

ThermoWood Metoduna Göre Isıl İşlem Görmüş ve Su-Bazlı Vernikler Uygulanmış Ahşap Malzemeler Üzerinde Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Etkisine Karşı YüzeY Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Determination of Surface Roughness Against the Effect of Accelerated UV Aging on Water-Based Varnish Applied and Heat treated Wood Materials According to ThermoWood Method

Ümit AYATA^{1,a}, Nevzat ÇAKICIER^{*2,b}

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

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

• Geliş tarihi / Received: 17.05.2017

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 26.11.2017

• Kabul tarihi / Accepted: 27.11.2017

Öz

Bu çalışmanın amacı, ısıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma direncine karşı yüzeY pürüzlülüğünün belirlenmesidir. Bu amaçla Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*), Sapsız Meşe (*Quercus petraea L.*) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis L.*) odunlarına, ThermoWood metoduna göre 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 1 ve 2 saat süreler ile ısıl işlem uygulanmıştır. Sonra malzeme yüzeylerine su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler uygulanmıştır. Elde edilen malzemeler, UV-A 340 nm floresan lambalarının bulunduğu UV yaşlandırma cihazında 144, 288 ve 432 saat süre boyunca (ASTM G 154-06) yaşlandırılmaya maruz bırakılmıştır. Bu periyotlar sonralarında yüzeY pürüzlülüğü ISO 4287 (1997) değerleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre; kullanılan su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin ısıl işlem görmüş ağaç malzeme yüzeylerinde, yaşlandırma sonralarında yüzeY pürüzlülüğü değerlerinde azalma tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, Su-bazlı vernik, UV yaşlandırma, YüzeY pürüzlülüğü

Abstract

The purpose of this work is to determine of surface roughness against the effect accelerated UV resistance of water-based varnish layers applied on heat treatment wood (ThermoWood) surfaces. For this purpose, heat treatment was carried out at 190 °C for 2 hours and at 212 °C for 1 hour and 2 hours according to the ThermoWood method for Scots pine (*Pinus sylvestris L.*), Sessile Oak (*Quercus petraea L.*) and Oriental Beech (*Fagus orientalis L.*). Then water based single and double component varnishes were applied to the material surfaces. The resulting materials were subjected to aging for 144, 288 and 432 hours (ASTM G 154-06) on a UV aging device with UV-A 340 nm fluorescent lamps. Surface roughness ISO 4287 (1997) values were measured after these periods. According to the results; The surface roughness values of the water-based single and double component varnishes used in the heat treated wood material surfaces were found to decrease after aging.

Keywords: Heat Treatment, UV Aging, Water-Based Varnish, Surface roughness

*b Nevzat ÇAKICIER; nevatcakicier@duzce.edu.tr; Tel: (0380) 542 11 37; orcid.org/0000-0001-6566-7541

a orcid.org/0000-0002-6787-7822

1. Giriş

Odun, doğal dayanıklılığa sahip bir malzeme olduğu için yüzyıllardır çok yönlü ve yoğun bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte diğer tüm biyolojik maddeler gibi çevre faktörlerinin bozundurma etkisine açıktır. Bu bozundurma olayında ana faktör ultraviyole ışınlarının (UV) etkisidir. Bununla birlikte, açık hava etkisiyle odunda meydana gelen diğer değişiklikler ise; yüzey ve yüzeye yakın kısımlarda meydana gelen renk değişimi, çatlaklar, yüzey yapısının bozunması ve yağmur suyunun etkisiyle yıkanma olarak özetlenebilir (Temiz 2005).

Ahşap malzemenin korunması için çeşitli metotlar (emprenye, asetillendirme, ısıtma işlemi vb.) geliştirilmiştir. Bu metotlar içinde kimyasal işlem uygulamadan ahşabı korunmasına yönelik olan metot ısıtma işlemi metodudur.

Geçmişten günümüze farklı ısıtma işlem metotları (Finland - ThermoWood, Holland - Plato Wood, Germany - Oil Heat Treatment, France - Bois Perdue, Rectification, vb.) bulunmaktadır.

Yapılan çeşitli çalışmalarda ısıtma işlem sonrasında ahşap malzemede meydana gelen olumlu değişimler belirlenmiştir. Aytin vd. (2015) çalışmalarında, yabani Kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odunun ThermoWood yöntemine göre 190°C'de 1 saat ve 2 saat ile 212°C'de 1 saat ve 2 saat varyasyonlarında yapılan ısıtma işlem uygulamaları sonrasında yüzey kalitesinin iyileşmesine yol açtığını bildirmişlerdir.

Altınok vd. (2010) çalışmalarında, ısıtma işlem uygulamasından sonra ağaç malzemelerde, tam kuru yoğunluk ve hava kurusu yoğunluk özelliklerini önemli oranlarda düşürdüğü, şişme ve hacimsel çekme, su geçirgenlik direncinde önemli derecede direnç artışı görülürken ahşap malzemenin çarpılma veya burulma özellikleri üzerine de olumlu etkisinin bulunduğu belirtilmiştir.

Fakat ısıtma işlem görmüş ahşap malzemenin kullanım yerinde bulunduğu dış ortam şartlarına (don, sıcaklık, güneş ışını vb.) karşı olan direncini arttırmak için, üst yüzey koruyucu (verniki, boya vb.) kimyasallarının kullanılması gerekmektedir.

Bu konunun araştırılması ile ilgili olarak Kesik vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, TS EN 351-1'e göre 150°C'de 2 saat süre ile bezir yağı içerisinde ısıtma işlemi tabii görmüş ve görmemiş

sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu örneklerinden elde edilen deney örnekleri yüzeylerine su bazlı vernik ve su bazlı boya uygulanmıştır. Uygulama sonunda yapılan yapışma ve sertlik deneyleri verilerine göre vernik ve boyanın ısıtma işlem görmüş ağaç malzeme yüzeyine iyi bir yapışma sağlamış olduğu bildirilmiştir.

Kazan (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; ısıtma işlem görmüş (100°C, 125°C ve 150°C sıcaklıklarda ve 2 saat, 4 saat ve 6 saat sürelerde) ve su bazlı vernikler ile verniklenmiş Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Kestane (*Castanea sativa* M.) ağacına ait deney numuneleri üzerinde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma direnci araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre çift komponentli verniğin tek komponentli verniğe göre daha üstün olduğu belirlenmiştir.

