

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ (THERMOWOOD) VE SU-BAZLI VERNİK UYGULANMIŞ BAZI AĞAÇ TÜRLERİNDE HIZLANDIRILMIŞ UV YAŞLANDIRMANIN YÜZEY PARLAKLIK DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Ümit AYATA¹ Nevzat ÇAKICIER²

¹Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı, Oltu/Erzurum, TÜRKİYE

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, TÜRKİYE
nevzatcakicier@duzce.edu.tr

Özet- Bu çalışmanın amacı, ısı işlem görmüş (ThermoWood) ve su-bazlı vernik uygulanmış bazı ağaç türlerinde hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı parlaklık değişimlerini belirlemektir. Bu amaçla sarıçam, sapsız meşe ve doğu kayını odunlarından hazırlanan örnekler, ThermoWood metoduna göre 190°C’de 2 saat ve 212°C’de 1-2 saat süreler ile ısı işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra malzeme yüzeylerine su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulanmıştır. Elde edilen malzemeler, hızlandırılmış yaşlandırma cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV ışığına maruz bırakılmıştır. Sonra, yaşlandırma periyotları sonlarında; parlaklık değerleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre; ısı işlem görmüş ve su bazlı tek ile çift bileşenli vernik tabakalarında parlaklık değerleri azalmıştır.

Anahtar Kelimeler- Parlaklık, ThermoWood, Su bazlı vernik, Isıl işlem

DETERMINATION OF GLOSSINESS CHANGES OF ACCELERATED UV AGING AFFECTING OF WATER BASED VARNISH APPLIANCES AND HEAT TREATED (THERMOWOOD) SOME WOOD TYPES

Abstract- The purpose of this study is to determine the glossiness changes to accelerated UV aging effects in some wood species treated with ThermoWood and water-based varnish. In this study, wood specimens prepared from scotch pine, oak and beech wood species were heat treated according to ThermoWood method at 190°C for 2 hours and 212°C for 1 to 2 hours. Following the heat treatment one and two component water-based varnishes were applied. Later, specimens were exposed to accelerated weathering tester for glossiness were determined. According to the results, glossiness values of water – based single double component varnish layers on heat – treated wood decreased.

Key Words- Glossiness, ThermoWood, Water based varnish, Heat treatment

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Isı etkisi ile odunun renginin koyulaştığı, odunun kahverengi bir renk tonu ve karakteristik bir koku kazandığı ve renk değişmesi işlem türüne ve özellikle işlemde uygulanan sıcaklık ve işlem süresine bağlı olduğu bildirilmiştir. Elde edilen renk tonunun ultraviyole (güneş ışını) ışınlarına karşı stabil olmadığı ve nispeten kısa bir süre açık hava ile temastan sonra yüzeylerin muamele görmemiş odun gibi grileşmekte olduğu bildirilmiştir [21, 22].

Isıl işlem görmüş odun dış mekânda çevre şartlarına maruz kalması ile bazı sorunlar (renk değişiklikleri, çatlaklıklar vb.) yaşayabilmektedir. Bu sorunların önüne geçilmesi için üstyüzey kimyasallarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu üstyüzey kimyasallarından biriside su bazlı verniklerdir.

Su çözücülü vernikler, basit ve ucuz işlerde cila bezi, fırça, rulo, sünger vb. ile elle uygulanabilir. Katman kalitesi ve üretim hızı yüksek işlerde püskürtme tabancası, silindirli vernik sürme makinesi ve lak dökme makinesi kullanılmaktadır [23]. Uygulanan üst yüzey kimyasalları sayesinde, ısıl işlem görmüş ahşap malzemenin dış ortama karşı dayanıklılığı artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; ThermoWood metoduna göre 190°C'de 2 saat ile 212°C'de 1 saat ve 2 saat süreler ve sıcaklıklarda kullanılarak ısıl işlem görmüş ve endüstriyel uygulamalara uygun olarak firma önerileri doğrultusunda su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklenmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) odunlarından elde edilen vernikli malzemelerin hızlandırılmış QUV yaşlandırma cihazında 144, 288 ve 432 saat periyotlarında UV ışınlarına maruz bırakılması ile yapılan parlaklık testleri için malzeme yüzeylerindeki değişimlerin hangi aşamalarda oluştuğunu belirlemektir.

2. YÖNTEM (METHOD)

2.1. Örnek ağaçların elde edilmesi (Obtaining sample woods)

Örneklerin hazırlanmasında ülkemizde ticari öneme sahip olan, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) türleri tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan ağaç türleri; Düzce'de bulunan Güven Orman Ürünleri A.Ş.'den rastgele seçim yöntemine göre 510x110x20 mm boyutlarında temin edilmiştir. Ağaç malzemenin budaksız, ardaksız, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli, öz ve diri odun kısımları karışık bir halde alınmasına özen gösterilmiştir [12].

2.1.1. Deney örneklerinin hazırlanması (Preparation of experimental examples)

Keresteler daha sonra Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne ait laboratuvarında, ortalama 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemli [10] iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek rutubetlerinin %12'ye gelmesi sağlanmıştır [24].

