

**ISIL İŞLEMLİ AĞAÇ MALZEMENİN MOBİLYA ÜRETİMİNDE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ

**DOKTORA TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2013
ANKARA**

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ tarafından hazırlanan ‘‘ISIL İŞLEMLİ AĞAÇ MALZEMENİN MOBİLYA ÜRETİMİNDE UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ’’ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Musa ATAR

Tez Danışmanı, Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi

Prof. Dr. Musa ATAR

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Hakan KESKİN

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. İlker USTA

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 23/09/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ

**ISIL İŞLEMLİ AĞAÇ MALZEMENİN MOBİLYA ÜRETİMİNDE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI VE GELİŞTİRİLMESİ**
(Doktora Tezi)

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2013

ÖZET

Bu çalışma, ağaç malzemedede uygulanan ısıl işlemin üst yüzey kalite özellikleri ve tutkal yapışma direncine etkilerini belirlemek amacı ile yapılmıştır. Bu maksatla; Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble.), Kara Kavak (*Populus nigra* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ Gökmar'ı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odunlarından TS 2470 ve TS 53'e göre hazırlanan örnekler 165°C, 175°C sıcaklık ve 2, 4 saat süre ile toplam 4 varyasyonda sıcaklığı $\pm 1^\circ\text{C}$ duyarlılıkta kontrol edebilen fırında normal atmosfer ortamında ısıl işleme tabi tutulmuştur. Üstyüzey işlemi için örnekler, ASTM-D 3023'e göre Sentetik, parke ve su bazlı verniklerle kaplandıktan sonra vernikli yüzeylerde TS 4318'e göre yüzey parlaklığı, ASTM D-2244-02'e göre renk değişimi, ASTM D-4366'ya göre yüzey sertliği ve verniklerin yüzeye yapışma dirençleri ASTM D-4541 ve TS EN 24624'e göre tespit edilmiştir. Yapışma direnci için BS EN 204'e göre hazırlanan örneklerle, PVAc ve montaj Üre formaldehit tutkalı sürülmüş ve BS EN 205'e göre yapışma direnci belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre; Yüzey sertliği en yüksek su bazlı vernik uygulanmış 175/2 ($^\circ\text{C}/\text{Saat}$) ısıl işlemlili göknarda (38,20), en düşük sentetik vernik uygulanmış 165/4 ($^\circ\text{C}/\text{Saat}$) ısıl işlemlili meşede (12,10) elde edilmiştir. Toplam renk değişimi en yüksek sentetik vernik uygulanmış 175/2 ($^\circ\text{C}/\text{Saat}$) ısıl

Bilim Kodu : 711.3.023
Anahtar Kelimeler : Isıl işlem, Ağaç malzeme, Mobilya, Adezyon, Yüzey yapışma direnci, Sertlik, Parlaklık, Renk değişimi, Vernik, Tutkal, Yapışma direnci.
Sayfa Adedi : 136
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Musa ATAR

**DETERMINATION AND DEVELOPMENT OF CONVENIENCE OF HEAT
TREATED WOOD MATERIAL IN FURNITURE PRODUCTION**

(Ph. D. Thesis)

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ

**GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

September 2013

ABSTRACT

This study was conducted with the aim of determining the effects of heat-treatment on the surface quality property and glue bonding strength of wood materials. In this purpose; samples of Oriental Beech (*Fagus orientalis* L.), Oak (*Quercus petraea* Lieble.), Black Poplar (*Populus nigra* L.), Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.), prepared in accordance with TS 2470 and TS 53 standarts, were left in the heat-treatment oven under normal atmosphere with temperatures of 165°C, 175°C, for periods of 2, 4 hours with $\pm 1^\circ\text{C}$ temperature sensitivity in a total of 4 variations. For the surface processes, the samples were varnished with Synthetic, parquet and water-based varnishes in accordance with ASTM-D 3023 and the surface brightness according to TS 4318 standarts, color alteration according to ASTM D 2244-02, surface hardness according to ASTM D-4366 and the varnishes' surface bonding strength according to TS EN 24624 were determined. For the bonding strength, samples prepared in accordance with BS EN 204 were applied PVAc and assembly Urea formaldehyde glue and the bonding strength was determined according to BS EN 205. According to the results of the study; The highest surface hardness was obtained from the fir (38.20) which was varnished with water-based varnish and heat-treated with 175/2 ($^\circ\text{C}/\text{Hours}$), the lowest value was obtained from the oak (12.10) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 165/4 ($^\circ\text{C}/\text{Hours}$). The highest total color alteration was

obtained from the poplar (60.96) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 175/2 (°C/Hours), the lowest value was obtained from the pine (10.95) which was varnished with water-based varnish and heat-treated with 165/2 (°C/Hours). The highest brightness perpendicular to fibers was obtained from the pine (89.99) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 175/4 (°C/Hours), the lowest value was obtained from the beech (24.72) which was varnished with parquet varnish and heat-treated with 165/2 (°C/Hours). The highest brightness perpendicular to fibers was obtained from the pine (94.24) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 175/4 (°C/Hours), the lowest value was obtained from the beech (25.02) which was varnished with parquet varnish and heat-treated with 165/2 (°C/Hours). The highest surface bonding strength was obtained from the beech (4.833) which was varnished with Synthetic varnish and heat-treated with 165/2 (°C/Hours), the lowest value was obtained from the fir (0.9906) which was varnished with parquet varnish and heat-treated with 175/4 (°C/Hours). The highest bonding strength was obtained from the beech (13.69) which was glued with PVAc glue and heat-treated with 165/2(°C/Hours), the lowest value was obtained from the poplar (1.319) which was glued with Urea formaldehyde glue and heat-treated with 175/4 (°C/Hours). Accordingly, it is recommended to apply the heat-treatment at 175/2 and 175/4 (°C/Hours) where brightness perpendicular and parallel to fibers, surface hardness is required; 165/2 (°C/Hours) where a low value of total color alteration is required, and 165/2 (°C/Hours) where high varnish surface bonding strength and high bonding strength is required for the glue in furniture and decoration applications.

Science Code : 711.3.023

Key Words : Heat treatment, Wood materials, Furniture, Adhesion, Surface bonding strength, Hardness, Glossy, Colour change, Varnish, Adhesive, Bonding strength.

Page Number : 136

Adviser : Prof. Dr. Musa ATAR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bilimsel katkılarıyla bana yardımcı olan ve beni yönlendiren, laboratuvar olanaklarını esirgemeyen Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü ve aynı zamanda Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı danışmanım Prof. Dr. Musa ATAR hocama, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Mustafa ALTINOK hocama ve büyük yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Hakan KESKİN hocama, Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ hocama ve Hacettepe Üniversitesi Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. İlker USTA hocama teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca manevi desteğini benden esirgemeyen Prof. Dr. Hasan EFE hocama en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım. G.Ü. BAP birimine ve yardımını gördüğüm idari ve akademik tüm personele, maddi ve manevi destekleriyle her zaman benim yanımda olan anneme, babama, kardeşlerime ve sevgili eşim Gülşah YALINKILIÇ'a, kızlarım Gülnaz Ceylin, Ebrar Eflin, oğullarım Mustafa Tahsin ve Alperen Muhsin'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
3. GENEL BİLGİLER.....	15
3.1. Isıl İşlem Yöntemi.....	15
3.1.1. Isıl işlem yönteminin tarihsel gelişimi.....	15
3.1.2. Isıl işlem yönteminin özellikleri.....	16
3.1.3. Isıl işlem yönteminin sınıflandırılması ve kullanım alanları.....	18
3.1.4. Isıl işlemin ağaç malzeme üzerindeki etkileri.....	20
3.2. Ağaç Malzemeler.....	34
3.2.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> Lipsky)	34
3.2.2. Uludağ göknarı (<i>Abies bornmülleriana</i> Matth.).....	35
3.2.3. Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky).....	36
3.2.4. Sapsız meşe (<i>Quercus petraea</i> Liebl.)	38
3.2.5. Kara Kavak (<i>Populus nigra</i> Lipsky).....	39

Sayfa

3.3. Vernikler.....	42
3.3.1. Sentetik vernik.....	42
3.3.2. Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği (parke verniği).....	44
3.3.3. Su bazlı vernik.....	45
3.4. Tutkallar.....	48
3.4.1. PVAc tutkalı.....	48
3.4.2. Montaj üre formaldehit tutkalı.....	48
4. MATERYAL VE METOD.....	51
4.1. Materyal.....	51
4.1.1. Ağaç Malzeme.....	51
4.1.2. Vernikler.....	51
4.1.3. Tutkallar.....	52
4.2. Metod.....	52
4.2.1. Rutubet.....	52
4.2.2. Yoğunluk.....	53
4.2.3. Deney örneklerinin hazırlanması.....	53
4.2.4. Vernik uygulaması.....	54
4.2.5. Tutkal uygulaması.....	55
4.2.6. Isıl İşlem.....	56
4.2.7. Verniklerde katı madde miktarı tayini.....	57
4.2.8. Verniklerin kuru film kalınlığı (katman kalınlığı) tayini.....	58
4.2.9. Yüzey Parlaklık ölçümü.....	59
4.2.10. Renk ölçümü.....	60

Sayfa

4.2.11. Pandüllü sertlik ölçümü	62
4.2.12. Yüzeye yapışma direnci	62
4.2.13. Tutkal yapışma direnci.....	64
4.2.14. Verilerin değerlendirilmesi.....	65
5. BULGULAR.....	66
5.1. Isıl İşlem Öncesi ve Sonrası Rutubet ve Yoğunluk Miktarları.....	66
5.2. Kuru Film Kalınlıkları.....	67
5.3. Verniklerde Katı Madde Miktarı Tayini.....	67
5.4. Salınlımlı Sertlik Ölçümleri.....	68
5.5. Renk Değişimi Ölçümleri.....	72
5.5.1. Renk parlaklığı (L^*).....	72
5.5.2. Kırmızı renk tonu (a^*).....	76
5.5.3. Sarı renk tonu (b^*).....	80
5.5.4. Toplam renk değişimi (ΔE^*).....	84
5.6. Parlaklık Ölçümleri.....	87
5.6.1. Liflere dik parlaklık.....	87
5.6.2. Liflere paralel parlaklık.....	91
5.7. Vernik Katmanının Ağaç Malzeme Yüzeyine Yapışma Direnci.....	95
5.8. Tutkal Yapışma Direnci.....	98
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR.....	113
EKLER.....	122
EK-1 Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri.....	123

Sayfa

EK-2 Yüzeye yapışma direnci deney düzeneği ve kullanılan tutkal.....	128
EK-3 Pandüllü sertlik deney düzeneği.....	129
EK-4 Boya/vernik katmanı yüzey parlaklık ölçüm cihazı.....	130
EK-5 Renk ölçüm cihazı.....	131
EK-6 İklimlendirme cihazından çıkartılan parçaların deneyin yapılacağı ana kadar muhafaza şekli.....	132
EK-7 Montaj Üre formaldehit Kleiberit 871.1 Tutkalı Üretici Firma Broşürü.....	133
ÖZGEÇMİŞ.....	135

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Thermo-S ısıt işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler.....	19
Çizelge 3.2. Thermo-D ısıt işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler.....	20
Çizelge 3.3. Sarıçamın bazı teknolojik özellikleri.....	35
Çizelge 3.4. Doğu kayınının bazı teknolojik özellikleri.....	38
Çizelge 3.5. Karakavağın bazı teknolojik özellikleri.....	41
Çizelge 3.6. Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği teknik özellikleri....	45
Çizelge 3.7. Su bazlı ve solvent bazlı sistemlerin birbirinden önemli farkları.....	46
Çizelge 4.1. Verniklerin teknik ismi ve araştırma kodları.....	51
Çizelge 4.2. Verniklerin pH değerleri.....	52
Çizelge 4.3. Isıt işlem uygulanan ağaç türü, sıcaklık, süre ve varyasyonları.....	57
Çizelge 5.1. Isıt işlem öncesi ve sonrası ortalama rutubet miktarları (%).....	66
Çizelge 5.2. Isıt işlem öncesi ve sonrası ortalama yoğunluklar (gr/cm ³).....	66
Çizelge 5.3. Kuru film kalınlıkları (µm).....	67
Çizelge 5.4. Verniklerin katı madde miktarları (%).....	67
Çizelge 5.5. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre yüzey sertliği değerleri.....	68
Çizelge 5.6. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	69
Çizelge 5.7. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	70
Çizelge 5.8. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre renk parlaklık (L*) değerleri.....	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.9. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin renk parlaklık (L^*) değerlerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	73
Çizelge 5.10. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin renk parlaklık (L^*) değerlerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları....	74
Çizelge 5.11. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre kırmızı renk tonu (a^*) değerleri.....	76
Çizelge 5.12. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin kırmızı renk tonu (a^*) değerlerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	77
Çizelge 5.13. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin kırmızı renk tonu (a^*) değerlerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	78
Çizelge 5.14. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre sarı renk tonu (b^*) değerleri.....	80
Çizelge 5.15. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin sarı renk tonu (b^*) değerlerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	81
Çizelge 5.16. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin sarı renk tonu (b^*) değerlerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	82
Çizelge 5.17. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (ΔE^*).....	84
Çizelge 5.18. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	85
Çizelge 5.19. Ağaç türü-ısıt işlem-vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	86
Çizelge 5.20. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre liflere dik parlaklık değerleri.....	87
Çizelge 5.21. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin liflere dik parlaklık değerlerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	88
Çizelge 5.22. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin liflere dik parlaklık değerlerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	89
Çizelge 5.23. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre liflere paralel parlaklık değerleri.....	91

