

## Ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklığına ısı işlem yöntemi ve işlem sıcaklığının etkisi

The effect of heat treatment method and process temperature on the glossiness of polyurethane varnishes applied to wood material surfaces

Erol KOÇ<sup>1</sup>   
Hüseyin PELİT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Konsept Mimarlık, Akşemsettin Mahallesi, 34925, Sultanbeyli, İstanbul

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Düzce

**Sorumlu yazar (Corresponding author)**  
Hüseyin PELİT  
huseyinpelit@duzce.edu.tr

**Geliş tarihi (Received)**  
20.03.2022

**Kabul Tarihi (Accepted)**  
05.07.2022

**Sorumlu editör (Corresponding editor)**  
Samet DEMİREL  
sdemirel@ktu.edu.tr

**Atıf (To cite this article):** Koç, E. & Pelit, H. (2022). Ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklığına ısı işlem yöntemi ve işlem sıcaklığının etkisi. Ormanlık Araştırma Dergisi, Karok 2021, 238-246. DOI: 10.17568/ogmoad.1090092

### Öz

Bu çalışmada, farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklık seviyelerinde ısı işlemli ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklık özellikleri incelenmiştir. Kayın (*Fagus sylvatica* L.) ve sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odunu örnekleri üç farklı yöntem (ThermoWood, yağlı işlem ve sıcak hava) ve üç farklı sıcaklık (170 °C, 190 °C ve 210 °C) uygulanarak ısı işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra örnek yüzeyleri endüstriyel uygulamalara göre poliüretan vernik ile kaplanmıştır. Parlaklık ölçümleri TS EN ISO 2813 esaslarına uyularak gerçekleştirilmiştir. Verniksiz örnekler için, yağlı işlem yöntemi ile ısı işlem görmüş örneklerde daha düşük parlaklık değerleri belirlenmiştir. ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile muamele edilmiş örneklerde parlaklık değerleri benzer bulunmuş ve bu örneklerde, düşük sıcaklıktaki (170 °C) ısı işlem sonrası parlaklıklar kontrol örneklerine göre artmıştır. Vernikli örneklerde ise ısı işlem yönteminin etkisi parlaklık üzerinde önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan, hem verniksiz hem de vernik uygulanmış örneklerde ısı işlem sıcaklığı artışına bağlı olarak yüzey parlaklık değerleri azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç malzeme, ısı işlem, parlaklık, vernik

### Abstract

In this study, the glossiness properties of polyurethane varnishes applied to the surfaces of heat-treated wood materials with different methods and different temperature levels were investigated. Beech (*Fagus sylvatica* L.) and Scots pine (*Pinus silvestris* L.) wood samples were heat treated by applying three different methods (ThermoWood, oil treatment and hot air) and three different temperatures (170 °C, 190 °C and 210 °C). Then, the sample surfaces were covered with polyurethane varnish according to industrial applications. Gloss measurements were carried out in accordance with TS EN ISO 2813 principles. For the unvarnished samples, lower gloss values were determined for the samples that were heat-treated with the oil treatment method. The gloss values were found to be similar in the samples treated with ThermoWood and hot air methods, and in these samples, the glosses increased after the heat treatment at low temperature (170 °C) compared to the control samples. For the varnished samples, the effect of the heat treatment method was found to be insignificant on the gloss. On the other hand, surface gloss values decreased due to the increase in heat treatment temperature in both unvarnished and varnished samples.

**Keywords:** Wood material, heat treatment, glossiness, varnish



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Ağaç malzeme değişik renk ve desene sahip olması, ses, ısı ve elektriği az iletmesi, kimyasal maddelerden az etkilenmesi, renklendirme, vernikleme gibi yüzey işlemleri uygulanarak daha çekici hale getirilebilmesi ve eskidikçe koyu renk ve güzel görünüm kazanması gibi nedenlerle sıklıkla tercih edilmekte ve evrensel bir malzeme olarak kabul görmektedir (Kurtoğlu, 2000). Günümüzde ise teknolojik gelişmelerle birlikte kullanım alanı oldukça artan endüstriyel bir malzeme haline gelmiştir. İnsan nüfusundaki artış ve yeni kullanım alanları ağaç malzemeye olan talebi arttırmakta ancak özellikle kaliteli ağaç türlerinin giderek azalmasına neden olmaktadır. Bu durum mevcut kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasını, düşük direnç özelliklerine sahip ağaç türlerinin modifikasyonu ile sektörde kullanımını ve değişik malzemeler üretilmesini zorunlu kılmaktadır (Pelit, 2014).

Isıl işlem, kimyasal modifikasyon, yüzey modifikasyonu, farklı empenye ve yoğunlaştırma prosesleri ahşap modifikasyon yöntemleri olarak uygulanmaktadır (Rowell, 2012; Sandberg ve ark., 2017; Bäder ve ark., 2018).

