



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Kayın (*fagus orientalis lipsky*) odununun yüzey özelliklerine nano-grafen katkılı su bazlı verniklerin etkisi

*Effect of water based varnishes added nano-graphene on the surface properties of beech (*fagus orientalis lipsky*) wood*

Yazar(lar) (Author(s)): Hüseyin PELİT¹, Mustafa KORKMAZ²

ORCID¹: 0000-0002-5706-473X

ORCID²: 0000-0001-5595-2154

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Pelit H. ve Korkmaz M., “Kayın (*Fagus orientalis Lipsky*) odununun yüzey özelliklerine nano-grafen katkılı su bazlı verniklerin etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 22(1): 203-212, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.385436

Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Odununun Yüzey Özelliklerine Nano-Grafen Katkılı Su Bazlı Verniklerin Etkisi

Araştırma Makalesi / Research Article

Hüseyin PELİT*, **Mustafa KORKMAZ**

Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 17.11.2017 ; Kabul/Accepted : 10.12.2017)

ÖZ

Bu çalışmada, nano-grafen (NG) ile modifiye edilmiş su bazlı vernik uygulanan kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odunu örneklerinin yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve renk değişimi ile vernik yapışma direnci özellikleri araştırılmıştır. Su bazlı vernik içerisine, ağırlıkça %0.25, %0.50 ve %1 NG eklenmiş ve ardından hazırlanan vernik çözeltisi örnek yüzeylerine uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, vernik içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak örneklerin yüzey parlaklık değerleri azalmış, pürüzlülüğü ise bir miktar artmıştır. Diğer taraftan, NG miktarındaki artış sonucu kayın örneklerdeki vernik yapışma direncinde %25'e kadar önemli artışlar sağlanmıştır. Vernik uygulamalarından sonra örneklerin yüzey sertlik değeri artmıştır. Ancak, sertlik artışında NG'in etkisi öngörülenin aksine önemsiz bulunmuştur. Ayrıca, NG katkısı ve miktarındaki artış sonucu örneklerin L*, a* ve b* renk değerleri önemli oranda azalmıştır. Örnekler koyulaşmış ve yeşil-mavi renk eğilimi artmıştır. Sonuç olarak, su bazlı vernikte yüksek yapışma direncinin sağlanmasında ve ağaç malzemenin koyu tonlarda renklendirilmesinde NG'in değerlendirilmesi önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Yüzey özellikleri, ağaç malzeme, vernik, grafen.

Effect of Water Based Varnishes Added Nano-Graphene on the Surface Properties of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) Wood

ABSTRACT

In this study, surface glossiness, roughness, hardness, color change, and varnish adhesion resistance properties of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood samples coated with nano-graphene (NG) modified water based varnishes were investigated. 0.25%, 0.50% and 1% by weight of NG were added to the water-based varnish and the prepared solution was applied to the samples surfaces. According to the results of the research, the surface glossiness of the samples decreased and the roughness values increased slightly due to the increase of NG in the varnish. On the other hand, the increase in the amount of NG provided significant increases in varnish adhesion resistance up to 25%. The surface hardness value of beech samples increased up to 13% after varnishing. However in contrast to the predicted, effect of NG on hardness values was found to be insignificant. On the other hand, the values of L*, a* and b* decreased significantly with the increase of NG ratio. The samples were darkened and the green-blue color tendency of the samples increased. As a result, it may be recommended that NG addition can be prefer in the water based varnishes to provide high adhesion strength and in the surface darkening process.

Keywords: Surface properties, wood material, varnish, graphene.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mobilya ve dekorasyon endüstrisinde en çok tercih edilen malzemelerin başında ahşap ve ahşap esaslı kompozitler gelmektedir. Ahşap, doğadan doğrudan temin edilebilen doğal ve organik bir malzemedir. Bu özelliği onun bazı dış faktörler tarafından kolayca deforme edilebilmesine neden olmaktadır. Ağaç malzeme oluşuran lignin ve selüloz gibi polimer yapılar, diğer organik polimer yapılar benzer şekilde ultraviyole ışınlar karşı hassastır. Ağaç malzemenin

korumasız şekilde dış ortam koşullarına maruz kalması sonucu neredeyse tüm fiziksel ve mekanik özelliklerinde negatif değişimler ortaya çıkmaktadır.

Ahşap ve ahşap esaslı ürünlere koruma amaçlı işlemlerin yapılması uzun süreli verimli kullanım için kaçınılmaz bir durumdur. Özellikle ahşap malzemelerde bu işlemler emprenye etme, vernikleme ve boyama gibi süreçleri kapsamaktadır [1]. Renk ve parlaklık gibi özellikler bakımından oldukça geniş bir yelpazede seçme imkânı sunan boya ve vernikler, gelişen teknolojiyle beraber koruyuculuk, estetik ve hijyen açılarından da gün geçtikçe gelişmektedir.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : huseyinpelit@duzce.edu.tr

20. yüzyılın başlarından itibaren boya ve vernik endüstrisinde kullanımı önemli oranda artan solvent bazlı sistemler, içerdikleri yüksek uçucu organik bileşikler (Volatile Organic Compounds/VOC) ve bu bileşiklerin gün geçtikçe atmosfere daha çok salınması nedeniyle insan sağlığına ve doğaya ciddi zararlar vermektedir. 1950'li yıllardan beri yapılan çalışmalarda bu salınımları azaltmaya yönelik belirli kararlar alınarak bazı düzenlemeler yapılmaya çalışılmıştır.

1955 yılında Birleşik Devletler'de yerel çapta, hava kirliliğini önemli bir problem olarak kabul eden Temiz Hava Anlaşması (Clean Air Act) ile yerel yönetimlerde atmosfere zarar veren bazı uçucu organik bileşiklerin kullanımları sınırlandırılmış veya tamamen ortadan kaldırılmıştır [2]. Takip eden dönemde, farklı ülkelerde de benzer girişimler görülmüş ve 1963, 1970, 1977 ve 1990 yıllarında Temiz Hava Anlaşması'nda önemli değişiklikler gerçekleştirilerek kapsamı genişletilmiştir. Türkiye'nin de dahil olduğu bir anlaşma olan Kyoto Protokolü ile, 1997 yılında dünyanın birçok ülkesinde atmosfere zarar veren uçucu gazların kullanımı sınırlandırılmıştır. Bu anlaşma uluslararası ölçekte katılım bulmuş en önemli anlaşma olarak kabul edilmektedir [3].