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.24. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklık değerlerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	92
Çizelge 5.25. Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklık değerlerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	93
Çizelge 5.26. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidine göre yüzey yapışma direnci değerleri (N/mm ²).....	95
Çizelge 5.27. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	96
Çizelge 5.28. Ağaç türü-ısıt işlem-vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	97
Çizelge 5.29. Ağaç türü, ısıt işlem ve tutkal çeşidine göre yapışma direnci değerleri (N/mm ²).....	98
Çizelge 5.30. Ağaç türü, ısıt işlem ve tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi.....	99
Çizelge 5.31. Ağaç türü-ısıt işlem-tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları.....	100
Çizelge 6.1. En yüksek yüzey sertliği için uygulanabilir ısıt işlemler.....	102
Çizelge 6.2. En yüksek renk parlaklık değeri (L*) için uygulanabilir ısıt işlemler.....	103
Çizelge 6.3. En yüksek kırmızı renk tonu (a*) değeri için uygulanabilir ısıt işlemler.....	104
Çizelge 6.4. En yüksek sarı renk tonu (b*) değeri için uygulanabilir ısıt işlemler.....	105
Çizelge 6.5. En düşük toplam renk değişimi (ΔE^*) için uygulanabilir ısıt işlemler.....	106
Çizelge 6.6. En yüksek liflere dik parlaklık için uygulanabilir ısıt işlemler.....	107
Çizelge 6.7. En yüksek liflere paralel parlaklık için uygulanabilir ısıt işlemler.....	109
Çizelge 6.8. En yüksek yüzey yapışma direnci için uygulanabilir ısıt işlemler.....	110

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 6.9. En yüksek yapışma direnci için uygulanabilir ısıt işlemler.....112

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. ThermoWood üretim süreci.....	18
Şekil 3.2. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması	25
Şekil 3.3. Sentetik sistemin yapı şeması	43
Şekil 4.1. Yapışma direnci deneyi örnek ölçüleri.....	54
Şekil 4.2. Atria ısıtma işlem (yüksek sıcaklık kurutma) fırını ve kontrol ünitesi.....	57
Şekil 4.3. Kuru film kalınlığı tayini.....	58
Şekil 4.4. Boya/vernik katmanı yüzey parlaklık ölçme cihazı.....	59
Şekil 4.5. Renk ölçüm başlığı.....	60
Şekil 4.6. CIE L*a*b* renk alanı.....	61
Şekil 4.7. Pandüllü sertlik ölçüm cihazı.....	62
Şekil 4.8. Yapışma test cihazı (Adezyon tester).....	64
Şekil 4.9. Üniversal Test Cihazı.....	65
Şekil 7.1. Isıl işlemsiz su bazlı vernikli ağaç malzemeler.....	123
Şekil 7.2. Isıl işlemsiz sentetik vernikli ağaç malzemeler.....	123
Şekil 7.3. Isıl işlemsiz parke vernikli ağaç malzemeler.....	123
Şekil 7.4. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemli su bazlı vernikli ağaç malzemeler.....	124
Şekil 7.5. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemli sentetik vernikli ağaç malzemeler.....	124
Şekil 7.6. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemli parke vernikli ağaç malzemeler.....	124
Şekil 7.7. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemli su bazlı vernikli ağaç malzemeler.....	125
Şekil 7.8. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemli sentetik vernikli ağaç malzemeler.....	125
Şekil 7.9. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemli parke vernikli ağaç malzemeler.....	125

Şekil	Sayfa
Şekil 7.10. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemli su bazlı vernikli ağaç malzemeler.....	126
Şekil 7.11. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemli sentetik vernikli ağaç malzemeler.....	126
Şekil 7.12. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemli parke vernikli ağaç malzemeler.....	126
Şekil 7.13. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli su bazlı vernikli ağaç malzemeler.....	127
Şekil 7.14. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli sentetik vernikli ağaç malzemeler.....	127
Şekil 7.15. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli parke vernikli ağaç malzemeler.....	127
Şekil 7.16. Adezyon deney cihazı (Patent no: TR 2003 01975 B).....	128
Şekil 7.17. 404 Metalik plastik çelik yapıştırıcı [Reçine (3 hacim)+Katalizör (1 hacim)].....	128
Şekil 7.18. Yapışma deney örneklerine çelik silindirlerin yapıştırıldığı düzenek...	128
Şekil 7.19. Sertlik deneyinin yapıldığı ölçüm cihazı.....	129
Şekil 7.20. Sertlik deneyi için düzeneğe yerleştirilen göknar ağaç malzeme.....	129
Şekil 7.21. Köning ölçme yöntemi (6°'den 3°'ye salınım yapan pandül).....	129
Şekil 7.22. Parlaklık ölçme cihazı (gloss-meter).....	130
Şekil 7.23. Liflere dik ve liflere paralel parlaklık ölçümü.....	130
Şekil 7.24. Minolta CR-231 Renk ölçüm cihazı.....	131
Şekil 7.25. Renk ölçüm cihazı kalibrasyon plakası.....	131
Şekil 7.26. Ağaç malzeme lif yönüne paralel konan ölçüm başlığı.....	131
Şekil 7.27. Deney öncesi ortam şartlarından etkilenmemesi için Alüminyum folyo ve buzdolabı poşeti ile kaplanan ağaç malzemeler.....	132

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

a*

Açıklama

Kırmızı renk tonu değeri

b*

Sarı renk tonu değeri

ΔE^*

Toplam renk değişimi değeri

L*

Renk parlaklık değeri

$\bar{X}$

Aritmetik Ortalama

σ

Yapışma direnci

Kısaltmalar

Açıklama

G

Gök nar ağaç malzeme

HG

Homojenlik grubu

Işz

Isıl işlemsiz

Ky

Kayın ağaç malzeme

Kv

Kavak ağaç malzeme

M

Meşe ağaç malzeme

Pr

Parke verniği

PVAc

Polivinil asetat tutkalı

S

Sarıçam ağaç malzeme

Sb

Su bazlı vernik

Sn

Sentetik vernik

ÜF

Montaj Üre formaldehit tutkalı

Vrl

Vernikli

Vrz

Verniksiz

I

165 °C / 2 Saat

II

165 °C / 4 Saat

III

175 °C / 2 Saat

IV

175 °C / 4 Saat

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme en eski çağlardan günümüze kadar her türlü malzemenin yapımında kullanılmış bir hammadDEDİR. Günümüzde, yeni teknolojilerin gelişmesi ve yeni materyallerin ortaya çıkması odunun kullanımını azaltmıştır. Buna rağmen, ağaç malzeme hala birçok sektör tarafından kullanılan, biyolojik olarak devamlılığı olan bir materyaldir. Odunun rutubetindeki değişim, anizotropik şişme ve daralmayla birlikte meydana gelen higroskopik değişimler birer sorun yaratmaktadır.

Problem oluşturan boyutsal stabilizasyon yanında, biyolojik degradasyon (mantar ve böcek vb.) gibi problemler de olabilmektedir. Rutubetin, odunun direnci üzerinde önemli bir etkisi vardır. Çünkü mantar ve bakteriler yaşamlarını sürdürebilmek için suyun varlığına ihtiyaç duyarlar. Nem oranı %20' nin altında tutulduğunda mantar ya da bakterilerin yaşamaları için su miktarı yeterli olmamaktadır. Odun %20'nin altındaki rutubetlere kurutularak gerçekleştirilen kuruma hem çevreye dost hem de etkili bir yöntemdir. Fakat bu durum her zaman etkili olamamaktadır. Örneğin, dış ortamlarda kurutulmuş odunu sudan uzak tutmak mümkün değildir. Bu yüzden, mantar ve bakterilerden ahşap materyali korumak için emprenye çok sık kullanılan bir yoldur. Bu metotların dezavantajı ise toksik maddelerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Emprenye yöntemleri ayrıca ağacın çalışmasını engelleyemezler. Fakat kimyasal olarak odunu kararlı hale getirebilmektedir. Bu durumda emprenye işlemleri çok pahalı bir hal almaktadır. Son on yılda çevreye dost ürünlerin kullanılması hızla artmış ve birçok odun koruyucu yasaklanmıştır [Aydemir ve Gündüz, 2009].

Odunun olumsuz özelliklerinin en aza indirgenmesi ve olumlu özelliklerinin daha ileri derecelere yükseltilmesi amacıyla yönelik olarak birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda "Odunun Modifikasyonu Yöntemleri" denilmektedir [Korkut ve ark., 2008]. Odun modifikasyonu yöntemleri, kimyasal modifikasyon, fiziksel modifikasyon, termal modifikasyon ve enzimatik modifikasyon olarak gruplandırılabilir [Tomak ve Yıldız, 2010]. Odunun ısı ileme tabi tutulması onun kimyasal kompozisyonunu

değiştirmekte ve dolayısıyla odun termal modifikasyonu yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Odun termal modifikasyonu yöntemi olarak ele alındığında, odunun 100-250°C'ler arasında, normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesi ısıtım işlemi olarak anlaşılmaktadır [Korkut ve ark., 2008].

Odunun ısıtım işlemine tabi tutulması 3 amaca yönelik olarak uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi odunun rutubet alışverişini azaltmak, yani oduna boyut stabilizasyonu kazandırmak, diğeri odun tahrip edici organizmalara karşı odunun biyolojik direncini arttırmaktır. Bunun yanında ısıtım işlemi odunda denge rutubeti miktarını düşürmek, permeabiliteyi arttırmak, üst yüzey işlemlerinin performansını yükseltmekte mümkündür [Yıldız, 2002; Yıldız, 2005; Özdemir ve Arslan 2011].

Isıtım işlemi, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir. Son 20 yılda çeşitli Avrupa araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısıtım aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıtım işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, yaş veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtım ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtım ve soğutma safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem şartlarına ve ısıtım işlem kazanı ve fırını gibi ısıtım işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıtım işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıtım işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır. Buna ilaveten daha

düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişimler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıtıl işlem uygulaması emprenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünülmektedir [Wikberg, 2004; Enjily ve Jones, 2006; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekan uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekan uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanıma sahiptir [Viitaniemi, 2000; Özçifçi ve ark., 2009].

Isıl işlem teknolojisi Türkiye’de yeni tanınan bir teknolojidir ve endüstriyel uygulaması çok azdır. Bu nedenle ısıtıl işlem uygulanacak yerli ağaç türlerinin, ısıtıl işlem sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi ve en uygun ısıtıl işlem şartlarının belirlenmesi, hem akademik hem de endüstriyel anlamda önemlidir.

Bu çalışmanın amacı; Isıl işlemin, mobilya üretiminde tutkallı birleştirmelere, koruyucu katman hazırlamaya, katmanların renk, parlaklık, yapışma, sertlik gibi fiziksel ve kalite özelliklerine etkisini belirlemektir. Araştırma sonuçlarının ekonomik değer yaratabilmesi, işletmeler tarafından kullanılabilir olması açısından ülkemizde mobilya ve ahşap işlerinde en çok kullanılan ağaç türleri, vernik ve tutkallar seçilmiştir. Üstyüzey işlemlerinde kullanılan verniklerin ve yapışmada kullanılan tutkalların özelliklerinin ağaç malzemeye uygun olması istenir. Ticari olarak üretilen tutkal ve verniklerin ısıtıl işlemlili ve işlemsiz ağaç malzeme yüzeylerindeki performansları yeteri kadar araştırılmamıştır. Isıl İşlem görmüş ahşap yüzeylerinde katman–ısıtıl işlemlili ağaç malzeme ilişkilerinin de ortaya konulması gerekmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Akgül ve ark. (2007) çalışmasında, ısıtıl işlem görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* stev. Subsp. *Bornmuelleriana* Mattf.) odunlarının FT-IR spektroskopik yöntem ile kristalin hücre tipi ve kristalleşmedeki değişiklikleri araştırılmıştır. Isıtıl işlem, atmosferik hava basıncı altında üç farklı sıcaklıkta (120, 150 ve 180°C) ve iki farklı zaman (6 ve 10 saat) boyunca bir fırın içinde uygulanmıştır. Hem Sarıçam hem de Uludağ göknarı odunlarının kristalleşmesinin süreye bağlı olarak ısıtıl işlem sırasında arttığını, ısıtıl işlem gören sarıçam ve Uludağ göknarı odunlarının kristalin hücre tiplerindeki monoklinik yapının her nasılsa, triklinik yapıya dönüştüğünü, ısıtıl işlem tarafından sarıçam odun örneklerinin kristal yapısının Uludağ göknarı örneklerinden daha çok etkilendiğini belirlemişlerdir.