Isıl işlem, yaş haldeki veya kurutulmuş ahşabın herhangi bir kimyasal kullanılmadan fırın veya tank sisteminde ve nispeten yüksek sıcaklıklarda (150 °C - 260 °C) işlem görmesine dayanan fiziksel bir işlemdir. Isıl işlem, fiziksel bir süreç olmasına rağmen, ahşapta higroskobisite, boyutsal stabilite, permabilite ve çürüme direnci gibi özellikleri etkileyen ahşabın temel bileşenlerinin (selüloz, hemiselüloz ve lignin) kimyasal olarak değişmelerine neden olur (Boonstra, 2016).

Yeni özellikler kazanan ısıl işlemlili ahşabın denge rutubet miktarı azalır ve ortam koşullarına bağlı olarak gerçekleşen daralma ve şişme azalarak boyutsal stabilitesi önemli derecede artar (Korkut ve Güller 2008; Kaygın ve ark., 2009; Aydemir ve ark., 2011; Pelit ve ark., 2014; Kocaefe ve ark., 2015). Ayrıca biyolojik bozunmaya karşı direnci büyük ölçüde iyileşir (Kamdem ve ark., 2002; Yalçın ve Şahin 2015). Diğer taraftan, ahşabın temel bileşenlerindeki termal bozunma ve oluşan kütle kayıpları nedeniyle ısıl işlemlili ahşabın mekanik direnç özellikleri azalır (Bekhta ve Niemz, 2003; Yıldız ve ark., 2006; Boonstra ve ark., 2007; Korkut ve ark., 2008).

Isıl işlem uygulamaları ağaç işleri endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Pek çok ülkede farklı ısıl işlem yöntemleri ve prosesleri kullanılmakta ve bu uygulamalar gün geçtikçe geliştirilmektedir (Es-

teves ve Pereira, 2009; Şahin ve Güler 2018). Günümüzde yaygın olarak kullanılan yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısının aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıl işlem metotlarıdır. Bu metotların arasındaki temel farklar; uygulanan işlem şartlarına (ıslak ve kuru işlem, ısıtma ortamı, koruyucu gaz kullanımı, ısıtma ve soğutma safhaları, uygulama süresi vb.), ısıl işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara (ısıl işlem kazanı, işlem fırını vb.) ve kullanılan ağaç malzeme özelliklerine (ağaç türü, rutubet içeriği, boyutlar vb.) dayandırılmaktadır (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe 2009).

Yüksek sıcaklık etkisi ile ahşap malzemenin rengi koyulaşmaktadır. Malzeme kahverengimsi bir ton ve karakteristik bir koku kazanır. Malzemedeki renk değişimi ısıl işlem metoduna ve özellikle işlem sıcaklığı ile süresine bağlıdır (Mayes ve Oksanen 2002; Pelit, 2017). Isıl işlemlili ahşabın dış ortam koşullarına karşı renk stabilite direnci normal ahşaptan daha iyidir. Ancak, ısıl işlemlili ahşap yüzeyi bir dış koruyucuyla muamele edilmezse normal ahşapta olduğu gibi renk değişimi meydana gelmektedir (Syrjanen ve Kangas, 2000; Ayadi ve ark., 2003; Aydemir ve Gündüz, 2009).

Isıl işlem uygulanan ahşabın harici etkilere (nem, asit yağmuru, UV ışını vb.) karşı korunması için çeşitli üst yüzey gereçleri ile kaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Ulay, 2018).

Ahşap malzeme ile üretilen mobilya ve dekorasyon elemanları ile çeşitli yapı elemanlarının korunmasında katman yapıcı üst yüzey gereçleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Vernikler ve boyalar en çok kullanılan üst yüzey gereçleridir ve muamele edilmiş ahşabın en dış tabakasını oluştururlar. Üst yüzey işlemlerinin temel amacı, ahşabın yüzeyini korumak ve ona güzel bir görünüm kazandırmaktır (Kurtoğlu, 2000; Sönmez, 2005; Rowell, 2012). Vernik veya boyalar için alkid, poliüretan, akrilat, polyester ve nitroselüloz günümüzde yaygın olarak kullanılan bağlayıcı reçinelerdir. Ayrıca bu reçinelerin farklı miktarlardaki kombinasyonları kullanılarak özel reçineler elde edilebilmektedir (Sönmez ve Budakçı, 2004; Rowell, 2012). Bağlayıcı reçine seçiminde, mobilya ürününün kullanım yeri ve burada karşılaşılabileceği muhtemel etkiler belirleyici olmaktadır. Diğer taraftan, boya ve vernik gibi üst yüzey gereci uygulanmış bir üründe parlaklık, renk, pürüzlülük gibi parametreler ürünün estetik özelliklerini değiştirmekte ve kullanıcı tercihlerini büyük ölçüde etkilemektedir.

Bu çalışmanın amacı, farklı yöntemler kullanılarak ve farklı sıcaklık seviyelerinde ısıl işlemlili ağaç

malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklık özelliklerini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada, mobilya ve dekorasyon uygulamalarında sıklıkla tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Avrupa kayını (*Fagus sylvatica* L.) odunları kullanılmıştır. Ağaç malzemeler, tesadüfi örnekleme yöntemine göre ve hava kurusu haldeki birinci sınıf latalardan temin edilmiştir. Ağaç malzemelerin büyüme kusuru içermemesine, çürüksüz ve sağlam olmasına özen gösterilmiştir.

