

## UV kürlenmeli vernik uygulanmış karakavak odununda renk, parlaklık, salınımsal sertlik ve yüzeye yapışma direnci üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi

*The effect of artificial aging on color, glossiness, pendulum hardness and adhesion to the surface of black poplar wood treated with UV curable varnish*

Ümit AYATA<sup>\*1,a</sup>, Nevzat ÇAKICIER<sup>2,b</sup>, Levent GÜRLEYEN<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

<sup>3</sup>Gölyaka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Gölyaka, Düzce

• Geliş tarihi / Received: 24.08.2021

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 07.06.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 07.07.2022

### Öz

Karakavak odunu mobilya, lambri ve kontrplak üretimi için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, karakavak (*Populus nigra* L.) odununa uygulanmış 3 ve 5 kat UV sistem vernik katmanları ile yapay yaşlandırma uygulaması arasındaki ilişki araştırılmıştır. Buna ek olarak, yaşlandırma öncesi ve sonrasında (252 ve 504 saat) vernikli malzemeler üzerinde renk parametreleri ( $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), parlaklık, salınımsal sertlik ve yüzeye yapışma direnci (pull-off) testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, her iki vernik türü için UVB-313 lambalarına sahip yaşlandırma koşulları sonlarında yaşlandırma süresinin artması ile yüzeye yapışma direncinde ve  $L^*$  değerinde azalma belirlenirken,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri için artışlar meydana gelmiştir.  $\Delta E^*$  değerleri 3 kat uygulamasının 5 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, her iki vernik uygulaması için bütün yönlerde ve derecelerde yapılan parlaklık ölçümleri, yaşlandırma süresinin artması ile azaldığı belirlenmiştir. Salınımsal sertlikte 3 kat uygulamasına sahip yüzeylerin, 5 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmüş, her iki vernik türünde de 252. saatin sonunda azalmalar görülürken, 504. saatin sonunda artış elde edilmiştir. Sonuç olarak, istenilen sertlik direncine ait ortam koşullarına göre (mekân zemin tercihi) kullanım alanları doğrultusunda bu malzemenin kullanılması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Karakavak, Parlaklık, Renk, Salınımsal sertlik, UV sistem vernik, Yüzeye yapışma

### Abstract

Black poplar wood is used for the manufacture of furniture, paneling, and plywood. In this study, the relationship between 3 and 5 layers of UV system varnish applied to black poplar (*Populus nigra* L.) wood and artificial aging was investigated. In addition, before and after aging (252 and 504 hours), color parameters ( $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ ), glossiness, pendulum hardness, and surface adhesion resistance (pull-off) tests were performed on varnished materials. According to the results obtained, for both varnish types, a decrease in surface adhesion resistance and  $L^*$  value was determined with the increase of aging time after aging conditions with UVB-313 lamps, while increases were determined for  $a^*$  and  $b^*$  values.  $\Delta E^*$  values were found to be higher than that of the 3-layer application. In addition, it was determined that the measurements made in all directions and degrees glossiness for both varnish applications decreased with increasing aging time. It was observed that the pendulum hardness of the surfaces with 3 coats application was higher than that of the 5 coat application, while decreases were observed at the end of the 252 hours in both varnish types, while an increase was obtained at the end of the 504 hours. As a result, it is recommended to use this material in line with the usage areas according to the ambient conditions of the desired hardness resistance (space floor preference).

**Keywords:** Black poplar, Glossiness, Color, Pendulum hardness, UV system varnish, Adhesion resistance

\*a Ümit AYATA; umitayata@bayburt.edu.tr, Tel: (0458) 333 20 34, orcid.org/0000-0002-6787-7822

<sup>b</sup> orcid.org/0000-0001-6566-7541

<sup>c</sup> orcid.org/0000-0002-6867-8059

## 1. Giriş

### 1. Introduction

Ahşap ve ahşaptan türetilmiş malzemeler, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşap kaplamalar, zaman içinde yüksek dayanım sağladıkları ve estetik özellikler sundukları için ilgi görmektedir (Kaboorani vd., 2017). Yüzey işlemi ahşabın hizmet ömrünü uzatmak için kullanılabilir (Feist, 1982; Brischke vd., 2006). İç mekânlarda kullanılan ahşap üzerine boya ve diğer cilalar, onarmadan on yıllarca koruma sağlayabilir (Banov, 1973).

Ahşap döşeme ürünlerinin kalitesi, bitirme işlemi ile yakından ilgilidir. Bir kaplama sisteminin doğru seçimi, mekanik, optik ve kimyasal performansı en üst düzeye çıkarmak için çok önemlidir (Landry vd., 2010). Ahşabın ışıkla bozunması, şeffaf cilaların altında da meydana gelir ve bu, dış mekânlarda kullanılan şeffaf film oluşturucu verniklerin dayanıklılığını büyük ölçüde azaltır (Macleod vd., 2005; Chang & Chou, 2000).

Ahşap malzemenin yıpranması, güneş radyasyonu, su, atmosferik sıcaklık, nem, oksijen, mikroorganizmalar ve benzeri gibi malzeme görünümünü değiştirebilen parametrelerden etkilenir (Rowell, 2012). Bununla birlikte, ayrışma oranı, ahşap türlerinin dayanıklılığına (Reinprecht, 2016), üst yüzey işlemi türüne, teknik tasarıma, iklim koşullarına, maruz kalma süresine ve yönüne ve ayrıca malzeme yüzeyinin eğimine bağlıdır (Sandak vd., 2018; Evans, 1996).

Kaplama endüstrisindeki en önemli çevre sorunlarından biri, tamamı organik çözücülerden elde edildikleri için uçucu organik bileşiklerin (VOC'ler) kullanılmasıdır. Kaplama endüstrisinde VOC kullanımını azaltmak için ultraviyole ışık (UV) kürlenme teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır. UV ile kürlenebilen kaplamalar, ahşap endüstrisinde kullanılan en popüler kaplamalardan biridir. Geleneksel kaplamalarla karşılaştırıldığında, UV ile kürlenmiş kaplamaların avantajları kısa kürlenme süreleri, düşük VOC içerikleri ve düşük alan gereksinimleridir (Holman, 1984; Roche, 1998; Koleske, 2002; Choi & Kim, 2006; Ali vd., 1996).

UV ile kürlenme veya foto-polimerizasyon tekniği, kaplama, yapıştırıcı ve mürekkep endüstrilerinin gelişiminde büyük bir ilerlemeyi temsil etmektedir (Kayaman-Apohan vd., 2003). UV kürlenme, anında kuruma, geniş formülasyon aralığı, azaltılmış enerji tüketimi, ısıya duyarlı substratın kaplanması, yüksek kürlenme hızı ve kürlenme

ekipmanı için düşük alan ve sermaye gereksinimi gibi birçok avantaj sağlar (Wang vd., 2008; Moon vd., 2005). UV ile kürlenebilen kaplama, uçucu organik bileşikleri olmayan veya düşük düzeyde olan bir kaplama sınıfını temsil eder (Patel vd., 2009; Srivastava vd., 2008) ve birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. UV ile kürlenebilen bir kaplamanın ana bileşenleri bir oligomer, bir fotobaşlatıcı ve bir monomerdur (Kunwong vd., 2011). UV kürlenme ayrıca düşük enerji tüketimine ve düşük çalışma sıcaklığına izin verir, bu da UV ile kürlenmiş yüksek katı maddeli kaplamaları ahşap döşeme endüstrisi için iyi bir seçim haline getirir (Mosjewski, 1999; Ross & Sigel, 2006).