Ale'n ve ark. (2002) çalışmasında, ladin (*Picea abies* L.) odununu 2 ile 8 saat 180-225°C sıcaklıklarda ısıtıl işleme tabi tutmuşlardır. Deney sonucunda ısıtıl işlem görmüş numunelerin kimyasal analizinde ısıtılma süresince karbonhidratların ligninden daha fazla degrade edici reaksiyonlara maruz kaldığını belirlemişlerdir.

Altınok ve ark. (2010) çalışmasında, Türkiye'de geniş yayılışı ve endüstride yüksek kullanım potansiyeline sahip olan lamine kayın ağaç malzemenin (*Fagus orientalis* L), bazı mekanik özellikleri üzerine ısıtıl işlemin etkisi incelemişlerdir. Bu amaçla, kayın ahşap malzeme örnekleri öncelikle 100°C ve 150°C sıcaklıkta 4 saat tutulduktan sonra poliüretan ve polivinil asetat yapıştırıcı ile lamine edilmiştir. Isıtıl işlemlili ve işlemsiz lamine kayın ağaç malzemelerin test sonuçlarında, basınç direnci, eğilme direnci ve yapışma direnci dahil olmak üzere mekanik özelliklerin ısıtıl işlem ile olumlu etkilendiğini ve sıcaklık ve sürenin artmasıyla lamine ahşap numunelerin direnç değerlerinin daha da arttığını belirlemişlerdir.

Aydemir ve Gündüz (2009) çalışmasında, 150°C ve üstündeki sıcaklıklardaki muamelelerle odunun renginin değiştiğini, biyolojik direnç ve boyutsal

stabilizasyonun iyileştirilebildiğini, ancak mekanik özelliklerde kayıplar olduğunu ve kimyasal yapısının değiştiğini gözlemlemişler ve buna bağlı olarak ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin kullanım yerlerinin kısıtlandığını belirtmişlerdir.

Bekhta ve Niemz (2003) çalışmasında, kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) odununun renk değişimi, mekanik özellikleri ve boyutsal stabilizasyonu üzerinde yüksek sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; odun renginin koyulaştığını, mekanik özelliklerde düşüşün gerçekleştiğini ve boyutsal stabilizasyonunun arttığını, ısıtma zamanı ve sıcaklığının, renk değişimi üzerinde nispi nemden daha önemli olduğunu, toplamda renk değişimi, eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında güçlü bir bağ olduğunu belirtmişlerdir.

Boonstra ve ark. (2006) çalışmasında, yumuşak şartlar altında ısıtma işleminin optimizasyonu ve odun yapısı üzerindeki etkisini ışık ve elektron mikroskobu analizi ile araştırmışlardır. Isıtma işlemli çam türlerinin diri odununun reçine kanalları çevresindeki yıllık halkalar, parankim hücreleri, traheidler ve epitel hücrelerinde bazı çatlaklar görülmüştür. Buna karşın öz odun kesitinde böyle bir duruma rastlanılmamıştır. Isıtma işlemli radiata çamında çatlamanın çok net görüldüğü ve türün kullanılabilirliğini kısıtlayan bir faktör olduğunu, hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaç türlerinde enine yönde oluşan kopmaların liflere dik yönde sıralanmış hücre duvarlarındaki çatlaklardan dolayı oluştuğunu, bu durumun şok ve mekanik baskılardan sonra eğilme deneylerinde farklı şekillerde düşmelere sebebiyet olduğunu, ısıtma işleminin yıllık halkaların parankim hücrelerinde çatlamaya, sınırlı ve geniş çatlaklara yol açmadığını, liflerin margolarının zarar görmediğini, Douglas göknarının diğer türlerle karşılaştırıldığında ısıtma işlemi en duyarlı tür olduğunu belirtmişlerdir.

Çakıcıer ve ark., (2011) çalışmasında, Limba (*Terminalia superba*), Iroko (*Chlorophora excelsa*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) türlerinin sertlik, çizilme direnci ve parlaklığına farklı ısıtma işlemi ve vernik uygulama kombinasyonlarının etkilerini araştırmışlardır. Isıtma işlemi hem 3 hem de 6 saatlik bir süre boyunca iki aşamada (150 ve 180°C sıcaklıkta)

uygulanmıştır. Isıl işlem sonrası, selüloz, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernik uygulanmış ve vernik film katmanlarının sertlik, çizilme direnci ve parlaklığı ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, parlaklığın tüm ısıl işlemlili, selüloz ve sentetik vernikli ağaç malzemelerde arttığını, ancak parlaklık değerlerinin ısıl işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak tüm ağaç türleri için azaldığını, sertlik ve çizilme direnci değerlerinin de tüm ısıl işlem kombinasyonları için 4 ağaç türünde azaldığını belirtmişlerdir.

Çakıcıer ve ark. (2011) çalışmasında, Limba, İroko, Dişbudak ve Anadolu kestanesi odunlarının bazı fiziksel özelliklerinde farklı ısıl işlem ve vernik kombinasyonu uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Bunun için (150 ve 180°C) sıcaklık ve (3-6 saat) ısıl işleme tabii tutulan ağaç malzemeleri; selülozik, sentetik, poliüretan ve su bazlı vernikle kaplamışlardır. Daha sonra vernik katmanlarında yüzey pürüzlülüğü, parlaklık ve renk ölçümü yapmışlardır. Araştırma sonucuna göre; selülozik ve sentetik vernikle kaplanan ısıl işlemlili tüm ağaç malzemelerde yüzey pürüzlülüğünün arttığını, ısıl işlemlili tüm ağaç malzemelerde parlaklığın azaldığını belirlemişlerdir.

Edlundl ve Jermer (2004) çalışmasında, Sarıçam ve Ladin odunlarını 4 saat süreyle 220°C'de ısıl işleme maruz bırakmışlardır. Örnekler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda 2 yıl süreyle örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişiminin olmadığını, ısıl işlem ile modifiye edilmiş örneklerin bakır içerikli koruyucularla muamele edilmiş örneklere göre daha iyi bir performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Esen ve Özcan (2012) çalışmasında, ısıl işlemin meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemedeki yapışma direncine etkilerini incelemişlerdir. Meşe ağaç malzemedeki elde edilen deney örnekleri 170, 190 ve 210°C sıcaklıklarda 2, 6 ve 10 saat süre ile ısıl işleme maruz bırakılmıştır. Isıl işlemin ardından deney örneklerinde poliüretan (PUR), fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF) ve melamin-formaldehit (MF) tutkalları kullanılarak yapıştırma direnci belirlenmiştir. Sonuç olarak, ısıl işlemin yapışma direncini düşürdüğünü, en yüksek yapışma direncinin 2 saat ve 170°C ısıl işlemlili melamin formaldehit tutkalı ile yapıştırıldığında, en düşük

yapışma direncinin ise 10 saat 210°C ısıtma işlemli poliüretan tutkallı meşede olduğunu belirtmişlerdir.

Esteves ve ark. (2006) çalışmasında, sahil çamı ve Ökalyptus odun örneklerini hava ortamında buharla birlikte otoklav içerisinde 2-12 saat ve 190-210°C sıcaklıklarda ısıyla muamele etmişlerdir. Araştırma sonucunda odunun su alışı verişinde önemli iyileşmeler olduğunu, denge rutubet oranının çamda %46 ve Ökalyptusta %61 oranlarında düştüğü, boyutsal stabilizasyonun yükseldiğini ve yüzeyin ıslanabilirliğinin azaldığını, Ökalyptus odununun ısıtma muameleye verdiği tepkinin iğne yapraklılara göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Feist ve Sell (1987) çalışmasında, ladin ve kayın odunlarını 175-195°C sıcaklıklarda ısıtma işlemi tabii tutuktan sonra doğal ve yapay dış ortam koşullarında bekletmişlerdir. Isıtma işlemi sonrası kontrol örneğiyle karşılaştırarak dış ortam performansının daha iyi olduğunu ve boyutsal stabilizasyonun daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Follrich ve ark. (2006) çalışmasında, ısıtma işleminin yapışma direncine etkisini belirlemek için ladin odunlarından hazırladıkları numuneleri polietilen ile yapıştırmışlardır. Testlerde ısıtma işlemi sonrası yüzeyde meydana gelen yapışmanın koptuğunu ve bu yüzden temas açısının büyüdüğünü belirlemişlerdir.

Funaoka ve ark., (1990) çalışmasında, 120-220°C arası sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulaması süresince özellikle kerestenin rutubet içermesi durumunda ligninin başlıca difenilmetan tipi kondenzasyona uğradığı ifade edilmiştir. Ligninin, kendi çapraz bağlanma reaksiyonlarında odun bileşenleri arasında en fazla reaktif olarak görüldüğü belirtilmiştir.

Gündüz ve ark. (2008) çalışmasında, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Pallasiana* var. *pallasiana*) odununun bazı fiziksel (tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, genişleme) ve mekanik özellikleri (basınç direnci, janka sertlik) ile yüzey pürüzlülüğü üzerine ısıtma

işlemin etkisini araştırmışlardır. Isıl işlemden uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak tüm özelliklerde bir azalmanın söz konusu olduğu, direnç değerlerindeki azalmanın yüzey pürüzlülüğü ve genişlemede meydana gelen azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite ile dengelenebileceği ve ısıtım işlem sayesinde bu türün yeni kullanım alanlarında değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir.

Hakkou ve ark. (2005) çalışmasında, göknar, kavak, kayın ve çam odunlarını 8 saat süreyle sıcak buhar ortamında 100-160°C arasında değişen sıcaklıklarda ısıtım işlemine tabi tutmuşlardır. Isıl işlem sonrası odunun su alma yeteneğinin ani bir şekilde değiştiğini, herhangi bir kütle kaybı belirlenmeden önce 100-160°C'ler arasında ısıtılabilirlik değişimlerinin görüldüğünü, yüksek sıcaklıklarda yapılan ısıtım işleminin odun türlerinin ısıtılabilirliğini etkilemediğini belirtmişlerdir.

Ishiguri ve ark. (2005) çalışmasında, 6 Japon iğne yapraklı ağacı 75±5°C'de 100 ve 200 saat dumanla ısıtım işlemine tabi tutmuş ve etkilerini incelemişlerdir. Dumanla ısıtmadan sonra özellikle diri odunda nem oranının düştüğünü ve kerestelerde nem içeriğinin düzenli bir dağılım gösterdiğini tespit etmişlerdir. 100 saat dumanla muamele görmüş odun ile kontrol odunu arasında kimyasal bileşen miktarı bakımından hemen hemen hiçbir fark bulunmadığını, fakat 200 saat ısıtım işlemine tabi tutulan örneklerin hemiselüloz bozunmasının da olduğunu, kristallikteki artışın, selülozun kristalleşmesi ve/veya hemiselülozun termal bozunmasının duman ile ısıtım işlemine maruz bırakılmasından kaynaklandığını, 100 saat dumanla ısıtılan örnekler ile kontrol örnekleri arasında diri odun rengi bakımından hiçbir farklılık olmadığını, toplam renk değişiminde (ΔE^*) derinlerde renk değişimi olduğunu, bu sonuçların 100 saat üzerinde hemiselülozun termal bozunumu nedeniyle olduğunu belirtmişlerdir.

Ishikawa ve ark. (2004) çalışmasında, sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) odununun buhar kullanmadan yüksek sıcaklıkta muamele edilerek nem içeriğindeki değişimlerini araştırmışlardır. 160°C'de ısıtım işleminden dolayı odunun yapısında meydana gelen kaybın önemli oranda olduğunu ve bu kaybın nem değerlerini etkilediğini, 120°C'de meydana gelen kayıpların önemsizmeyecek

derecede olduğunu, ısıtım işlem zamanının ve kullanılan sıcaklık derecelerinin odunun denge rutubetini etkilediğini, buharla ısıtım işlemin yapıldığı kapalı sistemlerde ise doygun buharın gerek odun yüzeyinde gerekse iç kısımlardaki bozulmayı arttırdığını belirlemişlerdir.

Johansson ve Mor'en (2006) çalışmasında, Huş ağacını (175, 200°C) sıcaklıklarda (1, 3 ve 10 saat) muamele ederek renk değişimlerinin ve direnç özelliklerinin nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre renk ve denge rutubetinin direnç özellikleriyle bir ilgisi olmadığını, örneklerin renk homojenliği ölçüldüğünde ısıtım işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığını belirlemişlerdir.