Hava kurusu haldeki latalar, TS 2470 (1976)'de belirtilen esaslara uyularak yıllık halkalar yüzeylere dik gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından 350×70×15 mm (boyuna yön × radyal yön × teğet yön) taslak ölçülerinde yeterli miktarda kesilmiştir. Isıl işlem uygulamalarından önce, hazırlanan ağaç malzeme örnekleri TS 2471 (1976)'e göre 20±2 °C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

### 2.2. Isıl işlem

Ağaç malzemelere ısıl işlem uygulaması üç farklı yöntem (ThermoWood, yağlı ısıl işlem ve sıcak hava yöntemleri) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm ısıl işlem yöntemleri için, ağaç malzemelere hedeflenen üç farklı sıcaklık seviyesinde (170 °C, 190 °C ve 210 °C) ısıl işlem uygulanmıştır. Her üç yöntem için, hedeflenen sıcaklıklardaki ısıl işlem süresi 2 saat, her bir deney numunesinin toplam ısıl işlem süresi ise 36 saat sürmüştür.

ThermoWood yöntemi üç aşamada (yüksek sıcaklıkta kurutma, ısıl işlem, soğutma ve kondisyonlama) gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığının hızlı bir şekilde artırılması ile yaklaşık %0 rutubete kadar kurutulmuş olan örnekler ikinci aşamada, hedeflenen sıcaklıklarda ve sürede ısıl işlem uygulanmıştır. Üçüncü aşamada ise sıcaklık düşürülüp su spreyi kullanılarak örneklerin rutubet miktarının yaklaşık %4-6'ya ulaşması sağlanmıştır (FTA, 2003).

Yağlı işlem yönteminde, öncelikle örnekler bezir yağı ile empenye edilmiştir. Empenye öncesi, bezir yağı %25 oranında sentetik tiner ile inceltmiştir. Ahşap örnekler ise 60 °C sıcaklıkta 48 saat süre ile etüv fırınında bekletilmiş ve ardından fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Empenye işlemi dolu hücre metoduna göre kapalı bir tank düzenekte gerçekleştirilmiştir. Öncelikle ahşap örnekler bir kap içerisine konularak empenye tankına yerleştirilmiştir. Ardından, 30 dakika süre ile 760 mm

Hg basınca eşdeğer bir ön vakum işlemi uygulanarak ahşap örneklerin hücre boşluklarındaki hava alınmıştır. Daha sonra vakum vanası kapatılarak örnekler vakum altında iken bir hortum aparatıyla örneklerin bulunduğu kap içerisine empenye çözeltilisi doldurulmuştur. Ardından, 30 dakika süre ile 8 kp/cm<sup>2</sup> basınç uygulanarak empenye işlemi bitirilmiştir (Bozkurt ve ark., 1993).



Şekil 1. Empenye işlemi  
Figure 1. Impregnation process

Empenye işlemi (Şekil 1) sonrası, örneklerin üzerinde kalan fazla empenye çözeltileri silinerek hemen ağırlık tartımları yapılmış (±0,01 g. hassasiyetinde) ve yağ ağırlıklar belirlenmiştir. Deney örnekleri tarafından absorbe edilen empenye maddesi retensiyon oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10$$

Eşitlikte;

$R$  : retensiyon miktarı (kg/m<sup>3</sup>),

$G$  : Mes - M0eö (empenye sonrası yağ ağırlık - empenye öncesi ağırlık) (g),

$C$  : empenye maddesi çözeltilisinin konsantrasyonu (%),

$V$  : örnek hacmini (cm<sup>3</sup>) ifade etmektedir.

Yağlı işlem ve sıcak hava yöntemleri sıcaklık duyarlılığı ±3 °C olan ısıl işlem fırınında uygulanmıştır. Her iki yöntemde, ahşap örnekler atmosferik basınç altında hedeflenen sıcaklıklarda ve sürede ısıl işleme tabi tutulmuştur. Yağlı ısıl işlem sonrası, deney örnekleri yüzeylerindeki yanan yağ tabakaları sistreleme işlemi yapılarak temizlenmiştir. Tüm ısıl işlemlerden sonra, deney örnekleri 20±2 °C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar iklimlendirme dolabında bekletilmiştir. Ardından örnekler 80×60×10 mm (boyuna yön × radyal yön × teğet yön) ölçülerinde ve her bir test değişkeni için 6 tekrarı ( $n = 6$ ) sağla-

yacak sayıda kesilmiştir. Toplam 144 adet (2 ağaç türü × 3 ısıtma işlem yöntemi × 4 ısıtma işlem sıcaklığı × 6 tekrarı) örnek hazırlanmıştır. Daha sonra örnek yüzeyleri sırası ile 150 ve 180 kum zımpara ile zımparalanmış ve basınçlı hava ile tozları alınarak vernikleme için hazır hale getirilmiştir.