Literatürde; rose gum (*Eucalyptus grandis*) ve Karayip çamı (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) (de Moura vd., 2013), limon (*Citrus limon* (L.) Burm.) (Ayata, 2019), meşe (*Quercus petraea* L.) (Gürleyen vd., 2019), mandshurian dişbudağı (*Fraxinus mandshurica* Rupr.) (Li vd., 2021), sapsız meşe (*Quercus petraea*) (Ayata vd., 2016), iroko (*Chlorophora excelsa*), kestane (*Castanea sativa* Mill.), limba (*Terminalia superba*), sapelli (*Entandrophragma cylindrosum*) (Ayata & Çavuş, 2018), gülbrişim (*Albizia julibrissin*) (Gürleyen, 2020), kayısı (*Prunus armeniaca* L.) (Ayata vd., 2021a), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve saplı meşe (*Quercus robur* L.) (Kaygin & Akgun, 2009), üvez (*Sorbus* L.) (Gürleyen vd., 2017b), kızılbaş (*Alnus glutinosa* Gaertn L.) (Salca vd., 2016), dişbudak (*Fraxinus excelsior*) (212°C'de 2 saat süreli ısı işlemi) (Ayata vd., 2017b), meşe (*Quercus* L.) (Stachowiak-Wencek, 2019), meşe, dişli meşe, akasya, ceviz, karaağaç, fijiyan longan (*Pometia pinnata*) ve *Newtonia* spp. (Zhao vd., 2021), Amerikan ceviz (*Juglans nigra*), ceviz (*Juglans regia*), kırmızı Amerikan meşesi (*Quercus rubra*), akçaağaç (*Acer pseudoplatanus* L.) (Ayata vd., 2018), monter çamı (*Pinus radiata*) (Viengkhou vd., 1996), şeker akçaağacı (*Acer saccharum*) (Vardanyan vd., 2014), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) (Gürleyen vd., 2017a), doussie (*Azela africana*) (Gürleyen, 2021), adi dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) (Herrera vd., 2018), kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) (Ayata vd., 2017a), iğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) (Ayata vd., 2022), adi çitlenbik (*Celtis australis* L.) (Ayata vd., 2021b), dut (*Morus alba*) (Çavuş, 2021), ak meşe (*Quercus alba* L.) (Wang vd., 2019) ağaç türlerine farklı kimyasallar (boyalı, boyasız) ile UV kürlenmeli verniklerin uygulandığı görülmekte olup, elde edilen malzemeler üzerinde emisyon, parlaklık, renk, kurşun kalem testi, salınımsal sertlik, yüzeye yapışma direnci, çapraz kesim testi vb. testlerin yapıldığı görülmektedir. Buna ek olarak bazı

malzemeler ise çeşitli yaşlandırma uygulamalarına (yapay, termal, doğal) tabi tutulup sonuçlar tartışılmıştır.

Salicaceae familyasının bir üyesi olan karakavak (*Populus nigra* L.), Britanya Adaları'ndan Akdeniz kıyılarına kadar Avrupa'da yetişir. Bu ağacın hızlı büyümesi ve yayılması, dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmesini sağlar. Odun yaygın olarak yakıt olarak kullanılır. Ancak aynı zamanda mobilya, lambri ve kontrplak üretimi için de kullanılır. Karakavak, yüksek selüloz ve nispeten düşük lignin içeriği nedeniyle kâğıt hamuru ve kâğıt üretimi için uygundur (Balatinecz vd., 2001).

Karakavak (*Populus nigra* L.) odununda, %1'lik NaOH çözünürlüğü %15.12, alfa selüloz %41.17, holoselüloz %28.46 (Narlıoğlu, 2012), *Trametes versicolor* mantarına karşı ağırlık kaybı %28.59 (Hashemi vd., 2010), hava kurusu yoğunluk 396 kg/m<sup>3</sup>, eğilme direnci 75.10 N/mm<sup>2</sup>, elastikiyet modülü 5438.00 N/mm<sup>2</sup>, basınç direnci 42.00 N/mm<sup>2</sup>, şok direnci 0.438 kgm/cm<sup>2</sup> (Bal & Ayata, 2020), ısı iletkenlik değeri 0.109 k(W/mK) (Çavuş vd., 2019), ses iletim kaybı 24.92 dB (Çavuş & Kara, 2020) olarak bulunmuştur.

Yapılan literatür araştırmasına bakıldığında, bu ağaç türüne ait ahşap malzeme yüzeylerine UV sistem kürlenmeli parke vernik kimyasalları kullanılarak bir malzemenin üretilmediği ve bu çalışmada üretilen UV vernik kaplanmış malzemeler üzerinde üst yüzey işlemlerine ait testlerinin de yapılmadığı görülmektedir.

Bu çalışma, karakavak (*Populus nigra* L.) odununa 3 ve 5 kat UV sistem vernik uygulandıktan sonra

elde edilen katmanların, hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması ile arasındaki etkileşimi bildirmekte olup, yaşlandırma öncesi ve sonlarında (252 ve 504 saat) vernikli malzemelerde parlaklık, renk, yüzeye yapışma direnci ve salınımsal sertlik testlerine ait sonuçları içermektedir. Elde edilen sonuçların gerek karakavak odununun kullanım alanları hakkında ve gerekse parke endüstrisi adına önemli bilgiler sunacağı hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve metot

### 2.1. Materyal ve metot

#### 2.1.1. Malzemeler

##### 2.1.1.1. Materials

Karakavak (*Populus nigra* L.) İzmir'de bir kereste satıcısından temin edilmiştir. Ahşap malzemeler lif kıvrıklığı sorunu olmayan, böcek ve mantar kusuru olmayan, ardaksız ve budaksız olacak şekilde rastgele yöntem ile seçilmiştir. Test gruplarına göre yeterli sayıda olacak şekilde alınan 100 x 10 x 2 cm ebatlarında deney örnekleri kesme ve rendeleme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra, alınan örnekler üzerinde iklimlendirme işlemleri TS ISO 13061-1 (TS ISO 13061-1, 2021) standardına göre yapılmıştır.