Su çözücülü sistemler, içerdikleri maddeler bakımından solvent çözücülü üst yüzey sistemlerine kıyasla çok daha az oranda uçucu organik bileşik içermektedir. Bu durum, özellikle gelişen teknoloji ve toplumsal bilinçlenme ile gelecekte su çözücülü boya ve verniklerin daha geniş kullanım alanı bulacağına en önemli göstergelerinden biridir [4, 5]. Su bazlı teknolojisindeki "polimer heterojenitesi kontrolü", bu teknolojinin daha yaygın uygulanmasını sağlamış hemen hemen tüm sıvı yüzey kaplama sınıflandırmalarında solvent bazlı kaplamaların yerine geçmesinde ve boya vernik endüstrisindeki sorunları çözmede önemli bir araç olmuştur. Ayrıca bu teknolojiyi kullanan tüm çalışanlar için çok gelişmiş güvenlik ve çevre profilini, düşük sağlık etkisini beraberinde getirmiştir [6, 7]. Ancak, su bazlı verniklerin çeşitli direnç özelliklerinin (sertlik, adezyon, aşınma vb.) solvent bazlı verniklerden daha düşük olduğu önceki çalışma sonuçlarında vurgulanmıştır [8-13].

Oluşturdukları katmanların fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini geliştirmek için vernik ve boyalara çeşitli modifikasyonlar yapılması alışlageldik bir durumdur. Bu konularda yapılmış ve literatüre geçmiş pek çok çalışma bulunmaktadır. Vardanyan ve ark. (2015) çalışmasında, çeşitli ahşap boyalarının içerisine nano boyuttaki selüloz kristallerini eklenmiş, daha sonra ise yaşlandırma sonrası renk değişimi ve yüzey pürüzlülük özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, nano boyuttaki selüloz kristallerinin yaşlandırma sonrasında ortaya çıkan renk değişimi değerlerini olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir [1].

Atar ve Peker (2010) çalışmasında, bor bileşikleri ile emprenye edilen farklı ağaç türlerine uygulanan verniklerde yapışma direnci özellikleri test edilmiştir. Sonuç olarak, emprenye maddesi çözeltisi artıkça

yapışma direnci özelliklerinde de artış bulunduğunu belirtilmiştir [14]. Peker (2015) çalışmasında, atık çay ekstraktları su bazlı verniklerle karıştırılarak verniklerin renk değişimleri incelenmiş ve sonuç olarak bu ekstraktların boya içerisinde tutunmalarının oldukça iyi özellikler gösterdiği ve suda çözünen bu ekstraktların çeşitli kahverengi tonları elde etmek için kullanılabileceği rapor edilmiştir [15]. Keskin ve Atar (2008) çalışmasında, çeşitli kimyasallarla emprenye edilmiş ağaç malzemelere farklı vernikler uygulanarak bu verniklerin parlaklık değerlerine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, vernikleme öncesi emprenye işleminin parlaklık değeri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu vurgulanmıştır [16]. Budakçı ve ark. (2009) çalışmasında, su bazlı vernik içerisine katılan borik asitin verniğin sertlik değerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, vernik içerisindeki borik asit konsantrasyonunun artması ile doğru orantılı olarak sertlik değerinin arttığı belirtilmiştir.

Terminolojik olarak ismi "Graphite" ve "ene" kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşan Grafen, iki boyutlu (2D), hegzagonal biçimde sıkıca örülmüş karbon atomlarının düz tabakalar şeklinde bir araya gelmesiyle oluşur. Grafen, grafit materyallerin ve diğer karbon temelli yapıların ana yapıtaşıdır [18]. Bilinen ilk 2 boyutlu materyal olan grafen aynı zamanda en ince, boyutlarına oranla en güçlü ve sağlam karbon yapısıdır. Her geçen gün daha fazla kullanım alanı bulan grafenin, gelişmiş fiziksel ve kimyasal özellikleri ile önümüzdeki dönemde de elektronik, tıp, inşaat ve havacılık gibi alanlarda büyük yeniliklere yol açması beklenmektedir [19].

Vernik katmanlarında katkı maddesi olarak grafen kullanımı konusunda literatürde çok az çalışma bulunmaktadır. Nuraje ve ark. (2013) çalışmasında, poliüretan verniğe ilave edilen grafen'in, moleküler yapısı gereği yansıyan ışığı emdiği ve verniğin UV ışınlarına ve foto-korozyona karşı direncini belirgin bir şekilde arttırdığı bildirilmiştir [20]. Başka bir çalışmada, poliüretan reçine esaslı su bazlı verniğe eklenen grafen oksit katman sertliğini artırıcı özellik gösterdiği belirtilmiştir [21]. Ayrıca literatürde, bazı vernik türlerinde kullanılan nano boyuttaki partiküllerin hem mekanik yönden hem de hava koşullarına daha dayanıklı vernik katmanları elde etmek için en umut verici yöntemlerden biri olduğu belirtilmiştir [22, 23]. Bahsedilen literatür bilgileri doğrultusunda, grafen'in olumlu teknik özelliklerinin yanı sıra nano boyutlu bir malzeme olması nedeniyle bu çalışmanın önem arz ettiği düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada; kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odunu örneklerinin yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve renk değerleri ile vernik yapışma direnci özelliklerine su bazlı vernik içerisine farklı oranlarda (%0.25, %0.50 ve %1) eklenen nano boyuttaki grafen etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Ağaç Malzeme (Wood Material)

Çalışmada, masif mobilya üretiminde sıklıkla tercih edilen Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) kullanılmıştır. Örnekler, tesadüfi olarak seçilen birinci sınıf kerestenin diri odun kısmından düzgün lifli, ardaksız, budaksız, renk ve yoğunluk farkı olmayan bölgelerinden, yıllık halkalar yüzeye dik gelecek şekilde TS 2470 esaslarına uyularak hazırlanmıştır [24]. 550×110×12 mm taslak ölçülerinde kesilen örneklerin hava kurusu rutubete gelmesi sağlandıktan sonra bu örnekler sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi %65±3 olan iklimlendirme dolabında TS 2471 esaslarına uyularak değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir [25]. Ardından örnekler 100×100×10 mm (boyuna yön × radyal yön × teğet yön) ölçülerinde ve her bir test değişkeni için 6 tekrarlı (n=6) olacak sayıda kesilmiştir. Daha sonra örnek yüzeyleri sırası ile 150 ve 180 kum zımpara ile zımparalanmış ve basınçlı hava ile tozları alınarak verniklemeye hazır hale getirilmiştir.

2.2. Nano-Grafen Katkılı Vernik (The Varnish Added Nano-Graphene)

Deney örneklerinin verniklenmesinde parlak özellikteki, tek bileşenli akrilik kopolimer reçine esaslı su bazlı ahşap verniği kullanılmıştır. Su bazlı vernik özelliklerini modifiye etmek amacı ile içerisine ağırlıkça %0.25, %0.50 ve %1 nano-grafen (NG) eklenmiştir. Kullanılan NG'ye ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. NG'in vernik içerisinde eşit dağılımını sağlamak ve homojen bir çözelti elde etmek için vernik sıvısı manyetik karıştırıcı ile 30 dakika süresince karıştırılmıştır. Elde edilen vernik çözeltilerine ait bazı teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

miktarı 0.01 g duyarlıklı analitik terazi ile tartılarak belirlenmiştir. Vernik katmanlarında tam kurumunun gerçekleşmesi için deney örnekleri yer düzlemine paralel konumda ve oda sıcaklığında üç hafta süre ile bekletilmiştir.