### 2.3. Vernik uygulaması

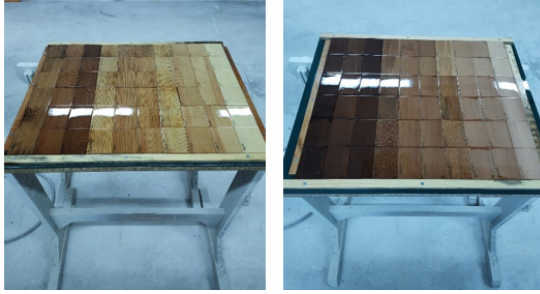
Çalışmada çift bileşenli ve parlak özellikteki poliüretan ahşap verniği kullanılmıştır (Şekil 2). Kullanılan verniğe ait bazı teknik özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir. Deney örneklerinin verniklenmesi ASTM-D 3023 (2011)’de belirtilen esaslara uyula-

rak yapılmıştır. Verniklerin uygulamaya hazır hale getirilmesinde ve uygulanmasında üretici firmanın önerileri dikkate alınmıştır.

PU dolgu verniği iki çapraz kat şeklinde uygulanmış ve 12 saat bekleme sonrasında 320 kum zımpara ile deney örneklerinin yüzeyleri zımparalanmıştır. Tozları alınan deney örneklerinin yüzeylerine katlar arasında 20 dk. beklenip iki çapraz kat şeklinde PU son kat vernik uygulanmıştır. Vernik uygulaması yapılan örnekler yer düzlemine paralel konumda, direkt güneş ışınlarına maruz kalmadan ve oda sıcaklığında 3 hafta süre ile bekletilmiştir.

Tablo 1. Verniklere ait bazı özellikler  
Table 1. Some properties of varnishes

Vernik çeşidi	pH	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Uygulama viskozitesi (sn/DIN Cup 4mm/20 °C)	Uygulanacak vernik miktarı (g/m <sup>2</sup> )	Katı madde miktarı (%)	Uygulama gereci	Tabanca uç açıklığı (mm)
PU (dolgu)	6,7	1,01	18	100	40,4	Püskürtme tabancası	1,8
PU (son kat)	5,5	0,99	18	100	41,1	Püskürtme tabancası	1,8



Şekil 2. Deney örneklerine PU vernik uygulaması  
Figure 2. PU varnish application to test samples



Şekil 3. Parlaklık ölçümü  
Figure 3. Glossiness measurement

### 2.4. Yüzey parlaklığının belirlenmesi

Parlaklık ölçümleri TS 4318 EN ISO 2813 (2002) esaslarına uyularak parlaklık ölçüm cihazı (Glossmeter) ile yapılmıştır (Şekil 3). Vernikleme öncesi ve sonrası ısıtma işlemli ve kontrol grubu her bir örnek yüzeyinde liflere dik olacak şekilde tek parlaklık ölçümü alınarak kaydedilmiştir.

Boya ve vernik katmanlarının parlaklığı tespit edilirken 20° mat katmanların, 60° hem mat hem de parlak katmanların, 85° ise çok parlak katmanların yüzey parlaklığını belirlemek için kullanılmaktadır (Sönmez, 1989). Ölçümler 60±2°’de ölçüm yapan parlaklık ölçme cihazı ile yapılmış ve cihaz her grup ölçümünden önce iyi cilalanmış, düzgün yüzeyli, kırılma indisi 1,567 olan ve parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş siyah cam ile kalibre edilmiştir.

### 2.5. İstatistiksel değerlendirme

Ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklık özellikleri üzerine farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işleminin etkisinin belirlenmesi amacıyla 0,05 önem düzeyinde çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ağaç türü, ısıtma işlem yöntemi ve ısıtma işlem sıcaklığı faktörlerinin kendi içerisindeki farklılıklar, Duncan testleri ile en küçük önemli fark (LSD) değerine göre homojenlik gruplarına ayrılarak karşılaştırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Yağlı işlem öncesi bezir yağı ile ön-emprenye edilmiş çam ve kayın odunu örnekleri tarafından

absorbe edilen empenye maddesi (retensiyon) oranlarının aritmetik ortalamaları Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2. sonuçları incelendiğinde, sarıçam örneklerine göre kayın örneklerinde daha yüksek retensiyon değerleri elde edilmiştir. Ağaç türlerinin empenye edilebilme özelliklerinin sonuçlar üze-

rinde etkili olduğu söylenebilir.

Üç farklı yöntem ve üç farklı sıcaklık uygulanarak ısı işlem görmüş çam ve kayın odunu örneklerinin vernikleme öncesi ve vernikleme sonrası yüzey parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 2. Deney örneklerinin ortalama retensiyon değerleri  
Table 2. Average retention values of test samples

Ağaç türü	Retensiyon (kg/m <sup>3</sup> )	
	$\bar{x}$	St.S
Çam	318	27
Kayın	394	19

$\bar{x}$  : Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma

Tablo 3. Yüzey parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları  
Table 3. Analysis of variance results of surface glossiness values

Faktör	Vernik öncesi		Vernik sonrası	
	F değeri	$p \leq 0,05$	F değeri	$p \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	132,5503	0,0000*	68,0191	0,0000*
Isıl işlem yöntemi (B)	495,1979	0,0000*	1,9437	ns
Isıl işlem sıcaklığı (C)	59,8966	0,0000*	21,2665	0,0000*
Etkileşim (AB)	50,4263	0,0000*	0,5571	ns
Etkileşim (AC)	16,9160	0,0000*	1,6772	ns
Etkileşim (BC)	56,2433	0,0000*	0,3128	ns
Etkileşim (ABC)	8,4625	0,0000*	0,6118	ns