Karakaş (2008) çalışmasında, Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısıtım işlemin etkisini incelemiştir. Bunun için; 160 ve 180°C sıcaklık ile 2, 4 ve 6 saatlik sürelerde ısıtım işleme tabi tutulan Ahlat odununun %50, 65, 85 bağıl nem ortamlarında rutubet içeriği, parlaklık, renk değişimi ve boyutsal kararlılığı ile eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direncini belirlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, fiziksel özelliklerde iyileşme görülürken, mekanik özelliklerde kayıp gözlenmiştir. 6 saatteki mekanik özelliklerdeki düşüşün 2 ve 4 saattekine göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Korkut (2008) çalışmasında; Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Matth.)'nın bazı teknolojik özellikleri üzerine ısıtım işlemin etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; ısıtım işlemin, odunun teknolojik özelliklerini istatistikî olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğü belirlenmiştir.

Korkut (2009) çalışmasında, ülkemizde doğal olarak yetişen ve potansiyel kullanım alanlarına sahip gürgen yapraklı kayacık odununun mekanik özelliklerinden liflere paralel çekme direnci, makaslama direnci ve yarıma direncine farklı sıcaklık (120, 150 ve 180°C) ve sürelerde (2, 6 ve 10 saat) uygulanan ısıtım işlemin etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda; ısıtım işlem sıcaklık ve süresi arttıkça mekanik özelliklerinin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak azaldığını tespit etmiştir.

Korkut ve ark. (2009) çalışmasında, gürgen yapraklı kayacık odununun (*Ostrya carpinifolia* Scop.) yüzey pürüzlülüğü ve fiziksel özellikleri üzerine ısıtılmanın etkisini araştırmışlardır. Değişen sıcaklık ve sürelerde ısıtılma tabii tutulan örneklerin fırın kurusu yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve şişme özellikleri belirlenmiştir. Isıtılmalı ve işlemsiz örneklerin mekanik özellikleri test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, Janka-sertlik (liflerin enine kesit, paralel ve dikey yönünde), dinamik eğilme direnci, liflere dik çekme direnci ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artan sıcaklık ve zamanla azaldığı görülmüştür. Ahşap örneklerin teknolojik direnç değerlerinin sıcaklık ve süre artmasıyla daha da azaldığını belirtmişlerdir.

Korkut ve ark. (2008) çalışmasında, Türk Fındık (*Corylus colurna* L.) odununun fiziksel özellikleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine ısıtılmanın etkisi incelenmiştir. Örnekler değişen sıcaklık ve sürelerde ısıtılma tabii tutulmuştur. Isıtılmalı ve işlemsiz numunelerin fiziksel özellikleri test edilmiştir ve fırın kurusu yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve şişme özellikleri belirlenmiştir. Numunelerin yüzey karakteristiklerini değerlendirmek için pürüzlülük ölçümleri liflere dik yönde yapılmıştır. Sonuç olarak yoğunluk, şişme ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artan sıcaklık ve süre ile azaldığını belirtmişlerdir.

Korkut ve Bektaş (2008) çalışmasında, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Matth.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun fiziksel özellikleri (tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme) üzerine ısıtılmanın etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; her iki ağaç türünde de ısıtılma uygulanan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak tam kuru ve hava kurusu yoğunluğun azaldığı ve yine genişleme değerinin de azalması neticesinde ısıtılmanın boyutsal stabilite üzerine olumlu etkisinin olduğu vurgulanmıştır.

Korkut ve ark. (2008) çalışmasında, kayın gövdeli akçaağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) odununu farklı sıcaklıklarda (120, 150 ve 180°C) ve farklı sürelerde (2, 6,

10 saat) ısıtılma işlemine tabi tutmuşlardır. Isıtılma işleminin sıcaklığı ve süresi arttıkça ağaç malzemenin teknolojik özelliklerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Korkut ve Budakçı (2010) çalışmasında, Üvez ağacı odununun (*Sorbus aucuparia* L.) fiziksel özellikleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine ısıtılma işleminin etkisini araştırmışlardır. Örnekler değişen sıcaklık ve sürelerde ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. Isıtılmalı ve işlemsiz örneklerin fiziksel özellikleri test edilmiş ve fırın kurusu yoğunluk, hava kuru yoğunluk ve şişme özellikleri belirlenmiştir. Numunelerin yüzey özelliklerini değerlendirmek için pürüzlülük ölçümü, liflere dik yönde yapılmıştır. Araştırma sonucunda, yoğunluk, şişme ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artan sıcaklık ve süre ile azaldığı belirlenmiştir.

Özalp ve ark. (2009) çalışmasında, ağaç malzemede vernik yapışma direnci, sertlik ve parlaklığa ısıtılma işleminin etkisini incelemişlerdir. Bunun için; Sarıçam ve kestane odunlarını (100, 150 ve 200°C) sıcaklık ve (2, 4 ve 6 saat) süre ile ısıtılma işlemine tabi tuttukten sonra su bazlı verniklerle kaplamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, vernik yapışma direnci, sertlik ve parlaklığın 100, 150 ve 200°C sıcaklık ve 2 saatte ısıtılma işlemine tabi tutulan sarıçam ve kestane için iyi sonuçlar verirken, 100, 150 ve 200°C sıcaklık ve 4 ve 6 saatte ısıtılma işlemine tabi tutulan her iki ağaç türünde de kötüleştiğini bildirmişlerdir.

Özçifçi ve ark. (2009) çalışmasında, Sarıçam odununu (150, 170 ve 190°C) sıcaklıklarda (4, 6 ve 8 saat) süreyle ısıtılma işlemine tabi tutmuşlar ve numuneler üzerinde eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci, basınç direnci, ağırlık kaybı, toplam renk değişimi (ΔE^*) ve hacimsel şişme değerlerini belirlemişlerdir. Isıtılma işleminin sarıçam odunu renginde koyulaşmaya neden olduğu, sıcaklık ve süresinin artmasıyla tüm bu özelliklerdeki değişiminde arttığını belirlemişlerdir.

Özdemir ve Arslan (2011) çalışmasında, ülkemizde ticari öneme sahip ağaç türlerinde ısıtılma işlem uygulamasının bazı yüzey işlem özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla Dişbudak (*Fraxinus excelsior*) ile Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve selülozik vernik kullanılmıştır. Standartlarda belirtilen boyutlarda

deneme örnekleri hazırlanmış ve örnekler üzerinde kuru film kalınlığı, yapışma direnci, aşınma direnci ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, ısıtma işlem uygulamasının yapışma direncini arttırdığı, parlaklığı ise azalttığı belirlenmiştir.

Schneider (1971) çalışmasında, ısıtma işlemin kayın ve çam odunlarının bazı mekanik özelliklerine etkilerini belirlemek için (100, 130, 150, 180 ve 200°C) sıcaklıklarda (6, 24 ve 48 saat) süreyle ısıtma işleme maruz bırakmıştır. Araştırma sonucunda 150°C ve üzerindeki sıcaklıklarda elastikiyet modülünde azalmalar olduğu, elastikiyet modülüne göre, basınç direncinin az miktarda etkilendiği ifade edilmiştir.

Şahin Kol ve ark. (2009) çalışmasında, thermowood yöntemi ile ısıtma işlem uygulanmış karaçam (Pinus nigra) odununun, fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF), melamin-formaldehit (MF), poliüretan (PUR) ve üre-formaldehit (ÜF) tutkalları ile yapışma direncine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda ısıtma işlem uygulamasının yapışma direncini olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir.

Şahin ve ark. (2011) çalışmasında, CIE L*a*b* renk ölçüm prensibi ile ısıtma işlemli akçaağaç, gürgen yapraklı kayacık ve meşe odunlarında renk oluşumu ve renk değişikliklerini analiz etmişlerdir. Isıya maruz kaldıkça, odun hammaddesi türlerinin koyulaştığını, sıcaklık ve zaman artışı gibi muamele koşulları olarak, akçaağaç odununun yüzeyi için sarının değişik tonlarının tercih edilebileceğini, gürgen yapraklı kayacık odununda, yüksek sıcaklıklarda zaman arttıkça mavi bir renk elde edildiğini, ahşap yüzeylerinin toplam renk değişimi değeri (ΔE^*)'nin sıcaklık ve zaman muamelesiyle ilişkili olduğunu, tüm ısıtma işlem görmüş numunelerin dış koşullarda renk farklılığına karşı kararlılıklarının azaldığını, akçaağaç numuneleri için büyük (ΔE^*) değerinin 150°C ve 2 saatlik muamelede elde edildiğini, ancak, meşe odununun 150°C ve 10 saatlik muamele koşullarında renk farklılığına karşı kararlılığının çok daha az olduğunu belirtmişlerdir.

Todorović ve Popović (2011) çalışmasında, ısı ile muamele edilmiş Sapsız meşenin (*Quercus sessiliflora* Salisb.) renk değişimi ve yüzey sertliği (Brinell sertlik) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Örnekler iki grup olarak diri odun ve öz odundan seçilmiştir ve 170, 190 ve 210°C’de 4 saat boyunca ısı işleme tabi tutulmuşlardır. Örneklerin CIE (L*a*b*) renk koordinatları ve radyal sertlik ısı işlem öncesi ve sonrası incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sıcaklık artışı ile toplam renk değişimi (ΔE^*) değerinin arttığını ve radyal sertlik değerinin azaldığını göstermektedir. CIELAB sisteminin tüm ölçülen koordinatları analiz edilen tüm örneklerde pozitif değerlere sahiptir. Renk değişiminin meşenin radyal sertliği üzerinde olumsuz etkiye sahip olmasına rağmen parlaklık (L*) ve sertlik arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir.

Tomak ve Yıldız (2010) çalışmasında, odun modifikasyon yöntemlerine niçin ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Kimyasal modifikasyon yöntemlerinden asetillendirme yöntemini incelemişler ve modifikasyon yöntemlerinin bugünkü endüstriyel durumu hakkında bilgi vermişlerdir.

Ünsal ve ark. (2003) çalışmasında, ısı işlemin, Ökalyptus odununun renk değişimi, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre ısı işlem ile odun örneklerinin renklerinin koyulaştığını, ısı işlem sıcaklığı ve süreleri arttırıldıkça yoğunluk, şişme ve sertlik değerlerinde düşme olduğunu belirtmişlerdir.

Vital ve ark. (1983) çalışmasında, Eucalyptus saligna odununu 105-155°C’de (10-16 saat) süre ile ısı işleme maruz bırakmışlardır. Örnekler üzerinde ısı işlemin Eucalyptus saligna odununda mekanik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Deney sonucunda odunda sıcaklık ve ısı işlem süresinin artmasıyla; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç ve makaslama direnci değerlerinde azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

Winandy (1996) çalışmasında, ısı işlem uygulaması sonucunda ahşap malzemede görülen direnç kayıplarının ahşap malzemenin kullanım alanını kısıtladığını, uygun

ısıtım işlem şartlarının belirlenmesi ile bu direnç kayıplarının minimize edilebileceğini, ısıtım işlem görmüş ağaç malzemenin de çeşitli kullanım yerlerinin olacağını vurgulamıştır.

Yıldız (2002) çalışmasında, Kayın ve Doğu Ladini odun örneklerini atmosferik şartlarda (2, 6 ve 10 saat) süre ile (130, 150, 180, 200°C)'de ısıtım işleme tabi tutmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, ısıtım işlem uygulamasının fiziksel özelliklerden boyutsal stabilizasyonun sağlanmasında etkili olduğunu, mekanik ve teknolojik özelliklerde genellikle ısıtım işlem şartlarının ve sıcaklığın artmasıyla düşüşlerin olduğunu belirlemiştir.

Yıldız (1999) çalışmasında, sıcaklığın odunun kimyasal bileşenleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ağaç malzemenin çeşitli proseslerde sıcaklığa maruz kaldığını, sıcaklığın etkisiyle ağaç malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde önemli değişiklikler meydana geldiğini, oluşabilecek bu değişikliklerden, ağaç malzemenin maruz kaldığı sıcaklık kadar ortamın basıncının, uygulanan sürenin, malzemenin içerdiği su miktarı ve fiziksel durumu gibi faktörlerinde sorumlu olduğunu belirtmiştir.

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Isıl İşlem Yöntemi

3.1.1. Isıl işlem yönteminin tarihsel gelişimi

Yüzyıllardır odunun yüzeyinin ısıyla muamelesi, odunun dış ortamda kullanımında daha fazla direnç sağladığını göstermiştir. Vikingler çit gibi dış ortamda kullanılan ahşap materyalleri bu metot yardımıyla korumuşlardır. Oduunun yüksek sıcaklıklarla muamele edilmesi bilimsel olarak ilk defa Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafından yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schnoider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır. Rusche ve Burmester 1970'li yıllarda bu tip bilimsel araştırmalarla ilgilenmişlerdir. Son yıllarda bu çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından çalışılmaya başlanmıştır. Çoğu önemli teorik ve bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT-Finnish State Research Center) tarafından yapılmıştır. Uygulama ile ilgili araştırmalar Çevre Teknoloji Enstitüsünde (YTI-The Institute of Environmental Technology) devam etmektedir [ThermoWood Handbook, 2003].

