwüchsigem Kiefernholz. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 20(9): 339–346.
- Lundqvist, S. O., Grahn, T., Hedenberg, Ö. (2005). Models for fibre dimensions in different softwood species. Simulation and comparison of within and between tree variations for Norway and Sitka spruce, Scots and Loblolly pine. *Proceedings of 5th IUFRO Workshop on Modelling of Wood Quality*, Waiheke Island Resort, Auckland, New Zealand, November 20–27, 2005, STFI-Packforsk Report ART 05/54.
- Macchioni, N., Pizzo, B., Capretti, C. (2016). An investigation into preservation of wood from Venice foundations. *Construction and Building Materials*, 111: 652–661.
- Mäkinen, H., Hynynen, J. (2014). Wood density and tracheid properties of Scots pine: responses to repeated fertilization and timing of the first commercial thinning. *Forestry*, 87: 437-447.
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Penttilä, T. (2015). Effect of thinning on wood density and tracheid properties of Scots pine on drained peatland stands. *Forestry*, 88: 359-367.
- Mäkinen, H., Jyske, T., Saranpää, P. (2008). Variation of tracheid length within annual rings of Scots pine and Norway spruce. *Holzforschung*, 62(1): 123-128.
- Martín, J. A., Esteban, L. G., de Palacios, P., Fernandez, F. G. (2010). Variation in wood anatomical traits of *Pinus sylvestris* L. between Spanish regions of provenance. *Trees*, 24(6): 1017-1028.
- Martin-Benito, D., Beeckman, H., Canellas, I. (2013). Influence of drought on tree rings and tracheid features of *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* in a mesic Mediterranean forest. *European Journal of Forest Research*, 132(1): 33-45.
- Mason, W. L., Alía, R. (2000). Current and future status of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in Europe. *Forest Systems*, 9, 317-335.
- Mátyás, C., Ackzell, L., Samuel, C. J. A. (2004). EUFORGEN technical guidelines for genetic conservation and use for Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Biodiversity International*.
- Mencuccini, M., Grace, J., Fioravanti, M. (1997). Biomechanical and hydraulic determinants of tree structure in Scots pine: anatomical characteristics. *Tree physiology*, 17(2), 105-113.



- Mertoglu Elmas, G., Yilgor, N. (2020). Chemical and thermal characterizations of *Pinus sylvestris* and *Pinus pinaster*. *BioResources*, 15(2), 3604-3620.
- Nemli, G., Ayan, E., Ay, N. Tiryaki, S. (2018). Utilization potential of waste wood subjected to insect and fungi degradation for particleboard manufacturing. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76: 759-766.
- OGM, (2009). Ormanlarımızda yayılış gösteren asli ağaç türleri. Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye.
- Özçiççi, A., Özbay, G. (2013). Bio-oil production from catalytic pyrolysis method of furniture industry sawdust *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(3): 473-479.
- Papadopoulos, A. N. (2006). Pyridine-catalyst acetylation of pine wood: influence of mature sapwood vs juvenile wood. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 64(2): 134-136.
- Parysek, M., Zakrzewski, R. (2006). Investigations on the chemical composition of pine wood subjected to hydrothermal modification. *Folia Forestalia Polonica*, 37: 23-31.
- Pettersen, R.C. (1984). The chemical composition of wood. Chapter 2. In: *The Chemistry of Solid Wood*. Ed. Rowell, R. American Chemical Society, pp.57-126.
- Przybysz, K., Małachowska, E., Martyniak, D., Boruszewski, P., Hłowska, J., Kalinowska, H., Przybysz, P. (2018). Yield of pulp, dimensional properties of fibers, and properties of paper produced from fast growing trees and grasses. *Bioresources*, 13(1): 1372-1387.
- Raczkowski, J., Helińska-Raczkowska, L., Moliński, W. (2004). Relationship between lengthwise ultrasound transmission and tracheid length in wood of selected softwood species. *Folia Forestalia Polonica Series B*, 35: 3-12.
- Rautiainen, R., Alén, R. (2008). Variations in fiber length within a first-thinning Scots pine (*Pinus sylvestris*) stem. *Cellulose*, 16(2): 349-355.
- Sable, I., Grinfelds, U., Jansons, A., Vikele, L., Irbe, I., Verovkins, A., Treimanis, A. (2012). Properties of wood and pulp fibers from lodgepole pine (*Pinus contorta*) as compared to scots pine (*Pinus sylvestris*). *Bioresources*, 7(2): 1771-1783.
- Sarı, B. (2011). Yonga kurutma sıcaklığının yonga levhanın fiziksel, mekanik ve yüzey özellikleri üzerine etkisi Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Sarıusta, S.E. (2007). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) reaksiyon odununun anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.