2.2. Isıl işlem uygulaması (Heat treatment application)

Ahşap malzemeler ThermoWood ısıl işlem metodu ile çalışan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.'nin Bolu-Gerede de bulunan ThermoWood Kereste Üretim Fabrikası'nda ısıl işleme tabi tutulmuşlardır. Sarıçam, kayın ve meşe malzemeleri bu fabrikada bulunan bilgisayar kontrollü test fırınında, 190°C'de 2 saat ve 212°C'de 1 saat ve 2 saat olmak üzere ThermoWood yöntemine göre ısıl işleme tabi tutulmuştur [13]. Isıl işlem görmüş bu keresteler TS 642 ISO 554 [10] standardına göre ortalama 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemli iklimlendirme odasında

değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra test örnekleri endüstriyel uygulamalara uygun olarak kalibre zımpara makinesinde sırası ile 100, 120 ve 180 nolu zımpara ile zımparalanmıştır [12].

2.2. Su-Bazlı Verniklerin Uygulanması (Application of water-based varnishes)

2.2.1. Astar Vernik Uygulanması (Primer varnish application)

Vernikleme öncesi 500 x 100 x 14 mm temiz ölçüsüne getirilen örnekler 180 nolu zımpara ile tekrar zımparalanmıştır. Isıl işlem görmüş sarıçam, kayın ve meşe keresteleri; DUAL BOYA Firmasından temin edilen ve firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOOL FX 6150 kodlu biyosit ve lignin koruyucu içeren renksiz astar ile 10 sn'lik daldırma periyoduna göre iki kat olarak uygulanmıştır. Katlar arasında 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklendikten sonra kuruyan vernik filmi 400 nolu su zımparası ile zımparalanmış ve tozlar temizlendikten sonra ikinci kat uygulaması yapılmıştır. Tam kuruması sağlanan astar katı, 400 numara zımpara ile zımparalanarak tozlar temizlendikten sonra su bazlı tek ve çift bileşenli son kat vernik uygulamalarına geçilmiştir [12].

2.2.2. Su-bazlı tek bileşenli vernik uygulaması (Water-based single component varnish application)

Son kat su bazlı tek bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOL FX 7680/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Tablo 1'de verilen miktarlarda tatbik edilmiştir. Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan üstten hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulaması yönelik olarak numune yüzeyine dik ve uzaklığı 20-25 cm olacak şekilde paralel hareket ettirilerek, her katta önce liflere dik sonra liflere paralel olmak üzere çapraz kat yapılmıştır. Uygulamadaki hava basıncı 2 bar olarak seçilmiştir. Vernik uygulamasında birinci kat uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile zımparalandıktan sonra ikinci kat uygulanmıştır. Uygulama sırasında Tablo 6'da verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir. Üretici firma tarafından takım halinde temin edilen su-bazlı tek bileşenli verniğin bazı teknik özellikleri Tablo 6'da verilmiştir [12].

Tablo 1. Tek bileşenli vernik uygulaması (Single component varnish application)

FX 6150 UV Koruyucu Astar	1. kat	130 g/m ²	25 g/m ²
Daldırma yöntemi katı Madde (%19.45)	2. kat	70 g/m ²	13 g/m ²
FX 7680 Son Kat Vernik	1. kat	140 g/m ²	61 g/m ²
Pistole ile yöntemi katı Madde (%43.26)	2. kat	140 g/m ²	61 g/m ²
	Toplam Katı Madde	160 g/m ²	

2.2.3. Su-bazlı çift bileşenli vernik uygulaması (Water-based double component varnish application)

Son kat su bazlı çift bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOL 0820/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği (vernük + AQUACOOL AX 0115 sertleştirici (%25) + su (%10)) kullanılmıştır. Endüstriyel uygulamalara uygun olarak Tablo 2'de verilen miktarlarda tatbik edilmiştir. Uygulamada tabanca uç açıklığı 2.0 mm olan üstten hazneli püskürtme tabancası kullanılmıştır. Püskürtme tabancası ile endüstriyel yüzey uygulamasına göre numune yüzeyine dik ve uzaklığı 20-25 cm olacak şekilde paralel hareket ettirilerek, her katta önce liflere dik sonra liflere paralel olmak üzere çapraz kat uygulaması yapılmıştır. Uygulamadaki hava basıncı 2 bar olarak seçilmiştir. Vernik uygulamasında birinci kat uygulandıktan sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile hafifçe zımparalandıktan sonra ikinci kat uygulanmıştır. İkinci kat uygulamasından sonra 20°C ortam sıcaklığında 3 saat

beklenmiş ve kurutulmuş katman 400 nolu su zımparası ile hafifçe zımparalandıktan sonra üçüncü kat uygulanmıştır. Uygulama sırasında Tablo 6’da verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir [12].

Tablo 2. Çift bileşenli vernik uygulaması (Double component varnish application) [12]

FX 6150 UV Koruyucu Astar Daldırma yöntemi katı madde %19.45	1. kat	130 g/m ²	25 g/m ²
	2. kat	70 g/m ²	13 g/m ²
FX 0820 2K Son Kat Vernik Pistole ile yöntemi karışım Katı Madde %37.78	1. kat	105 g/m ²	40 g/m ²
	2. kat	105 g/m ²	40 g/m ²
	3. kat	105 g/m ²	40 g/m ²
	Toplam Katı Madde	158 g/m ²	

Üretici firma tarafından takım halinde temin edilen su-bazlı çift bileşenli verniğin bazı teknik özellikleri Tablo 3’de verilmiştir [12].