Son 20 yılda çeşitli Avrupa araştırma grupları yalnız ısı, sıcak yağ, higrotermal (buhar, nem ve ısının aynı anda etki ettiği koşul) ve hidrotermal (sıcak su ile elde edilen ısı enerjisinin kullanımı) esaslı ısıtım işlem metotları geliştirmişlerdir. Bu metotların arasındaki ana farklar; ağaç türü, yaş veya kuru olması, rutubet içeriği ve boyutlar gibi kullanılan materyale; bir veya iki işlem safhası, ıslak ve kuru işlem, ısıtım ortamı, koruyucu gaz olarak nitrojen kullanımı, ısıtım ve soğutım safhaları ve uygulama süresi gibi uygulanan işlem şartlarına ve ısıtım işlem kazanı ve fırını gibi ısıtım işlem uygulaması için gerekli ekipmanlara dayandırılmaktadır [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009]. Yeni ve yenilikçi uygulamalara sahip olan ısıtım işlem metotları; eski metotlar ve yeni metotlar diye ikiye ayrılır. Eski metotlar; Staybwood

(odunun sıkıştırılmayarak yalnız ısı ile boyutsal stabilitesinin sağlanması) ve Staypak (şiddetli bir ısıtma ile sıkıştırılarak stabilize edilen odun)'tır. Yeni metotlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan ThermoWood (Finlandiya), buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı PlatoWood-Lignius-Lambowood (Hollanda), inert gaz kullanılan Retification Process (Retiwood)-New Option Wood-Le Bois Perdure (Fransa), sıcak yağ kullanılan Hot Oil Treatment (OHT)-Menz Holz (Almanya), Calignum (İsveç), Thermabolite (Rusya), Huber Holz (Avusturya), Wood Treatment Technology (WTT) (Danimarka), Westwood (Amerika, Kanada, Rusya) [Sundqvist, 2004; Tjeerdsma, 2006].

3.1.2. Isıl işlem yönteminin özellikleri

Ahşap malzemenin yüksek sıcaklıklarla muamele edilmesi Finlandiya başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde kullanılmaktadır. En yaygın kullanıma sahip olan yöntem Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (*VTT-Finnish State Research Center*) tarafından geliştirilmiş ve lisanslı ThermoWood olarak adlandırılan yöntemdir.

Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Metodun temel fikri kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin, su buharının koruması altında ısı ile muamele edilmesidir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıl işlem uygulaması odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine yol açtığından performansını arttırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel nitelikler; mantar ve böceklerle karşı biyolojik dayanıklılık, düşük denge rutubet içeriği, daralma ve genişlemedeki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, artan termal izolasyon kabiliyeti, boya adhezyonu, dış hava şartlarına dayanıklılıkta artma, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzamadır. Buna ilaveten daha düşük kaliteli ağaç türlerine yeni pazar imkanı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü arttırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması ayrıca kompozit malzemelerde liflere ve

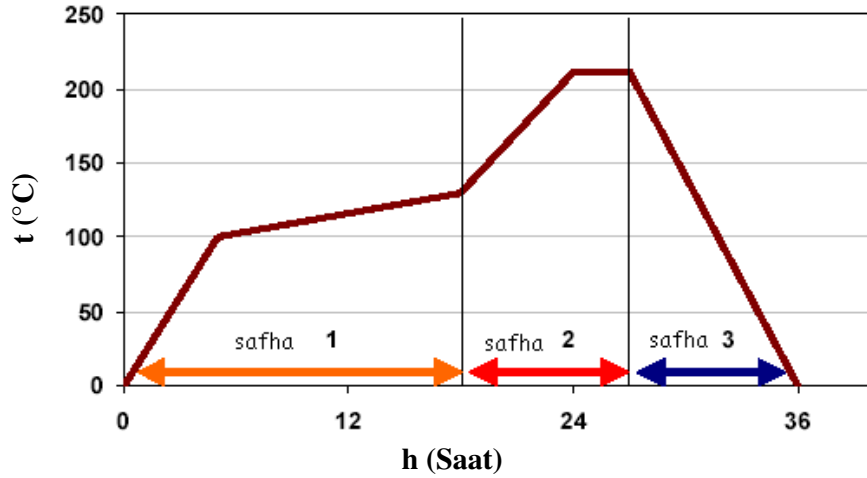
kaplamalara; dayanıklılıkta artma, daha büyük bir stabilite, kullanım süresinde artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Strüktürdeki tüm bu değişimler insan ve çevre sağlığına zararlı kimyasallar ilave edilmeksizin elde edildiğinden ısıtım işlem uygulaması emprenyeye ekolojik bir alternatif olarak düşünölmektedir [Wikberg, 2004; Enjily ve Jones, 2006].

ThermoWood olarak adlandırılan yöntem, ahşap malzeme üzerinde 3 safhada uygulanmaktadır.

İlk safha; Sıcaklık artışı ve yüksek ısıda kurutma olarak adlandırılmaktadır. Isıtım İşlem uygulama yönteminde en uzun süreli safhadır. Kurutma safhasındaki bu süre ağaç malzemenin başlangıç nemine, türüne ve kalınlığına bağılıdır. Hammadde taze kesilmiş (yaş) veya kurutulmuş olabilir. Başarılı kurutma fırın içerisindeki ısı, nem ve hava sirkölasyonu hızının kontrolü ile mümkündür. Ağaç malzeme yüksek sıcaklıklarda elastik bir hal aldığı için ağaç malzemenin mukavemetinin deformasyonu geleneksel fırın kurutmalarından daha azdır. Bu safhada sıcaklık ve buhar kullanarak, fırın sıcaklığı hızlı bir şekilde 100°C'ye çıkarılır, daha sonra sıcaklık yavaşça 130°C'ye kadar yükseltilir. Aynı zaman da ağaç malzemede çatlakları önlemek için, ağaç malzemeyi ön koruma amaçlı su buharı tatbik edilerek denge rutubeti miktarı hemen hemen sıfıra indirilir.

İkinci safha; Birinci safhayı takiben uygulanan bu aşama ısıtım işlem safhası olarak adlandırılmaktadır. Bu safhada kapalı bir ortamda (fırın içinde) ağaç malzemenin iç ısısı 185-230°C'ye kadar yükseltilmekte ve önceden belirlenen hedef sıcaklığı ulaşıldığında, fırın sıcaklığı bu sıcaklıkta sabit tutulmaktadır. Buhar bu işlem süresince ağaç malzemenin yanmaması için kullanılır. Koruyucu gaz ağaç malzemenin yanmasını önler ve hem de ağaç malzemede meydana gelen kimyasal değişiklikleri etkiler. Son kullanım amacına bağılı olarak bu periyot ortalama olarak 2-3 saat sürmektedir.

Üçüncü safha; İkinci safhayı takiben uygulanan bu aşamada soğutma ve nemlendirme safhası (kondisyonlama) olarak adlandırılmaktadır. Son aşamada, su spreyi sistemi kullanılarak ağaç malzemenin ısısı 80-90°C'ye kontrollü bir şekilde düşürülmekte ve ağaç malzemeyi son kullanımına uygun hale getirmek için nemi %5-7'ye ulaşıncaya kadar devam edilmektedir. Ağaç malzemenin sıcaklığı ile dışarıdaki hava sıcaklığı arasındaki yüksek ısı farkı çatlamaya (yarılmaya) neden olabileceğinden bu safhada dikkatli olmak gerekmektedir. Çok kuru ağaç malzemeyle çalışmak zordur. Bu safha ağaç türüne ve sıcaklığa bağlı olarak 5-15 saattir. Şekil 3.1'de ThermoWood üretim süreci grafiği verilmiştir. [ThermoWood Handbook, 2003].



Şekil 3.1. ThermoWood üretim süreci [ThermoWood Handbook, 2003].

3.1.3. Isıl işlem yönteminin sınıflandırılması ve kullanım alanları

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç türleri özelliklerine göre farklı sınıflandırmaya tabii tutulmaktadır. Isıl işlem 2 standart muameleye göre sınıflandırılır. Bunlar: Thermo-S ve Thermo-D olmak üzere 2'ye ayrılır.

Thermo-S; S harfi kararlılık (stability) anlamına gelmektedir. Kararlılık bu tür ürünlerin son kullanım yerinde anahtar bir özelliktir. Ortalama rutubetten dolayı teğet yöndeki şişme ve daralma Thermo-S sınıfı muamele edilmiş odunda %6-8 arasındadır.

Thermo-D; D harfi direnç (durability) anlamına gelmektedir. Bu tür ürünlerin karakteristik özelliklerinden direnç, biyolojik zararlılara karşı anahtar bir özelliktir. Ortalama nemden dolayı teğet yönde şişme ve daralma Thermo-D sınıfı ısıtıl işlem görmüş odunda %5-6 dolaylarındadır.

Thermo-S ($190^{\circ}\text{C} \pm 3$) ve Thermo-D ($212^{\circ}\text{C} \pm 3$) iğne yapraklı ağaçlar (yumuşak ağaç) için muamele sınıfıdır. Yapraklı ağaçlar (sert ağaç) için ise ($185^{\circ}\text{C} \pm 3$) ve ($200^{\circ}\text{C} \pm 3$) kadardır [ThermoWood Handbook, 2003]. Isıtıl işlem uygulanmış kereste bina dış cephe kaplaması, iç mekan kaplamaları, parke ve döşeme tahtası, park ve bahçe mobilyaları, bahçe çitleri, çocuk oyun alanı, pencere ve pencere panjurları, iç ve dış kapı, sauna ve sauna elemanları, iç mekan mobilyaları ve müzik aletleri yapımında kullanılmaktadır. Isıtıl işlem uygulanmış kereste yapı endüstrisinde kullanım için büyük bir potansiyeldir [Korkut ve Kocaefe, 2009]. Thermo-S ısıtıl işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler Çizelge 3.1’de, Thermo-D ısıtıl işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir [ThermoWood Handbook, 2003].

Çizelge 3.1. Thermo-S ısıtıl işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler

<i>Thermo-S Yumuşak Ağaç</i>	<i>Thermo-S Sert Ağaç</i>
—Yapı malzemeleri — İç Mekan Mobilyaları — İç Cephe Kaplamaları — Mutfak ve Elbise Dolapları — Bahçe Mobilyası — Sauna ve Sauna Elemanları — Kapı ve Pencere malzemeleri — Dış Cephe Kaplamaları	— İç Cephe Kaplamaları — İç Mekân Mobilyaları — Yer Kaplamaları (Parke) — Sauna ve Sauna Elemanları — Bahçe Mobilyaları

Çizelge 3.2. Thermo-D ısıt işlem uygulamasına tabii tutulan ağaç malzemeden yapılabilecek ürünler

<i>Thermo-D Yumuşak Ağaç</i>	<i>Thermo-D Sert Ağaç</i>
— Dış Cephe Kaplaması — İç ve Dış Kapi — Pencere ve Pencere panjurları — Park ve Bahçe Mobilyaları — Sauna ve Sauna Elamanları — Yer Kaplamaları (Parke) — Bahçe Elemanları (Bahçe Çitleri) — Havuz ve Bahçe Deckleri	— İç Cephe Kaplamaları — İç Mekân Mobilyaları — Yer Kaplamaları (Parke) — Sauna ve Sauna Elamanları — Bahçe Mobilyaları

3.1.4. Isıl işlemin ağaç malzeme üzerindeki etkileri

Isıl İşlem; ahşabın kimyasal ve fiziksel özelliklerini kalıcı bir şekilde değiştirmektedir. Özelliklerdeki değişim tamamen hemiselülozun termik degradasyonundan dolayı meydana gelmektedir. İstenilen değişimler yaklaşık olarak 150°C’de elde edilmeye başlar ve bu değişimler her kademedede sıcaklığın artırılmasıyla devam etmektedir. Sonuç olarak rutubetten dolayı oluşan şişme ve büzülme düşerken, biyolojik direnç artmakta, renk koyulaşmakta ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmaktadır. Ahşabın nemi, PH seviyesi azalmakta ve yalıtım özellikleri gelişmekte, bununla beraber ahşabın sertlik ve dayanım özellikleri de değişmektedir [ThermoWood Handbook, 2003]. Isıl işlemde en önemli etken sıcaklıktır. Fakat ağaç türü, işlem atmosferi, ısıt işlem süresi, rutubet miktarı, basınç ve sıcaklığın eşit dağılımının sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır [Viitanen ve ark., 1994].

Kimyasal özellikler üzerine ısıt işlemin etkisi:

Odun düşük moleküllü bileşiklerden polimerik bileşiklere kadar kompleks bir yapıya sahiptir. Isıl işlem uygulaması süresince odunun fiziksel ve mekanik yapısında meydana gelen sayısız değişimleri anlamak için odunun kimyasal bileşimini, yapısını oluşturan ana bileşenlerin temel karakteristiklerini ve fiziksel özelliklerini çok iyi bilmek gerekmektedir.

