



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

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

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



Ekolojik döngüde asit yağmurlarının vernik katman sertliğine etkisi

The effect of acid rain on varnish layer hardness in the ecological cycle

Yazar(lar) (Author(s)): Nisanur YILDIZ¹, Cansu ÖZDER², Musa ATAR³

ORCID¹: 0000-0002-9748-523x

ORCID²: 0000-0002-9577-0571

ORCID³: 0000-0002-3944-5512

To cite to this article: Yıldız N., Özder C., Atar M., “Ekolojik döngüde asit yağmurlarının vernik katman sertliğine etkisi”, *Journal of Polytechnic*, *(*) : *, (*).

Bu makaleye su şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Yıldız N., Özder C. Ve Atar M., “Ekolojik döngüde asit yağmurlarının vernik katman sertliğine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).

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

DOI: 10.2339/politeknik.1407804

Ekolojik Döngüde Asit Yağmurlarının Vernik Katman Sertliğine Etkisi

The Effect of Acid Rain on Varnish Layer Hardness in the Ecological Cycle

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Farklı konsantrasyon ve farklı miktarlardaki asit çözeltilerinin ahşap malzemede vernik katman sertliğine etkisi /The effect of different concentrations and amounts of acid solutions on the hardness of the varnish layer on wooden materials
- ❖ Sonuç olarak; sertlik direnci malzeme bakımından en yüksek, meşe, sentetik vernik, %5 Na, 120 (I)'de, en düşük sarıçam, su bazlı vernik, %5 Sa, 150 (II)'de, çoklu etkileşimde ise en yüksek $Sç+Sb+I+3S$ (37,6) en düşük $Sç+Sb+I+3S$ (10,0)'de tespit edilmiştir./According to the interaction of wood type, amount of acid solution and acid concentration, the highest hardness value was found at $M+II+5N$ (27.20) and the lowest at $Sc+II+5N$ (15.80)

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek $S+I+5N$ (31,70)'de, en düşük $Sb+II+3S$ (14,00)'de bulunmuştur. /According to the interaction of varnish type, amount of acid solution and acid concentration, the highest hardness value was found in $S+I+5N$ (31.70) and the lowest was found in $Sb+II+3S$ (14.00)



Şekil. Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değerleri değişimleri /
Figure. Changes in hardness values according to the interaction of varnish type, amount of acid solution and acid concentration

Amaç (Aim)

Asit çözeltilerinin ahşap verniğin sertliğine etkisini belirlemek / Determining the effect of acid solutions on the hardness of wood varnish

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Örnekler, 100x100x10 mm ölçülerinde boyutlandırılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasında ASTM-D 358 esaslarına uyulmuştur. / The samples were dimensioned as 100x100x10 mm. ASTM-D 358 principles were followed in the preparation of the test samples

Özgünlük (Originality)

Ahşap malzemenin, farklı konsantrasyon ve farklı miktarlardaki asit çözeltileri, vernikler ile sertlik direncine etkisi/The effect of wood material on hardness resistance of different concentrations and amounts of acid solutions and varnishes

Bulgular (Findings)

Asit yağmurlarının vernik katmanının sertliğine etkisinde, birinci derecede vernik çeşidinin, ikinci derecede ağaç türünün, üçüncü derecede asit çözelti miktarının ve dördüncü derecede asit konsantrasyonunun etkili olduğu söylenebilir. / It can be said that the effect of acid rain on the hardness of the varnish layer is primarily affected by the type of varnish, secondarily by the type of wood, thirdly by the amount of acid solution, and fourthly by the acid concentration.

Sonuç (Conclusion)

Nitrik asit uygulama sonrası ağacın sertliği artarken, sülfirik asit uygulama sonrası ağacın sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir. / It has been determined that the hardness of the tree increases after nitric acid application, while the hardness of the tree decreases after sulfuric acid application.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasalözel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Ekolojik Döngüde Asit Yağmurlarının Vernik Katman Sertliğine Etkisi

Araştırma Makalesi / Research Article

Nisanur YILDIZ¹, Cansu ÖZDER^{1*}, Musa ATAR²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Türkiye

(Geliş/Received : 21.12.2023 ; Kabul/Accepted : 14.01.2024 ; Erken Görünüm/Early View : 18.03.2024)

ÖZ

Bu çalışma, dış hava şartlarında bulunan ağaç malzemelerde kullanılan verniklerin sertliğine asit yağmurlarının etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla çok sık kullanılan sapsız meşe (*Quercus petrae* Liebl) ve sarıçam (*Pinus Sylevestris* L.) odunları deney materyali olarak seçilmiştir. Örnekler, ASTM-D-3023 esaslarına göre sentetik ve su bazlı vernik ile kaplandıktan sonra yüzeyler farklı konsantrasyon ve farklı miktarlarda sülfürik ve nitrik asit çözeltisi etkilerine maruz bırakılmıştır. Deney örneklerinde yüzey sertliği ASTM-D 4366'ya göre belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre, sertlik direnci malzeme çeşidi bakımından en yüksek, meşe, sentetik vernik, %5 Na, 120 (I)'de, en düşük sarıçam, su bazlı vernik, %5 Sa, 150 (II)'de tespit edilmiştir. İkili etkileşime göre en yüksek, Sç+Sn, M+III, Sn+I, M+5N, Sn+5N, II+3N'de, en düşük Sç+Sb, Sç+II, Sb+II, Sç+5S, Sb+3S, II+5S'de tespit edilmiştir. Üçlü etkileşime göre en yüksek, Sç+Sn+I, Sç+Sn+3N, M+II+5N, Sn+I+5N'de, en düşük Sç+Sb+II, Sç+Sb+3S, Sç+II+5N, Sb+II+3S'de bulunmuştur. Sertlik değeri çoklu etkileşimde en yüksek Sç+Sn+I+3S (37.6) en düşük ise Sç+Sb+I+3S (10.0) elde edilmiştir. Buna göre, ahşap yat, bahçe mobilyaları, ahşap köprü, ahşap ev, bank, yürüyüş yolları vb ahşap malzemelerde bu çalışmada bulunan değerlerin dikkate alınması vernik sertliğine etkileri bakımından yarar sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap malzeme, asit yağmuru, sertlik, sülfürik asit, nitrik asit.

The Effect of Acid Rain on Varnish Layer Hardness in the Ecological Cycle

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of acid rain on the hardness of varnishes used on wooden materials in outdoor weather conditions. For this purpose, sessile oak (*Quercus petrae* Liebl) and Scots pine (*Pinus Sylevestris* L.) woods, which are frequently used, were chosen as test materials. After the samples were covered with synthetic and water-based varnish according to ASTM-D-3023 principles, they were exposed to the effects of sulfuric and nitric acid solutions at different concentrations and different amounts in the test samples, surface hardness according to ASTM-D 4366 principles. According to the experimental results, the highest hardness resistance in terms of material type was determined as oak, synthetic varnish, 5% Na, 120 (I), and the lowest was determined as Scots pine, water-based varnish, 5% Sa, 150 (II). According to the binary interaction, it is highest in Sç+Sn, M+III, Sn+I, M+5N, Sn+5N, II+3N, and lowest in Sç+Sb, Sç+II, Sb+II, Sç+5S, Sb+3S was detected in II+5S. According to the tribble interaction, it is highest in Sç+Sn+I, Sç+Sn+3N, M+II+5N, Sn+I+5N, and lowest in Sç+Sb+II, Sç+Sb+3S, Sç+II+5N was found in Sb+II+3S. In multiple interaction, the highest hardness value was obtained as Sç+Sn+I+3S (37.6) and the lowest was obtained as Sç+Sb+I+3S (10.0). Accordingly, taking into account the values found in this study in wooden materials such as wooden yachts, garden furniture, wooden bridges, wooden houses, benches, walking paths etc. may be beneficial in terms of their effects on varnish hardness.