Çeşitli yüzey işlemleri ile kaplanmış ahşap malzemelerin yaşlandırma (doğal veya yapay) sonlarında meydana gelen yüzey pürüzlülüğü değişimlerini belirlemek için Richter vd. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, ön hazırlık işlemlerinin iyi yapılmadığı ağaç malzeme yüzeylerinde boya ve vernik emiliminin daha fazla tüketime sebep olduğu, en iyi yüzey pürüzlülük performansının iyi hazırlık işlemi görmüş malzeme yüzeylerinde elde edildiği ve vernik ile boya tüketim miktarının da yarı yarıya azaldığı bildirilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, ThermoWood metoduna göre 190 °C'de 2 saat ve 212 °C'de 1 ile 2 saat sürelerde ısıtma işlem görmüş ve su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklenmiş sarıçam, Doğu kayını ve sapsız meşe odunlarından üretilen malzemelerin hızlandırılmış QUV yaşlandırma cihazında, boya endüstride tercih edilen altı gün ve katları olan; 144, 288 ve 432 saat süreler ile UV ışınlarına maruz kalmasıyla meydana gelen yüzey pürüzlülüğüne ait değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

2.1.1. Örnek Ağaçların Elde Edilmesi

Örneklerin hazırlanmasında ülkemizde başta mobilya sektöründe, kaplama ve kontrplak alanlarında en çok kullanılan; sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) türleri tercih edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ağaç malzemeler, Düzce yöresindeki fabrikalardan rastgele seçim yöntemine göre 510x110x20 mm boyutlarında taze halde ölçülendirilerek alınmıştır.

Ağaç malzemenin ardaksız, budaksız, düzgün lifli, büyüme kusurları olmayan, öz ve diri odun kısımları karışık halde alınmıştır. Deney örnekleri eşit olarak radyal ve teğet kesit olmak üzere seçilmiştir (Sönmez ve Söğütü 2009).

2.1.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu araştırmada, 3 adet ağaç türü (Sarıçam, Doğu kayını ve Meşe) x 3 adet ısıtım işlemi (190 °C’de 2 saat, 212 °C’de 1 ve 2 saat) x 2 adet vernik türü (su-bazlı tek ve çift bileşenli vernikler) x 4 adet yaşlandırma uygulaması (0, 144 saat, 288 saat ve 432 saat) olmak üzere toplamda 72 adet deney numunesi hazırlanmıştır.

Keresteler ortalama 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek rutubetlerinin %12’ye gelmesi sağlanmıştır (TS 642 1997).

2.2. Yöntem

2.2.1. Isıtım İşlem Uygulaması

Bu çalışmada kullanılan ağaç malzemeler, Bolu-Gerede de bulunan Nova Orman Ürünleri San. Tic. A.Ş.’nde tercih edilmekte olan; 190°C’de 2 saat, 212°C’de 1 saat ve 2 saat sürelerinde ThermoWood yöntemine göre ısıtım işleme tabi tutulmuştur (Anonymous, 2003).

Isıtım işlemi görmüş keresteler TS 642 (1997) standardına göre ortalama 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nemli iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra deneysel çalışmalara geçilmiştir.

Daha sonra test örnekleri endüstriyel uygulamalara uygun olarak kalibre zımpara makinesinde önce 100, 120 ve daha sonra 180 nolu zımpara ile zımparalanmıştır (Ayata 2014).

2.2.2. Su-Bazlı Verniklerin Uygulanması

Ağaç malzeme dış ortam şartlarında (soğuk, sıcak vb.) çatlama, kırılma gibi önemli olumsuzluklara maruz kalmaktadır. Bu olumsuz sonuçları azaltmak için esnek film katmanı oluşturan ve çevreye duyarlı su bazlı vernikler tercih edilmiştir.

2.2.2.1. Astar Vernik Uygulaması

Isıtım işlemi görmüş ahşap keresteleri 180 nolu zımpara ile zımparalanmış 500x100x14 mm boyutlarında temiz ölçüsüne getirilmiştir.

Isıtım işlemi görmüş sarıçam, kayın ve meşe keresteleri; DUAL Boya Firması’ndan temin edilen ve firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOOOL 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 bekledikten 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 (Ayata 2014).

2.2.2.2. Su-Bazlı Tek ve Çift Bileşenli Verniklerin Uygulaması

Son kat su bazlı tek bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOOL FX 7680/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği kullanılmıştır.

Son kat su bazlı çift bileşenli vernik uygulamasında Dual Boya Firmasının AQUACOOOL 0820/00 Dış Mekân renksiz son kat verniği (vernik + AQUACOOOL AX 0115 sertleştirici (%25) + su (%10)) kullanılmıştır.

Su-bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin uygulamasında 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.

Su bazlı tek bileşenli 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 4’de verilen verniklere ait katı madde miktarlarının oranlarına göre film katman kalınlıklarının birbirine eşit olmasına özen gösterilmiştir (Ayata 2014).

Su bazlı çift bileşenli 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.

Tablo 1. Vernik uygulamaları (Ayata 2014)

Tek bileşenli vernik uygulaması		
FX 6150 UV Koruyucu Astar Daldırma yöntemi	1. kat	130 g/m ² 25 g/m ²
	2. kat	70 g/m ² 13 g/m ²
FX 7680 Son Kat Vernik Pistole yöntemi	1. kat	140 g/m ² 61 g/m ²
	2. kat	140 g/m ² 61 g/m ²
Toplam Katı Madde		160 g/m ²
Çift bileşenli vernik uygulaması		
FX 6150 UV Koruyucu Astar Daldırma yöntemi	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 yöntemi	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

Tablo 2. Uygulanan vernikler hakkında bilgiler (Ayata 2014)

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 poli izosiyanat	-	-	66-72	-	-	-

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 4’de 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 ve çift bileşenli verniklerin bazı teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Ayata 2014).

2.2.3. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması Öncesi Deney Örneklerinin Hazırlanması

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

vernük ile vernüklenerek yaşlandırma işlemlerine hazır hale getirilmiştir (Ayata 2014).

2.2.3.1. Hızlandırılmış UV Yaşlandırma Uygulaması

Sarıçam, kayın ve meşe odunlarına ait deney örneklerine, su bazlı tek ve çift bileşenli vernükler uygulandıktan sonra iklimlendirme laboratuvarında %12 rutubet için $20\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 65 ± 3 bağıl nem şartlarında üç hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır (Ayata 2014).

Daha sonra vernüklenmiş deney örnekleri ASTM G 154-06 (2006) 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 olduğu yaşlandırma cihazında (QUV accelerated weathering tester) 144, 288 ve 432 saat süreleri boyunca UV yaşlandırma etkilerine bırakılmıştır (Ayata 2014).