Selüloz odunun tam kuru ağırlığına oranla %40-45'ini oluşturmaktadır. Selüloz molekülü dallanmamış, rijit zincir yapılı ve β (1→4) glikozidik bağ ile bağlanmış anhidro-D-glikopiranoz halka ünitelerinden oluşmuş uzun ve düz polimerdir. Selülozun kristallenme derecesi %60-70 arasında değişmektedir. Kristalimsi selüloz çok sınırlı bir su ve kimyasal çekime sahiptir. Bu nedenle kimyasal saldırılar öncelikli olarak amorf selülozda ve kristalimsi yüzeylerde meydana gelir. Selüloz orta lamelde yaklaşık %14, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında %35 ve S2 tabakasında %60 oranında bulunur. Selüloz öncelikli olarak yüksek polimerizasyon derecesi (DP=5000-10000) ve düz kristalimsi yapısı nedeniyle odunun direncinden sorumludur. Üniteleri arasında ve piranoz halkası içerisindeki kovalent bağlar sebebiyle çekme gerilmelerine son derece direnç göstermektedir. Selüloz liflerinin çekme direnci polimerizasyon derecesi 80 ve altında iken düşük, polimerizasyon derecesi 300 oluncaya kadar doğrusal olarak artmakta ve bu değerin üstünde oldukça az bir artma görülmektedir [Sjöström, 1993].

Termik işlem uygulanan odun selülozunun polimerizasyon derecesi (DP) düşmektedir. Ancak 120°C'ye kadar uygulanan termal işlemler selülozun polimerizasyon derecesini etkilememektedir. 120°C'nin üstündeki sıcaklık değerleri polimerizasyon derecesindeki düşüşü hızlandırmaktadır. Selülozun depolimerize olmasında sıcaklık kadar önemli olan bir diğer faktör örneğin içerdiği nem miktarıdır. 200°C'lerde yüksek miktarlarda su içeren selüloz örneğinin aynı sıcaklıklarda daha düşük oranlarda su içeren selüloz örneğine göre polimerizasyon derecesi daha az düşmektedir. Bunun nedeni su içeriği fazla olan selülozik örnekde suyun uçurulmasıyla yeniden kristalizasyon başlaması ve bu kristallenmenin zincirlerin bölünmesini engellemesi şeklinde açıklanmaktadır. Çünkü selülozun kristal yapısı sıcaklıktan pek etkilenmemektedir [Fengel ve Wegener, 1984].

165-185°C gibi düşük sıcaklıklarda selülozun bozunması sınırlıdır. Selüloz yüksek derecede (%60) düzenli kristalimsi yapıya sahiptir ve bu da selüloz zincirlerine yüksek bir stabilite katmakta ve onları hidroliz (molekülün bir su molekülü ilavesiyle iki parçaya ayrılması) süresince asit saldırısına karşı korumaktadır [Hill, 2006].

200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda selülozun termik ayrışması hızlanmakta, buna bağlı olarak uçucu bileşikler oluşumu artmaktadır [Yılgör, 1999].

Odun hemiselülozları, odunun tam kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturur ve öncelikle D-glikoz, D-galaktoz ve D-mannoz gibi 6 karbonlu (heksoz) ve L-arabinoz ve D-ksiloz gibi 5 karbonlu (pentoz) halka şeklindeki çeşitli basit şeker ünitelerinden oluşan dallanmış amorf polimerlerdir. Orta lamelde %27, sekonder hücre çeperinin S1 tabakasında %35 ve S2 tabakasında yaklaşık %15 oranında bulunur. Hemiselülozlar düz zincir omurgasına sahip fazla sayıda dallanmış ve selüloza göre polimerizasyon derecesi düşük (100-200) bir yapıya sahiptir. Selüloz zincirlerinin amorf bölgelerinde bulunur ve lignin ile yakın ilişki içerisindedir. Selüloz ve lignini bağlayıcı materyal olarak görülmekte ve hücre çeperinin yoğunluğunu arttırmaktadır. Hemiselüloz ve selüloz zincirleri arasında ve hemiselüloz zincirleri içinde hidrojen bağları mevcuttur. Hemiselülozlar selüloz mikrofibrillerinin yüzeylerine bağlıdır ve mikrofibriller arasını doldurmaktan kaçınırlar. Bu düzenleri ile çözücüler ve suya karşı selüloza nazaran daha hassastır [Sjöström, 1993].

Hemiselülozlar ısı işlem süresince hidroliz reaksiyonları tarafından oligomer ve monomerlere depolimerize olur. Isıl işlem süresi ve sıcaklığı hemiselüloz bozunmasını etkileyen iki önemli faktördür. Sıcaklık ve süredeki artmaya bağlı olarak arabinoz ve galaktoz gibi yan zincir bileşenleri ayrılır ve bunu mannoz glikoz ve ksiloz gibi ana bileşenlerin bozunması izler. Bundan başka hemiselülozun asetil yan zincirlerinden asetik asit ayrılır ve odunun asetil (COCH_3) içeriği azalır. Hemiselülozun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidrolize olması boyutsal stabiliteyi arttırmakta ve denge rutubet miktarını azaltmaktadır. İlaveten yüksek sıcaklıkta rutubet içeriği odun bileşenlerinin depolimerizasyon işlemini kuvvetlice katalize eder [Boonstra, 2008].

Lignin konfigürasyonunda geniş bir değişim ile üç boyutlu aromatik amorf bir polimer olup hücre çeperinin en hidrofobik bileşenidir. Karbonhidratların etrafında ve üzerinde kabuk bağlama birimi olarak görülür. Odunda lignin miktarı %20-40'tır. Lignin fenolik bir bileşiktir. Lignin ünitelerini bağlayan kimyasal bağlar esas olarak

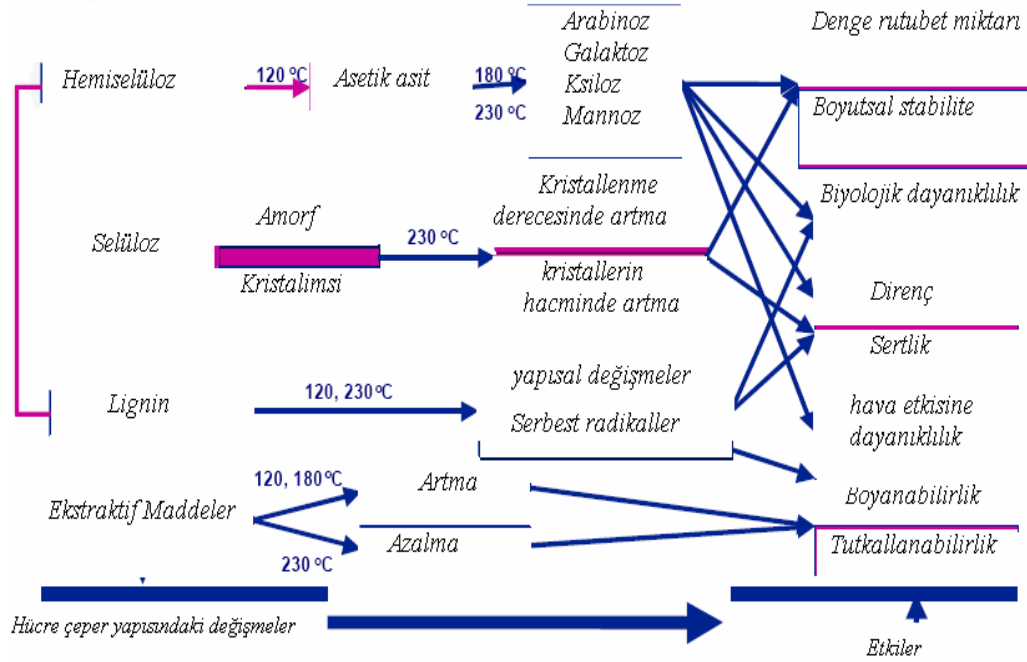
eter bağları (-C-O-C-) ve karbon-karbon bağlarıdır. Genelde eter bağları karbon-karbon bağlarına nazaran kimyasallar ve ısı işlem ile çok daha fazla kararsız ve hassastırlar. Orta lamel %60 oranında lignin içermesine rağmen sekonder hücre çeperi S1 ve S2 tabakalarında aynı oranlarda olmak üzere %27-30 oranında lignin içermektedir. Hücre çeperi köşelerinde lignin oranı çok yüksektir. Lignin selüloz fibrillerini birlikte tutar ve hücre çeperi içerisinde selüloz moleküllerinin sertleştirme birimi olarak hareket eder. Ayrıca karbonhidratlara su ulaşımını sınırlar ve bu nedenle odunun hidrojen bağlı yapısı üzerine suyun etkisi daha az olur [Sjöström, 1993].

Odun bileşenlerinin hidroksil (-OH) ve fenil grupları (C₆H₅-) reaktif (kimyasal tepkimeye açık) iken selüloz ve hemiselülozda bulunan eter grupları fazla reaktif (kimyasal olarak aktif) değildir. Özellikle hemiselüloz ve ligninin hidroksil grupları önemli rol oynarken selülozun hidroksil grupları reaksiyon mekanizmasına daha az dahil olur. Isıl işlem sonucu genellikle hemiselülozun bozunması ile ortaya çıkan organik asitlerin etkisi ile odunun lignin-polisakkarit kompleksi yarılr. Higroskopisite (havadan rutubet absorbe etme yeteneği)'deki bu değişim karakteristiktir ve başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin kimyasal modifikasyonuna ve odun kristallenme derecesindeki fiziksel değişmelere dayandırılmaktadır. Higroskopisitedeki azalma odundaki hidrofilik bölgelerin (özellikle karbonhidratların hidroksil grupların) sayısındaki azalma ile ilgilidir. Isıl işlem uygulamasından sonra karbonhidratların bozunması ile su absorbe eden hidroksil gruplarının konsantrasyonundaki azalma daha düşük su alımı ve absorpsiyonu ile sonuçlanır. Odun ısıya maruz kaldığında hidroliz ile asetillenmiş hemiselülozdan asetik asit oluşur. Serbest kalan bu organik asit hemiselülozun çözümlenebilir şekerlere hidrolizinde bir katalizör olarak görev yapar. Ek olarak amorf bölgedeki selüloz mikrofibrilleri asetik asit tarafından depolimerize olur ve bu da daha sonra selülozu kırarak daha kısa zincirlere dönüştürür. Ligninin plastikleşmesi ve odunun lignoselülozik polimerik bileşiklerinin yeniden yapılanması ısı işlem uygulanmış odunun artan hidrofobik karakteristiğini açıklayan diğer bir görüş olarak ortaya çıkmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odunda başta hemiselüloz olmak üzere karbonhidratların depolimerizasyonu serbest hidroksil gruplarını içeren

hidroksil gruplarının toplam miktarındaki azalma ile sonuçlanmaktadır [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Odun bileşenleri içerisinde lignin ısıya karşı en iyi karşı koyabilendir. Sıcaklık ancak 200°C'yi aştığı zaman lignin kütlelerinde azalma ve β -aril-eter bağları kırılmaya başlar. Yüksek sıcaklıklarda ligninin metoksi içeriği azalır ve yoğunlaşmamış ünitelerinden bazıları difenilmetan tipi ünitelere dönüşür. Difenilmetan tipi yoğunlaşma 120-220°C aralığında tipik bir reaksiyon olup renk, reaktivlik ve çözünme gibi lignin özellikleri üzerine önemli bir etkiye sahiptir [Boonstra, 2008]. 120-220°C arası sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulaması süresince özellikle kerestenin rutubet içermesi durumunda ligninin başlıca difenilmetan tipi kondenzasyona uğramaktadır. Lignin, kendi çapraz bağlanma reaksiyonlarında odun bileşenleri arasında en fazla reaktif olarak görülür [Funaoka ve ark., 1990]. Isıtma işlemi süresince lignin bozunmaya aynı zamanda kondenzasyon veya polimerizasyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Lignin ve hemiselüloz arasındaki kovalent bağlar (atomlar arasında veya atomlar ile diğer kovalent bağlar arasında elektron çiftlerinin paylaşılması) kırılır ve yüksek reaktivlikle düşük molekül ağırlığında lignin parçaları üretilir. Isıtma işlemi süresince ligninin aromatik çekirdeği C3 pozisyonunda metoksi ($-O-CH_3$) gruplarının çok daha muhtemel demetoksilasyon veya demetilasyonu (bir molekülde metil gruplarının (CH_3) kaldırılması) gibi görünür. Bu, reaksiyon için uygun aromatik lignin bölge sayısının artmasına neden olur ve ligninin aromatik çekirdeğinin reaktivliğini artırır [Boonstra, 2008].

Isıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin reaksiyon mekanizması Şekil 3.2'de gösterilmiştir [ThermoWood Handbook, 2003].