Keywords: Wood material, acid rain, hardness, sulfuric acid, nitric acid.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ahşap, geçmişten günümüze yaygın kullanım alanına sahip bir malzemedir. İnsanoğlu birçok ihtiyacında ahşap kullanmayı tercih etmiştir. Barınakların yapımı, avlanma araçları, kara ve deniz taşıtlarının yapımı gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır [1]. Ahşap, mobilya üretimi başta olmak üzere iç ve dış mekân elemanları gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Ahşabın diğer malzemelere

göre üstün özelliklerinden dolayı tercih edildiği söylenebilir. Doğal olması, sürdürülebilirlik, estetik görünüm, hafiflik ve kolay bakım avantajı gibi sebepler ahşabın popülerliğini artırmaktadır. Bu nedenlerle ahşap, birçok alanda tercih edilen bir malzeme olmuştur [2]. Ahşap malzeme, ahşap ev, köprüler ve diğer yapı malzemeleri, binalarda dış cephe kaplaması; park, bahçe ve yürüyüş yolları, oturaklar, havuz kenarları kaplaması, pergola ve bahçe mobilyaları, piknik ve rekreasyon alanları, demiryolu traversleri ve tel direkleri gibi birçok yerde tercih edilmektedir.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : cansuozer1@gmail.com

Dış hava şartları etkisiyle, ağaç malzemenin fiziksel yapısında değişikliklere sebep olabilmektedir. Bu nedenlerle dış hava şartlarında kullanılan ahşap malzemelerin yağmur asitlerinin etkileri bakımından araştırılması gereken önemli konuların başında gelmektedir. Açık hava koşullarında kullanılan değişiklikler meydana gelmektedir [3-4-5]. Hızlı ve kontrolsüz sanayileşme çevre kirliliğine ve doğal afetlere yol açarak ahşap yapıları etkilemektedir. Ayrıca çevre kirliliği sonucu oluşan asit yağmurları, ahşap yapıların çeşitli dayanıklılığı üzerine etkili olabilmektedir [6].

Asit yağmurları; endüstriyel faaliyetler ve yüksek enerji tüketimi sonucu oluşan hava kirliliği kaynaklı zararlı yağışlardır. Normal yağmurun pH'sı 5.6 iken, pH değeri 5.6'nın altındaki yağışlar asit yağmuru olarak adlandırılmaktadır. Bu yağışlar, atmosferden sülfürik asit (H_2SO_4) veya nitrik asit (HNO_3) gibi asidik bileşenlerle birleşerek yeryüzüne çökmektedir. Bu durum, asit yağmurlarının nedeni ve oluşum şeklidir [7]. Asit yağmuru, modern sanayi toplumları tarafından üretilen kirlenmelerin önemli bir sonucudur ve ekolojik sistemlere, yapı malzemelerine ve kültürel eserlere zarar verdiği bilinmektedir [8]. Asit yağmuru genellikle 4.2 ila 4.4 arasında bir pH değerine sahiptir. Bu değer, daha yüksek asidite seviyelerini yansıtır ve genellikle endüstriyel veya çevresel kirliliğin sonucu olarak oluşabilmektedir [9]. Uysal (1999) çalışmasında, vernikli bazı ağaç türleri üzerine; kalsiyum hidroksit + sodyum hidroksit, hidrojen peroksit, hidrojen peroksit + sodyum hidroksit, hidroklorik asit ve hipokloritin etkilerini belirlemiştir. Doğal verniklemede ağaç türlerinin verniğin katman sertliği üzerindeki etkilerinin önemsiz, vernik çeşidi etkileri ve renk açma gereçlerinin önemli olduğu tespit edilmiştir [10]. Atar (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, Doğu kayının vernik tabakası sertliğine emprenye ve renk açmanın etkileri araştırılmıştır. Emprenyeli ve emprenyesiz Doğu kayını örnekleri %18 konsantrasyonda renk açma ($[NaOH-Ca(OH)_2-H_2O_2]$, $[NaOH-H_2O_2]$, $[NaOH-MgSO_4-H_2O_2]$, $[NaSiO_3-H_2O_2]$, $[NaHSO_3-H_2C_2O_4]$, $[KMnO_4 + NaHSO_3 + H_2O_2]$ } gereçleri ile renk açma yapıldıktan sonra verniklenmiş, vernik katman sertliğini renk açma işleminin azalttığı tespit edilmiştir [11]. Keskin (2004) tarafından emprenye ve renk açma işlemi yapılan meşe, su bazlı vernik ile kaplandıktan sonra vernik katman sertliğine renk açma işleminin etkileri renk açma gereçlerinin vernik sertliğini azalttığı tespit edilmiştir [12].

Çakıcıer (2011), 3 ve 6 saat süre ile ısıtılma tabii tutulmuş (150 °C ve 180 °C) iroko, Anadolu kestanesi, limba ve dişbudak, ağaçları su bazlı, sentetik, selülozik ve poliüretan vernikler ile verniklendikten sonra sertlikleri, belirlenmiştir. Isıl işlemin ağaç malzeme türü için sertlik ve çizilme direnci değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir [13]. Ayata ve Çakıcıer, bazı ağaç türlerine ısıtılma sonrası uygulanan su bazlı verniklerde suni yaşlanmaya karşı sertlik değerlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Sarıçam, Doğu kayını ve sapsız meşe odun örneklerinin bir kısmına 190°C, diğer kısmına 212°C'de ikişer saat ısıtılma uygulanmış ve katman kalınlığına

dikkat edilerek tek ve iki bileşen özelliği olan su bazlı vernikler malzeme yüzeylerine uygulanmıştır. Deney örnekleri, yaşlandırma test cihazında ilk önce 144 saat, daha sonra 288 saat ve son olarak 432 saat süreyle UV-A 340 nm floresan lambalar kullanılarak UV ışığına maruz bırakılmıştır. Bu ayrışma dönemlerinden sonra sertlik değerleri belirlenmiştir. Ayrışmadan sonra sertlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir [14]. Feist (1987) Xenon-ark lambasını kullanarak asidin yüzey bozunumu üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deney örneklerini belirli aralıklarla hava etkisi cihazında farklı pH derecelerinde sülfürik asit ve nitrik asit çözeltisi ile muamele etmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında pH=3 asit ile muamele görenlerde %10 bozunma meydana gelirken, pH=3.5'de %4 bozunma ve pH=4 ile muamele edilenlerde bozunma görülmediği tespit edilmiştir [15]. Williams (1991), asitin, boya veya verniğin alkali bileşenleriyle reaksiyonunun yapıyı büyük oranda etkileyebilecek nitelikte olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle yüksek kirlilik veya asidik birikim alanlarında üst yüzey işlemlerinde kullanılacak malzemelerin iyi formüle edilmesi ve uygun materyal seçimi önemlidir. Ayrıca kükürt dioksit oluşturduğu asidik etki sebebiyle ahşap üst yüzey malzeme dayanıklılığında olumsuz yönde büyük oranda riske sahip olduğu tespit edilmiştir [16].

Ağaç malzemeler; ışık, rutubet, rüzgâr ve sıcaklık vb çeşitli faktörlerden dolayı yüzeylerinde bozunmalara maruz kalabilmektedir. Bu bozunmalar, renk değişiklikleriyle başlayarak fiziksel, kimyasal ve anatomik yapıları etkileyebilmektedir. Bu nedenle açık havada kullanılan ağaç malzemeler genellikle boya ve verniklerle korunmaktadır [17].