#### 2.2. UV sistem parke verniğinin uygulanması

##### 2.2.1. Application of UV system parquet varnish

UV sistem parke verniği üretim aşamaları (3 ve 5 kat) Tablo 1'de verilmiştir. Uygulama endüstriyel uygulamalara göre, KPS Parke Fabrikası (Düzce, Türkiye)'da gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1.** UV sistem parke verniği üretim aşamaları (3 ve 5 kat)

**Table 1.** Production stages of UV system parquet varnish (3 and 5 layers)

	1	Kalibre zımpara uygulaması (80 ve 120 kum)	1	Kalibre zımpara uygulaması (80 ve 120 kum)	
3 kat uygulaması	2	Şeffaf UV kürlenmeli hidro astar (T8028-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (70 °C)	2	Şeffaf UV kürlenmeli hidro astar (T8028-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (70 °C)	5 kat uygulaması
	3	UV yüksek parlaklıkta perde kaplama (T9120-0900N1) 8 g/m <sup>2</sup>	3	UV şeffaf kürlenmeli sızdırmazlık macunu (T9110-0000H) 20 g/m <sup>2</sup> (70 °C)	
	4	UV lamba kurutma uygulaması (177 mJ/cm <sup>2</sup> ) (2 defa)	4	UV şeffaf kürlenmeli sızdırmazlık macunu (T9110-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (170 °C) (2 defa)	
	5	Kalibre zımparalama işlemi (280 ve 320 kum)	5	Kalibre zımparalama işlemi (280 ve 320 kum)	
	6	Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	6	Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
	7	UV lamba kurutma uygulaması (71 mJ/cm <sup>2</sup> )	7	UV lamba kurutma uygulaması (71 mJ/cm <sup>2</sup> )	
	8	Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	8	Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
	9	UV lamba kurutma uygulaması (314 mJ/cm <sup>2</sup> ) (2 defa)	9	UV lamba kurutma uygulaması (314 mJ/cm <sup>2</sup> ) (2 defa)	

## 2.3. Yapay yaşlandırma uygulaması

### 2.3.1. Artificial aging application

Kaplamaya ait hizmet ömrü, genellikle doğal koşulları (sıcaklık, UV radyasyonu, nem, yoğunlaşma, kirlilik) hızlandırılmış şekilde simüle eden

laboratuvar testleri kullanılarak değerlendirilir (Scrinzi vd., 2011a). Yapay yaşlandırma, ISO 4892-3 (ISO 4892-3, 2016) standardına göre UVB-313 lambalarıyla donatılmış bir QUV/sprey ile hızlandırılmış yaşlandırma test cihazında (Q-Lab, Westlake, OH, US) gerçekleştirilmiştir. Cihaz 0.76

ışık yoğunluğu ve 60 °C' de 8 saat UV ışık; 4 saat 50 °C sıcaklıkta kondenzasyon buhar yoğunlaştırma olacak şekilde UV-B 313 lambaları ile 252 ve 504 saatlerine sahip koşullarda yapılmıştır.

## 2.4. Renk ölçümlerinin belirlenmesi

### 2.4. Determination of color measurements

Renk testleri, ASTM D 2244'e (ASTM D 2244, 2007) göre yapılmıştır. Renk stabilitesi için bir CS-10 colorimeter (CHN Spec, Çin) cihazı kullanılmıştır. Ölçümler, CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağınık aydınlatma) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk verileri, hızlandırılmış

yaşlandırmadan önce ve sonlarında her bir kaplanmış numune üzerinden alınmıştır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu, CIE'den standart. Bu sistem üç parametre tanımlar: Sırasıyla siyah/beyaz (açıklık), kırmızı/yeşil ve sarı/mavi renk çiftlerini temsil eden  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ 'dir. Farklı ağaç türlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı renk değişikliklerini değerlendirmek için kullanılabilirler (Rosu vd., 2010; Almeida vd., 2018). Barański vd., (2017)'e göre renk değiştirme kriterleri Tablo 2'de verilmiştir. Yaşlandırma sonlarında bu tabloya göre kıyaslanarak toplam renk farkı değerleri üzerinde yorumlara yer verilmiştir. Aşağıda verilen formüller yardımıyla toplam renk farklılıklarına ( $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$ ) ait sonuçlar belirlenmiştir.

$$\Delta a^* = a^*_{\text{yaşlandırılmış}} - a^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (1)$$

$$\Delta L^* = L^*_{\text{yaşlandırılmış}} - L^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{yaşlandırılmış}} - b^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (3)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$

**Tablo 2.** Renk değiştirme kriterleri (Barański vd., 2017)

**Table 2.** Color change criteria (Barański vd., 2017)

$\Delta E^*$ Değeri		Gözlem Sonucu
$\Delta E^* < 0.2$	→	Görünmez renk değişimi
$2 > \Delta E^* > 0.2$	→	Hafif renk değişimi
$3 > \Delta E^* > 2$	→	Yüksek filtrede görünür renk değişimi
$6 > \Delta E^* > 3$	→	Filtrenin ortalama kalitesiyle görülebilen bir renk değişimi
$12 > \Delta E^* > 6$	→	Yüksek renk değişimi
$\Delta E^* > 12$	→	Farklı renk

## 2.5. Parlaklık ölçümlerinin belirlenmesi

### 2.5. Determination of glossiness measurements

Herhangi bir yüzeyin parlaklığı, farklı yönlerden gelen ışığın yansımaları nedeniyle bitmiş bir ürünün kalitesini değerlendirmek için kullanılır (Ged vd., 2010; Vardi vd., 2010). Bu test bir gloss meter (ETB-0833 model, Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) cihazında, ISO 2813 (ISO 2813, 1994) standardına göre 20°, 60° ve 85° açılarda lifler dik ve paralel ölçümler olacak şekilde bütün verniklenmiş deney örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

## 2.6. Salımsal sertlik özelliklerinin belirlenmesi

### 2.6. Determination of pendulum hardness properties

Sertlik değerleri, pandüllü sertlik ölçüm cihazında (Model 299/300 Erichsen, Hemer, Germany) ASTM D 4366-95 (ASTM D 4366-95, 1984) standardına göre, köning (6°'den 3°'ye) metoduna göre belirlenmiştir. Cihaz, örnek platformuna yerleştirilen numune yüzeyinde 63±3.3 HRC sertliğinde ve 5±0.0005 mm çapında iki bilye ile

salınım yapan pandül salınımlarına göre katman sertliklerini belirler.

## 2.7. Yüzeye yapışma direncinin belirlenmesi

### 2.7. Determination of adhesion resistance to the surface

Yapışma testi, ASTM D 4541 (ASTM D 4541, 1995) standardına göre PosiTest AT-A (automatic) pull-off Adhesion Tester (Defelsko® corp., S/N AT11802, USA) cihazında yapılmıştır. Yapıştırma işleminde plastik çelik hızlı yapıştırıcı (reçine ve katalizör) 404 Plastik Çelik marka (Çekmeköy/İstanbul, Türkiye) yapıştırıcı kullanılmıştır. Yaşlandırılmış ve yaşlandırılmamış vernikli yüzeyler 20 mm olan çekme silindirleri normal oda sıcaklığında 20°C±2 yapıştırılmıştır ve 24 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Yapışma direnci aşağıdaki 5 no'lu formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$X = [(4F)/(\pi \cdot d^2)] \quad (5)$$

Burada; X = Yapışma direncini (MPa), F = Kopma anındaki kuvvetini (Newton) ve D = Çekme silindirinin çapını (mm) ifade etmektedir.

## 2.8. İstatistiksel analiz

### 2.8. Statistical analysis

Çalışmada, bir SPSS programı ile standart sapmalar, homojenlik grupları, minimum ve maksimum değerler, yüzde (%) değişim oranları, ortalamaları ve varyans analizleri belirlenmiştir. Toplamda 30 adet örnek [yaşlandırma grubu 3 x vernik türü 2 x örnek sayısı 5 = 30] üzerinde ölçümler alınmıştır.