2.2.4. Katı Madde Tayini

Katı madde tayininin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernük veya boyanın katman yapma özelliğini tespit etmektir.

Bunun için; ASTM D 1644-01 (2006) esaslarına uyularak; vernükler, darası önceden alınan $\varnothing 75\pm 5$ 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.

$$K_m = [(V_u - \text{Çb}) / V_u] \times 100 \quad (1)$$

$$V_u = G - D, \quad (2)$$

$$\text{Çb} = G - E, \quad (3)$$

Burada;

V_u = Uygulanan vernük (g),

Çb = Buharlaşan çözücü (g),

K_m = Katı madde (%)

G = Yaş ağırlık (g),

D = Dara (g),

E = Kuru ağırlık (g).

2.2.5. Emprenye Retensiyon Oranlarının Belirlenmesi

Firma önerilerine göre uygulamaya hazır hale getirilen AQUACOOOL FX 6150 kodlu renksiz astar vernüğünün uygulanmasında kısa süreli empenye daldırma metodu kullanılmış olup, deney numuneleri 10 saniye süre ile empenye maddesi içerisinde 2 defa bırakılmıştır.

Emprenye edilen örneklerin absorbe ettikleri çözelti miktarları ve net kuru madde miktarları TS 5723 (1988) standardında belirtilen esaslar çerçevesinde aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Bozkurt vd. 1993).

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

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 (%).

2.2.6. Kuru Film Kalınlıkları

Çalışmada kullanılan vernüklerin kuru film katman kalınlıkları Şekil 1'de gösterilen PosiTector 200 cihazında ASTM D 6132 (2008) standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir.

Çeşitli mikron kalınlıklarına sahip film tabakaları ile kalibresi doğrulanan cihazın probu, vernüklü 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 (Ayata 2014).

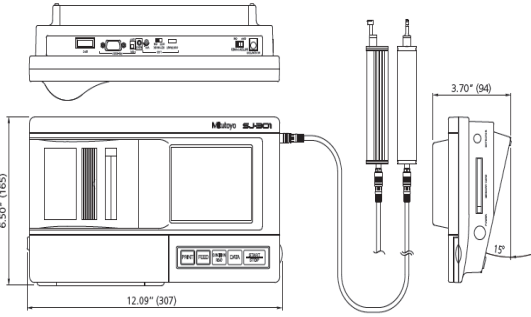


Şekil 1. PosiTector 200 cihazı (Ayata 2014).

2.2.7. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, ardışık profil değişikliklerini ölçebilen Mitutoyo SurfTest SJ-301 dokunmalı (iğneli) yüzey pürüzlülük ölçüm aleti kullanılmıştır (Şekil 2).

Cihaz, pürüzlülük ölçümünde, 5 µm çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde aşağıya-yukarıya hareket ettirerek yüzeydeki girinti ve çıkıntıların profilini çıkararak, ölçüm yapmaktadır (Korkut 1999; Ayata 2014).



Şekil 2. Mitutoyo surfTest SJ-301 cihazının dış görünüşü (Portable Surface roughness tester surfTest Sj-301 kullanım kılavuzu 1998).

Her yaşlandırma periyodu sonunda yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Alet ölçme hızı 10 mm/dak ve iğne çapı 4 µm olarak seçilmiştir. Ölçme liflere dik yönde yapılmış, değerlendirme uzunluğu (tarama uzunluğu) $L_t=15$ mm, örnekleme uzunluğu (sınır dalga boyu $\lambda=2,5$ mm seçilerek pürüzlülük değeri $\pm 0,5$ mm duyarlılıkta belirlenmiştir (Korkut 1999; Ayata 2014).

Ölçmelerde tarama iğnesinin örnek yüzeylerinde kusurlara (çizik, kesik vb.) yol açmaması için alet tarama kolu yükü 10 gramdan düşük tutulmuş; tarama iğnesi ucu hücre boşluklarına takıldığında ölçme tekrarlanmıştır. Ölçme ortamı gürültü kaynaklarından uzak tutulmuş, aletin yerleştirildiği masa titreşimleri önleyici yalıtkan bir malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca ortam sıcaklığının 18-22°C arasında olmasına özen gösterilmiştir (Korkut 1999).

Örneğin ve cihazın yer düzlemine paralelliği kontrol ve ayar edildikten sonra R_a , R_z ve $R_{max}=R_y$ değerleri ISO 4287 (1997) standardına göre belirlenmiştir. Her numunede toplam on ölçüm yapılmıştır. Ölçme hassasiyetinin sürekliliği için her yaşlanma periyotlarında kalibrasyon tekrar yapılmıştır (Ayata 2014).

2.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

İstatistiksel analiz sonuçları, 10'ar adet ölçüm sayısı alınarak, kontrol örnekleri (yaşlandırma öncesi) ile yaşlandırma uygulaması sonrasında tahribatların olduğu örneklerin karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir.

Bu çalışmada, 3 adet ağaç türü (Sarıçam, Doğu kayını ve Meşe) x 3 adet ısıl işlem (190 °C'de 2 saat, 212 °C'de 1 ve 2 saat) x 2 adet vernik türü (su bazlı tek ve çift bileşenli vernikler) x 4 adet yaşlandırma uygulaması (0, 144 saat, 288 saat ve 432 saat) x 3 adet yüzey pürüzlülük faktörü (R_a , R_z ve R_{max}) x 10 adet ölçüm sayısı olmak üzere toplamda 2160 adet ölçüm alınmıştır.

İstatistiksel değerlendirmeler için MSTATC istatistik paket programı kullanılmıştır.

Çoklu varyans analizi "ANOVA" testleri sonucunda, ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörlerinin, ağaç malzeme üzerindeki yüzey pürüzlülüğü testlerine göre faktör etkileri ve karşılıklı etkileşimleri belirlenmiştir. Duncan testi ve LSD (en küçük önemli fark) kritik değerleri yardımıyla karşılaştırmalar yapılarak homojenlik grupları oluşturularak farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığı sorgulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kullanılan Verniklerin Özelliklerine Ait Bulgular

3.1.1. Katı Madde Oranlarının Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan verniklerin katı madde miktarlarına ilişkin sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. En yüksek katı madde oranı; su bazlı tek bileşenli vernikte, en düşük ise emprenye rensiz dolgu verniği FX 6150'de elde edilmiştir.