Asitlerin metallere zarar veren yapısı vardır. Asit yağmurlarının görüldüğü yerlerdeki tarihi eserlerde yıpranmalar gözlenebilmektedir [7-18]. Asit yağmurları, metal yüzeyler, vernik ve boya gibi yüzey kaplamaları ve bazı plastikler üzerinde de bozulmalara sebep olabilmektedir [19]. Ağaç malzemenin bozunmasına neden olan, mamül hale geldikten açık alanda sıcaklık, nem, güneş ışığının değişik dalga boyları, UV radyasyonu ve bunların mevsimlere göre değişmesidir [20]. Dış ortam koşulları, yüzey işlem katmanıyla birlikte ahşap yüzeyinde fiziksel ve kimyasal değişikliklere neden olarak hasara yol açmaktadır. Bu faktörler arasında yağmur, kar, havadaki nem, güneş ışığı radyasyonu ve yıllar boyunca biriken hava kirliliği nedeniyle zarar gören ozon tabakası yer alır. Zararlı UV ışınları atmosfere ulaşarak sülfür dioksit ve nitrojen dioksit gibi maddeleri ortaya çıkarmaktadır. Bu etkenler ahşap yüzeyin bozulmasına sebep olur ve nem, ışık, asit kalıntıları ve yükselen sıcaklık gibi faktörlerle ilişkilendirilir [21]. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis*L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*Mill.) örnekleri ASTM D-1641 esaslarına göre 12 ay süre ile açık hava iklim şartlarında bırakılmıştır. Deney sonucunda, ağaç malzemenin sertlik, parlaklık ve renk değerlerinde azaltıcı etki yaptığı, en fazla değişimin sertlikte sapsız

meşede, parlaklık ve renkte ise sarıçamda meydana geldiği tespit edilmiştir [22].

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Ağaç Malzeme (Wood Material)

Deney malzemesi olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) odunları seçilmiştir. Ağaç malzemeler, TS ISO 3129 esaslarına uyularak İstanbul'daki kereste işletmelerinden temin edilmiştir [23].

2.2. Vernikler (Varnishes)

Örneklerin verniklenmesinde sentetik ve su bazlı vernik kullanılmıştır. Uygulanacak vernik miktarının tespitinde katı madde miktarı ve firma önerileri göz önünde bulundurulmuştur.

2.2.1. Sentetik vernik (Synthetic varnish)

Sentetik reçinelerin organik çözücüler içerisinde eriyiklerinden oluşan ve sentetik tiner ile inceltilecek kullanılan vernik çeşididir [24].

2.2.2. Su bazlı vernik (Water based varnish)

Akrilat üreten reçinelerden üretilmektedir. Parlak verniklerde renk pigmenti bulunmamaktadır [25].

2.3. Kimyasal Maddeler (Chemical Matters)

Örneklerin yüzeyine İstanbul bölgesindeki asit yağmurlarını temsilen hazırlanan %3 ve %5'lik sülfürik asit ve nitrik asit çözeltileri uygulanmıştır.

2.3.1. Sülfürik asit (H_2SO_4) (Sulfuric acid)

Renksiz ve yoğunluğu yüksek güçlü bir mineral asittir. Suda her konsantrasyonda çözünebilir. Suda her konsantrasyonda çözünebilir.

2.3.2. Nitrik asit (HNO_3) (Nitric acid)

Nitrik asit, oldukça kuvvetli bir asittir. Saf hali renksizdir [26].

2.4. Deney Örneklerinin Hazırlanması (Preparation of Test Samples)

Örnekler ASTM-D 358'e göre hazırlanmıştır (ASTM D 358,1983). Buna göre; ağaç malzemenin diri odun kısmından, 190x140x15 mm ölçülerde kesilen örnekler $20 \pm 2^\circ C$ sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 100x100x10 mm ölçülerinde boyutlandırılmıştır.

2.4.1. Deney örneklerinin verniklenmesi (Varnishing of test samples)

Vernikleme işleminde ASTM-D-3023 esaslarına uyulmuştur [27]. İşlem yapılacak yüzeyler zımparalanıp firma önerilerine uyularak vernikleme yapılmıştır. 2 kez son kat vernik uygulanmıştır. Vernikleme $20 \pm 2^\circ C$ sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarında gerçekleştirilmiştir.

2.4.2. Çözelti uygulaması (Solution application)

Vernikli örneklerin yüzeylerine Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hazırladığı Asit Yağmurları Teknik Raporu'ndaki İstanbul ile ilgili en yoğun değerler dikkate alınarak %3 ve %5'lik sülfürik asit (S) ve nitrik asit (N)

çözeltileri hazırlanmıştır [9]. Deney örnek yüzeylerine Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün az şiddetli, orta şiddetli ve çok şiddetli yağış miktarı baz alınarak 120 (I), 150 (II) ve 180 (III) gr/m^2 hesabıyla çözeltiler püskürtülmüştür [28].

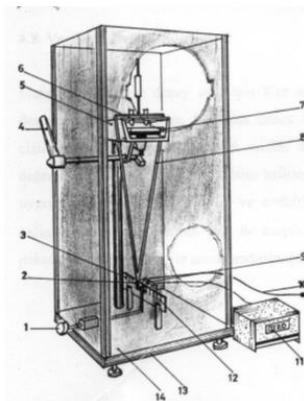


Şekil 1. Asit çözelti uygulaması (Acid solution application)

3. DENEY METODU (TEST METHOD)

3.1. Sertlik Ölçümü (Hardness Measurement)

Yüzey tabakasının dayanım niteliğini tespit etmek için ölçümler, "Pandüllü sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Örnek yüzeyi, "Köning yöntemi"ne göre ASTM D 4366-95 esas alınarak yapılmıştır. Ayrıtın çalışma prensibi, $5 \pm 0,0005$ mm çapında iki bilye ve 63 ± 3.3 HRC sertliğindeki bir pandülün 3° - 6° arasında salınım yapması temeline dayanmaktadır. Bu salınım açlarına göre, numune tabakalarının sertlikleri ölçülmektedir. Salınım rakamının fazla olduğu yüzeyler sert, düşük sayıda olanlar düşük sert yüzeyler olarak değerlendirilmektedir [29]. "Pandüllü sertlik ölçüm cihazı" Şekil 1'de verilmiştir.



1. Salıverme mili
2. Köning başlangıç noktası
3. Persözbağlanış noktası
4. Panel sıkma kolu
5. Panel tutucu platformu
6. Panel stoplayıcı
7. Panel
8. Pandül
9. Fotosel
10. Salıverme teli
11. Otomatik sayıcı
12. Skala
13. Taban
14. Koruyucu muhafaza

Şekil 1. Pandüllü sertlik ölçüm cihazı (Pendulum hardness measuring device)

3.2. Veri Analizi (Data Analysis)

2 ağaç türü, 2 farklı kimyasal, 2 farklı asit konsantrasyonu, 2 vernik çeşidi, 3 uygulama miktarı olmak üzere her bir parametreden +5'şer olmak üzere toplam 240 adet ($2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 \times 5$) örnek hazırlanmıştır. Verilerin analizinde MSTAT-C istatistik programı kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerin sertlik değerleri

arasındaki farklılığı belirlemek için gruplar arasında çoklu varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. Farklılığın gruplar arasında anlamlı olup olmadığı "DUNCAN TESTİ" ile belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Asit yağmurlarını temsilen hazırlanmış olan çözeltilerin pH ölçümlerinde pH skala çubuğu kullanılmıştır. Sonuçlar, nitrik asit (HNO₃)'in %3'lük konsantrasyonunda pH 2, %5'lik konsantrasyonda pH'ı 1, sülfürik asitin (H₂SO₄) %3'lük konsantrasyonunda pH 2, %5'lik konsantrasyonda pH'ı 1 bulunmuştur. Verniklerin katman kalınlıkları, su bazlı vernikte 60, sentetik vernikte 80 mikron ölçülmüştür.

4.1. Sertlik Değeri (Hardness Value)

Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonuna göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonuna göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to wood type, varnish type, amount of acid solution and acid concentration)

Ağaç Türü	\bar{X} (Sertlik)	HG*
Meşe (M)	21,77	A
Sarıçam (Sç)	19,69	B
Vernik Çeşidi*		
Sentetik (Sn)	22,22	A
Su bazlı (Sb)	19,24	B
Asit Çözelti Miktarı**		
120 (I)	21,15	A
180 (III)	21,01	A
150 (II)	20,03	B
Asit Konsantrasyonu***		
%5Na (5N)	22,77	A
%3Na (3N)	22,25	AB
K%3Na (K3N)	21,55	ABC
K%5Na (K5N)	20,80	BCD
K%3K Sa (K3S)	20,45	CD
K%5K Sa (K5S)	20,10	CD
%3 Sa (3S)	19,80	D
%5 Sa (5S)	18,12	E
LSD*= 0,7568, LSD**= 0,3336, LSD***= 1,514		

Sertlik değeri ağaç türü bakımından en yüksek meşede (21,77), en düşük sarıçamda (19,69) bulunmuştur. Vernik çeşidine göre sertlik değeri en yüksek sentetik vernikte (22,22)'de, en düşük su bazlı vernikte (19,24) bulunmuştur. Asit çözelti miktarına göre sertlik değeri en yüksek ve I (21,15)'de, en düşük ise II (20,03)'de bulunmuştur. Asit konsantrasyonuna göre sertlik değeri en yüksek 5N (22,77)'de, en düşük 5S (18,12)'de bulunmuştur.

Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ağaç türü+vernük çeşidi, ağaç türü+asit çözelti miktarı ve vernük çeşidi+asit çözelti miktarı ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to the interaction of wood type + varnish type, wood type + acid solution amount and varnish type + acid solution amount)

Ağaç Türü+Vernük Çeşidi *	\bar{X} (Sertlik)	HG*
Sç+Sn	24,58	A
M+Sb	23,69	A
M+Sn	19,85	B
Sç+Sb	14,79	C
Ağaç Türü+Asit Çözelti Miktarı**		
M+III	22,33	A
M+II	21,86	A
Sç+I	21,17	A
M+I	21,13	A
Sç+III	19,69	B
Sç+II	18,20	C
Vernük Çeşidi+Asit Çözelti Miktarı**		
Sn+I	22,92	A
Sn+III	22,14	A
Sn+II	21,59	A
Sb+III	19,88	B
Sb+I	19,38	BC
Sb+II	18,48	C
LSD*= 1,070, LSD**= 1,311		

Sertlik değeri ağaç türü ve vernük çeşidi etkileşimi bakımından en yüksek Sç+Sn (24,58)'de, en düşük Sç+Sb (14,79)'de bulunmuştur. Ağaç türü ve asit çözelti etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+III (22,33)'de, en düşük Sç+II (18,20)'de bulunmuştur. Vernük çeşidi ve asit çözelti miktarı etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+I (22,92)'de, en düşük Sb+II (18,48)'de bulunmuştur. Ağaç türü+asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Ağaç türü+asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to the interaction of wood type + acid concentration)

Ağaç Türü ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*	Ağaç Türü ve Asit Kon.	\bar{X}	HG*
M+5N	25,3	A	Sç+5N	20,17	DEFG
M+K5N	23,0	B	M+3S	19,90	DEFG
Sç+3N	22,7	BC	Sç+3S	19,70	EFG
Sç+K 3 N	22,6	BC	M+5S	19,13	FGH

Çizelge 3 (devam). Ağaç türü+asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to the interaction of wood type + acid concentration)

M+K3S	22,27	BC D	Sç+K3 S	18,63	FGH
M+K5S	22,23	BC D	Sç+K5 N	18,60	FGH
M+3N	21,77	BC DE	Sç+K5 S	17,97	GH
M+K3N	20,50	CD EF	Sç+5S	17,10	H
LSD*= 2,141					

Ağaç türü ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+5N (25,37)'de, en düşük Sç+5S (17,10)'de bulunmuştur. Vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değerleri (Hardness values according to the interaction between varnish type and acid concentration)

Vernik Çeşidi ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*	Vernik Çeşidi ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*
Sn+5N	28,87	A	Sn+K5N	19,83	EFG
Sn+3N	27,37	A	Sn+K3S	19,77	EFG
Sn+3S	24,40	B	Sn+K3N	19,27	FGH
Sb+K3N	23,83	BC	Sn+K5S	17,80	GHI
Sb+K5S	22,40	BCD	Sb+3N	17,13	HIJ
Sb+K5N	21,77	CDE	Sb+5N	16,67	IJ
Sb+K3S	21,13	DEF	Sb+5S	15,80	IJ
Sn+5S	20,43	DEF	Sb+3S	15,20	J
LSD*= 2,141					

Vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+5N (28,87)'de, en düşük Sb+3S (15,20)'de bulunmuştur. Asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değerleri (Hardness values according to the interaction between the amount of acid solution and acid concentration)

Asit Çözelti Mikt. ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*	Asit Çözelti Mikt. ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*
II+3N	24,20	A	III+3N	21,10	ABC

Çizelge 5 (devam). Asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değerleri (Hardness values according to the interaction between the amount of acid solution and acid concentration)

I+5N	23,60	AB	III+K5S	20,95	BCD
III+5N	23,20	AB	I+K3N	20,45	BCDE
II+K3	22,25	ABC	III+3S	19,95	CDE
III+K3	21,95	ABC	II+K5S	19,95	CDE
III+K3	21,80	ABC	I+5S	19,45	CDE
I+K5N	21,65	ABC	I+K5S	19,40	CDE
I+3S	21,65	ABC	II+K5N	19,20	CDE
I+K3S	21,55	ABC	II+K3S	18,00	DE
III+K5	21,55	ABC	II+3S	17,80	E
II+5N	21,50	ABC	III+5S	17,55	E
I+3N	21,45	ABC	II+5S	17,35	E
LSD*= 2,622					

Asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu ikili etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek II+3N (24,20)'de, en düşük II+5S (17,35)'de bulunmuştur. Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre sertlik değerleri (Hardness values according to the triple interaction of wood type, varnish type, amount of acid solution and acid concentration)

Ağaç Türü, Vernik Çeşidi ve Asit Çözelti Mikt.*	\bar{X}	HG	Ağaç Türü, Vernik Çeşidi ve Asit Çözelti Mikt.*	\bar{X}	HG
Sç+Sn+I	27,48	A	M+Sn+II	21,02	DE
M+Sb+III	24,50	B	M+Sn+III	20,15	EF
Sç+Sn+III	24,13	BC	M+Sn+I	18,38	F
M+Sb+I	23,88	BC	Sç+Sb+III	15,25	G
M+Sb+II	22,70	BCD	Sç+Sb+I	14,88	G
Sç+Sn+II	22,15	CD	Sç+Sb+II	14,25	G
Ağaç türü, Vernik Çeşidi ve Asit Kon.**	\bar{X}	HG	Ağaç türü, Vernik Çeşidi ve Asit Kon.	\bar{X}	HG

Çizelge 6 (devam). Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre sertlik değerleri (Hardness values according to the triple interaction of wood type, varnish type, amount of acid solution and acid concentration)

Sç+S _n +3N	31,1 3	A	M+S _b +3N	19,9 3	FG HIJ K
M+S _n +5N	29,7 3	AB	M+S _n +3S	19,7 3	GHI JK
Sç+S _n +3S	29,0 7	ABC	M+S _b +5S	19,2 0	HIJ K
M+S _b +K3S	28,1 3	ABC	M+S _n +5S	19,0 7	HIJ K
M+S _b +K5N	28,0 7	ABC	Sç+S _n +K5S	18,4 7	HIJ KL
Sç+S _n +5N	28,0 0	ABC	M+S _n +K5N	17,9 3	IJK L
M+S _b +K5S	27,3 3	BC	Sç+S _b +K5S	17,4 7	IJK LM
M+S _b +K3N	25,8 0	CD	M+S _n +K5S	17,1 3	JKL M
M+S _n +3N	23,6 0	DE	M+S _n +K3S	16,4 0	KL M
Sç+S _n +K3N	23,3 3	DEF	Sç+S _b +K5N	15,4 7	LM N
Sç+S _n +K3S	23,1 3	DEFG	M+S _n +K3N	15,2 0	LM N
Sç+S _b +K3N	21,8 7	EFGH	Sç+S _b +3N	14,3 3	MN
Sç+S _n +5S	21,8 0	EFGH	Sç+S _b +K3S	14,1 3	MN
Sç+S _n +K5N	21,7 3	EFGH	Sç+S _b +5S	12,4 0	NO
M+S _b +5N	21,0 0	EFGH I	Sç+S _b +5N	12,3 3	NO
M+S _b +3S	20,0 7	FGHIJ	Sç+S _b +3S	10,3 3	O
LSD*=1,854, LSD**=3,027					