Tablo 3. Uygulanan vernikler hakkında üretici firma bilgileri (Manufacturer's information about applied varnishes) [12]

Vernik Türleri	Bileşeni	Yoğunluk	pH	Katı Madde	Uygulama Metodu	Viskozite	Uygulanan Miktar (g/m ²)
FX 6150 UV Koruyucu Astar	Akrilik Reçine, Biyosit ve UV koruyucu	1.02	9.2	%19±2	Tercihen daldırma yöntemi, rulo, fırça, bez, sünger	DIN 4 kabında 20°C’de 11 saniye	Tek katta 100
FX 7680 Dış Mekân Parlak Vernik	Akrilik Ve Alifatik PU Reçine	1.05	9.3	%42±2	Pistole, fırça	DIN 6 kabında 20°C’de 45-55 saniye	100-140
FX 0820 Dış Mekân Parlak Vernik 2K	Alifatik PU Dispersiyon	1.03	8.5	%32±2	Pistole, Basınçlı Pompa	DIN 4 kabında 20°C’de 35-45 Saniye (AX 015 Sertleştirici katılmış hali ile)	60-100
AX 0115 Sertleştirici	Suda çözünen Alifatik Poliizosiyanat	-	-	%66-72	-	-	-

2.3. Hızlandırılmış UV yaşlandırma uygulaması öncesi deney örneklerinin hazırlanması (Preparation of experimental examples before accelerated UV aging application)

Isıl işlem görmüş ve su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklenmiş 500x100x14 mm boyutlarındaki örnekler, yaşlandırma cihazına ait panel tutuculara uygun olarak, 120x80x14 mm boyutlarında kesildikten sonra elde edilen malzemelerin vernik bulunmayan açık kenarları, yaşlandırma uygulamaları sırasında herhangi bir olumsuz etkilere maruz kalmaması için aynı tür vernik ile verniklenerek yaşlandırma işlemlerine hazır hale getirilmiştir [12].

2.4. Hızlandırılmış UV yaşlandırma uygulaması (Accelerated UV aging application)

Sarıçam, kayın ve meşe odunlarına ait deney örneklerine, su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulandıktan sonra İklimlendirme Laboratuvarı’nda %12 rutubet için 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra vernikli malzemeler; ASTM G 154-06 [3] standardına (15 dakika su spray, 8 saat UV) ait yaşlandırma ortam koşullarının modifiye edilmesiyle hazırlanmış (0.67 ışık şiddeti, 18 dakika su spray, 2 saat UV ve 50°C ortam sıcaklığı) ve UV-A 340 florasan lambalarının bulunduğu QUV accelerated weathering tester cihazında; 144, 288 ve 432 saat süre boyunca UV yaşlandırma etkilerine maruz bırakılmıştır. UV yaşlandırma uygulamasına tabi tutulan bütün örneklerin yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma periyotları sonlarında çizilme direncine ait ölçümler belirlenmiştir [12].



Şekil 1. QUV hızlandırılmış yaşlandırma cihazı (QUV accelerated weathering tester) [12]

Isıl işlem görmüş ve su bazlı vernik uygulanmış, sarıçam, kayın ve meşe türlerine ait test örneklerinde yaşlandırma uygulamasına ait deneme deseni Tablo 4’de verilmiştir [12].

Tablo 4. Yaşlandırma uygulamasına ait deneme deseni (Experimental design for aging application) [12]

Ağaç Türü	ThermoWood		Vernik Çeşidi		Yaşlandırma Periyodu		
	Sıcaklık	Süre					
Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	190°C	2 Saat	2 Kat Astar + Su Bazlı Tek Bileşenli Vernik (2 Kat Sonkat)	2 Kat Astar + Su Bazlı Çift Bileşenli Vernik (3 Kat Sonkat)	144 Saat	288 Saat	432 Saat
	212°C	1 Saat					
	212°C	2 Saat					
Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> L.)	190°C	2 Saat					
	212°C	1 Saat					
	212°C	2 Saat					
Sapsız meşe (<i>Quercus petraea</i> L.)	190°C	2 Saat					
	212°C	1 Saat					
	212°C	2 Saat					

2.5. Deneme Metodları (Trial methods)

2.5.1. Katı Madde Tayini (Solid Material Test)

Katı madde tayininin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernik veya boyanın katman yapma özelliğini tespit etmektir. Bunun için; ASTM D 1644-01 [1] esaslarına uyularak; vernikler, darası önceden alınan Ø 75±5 mm’lik konkav saat camına 2±0.2 g olacak şekilde damlalık ile konulmuş, daha sonra etüvde 60°C’de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılarak yeniden tartımları yapılmıştır. Katı madde miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Km = [(Vu - \text{Çb}) / Vu] \times 100 \quad (1.)$$

$$Vu = G - D, \quad (2.)$$

$$\text{Çb} = G - E \quad (3.)$$

Burada;

Vu = Uygulanan vernik (g),

Km = Katı madde (%)

D = Dara (g),

Çb = Buharlaşan çözücü (g),

G = Yaş ağırlık (g),

E = Kuru ağırlık (g)

2.5.2. Emprenye retensiyon oranlarının belirlenmesi (Determination of impregnated retention ratios)

Firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOOOL FX 6150 kodlu renksiz astar verniğinin uygulanmasında kısa süreli emprenye daldırma metodu kullanılmış olup, deney

numuneleri 10 saniye süre ile emprenye maddesi içerisinde 2 defa bırakılmıştır. Emprenye edilen örneklerin absorbe ettikleri çözelti miktarları ve net kuru madde miktarları TS 5723 [9] standardında belirtilen yol takip edilerek aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır [4].

$$\text{Retensiyon} = \frac{G \times C}{V} \times 10 \text{ kg/m}^3 \quad (4.)$$

Eşitlikte;

G = Örnek tarafından absorbe edilen çözelti miktarı ($m_1 - m_0$) (g)

m_0 = Emprenye öncesi ağırlık (g)

m_1 = Emprenye sonrası yaş ağırlık (g)

C = Çözelti konsantrasyonu

V = Odun örneğinin hacmi (cm^3)'dir.

$$\text{Retensiyon} = \frac{\text{Moes} - \text{Moeö}}{\text{Moeö}} \times 100 \quad (5.)$$

Eşitlikte;

Moes = Emprenye sonrası numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Moeö = Emprenye öncesi numunenin tam kuru ağırlığı (g)

C = Çözelti konsantrasyonu (%).