Vernik çözeltilerinin katı madde miktarının belirlenmesinde TS EN ISO 3251 esaslarına uyulmuştur [27]. Ayrıca, örnek yüzeylerinde tam kuruması gerçekleşen verniklerin kuru film (katman) kalınlıkları, ASTM-D 6132-13 ve TS EN ISO 2808 esaslarına uyularak, yüksek frekanslı ses dalgaları (ultrasonik) ile tahribatsız ölçüm yapabilen (±2 µm + %3 hassasiyetinde) *PosiTector-200* isimli cihaz ile belirlenmiştir [28, 29].

Deneyler öncesinde örnekler ASTM-D 3924 esaslarına göre 23±2°C sıcaklık ve %50±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında 16 saat süre ile bekletilmiştir [30].

2.3. Yüzey Parlaklığının Belirlenmesi (Determination of Surface Brightness)

Yüzey parlaklık değerleri TS EN ISO 2813'e uyularak parlaklık ölçer (Gloss-meter) ile belirlenmiştir [31]. Vernikleme öncesi ve sonrası her bir örnek yüzeyinde iki ölçüm liflere dik ve iki ölçümde liflere paralel olacak şekilde alınmış ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir.

Boya ve vernik katmanlarının parlaklığı tespit edilirken 20° mat katmanların, 60° hem mat hem de parlak katmanların, 85° ise çok parlak katmanların yüzey parlaklığını belirlemek için kullanılmaktadır [32]. Çalışmada, 60±2°de ölçüm yapan parlaklık ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın her bir işlem grubu ölçümünden önce iyi cilalanmış, düzgün yüzeyli, kırılma indisi 1.567 olan ve parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş siyah cam ile kalibrasyonu yapılmıştır.

Çizelge 1. Nano-grafen özellikleri (Properties of nano-graphene)

Görünüm	Saflık (%)	Yoğunluk (g/cc)	Çap (µm)	Kalınlık (nm)	Spesifik yüzey alanı (m ² /g)
Siyah	99.5	0.2-0.4	1.5	3	750

Çizelge 2. Vernik özellikleri (Varnish properties)

Vernik tipi	pH derecesi	Yoğunluk (g/cm ³)	Uygulama viskozitesi (sn/DIN Cup 4mm/20 °C)	Uygulanacak vernik miktarı (g/m ²)	Katı madde miktarı (%)	Kuru film kalınlığı (µm)
SB	8.1	1.02	18	80±3	37.75	88.7
SB + %0.25 NG	8.1	1.02	18	80±3	40.55	89.6
SB + %0.50 NG	8.0	1.01	18	80±3	40.30	90.5
SB + %1 NG	8.0	0.99	18	80±3	39.70	89.8

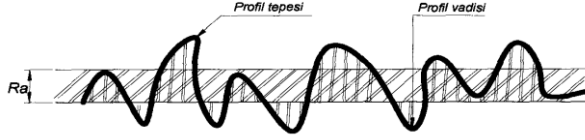
SB: Su bazlı vernik; NG: Nano-grafen

Deney örneklerinin verniklenmesi, vernik üreticisi firmanın önerileri doğrultusunda ve ASTM-D 3023 standardına uygun olarak yapılmıştır [26]. Vernik uygulamaları yumuşak kıllı bir fırça ile 1 dolgu katı ve 2 son kat şeklinde gerçekleştirilmiştir. Katlar arasında ikişer saat beklenmiş ve 280 kum zımpara ile örnek yüzeyleri hafifçe zımparalanmıştır. Uygulanacak vernik

2.4. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi (Determination of Surface Roughness)

Pürüzlülük ölçümleri TS 2495 EN ISO 3274 ve TS 6212 EN ISO 4288 esaslarına uyularak, ardışık profil değişikliklerini ölçebilen TIME TR-200 dokunmalı (iğneli) yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile yapılmıştır [33, 34]. Pürüzlülük ölçüm cihazı, tarama iğnesinin 5 µm

çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde aşağıya-yukarıya hareket ettirerek yüzeydeki girinti ve çıkıntıların profilini çıkarmak suretiyle ölçüm yapmaktadır. Profil girintileri (vadi) ve çıkıntıları (tepe) arasında bulunan merkez çizgisini ortalama pürüzlülük değeri (R_a) olarak göstermektedir (Şekil 1). Bu çalışmada yüzey pürüzlülük değerleri R_a parametresi esasına göre belirlenmiştir.



Şekil 1. Tarama iğnesi ile belirlenen yüzey profili (Surface profile determined by the scanning needle) [35]

Pürüzlülük ölçüm cihazı 2,5 mm ölçme adımı ve 5 ölçme sayısına ayarlandıktan sonra, ölçümler vernikleme öncesi ve sonrasında her örneğin iki ayrı noktasında liflere dik yönde yapılmış ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir. Ölçümlerde hassasiyetin sağlanması için her bir işlem grubu ölçümlerinden önce, cihaza ait kalibrasyon levhasında kontrol ölçümleri yapılmıştır.

2.5. Yüzey Sertliğinin Belirlenmesi (Determination of Surface Hardness)

Yüzey sertlikleri, TS EN ISO 1522 standardına uyularak pandüllü sertlik ölçme aleti ile Köning ölçme yöntemine göre belirlenmiştir [36]. Ölçme işlemi, 63 ± 3.3 HRC sertliğinde ve 5 ± 0.0005 mm çapında iki bilye ile 6° 'den 3° 'ye kadar olan salınımların sayılması şeklinde yapılmıştır. Salınım sayısının fazla olduğu yüzeyler sert, az olduğu yüzeyler ise daha düşük sertliktedir [32]. Her bir örnek yüzeyinde ikişer ölçüm alınmış ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir. Ölçme aleti her bir grubun ölçümünden önce, kalibrasyon camı kullanılarak 40 saniyede 100 salınım verecek şekilde kalibre edilmiştir.