Şekil 3.2. Isıl işlem uygulanmış kerestenin reaksiyon mekanizması

Fiziksel özellikler üzerine ısıt işlemin etkisi:

Odunun ısıt işleme tabi tutulması onun su adsorpsiyonunu önemli derecede azaltır. Odun karbonhidratlarında serbest hidroksil gruplarının mevcudiyeti ve/veya erişilebilirliği su adsorpsiyon ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Isıl işlem uygulaması sonucu serbest hidroksil gruplarına erişilirlikte azalma olması şüphe götürmeyecek kadar aşikardır. Bunun sebepleri ise; serbest hidroksil gruplarının toplam miktarında azalmaya neden olan karbonhidratların özellikle hemiselülozun depolimerizasyonu, hidroksil gruplarının su moleküllerine kolay erişemediği kristalimsi selülozun nispi oranındaki artma ve serbest hidroksil gruplarının suya erişebilirliğini engelleyen lignin ağının çapraz bağlanmasıdır. Odunun direnç özelliklerini bağlı su kuvvetlice etkilemektedir. Artan bağlı su miktarı hücre çeperinin organik polimerleri arasındaki hidrojen bağı azaltır veya engeller. Direnç kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağları ile ilgili olduğu için odunun direnç özellikleri bağlı su miktarının artması ile azalmaktadır. Isıl işlem uygulanmış odun daha az higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu ısıt işlem direnç özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapmaktadır [Hill, 2006].

Isıl işlem uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak yoğunluk açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Isıl işlem uygulamasından sonra odun yoğunluğundaki azalmaların ana sebepleri; ısı işlem süresince başta hemiselüloz olmak üzere odun bileşenlerinin buharlaşan uçucu ürünlere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin buharlaşması ve ısı işlem uygulaması ile odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarıdır. Isıl işlem uygulamasından sonra daha düşük bir yoğunluk direnç özelliklerinde bir azalmayı gerektirse de bu yargı prematüredir. Odunsu materyal ve ağırlık kayıpları ile ilgili olarak odun ana bileşenlerinin bozunması iç gerilmelerin daha az moleküler materyal üzerine dağıtılmasına neden olduğu için direnç özelliklerini azaltır. Diğer taraftan daha düşük rutubet içeriği direnç pozitif etkiye sahiptir ve kütle kayıplarının etkisini azaltır [Boonstra, 2008].

Isıl işlemin en dikkat çekici etkilerinden birisi histerezin tipik sigmoid eğrileri korunurken higroskopisitenin azaltılmasıdır. Histerezin pozitif etkisi bağıl nemdeki düşük değişimin ısı işlem uygulanmış odunun rutubet içeriğinde derhal bir değişme yapmamasıdır. Bu özellik ısı işlem uygulanmış odunun boyutsal stabilitesine katkıda bulunur. Çünkü odun su adsorpsiyonu ve desorpsiyonu nedeniyle genişleme ve daralmaya uğramaktadır. Bundan başka su adsorpsiyonundaki azalma odunun tüm daralma ve genişlemesini azalttığından onun boyutsal stabilitesini arttırmaktadır. Genelde ısı işlem uygulanmış odun düşük daralma ve genişleme değerleri ile oldukça hidrofobiktir. Odunun higroskopisitesi sıcaklık ve süre gibi ısı işlem şartlarından etkilenmektedir. Özellikle ısı işlem sıcaklığı çok etkili bir parametre olmaktadır [Boonstra, 2008].

Mekanik özellikler üzerine ısı işlemin etkisi:

Isıl işlem, 150-280°C'ler arasındaki yüksek sıcaklıklarda uygulanan şiddetli işlem şartlarına bağlı olarak odunun mekanik özelliklerinin azalmasına sebep olur. Odunun mekanik özellikleri rutubet içeriği ile yakından ilgilidir. Hücre çeperinin polimerik ana bileşenleri arasındaki hidrojen bağının azalması ve bağlı su miktarının artmasının

engellenmesi nedeniyle kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağları ile ilişkili olan odunun direnç özellikleri azalır [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin odunun direncine farklı düzeylerde katkıda bulunmaktadır. Selüloz yüksek polimerizasyon derecesine sahip (selüloz zincirindeki anhidrid glukoz birimlerinin sayısı 5000-10000) olması ve kristalimsi (mikrofibril içersindeki selüloz uzun zincir moleküllerinin birbirine paralel uzandıkları kısım) yapısı nedeniyle odun lif direncinden öncelikli sorumlu tutulmaktadır. Isıl işlem uygulaması, selüloz polimerinin depolimerizasyonu sonucu amorf selülozun az miktarda fakat dikkate değer bozunmasına yol açmaktadır. Bu durum ısıl işlem uygulanmış odunun çekme direncinin azalmasında önemli bir sebeptir [Winandy ve Rowell, 1984; Korkut ve Kocaefe, 2009]. Ancak, iç gerilmeler selüloz mikrofibril/fibrilleri arasında dağıtılmıştır. Bunun yanında selüloz polimer uzunluğunun direnç üzerine etkisi, çekme direncinin polimerizasyon derecesi 300'ün üzerinde değişmemesi sebebiyle sınırlıdır. Amorf selülozun kristalleşmesinin çekme direncindeki azalmadan sorumlu olup olmadığı tam açık değildir. Hemiselülozlarının bozunması ile birlikte kristalitlerin kalınlığının ve selüloz kristallenme derecesinin artması ile odunun direnci ve sertliği azalmaktadır [Stamm, 1964; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Eğilme direncindeki ilk kayıplardan ısıl işlem süresince lignin ve selülozun bozunması veya depolimerizasyonu değil hemiselülozun modifikasyonu ve/veya bozunması öncelikli olarak sorumlu tutulmaktadır. Eğilme direncindeki daha fazla azalma ısıl işlem süresi ve sıcaklığına bağlı olarak artmaktadır. Hemiselüloz ısıya karşı çok hassas olan hücre çeperi bileşenidir [Korkut ve Kocaefe, 2009]. Lignin-hemiselüloz matriksi içerisinde hemiselülozun yan zincirlerinin kırılması neticesinde yük paylaşma kapasitesi bozulmakta ve bu sebeple direnç kayıplarından sorumlu tutulabilmektedir [LeVan ve ark., 1990]. Diğer bir sebep ise hemiselülozun omurgasının bozulması nedeniyle hemiselülozun polimerizasyon derecesinin azalmasıdır.

Elastikiyet modülündeki az miktarda fakat dikkate değer artma, muhtemelen lignin hemiselüloz matriksinin yük paylaşma kapasitesindeki bozulma ve hemiselülozun modifikasyonu ve/veya bozunmasına rağmen kristalimsi selülozun nispi miktarındaki artma sebebiyle olmaktadır [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Kusursuz odun örnekleri ile yapılan mekanik testler farklı ısıtma işlem metotları ve farklı ısıtma işlem şartlarının etkilerini karşılaştırmak bakımından faydalıdır. Ancak bu şekilde elde edilen sonuçlar konstrüktif elemanlar için kullanılamaz. Budak, reçine kesesi, lif kıvrıklığı ve reaksiyon odunu gibi mekanik özellikler üzerine etkili olan doğal kusurlar ısıtma işlem uygulamasından etkilenmektedir. Isıtma işlem uygulamasında odun maksimum daralma ile ilgili olarak çok düşük nem içeriğine (%0-1) kadar kurutulur. Bu özellikle reaksiyon ve genç odunun bulunması durumunda deformasyonlara neden olmaktadır. Budanın daralması odundan farklı olduğundan budak etrafına yerleşmiş odun lifleri arasında iç gerilmeler oluşmaktadır. Bu odunun makro yapısını ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Doğal kusurları içeren ısıtma işlem uygulanmış odun daha büyük ve ani kırılmalar gösterirken ısıtma işlem uygulanmamış odun daha kademeli bir gerilim azalması gösterir. Isıtma işlem uygulanmış odun dış kuvvetlere karşı ısıtma işlem uygulanmamış oduna nazaran daha az karşı koymaya sahiptir. Özellikle odunu daha kırılğan yapan amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya karbonhidratların bozunması gibi odun ana bileşenlerindeki değişimler bu olayın sebeplerinden olmasına rağmen, kırılan liflere dik hücre çeperleri bu olayın sebebi olarak görünür. Isıtma işlem görmüş odunun kırılmasına kadar olan yer değişiminin daha düşük olması daha sert ve kırılğan olmasını doğrulamaktadır. İnşaatlık kerestenin eğilme direncinin aksine elastikiyet modülü ısıtma işlem uygulamasından sonra hala artmaktadır. Elastikiyet modülü yapı için çok kritik bir parametredir ve yüksek rijitlik belirli bir yük için daha düşük bir sapma ile sonuçlanır. Isıtma işlem elastikiyet modülü bağlamında yapı uygulamaları için düşük bir potansiyel olarak görülmemektedir. Ancak konstrüksiyonda oluşan gerilmeler ve ısıtma işlem uygulanmış kereste kullanılacağı zaman farklı direnç özellikleri üzerine ısıtma işlemin etkileri orantılı olmadığı için bazı pratik sonuçlar dikkatlice düşünülmelidir. Isıtma işlem uygulanmış kereste bu nedenle konstrüksiyon üzerine uygulanan gerilmelere farklı tepkiler verebilir. Isıtma işlem uygulaması konstrüksiyon için

materyali kısıtlayabilir veya onaylayabilir [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Genç odun ile olgun odun arasında anatomik ve ultra-strüktürel karakteristiğindeki farklılıklar ısıt işlem uygulamasından sonra direnç özelliklerinde farklılaşmaya sebep olmaktadır. Genç odundaki daha büyük mikrofibril açısı daha fazla boyuna daralma ve daha az enine daralmaya sebebiyet verdiğinden, ısıt işlem uygulaması sırasında odun tamamen kurutulduğunda odunda direnç özelliklerini etkileyen iç gerilmeler meydana gelmektedir [Hill, 2006].

Isıt işlem uygulamasından sonra liflere paralel basınç direnci ve sertlik değeri artmasına rağmen makaslama direnci azalır, liflere paralel çekme direnci ise daha büyük bir azalma gösterir. Çekme, basınç ve makaslama gerilmelerinin kombinasyonu ile oluşan eğilme direnci liflere paralel çekme direnci kadar olmasa da azalmaktadır. Şok direnci daha büyük bir azalma gösterir. Eğilme testi süresince elastikiyet modülünde artma gerçekleşmektedir. Isıt işlem uygulanmış odunun mekanik özellikleri üzerine ligninin polikondenzasyon reaksiyonları, amorf selülozun kristalleşmesi ve/veya bozunması ve hemiselülozun modifikasyonu ve bozunması etkili olmaktadır [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Isıt işlem uygulanan odunun direnç özelliklerini etkileyen diğer bir olgu odunun thermo-plastik davranışdır. Belli sıcaklıkların üzerinde hemiselülozun (127-235°C), ligninin (167-217°C) ve selülozun (231-253°C) fiziksel karakteristikleri plastik safhaya geçer. Odunun thermal yumuşaması, buharlamanın suyun bir plastikleştirici olarak hareket etmesi ile yumuşama noktasının (180°C) azalmasına rağmen 200°C'nin üzerinde bir bütün olarak meydana gelir. Lignin ve hemiselülozun thermal davranışı selüloz ile moleküllerarası ikincil bağlar sebebiyle etkileşimler tarafından sınırlandırılmış görülür. Isıt işlem süresince hemiselülozun bozunması ikincil bağları etkilediğinden lignin ve hemiselülozun kalıcı plastikleşmesine yol açar. Soğutma safhasında ise bu bileşenler tekrar rijit olur ve moleküler polimer yapı değişebilir. Bu durum direnç özelliklerini etkileyen odunun ana bileşenleri arasındaki etkileşimi etkilemektedir [Boonstra, 2008].