Tablo 3. Kullanılan verniklerin katı madde miktarları (%).

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 sertleştirici)	37.78

3.1.2. Emprenye Retensiyon Oranlarının Belirlenmesine ve Kuru Film Kalınlıklarına İlişkin Bulgular

ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş sarıçam, kayın ve meşe odunlarının retensiyon oranları Tablo 4’de verilmiştir. Isıl 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 ısı işlem görmüş sarıçam örneğinde, en düşük ise 190 °C’de 2 saat ısı işlem görmüş kayın örneğinde elde edilmiştir. Isıl işlem süresi ve sıcaklığın artmasına paralel olarak net kuru madde miktarı ve % retensiyon miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Su bazlı tek ve çift bileşenli verniklerin kuru film kalınlıklarına ilişkin ölçüm sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 5’e göre katman kalınlığı en yüksek 212 °C’de 2 saat ısı işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş meşede, en düşük 212 °C’de 1 saat süre ile ısı işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş kayında elde edilmiştir.

Tablo 4. ThermoWood metoduna göre ısı işlem görmüş ağaç türlerine ait net kuru madde miktarları ve % tutunma oranları.

Ağaç türü	Isıl işlem	Net kuru madde miktarları (kg/m ³)	% Tutunma
Sarıçam	190°C’de 2 saat	9.8089	10.34
	212°C’de 1 saat	12.2580	11.86
	212°C’de 2 saat	12.9515	14.05
Kayın	190°C’de 2 saat	6.2698	4.09
	212°C’de 1 saat	6.8494	4.94
	212°C’de 2 saat	7.5817	5.41
Meşe	190°C’de 2 saat	6.5139	4.57
	212°C’de 1 saat	6.6969	5.20
	212°C’de 2 saat	6.8342	5.25

Tablo 5. Kuru film kalınlıkları.

Ağaç türü	Isıl işlem	Vernik çeşidi	Katman kalınlığı (µm)
Sarıçam	190°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	139.80
		Çift Bileşenli	155.00
	212°C’de 1 saat	Tek Bileşenli	140.80
		Çift Bileşenli	155.40
	212°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	144.00
		Çift Bileşenli	154.60
Kayın	190°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	137.00
		Çift Bileşenli	152.00
	212°C’de 1 saat	Tek Bileşenli	136.40
		Çift Bileşenli	151.80
	212°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	139.00
		Çift Bileşenli	152.40
Meşe	190°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	142.00
		Çift Bileşenli	153.80
	212°C’de 1 saat	Tek Bileşenli	147.00
		Çift Bileşenli	156.60
	212°C’de 2 saat	Tek Bileşenli	148.60
		Çift Bileşenli	158.20

3.1.3. Yüzey Pürüzlülüğü Değerlerine İlişkin Bulgular

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısı işlem görmüş, farklı ağaç malzemelerin, su bazlı tek ve çift bileşenli

vernikler ile verniklendikten sonra yaşlandırma uygulamasına maruz bırakılan deney örneklerinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü R_a , R_z ve R_{max} değerleri ait Çoklu Varyans analizi (ANOVA) belirlenmiş ve bu sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6 incelendiğinde R_a , R_z ve R_{max} değerleri için yapılan varyans analiz sonucuna göre ağaç türü, ısıl işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu faktörleri ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri anlamlı çıktığı belirlenmiştir ($\alpha=0.05$).

Tablo 7'ye göre ağaç türü düzeyinde yüzey pürüzlülüğü R_a değeri en yüksek sarıçamda, en düşük meşede, R_z ve R_{max} değerleri en yüksek meşede, en düşük sarıçamda belirlenmiştir.

Isıl işlem düzeyinde, yüzey pürüzlülüğü R_a , R_z ve R_{max} değerleri en yüksek 212°C'de 1 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük 190°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edilmiştir.

Vernik çeşidi faktörü düzeyinde yüzey pürüzlülüğü R_a değeri en yüksek çift bileşenli vernikte, R_z ve R_{max} değerleri en yüksek tek bileşenli vernikte, en düşük R_a değeri tek bileşenli vernikte ve en düşük R_z ve R_{max} değerleri çift bileşenli vernikte elde edilmiştir.

Yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzey pürüzlülüğü R_a değeri en yüksek kontrol örneklerinde, en düşük 432 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde, R_z değeri en yüksek 144 ve 288 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

R_{max} değeri en yüksek 144 saatlik UV yaşlandırmaya maruz kalmış örneklerinde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Tekli, ikili ve üçlü karşılaştırma sonuçlarını topluca görmek amacıyla, ağaç türü – ısıl işlem – vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8'e göre ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülüğü R_a değeri en yüksek, 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş sarıçamın kontrol örneklerinde, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş meşenin 432 saatlik UV yaşlandırma periyoduna ait örneklerde elde edilmiştir.

R_z değeri için ağaç türü - ısıl işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülüğü en yüksek, 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş meşenin 144 saatlik UV yaşlandırma

yapılan örneklerinde, en düşük 190°C'de 2 saat ve 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş sarıçamın kontrol ve 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş kayın kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

R_{max} değeri için ağaç türü - ısıl işlem – vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu etkileşimi düzeyinde, yüzey pürüzlülüğü en yüksek, 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve tek bileşenli vernik ile verniklenmiş meşenin 144 saatlik UV yaşlandırma yapılan örneklerinde, en düşük 212°C'de 1 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş kayının kontrol örneklerinde ve 190°C'de 2 saat süre ile ısıl işlem görmüş ve çift bileşenli vernik ile verniklenmiş sarıçamın kontrol örneklerinde belirlenmiştir.

Aytin (2013) çalışmasında, yabani kiraz odununda ısıl işlem sonrasında yüzey düzgünlüğünün arttığını, R_a değerinin sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak daha küçük değerler aldığını bildirmiştir. Ayrıca higroskopik karakteri yüksek bileşenlerin ısıl işlemle birlikte odundan uzaklaşması ile artan hidrofobik özellik ve düşük denge rutubeti içeriği nedeniyle odun-su ilişkisinin kısıtlanması yüzeyde meydana gelebilecek deformasyonu azaltabileceği gibi yüksek sıcaklıklarda ligninin plastikleşmesi ve kapalı bir yüzey teşkili ile yüzeydeki deformasyonları azaltabilecek bir etken olduğunu ifade etmiştir.