Ağaç türü, vernik çeşidi ve asit çözelti miktarı etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sç+S_n+I (27,48)'de, en düşük Sç+S_b+II (14,25)'de bulunmuştur. Ağaç türü, vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sç+S_n+3N (31,13)'de, en düşük Sç+S_b+3S (10,33)'de bulunmuştur. Ağaç türü, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Ağaç türü, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to the triple interaction of wood type, amount of acid solution and acid concentration)

Ağaç Türü, Asit Çözelti Mik. ve Asit Kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*	Ağaç Türü, Asit Çözelti Mik. ve Asit Kon	\bar{X} (Sertlik)	HG*
---	---------------------	-----	--	---------------------	-----

Çizelge 7 (devam). Ağaç türü, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri (Hardness values obtained according to the triple interaction of wood type, amount of acid solution and acid concentration)

M+II+5N	27,20	A	Sç+III+5N	20,60	CDEFG HIJKL MN
M+III+5N	25,80	AB	M+II+K3N	20,50	CDEFG HIJKL MN
Sç+II+3N	24,90	ABC	Sç+III+K5N	20,50	CDEFG HIJKL MN
M+I+3N	24,10	ABCD	Sç+III+3N	20,30	CDEFG HIJKL MNO
Sç+I+5N	24,10	ABCD	M+I+3N	19,90	DEFGH I JKLMN
Sç+II+K3N	24,00	ABCD	Sç+III+K3S	19,90	DEFGH I JKLMN
Sç+I+3S	23,80	ABC DE	M+I+5S	19,80	DEFGH I JKLMN
M+III+K3S	23,70	ABC DEF	Sç+III+K5S	19,70	DEFGH I JKLMN
M+II+3N	23,50	ABC D EFG	M+I+3S	19,50	DEFGH I JKLMN
M+II+K5S	23,30	ABC D EFGH	Sç+I+K5N	19,20	EFGHIJ KLMN OP
M+I+5N	23,10	ABCD EFGH I	Sç+I+5S	19,10	EFGHIJ KLMN OP
Sç+I+3N	23,00	ABCD EFGH	M+I+K3N	19,00	FGHIJ K
M+III+K5N	22,60	BCD E	M+III+5S	18,90	GHIJK L
M+I+K3S	22,40	BCD E	M+II+5S	18,70	HIJKL M NOP
M+II+K5N	22,30	BCD E	M+II+3S	18,70	HIJKL M NOP
M+III+K5S	22,20	BCD E	Sç+III+3S	18,40	IJKLMN OP
M+III+K3N	22,00	BCD E	Sç+I+K5S	17,60	JKLMN OP
Sç+III+K3N	21,90	BCD E	Sç+II+3S	16,90	KLMN OP
M+III+3N	21,90	BCD E	Sç+II+K5S	16,60	LMNOP
Sç+I+K3N	21,90	BCD E	Sç+III+5S	16,20	MNOP
M+III+3S	21,50	BCD E FGHI	Sç+II+K5N	16,10	MNOP
M+I+K5S	21,20	BCD E FGHI	Sç+II+5S	16,00	NOP
Sç+I+K3S	20,70	CDEF GHIJ KLM	Sç+II+5N	15,80	OP
M+II+K3S	20,70	CDEF GHIJ KLM	Sç+II+K3S	15,30	P
LSD*= 3,708					

Ağaç türü, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+II+5N (27,20)'de, en düşük Sç+II+K3S (15,30)'de bulunmuştur. Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşimine göre elde edilen sertlik değerleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu üçlü etkileşime göre sertlik değerleri (Hardness values according to the triple interaction of varnish type, acid solution amount and acid concentration)

Vernik çeşidi, asit çözelti mikt. ve asit kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*	Vernik çeşidi, asit çözelti mikt. ve asit kon.	\bar{X} (Sertlik)	HG*
Sn+I+5N	31,70	A	Sn+II+5S	19,90	IJKLMNOPQRSTUV
Sn+II+3N	30,30	AB	Sn+I+K5N	19,80	IJKLMNOPQRSTUV
Sn+III+5N	28,90	ABC	Sb+II+K5N	19,60	JKLMNOPQRSTUV
Sn+I+3S	27,20	BCD	Sn+III+5S	19,30	KLMNOPQRSTUVW
Sn+I+3N	26,70	BCDE	Sn+II+K5S	19,30	KLMNOPQRSTUVW
Sn+II+5N	26,00	CDEF	Sn+II+K3N	19,00	KLMNOPQRSTUVW
Sb+II+K3N	25,50	CDEFG	Sn+II+K5N	18,80	LMNOPQRSTUWV
Sn+III+3N	25,10	CDEFGH	Sn+I+K3N	18,30	MNOPQRSTUWVX
Sn+III+3S	24,40	DEFGHI	Sb+II+K3S	18,20	MNOPQRSTUWVX
Sb+III+K5S	24,20	DEFGHIJ	Sb+II+3N	18,10	MNOPQRSTUWVX
Sb+I+K5N	23,50	DEFGHIJK	Sn+II+K3S	17,80	NOPQRSTUWVX
Sb+III+K3N	23,40	DEFGHIJKL	Sn+III+K5S	17,70	OPQRSTUWVX
Sb+III+K3S	23,30	DEFGHIJKL	Sb+III+5N	17,50	PQRSTUWVX
Sb+I+K3N	22,60	EFGHIJKL	Sb+III+3N	17,10	QRSTUWVX
Sb+I+K5S	22,40	EFGHIJKL	Sb+III+5N	17,00	QRSTUWVX
Sb+III+K5N	22,20	FGHIJKL	Sb+I+5S	16,80	RSTUWVWX
Sn+I+5S	22,10	FGHIJKL	Sn+I+K5S	16,40	STUWVWX
Sb+I+K3S	21,90	FGHIJKL	Sb+I+3N	16,20	TUVWVX
Sn+II+3S	21,60	FGHIJKL	Sb+I+3S	16,10	TUVWVX
Sn+I+K3S	21,20	GHIJKLM	Sb+III+5S	15,80	UVWVX
Sn+III+K5N	20,90	HIJKLMN	Sb+III+3S	15,50	VWVX
Sb+II+K5S	20,60	HIJKLMN	Sb+I+5N	15,50	VWVX
Sn+III+K3N	20,50	IJKLMNOP	Sb+II+5S	14,80	WVX
Sn+III+K3S	20,30	IJKLMNOP	Sb+II+3S	14,00	X

LSD* = 3,708

Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+I+5N (31,70), en düşük Sb+II+3S (14,00) bulunmuştur. Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonunun sertlik değerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonunun sertlik değerine ilişkin çoklu varyans analizi (Multiple variance analysis regarding hardness value of wood species, varnish type, amount of acid solution and acid concentration)

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Hesap	P<0,05
Faktör A	1	520,833	520,833	29,255	0,000
Faktör B	1	1062,075	1062,075	59,656	0,000
AB	1	5576,033	5576,033	313,207	0,000
Faktör C	2	118,554	59,277	3,3296	0,0368
AC	2	294,079	147,040	8,2592	0,0003
BC	2	34,288	17,144	0,9630	
ABC	2	365,879	182,940	10,2757	0,000
Faktör D	7	918,325	131,189	7,3689	0,0000
AD	7	789,033	112,719	6,3314	0,000
BD	7	5047,258	721,038	40,5006	0,000
ABD	7	592,167	84,595	4,7517	0,000
CD	14	568,613	40,615	2,2814	0,0053
ACD	14	479,354	34,240	1,9232	0,0228
BCD	14	345,279	24,663	1,3853	0,1569
ABC D	14	672,621	48,044	2,6986	0,0009
Hata	384	6836,400	17,803		
Toplam	479	24220,792			

Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonunun sertlik değerine etkisi istatistiksel anlamda ($\alpha=0,05$) önemli çıkmıştır. Gruplar arasında farklılığı görmek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Duncan testi sonuçları (Duncan test results)