## 3. Tartışma

### 3. Discussion

Renk parametrelerine ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) için varyans analizi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Belirlenmiş olan bu sonuçlara göre, ışıklılık ( $L^*$ ) değeri, kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu değeri ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değeri için vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan varyans analizi sonuçları

**Table 3.** The results of the variance analysis determined for the color parameters

Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
$L^*$	Vernik Türü (A)	1	3.078	3.078	4.545	0.038*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	2074.376	1037.188	1531.450	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	38.712	19.356	28.580	0.000*
	Hata	54	36.572	0.677		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>273316.876</b>			
$a^*$	Vernik Türü (A)	1	1.663	1.663	10.255	0.002*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	1256.707	628.353	3874.167	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	1.038	0.519	3.200	0.049*
	Hata	54	8.758	0.162		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>10666.932</b>			
$b^*$	Vernik Türü (A)	1	170.387	170.387	253.530	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	4833.285	2416.642	3595.878	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	156.275	78.138	116.266	0.000*
	Hata	54	36.291	0.672		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>78783.765</b>			

\*: Anlamlı

Renk parametrelerine ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) ait belirlenmiş olan SPSS sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, UVB-313 lambalarına sahip yaşlandırma koşullarında her iki vernik türü için yaşlandırma süresinin artması ile ışıklılık ( $L^*$ ) değerinde azalma belirlenirken, kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerleri için artışlar elde edilmiştir. [Söğütü & Sönmez, \(2006\)](#) tarafından  $L^*$  değerindeki artışın görülmesi daha “açık renk”, azalışın görülmesi ise “koyulaşması” anlamını verdiği şeklinde ifade edilmiştir.

Verilen bu bilgi kullanılarak, bu çalışmada her iki vernik uygulamasına sahip katmanların yaşlandırmalardan sonra  $L^*$  değerlerinin azalması üzerine, “koyulaşmanın” elde edildiği söylenebilir. Sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerlerindeki artış 3 kat uygulamada daha yüksek elde edilmiştir.

[Ayata vd., \(2021a\)](#) tarafından kayısı odununa, [Gürleyen, \(2021\)](#) tarafından doussie odununa ve [Çavuş, \(2021\)](#) tarafından dut odununa uygulanmış UV sistem parke vernikli çalışmalarda da UVA-340 lambalarına sahip yaşlandırma uygulamaları sonrasında  $b^*$  ve  $L^*$  değerlerinin azaldığı ve  $a^*$  değerinin arttığı bildirilmiştir. Çalışma literatür ile uyumlu bir durum sergilemiştir.

Dış mekâna maruz kalma sırasında, polimerler, güneş spektrumunda bulunan kısa dalga boylu UV ışınlarının etkisiyle kimyasal olarak bozulur. Dış mekân uygulamalarında polimerlerin hizmet ömrü, hava koşullarına bağlı olarak sınırlanır ([Davis, 1977](#)). Ayrışma, polimerlerde hızlı bir fiziksel özellik kaybına yol açar. Bu kayıp, polimer zincirinde rastgele bağların kesilmesinden kaynaklanır ve zincir boyunca göç eden serbest radikallerin oluşumuyla sonuçlanır. UV radyasyonuna maruz kalan kaplamalarda ve polimerlerde fotooksidatif bozunma, sararma ve renk değişikliği yaygın fenomenlerdir ([Singh vd., 2001](#)).

Toplam renk farklılıklarına ( $\Delta E^*$ ,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$ ) ait sonuçları Tablo 5’de gösterilmektedir. Tablo 5’e göre, 3 kat uygulamasının  $\Delta E^*$  değerleri 5 kat uygulamasınınkinden yüksek elde edilmiştir. Şeffaf kaplanmış yüzeylerde maruziyetin ilk saatlerinde koyu bir renk oluştuğu bildirilmiştir ([Scrinzi vd., 2011b](#)). [Barański vd., \(2017\)](#) tarafından bildirilen renk kategorisine göre her iki verniğe  $\Delta E^*$  ait sonuçların “Farklı renk” kriterine denk geldiği belirlenmiştir. Yaşlandırma süresinin artması ile  $\Delta E^*$  değerleri her iki vernik türünde de artmıştır.



**Tablo 4.** Renk parametrelerine ait belirlenmiş olan SPSS sonuçları**Table 4.** SPSS results determined for color parameters

Test	Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	SS	Değişim (%)	Homojenlik Grubu	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
L*	3 kat ▶	Kontrol →	10	75.99	1.06	-	A*	74.49	77.86	1.39
		252 saat →	10	63.63	0.25	↓16.27	D	63.28	63.98	0.39
		504 saat →	10	61.39	0.47	↓19.21	E**	60.53	61.99	0.77
	5 kat ▶	Kontrol →	10	74.62	1.26	-	B	72.23	76.78	1.69
		252 saat →	10	66.17	1.01	↓11.32	C	64.57	67.35	1.53
		504 saat →	10	61.57	0.22	↓17.49	E	61.25	61.85	0.36
a*	3 kat ▶	Kontrol →	10	6.17	0.35	-	D	5.56	6.65	5.67
		252 saat →	10	15.36	0.26	↑148.95	B	14.83	15.69	1.69
		504 saat →	10	16.52	0.22	↑167.75	A*	16.07	16.84	1.33
	5 kat ▶	Kontrol →	10	6.03	0.74	-	D**	4.75	6.77	12.27
		252 saat →	10	14.65	0.30	↑142.95	C	14.17	14.94	2.05
		504 saat →	10	16.37	0.31	↑171.48	A	15.92	16.69	1.89
b*	3 kat ▶	Kontrol →	10	18.79	0.40	-	D**	18.00	19.43	2.13
		252 saat →	10	40.35	0.66	↑114.74	B	38.87	41.26	1.64
		504 saat →	10	40.87	0.92	↑117.51	B	39.67	42.32	2.25
	5 kat ▶	Kontrol →	10	25.95	0.42	-	C	25.16	26.61	1.62
		252 saat →	10	44.03	1.00	↑69.67	A*	42.21	45.08	2.27
		504 saat →	10	40.14	1.19	↑54.68	B	38.82	41.81	2.96

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir, \*\*: En düşük değeri ifade etmektedir.

**Tablo 5.** Toplam renk farklılıklarına ait sonuçları**Table 5.** Results of the total color differences

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	Renk kriterine göre kıyaslama (Barański vd., 2017)	$\Delta E^*$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	
3 kat ▶	252 saat	Farklı renk ▶	$\Delta E^* > 12$	26.50	-12.36	9.19	21.57
	504 saat	Farklı renk ▶	$\Delta E^* > 12$	28.42	-14.60	10.35	22.08
5 kat ▶	252 saat	Farklı renk ▶	$\Delta E^* > 12$	21.75	-8.45	8.63	18.09
	504 saat	Farklı renk ▶	$\Delta E^* > 12$	21.88	-13.05	10.34	14.19

20°, 60° ve 85°'de açılarda ölçülmüş olan liflere dik ve paralel parlaklık ölçümlerine ait varyans analizi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün dereceler ve bütün parlaklık yönleri için vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak bulunmuştur.

20°, 60° ve 85°'de açılarda ölçülmüş olan liflere dik ve paralel parlaklık ölçümlerine ait SPSS sonuçları Tablo 7'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, bütün yönlerde ve derecelerde yapılan ölçümler her iki vernik uygulaması için yaşlandırma süresinin artması ile azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca yüzeye paralel ölçümler yüzeye dik ölçümlerden yüksek elde edilmiş, buna ek olarak, 5 kat uygulamasının ölçümleri 3 kat uygulamasınıninkinden yüksek elde edilmiştir.