2.6. Yapışma (Adezyon) Direncinin Belirlenmesi (Determination of Varnish Adhesion Resistance)

Vernik katmanının yüzeye yapışma direnci, ASTM D4541 standardına uyularak UTEST üniversal test cihazı ile belirlenmiştir [37]. Çapı 20 mm olan çelik deney silindirleri kalıp yardımı ile oda sıcaklığında (20°C) örnek yüzeylerine yapıştırılmıştır. Bu durumdaki örnekler 72 saat süre ile bekletilmiştir. Yapıştırma işlemlerinde, 150 ± 10 g/m² hesabı ile çift bileşenli epoksi reçineli koruyucu katmanlar üzerinde çözücü etkisi olmayan yapıştırıcı kullanılmıştır. Kopmanın vernik katmanından gerçekleşmesini sağlamak için çelik silindirlerin etrafındaki vernik katmanı bir aparat ile kesilmiştir. Daha sonra, üniversal test cihazının çekme hızı 5 mm/dk'ya ayarlandıktan sonra testler gerçekleştirilmiş ve vernik yapışma (adezyon) direnci (X) Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

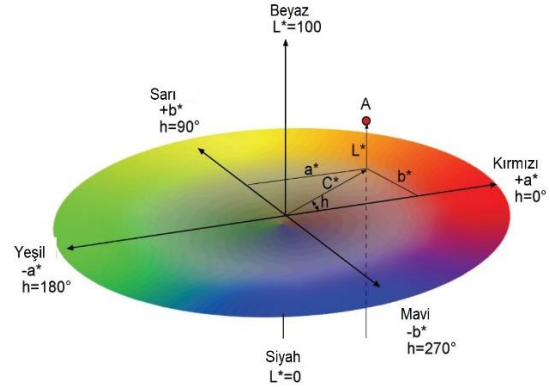
$$X (MPa) = 4F/\pi d^2 \quad (1)$$

Burada; F : kopma anındaki kuvveti (Newton), d : çelik silindirin çapını (mm) ifade etmektedir. Her bir örnek

yüzeyinde 2 adet çekme testi yapılmış ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak alınmıştır.

2.7. Yüzey Renk Değişiminin Belirlenmesi (Determination of Surface Color Change)

Yüzey renk değerleri ASTM D2244 standardına uyularak *BYK-Gardner Spectrophotometer* renk ölçüm cihazı ile Şekil 2'de gösterilen CIEL*a*b* renk koordinat sistemi esasına göre belirlenmiştir [38]. Bu sistemde, L^* siyah-beyaz ekseninde (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$), a^* kırmızı-yeşil ekseninde (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil), b^* ise sarı-mavi ekseninde (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) yer almaktadır [39].



Şekil 2. Üç boyutlu CIEL*a*b* renk koordinat sistemi (Three dimensional CIEL*a*b* color coordinate system) [40]

Çalışmada, L^* , a^* ve b^* renk parametreleri birbirinden bağımsız olarak incelenmiştir. Ayrıca, L^* , a^* ve b^* parametrelerinin vernik uygulamalarından önceki ve sonraki değerleri arasındaki farkı ifade eden sırası ile ΔL^* , Δa^* ve Δb^* aşağıdaki eşitlikler (Eşitlik 2, 3 ve 4) yardımı ile belirlenmiştir. Vernik uygulamalarından sonra örnek yüzeylerinde meydana gelen toplam renk değişimi/farkı (ΔE^*) ise Eşitlik 5 kullanılarak belirlenmiştir.

$$\Delta L^* = L^*_v - L^*_k \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a^*_v - a^*_k \quad (3)$$

$$\Delta b^* = b^*_v - b^*_k \quad (4)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (5)$$

Burada, ΔL^* rengin açıklık veya koyuluk değerindeki değişimi ($L^*_{\text{vernikli}} - L^*_{\text{verniksiz}}$), Δa^* kırmızı renk tonundaki değişimi ($a^*_{\text{vernikli}} - a^*_{\text{verniksiz}}$), Δb^* ise sarı renk tonundaki değişimi ($b^*_{\text{vernikli}} - b^*_{\text{verniksiz}}$) ifade etmektedir. Renk parametrelerinin belirlenmesinde, her bir örneğin iki farklı bölgesinden ölçüm alınmış ve ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir. Her bir işlem grubunun renk ölçümü öncesinde cihaz, beyaz renge göre $a = -1.00 \pm 0.3$; $b = 0.58 \pm 0.3$ ve $L = 94.95 \pm 0.3$ olacak şekilde kalibre edilmiştir.

2.8. İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis)

İstatistiksel değerlendirmeler için MSTATC paket programı kullanılmıştır. Doğru kayımlı örneklerin yüzey özellikleri üzerine nano-grafen ile modifiye edilmiş su bazlı vernik uygulamalarının etkisini belirlemek için 0.05

önem düzeyinde varyans analizi uygulanmıştır. Ayrıca, kontrol ve vernik uygulanmış örneklerde yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve vernik yapışma direnci ile renk değerleri değişiminin ortalamaları Duncan testleri ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Doğu kayını örneklerde vernikleme öncesi ve sonrası yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik, vernik yapışma direnci ve L*, a*, b* renk parametrelerinin ortalama değerleri Çizelge 3'de gösterilmiştir. Ayrıca bu yüzey özelliklerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

parlaklık değerleri azalmıştır. NG'in su bazlı vernik katmanlarında matlaştırıcı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi, NG katkılı su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde yüzeye gelen ışığın bir miktar emilerek şiddetinin azalması veya kırılması sonucu değişik açılarda geri yansıtılmasından ve buna ilave olarak pürüzlülük değerlerindeki artışlardan kaynaklanmış olabilir. Literatürde, düzgün ve kusursuz yüzeylerin belirli bir yönden gelen ışığı aynı yada benzer bir açı ile geri yansıttığı [32], tam parlak bir vernik katmanında yüzeye gelen ışık ile yansıyan ışığın yüzeye yaptıkları açılardan birbirine eşit olduğu bildirilmiştir [41].

Yüzey pürüzlülük değeri, en düşük katkısız su bazlı vernik uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Vernik içerisine katılan NG miktarındaki artışa paralel olarak

Çizelge 3. Örneklerde yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik, vernik yapışma direnci ve renk parametrelerinin ortalama değerleri (The mean values of surface brightness, roughness, hardness, varnish adhesion resistance and color parameters in the samples)