- Sidiras, D., Batzias, F., Schroeder, E., Ranjan, R., Tsapatsis, M. (2011). Dye adsorption on autohydrolyzed pine sawdust in batch and fixed-bed systems. *Chemical Engineering Journal*, 171(3): 883-896.
- Sivrikaya, H., Çetin, H., Tümen, İ., Temiz, C., Borges, L.M.S. (2016). Performance of copper azole treated softwoods exposed to marine borers. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(2): 349-360.
- Sjöström E. (1993). *Wood Chemistry*. Academic Press Inc. Elsevier.
- Skreta, A., Antczak, A. (2024). SEC analysis of the molar mass of lignin isolated from poplar (*Populus deltoides x maximowiczii*) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, 125.
- Ståhl, E. G. (1988). Transfer effects and variations in basic density and tracheid length of *Pinus sylvestris* L. populations. Swedish University of Agricultural Sciences, *Studia Forestalia Suecica*, No. 180.
- Tamburini, D., Łucejko, J.J., Pizzo, B., Mohammed, M.Y., Sloggett, R., Colombini, M. P. (2017). A critical evaluation of the degradation state of dry archaeological wood from Egypt by SEM, ATR-FTIR, wet chemical analysis and Py(HMDS)-GC-MS. *Polymer Degradation and Stability*, 146: 140–154.
- Tarabanko, V.E., Kaygorodov, K.L., Skiba, E.A., Tarabanko, N., Chelbina, Y.V., Baybakova, O.V., Kuznetsov, B.N., Djakovitch, L. (2017). Processing pine wood into vanillin and glucose by sequential catalytic oxidation and enzymatic hydrolysis. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 37(1): 43–51.
- Tutuş, A., Kurt, R., Alma, M.H., Meriç, H. (2010). Sarıçam odununun kimyasal analizi ve termal özellikleri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Cilt: V Sayfa: 1845-1851.
- Usta, M. (1989). Sülfat pişirmesinde açığa çıkan toplam indirgenmiş kükürt (TRS) bileşiklerinin oksijenle yükseltgenmesi. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- Vavřík, H., Gryc, V., Rybníček, M. (2006). Analysis of root-wood in Scots pine. 5th TRACE (Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology) Conference, Tervuren, Belgium, 267-276 pp.
- Vivian, M. A.; Segura, T. E. S.; Bonfatti Júnior, E. A.; Sarto, C.; Schmidt, F.; Silva Júnior, F. G. da; Gabov, K.; Fardim, P. (2015). Wood quality of *Pinus taeda* and *Pinus sylvestris* for kraft pulp production. *Scientia Forestalis*, 43(105): 183-191.
- Voipio, R. (1990). The chemical composition of small tree biomass in Finland. In: Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEALBE Task VI Activity 5 workshop in Jyväskylä, Finland, October 25-27, 1989. J. Nurmi and K. Polet (eds). *Met&intutkimuslaitoken tiedonantoja* 346.
- Waliszewska, B., Pradzynski, W., Zborowska, M., Stachowiak-Wencek, A., Wal-

- iszewska, H., Spak-Dzwigala, A. (2015). The diversification of chemical composition of pinewood depending on the tree age. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, 91: 182-187.
- Wimmer, R. (1995). Intra-annual cellular characteristics and their implications for modeling softwood density. *Wood and Fiber Science*, 27(4): 413-420.
- Yaman, B. (2007). Comparative wood anatomy of *Pinus sylvestris* and its var. *compacta* in the West Black Sea region of Turkey. *IAWA Journal*, 28(1): 75-81.
- Yatsenkova, O. V., Skripnikov, A. M., Kozlova, S. A., Ivanchenko, N. M., Kuznetsov, B. N. (2018). The study of influence of acid catalysts nature on the composition of products of pine wood hemicelluloses hydrolysis. *Journal of Siberian Federal University. Chemistry*, 11(1), 42-55.