Çavuş, (2021), Gürleyen, (2020), (2021) de ve Ayata vd., (2021a)'de verilen çalışmalarda da bu duruma benzer sonuçların elde edildiği bildirilmiştir. Parlaklık kaybı, organik madde kaybindan kaynaklanır. Bozunma süreçlerinden (kesme reaksiyonları) kaynaklanan kısa organik kısımlar, su püskürtme aşamaları sırasında matristen kolaylıkla elimine edilir (Perrin vd., 2004).

Yüzeye yapışma direnci için varyans analizi sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Belirlenmiş olan bu sonuçlara göre, yapışma direnci için vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) ve etkileşim (AB) anlamlı olarak bulunmuştur.

**Tablo 6.** Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan varyans analizi sonuçları  
**Table 6.** The results of the variance analysis determined for the glossiness values

Test	Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
//20°	Vernik Türü (A)	1	0.817	0.817	68.692	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	4.885	2.443	205.458	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	0.549	0.275	23.103	0.000*
	Hata	54	0.642	0.012		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>39.160</b>			
//60°	Vernik Türü (A)	1	3.750	3.750	134.462	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	165.280	82.640	2963.193	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	0.837	0.419	15.006	0.000*
	Hata	54	1.506	0.028		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>1022.640</b>			
//85°	Vernik Türü (A)	1	8.893	8.893	43.161	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	512.496	256.248	1243.587	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	1.612	0.806	3.912	0.026*
	Hata	54	11.127	0.206		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>2091.670</b>			
120°	Vernik Türü (A)	1	0.171	0.171	19.041	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	3.536	1.768	197.275	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	0.176	0.088	9.837	0.000*
	Hata	54	0.484	0.009		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>31.840</b>			
160°	Vernik Türü (A)	1	0.160	0.160	20.942	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	142.962	71.481	9346.206	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	0.050	0.025	3.291	0.045*
	Hata	54	0.413	0.008		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>723.290</b>			
185°	Vernik Türü (A)	1	1.350	1.350	21.619	0.000*
	Yaşlandırma Süresi (B)	2	78.977	39.489	632.381	0.000*
	Etkileşim (AB)	2	1.308	0.654	10.473	0.000*
	Hata	54	3.372	0.062		
	<b>Toplam</b>	<b>60</b>	<b>335.520</b>			

\*: Anlamlı

Yüze yapışma direncine ait SPSS sonuçları Tablo 9'da gösterilmektedir. Yapışma direnci sonuçlarına göre yüze yapışma direncinin her iki vernik türü için yaşlandırma süresinin artması ile azaldığı görülmektedir. Yaşlandırma süresinin artması ile 5 kat uygulamasına sahip UV sistem vernik katmanlarının % azalma oranının, 3 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki vernik türü için kontrol örneklerine ait sonuçlar birbirine çok yakın olarak elde edilmiştir.

Clerc vd., (2017) tarafından hava koşullarına bağlı olarak yapışma mukavemeti kaybının, çoğu zaman yapıştırıcının kimyasal bozulmasından ziyade ahşabın bozulmasından dolayı kaynaklandığı şeklinde bildirilmiştir. UV vernik uygulanmış rose gum ve Karayip çamı (de Moura vd., 2013), limon (Ayata, 2019), doussie (Gürleyen, 2021) ve gülbrişim (Gürleyen, 2020) odunlarında da yapılan yaşlandırma uygulamasından sonra yüze yapışma direncinin azaldığı bildirilmiştir.

Salımsal sertlik değerleri için varyans analizi sonuçları Tablo 10'da gösterilmiştir. Salımsal sertlik değerleri için varyans analizi sonuçları Tablo 10'da gösterilmektedir. Belirlenmiş olan sonuçlara göre, vernik türü (A), yaşlandırma süresi (B) anlamlı olarak elde edilirken, etkileşim (AB) anlamsız olarak belirlenmiştir (Tablo 10).

Tablo 11, salımsal sertlik değerleri için SPSS sonuçlarını sunmaktadır. Salımsal sertlik sonuçlarına bakıldığında 3 kat uygulamasına sahip yüzeylerin, 5 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmektedir. Her iki vernik türünde de 252. saatin sonunda azalmalar görülürken, 504. saatin sonunda artış görülmüştür.

Literatürde salınım sayısının fazla olduğu yüzeylerin sert olduğu, az olduğu yüzeylerin ise daha düşük sertlikte olduğu bildirilmiştir (Sönmez, 1989). Bu duruma göre, 3 kat uygulamalı yüzeylerin, 5 kat uygulamalı yüzeylerden sert olduğu söylenebilir.

**Tablo 7.** Parlaklık değerlerine ait belirlenmiş olan SPSS sonuçları  
**Table 7.** SPSS results of glossiness values determined

Test	Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	SS	Homojenlik Grubu	Değişim (%)	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
//20°	3 kat ►	Kontrol →	10	0.87	0.15	B	-	0.60	1.00	17.24
		252 saat →	10	0.61	0.03	C	↓29.89	0.60	0.70	4.92
		504 saat →	10	0.37	0.08	E**	↓57.47	0.30	0.50	21.62
	5 kat ►	Kontrol →	10	1.37	0.13	A*	-	1.30	1.70	9.49
		252 saat →	10	0.67	0.13	C	↓51.09	0.60	1.00	19.40
		504 saat →	10	0.51	0.07	D	↓62.77	0.40	0.60	13.73
//60°	3 kat ►	Kontrol →	10	5.62	0.15	B	-	5.30	5.80	2.67
		252 saat →	10	3.01	0.28	D	↓46.44	2.20	3.10	9.30
		504 saat →	10	1.92	0.06	F**	↓65.84	1.80	2.00	3.13
	5 kat ►	Kontrol →	10	6.45	0.10	A*	-	6.40	6.70	1.55
		252 saat →	10	3.30	0.05	C	↓48.84	3.20	3.40	1.52
		504 saat →	10	2.30	0.22	E	↓64.34	2.10	2.80	9.57
//85°	3 kat ►	Kontrol →	10	9.41	0.35	A*	-	9.00	9.80	3.72
		252 saat →	10	5.16	0.96	C	↓45.16	2.50	5.90	18.60
		504 saat →	10	1.87	0.14	E	↓80.13	1.70	2.10	7.49
	5 kat ►	Kontrol →	10	8.22	0.26	B	-	8.00	8.60	3.16
		252 saat →	10	4.43	0.28	D	↓46.11	4.00	4.90	6.32
		504 saat →	10	1.48	0.17	E**	↓82.00	1.10	1.60	11.49
↓20°	3 kat ►	Kontrol →	10	0.87	0.05	B	-	0.80	0.90	5.75
		252 saat →	10	0.60	0.00	C	↓31.03	0.60	0.60	0.00
		504 saat →	10	0.40	0.08	D**	↓54.02	0.30	0.50	20.00
	5 kat ►	Kontrol →	10	1.13	0.13	A*	-	0.80	1.20	11.50
		252 saat →	10	0.63	0.11	C	↓44.25	0.50	0.90	17.46
		504 saat →	10	0.43	0.13	D	↓61.95	0.30	0.60	30.23
↓60°	3 kat ►	Kontrol →	10	5.26	0.12	A*	-	5.10	5.40	2.28
		252 saat →	10	2.54	0.13	B	↓51.71	2.40	2.70	5.12
		504 saat →	10	1.68	0.04	D	↓68.06	1.60	1.70	2.38
	5 kat ►	Kontrol →	10	5.22	0.08	A	-	5.10	5.30	1.53
		252 saat →	10	2.36	0.07	C	↓54.79	2.30	2.50	2.97
		504 saat →	10	1.59	0.06	E**	↓69.54	1.50	1.70	3.77
↓85°	3 kat ►	Kontrol →	10	3.44	0.27	A	-	3.30	4.10	7.85
		252 saat →	10	2.36	0.20	B	↓31.40	2.00	2.80	8.47
		504 saat →	10	0.78	0.16	D	↓77.33	0.70	1.20	20.51
	5 kat ►	Kontrol →	10	3.48	0.23	A*	-	3.30	4.00	6.61
		252 saat →	10	1.68	0.40	C	↓51.72	1.20	2.60	23.81
		504 saat →	10	0.52	0.15	E**	↓85.06	0.30	0.70	28.85