2.5.3. Kuru film kalınlıklarının belirlenmesi (Determination of dry film thicknesses)

Çalışmada kullanılan verniklerin kuru film katman kalınlıkları Şekil 2'de gösterilen PosiTector 200 cihazında ASTM D 6132 [2] standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir [12].



Şekil 2. PosiTector 200 cihazı (PosiTector 200 device) [12]

Çeşitli mikron kalınlıklarına sahip film tabakaları ile kalibresi doğrulanan cihazın probu, vernikli ahşap malzeme üzerine damlatılan jel (DeFelsko marka – Ultrasonic couplant)'in üstüne gelecek şekilde bastırılmaktadır. Cihaz ultrasonik olarak çoklu sinyal gönderdikten hemen sonra tarama yapması ile otomatik olarak mikron kalınlığına ait değer ekranda okunmaktadır (Şekil 2) [12].

2.5.4. Yüzey parlaklık ölçümü (Surface glossiness measurement)

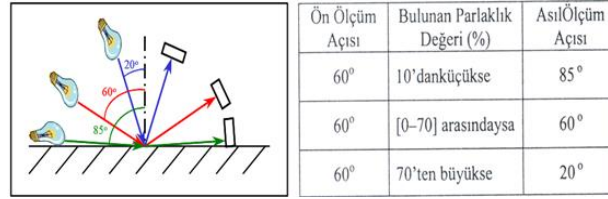
Vernikli yüzeylerin ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılarak ISO 2813 [6] belirtilen esaslar çerçevesinde ölçümleri parlaklık ölçüm cihazı (Gloss-metre) ile yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yüzey parlaklık ölçüm cihazı (Surface gloss meter) [12].

Yüzey parlaklık ölçüm cihazı gloss-metre, bir ışık kaynağından birbirine paralel veya yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercekle mercekle fotosel alıcı penceresinin oluşturduğu alıcıdan meydana gelmektedir. 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 [18].

Vernik uygulamasından sonra tam kuruması sağlanan deney örnekleri ISO 2813 [6] standardında belirtilen esaslar çerçevesinde 23±2°C sıcaklık ve %50±5 bağıl nem şartlarında 16 saat süreyle kondisyonlanarak ölçümlere hazır hale getirilmiştir. 60°±2 parlaklık seviyesinde test edilerek, elde edilen değerler, parlaklık derecesi 100 olarak kabul edilen siyah kalibrasyon cam paneline göre değerlendirilmiştir [15].



Şekil 4. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60°'de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri (Schematic representation of glossiness measurement at three different angles and after the preliminary measurement at 60°, the determination criteria of the actual measurement angle) [17]

Ölçümler her bir yüzey için liflere paralel ve dik olacak şekilde ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş ve su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulanmış bütün örnekler üzerinde, UV yaşlandırma öncesi ve sonlarında ölçülerek bu değerlerin aritmetik ortalamaları için ayrı ayrı yapılmıştır.

Tablo 5. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması (Classification of glossiness values) [11]

60°'de Ölçülen Parlaklık	Parlaklık Sınıfı
20°'nin altı	Mat
25-30	Yarı Mat
35-45	İpek Mat
55-65	Yarı Parlak
70-80	Parlak
80°'in üzeri	Çok Parlak

2.5.5. Verilerin değerlendirilmesi (Evaluation of data)

İstatistiksel analiz sonuçları, kontrol örnekleri (yaşlandırma öncesi) ile yaşlandırma uygulaması sonrasında tahribatların olduğu örneklerin karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir. MSTATC istatistik paket programı kullanılmış, Çoklu varyans analizi Duncan testi ve LSD (en küçük önemli fark) kritik değerleri belirlenmiştir.

3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Katı madde oranlarının belirlenmesi (Determination of solids ratios)

Çalışmada kullanılan verniklerin katı madde miktarlarına ilişkin sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. En yüksek katı madde oranı; su bazlı tek bileşenli vernikte (43.26), en düşük ise emprenye renksiz dolgu verniği FX 6150'de (19.45) elde edilmiştir.

Tablo 6. Kullanılan verniklerin katı madde miktarları (%) (Amounts of solids in used varnishes (%))

Vernik Çeşidi	Katı Madde Oranı (%)
Emprenye Dolgu Renksiz FX 6150 UV	19.45
Su Bazlı Tek Bileşenli Vernik (FX 7680)	43.26
Su Bazlı Çift Bileşenli Vernik (FX 0820 2K + AX 0115 Hardener)	37.78

3.2. Emprenye retensiyon oranlarının belirlenmesine ilişkin bulgular ve tartışma (Findings and discussion on determination of impregnated retention ratios)