İşlem Çeşidi	X (Sertlik)	HG	İşlem Çeşidi	X (Sertlik)	HG
Sç+S _n +I+3S	37,6	A	M+S _n +III+5S	19,6	PQRSTUVWXYZ
Sç+S _n +I+5N	35,4	AB	M+S _n +I+5S	19,6	PQRSTUVWXYZ
Sç+S _n +I+3N	33,6	ABC	Sç+S _n +II+K5S	19,4	QRSTUVWXYZ\
Sç+S _n +II+3N	32,4	ABCD	Sç+S _n +II+K5N	19,4	QRSTUVWXYZ\
M+S _n +II+5N	31	BCDE	M+S _b +II+5S	19,4	QRSTUVWXYZ\
M+S _b +III+K3S	30,4	BCDEF	M+S _n +II+K5S	19,2	RSTUVWXYZ\
M+S _n +III+5N	30,2	BCDEF	Sç+S _n +III+5S	19	RSTUVWXYZ\
M+S _b +I+K5N	30	BCDEFG	Sç+S _n +II+K3S	18,8	RSTUVWXYZ\
M+S _b +I+K3S	29,4	BCDEFGH	M+S _b +II+3N	18,8	RSTUVWXYZ\
M+S _b +III+K3N	29	CDEFGHI	Sç+S _n +III+K5S	18,8	RSTUVWXYZ\
M+S _n +II+3N	28,2	CDEFGHIJ	M+S _n +II+K5N	18,2	RSTUVWXYZ\
M+S _n +I+5N	28	CDEFGHIJK	M+S _b +I+5N	18,2	RSTUVWXYZ\
M+S _b +III+K5S	27,8	CDEFGHIJK	M+S _b +III+5S	18,2	RSTUVWXYZ\
M+S _b +III+K5N	27,8	CDEFGHIJK	M+S _n +I+K5N	18,2	RSTUVWXYZ\
Sç+S _n +III+5N	27,6	CDEFGHIJKL	Sç+S _b +I+K5S	18	RSTUVWXYZ\
Sç+S _n +III+3N	27,4	CDEFGHIJKLM	M+S _n +II+5S	18	RSTUVWXYZ\
M+S _b +II+K5S	27,4	CDEFGHIJKLM	Sç+S _b +III+K3N	17,8	RSTUVWXYZ\

Çizelge 10 (devam). Duncan testi sonuçları (Duncan test results)

Sç+S _b +II+K3N	27	DEFGHIJKLMN	M+S _b +II+3S	17,6	STUVWXYZ\
Sç+S _n +I+K3S	27	DEFGHIJKLMN	M+S _n +III+K5N	17,4	STUVWXYZ\
M+S _b +I+K5S	26,8	DEFGHIJKLMN	Sç+S _b +II+3N	17,4	STUVWXYZ\
M+S _b +II+K5N	26,4	DEFGHIJKLMNO	Sç+S _n +I+K5S	17,2	STUVWXYZ\
Sç+S _n +III+3S	26,2	DEFGHIJKLMNOP	M+S _n +II+K3N	17	TUVWXYZ\
Sç+S _n +III+K3N	26	DEFGHIJKLMNOPQ	M+S _n +III+K3S	17	TUVWXYZ\
Sç+S _n +I+5S	24,6	EFGHIJKLMNOPQR	Sç+S _b +I+K5N	17	TUVWXYZ\
M+S _b +II+K3S	24,6	EFGHIJKLMNOPQR	M+S _n +II+K3S	16,8	TUVWXYZ\
M+S _b +I+K3N	24,4	FGHIJKLMNOPQR	M+S _n +I+3S	16,8	TUVWXYZ\
Sç+S _n +III+K5N	24,4	FGHIJKLMNOPQR	M+S _n +III+K5S	16,6	UVWXYZ\
M+S _b +II+K3N	24	FGHIJKLMNOPQRS	Sç+S _b +III+K5N	16,6	UVWXYZ\
Sç+S _n +III+K3S	23,6	GHIJKLMNOPQRS	Sç+S _b +III+K3S	16,2	VWXYZ\
Sç+S _n +II+3S	23,4	HIJKLMNOPQRSTU	M+S _n +I+K5S	15,6	WXYZ\
M+S _b +II+5N	23,4	HIJKLMNOPQRSTU	M+S _n +I+K3S	15,4	WXYZ\
Sç+S _n +I+K3N	23	HIJKLMNOPQRSTU	M+S _n +III+K3N	15	XYZ\
M+S _n +III+3N	22,8	HIJKLMNOPQRSTU	Sç+S _b +I+K3S	14,4	YZ\

Çizelge 10 (devam). Duncan testi sonuçları (Duncan test results)

M+S _n +III+3S	22,6	IJKL MNO PQRS TUV	S _ç +Sb+II+K5S	13,8	Z[\]^_`a
M+Sb+I+3S	22,2	JKLM NOP QRST UVW	S _ç +Sb+III+5N	13,6	[\]^_`a
S _ç +S _n +II+5S	21,8	JKLM NOP QRST UVW X	S _ç +Sb+I+5S	13,6	[\]^_`a
M+Sb+III+5N	21,4	KLM NOP QRST UVW X	M+S _n +I+K3N	13,6	[\]^_`a
S _ç +S+I+K5N	21,4	KLM NOP QRST UVW X	S _ç +Sb+III+5S	13,4	[\]^_`a
S _ç +S _n +II+5N	21	LMN OPQR STUV WXY	S _ç +Sb+III+3N	13,2	[\]^_`a
S _ç +S _n +II+K3N	21	LMN OPQR STUV WXY	S _ç +Sb+II+K5N	12,8	[\]^_`a
M+Sb+III+3N	21	LMN OPQR STUV WXY	S _ç +Sb+I+5N	12,8	[\]^_`a
S _ç +Sb+I+K3N	20,8	MNO PQRS TUV WXY	S _ç +Sb+I+3N	12,4	[\]^_`a
S _ç +Sb+III+K5S	20,6	NOP QRST UVW XY	S _ç +Sb+II+K3S	11,8	^_`a
M+Sb+III+3S	20,4	NOP QRST UVW XYZ	S _ç +Sb+II+5N	10,6	_`a
M+Sb+I+3N	20	OPQ R STUV WXY	S _ç +Sb+III+3S	10,6	_`a
M+Sb+I+5S	20	OPQ R STUV WXY	S _ç +Sb+II+3S	10,4	_`a
M+S _n +I+3N	19,8	OPQ R STUV WXY	S _ç +Sb+II+5S	10,2	`a
M+S _n +II+3S	19,8	OPQ R STUV WXY	S _ç +Sb+I+3S	10	a

Çizelge 10 (devam). Duncan testi sonuçları (Duncan test results)