Özcan vd. (2012) sarıçam, Doğu kayını, beyaz meşe ve Uludağ göknarında ısıl işlem ve yüzey kabalığının yapıştırma direncine etkisini belirlerken, en yüksek R_a 'nın beyaz meşede görüldüğünü, ısıl işlemin tüm ağaç türlerinde yüzey kalitesini iyileştirdiğini bildirmiştir.

Unsal ve Ayrılmis (2005) çalışmalarında, termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun liflere dik yöndeki yüzey pürüzlülüğü (ortalama pürüzlülük) değerinin, ısıl işlem sıcaklığı ve işlem süresi uzadıkça azaldığı bildirilmiştir.

Korkut ve Budakçı (2010) çalışmalarında ısıl işlem ile ağaç malzemede yüzey pürüzlülüğünün azaldığını bildirirken, ısıl işlem süresince özellikle 160°C üzerindeki sıcaklıklarda ahşap malzemede ısının etkisiyle ligninin termoplastikleşme özelliği kazanacağı ve yoğunluğunun artabileceği belirtilmiştir.

Bakar vd. (2013) yüksek sıcaklık uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey kalitesinin iyileştiğini belirterek bunun hücre çeperindeki biyokimyasal

değişmelerden kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir.

Tablo 6. Ağaç türü, ısıtma işlemi, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodunun yüzey pürüzlülüğü R_a , R_z ve R_{max} değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Test	Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	P, $\alpha=0.05$
Yüzey pürüzlülüğü (R_a)	Ağaç Türü (A)	2	97.242	48.621	2397.3387	0.0000*
	Isıl işlem (B)	2	21.327	10.664	525.7938	0.0000*
	Etkileşim (AB)	4	24.450	6.112	301.3859	0.0000*
	Vernik Çeşidi (C)	1	129.991	129.991	6409.4024	0.0000*
	Etkileşim (AC)	2	44.987	22.494	1109.0855	0.0000*
	Etkileşim (BC)	2	5.944	2.972	146.5334	0.0000*
	Etkileşim (ABC)	4	4.987	1.247	61.4710	0.0000*
	Yaşlandırma Periyodu (D)	3	15.630	5.210	256.8813	0.0000*
	Etkileşim (AD)	6	5.142	0.857	42.2554	0.0000*
	Etkileşim (BD)	6	5.206	0.868	42.7816	0.0000*
	Etkileşim (ABD)	12	7.826	0.652	32.1562	0.0000*
	Etkileşim (CD)	3	3.302	1.101	54.2670	0.0000*
	Etkileşim (ACD)	6	1.855	0.309	15.2421	0.0000*
	Etkileşim (BCD)	6	2.139	0.356	17.5749	0.0000*
	Etkileşim (ABCD)	12	6.954	0.579	28.5723	0.0000*
	Hata	648	13.142	0.020		
	Toplam	719	390.122			
Yüzey pürüzlülüğü (R_z)	Ağaç Türü (A)	2	4541.083	2270.542	3219.7018	0.0000*
	Isıl işlem (B)	2	436.132	218.066	309.2250	0.0000*
	Etkileşim (AB)	4	745.529	186.382	264.2962	0.0000*
	Vernik Çeşidi (C)	1	4957.334	4957.334	7029.6609	0.0000*
	Etkileşim (AC)	2	2265.133	1132.567	1606.0162	0.0000*
	Etkileşim (BC)	2	158.012	79.006	112.0328	0.0000*
	Etkileşim (ABC)	4	153.600	38.400	54.4525	0.0000*
	Yaşlandırma Periyodu (D)	3	546.902	182.301	258.5084	0.0000*
	Etkileşim (AD)	6	333.118	55.520	78.7287	0.0000*
	Etkileşim (BD)	6	189.990	31.665	44.9020	0.0000*
	Etkileşim (ABD)	12	225.207	18.767	26.6126	0.0000*
	Etkileşim (CD)	3	172.851	57.617	81.7027	0.0000*
	Etkileşim (ACD)	6	124.568	20.761	29.4402	0.0000*
	Etkileşim (BCD)	6	54.394	9.066	12.8554	0.0000*
	Etkileşim (ABCD)	12	200.810	16.734	23.7295	0.0000*
	Hata	648	456.971	0.705		
	Toplam	719	15561.971			
Yüzey pürüzlülüğü (R_{max})	Ağaç Türü (A)	2	17867.533	8933.766	5168.4551	0.0000*
	Isıl işlem (B)	2	2341.601	1170.801	677.3437	0.0000*
	Etkileşim (AB)	4	4136.502	1034.125	598.2730	0.0000*
	Vernik Çeşidi (C)	1	12991.828	12991.828	7516.1671	0.0000*
	Etkileşim (AC)	2	9885.774	4942.887	2859.6102	0.0000*
	Etkileşim (BC)	2	1182.314	591.157	342.0023	0.0000*
	Etkileşim (ABC)	4	1657.320	414.330	239.7024	0.0000*
	Yaşlandırma Periyodu (D)	3	661.943	220.648	127.6515	0.0000*
	Etkileşim (AD)	6	522.510	87.085	50.3813	0.0000*
	Etkileşim (BD)	6	698.824	116.471	67.3819	0.0000*
	Etkileşim (ABD)	12	1191.351	99.279	57.4361	0.0000*
	Etkileşim (CD)	3	354.037	118.012	68.2737	0.0000*
	Etkileşim (ACD)	6	502.873	83.812	48.4879	0.0000*
	Etkileşim (BCD)	6	282.185	47.031	27.2087	0.0000*
	Etkileşim (ABCD)	12	988.566	82.380	47.6596	0.0000*
	Hata	648	1120.080	1.729		
	Toplam	719	56385.241			

*: Anlamlı ($\alpha = 0.05$ 'e göre)

Yapılan başka bir çalışmada ortamda rutubet varsa yaşlandırmadaki sıcaklık etkisinin termolitik ve pirolitik tahribata neden olduğunu,

ayrıca yüksek sıcaklıklarda birbiri ile bağ kurarak sertleşmeye başlayan polimerlerde, sıcaklık 32°C'de sabit tutulsa bile bağlarda kopmalar ve

katman kayıplarının görülebileceği bildirmiştir. (Çakıcıer ve Korkut 2009; Feller 1994). Söğütlü ve Sönmez (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, 144 saatlik hızlandırılmış yaşlandırma süresinden sonra katmanda ışık etkisi ile bozunmanın başladığını ve UV ışınların etkisiyle yüzey pürüzlülüğünün de arttığı, en fazla artışın meşe odununda görüldüğü bildirilmiştir.