Vernik tipi	İstatistiksel değer	Test						
		Parlaklık	Pürüzlülük (µm)	Sertlik (salınım)	Yapışma direnci (MPa)	L*	a*	b*
Verniksiz	<i>X (min.)</i>	2.70	1.996	48.50	-	69.36	10.68	20.67
	<i>X (mak.)</i>	2.98	3.015	54.00	-	70.76	11.33	23.12
	<i>X (ort.)</i>	2.89	2.464	51.00	-	70.25	10.94	21.38
	<i>St.Sp.</i>	0.10	0.364	2.37	-	0.59	0.28	0.94
SB	<i>X (min.)</i>	71.98	1.264	53.50	2.720	62.95	13.26	28.81
	<i>X (mak.)</i>	79.18	1.624	59.50	3.997	63.65	13.94	30.10
	<i>X (ort.)</i>	76.16	1.428	57.17	3.421	63.35	13.68	29.51
	<i>St.Sp.</i>	2.71	0.124	2.23	0.567	0.33	0.24	0.50
SB + %0.25 NG	<i>X (min.)</i>	62.28	1.177	52.00	3.597	17.36	4.03	10.18
	<i>X (mak.)</i>	65.93	2.118	60.00	4.074	20.16	4.47	11.26
	<i>X (ort.)</i>	63.96	1.433	57.50	3.834	18.78	4.25	10.65
	<i>St.Sp.</i>	1.42	0.353	3.27	0.179	1.16	0.17	0.45
SB + %0.50 NG	<i>X (min.)</i>	53.30	1.414	54.50	3.501	5.80	1.06	1.73
	<i>X (mak.)</i>	55.35	1.892	59.00	4.350	6.57	1.39	2.50
	<i>X (ort.)</i>	54.42	1.628	56.83	3.927	6.17	1.19	2.14
	<i>St.Sp.</i>	0.88	0.165	1.47	0.279	0.34	0.15	0.29
SB + %1 NG	<i>X (min.)</i>	38.90	1.330	54.00	3.469	4.56	-0.15	-0.39
	<i>X (mak.)</i>	40.83	2.021	61.50	4.971	5.15	-0.05	-0.17
	<i>X (ort.)</i>	40.22	1.651	57.00	4.266	4.90	-0.11	-0.26
	<i>St.Sp.</i>	0.75	0.298	2.68	0.597	0.19	0.04	0.07

SB: Su bazlı vernik; NG: Nano-grafen; *St.Sp.*: Standart sapma

Çizelge 4 sonuçlarına göre; kayın örneklerin tüm yüzey özelliklerindeki değişim üzerine su bazlı vernik uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur ($p \leq 0.05$). Kontrol (verniksiz) ve su bazlı vernik uygulanmış kayın örneklerin yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve vernik yapışma direnci ortalama değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde; parlaklık değeri, en yüksek katkısız su bazlı vernik uygulanmış örneklerde ölçülmüştür. Ancak, su bazlı vernik içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak örneklerin yüzey

örneklerin yüzey pürüzlülük değeri de artış göstermiştir. Ancak, hem katkısız hem de katkılı su bazlı vernik uygulanmış tüm örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Vernik uygulamalarından sonra örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri kontrol (verniksiz) örneklere göre %42 oranına kadar azalmış ve yüzey düzgünlüğü artmıştır. Bu durum, boşluklu yapıya sahip ağaç malzemede gözeneklerin vernik sıvısı tarafından doldurulmuş olması ve yüzeyde ayrı bir film tabakası oluşumu ile açıklanabilir. Yüzeydeki tepe ve vadilerin ölçülmesi ile elde edilen pürüzlülük değerinin, heterojen

Çizelge 4. Örneklerin yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik, vernik yapışma direnci ve renk değerleri için varyans analizi sonuçları (Analysis of variance results for surface brightness, roughness, hardness and varnish adhesion resistance of the samples)

Test	Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0.05$
Parlaklık	Tekerrür (Replikasyon)	5	11.322	2.264	1.0730	0.4047
	Vernik tipi	4	19100.673	4775.168	2262.7467	0.0000*
	Hata	20	42.207	2.110		
	Toplam	29	19154.202			
Pürüzlülük	Tekerrür (Replikasyon)	5	0.623	0.125	1.8861	0.1419
	Vernik tipi	4	4.409	1.102	16.6851	0.0000*
	Hata	20	1.321	0.066		
	Toplam	29	6.353			
Sertlik	Tekerrür (Replikasyon)	5	54.700	10.940	2.2221	0.0922
	Vernik tipi	4	181.533	45.383	9.2180	0.0002*
	Hata	20	98.467	4.923		
	Toplam	29	334.700			
Yapışma direnci	Tekerrür (Replikasyon)	5	1.246	0.249	1.3863	0.2845
	Vernik tipi	3	2.172	0.724	4.0290	0.0275*
	Hata	15	2.695	0.180		
	Toplam	23	6.113			
L*	Tekerrür (Replikasyon)	5	2.285	0.457	1.2260	0.3336
	Vernik tipi	4	24117.222	6029.306	16176.304	0.0000*
	Hata	20	7.454	0.373		
	Toplam	29	24126.962			
a*	Tekerrür (Replikasyon)	5	0.366	0.073	2.5979	0.0575
	Vernik tipi	4	881.515	220.379	7823.8282	0.0000*
	Hata	20	0.563	0.028		
	Toplam	29	882.444			
b*	Tekerrür (Replikasyon)	5	0.840	0.168	0.5387	-
	Vernik tipi	4	3849.714	962.429	3086.6802	0.0000*
	Hata	20	6.236	0.312		
	Toplam	29	3856.790			

*: %95 güven düzeyinde önemli

Çizelge 5. Vernik tipi düzeyinde örneklerin parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve vernik yapışma direnci değerlerine ait Duncan testi karşılaştırmaları (Comparisons of Duncan test related to brightness, roughness, hardness and varnish adhesion resistance values of samples at varnish type level)

Vernik tipi	Parlaklık		Pürüzlülük		Sertlik		Yapışma direnci	
	X	HG	X	HG	X	HG	X	HG
Verniksiz	2.89	e	2.464	a	51.00	b	-	-
SB	76.16	a	1.428	b	57.17	a	3.421	b
SB + %0.25 NG	63.96	b	1.433	b	57.50	a	3.834	ab
SB + %0.50 NG	54.42	c	1.628	b	56.83	a	3.927	ab
SB + %1 NG	40.22	d	1.651	b	57.00	a	4.266	a
LSD	± 1.749		± 0.3094		± 2.672		± 0.5221	

X: Ortalama değer; HG: Homojenlik grubu; LSD: En küçük önemli fark; SB: Su bazlı vernik; NG: Nano-grafen

bir malzeme olan ağaç malzemede kesim sonrası yüzeyde kalan trahe, paransim, reçine kanalları, porlar, lifler vb. odun elemanlarının yapıları nedeniyle verniklenmemiş yüzeylerde daha yüksek olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir [42, 43].