M+Sb+I+K5S	26,8	DEFGHIJ KLMN	S _ç +Sb+II+3N	17,4	STUVW XYZ[\]^
M+Sb+I+K5N	26,4	DEFGHIJ KLMNO	S _ç +S _n +I+K5S	17,2	STUVW XYZ[\]^
S _ç +S _n +II+3S	26,2	DEFGHIJ KLMNOP	M+S _n +II+K3N	17	TUVWX YZ[\]^_`
S _ç +S _n +II+K3N	26	DEFGHIJ KLMNOP Q	M+S _n +III+K3S	17	TUVWX YZ[\]^_`
S _ç +S _n +I+5S	24,6	EFGHIJK LMNOPQ R	S _ç +Sb+I+K5N	17	TUVWX YZ[\]^_`
M+Sb+I+K3S	24,6	EFGHIJK LMNOPQ R	M+S _n +II+K3S	16,8	TUVWX YZ[\]^_`
M+Sb+I+K3N	24,4	FGHIJKL MNOPQR	M+S _n +I+3S	16,8	TUVWX YZ[\]^_`
S _ç +S _n +II+K5N	24,4	FGHIJKL MNOPQR	M+S _n +III+K5S	16,6	UVWXY Z[\]^_`
M+Sb+I+K3N	24	FGHIJKL MNOPQR S	S _ç +Sb+II+K5N	16,6	UVWXY Z[\]^_`
S _ç +S _n +II+K3S	23,6	GHIJKL MNOPQR ST	S _ç +Sb+II+K3S	16,2	VWXYZ[\]^_`a
S _ç +S _n +I+3S	23,4	HIJKLM NOPQRS TU	M+S _n +I+K5S	15,6	WXYZ[\]^_`a
M+Sb+I+5N	23,4	HIJKLM NOPQRS TU	M+S _n +I+K3S	15,4	WXYZ[\]^_`a
S _ç +S _n +I+K3N	23	HIJKLM NOPQRS TUV	M+S _n +III+K3N	15	XYZ[\]^_`a
M+S _n +II+3N	22,8	HIJKLM NOPQRS TUV	S _ç +Sb+I+K3S	14,4	YZ[\]^_`a
M+S _n +II+3S	22,6	IJKLMN OPQRST UV	S _ç +Sb+II+K5S	13,8	Z[\]^_`a
M+Sb+I+3S	22,2	JKLMNO PQRSTU VW	S _ç +Sb+II+5N	13,6	[\]^_`a
S _ç +S _n +I+5S	21,8	JKLMNO PQRSTU VWX	S _ç +Sb+I+5S	13,6	[\]^_`a
M+Sb+I+5N	21,4	KLMNOP QRSTU VW X	M+S _n +I+K3N	13,6	[\]^_`a
S _ç +S+I+K5N	21,4	KLMNOP QRSTU VW X	S _ç +Sb+II+5S	13,4	[\]^_`a
S _ç +S _n +I+5N	21	LMNOPQ RSTUVW XY	S _ç +Sb+II+3N	13,2	[\]^_`a
S _ç +S _n +I+K3N	21	LMNOPQ RSTUVW XY	S _ç +Sb+II+K5N	12,8	[\]^_`a
M+Sb+I+3N	21	LMNOPQ RSTUVW XY	S _ç +Sb+I+5N	12,8	[\]^_`a

Çizelge 10 (devam). Duncan testi sonuçları (Duncan test results)

Sç+Sb+I +K3N	20, 8	MNOPQR STUVWX Y	Sç+Sb+I+ 3N	12,4	J^_`a
Sç+Sb+I II+K5S	20, 6	NOPQRS TUVWX Y	Sç+Sb+II +K3S	11,8	^_`a
M+Sb+I II+3S	20, 4	NOPQRS TUVWX YZ	Sç+Sb+II +5N	10,6	_`a
M+Sb+I +3N	20	OPQRST UVWXY Z[	Sç+Sb+II I+3S	10,6	_`a
M+Sb+I +5S	20	OPQRST UVWXY Z[	Sç+Sb+II +3S	10,4	_`a
M+Sn+I +3N	19, 8	OPQRST UVWXY Z[	Sç+Sb+II +5S	10,2	`a
M+Sn+I I+3S	19, 8	OPQRST UVWXY Z[	Sç+Sb+I+ 3S	10	a

5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF CONCLUSION)

Sertlik değeri ağaç türü bakımından en yüksek meşede (21,77), en düşük sarıçamda (19,69) bulunmuştur. Sertlik değeri, meşede sarıçama göre %10 daha fazla çıkmıştır. Bu durum ağaçların tekstür farklılıklarından kaynaklanabilir. Vernik çeşidine göre sertlik değeri en yüksek sentetik vernikte (22,22), en düşük su bazlı vernikte (19,24) bulunmuştur. Sentetik vernikte, su bazlı verniğe göre %13 daha fazla çıkmıştır. Bu durum, verniklerin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Asit konsantrasyonuna (%) göre sertlik değeri en yüksek 5N (22,77)'de, en düşük %5S (18,12)'de bulunmuştur. %5N'de sertlik değeri %20 daha fazla çıkmıştır. Nitrik asit sertliği artırırken, sülfürik asit sertliği azaltıcı etki göstermiştir. Konsantrasyon miktarı arttıkça, nitrik asitte sertliğin arttığı, sülfürik asitte ise sertliğin azaldığı söylenebilir. Asit çözelti miktarına göre sertlik değeri en yüksek ve eşit I. ve III. çözelti miktarında (21,15-21,01), en düşük II. çözelti miktarında (20,03) bulunmuştur. I ve III çözelti miktarlarında sertlik değeri %5 daha fazla çıkmıştır. Asit çözelti miktarı sertlik değeri üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Sertlik değeri ağaç türü, vernik çeşidi etkileşimi bakımından en yüksek Sç+Sn (24,58)'de, en düşük Sç+Sb (14,79)'de bulunmuştur. Sertlik değeri, Sç+Sn'de %40 daha fazla çıkmıştır. Sertlik değerinde vernik birinci derece, ağaç türü ikinci derecede etkili olduğu söylenebilir. Ağaç türü ve asit çözelti miktarı etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+III 'de (22,33), en düşük Sç+II (18,20)'de bulunmuştur. Sertlik değeri M+III'de %18 daha fazla çıkmıştır. Vernik çeşidi ve asit çözelti miktarı etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+I (22,92), en düşük Sb+II (18,48)'de bulunmuştur. Sn+I'de sertlik değeri %19 daha fazla

çıkıştır. Sertlik değerinde vernik çeşidi birinci derecede, asit çözelti miktarı ikinci derecede etkili olmuştur. Ağaç türü, asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+5N (25,37)'de, en düşük Sç+5S (17,10)'de bulunmuştur. Sertlik değeri, M+5N'de %32 daha fazla çıkmıştır.

120 °C ve 190 °C sıcaklık 3 ve 6 saat ısıl işlemin, kara kızılgağaç (Alnus glutinosa L.), kırmızı meşe (Quercus falcata Michx.), güney çamı (Pinus taeda L.) ve sarı kavakta (Liriodendron tulipifera) yüzey sertliğini, kontrol numunelerine göre %41,7 oranında azaltmıştır [32].

Asit yağmurları ile ilgili yapılan bu çalışmada da nitrik asit uygulama sonrası ağacın sertliği artarken, sülfürik asit uygulama sonrası ağacın sertliğinin azaldığı görülmektedir. İki çalışmada da paralel sonuçlar bulunmuştur.

Vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+5N (28,87)'de, en düşük Sb+3S (15,20)'de bulunmuştur. Sertlik değeri, Sn+5N'de %47 daha fazla olmuştur. Sertlik değerinde vernik çeşidi birinci derecede, asit konsantrasyonu ise ikinci derecede etkili olmuştur. Asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek II+3N (24,20) de, en düşük II+5S (17,35)'de bulunmuştur. Sertlik değeri II+3N'de %28 daha fazla bulunmuştur. Sertlik değerinde asit konsantrasyon çeşidi birinci derecede, asit çözelti miktarı ise ikinci derecede etkili olmuştur.

Ağaç türü, vernik çeşidi ve asit çözelti miktarı üçlü etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sç+Sn+I (27,48), en düşük Sç+Sb+II (14,25) bulunmuştur. Sertlik değerinde Sç+Sn+I, %48 daha fazla çıkmıştır. Sertlik değerinde birinci derecede çözelti miktarı, ikinci derecede vernik çeşidi, üçüncü derecede ağaç türü etkili olmuştur. Ağaç türü, vernik çeşidi ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sç+Sn+3N (31,13)'de, en düşük Sç+Sb+3S (10,33)'de bulunmuştur. Sç+Sn+3N'de sertlik değeri %69 daha fazla çıkmıştır. Sertlik değerinde asit konsantrasyonu birinci derecede, vernik çeşidi ikinci derecede etkili olmuştur. Ağaç türü, asit çözelti miktarı ve asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek M+II+5N (27,20)'de, en düşük Sç+II+5N (15,80)'de bulunmuştur. M+II+5N'de sertlik değeri %42 daha fazla bulunmuştur. Sertlikte asit konsantrasyonu birinci derecede etkili olmuştur. Vernik çeşidi, asit çözelti miktarı, asit konsantrasyonu etkileşimine göre sertlik değeri en yüksek Sn+I+5N (31,70), en düşük Sb+II+3S (14,00) bulunmuştur. Sn+I+5N'de sertlik değeri %56 daha fazla bulunmuştur. Sertlik değerinde vernik çeşidi daha etkili olmuştur.