ThermoWood metoduna göre ısıtıl işlem görmüş sarıçam, kayın ve meşe odunlarının retensiyon oranları Tablo 7’de verilmiştir. Isıtıl işlem görmüş ağaç malzemelere uygulanan 2 defa 10 saniyelik emprenye işleminin sonunda; en yüksek net kuru madde miktarı ve retensiyon oranı; 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş sarıçam örneğinde, en düşük ise 190°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş kayın örneğinde elde edilmiştir. Isıtıl işlem süresi ve sıcaklığın artmasına paralel olarak net kuru madde miktarı ve % retensiyon miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 7. ThermoWood metoduna göre ısıtıl işlem görmüş ağaç türlerine ait net kuru madde miktarları ve % retensiyon oranları (Net dry matter amounts and percent retention ratios of heat treated wood species according to ThermoWood method)

Isıtıl işlem		Net Kuru Madde Miktarı (kg/m ³)			% Retensiyon		
Sıcaklık	Süre	Sarıçam	Kayın	Meşe	Sarıçam	Kayın	Meşe
190°C	2 saat	9.8089	6.2698	6.5139	10.34	4.09	4.57
212°C	1 saat	12.2580	6.8494	6.6969	11.86	4.94	5.20
212°C	2 saat	12.9515	7.5817	6.8342	14.05	5.41	5.25

3.3. Kuru Film Kalınlıklarına İlişkin Bulgular Ve Tartışma (Findings and discussion on dry film thickness)

Su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin kuru film kalınlıklarına ilişkin ölçüm sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Katman kalınlığı en yüksek 212°C’de 2 saat ısıtıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş meşede, en düşük 212°C’de 1 saat ısıtıl işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş kayında elde edilmiştir.

Tablo 8. Kuru film kalınlıkları (Dry film thicknesses)

Isıtıl İşlem	Vernik Çeşidi	Katman Kalınlığı (µm)		
		Sarıçam	Kayın	Meşe
190°C - 2 saat	Tek Bileşenli	139.80	137.00	142.00
	Çift Bileşenli	155.00	152.00	153.80
212°C - 1 saat	Tek Bileşenli	140.80	136.40	147.00
	Çift Bileşenli	155.40	151.80	156.60
212°C - 2 saat	Tek Bileşenli	144.00	139.00	148.60
	Çift Bileşenli	154.60	152.40	158.20

3.4. Parlaklık ölçümüne ait bulgular (Findings of glossiness measurement)

Parlaklık değerlerine ait farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi (Anova) yapılmış ve sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Varyans analiz sonucuna göre ağaç türü, ısıtıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıkmıştır ($\alpha=0.05$). Daha sonra LSD kritik değeri kullanılarak ağaç türü, ısıtıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 10’da verilmiş, buna ait grafik Şekil 5’de gösterilmiştir.

Tablo 9. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun parlaklık ölçümüne ilişkin varyans analizi sonuçları (Results of variance analysis on wood type, heat treatment, varnish type on glossiness measurement of aging period)

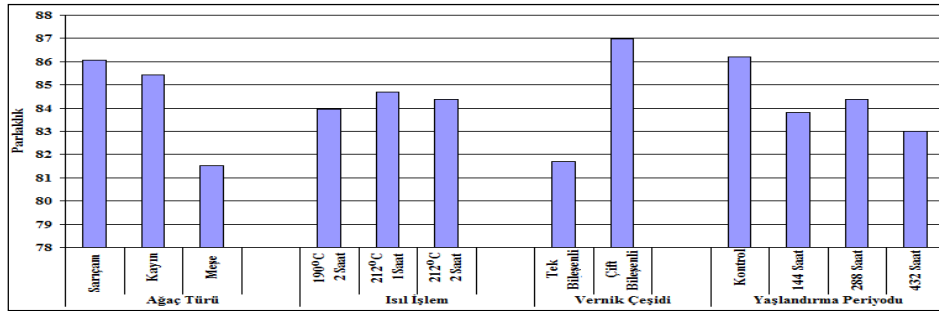
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0.05$
Ağaç Türü (A)	2	2893.842	1446.921	2520.3100	0.0000*
Isıl işlem (B)	2	70.072	35.036	61.0274	0.0000*
Etkileşim (AB)	4	211.633	52.908	92.1577	0.0000*
Vernik Çeşidi (C)	1	5071.581	5071.581	8833.9004	0.0000*
Etkileşim (AC)	2	1396.589	698.295	1216.3200	0.0000*
Etkileşim (BC)	2	374.311	187.155	325.9956	0.0000*
Etkileşim (ABC)	4	139.517	34.879	60.7544	0.0000*
Yaşlandırma Periyodu (D)	3	996.296	332.099	578.4638	0.0000*
Etkileşim (AD)	6	106.572	17.762	30.9387	0.0000*
Etkileşim (BD)	6	109.830	18.305	31.8843	0.0000*
Etkileşim (ABD)	12	130.192	10.849	18.8979	0.0000*
Etkileşim (CD)	3	438.109	146.036	254.3722	0.0000*
Etkileşim (ACD)	6	77.767	12.961	22.5764	0.0000*
Etkileşim (BCD)	6	77.633	12.939	22.5374	0.0000*
Etkileşim (ABCD)	12	58.822	4.902	8.5382	0.0000*
Hata	648	372.020	0.574		
Toplam	719	12524.787			

*: Anlamlı ($\alpha = 0.05$ 'e göre)

Tablo 10. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu değişkenlerinde parlaklık ölçümüne ait Duncan testi sonuçları (Duncan test results for glossiness of wood type, heat treatment, varnish type and aging period variables)

Faktör	\bar{X}	HG	LSD±	Faktör	\bar{X}	HG	LSD±		
Ağaç Türü	Sarıçam	86.06	A*	0.1358	Vernik Çeşidi	Tek Bileşenli	81.69	B	
	Kayın	85.43	B			Çift Bileşenli	86.99	A*	0.1109
	Meşe	81.53	C			Kontrol	86.19	A*	0.1568
Isıl İşlem	190°C – 2 Saat	83.94	C	Yaşlandırma Periyodu	144 Saat	83.81	C		
	212°C – 1 Saat	84.70	A*		288 Saat	84.37	B		
	212°C – 2 Saat	84.37	B		432 Saat	82.99	D		

\bar{X} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, *: En yüksek parlaklık değerini ifade etmektedir.