Çakıcıer (2007) tarafından yapılan araştırmada, vernik katmanı yüzey pürüzlülüğünde farklı katman kalınlığı uygulamalarının önemli etkisinin olduğu ifade edilmiştir. Özellikle, su bazlı tek bileşenli verniğin iki kat uygulandığı örneklerde, en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilirken, yaşlandırma süresi uzadıkça yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görüldüğü, 144 saatlik yaşlandırma süresinin sonunda ışık etkisi ile bozunmanın başladığını belirtilmiştir. Yang vd.

(2001) yaptıkları çalışmada, yaşlandırma işleminin başlangıcında sadece katman parlaklığında hızlı bir azalma görüldüğünü, işlemin ileri aşamalarında yüzey geriliminin arttığını, kabarcıklanma oluşumunun gözlemlendiğini ve daha sonra kılcal çatlaklıkların oluşması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmişlerdir.

4. Sonuçlar

Araştırma sonuçlarına göre, ağaç türü düzeyinde yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek meşede, en düşük sarıçamda tespit edilmiştir. Bu durum, denemelerde kullanılan ağaç türlerinin tekstürleri ve ahşap malzemeye uygulanan ısı işlem sonrasında meydana gelebilecek yüzey değişiklikleri ve anatomik özelliklerdeki farklılaşmalardan kaynaklanmış olabilir.

Tablo 7. Ağaç türü, ısı işlem, vernik çeşidi ve yaşlandırma periyodu değişkenlerinde yüzey pürüzlülüğü R_a , R_z ve R_{max} ölçümlerine ait Duncan testleri ve LSD sonuçları.

Test	Faktör	X	HG	LSD +	
Yüzey pürüzlülüğü (R_a)	Ağaç Türü	Sarıçam	0.67	C	0.02535
		Kayın	0.78	B	
		Meşe	1.50	A*	
	Isıl İşlem	190°C'de 2 Saat	0.81	C	0.02535
		212°C'de 1 Saat	1.22	A*	
		212°C'de 2 Saat	0.91	B	
	Vernik Çeşidi	Tek Bileşenli	1.41	A*	0.02070
		Çift Bileşenli	0.56	B	
	Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	0.75	D	0.02927
		144 Saat	1.14	A*	
		288 Saat	1.07	B	
		432 Saat	0.96	C	
Yüzey pürüzlülüğü (R_z)	Ağaç Türü	Sarıçam	3.58	C	0.1505
		Kayın	4.43	B	
		Meşe	9.28	A*	
	Isıl İşlem	190°C'de 2 Saat	5.01	C	0.1505
		212°C'de 1 Saat	6.84	A*	
		212°C'de 2 Saat	5.45	B	
	Vernik Çeşidi	Tek Bileşenli	8.39	A*	0.1229
		Çift Bileşenli	3.14	B	
	Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	4.33	C	0.1738
		144 Saat	6.49	A*	
		288 Saat	6.44	A	
		432 Saat	5.80	B	
Yüzey pürüzlülüğü (R_{max})	Ağaç Türü	Sarıçam	5.37	C	0.2357
		Kayın	6.42	B	
		Meşe	16.42	A*	
	Isıl İşlem	190°C'de 2 Saat	7.74	C	0.2357
		212°C'de 1 Saat	11.91	A*	
		212°C'de 2 Saat	8.56	B	
	Vernik Çeşidi	Tek Bileşenli	13.65	A*	0.1925
		Çift Bileşenli	5.16	B	
	Yaşlandırma Periyodu	Kontrol	7.78	C	0.2722
		144 Saat	10.25	A*	
		288 Saat	9.92	B	
		432 Saat	9.65	B	

X: Aritmetik ortalama, HG : Homojenlik grubu, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 8. Ağaç türü - ısıtma işlem - vernik çeşidi - yaşlandırma periyodu dörtlü etkileşimine ait yüzey pürüzlülüğü (R_a , R_z ve R_{max}) ölçümlerinin Duncan testi ve LSD değeri sonuçları.