\*: 0,05’e göre önemli, ns: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre; verniksiz örnekler için, yüzey parlaklık değerleri üzerinde ağaç türü, ısı işlem yöntemi ve ısı işlem sıcaklığı faktörleri ile bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Vernik uygulanmış örnekler için, parlaklık değerleri üzerinde ağaç türü ve

ısı işlem sıcaklığı faktörleri önemli, diğer faktörler ise önemsiz bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Ahşap örneklerin vernikleme öncesi ve sonrası yüzey parlaklık özellikleri için ağaç türü, ısı işlem yöntemi ve ısı işlem sıcaklığı düzeyinde gerçekleştirilen Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Ağaç türü, ısı işlem yöntemi ve ısı işlem sıcaklığı düzeyinde ahşap örneklerin yüzey parlaklık değerlerine ait Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Table 4. Duncan test comparison results of the surface glossiness values of wood samples at the level of wood type, heat treatment method and heat treatment temperature

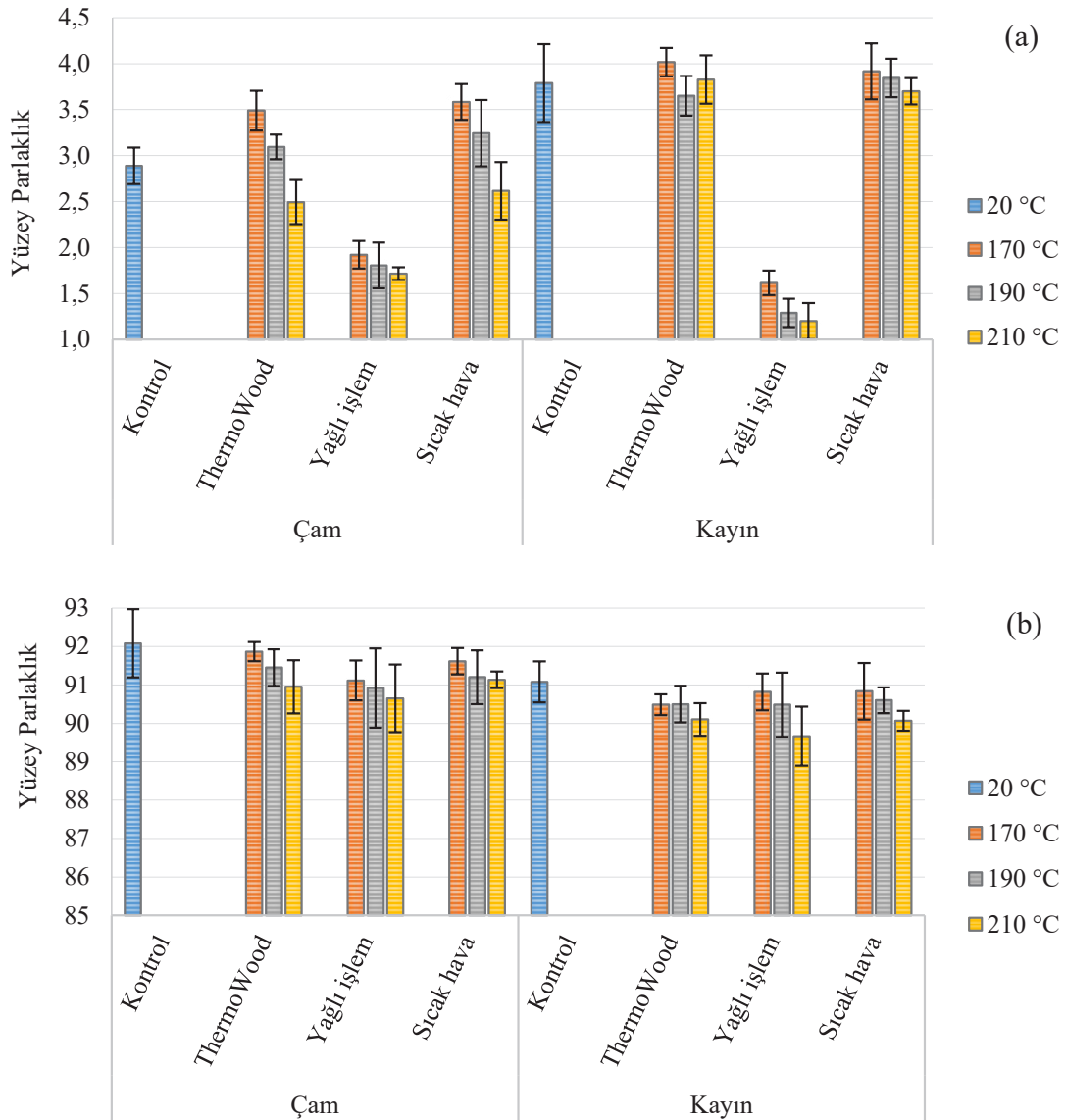
Faktör	Vernik öncesi		Vernik sonrası	
	OD (g/cm <sup>3</sup> )	HG	OD (g/cm <sup>3</sup> )	HG
<b>Ağaç türü</b>				
Çam	2,72	b	91,43	a
Kayın	3,20	a	90,57	b
<b>Isıl işlem yöntemi</b>				
ThermoWood	3,41	a	91,06	a
Yağlı işlem	2,03	b	90,85	a
Sıcak hava	3,45	a	91,08	a
<b>Isıl işlem sıcaklığı</b>				
Kontrol	3,34	a	91,58	a
170 °C	3,09	b	91,12	b
190 °C	2,82	c	90,86	b
210 °C	2,59	d	90,43	c