Şekil 5. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyoduna ait parlaklık ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları (Comparison results of brightness measurements for wood type, heat treatment, varnish type and aging period)

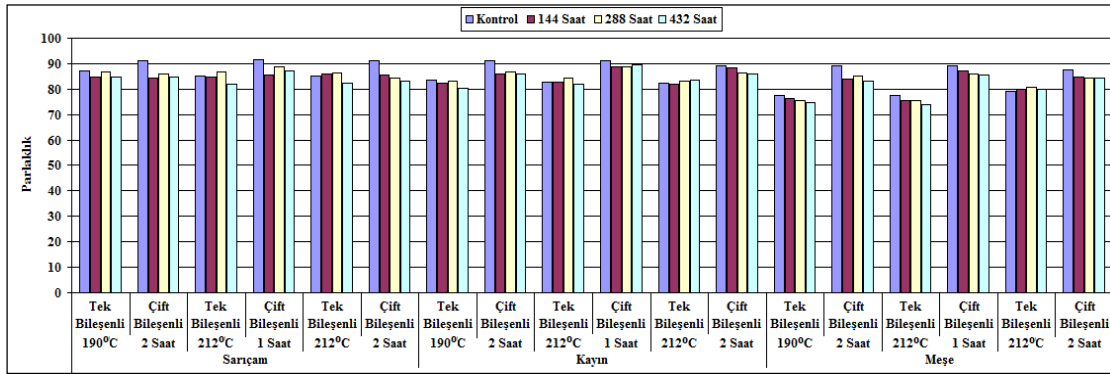
Tablo 10'a göre ağaç türü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek sarıçamda, en düşük meşede tespit edilmiştir. Isıl işlem düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek 212°C'de 1 saat ısıt işlem görmüş örneklerde, en düşük 190°C'de 2 saat ısıt işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir. Vernik çeşidi faktörü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek çift bileşenli vernikte, en düşük tek bileşenli vernikte, elde edilmiştir. Yaşlandırma periyodu düzeyinde parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 432 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde tespit edilmiştir. Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırma sonuçlarını topluca görmek amacıyla, ağaç türü – ısıt işlem – vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 11'de verilmiş, buna ait grafik Şekil 6'da gösterilmiştir.

Tablo 11. Ağaç türü - ısıt işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait parlaklık ölçümünün Duncan testi sonuçları (Duncan test results of glossiness of wood type - heat treatment - varnish type - aging period interaction)

Ağaç Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Yaş. Per.	\bar{X}	HG	Ağaç Türü	Isıl İşlem	Vernik Çeşidi	Yaş. Per.	\bar{X}	HG
Sarıçam	212°C 1 saat	Çift bileşenli	Kontrol	91.53	A	Meşe	212°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	84.78	JKLMN
Sarıçam	190°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	91.33	A	Sarıçam	190°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	84.75	JKLMN
Kayın	212°C 1 saat	Çift bileşenli	Kontrol	91.23	A	Sarıçam	212°C 1 saat	Tek bileşenli	144 saat	84.65	KLMN
Kayın	190°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	91.22	A	Meşe	212°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	84.50	LMNO
Sarıçam	212°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	91.10	A	Sarıçam	190°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	84.44	LMNO
Kayın	212°C 1 saat	Çift bileşenli	432 saat	89.39	B	Meşe	212°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	84.33	MNO
Kayın	212°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	89.31	B	Sarıçam	212°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	84.31	MNOP
Meşe	190°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	89.15	B	Kayın	212°C 1 saat	Tek bileşenli	288 saat	84.16	NOPQ
Meşe	212°C 1 saat	Çift bileşenli	Kontrol	89.03	B	Meşe	190°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	83.96	OPQR
Kayın	212°C 1 saat	Çift bileşenli	144 saat	88.93	B	Kayın	190°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	83.65	PQRS
Sarıçam	212°C 1 saat	Çift bileşenli	288 saat	88.86	BC	Kayın	212°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	83.50	QRST
Kayın	212°C 1 saat	Çift bileşenli	288 saat	88.85	BC	Meşe	190°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	83.31	RSTU
Kayın	212°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	88.23	C	Kayın	212°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	83.26	STU
Meşe	212°C 2 saat	Çift bileşenli	Kontrol	87.36	D	Sarıçam	212°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	83.25	STU
Sarıçam	212°C 1 saat	Çift bileşenli	432 saat	87.29	D	Kayın	190°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	83.25	STU
Meşe	212°C 1 saat	Çift bileşenli	144 saat	87.13	D	Kayın	212°C 1 saat	Tek bileşenli	144 saat	82.92	TUV
Sarıçam	190°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	87.00	D	Kayın	212°C 1 saat	Tek bileşenli	Kontrol	82.78	UVW
Sarıçam	212°C 1 saat	Tek bileşenli	288 saat	86.85	DE	Kayın	212°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	82.52	VWX
Kayın	190°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	86.82	DE	Sarıçam	212°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	82.25	VWXY
Sarıçam	190°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	86.74	DEF	Kayın	190°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	82.16	WXY
Sarıçam	212°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	86.28	EFG	Kayın	212°C 1 saat	Tek bileşenli	432 saat	82.08	XY
Kayın	212°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	86.15	FG	Sarıçam	212°C 1 saat	Tek bileşenli	432 saat	82.01	XY
Sarıçam	212°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	86.11	FG	Kayın	212°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	81.83	Y
Kayın	212°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	86.04	G	Meşe	212°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	80.68	Z
Meşe	212°C 1 saat	Çift bileşenli	288 saat	86.04	G	Kayın	190°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	80.41	ZI
Sarıçam	190°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	85.81	GH	Meşe	212°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	80.04	ZI
Kayın	190°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	85.79	GH	Meşe	212°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	79.75	I\
Kayın	190°C 2 saat	Çift bileşenli	432 saat	85.79	GH	Meşe	212°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	79.10	\
Sarıçam	212°C 1 saat	Çift bileşenli	144 saat	85.74	GHI	Meşe	190°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	77.49]
Meşe	212°C 1 saat	Çift bileşenli	432 saat	85.63	GHI	Meşe	212°C 1 saat	Tek bileşenli	Kontrol	77.46]
Sarıçam	212°C 2 saat	Çift bileşenli	144 saat	85.35	HIJ	Meşe	190°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	76.41	^
Sarıçam	212°C 1 saat	Tek bileşenli	Kontrol	85.26	HIJK	Meşe	212°C 1 saat	Tek bileşenli	144 saat	75.64	-