Test	Odon türü	Isıtma işlemi	Vernik çeşidi	N	Yaşlandırma periyodu												
					Kontrol			144 saat			288 saat			432 saat			
					X	S	HG	X	S	HG	X	S	HG	X	S	HG	
Yüzey pürüzlülüğü (R_a)	Sarçam	TW ₁	Tek	10	0.47	0.11	abcdefghi	0.49	0.05	abcdefg	0.69	0.08	UVWX	0.56	0.05	YZabcd	
			Çift	10	0.24	0.02	m	0.31	0.04	ijklm	0.44	0.03	defghi	0.41	0.05	fghijk	
		TW ₂	Tek	10	0.83	0.14	QRST	1.32	0.17	JK	0.95	0.09	OPQ	0.84	0.12	QRST	
			Çift	10	0.29	0.06	klm	0.75	0.06	STUV	0.58	0.06	XYZab	0.77	0.08	RSTU	
		TW ₃	Tek	10	0.72	0.10	TUVW	1.16	0.08	LM	1.55	0.17	FG	0.88	0.09	PQR	
			Çift	10	0.68	0.10	UVWXY	0.35	0.11	ijklm	0.54	0.07	Zabcde	0.25	0.02	m	
	Kayın	TW ₁	Tek	10	0.63	0.09	VWXYZ	1.08	0.08	MN	1.36	0.15	IJK	1.00	0.09	NOP	
			Çift	10	0.40	0.05	fghijkl	0.74	0.09	TUVW	0.79	0.06	RSTU	0.59	0.07	XYZa	
		TW ₂	Tek	10	0.84	0.13	QRST	1.11	0.06	MN	1.25	0.02	KL	1.39	0.10	HIJ	
			Çift	10	0.28	0.07	lm	0.40	0.05	fghijkl	0.45	0.04	cdefghi	0.62	0.14	WXYZ	
		TW ₃	Tek	10	0.93	0.13	PQ	1.44	0.19	GHIJ	0.79	0.09	RSTU	1.06	0.02	MNO	
			Çift	10	0.37	0.04	ghijklm	0.43	0.02	efghij	0.36	0.03	hijklm	0.35	0.03	ijklm	
	Meşe	TW ₁	Tek	10	1.34	0.22	JK	2.36	0.29	D	1.96	0.16	E	1.50	0.14	FGH	
			Çift	10	0.48	0.03	abcdefgh	0.57	0.02	XYZabc	0.63	0.03	VWXYZ	0.50	0.05	abcdef	
		TW ₂	Tek	10	2.56	0.28	C	3.83	0.61	A*	2.59	0.28	C	3.41	0.27	B	
			Çift	10	0.57	0.10	XYZabc	1.49	0.12	FGHI	1.14	0.10	LM	0.94	0.13	OPQ	
		TW ₃	Tek	10	1.59	0.24	F	2.28	0.20	D	2.36	0.25	D	1.49	0.18	FGHI	
			Çift	10	0.28	0.05	lm	0.46	0.10	bcddefghi	0.77	0.10	RSTU	0.83	0.12	QRST	
	Yüzey pürüzlülüğü (R_z)	Sarçam	TW ₁	Tek	10	2.83	0.40	YZabc	2.71	0.45	Zabc	3.83	0.40	TUVW	3.23	0.28	VWXYZ
				Çift	10	1.23	0.13	h	1.56	0.22	efgh	2.86	0.38	YZabc	2.44	0.24	abcd
			TW ₂	Tek	10	4.47	0.75	RST	5.62	0.49	NO	5.59	0.98	NOP	4.49	0.63	RST
				Çift	10	1.40	0.44	h	3.11	0.37	WXYZa	2.82	0.43	YZabc	3.14	0.63	WXYZa
			TW ₃	Tek	10	4.09	0.52	STU	6.55	1.03	KLM	8.23	1.04	I	5.34	0.58	OPQ
				Çift	10	3.84	0.43	TUVW	1.62	0.31	efgh	3.55	0.64	UVWXY	1.44	0.18	gh
Kayın		TW ₁	Tek	10	4.16	0.58	RSTU	5.83	0.29	MNO	6.93	0.89	KL	5.68	0.56	NO	
			Çift	10	2.71	0.36	Zabc	4.00	0.44	TU	4.24	0.29	RSTU	3.76	0.46	TUVW	
		TW ₂	Tek	10	4.82	0.68	QRS	6.18	0.41	MN	6.92	0.38	KL	8.00	0.75	I	
			Çift	10	1.34	0.25	h	2.16	0.36	cdefg	2.60	0.47	Zabc	3.63	0.44	UVWX	
		TW ₃	Tek	10	4.88	0.50	PQR	7.91	1.57	I	4.80	0.32	QRS	6.11	0.63	MN	
			Çift	10	2.99	0.53	XYZabc	2.44	0.23	abcd	2.20	0.22	cdef	1.78	0.21	defgh	
Meşe		TW ₁	Tek	10	9.12	1.78	H	15.47	2.01	D	14.31	2.33	E	10.90	1.16	G	
			Çift	10	2.73	0.40	Zabc	3.00	0.44	XYZabc	3.88	0.53	TUV	2.62	0.46	Zabc	
		TW ₂	Tek	10	12.60	1.24	F	23.71	1.21	A*	16.76	1.83	C	21.46	1.53	B	
			Çift	10	3.02	0.50	XYZabc	7.71	0.60	IJ	7.13	0.84	JK	5.72	0.45	NO	
		TW ₃	Tek	10	10.26	1.31	G	14.90	1.63	DE	13.06	1.42	F	10.31	0.98	G	
			Çift	10	1.51	0.28	fgh	2.29	0.33	bcde	4.39	0.57	RST	6.27	0.61	LMN	
Yüzey pürüzlülüğü (R_{max})		Sarçam	TW ₁	Tek	10	4.62	0.68	XYZabc	4.33	0.64	YZabcde	5.20	1.15	VWXYZa	4.19	0.55	Zabcde
				Çift	10	1.83	0.49	j	2.38	0.25	hij	5.48	0.83	TUVWXY	4.28	0.46	Zabcde
			TW ₂	Tek	10	6.14	0.53	RSTUV	7.51	1.02	OPQ	7.48	1.61	OPQ	6.56	1.40	QRST
				Çift	10	2.13	0.43	ij	4.32	0.49	Zabcde	4.40	0.71	YZabcde	5.25	1.34	UVWXYZ
			TW ₃	Tek	10	6.14	0.40	RSTUV	9.11	0.84	KLM	11.67	0.93	HI	7.86	1.14	OP
				Çift	10	6.39	1.02	QRSTU	3.00	0.58	fghi	6.10	1.26	RSTUV	2.47	0.32	ghij
	Kayın	TW ₁	Tek	10	5.91	1.12	RSTUVW	7.99	1.12	MNOP	9.53	1.20	KL	7.92	1.33	NOP	
			Çift	10	4.16	0.99	Zabcde	5.67	1.46	STUVWX	6.99	0.97	PQR	4.93	1.60	WXYZa	
		TW ₂	Tek	10	7.90	1.76	OP	8.06	0.80	MNOP	9.06	1.10	KLMN	12.01	2.09	HI	
			Çift	10	1.86	0.49	ij	3.65	1.24	bcddef	4.53	0.60	XYZabcd	6.20	1.40	RSTUV	
		TW ₃	Tek	10	6.69	1.53	QRS	9.70	1.35	K	6.57	1.62	QRST	8.48	2.13	LMNO	
			Çift	10	4.78	1.26	WXYZabc	4.58	0.74	XYZabc	3.36	0.89	efgh	3.54	0.64	cdefg	
	Meşe	TW ₁	Tek	10	12.41	1.37	H	26.75	1.52	C	22.40	1.71	D	20.18	2.21	E	
			Çift	10	4.19	0.59	Zabcde	4.76	0.72	WXYZabc	6.25	0.54	RSTUV	3.39	0.75	defgh	
		TW ₂	Tek	10	37.79	2.84	B	48.14	4.71	A*	26.60	2.69	C	38.31	1.59	B	
			Çift	10	5.14	0.86	VWXYZa	11.72	0.99	HI	10.14	0.58	JK	10.93	1.43	IJ	
		TW ₃	Tek	10	10.93	0.59	IJ	18.87	0.88	FG	21.43	1.38	D	17.94	0.96	G	
			Çift	10	2.05	0.50	ij	4.05	0.71	abcdef	11.38	1.43	HI	9.31	0.82	KL	

LSD R_a + 0.1242, LSD R_z + 0.7373, LSD R_{max} + 1.155

N: Ölçüm sayısı, X: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, S: Standart sapma, *: En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri, TW₁: 190°C'de 2 saat, TW₂: 212°C'de 1 saat, TW₃: 212°C'de 2 saat

Isıtma işlem düzeyinde, yüzey pürüzlülüğü değerleri, en yüksek 212°C'de 1 saatte, en düşük 190°C'de 2 saatte elde edilmiştir. Buna göre, düşük ve orta derecede uygulanan ısıtma işlem sıcaklığının yüzey

pürüzlülüğü değerlerini arttırıcı, yüksek derecede uygulanan ısıtma işlem sıcaklığının ise azaltıcı etkide bulunduğu söylenebilir.