Asit yağmurları evlere, ağaçlara zarar vermektedir. Asit depozisyonu, bitki ve hayvanların yaşadığı yerlerde suların kimyasına kadar toprağın kimyasını da değiştirerek, bir ekosistemin yapısına, dokusuna derinden penetre olur. Pek çok değişiklik yaşanmış olduğundan, emisyonların azaltılması, yağmur suyunun tekrar normale dönmesi ve ekosistemlerin iyileşmesi

oldukça uzun zaman almaktadır. Kronik olarak asitleşmiş göller, nehirler, ormanlar ve toprakların iyileşmesi çok uzun sürüp hatta yüzyıllar alabilmektedir [33].

Ağaç türü, vernik çeşidi, asit çözelti miktarı asit konsantrasyonu çoklu etkileşime göre sertlik değeri en yüksek Sç+Sn+I+3S (37,6), en düşük Sç+Sb+I+3S (10,00) bulunmuştur. Sertlik değeri, Sç+Sn+I+3S'de %73 daha fazla çıkmıştır. Sertlik değerinde vernik çeşidi daha etkili olmuştur. Sonuç olarak, asit yağmurlarının yoğun olduğu bölgelerde dış mekanlarda kullanılacak ahşap malzemelerde, bu çalışmada bulunan değerlerin dikkate alınması, malzeme kullanım ömrü bakımından yarar sağlayabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Nisanur YILDIZ: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiştir. / Performed the experiments, analyse the results.

Cansu ÖZDER: Sonuçları analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir. / Analyzed the results and wrote the manuscript.

Musa ATAR: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiştir. Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir. / Performed the experiments, analyse the results. Wrote the manuscript.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Karadağ, A. A., Korkut, S. D., Korkut, S., Köylü, G. P., and Akıncı, K. G. "Use of wooden materials in the landscape applications in Turkey". *İnönü University Journal of Arts and Design*, 7(15): 1-17, (2017).
- [2] Yıldız, Ü. "Dış mekânda ahşap kullanımı ders notları". T.C. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, (2011).
- [3] Feist, W. C., and Hon, D. N. S. "Chemistry of weathering and protection". *The Chemistry of Solid Wood*, 207:401-451, (1984).
- [4] Kılıç, A. ve Hafizoğlu, H. "Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler". *Turkish Journal of Forestry*, 8(2): 175-183, (2007).
- [5] Hon, D., and Shiraiishi, N., "Wood and cellulosic chemistry", USA: Markel Dekker Inc., 385-442, (2001).
- [6] Sümer, G. Ç., "Hava kirliliği kontrolü: Türkiye'de hava kirliliğini önlemeye yönelik yasal düzenlemelerin ve örgütlenmelerin incelenmesi". *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (13), 37-56, (2014).
- [7] https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/15356/mod_resource/content/0/4.%20hafta

- [8] Hook, J, Jacox, P., and Spence, J., "Acid rain effects on the exterior durability of architectural coatings on wood" *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 9(5): 500-550, (1994).
- [9] İhan, A., Balta, T., ve Rasar, G., "Asit yağmurları teknik rapor" *Araştırma Dairesi Başkanlığı Çevre Şube Müdürlüğü*, Ankara, 1-27, (2018).
- [10] Uysal, B., Atar, M. and Özçiftçi, A., "The effects of chemicals for using the bleaching of the wood surfaces on the layer hardness of varnish", *Journal of Agriculture and Forestry of Agriculture Forestry*, 23(4):443-450, (1999).
- [11] Atar, M., Keskin, H. and Yavuzcan, H. G., "Varnish layer hardness of oriental beech (Fagus orientalis L.) wood as affected by impregnation and bleaching", *Journal of Coatings Technology and Research*, 1(3):219-224, (2004).
- [12] Keskin, H., Atar, M. and Yavuzcan, H. G., "Impact of impregnation and bleaching on the surface hardness of oak (Quercus petraea L.) wood", *Journal of Applied Polymer Science*, 93(2): 498-504, (2004).
- [13] Çakıcıer, N., Korkut, S. and Korkut, D. S., "Varnish layer hardness, scratch resistance and glossiness off various wood species as affected by heat treatment", *BioResources*, 6(2): 1648-1658, (2011).
- [14] Ayata, Ü. and Çakıcıer, N., "Determination of pendulum hardness (König method) values against artificial weathering in water-based varnishes applied to some wood species after heat treatment (thermowood)", *Brown*, 64(208), 1-17, (2021).
- [15] Williams, R., Winandy, J. E. and Feist, W. C., "Outdoor wood weathering and protection" Washington DC: American Chemical Society, 263-298, (1987).
- [16] Williams, R. S., "Effects of acidic deposition on painted wood: A review." *Journal of Coatings Technology and Research*, 63(800): 53-73, (1991).
- [17] Kılıç, A. ve Hafizoğlu, H., "Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler", *Turkish Journal of Forestry*, 8(2):175-183, (2007).
- [18] Zhang, Y., Li, Q., Zhang, F. and Xie, G., "Estimates of economic loss of materials caused by acid deposition in China." *Challenges and Responses To Population Health and Urbanization In The 21st Century*, 9(4):488, (2017).
- [19] www.hubgages.com, "The Causes and Effects of Acid Rain".
- [20] Feist, W. C., "Weathering performance of painted wood pretreated with water-repellent preservative". *Forest Products Journal*, 40(7-8):21-26, (1990).
- [21] Irwin, J.G. and Williams, M.L., "Acid rain: chemistry and transport. *Environ Pollution*", 50(1-2):29-59, (1988).
- [22] Budakçı, M. ve Karamanoğlu, M., "Açık hava koşullarının odunun bazı fiziksel özelliklerine etkileri", *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 14(1):37-47, (2014).
- [23] TS ISO 3129, Odun - Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri. Ankara: Türk Standardları Enstitüsü, (2021).
- [24] Temiz, A., Gezer, E. D., Çakır, U. and Yıldız, S., "Combustion properties of alder (Alnus glutinosa L.) Gaertn. Subsp. Barbata (C.A. Mey) Yalt. and southern pine (Pinus sylvestris L.) wood treated with boron

- Compound". *Construction and Building Materials*, 22(11): 2165-2169, (2008).
- [25] Sönmez, A. ve Budakçı, M., "Ağaçışlerinde üstyüzey işlemleri II. (1. Baskı). Ankara: İndeks İletişim, 14-90, (2004).
- [26] Yurtseven, G., "Gümüřçülük işletmelerinde maliyetlerin oluşumu ve bir uygulama", *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, (2010).
- [27] ASTM-D3023, "Standard practice for determination of resistance of factory-Applied coatings on wood products to stains and reagents". American Society for Testing and Materials, U.S.A. (2017).
- [28] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri>
- [29] ASTM D 4366 – 95. Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum damping tests. American Society for Testing and Materials, U.S.A, (1984).
- [30] Söğütli, C., "Konut mutfak tezgâhlarında kullanılan malzemelerin mekanik etkilere karşı performanslarının karşılaştırılması" *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 29, (1998).
- [31] Salca, E., A. ve Hızıroğlu, S., "Evaluation of hardness and surface quality of different wood species as function of heat treatment", *Materials and Design*, 62:416-423, (2014).
- [32] Ayata, Ü. and Çakıcıer, N., "Determination of pendulum hardness (König method) values against artificial weathering in water-based varnishes applied to some wood species after heat treatment (thermowood)", *Drewno*, 64(208):1-17, (2021).
- [33] Vezirođlu, N., "Asit yağmurlarının çılgınlığı", *Mimari Üni. Temiz Enerji Arař. Ens.Müd. Çev: Ö. F. Noyan, Ekoloji Çevre* 27: S:33-37, (1998).

ERKEN GÖRÜNÜM