Yüzey sertlik değeri en düşük verniksiz örneklerde elde edilirken diğer tüm vernik uygulanmış örneklerde aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmak üzere daha yüksek bulunmuştur. Vernik uygulamalarından sonra kayın örneklerin yüzey sertlik değeri %13'e kadar artış göstermiştir. Çalışmada kullanılan su bazlı vernik

katman sertliğinin, kayın malzemenin doğal haldeki sertliğinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuçlar bu bakımdan literatür ile uyumludur [44]. Su bazlı vernik içerisine farklı oranlarda eklenen NG, vernikli örneklerin yüzey sertliğini değiştirmemiştir. Çalışmada, vernik içerisine eklenen NG'in sertlik değerlerini artırması öngörülmekte idi. Zira literatürde, NG'in üstün mekanik özellikleri nedeni ile son yıllarda büyük ilgi gördüğü ifade edilmiştir [45-47]. Ancak sertlik değerleri beklendiği gibi sonuçlanmamıştır. Bunun nedeni, çalışmada kullanılan NG (Çizelge 1) veya su bazlı verniğin (Çizelge 2) özelliklerinden kaynaklanmış olabilir. Zira literatürde, grafen oksit ile modifiye edilmiş poliüretan reçine esaslı su bazlı verniğin modifiye edilmemiş verniklere oranla daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirtilmektedir [21].

Çizelge 5 sonucuna göre; vernik yapışma (adezyon) direnci en yüksek %1 NG katkılı su bazlı vernik

kaynaklanabilir. Ayrıca; yapışma direncindeki artışlar, karbon temelli yapıya sahip ağaç malzeme ile yine karbon temelli NG ile modifiye edilmiş vernik katmanı arasında güçlü çapraz bağların kurulmuş olma ihtimali ile açıklanabilir. Literatürde; grafen'in, karbon atomlarının iki boyutlu düz tabakalarından oluştuğu ve karbon temelli bileşiklerin ana yapıtaşını oluşturduğu ifade edilmiştir [49, 18]. Diğer taraftan, odunsu hücre çeperinin elementer yapısı itibarıyla karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O)'den meydana geldiği [50, 51], karbon elementinin tam kuru haldeki odun ağırlığına katılma oranının ise yaklaşık %50 olduğu belirtilmiştir [52, 53]. Verniksiz ve su bazlı vernikler uygulanmış kayın örneklerin L*, a* ve b* ortalama değerlerinin Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde; L* değeri en yüksek verniksiz örneklerde, en düşük %1 NG katkılı su bazlı vernik uygulanmış örneklerde bulunmuştur. Tüm vernik

Çizelge 6. Vernik çeşidi düzeyinde kayın örneklerin L*, a* ve b* değerlerine ait Duncan testi karşılaştırmaları (Comparisons of Duncan test related to L*, a* and b* values of beech samples at varnish type level)

Vernik tipi	L*		a*		b*	
	X	HG	X	HG	X	HG
Verniksiz	70.25	a	10.94	b	21.38	b
SB	63.35	b	13.68	a	29.51	a
SB + %0.25 NG	18.78	c	4.25	c	10.65	c
SB + %0.50 NG	6.17	d	1.19	d	2.14	d
SB + %1 NG	4.90	e	-0.11	e	-0.26	e
LSD	± 0.7355		± 0.2015		± 0.6727	

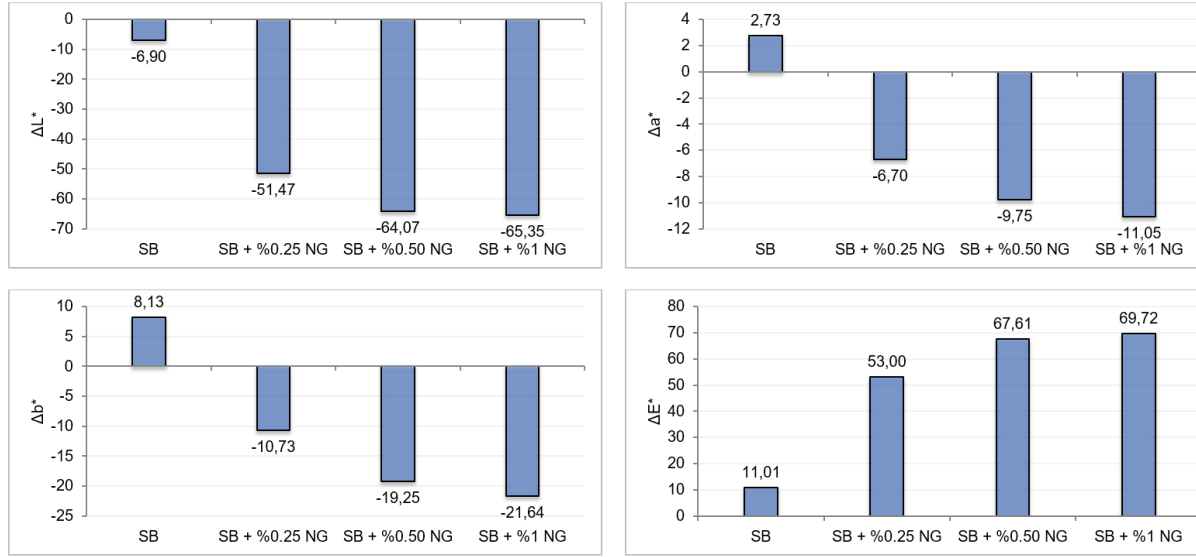
X: Ortalama değer; HG: Homojenlik grubu; LSD: En küçük önemli fark; SB: Su bazlı vernik; NG: Nano-grafen

uygulanmış örneklerde, en düşük ise katkısız su bazlı vernik uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Su bazlı vernik içerisine katılan NG miktarındaki artışa bağlı olarak kayın örneklerde vernik yapışma direnci artmıştır. Katkısız su bazlı vernik uygulanmış örnekler göre; %0.25 NG, %0.50 NG ve %1 NG katkılı su bazlı vernik uygulanan örneklerde vernik yapışma direnci sırası ile %12, %15 ve %25 artış göstermiştir. Benzer şekilde önceki bir çalışmada, akrilik verniklere eklenen grafenin adezyon direnci özelliklerine pozitif bir etkisinin olduğu belirtilmiştir [48]. Vernik yapışma direncinde meydana gelen bu önemli artışlar, nano boyuttaki grafen'in vernikle ağaç malzeme arasındaki etkileşim yüzeyini (spesifik yüzey alanını) arttırmış olmasından

uygulanmış kayın örneklerin L* değeri azalmıştır. Ancak özellikle su bazlı vernik içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak L* değeri önemli derecede azalmış ve örneklerin rengi büyük ölçüde koyulaşmıştır (Şekil 3). Grafikselsel olarak incelendiğinde, vernik uygulamalarından sonra verniksiz örneklere göre hesaplanan açıklık veya koyuluk değişimi (ΔL^*) eksi yönlüdür ve tüm örnekler (özellikle NG ile işlem gören) koyulaşma eğilimindedir (Şekil 4). Vernik içerisine eklenen NG'in değişik oranlardaki kullanımı ile ahşap malzemede farklı koyu tonların elde edilebileceği görülmüştür.