Meşe	190°C 2 saat	Çift bileşenli	288 saat	85.07	IJKL	Meşe	190°C 2 saat	Tek bileşenli	288 saat	75.57	-
Sarıçam	212°C 2 saat	Tek bileşenli	Kontrol	84.96	JKLM	Meşe	212°C 1 saat	Tek bileşenli	288 saat	75.39	-
Sarıçam	190°C 2 saat	Tek bileşenli	144 saat	84.82	JKLMN	Meşe	190°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	74.83	-
Sarıçam	190°C 2 saat	Tek bileşenli	432 saat	84.82	JKLMN	Meşe	212°C 1 saat	Tek bileşenli	432 saat	74.06	a
LSD ± 0.6653											
\bar{X} : Aritmetik ortalama, HG : Homojenlik grubu											

Tablo 7'e göre ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde, parlaklık değeri en yüksek, 212°C'de 1 saat süre ile ısı işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş sarıçamın kontrol örneklerinde, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısı işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş meşenin 432 saatlik UV yaşlandırma periyoduna ait örneklerde elde edilmiştir.



Şekil 6. Ağaç türü - ısı işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimine ait parlaklık ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları (Comparison results of glossiness measurements of wood type - heat treatment - varnish type - aging period interaction)

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde parlaklık değeri en yüksek sarıçamda (86.06), en düşük meşede (81.53) tespit edilmiştir. Bu durumda, parlaklık değerinin yüzeyden yansıtılan ışık miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu düşünüldüğünde, ince tekstürlü sarıçamda en fazla, kaba tekstürlü meşede en düşük parlaklık değeri elde edilmiştir. Sönmez ve Budakçı [20] tarafından yapılan bir çalışmada halkalı traheli odun yüzeylerindeki parlaklık sonuçları diğer türlerden daha az bulunmuş; bunun sebebi olarak, tam doldurulmamış trahe boşluklarının yüzeye gelen ışık şiddetini azalttığı ve ışığın değişik yönlere yansıtmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Isıl işlem düzeyinde, en yüksek parlaklık değeri 212°C'de 1 saatte (84.70), en düşük 190°C'de 2 saatte (83.90) elde edilmiştir. Buna göre, ısı işlem uygulamasında yüksek sıcaklığın parlaklık değerini artırıcı etkide bulunduğu söylenebilir. Esteves ve diğ. [8] ısı işlem uygulamasında sıcaklık derecesinin bazı ağaçların doğal parlaklık değerini olumsuz yönde etkilendiği ve ısı işlem görmüş ağaç malzemesinde sıcaklığa bağlı olarak parlaklık değerindeki azalmanın, glukoz, hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişimler neticesinde meydana geldiğini bildirmiştir. Korkut ve Kocaefe [16] tarafından yapılan çalışmada yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriğinin azaldığı ve yoğunlaşmamış ünitelerden bazılarının difenilmetan tipi ünitelere dönüştüğü bildirilmiştir. Difenilmetan tipi yoğunlaşmanın 120-220°C aralığında tipik bir reaksiyon olduğu, renk, reaktiflik ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir. Isıl işlem süresince ligninin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğradığı belirtilmiştir. Isıl işlem sürecinde oluşan bu durumların ağaç malzemesinin parlaklık değerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu ifade edilmiştir.

Vernik çeşidi düzeyinde parlaklık değeri en yüksek çift bileşenli vernikte (86.99), en düşük tek bileşenli vernikte (81.69) elde edilmiştir. Buna göre, çift bileşenli verniklerin ağaç malzemedeki boşlukları daha iyi doldurmaları ve gerek ısıl işlem gerekse yaşlandırma işlemlerine daha iyi performans göstermeleri nedeniyle parlaklık değerleri tek bileşenli verniklerden yüksek çıkmıştır. Decker ve diğ. [19] araştırmalarında su çözücülü UV kürlenmeli Poliüretan-Akrilat verniğin 30 µm kalınlığındaki katmanlarında yaşlandırma sonunda sertliğinin ve parlaklığının arttığı ve bozunma mekanizmasında en fazla hassasiyeti üretilen (C-NH) bağlarının gösterdiği bildirilmiştir.