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir, \*\*: En düşük değeri ifade etmektedir.

**Tablo 8.** Yüze yapışma direncine ait varyans analizi sonuçları  
**Table 8.** Analysis of variance results of adhesion strength to the surface

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha < 0.05$
Vernik Türü (A)	1	3.123	3.123	89.007	0.000*
Yaşlandırma Süresi (B)	2	3.808	1.904	54.259	0.000*
Etkileşim (AB)	2	1.833	0.916	26.116	0.000*
Hata	24	0.842	0.035		
Toplam	30	65.476			

\*: Anlamlı

**Tablo 9.** Yüze yapışma direncine ait SPSS sonuçları  
**Table 9.** SPSS results of adhesion strength to the surface

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama (MPa)	Homojenlik Grubu	Değişim (%)	SS	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
3 kat ►	Kontrol →	5	1.82	A	-	0.33	1.55	2.37	18.13
	252 saat →	5	1.69	AB	↓7.14	0.11	1.53	1.79	6.51
	504 saat →	5	1.55	B	↓14.84	0.12	1.44	1.72	7.74
5 kat ►	Kontrol →	5	1.85	A*	-	0.18	1.64	2.04	9.73
	252 saat →	5	0.88	C	↓52.43	0.17	0.74	1.09	19.32
	504 saat →	5	0.40	D**	↓78.38	0.13	0.25	0.59	32.50

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir, \*\*: En düşük değeri ifade etmektedir.



**Tablo 10.** Salınımsal sertlik değerleri için varyans analizi sonuçları  
**Table 10.** Analysis of variance results for pendulum hardness values

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$\alpha \leq 0.05$
Vernik Türü (A)	1	1178.778	1178.778	86.252	0.000*
Yaşlandırma Süresi (B)	2	310.389	155.194	11.356	0.000*
Etkileşim (AB)	2	47.722	23.861	1.746	0.192**
Hata	30	410.000	13.667		
<b>Toplam</b>	<b>36</b>	<b>44658.000</b>			

\*: Anlamlı, \*\*: Anlamsız

**Tablo 11.** Salınımsal sertlik değerleri için SPSS sonuçları  
**Table 11.** SPSS results for pendulum hardness values

Vernik Türü	Yaşlandırma Süresi	N	Ortalama	Homojenlik Grubu	Değişim (%)	SS	Minimum	Maksimum	Varyasyon Katsayısı
3 kat ▶	Kontrol →	6	41.50	A	-	4.51	34.00	47.00	10.87
	252 saat →	6	37.33	AB	↓10.05	5.01	31.00	43.00	13.42
	504 saat →	6	41.67	A*	↑0.41	4.32	38.00	50.00	10.37
5 kat ▶	Kontrol →	6	33.17	BC	-	2.79	30.00	37.00	8.41
	252 saat →	6	23.50	D**	↓29.15	2.43	20.00	27.00	10.34
	504 saat →	6	29.50	C	↓11.06	2.07	27.00	33.00	7.02

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, \*: En yüksek değeri ifade etmektedir, \*\*: En düşük değeri ifade etmektedir.

#### 4. Sonuçlar

##### 4. Conclusions

Bu çalışma sonucunda aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- Her iki vernik türü için UVB-313 lambalarına sahip yaşlandırma koşulları sonlarında yaşlandırma süresinin artması ile yüzeye yapışma direncinde ve  $L^*$  değerinde azalma belirlenirken,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri için artışlar belirlenmiştir.
- 3 kat uygulamasının toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerleri için 5 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmüştür.
- Yaşlandırma süresinin artması ile her iki vernik uygulaması için bütün derecelerde ve yönlerde yapılan parlaklık ölçümlerinin azaldığı tespit edilmiştir.
- Salınımsal sertlikte 3 kat uygulamasına sahip yüzeylerin, 5 kat uygulamasınınkinden yüksek olduğu görülmüş, her iki vernik türünde de 252. saatin sonunda azalmalar görülürken, 504. saatin sonunda artış belirlenmiştir.
- Sonuç olarak, karakavak odunundan UV sistem parke üretimi istenilen sertlik direncine ait ortam koşullarına göre (mekân zemin tercihi) kullanım alanları doğrultusunda bu malzemenin kullanılması önerilebilir.

#### Teşekkür

##### Acknowledgement

Yazarlar, UV sistem parke verniği uygulamaları için KPS Fabrikası'na (Düzce) teşekkür etmektedir.

#### Yazar katkısı

##### Author contribution

Çalışmanın dizaynı, yazım, deneylerin yürütülmesi dâhil her aşamada yazarlar tarafından ortak ve eşit katkı sağlanmıştır.

#### Etik beyanı

##### Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

#### Çıkar çatışması beyanı

##### Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

#### Kaynaklar

##### References

- Ali, M. A., Khan, M. A., & Ali, K. M. I. (1996). Comparative study of electron-beam- and ultraviolet-cured films of urethane acrylate. *Journal of Applied Polymer Science*, 60(6), 879-885. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19960509\)60:6<879::AID-APP11>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19960509)60:6<879::AID-APP11>3.0.CO;2-S).
- Almeida, D. H., Almeida, T. H., & Christoforo, A. L. (2018). Mechanical properties of wood estimated by colorimetric technique. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken.