OD: Ortalama değer, HG: Homojenlik gurubu

Tablo 4'e göre, vernik uygulanmamış örnekler için yüzey parlaklık değeri sarıçam örneklerine göre kayın örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum hem ısılsız hem de tüm ısılsız örneklerde değişmemiştir (Şekil 4a). Ağaç malzemelerin makroskobik özelliklerinin sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Zira, kayın odununun radyal kesitinde öz ışınlarının şeritler halinde bulunması yüzey parlaklığını artırıcı bir etki yapmaktadır (Bozkurt ve Erdin 2011; Örs ve Keskin 2008). Vernik uygulanmış örneklerde ise yüzey parlaklık değerleri her iki ağaç türünde yakın olmakla birlikte çam örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir.

Bu durum hem ısılsız hem de tüm ısılsız örneklerde yine değişmemiştir (Şekil 4b).

Isıl işlem yöntemine ilişkin, verniksiz örneklerdeki en yüksek parlaklık değeri ThermoWood ve sıcak hava yöntemi ile işlem görmüş örneklerde, en düşük ise yağlı işlem görmüş örneklerde belirlenmiştir (Tablo 4). Her iki ağaç türünde de, sıcak hava ve ThermoWood yöntemi ile ısılsız işlem görmüş örneklerde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki yöntemle göre, yağlı işlem yönteminde parlaklık değerleri önemli derecede azalmıştır. Bu durum kayın örneklerinde daha belirgindir (Şekil 4a).



Şekil 4. Farklı koşullarda ısılsız işlem görmüş çam ve kayın örneklerinin vernikleme öncesi (a) ve vernikleme sonrası (b) parlaklık değerleri

Figure 4. Gloss values before (a) and after (b) varnishing of pine and beech samples heat-treated under different conditions

Yağlı işlem yönteminde, ağaç malzemelere emdirilen yağın yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucunda matlaştırıcı bir etkiye neden olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, vernik uygulanmış örneklerin yüzey parlaklık değerleri her bir ısı işlem yönteminde benzer bulunmuş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4). Böylece, ahşap örneklerin yüzey parlaklık değerleri üzerinde esas etkili olan faktörün son yüzey işlemi olduğu söylenebilir.

Isıl işlem sıcaklığı düzeyinde, hem vernikleme öncesi hem de vernik uygulamalarından sonra en yüksek parlaklık değeri ortalaması kontrol (ısı işlem-siz) örneklerde, en düşük ise 210 °C sıcaklıkta ısı işlem görmüş örneklerde tespit edilmiştir (Tablo 4). Vernik uygulamalarından önce, sarıçam örneklerde ThermoWood ve sıcak hava yöntemi ile 170 °C ve 190 °C sıcaklıkta ısı işlem sonrası parlaklık değerleri kontrol (ısı işlem-siz) örneklerle göre artmıştır. Kayın odununda ise kontrol örneklerle benzer bulunmuştur. Tüm ısı işlem yöntemlerinde, her iki ağaç türü için sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey parlaklık değerleri azalmıştır (Şekil 4a).

ThermoWood, yağlı işlem ve sıcak hava yöntemleri ile 210 °C'de ısı işlemli çam örneklerde parlaklık değeri kontrol (ısı işlem-siz) örneklerle göre sırası ile %14, %41 ve %9; kayın örneklerde sırası ile %-1, %68 ve %2 azalmıştır. Literatürde, ısı işlem sıcaklığı artışı ile ahşap örneklerin parlaklık özelliklerinin azaldığı ve bununda, işlem sıcaklığı artışı ile yüzey pürüzlülük değerlerindeki artıştan ve ahşap örneklerin rengindeki koyulaşma nedeniyle, yüzeye gelen ışığın bir miktar emilerek şiddetinin azalması ve yansıma açısının değişmiş olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Pelit 2014; Pelit ve ark., 2015). Ayrıca, farklı ağaç türlerinde gerçekleştirilen ısı işlemler sonrasında işlem koşullarına bağlı olarak parlaklık değerlerinin işlemsiz örneklerle göre genellikle azaldığı rapor edilmiştir (Aksoy ve ark., 2011; Karamanoğlu ve Akyıldız 2013; Korkut ve ark., 2013; Gürleyen ve ark., 2018).