Yaşlandırma periyodu düzeyinde parlaklık değeri en yüksek kontrol örneklerinde (86.19), en düşük 432 saatlik UV yaşlandırma örneklerinde (82.99) tespit edilmiştir. Buna göre, uzun süreli yaşlandırma işlemi su çözücülü vernik katmanlarının parlaklık değerinde azaltıcı etkiye bulunmuştur. 144 ve 432 saatlik periyotlarda UV-A lambası yaşlandırması ile termoplastik yapıdaki su bazlı tek bileşenli vernik katmanlarında sıcaklık artışına bağlı olarak yüzey geriliminin arttığı ve çapraz bağlarda kopmalar olduğu, bunun da parlaklık değerlerinde azalmaya sebep olduğu söylenebilir. Çakıcıer [14] tarafından yapılan bir çalışmada, ilk yaşlanma periyodunda katman parlaklığında önemli oranda azalma görülürken, yaşlanmanın ileri aşamalarında kaybedilen parlaklık değerinin yarısına kadar artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Bu durum, su bazlı verniklerde kürlenmenin tamamlanmasına kadar geçen sürede (tam sertleşmeye) yaşlandırma işlemi etkisiyle parlaklıkta bir miktar azalmanın olabileceği, tam kuru katman oluşumundan sonra ise parlaklıkta artış olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Holzhausen ve diğ. [5] tarafından yapılan çalışmada, parlaklık yaşlandırmada uygulanan sıcaklık ve sürenin bir fonksiyonu olarak gösterilirken, uzun süreli korumalarda vernik karakteristiklerinin uygulanan sıcaklık ve süreden daha önemli olduğu ifade edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada liflere dik parlaklık değerlerini duruş açısının artmasına paralel olarak parlaklık değerinin de arttığı, bunda güneş ışınlarının örnek yüzeyine geliş açısının, yağmur sularının örnek yüzeyinde tutunma süresinin ve sıcaklık etkisinin etken olabileceği bildirilmiştir [7].

Teşekkür (Acknowledgement)

Isıl işlem uygulamaları için NOVA ThermoWood Fabrikası'na (Bolu-Gerede, Türkiye) ve su bazlı verniklerin uygulaması ve verniklerin temini için DUAL BOYA Firması'na (İstanbul, Türkiye) teşekkür ederiz.

Bu çalışma "Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiş ve Düzce Üniversitesi BAP-2012.02.HD.078 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. ASTM D 1644-01, (2006). Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Varnishes. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- [2]. ASTM D 6132, (2008). Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic gage.
- [3]. ASTM G 154-06, (2006). Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials, ASTM, USA, 2-8.
- [4]. Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., (1993). Emprenye Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 3779(425), 125 ve 429.

- [5]. Holzhausen, U., Millow, S., Adler, H.J.P., (2002). Studies on The Thermal Ageing of Organic Coatings, Wiley-WCH Verlag GmbH, Weinheim, [online], www.interscience.wiley.com [Ziyaret Tarihi: 01 mayıs 2013]
- [6]. 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.
- [7]. Bilgen, S., (2010). Dış ortam şartlarının verniklenmiş ardıç odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- [8]. Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H., (2008). Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, Wood Sci Techn., 42, 369–384.
- [9]. TS 5723, (1988). Ahşap koruma-emprenye maddesi nüfuz derinliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [10]. TS 642 ISO 554, (1997). Kondisyonlama ve/veya Deney için Standart Atmosferler-Özellikler, T.S.E., Ankara.
- [11]. Tunçgenç, M., (2004). Genel boya bilgileri, Teknik Bülten, Akzo Nobel Kemipol A.Ş.,
- [12]. Ayata, Ü., (2014). Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Doktora Tezi, Düzce.
- [13]. Anonymous, (2003). ThermoWood® Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki, Finland.
- [14]. Çakıcıer, N., (2007). Ağaç malzeme yüzey işlemi katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- [15]. Kazan, B., (2009). Su bazlı vernik uygulanmış yüzey üzerindeki ısıl işlemin etkileri, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar.
- [16]. Korkut, S., ve Kocaefe, D., (2009). Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi, 5(2), 11-34.
- [17]. McCormick, K., and Tas, P., (1999). Application 1.0 Portable gloss Measurement, <https://byk-gardnerusa.com/>, [Ziyaret Tarihi: 13 mayıs 2013].
- [18]. Sönmez, A., (2000). Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri 1, Hazırlık ve Renklendirme, Ders Kitabı, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 3-26.
- [19]. Decker, C., Masson, F., Schwalm, R., (2004). Weathering resistance of waterbased UV-cured polyurethane-acrylate coatings, Polymer Degradation and Stability, 83, 309-320.
- [20]. Sönmez, A., Budakçı, M., (1999). Vernik katman kalınlığının parlaklığa etkisi, Politeknik Dergisi, 12(3), 747-757.
- [21]. Mayes, D., and Oksanen, O., (2002). ThermoWood handbook, Finnforest, Finland, 5-15.
- [22]. Sefil, Y., (2010). ThermoWood yöntemiyle ısıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Ve Dekorasyon Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- [23]. Sönmez, A., ve Budakçı, M., (2001). Tahta koruyucunun dış cephe verniklerinin yapışma direncine etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Ankara, 14(2), 305-314.
- [24]. TS 2471, (2005). Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.