Şekil 3. Verniklenmiş kayın örneklerin görünümü (The appearance of varnished beech samples)



Şekil 4. Vernikleme sonrası kayın örneklerin renk parametrelerindeki değişim/fark (Changes in color values of beech samples after varnishing)

Kayın örneklerin a^* ve b^* renk değerleri en yüksek katkısız su bazlı vernik uygulamasında, en düşük ise %1 NG katkılı su bazlı vernik uygulamasında elde edilmiştir. Verniksiz örnekler göre; a^* ve b^* değeri su bazlı vernik uygulamasından sonra artmıştır. Ancak NG katkılı su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde kontrol örnekler göre a^* ve b^* değeri NG miktarındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Verniksiz örnekler göre, katkısız su bazlı vernik uygulanmış örneklerin a^* ve b^* renk tonu değerlerindeki değişim (sırası ile Δa^* ve Δb^*) artı yönlüdür ve bu örneklerde kırmızı ile sarı renk artış eğilimindedir. NG katkılı su bazlı vernik uygulanmış örneklerde ise Δa^* ve Δb^* değişim değerleri eksi yönlüdür ve bu örneklerde de yeşil ile mavi renk önemli oranda artış eğilimindedir (Şekil 4).

Vernik uygulamalarından sonra verniksiz kayın örnekler göre hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE^*) katkısız su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde en düşük düzeyde gerçekleşirken, %1 NG katkılı su bazlı vernik uygulanmış yüzeylerde en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir (Şekil 4). Su bazlı vernik uygulaması örneklerin ΔE^* değerini etkilemiştir. Ancak ΔE^* değerini etkileyen esas faktörün NG olduğu görülmüştür. Vernik içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak ΔE^* değeri önemli oranda artmıştır. Ancak, %0.50 ve %1 NG eklenmiş vernikli yüzeylerde birbirine yakın ΔE^* değerleri elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada, içerisine farklı oranlarda NG eklenmiş su bazlı vernik uygulanan kayın örneklerde yüzey parlaklık, pürüzlülük, sertlik ve renk değişimi ile vernik yapışma direnci özellikleri incelenmiştir. Verniksiz örnekler göre, vernik uygulanmış örneklerin yüzey parlaklık değerleri önemli derecede artarken, yüzey pürüzlülük değerleri %42 oranına kadar azalmıştır. Ancak, vernik

içerisine eklenen NG miktarındaki artışa bağlı olarak örneklerin yüzey parlaklık değerleri %47 oranına kadar azalmış, pürüzlülük ise %16 oranına kadar artış göstermiştir. NG'in yüzeylerde matlaştırıcı bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Literatürde, diğer vernik türlerine göre su bazlı verniğin parlaklık özelliklerinin daha düşük olduğu belirtilmektedir [8]. Bu açıdan bakıldığında, verniklerin önemli özelliklerinden biri olan parlaklığın NG eklenmesiyle düşmesi olumsuz bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer taraftan, NG miktarındaki artışa bağlı olarak kayın örneklerin vernik yapışma direncinde %12'den %25'e kadar önemli artışlar sağlanmıştır. Literatürde, su bazlı verniğin yapışma direnci bakımından diğer vernik türlerine oranla daha düşük özellikler gösterdiği bildirilmiştir [8, 9, 13]. Bu bakımdan, yapışma direncinde meydana gelen artışların çalışmanın en önemli çıktılarından biri olduğu söylenebilir.

Vernik uygulamalarından sonra örneklerin yüzey sertlik değeri %13'e kadar artmıştır. Fakat, sertlik değerleri üzerinde NG'in etkisi önemsiz bulunmuş ve öngörülen sertlik artışı gerçekleşmemiştir. Ayrıca, NG eklenmesi ve miktarındaki artış sonucu örneklerin L^* , a^* ve b^* renk tonu değerleri önemli oranda azalmıştır. Örnekler büyük ölçüde koyulaşmış, örneklerin yeşil ve mavi renk eğilimi artmıştır. Bu duruma bağlı olarak örneklerin toplam renk değişim (ΔE^*) değerleri de artış göstermiştir. Literatürde, ΔE^* değerinin düşük olmasının, renkte bir değişimin olmadığını yada çok az bir değişim olduğunu gösterdiği ifade edilmektedir [39]. Kayın örneklerin doğal renginin daha az değişmesi arzu ediliyor ise, ΔE^* değeri düşük bulunan katkısız su bazlı vernikler koruyucu katman oluşturmak için kullanılabilir.

Sonuç olarak, NG modifiyeli su bazlı vernik uygulanan kayın örneklerin yüzey özellikleri önemli ölçüde değişmiştir. Özellikle, su bazlı vernikte yüksek yapışma direncinin sağlanmasında ve ağaç malzemenin koyu