ASTM D 2244-3 (2007). Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color

- coordinates, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 4366-95 (1984). Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum test, ASTM, Philadelphia, PA.
- ASTM D 4541 (1995). Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, U., Gurleyen, L., & Cakicier, N. (2016). The determination of the surface adhesion resistance and pendulum hardness values on laminated parquets of a UV system varnish applied oak wood derived by using different water-based paints. International Forestry Symposium, 07-10 December, Kastamonu, Turkey, 827-831.
- Ayata, Ü. (2019). Effects of artificial weathering on the surface properties of ultraviolet varnish applied to lemonwood (*Citrus limon* (L.) Burm.). *Bioresources*, 14(4), 8313-8323. <https://doi.org/10.15376/biores.14.4.8313-8323>.
- Ayata, Ü., Efe, F. T., Türk, M., Çakıcıer, N., & Gürleyen, L. (2022). UV Sistem vernik uygulanmış iğde odununda renk ve salınımsal sertlik özellikleri üzerine farklı lambalara (UV-A ve -B) sahip hızlandırılmış yaşlandırma etkilerinin karşılaştırılması. *Eurasian Journal of Forest Science*, 10(1), 11-19. <https://doi.org/10.31195/ejefs.1039629>.
- Ayata, Ü., & Cavus, V. (2018). The determination of the surface adhesion resistance and pendulum hardness on the parquets applied UV varnish as single and double layers. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4), 541-545. <https://doi.org/10.21923/jesd.388346>.
- Ayata, Ü., Çakıcıer, N., & Gürleyen, L. (2021a). İç mekânda kullanılan UV sistem parke verniği uygulamasına sahip kayısı odununda yapay yaşlandırma performansının belirlenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 40-50. <https://doi.org/10.33725/mamad.922311>.
- Ayata, Ü., Esteves, B., Gürleyen, L., Çakıcıer, N., Ferreira, J., Domingos, I., & Türk, M. (2021b). Effect of accelerated ageing on some surface properties of UV-coated hackberry (*Celtis australis* L.) wood parquet. *Drewno*, 64(208), 17-33. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.383.09>.
- Ayata, Ü., Gurleyen, L., Esteves, B., Gurleyen, T., & Cakicier, N. (2017a). Effect of heat treatment (ThermoWood) on some surface properties of parquet beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) with different layers of UV system applied. *Bioresources*, 12(2), 3876-3889. <https://doi.org/10.15376/biores.12.2.3876-3889>.
- Ayata, Ü., Gürleyen, T., Gürleyen, L., Esteves, B., & Çakıcıer, N. (2017b). 212oC'de 2 saat süreyle ısıtılmış işlem görmüş (ThermoWood) ve tek/çift kat UV sistem parke vernik uygulanmış dişbudak (*Fraxinus excelsior*) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi. 5. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, 29 Eylül - 01 Ekim, Bakü, Azerbaycan, 1318-1326.
- Ayata, Ü., Şahin, S., Gürleyen, L., & Esteves, B. (2018). UV sistem vernik uygulanmış lamine parkelerde yüzeye yapışma direnci üzerine termal yaşlandırmanın etkisi. *Multidisipliner Çalışmalar-3 (Sağlık ve Fen Bilimleri)*, Gece Kitaplığı Yayınevi, Birinci Basım, Ocak 2018, Editörler: Rıdvan KARAPINAR, Murat A. KUŞ, Ankara, Türkiye, 301-311. ISBN: 978-605-288-223-8.
- Bal, B. C., & Ayata, Ü. (2020). Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(4), 461-467. <https://doi.org/10.18182/tjf.795698>.
- Balatinecz, J. J., Kretschmann, D. E., & Leclercq, A. (2001). Achievements in the utilization of poplar wood-guideposts for the future. *Forestry Chronicle*, 77(2), 265-269. <https://doi.org/10.5558/tfc77265-2>.
- Banov, A. (1973). *Paints and Coatings Handbook*, Structures Publishing Company, Farmington.
- Barański, J., Klement, I., Vilkovská, T., & Konopka, A. (2017). High temperature drying process of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) with different zones of sapwood and red false heartwood. *Bioresources*, 12(1), 1861-1870. <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.1861-1870>.
- Brischke, C., Bayerbach, R., & Otto Rapp, A. (2006). Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products. *Wood Material Science and Engineering*, 1(3-4), 91-107. <https://doi.org/10.1080/17480270601019658>.
- Cavus, V., Sahin, S., Esteves, B., & Ayata, U. (2019). Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey. *Bioresources*, 14(3), 6709-6715. <https://doi.org/10.15376/biores.14.3.6709-6715>.
- Chang, S. T., & Chou, P. L. (2000). Photodiscoloration inhibition of wood coated with UV-curable acrylic clear coatings and its elucidation. *Polymer Degradation and Stability*, 69(3), 355-

360. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(00\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(00)00082-3).
- Choi, J. H., & Kim, H. J. (2006). Three hardness test methods and their relationship on UV-curable epoxy acrylate coatings for wooden flooring systems. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 12(3), 412-417.
- Clerc, G., Brülisauer, M., Affolter, S., Volkmer, T., Pichelin, F., & Niemz, P. (2017). Characterization of the ageing process of one-component polyurethane moisture curing wood adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 72, 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.09.008>.
- Çavuş, V. (2021). Weathering performance of mulberry wood with UV varnish applied and its mechanical properties. *BioResources*, 16(4), 6791-6798. <https://doi.org/10.15376/biores.16.4.6791-6798>.
- Çavuş, V., & Kara, M. (2020). Experimental determination of sound transmission loss of some wood species. *Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty*, 20(2), 190-199. <https://doi.org/10.17475/kastorman.801786>.
- de Moura, L. F., Brito, J. O., Nolasco, A. M., Uliana, L. R., & Muniz, G. I. B. (2013). Evaluation of coating performance and color stability on thermally rectified *Eucalyptus grandis* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* woods. *Wood Research*, 58(2), 231-242.
- Davis, A. (1977). In: Grassie N, editor. *The weathering of polymers in development in polymer degradation - 1*. London: Applied Science Publishers.
- Evans, P. D. (1996). The influence of season and angle of exposure on the weathering of wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 54, 200.
- Feist, W. C. (1982). *Weathering of wood in structural uses, Structural uses of wood in adverse environments*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, pp 156-178.
- Ged, G., Obein, G., Silvestri, Z., Rohellec, J., & Viénot, F. (2010). Recognizing real materials from their glossy appearance. *Journal of Vision*, 10(9), 1-17. <https://doi.org/10.1167/10.9.18>.
- Gurleyen, L. (2021). Effects of artificial weathering on the color, gloss, adhesion, and pendulum hardness of UV system parquet varnish applied to doussie (*Azelia africana*) wood. *BioResources*, 16(1), 1616-1627. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.1616-1627>.
- Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., & Cakicier, N. (2017a). Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application. *Maderas-Ciencia y Tecnologia*, 19(2), 213-224. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2017005000019>.
- Gurleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., Gurleyen, T., & Cakicier, N. (2019). Effects of thermal modification of oak wood upon selected properties of coating systems. *Bioresources*, 14(1), 1838-1849. <https://doi.org/10.15376/biores.14.1.1838-1849>.
- Gürleyen, L. (2020). UV sistem parke verniği uygulanmış gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(4), 451-460. <https://doi.org/10.18182/tjf.795597>.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., & Çakıcıer, N. (2017b). Üvez (*Sorbus L.*) odununa uygulanan tek ve çift kat UV Sistem parke vernik katmanlarında renk, parlaklık ve salınımsal sertlik değerlerinin belirlenmesi. 5. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi, 29 Eylül - 01 Ekim, Bakü, Azerbaycan, 1327-1336.
- Hashemi, S. K. H., Latibari, A. J., Khademi-Eslam, H., & Alamuti, R. F. (2010). Effect of boric acid treatment on decay resistance and mechanical properties of poplar wood. *BioResources*, 5(2), 690-698.
- Herrera, R., Sandak, J., Robles, E., Krystofiak, T., & Labidi, J. (2018). Weathering resistance of thermally modified wood finished with coatings of diverse formulations. *Progress in Organic Coatings*, 119, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.02.015>.
- Holman, R. (1984). *U.V. and E.B. Curing Formulation for Printing Inks, Coatings and Paints*. p. 7-18, Selective Industrial Training Associates Limited, London, U.K.
- ISO 2813 (1994). *Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 4892-3 (2016). *Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 3: Fluorescent UV lamps*, The International Organization for Standardization.
- Kaboorani, A., Auclair, N., Riedl, B., & Landry, V. (2017). Mechanical properties of UV-cured cellulose nanocrystal (CNC) nanocomposite