Vernik uygulamalarından sonra ise, tüm ısı işlemli çam ve kayın örneklerin parlaklık değeri kontrol (ısı işlem-siz) örneklerle göre daha düşük belirlenmiştir. Ayrıca, verniksiz örneklerde olduğu gibi, tüm ısı işlem yöntemlerinde sıcaklık artışına bağlı olarak verniklenmiş örneklerin yüzey parlaklık değerleri azalmıştır (Şekil 4b). Önceki çalışmalarda da, ısı işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan farklı vernik türlerinde parlaklık değerlerinin ısı işlem sıcaklığı artışı ile azaldığı ifade edilmiştir (Özalp ve ark., 2009; Çakıcıer ve ark., 2011a,b; Pelit ve ark., 2015).

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, sarıçam ve kayın odunu yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklık özellikleri üzerine farklı yöntemlerle ve farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlemlerin etkisi araştırılmıştır. Vernik uygulamaları öncesi, yağlı yöntem ile ısı işlem görmüş tüm örneklerin parlaklık değerleri kontrol (ısı işlem-siz) örneklerle göre önemli oranda azalmıştır. ThermoWood ve sıcak hava yöntemleri ile muamele edilmiş örneklerin parlaklık değerleri arasında önemli bir fark görülmezken, bu örneklerin düşük sıcaklıklardaki (170 °C ve 190 °C) ısı işlemi sonrası parlaklık değerleri kontrol örneklerle göre artmıştır. Diğer taraftan, tüm yöntemlerde sıcaklık artışına bağlı olarak parlaklık değerleri azalmıştır. Bu durum sarıçam örneklerde daha belirgindir.

Vernik uygulanmış tüm ısı işlemli örneklerde, ısı işlemsiz örneklerle göre yüzey parlaklık değerleri genel olarak azalmıştır. Ancak, ısı işlem yönteminin etkisi parlaklık değerleri üzerinde önemsiz bulunmuştur. Ayrıca, verniksiz örneklerle benzer şekilde ısı işlem sıcaklığı artışı ile yüzey parlaklık değerleri her iki ağaç türü için azalmıştır. Sonuç olarak, ağaç malzeme yüzeylerine uygulanan poliüretan verniklerin parlaklık değerleri üzerinde ısı işlem yönteminin etkili olmadığı ancak, ısı işlem sıcaklığı artışının matlaştırıcı bir etki yaptığı söylenebilir.

#### Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

#### Kaynaklar

Aksoy, A., Devceci, M., Baysal, E., Toker, H. 2011. Colour and gloss changes of Scots pine after heat modification. *Wood Research*, 56(3), 329-336.

ASTM D3023-98, 2011. Standard Practice for Determination of Resistance of Factory-Applied Coatings on Wood Products to Stains and Reagents. American Society for Testing and Materials, USA.

Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B., Merlin, A. 2003. Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 61(3), 221-226. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0389-2>

Aydemir, D., Gündüz, G. 2009. Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergi-*

si, 11(15), 61-70.

Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntaş, E., Ertas, M., Şahin, H. T., Alma, M. H. 2011. Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and Uludağ fir wood, *BioResources* 6(2), 1308-1321. <https://doi.org/10.15376/biores.6.2.1308-1321>

Bäder, M., Bak, M., Nemeth, R., Rousek, R., Horníček, S., Dömeny, J., Klímek, P., Rademacher, P., Kudela, J., Sandberg, D., et al. 2018. Wood densification processing for newly engineered materials. In: 5th International conference on processing technologies for the forest and bio-based products industries (PTF BPI 2018), Freising/Münich, Germany, pp. 255–263.

Bekhta, P., Niemz, P. 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood, *Holzforschung*, 57(5), 539-546. <https://doi.org/10.1515/HF.2003.080>

Boonstra, M. J., 2008. A Two-Stage Thermal Modification of Wood, Ph.D. Thesis, Co-supervised by Ghent University, Ghent, Belgium, and Université Henry Poincaré, Nancy, France. <https://biblio.ugent.be/publication/468990>

Boonstra, M. J. 2016. Dimensional stabilization of wood and wood composites, in: *Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook: Renewable Materials for Today's Environment*, N. Belgacem, and A. Pizzi (eds.), Wiley, Hoboken, NJ, USA, pp. 629-655. <https://doi.org/10.1002/9781118773727.ch26>

Boonstra, M. J., Van Acker, J., Tjeerdsm, B. F., Kegel, E. V. 2007. Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents, *Ann. For. Sci.* 64(7), 679-690. <https://link.springer.com/article/10.1051/forest:2007048>

Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N. 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3779/425.

Bozkurt A.Y., Erdin N. 2011. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, 2. Basım, Yayın No: 5029, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Çakıcıer, N., Korkut, S., Güler, F.D. 2011a. Effects of heating treatment on some of the physical properties of varnish layers applied on various wood species. *African Journal of Biotechnology*, 10(9), 1578-1585. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1341>

Çakıcıer, N., Korkut, S., Korkut, D.S. 2011b. Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment. *BioResources*, 6(2), 1648-1658.