Bu araştırmada ısı işlem süresi arttıkça pürüzlülüğün arttığı tespit edilmiştir. Bunun da sebebi olarak ThermoWood yöntemine göre yapılan ısı işlem uygulamasının etüv ortamına göre yapılan çalışmalardan daha homojen bir uygulama olduğu, ağaç malzemenin iç bölgesindeki daha derin kısımlara kadar nüfuz edebildiği ve ayrıca liflerin ThermoWood metodunda odunun yanmasını engelleyen koruyucu buharın yüzey yapısını değiştirmiş olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Vernik çeşidi düzeyinde yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek tek bileşenli vernikte, en düşük çift bileşenli vernikte elde edilmiştir. Bu durumda, ağaç malzemenin boşluklarını tam olarak dolduramayan tek bileşenli vernik katmanlarının ısı işlem ve yaşlandırma uygulamalarının da etkisiyle en fazla pürüzlülük değeri verdiği söylenebilir. Araştırmada kullanılan çift bileşenli vernik formülasyonunda bulunan alifatik poliüretan reçinenin izosiyanat (sertleştirici) ile reaksiyonu sonucu edilen iki bileşenli verniğin katmanındaki yüzey geriliminin az olacağı için pürüzlülükte azalmaya yol açmış olabileceği söylenebilir.

Yaşlandırma periyodu düzeyinde yüzey pürüzlülüğü değerleri en yüksek 144 saatlik UV yaşlandırma örneklerinde, en düşük kontrol örneklerinde tespit edilmiş, bütün yaşlandırma periyotları arasında sadece R_a değerlerinde %95 güven aralığı düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmiştir. Buna göre, gerek ısı işlem gerekse yaşlandırma işlemlerinin birlikte uygulandığı su çözücülü vernik katmanlarında uzun süreli yaşlandırma işlemlerinin ilk aşamalarında pürüzlülük değerinin arttığı, daha sonraki aşamalarda ise azaldığı tespit edilmiştir.

Teşekkür

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

Altınok, M., Perçin, O., Doruk, Ş., 2010. Isıl işlemin (Thermo-Process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23, 71-84.

Anonymous, 2003. ThermoWood Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki-Finland.

ASTM D 1644-01, 2006. Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Varnishes. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.

ASTM D 6132, 2008. Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic gage.

ASTM G 154-06, 2006. Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials, ASTM, USA, 2-8.

Ayata, Ü., 2014. Isıl işlem görmüş (ThermoWood) bazı ağaç türlerinde kullanılan su-bazlı vernik katmanlarının hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine karşı direncinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce.

Aytin, A., 2013. Yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi, Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce.

Aytin, A., Korkut, S., ve Çakıcıer, N., 2015. Yabani kiraz odununda bazı yüzey karakteristikleri üzerine ThermoWood® yöntemi ile ısı işleminin etkisi, Selçuk-Teknik Dergisi, Özel Sayı-1 (UMK-2015), 539-554.

Bakar, B.F.A., Hiziroğlu, S., Tahir, P.M., 2013. Properties of some thermally modifies wood species, Materials and Design, 43, 348-355.

Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin N., 1993. Emprenye Tekniği, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 3779 (425), 125 ve 429.

Çakıcıer, N., 2007. Ağaç malzeme yüzey işlemleri katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi İstanbul, İstanbul.

Çakıcıer, N., ve Korkut, D.S., 2009. Ahşap yüzeylere uygulanan kaplama katmanlarında yaşlandırma testleri, Düzce Üniversitesi, Ormanlık Dergisi, 5 (1) 75-90.

- Feller, R.L., 1994. Accelerated Aging, Photochemical and Thermal Aspects, Printed in the United States of America.
- ISO 4287, 1997. Geometrical product specifications surface texture profile method terms, definitions and surface texture parameters, International Standart Organization.
- Kazan, B., 2009. Su bazlı vernik uygulanmış yüzey üzerindeki ısı işlemin etkileri, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar.
- Kesik, H.İ., Vurdu, H., Çağatay, K., Özkan, O.E., Öncel, M., 2015. Yağlı Isıl işlem görmüş sarıçam odununda koruyucu katmanların yapışma ve sertlik özellikleri, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 15 (2) 261-266.
- Korkut S., and Budakci M., 2010. The effects of high-temperature heat-treatment on physical properties and surface roughness of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.) wood, *Wood Research*, 55 (1) 67-78.
- Korkut, S., 1999. Kereste üretiminde yüzey kalitesinin iyileştirilmesi üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Özcan, S., Özçiftçi, A., Hiziroğlu, S., Toker, H., 2012. Effects of heat treatment and surface roughness on bonding strength, *Construction and Building Materials*, 33, 7-13.
- Portable Surface Roughness Tester SurfTest Sj-301, 1998. yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanım kılavuzu.
- Richter, K., Fest, W.C., Knaebe, M.T., 1995. The effect of surface roughness on the performance of finishes, *Forest Products Journal*, 45 (7) 91-97.
- Söğütlü, C., ve Sönmez, A., 2006. Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Dergisi*, 21 (1) 151-159.
- Sönmez, A., ve Söğütlü, C., 2009. Biçme İşleminde Kesiş Yönü ve Daire Testere Diş Sayısının Ağaç Malzeme Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 12 (1) 55-60.
- Temiz, A., 2005. Benzetilmiş dış hava koşullarının emprenyeli ağaç malzemeye etkileri, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.
- TS 5723, 1988. Ahşap koruma-emprenye maddesi nüfuz derinliğinin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 642, 1997. Kondisyonlama ve / veya Deney İçin Standart Atmosferler-Özellikler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 351-1, 2010. Ahşap ve ahşap esaslı mamullerin dayanıklılığı-emprenye edilmiş masif ahşap-Bölüm 1: Emprenye maddesinin nüfuz derinliği ve tutulma miktarının sınıflandırılması. T.S.E., Ankara.
- Unsal, O., and Ayrilmis, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood, *Journal of Wood Science*, 51, 405-409.
- Yang, X.F., Vang, C., Tallman, D.E., Bierwagen, G.P., Croll, S.G., and Rohlik, S., 2001. Weathering degradation of a polyurethane coating, polymer degradation and stability, 74, 341-351.