tonlarda renklendirilmesinde NG'in kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Vardanyan V., Galstian T., Riedl B., "Effect of addition of cellulose nanocrystals to wood coatings on color changes and surface roughness due to accelerated weathering", *Journal of Coatings Technology and Research*, 12 (2): 247-258, (2015).
- [2] U.S. Environmental Protection Agency, *Cleaning Up Commonly Found Air Pollutants, The Plain English Guide to the Clean Air Act*, (2007).
- [3] T.C. Çevre, ve Orman Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kyoto Protokolü, (1998).
- [4] Yıldız E., "Water based paint and coatings expectations and water based polyurethane bonding systems", Tübitak, (1999).
- [5] Sönmez A., Budakçı M., "Ağaç işlerinde üstyüzey işlemleri II., Koruyucu katman ve boya/vernük sistemleri", Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Sevgi Ofset, Ankara, (2004).
- [6] Overbeek A., "Polymer heterogeneity in waterborne coatings", *Journal of Coatings Technology and Research*, 7(1): 1-21, (2010).
- [7] Pelit H., "Yoğunlaştırma ve ısıtılmanın doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üstyüzey işlemlerine etkisi", *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2014).
- [8] Yakın M., "Su bazlı vernüklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti", *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001).
- [9] Budakçı M., Sönmez A., "Bazı ahşap vernüklerin farklı ağaç malzeme yüzeylerindeki yapışma direncinin belirlenmesi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1): 111-118, (2010).
- [10] Çakıcıer N., Korkut S., Korkut D.S., "Varnish layer hardness, scratch resistance, and glossiness of various wood species as affected by heat treatment", *BioResources*, 6(2): 1648-1658, (2011).
- [11] Keskin H., Tekin A., "Abrasion resistances of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne and acidhardening varnishes used woods", *Construction and Building Materials*, 25(2): 638-643, (2011).
- [12] Söğütü C., Nzokou P., Koc I., Tutgun R., Döngel N., "The effects of surface roughness on varnish adhesion strength of wood materials", *Journal of Coatings Technology and Research*, 13(5): 863-870, (2016).
- [13] Altun S., Esmer M., "Isıl İşlemin Bazı Ağaç Malzemelerde Yüzey Pürüzlülüğü ve Vernük Yapışma Direncine Etkisi", *Politeknik Dergisi*, 20(1): 231-239, (2017).
- [14] Atar M., Peker H., "Effects of impregnation with boron compounds on the surface adhesion strength of varnishes used woods", *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(9): 603-609, (2010).
- [15] Peker H., "Atık çay ekstrakt boyasının çeşitli mordan-su çözücülü vernikle ahşapta kullanımı ve sertlik değişimine etkisi", *Politeknik Dergisi*, 18(2): 73-78, (2015).
- [16] Keskin H., Atar M., "Impact of impregnation chemical on surface glossiness of synthetic, acrylic, polyurethane, and water-based varnishes", *Journal of Applied Polymer Science*, 108(5), 3361-3369, (2008).
- [17] Budakçı M., Uysal B., Esen, R., "Borik asit modifikasyonunun su bazlı vernüğün sertlik değerine etkisi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs, (2009).
- [18] Geim A.K., Novoselov K.S., "The rise of graphene", *Nature Materials*, 6 (3): 183-191, (2007).
- [19] Bozkurt A. (2015). Bir konu: Geleceğin malzemesi grafen. *Bilişim Dergisi*.
- [20] Nuraje N., Khan S.I., Misak H., Asmatulu R., "The addition of graphene to polymer coatings for improved weathering", *Int. Sch. Res. Notices*, 2013: 1-8, (2013).
- [21] Li P., Ren H., Qiu F., Xu J., Yu X., Yang P., Xu B., Jiang Y., Dongya Y., "Preparation and properties of graphene oxide-modified waterborne polyurethane-acrylate hybrids", *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 53(13): 1408-1416, (2014).
- [22] Sangermano M., Malucelli G., Amerio E., Priola A., Billi E., Rizza G., "Photopolymerization of epoxy coatings containing silica nanoparticles", *Progress in Organic Coatings*, 54(2): 134-138, (2005).
- [23] Mirabedini S.M., Mohseni M., Pazoki F.S., Esfandeh M., "Effect of TiO2 on the mechanical and adhesion properties of RTV silicone elastomer coatings", *Colloids and Surfaces A*, 317(1-3): 80-86, (2008).
- [24] TS 2470, "Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metodları ve genel özellikler", (1976).
- [25] TS 2471, "Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini", (1976).
- [26] ASTM D3023-98, "Standard practice for determination of resistance of factory-applied coatings on wood products to stains and reagents", (2011).
- [27] TS EN ISO 3251, "Boyalar, vernükler ve plâstikler-Uçucu olmayan madde içeriğinin tayini", (2012).
- [28] ASTM D 6132-13, "Standard test method for nondestructive measurement of dry film thickness of applied organic coatings using an ultrasonic coating thickness gage", (2013).
- [29] TS EN ISO 2808, "Boyalar ve vernükler-Film kalınlığı tayini", (2007).
- [30] ASTM D 3924, "Standard specification for standard environment in conditioning and testing stain varnish, lacquer and related materials", (1996).
- [31] TS EN ISO 2813, "Boyalar ve vernükler-metalik olmayan boya filmlerinin 20, 60 ve 85 açılarda parlaklık tayini", (2014).
- [32] Sönmez A., Ağaçtan yapılmış mobilya üst yüzeylerinde kullanılan vernüklerin önemli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1989).
- [33] TS 2495 EN ISO 3274, "Geometrik mamul özellikleri (gmö) - yüzey yapısı: profil metodu - temas uçlu (iğneli) ölçme cihazlarının anma karakteristikleri", (2005).
- [34] TS 6212 EN ISO 4288, "Mamulün Geometrik Özellikleri (gps)- Yüzey yapısı: profil metodu- yüzey yapısının değerlendirilmesi için kurallar ve işlemler", (1999).

- [35] Söğütü C., “Bazı faktörlerin zımparalanmış ağaç malzeme yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 8(4): 345-350, (2005).
- [36] TS EN ISO 1522, “Boyalar ve vernikler - sarkaç sönümlene deneyi. (2007).
- [37] ASTM D 4541, “Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers”, (2009).
- [38] ASTM D 2244-15a, “Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, (2015).
- [39] Söğütü C., Sönmez A., “Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1): 151-159, (2006).
- [40] Johansson D., “Strenght and colour response of solid wood to heat treatment”, *Licentiate Thesis*, Luleå Teknoloji Üniversitesi, Department of Skellefteå Campus, (2005).
- [41] Şanıvar N. Ağaçları üstyüzey işlemleri. Dördüncü Baskı, İstanbul: Milli Eğitim Basımevi, (2001).
- [42] Peters C.C., Cumming J.D., “Measuring wood surface smoothness: A review”, *Forest Products Journal*, 20(12): 40-43, (1970).
- [43] Xuczeng Z., Study on measurement of wood surface roughness by computer vision, *Journal Northeast Forestry University*, 3(1): 75-81, (1992).
- [44] Pelit H., Sönmez A., Burdurlu E., Usta İ., “Determining the surface hardness of some densified and heat treated woods after water -based varnishing” *The 27th International Conference Research for Furniture Industry*, Ankara, 554-563, (2015).
- [45] Dato A., Lee Z., Jeon K.J., Erni R., Radmilovic V., Richardson T.J., Frenklach M., “Clean and highly ordered graphene synthesized in the gas phase”, *Chemical Communications*, (40): 6095-6097, (2009).
- [46] Cardinali M., Valentini L., Kenny J.M., Mutlay İ., “Graphene based composites prepared through exfoliation of graphite platelets in methyl methacrylate/poly (methyl methacrylate)”, *Polymer International*, 61(7): 1079-1083, (2012).
- [47] Sheshmani S., Amini R. “Preparation and characterization of some graphene based nanocomposite materials”, *Carbohydrate Polymers*, 95(1): 348-359, (2013).
- [48] Kugler S., Kowalczyk K., Spychaj T., “Hybrid carbon nanotubes/graphene modified acrylic coats”, *Progress in Organic Coatings*, 85: 1-7, (2015).
- [49] Stankovich S., Dikin D.A., Dommett G.H.B., Kohlhaas K.M., Zimney E.J., Stach E.A., Piner R.D., Nguyen S.T., Ruoff R.S., “Graphene-based composite materials”, *Nature*, 442: 282-286, (2006).
- [50] Örs Y., Keskin H., “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, Öz Baran Ofset Matbaacılık, (2008).
- [51] Örs Y., Keskin H., “Ağaç Malzeme Bilgisi”, Ders Kitabı, Gazi Üniversitesi Yayın No: 2000/352, Atlas Yayıncılık, İstanbul, (2001).
- [52] Bozkurt A.Y., Erdin N., “Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı”, 2. Basım, Yayın No: 5029, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, (2011).
- Rowell R.M., “Handbook of wood chemistry and wood composites”, CRC press, Boca Raton, Florida, (2005).