Esteves, B. M., Pereira, H. M. 2009. Wood modification by heat treatment: A review, *BioResources* 4(1), 370-404. <https://doi.org/10.15376/biores.4.1.370-404>

Finnish Thermowood Association (thermowood.fi). ThermoWood Handbook. [thermalwoodcanada.com/images/PDF/Thermowood\\_handbook.pdf](http://thermalwoodcanada.com/images/PDF/Thermowood_handbook.pdf); Ziyaret tarihi:

21/12/2021.

Gürleyen, L., Esteves, B., Ayata, Ü., Gürleyen, T., Çınar, H. 2018. The effects of heat treatment on colour and glossiness of some commercial woods in Turkey. *Drewno*. 61(201). <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.227.03>

Kamdern, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A., 2002. Durability of heat treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff* 60(1): 1-6. <https://doi.org/10.1007/s00107-001-0261-1>

Karamanoğlu, M., Akyıldız, M. H. 2013. Colour, gloss and hardness properties of heat treated wood exposed to accelerated weathering. *Pro Ligno*, 9(4), 729-738.

Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D. 2009. Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood, *Dry. Technol.* 27(1), 89-93. <https://doi.org/10.1080/07373930802565921>

Kocaefe, D., Huang, X., Kocaefe, Y. 2015. Dimensional stabilization of wood, *Curr. For. Rep.* 1(3), 151-161. <https://doi.org/10.1007/s40725-015-0017-5>

Korkut, S., Kocaefe, D. 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11–34.

Korkut, D. S., Guller, B. 2008. The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology*, 99(8), 2846-2851. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.043>

Korkut, D. S., Hiziroglu, S., Aytin, A. 2013. Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2), 1582-1590. <https://doi.org/10.15376/biores.8.2.1582-1590>

Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T. 2008. The effects of heat treatment on technological properties in red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood, *Bioresource Technology*, 99(6), 1538-1543. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.021>

Kurtoğlu, A., 2000. Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri I. Cilt Genel Bilgiler Ders Kitabı, Yayın No: 463, İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.

Mayes, D., Oksanen, O., 2002. Thermowood Handbook. Finnforest, Finland.

Pelit, H. 2017. The effect of different wood varnishes on surface color properties of heat treated wood materials. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2), 262-274. <https://doi.org/10.17099/jffiu.300010>

Pelit H. 2014. Yoğunlaştırma ve ısıl işlemin doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üstyüzey işlemlerine etkisi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Pelit, H., Sönmez, A., Budakçı, M. 2014. Effects of ThermoWood® process combined with thermo-mechanical densification on some physical properties of Scots pine



- (*Pinus sylvestris* L.), *BioResources* 9(3), 4552-4567. <https://doi.org/10.15376/biores.9.3.4552-4567>
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., Burdurlu, E. 2015. Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *Journal of Wood Science*, 61(6), 586-594. <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1506-7>
- Rowell RM (ed) 2012 Handbook of wood chemistry and wood composites. CRC Press, Boca Raton <https://doi.org/10.1201/b12487>
- Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G. 2017. Wood modification technologies-a review. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 10(6), 895-908. <https://doi.org/10.3832/ifer2380-010>
- Sönmez A. 1989. Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sönmez, A., 2005. Preparation and coloring, finishing on woodworking I, Gazi University, Technical Education Faculty, Cem Web Ofset, Ankara.
- Sönmez, A., Budakçı, M., 2004. Protective layers and paint/varnish systems, finishing on woodworking II., Gazi University, Technical Education Faculty, Sevgi Ofset, Ankara.
- Syrjänen, T. Kangas, E., 2000. Heat treated timber in Finland, International Research Group on Wood Preservation, 14-19 May, Doc. No. IRG/WP 00-40158, Hawaii, USA.
- Şahin, H. İ., Güler, C. 2018. Effect of heat treatment on the dimensional stability of ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) wood, *Forestist* 68(1), 42-52. <https://doi.org/10.5152/forestist.2018.005>
- TS 2470, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü (tse.org.tr), Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü (tse.org.tr), Ankara.
- TS 4318 EN ISO 2813., 2002. Boyalar ve Vernikler - Metalik Olmayan Boya Filmlerinin 20°, 60° ve 85° Açılarda Parlaklık Tayini, Türk Standartları Enstitüsü (tse.org.tr), Ankara.
- Örs, Y., Keskin, H. 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi, *Öz Baran Ofset Matbaacılık*, Ankara.
- Özalp, M., Gezer, I., Korkut, S. 2009. The investigation of heat treatment with water-based varnish double components in varnish applications of wood material. *African Journal of Biotechnology*, 8(8), 1689-1694.
- Ulay G. 2018. Yat ve tekne mobilyalarında kullanılan bazı ağaç türlerine uygulanan termal modifikasyon ve UV yaşlandırma işlemlerinin vernik katman performansları üzerine etkisinin incelenmesi, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Yalçın, M., Şahin, H. İ. 2015. Changes in the chemical structure and decay resistance of heat-treated narrow-leaved ash wood, *Maderas- Cienc. Tecnol.* 17(2), 435-446. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2015005000040>
- Yildiz, S., Gezer, E. D., Yidiz, U. C. 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat, *Build. Environ.* 41(12), 1762-1766. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.017>