- coating for wood furniture. *Progress in Organic Coatings*, 104, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.11.031>.
- Kayaman-Apohan, N., Amanoel, A., Arsu, N., & Güngör, A. (2003). Synthesis and characterization of UV-curable vinyl ether functionalized urethane oligomers. *Progress in Organic Coating*, 49, 23-32.
- Kaygin, B., & Akgun, E. (2009). A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces. *Scientific Research and Essay*, 4(1), 001-007.
- Koleske, J. V. (2002). *Radiation Curing of Coatings*, p. 218-221, Bridgeport, NJ, U.S.A.
- Kunwong, D., Sumanochitraporn, N., & Kaewpirom, S. (2011). Curing behavior of a UV-curable coating based on urethane acrylate oligomer: the influence of reactive monomers. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(2), 201-207.
- Landry, V., Blanchet, P., & Riedl, B. (2010). Mechanical and optical properties of clay-based nanocomposites coatings for wood flooring. *Progress in Organic Coatings*, 67(4), 381-388. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2009.12.011>.
- Li, X., Wang, D., Zhao, L., Hou, X., Liu, L., Feng, B., Li, M., Zheng, P., Zhao, X., & Wei, S. (2021). UV LED curable epoxy soybean-oil-based waterborne PUA resin for wood coatings. *Progress in Organic Coatings*, 151, 105942. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105942>.
- Macleod, I. T., Scully, A. D., Ghiggino, K. P., Ritchie, P. J. A., Paravagna, O. M., & Leary, B. (1995). Photodegradation at the wood-clearcoat interface. *Wood Science and Technology*, 29(3), 183-189.
- Moon, J. H., Shul, Y. G., Hong, S. Y., Choi, Y. S., & Kim, H. T. (2005). A study on UV-curable adhesives for optical pick-up: I. Photo-initiator effects. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 25(4), 301-312. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2004.09.003>.
- Mosjewski, R. (1999). *UV Curing for Wood Applications*. Radtech Report.
- Narlıoğlu, N. (2012). Kimyasal kâğıt hamuru üretiminde sodyum borhidrür'ün verim ve kristalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Patel, M. M., Patel, K. I., Patel, H. B., & Parmar, J. S. (2009). UV curable polyurethane coatings derived from cellulose. *Iranian Polymer Journal*, 18(11), 903-915.
- Perrin, F. X., Irigoyen, M., Aragon, E., & Vernet, J. L. (2001). Evaluation of accelerated weathering tests for three paint systems: a comparative study of their ageing behaviour. *Polymer Degradation and Stability*, 72(1), 115-124. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(01\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00005-2).
- Reinprecht, L. (2016). *Natural Durability of Wood. Wood Deterioration, Protection and Maintenance*; John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, UK, pp. 14-16.
- Roche, G. (1998). *Low-VOC Coatings Using Reactive Diluents, Demonstration Project*.
- Ross, J. S., & Sigel, G. A. (2006). *Armstrong's World Coatings Quality Journey*, Radtech Report.
- Rosu, D., Teaca, C. A., Bodirlau, R., & Rosu, L. (2010). FTIR and color change of the modified wood as a result of artificial light irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 99(3), 144-149. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.03.010>.
- Rowell, R. M. (2012). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. 2nd ed.; CRC Press/Taylor & Francis: Boca Raton, FL, USA, 2012; pp. 152-199.
- Salca, E. A., Krystofiak, T., Lis, B., Mazela, B., & Proszkyk, S. (2016). Some coating properties of black alder wood as a function of varnish type and application method. *BioResources*, 11(3), 7580-7594. <https://doi.org/10.15376/biores.11.3.7580-7594>.
- Sandak, J., Sandak, A., Grossi, P., & Petrillo, M. (2018). Simulation and visualization of aesthetic performance of bio-based building skin. Presented at IRG49 Scientific Conference on Wood Protection, Johannesburg, South Africa, 29 April-3 May 2018. IRG/WP 18-2063.
- Scrinzi, E., Rossi, S., & Deflorian, F. (2011a). Influence of natural and artificial weathering on aesthetic and protective properties of organic coatings. *Corrosion Reviews*, 9(5-6), 275-285. <https://doi.org/10.1515/CORRREV.2011.007>.
- Scrinzi, E., Rossi, S., Deflorian, F., & Zanella, C. (2011b). Evaluation of aesthetic durability of waterborne polyurethane coatings applied on wood for interior applications. *Progress in Organic Coatings*, 72(1-2), 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2011.03.013>.
- Singh, R. P., Tomer, N. S., & Bhadrachari, S. V. (2001). Photo-oxidation studies on polyurethane coating:

- effect of additives on yellowing of polyurethane. *Polymer Degradation and Stability*, 73(3), 443-446. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(01\)00127-6](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00127-6).
- Sögütlü, C., & Sönmez, A. (2006). Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 151-159.
- Sönmez, A. (1989). Ağaçtan yapılmış mobilya üstyüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Srivastava, A., Agarwal, D., Mistry, S., & Singh, J. (2008). UV curable polyurethane acrylate coatings for metal surfaces. *Pigment & Resin Technology*, 37(4), 217-223. <https://doi.org/10.1108/03699420810887843>.
- Stachowiak-Wencek, A. (2019). Influence of the packing method of wood products on the emission of volatile organic compounds. *Wood Research*, 64(3), 515-528.
- TS ISO 13061-1 (2021). Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Vardanyan, V., Poaty, B., Chauve, G., Landry, V., Galstian, T., & Riedl, B. (2014). Mechanical properties of UV-waterborne varnishes reinforced by cellulose nanocrystals. *Journal of Coatings Technology and Research*, 11(6), 841-852. <https://doi.org/10.1007/s11998-014-9598-3>.
- Vardi, J., Golan, A., Levy, D., & Gilead, I. (2010). Tracing sickle-blade levels of wear and discard patterns: A new sickle gloss quantification method. *Journal of Archaeological Science*, 37(7), 1716-1724. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.01.031>.
- Viengkhou, V., Ng, L. T., & Garnett, J. L. (1996). Role of additives on UV curable coatings on wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 61(3), 2361-2366.
- Wang, F., Hu, J. Q., & Tu, W. P. (2008). Study on microstructure of UV-curable polyurethane acrylate films. *Progress in Organic Coatings*, 62(3), 245-250. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.12.005>.
- Wang, J., Wu, H., Liu, R., Long, L., Xu, J., Chen, M., & Qiu, H. (2019). Preparation of a fast water-based UV cured polyurethane-acrylate wood coating and the effect of coating amount on the surface properties of oak (*Quercus alba* L.). *Polymers*, 11, 1414. <https://doi.org/10.3390/polym11091414>.
- Zhao, Z., Niu, Y., & Chen, F. (2021). Development and finishing technology of waterborne UV lacquer-coated wooden flooring. *BioResources* 16(1), 1101-1114. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.1101-1114>.