Renk:

Renk estetik bir konudur. Isıl işlem uygulaması süresince odunda meydana gelen oksidatif ve hidrolitik (hidrolizle ilgili) renk değişim reaksiyonlarının sonucunda ahşabın rengi koyulaşır. Bu renk değişimi özellikle yapraklı ağaçlarda pozitif bir etki olarak görülür. Renk ısıl işlem uygulanmış yapraklı ağaçlara ısıl işlem uygulanmamış olanlara göre daha tercih edilir özellik katmasından dolayı yeni pazar potansiyeline sahip olma özelliği kazandırır. Renk ayrıca termal bozunma sebebiyle kimyasal değişme, kütle ve direnç kayıpları gibi farklı özelliklerdeki değişimler neticesinde ısıl işlem uygulamasının kalitesini belirleme potansiyeline sahiptir [Johansson, 2005]. Kahve renk ısıl işlem uygulanmış kerestelerin kullanımını sınırlar veya destekler. Isıl işlem uygulaması sonucu tipik odun dokusu hala görülebilir veya hatta belirgin hale gelebilir. Literatürde ısıl işlem uygulaması süresince odundaki renk değişimlerinin kimyasal sebepleri tam olarak tanımlanamamıştır. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda renk değişimlerinin ana sebepleri olarak hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir. Isıl işlem uygulamasında sıcaklık ve süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır [Nuopponen, 2005; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Yüzey işlemi ve boyanma kabiliyeti:

Isıl işlem uygulaması ile reçine ağaç malzemedan uzaklaştığı için budaktan boya yüzeylerine reçine sızma riski azalmaktadır. Bu sebeple yüzey işlemlerinden önce budakların verniklenmesi gerekli değildir. Yağ bazlı maddeler ile ısıl işlem uygulanmamış malzemelerde olduğu gibi çalışılabilir. Su bazlı maddeler ile çalışılacağı zaman ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin ısıl işlem uygulanmamış ağaç malzemeye nazaran daha düşük su absorpsiyonuna sahip olduğu unutulmamalıdır. Su bazlı sistemler ile çalışma yavaş kurumalarından dolayı oduna nüfuz etmeleri için yeterli zaman olması durumunda uygun olmaktadır. UV-sertleşen renklendiriciler ve lakeler, yağlar ve balmumu kadar iyi sonuçlar vermektedir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde yüzey işlem uygulamalarında ağaç malzeme sıcaklığı, rutubet içeriği ve yüzey temizliği gibi doğru çalışma şartlarına daima

dikkat edilmelidir. Isıl işlem uygulanmış kerestenin yüzeyleri estetik amaçlar veya yaşlandırma için boyanabilir. Boyama sistemlerinin penetrasyon ve adezyonu ısı işlem tarafından etkilenir. Isıl işlem uygulanmış odun ısı işlem uygulanmamış oduna nazaran daha hidrofobik olduğundan su bazlı boya sistemlerinin film tabakalarını kurutmak için daha uzun bir süreye gereksinim duyarlar. Bundan dolayı kalın bir film tabakası yerine iki tane ince film tabakası (örneğin 80 µm'lik bir kuru film tabakası yerine 40 µm'lik iki kuru film tabakası) kullanılması tavsiye edilmektedir. Gerekli yüzey gerilimi boyama sistemlerine katkı maddelerinin ilavesi ile ayarlanabilir. Isıl işlem uygulaması süresince tutkal sızması reçineli ağaç türleri boyanacağı zaman bir problem olabilir. Isıl işlem uygulanmış kereste organik çözücülü boyama sistemleri (örneğin alkid sistemler) ve genel amaçlı renklendirici ve yağlı boyalar ile boyanabilir. Saydam film kaplama sistemlerinin kullanılması, film tabakası altında adezyonu etkileyen yaşlanma riski olduğu için önerilmemektedir. Şayet ısı işlem uygulanmış kerestenin kaplanması saydam film kaplama sistemi kullanılırsa UV-emici (pigmentli) ve mavi renklenmeyi önleyici kimyasal madde (biyosit) içermelidir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin en iyi kaplama malzemesi, yağlı astar boya ve solvent bazlı alkid veya su bazlı akrilik son kat boyadır. Isıl işlem uygulanmış panellerde asit kürlenmeli ve su bazlı akrilik boyalar en iyi performansa sahiptir ve bu boyalar ile kaplanan panellerde boyanın pul pul dökülmesi gözlenmemektedir [Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009].

Yüzey İnaktivasyonu, Temas Açısı ve Yapışma Özellikleri:

Isıl işlem uygulanmış odun daha düşük su alımı sergiler ve kuvvetli olarak modifiye edilmiş ıslanabilirlik, kaplama ve tutkallama işlemleri gibi özelliklerinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Yüksek sıcaklık şartlarına maruz kalan bir odun yüzeyi inaktivasyona uğrayabilir. Odun yüzeyinin bağlanma yerlerinin oksidasyon ve/veya pirolizi yeterince yüksek sıcaklık ve uzun sürede gerçek ve kaçınılmaz inaktivasyon mekanizmasına yol açar. Higroskopiklikteki kayıp ısı işlem süresince odunun hidroksil gruplarının kademeli kaybına bağlanmıştır. Bu termal olarak inaktivite edilen odunun zayıf yapışmasından sorumlu mekanizmalardan birisidir. ıslanabilirlik

direkt olarak oksijen/karbon (O/C) oranı ile endirekt olarak C1/C2 oranı ile ilgilidir. C1 bileşeni karbon-karbon veya karbonhidrojen bağları ile ilgili olup, C2 bileşeni tek karbon-oksijen bağı temsil etmektedir. Düşük oksijen/karbon (O/C) oranı ve yüksek C1/C2 oranı, odun yüzeyinde polar olmayan odun bileşenlerinin (ekstraktif madde/uçucu bileşikler) yüksek konsantrasyonu yansıtır ve bu da odun yüzeylerini hidrofilikten daha çok hidrofobik davranacak şekilde modifiye eder [Sernek, 2002].

Tutkal yapışma performansı artan temas açısı ile azalmaktadır. Kaplama ve panel yüzeyleri arasındaki yapışma direnci imalat sonrası ısıtma işlem uygulaması ile ters orantılı olarak etkilenir. Temas açısı MDF'nin tutkal yapışma direncinin derecesi için bir göstergedir. Temas açısındaki artma hidrofillikte bir azalma olarak yorumlanabilir. Isıtma işlem uygulanmış odunun yüzeyleri daha az polar olması nedeniyle su geçirmez ve böylece ısıtma işlem uygulanmamış oduna nazaran daha az ıslanabilme kabiliyetine sahip olur. Odunun hidrofilik karakteri ısıtma işlem uygulamasından kuvvetli bir şekilde etkilenir [Hill, 2006; Korkut ve Kocaefe, 2009]. Isıtma işlem uygulanmış kereste polivinilasetat (PVAc), melamin-üre formaldehid (MUF) ve metil difenil diizosiyanat (MDI) gibi çoğunlukla kullanılan tutkallar ile yapıştırılabilir. Isıtma işlem uygulanmış kereste ısıtma işlem uygulanmamış keresteye göre daha az su absorbe ettiğinden su-bazlı polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılması durumunda tutkalın sertleşmesi için odun tarafından su absorbe edilmesi gerekmesi ve böylece uzun kurutma süresine ihtiyaç duyması sebebiyle büyük ölçüde uzayan kurutma zamanı problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile çalışılacağı zaman tutkalın rutubet içeriği düşük tutulmalıdır. Poliüretan (PU) tutkalları kullanılması durumunda bu tutkalların sertleşmesi ağaç malzemeden veya havadan rutubet alınmasına bağlı olduğundan çok kuru olmayan ağaç malzemeler dışında iyi bir bağ oluşturabilmektedir. Kimyasal olarak sertleşen tutkallarda kurutma zamanı ve diğer tutkallama parametreleri ise değişmemektedir. Isıtma işlem, odunun yapışma performansını etkiler. Arttırılmış boyutsal stabilite yapışma özellikleri üzerine pozitif bir etkiye sahiptir. Diğer taraftan ısıtma işlem ayrıca bazı dezavantajlarla sonuçlanır. Halen kullanılan ve son zamanlarda ortaya çıkan kereste endüstrisindeki tutkallar su bazlı sistemlerdir (emülsiyon ve dispersiyon). Yaygın tutkalların su içeriği yaklaşık %50-60'dır ve rutubetin önemli bir bölümü

sertleşme süresince odun yüzeyleri tarafından absorbe edilir. Su absorpsiyon oranı tutkalın sertleşme işlemini ve bağ kalitesini etkiler. Örneğin daha az su absorbe eden yüzey bağ kalitesini etkileyen sertleşme işlemini geciktirebilir. Bundan başka iyi bir bağ yapmak için gerekli olan odun yüzeyi üzerinde tutkal dağılımı ve odunda kısmi tutkal penetrasyonu ısıtıl işlem tarafından etkilenmektedir [Ayrılmış ve ark., 2009; Follrich ve ark., 2006].

İyi bir yapışma performansını elde etmek için tutkal formülünü ve/veya bağlanma işlemini değiştirmek gerekebilir. Diğer taraftan odun yüzeyinin düşük pH'ı üre-formaldehit ve melamin-formaldehit gibi asitle sertleşen amino reçinelerinin kimyasal reaksiyonlarını hızlandırır. Ayrıca ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin daha iyi yapışması için yüzeylerin planyalanmış olması veya ilkbahar odununun fırçalanması gerekir. Aksi takdirde ince yüzey partikülleri gevşek bir yapı sergilerler. Bunun için diğer materyaller gibi ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemenin yüzeyleri yapıştırma öncesi temizlenmelidir [Sernek ve ark., 2008].

3.2. Ağaç Malzemeler

3.2.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky)

Sarıçam geniş coğrafi yayılış gösteren çam taksonlarından biridir. İskoçya'dan başlayarak tüm Avrupa, Alpler, Pirene, Voj, Karpatlar ile Balkanlar, İskandinavya, Türkiye ve Asya'da çok geniş alanlarda yayılır [Anşin ve Özkan, 1997]. Türkiye de Kuzey Doğu Anadolu'da saf sarıçam ormanları vardır. Diğer ağaçlarla karışık olarak bütün Anadolu'nun kuzey kesiminde yetişir. Güneye en çok indiği nokta Kayseri-Pınarbaşı dolaylarıdır [Hammond ve ark., 1969].

Diri odun sarımsı soluk kahverengi, öz odunu ise belirgin kırmızıdır. Özellikle özışınlarında çok sayıda reçine kanalları vardır [Anşin ve Özkan, 1997]. Reçinesi temizlendikten sonra boyanabilir. Zor verniklenir. Vida ve çivi ile bağlantısı yeterlidir. Görünüşünü bozan mavi lekelenme, estetik değerini azaltır. Ancak, mavi lekelenme, ağacın fiziksel dayanımında olumsuz etki yaratmaz. Hava kurusu özgül ağırlığı 0.49 gr/cm^3 'tür [Şanıvar ve Zorlu, 1991]. Özışınlarında bulunan enine traheidlerin çeperleri dişli denecek oranda kalınlaşmıştır. Odunlarının kreozot ve benzeri koruyucu kimyasal maddelerle işleme tabi tutularak, açık alanlarda da kullanım olanakları artırılmaktadır. Ticaret dünyasında kırmızı odun olarak bilinen odunlarından başta telgraf ve telefon direkleri, demiryolu traversleri olmak üzere; inşaat alanında, döşemecilik, çatı ve döşeme kirişi, marangoz ve doğramacılıkta, kağıtçılıkta ve plastik ve selefyon yapımında kullanılır. Odunu genel olarak yumuşak kullanım alanları için uygun olup budaksız ve iyi kalite özelliklerine sahiptir [Anşin ve Özkan, 1997].

Sarıçamın yıllık halkaları belirgindir. Diri odun açık sarı, öz odun koyu renklidir. Odunları oldukça dayanıklı ve reçinelidir. Odunu homojen bir yapıda olup ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş anidir. Sarıçam kolay işlenir, düzgün ve parlak bir satıh verir; boya, cila ve tutkalı son derece kolay kabul eder. Elastikiyeti iyi olup çalışması orta derecededir. Vida ve çivi ile bağlantısı iyidir. Sarıçamın bazı teknolojik özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir [Efe, 2003; Göde, 2005].

Çizelge 3.3. Sarıçamın bazı teknolojik özellikleri

Fiziksel Özellikleri		Mekaniksel Özellikleri	
Tam kuru yoğunluk	0,49 gr / cm ³	Basınç direnci	55 N / mm ²
Hava kuru yoğunluk	0,52 gr / cm ³	Eğilme direnci	100 N / mm ²
Hacim ağırlık değeri	0,42 gr / cm ³	Elastikiyet modülü	12000 N / mm ²
Radyal daralma	4,3 %	Çekme direnci	104 N / mm ²
Teğet daralma	8,3 %	Makaslama direnci	10 N / mm ²
Hacmen daralma	12,7 %	Dinamik eğilme	0,4 kN / cm
		Yarılma direnci / radyal	0,91 N / mm ²
		Yarılma direnci / teğet	0,95 N / mm ²
		Brinel sertlik / liflere paralel	40 N / mm ²
		Brinel sertlik / liflere dik	19 N / mm ²
Kullanıma Yönelik Genel Değerlendirme			
İşlenme özelliği	İyi	Dayanıklılık	Çok
Kurutulabilme özelliği	Kolay	Emprenye edilebilme	Orta

3.2.2. Uludağ Göknaarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)

Uludağ göknar'ı tümüyle Türkiye'ye özgü bir endemik takson olup, ünlü botanikçi Bornmüller'in adını almıştır. Uludağ Göknaarı çoğunlukla 40 metreye değin boyanabilen birinci sınıf orman ağacı durumundadır. Ana türe çok yakın benzemekle birlikte, genç sürgünlerin çıplak, tomurcuklarında reçineli olması ile ondan ayrılır. Kozalak, iğne yaprak gibi öteki tüm morfolojik özelliklerce Doğu Karadeniz Göknaarının hemen tümüyle aynıdır. Ayrıca, ondan küçük bir farklılık olarak iğne yapraklarının bazılarının üst yüzlerinin uç kısımlarında da beyaz stoma lekeleri görülmektedir.

Genel yayılış alanı Kızılıрмаğın denize döküldüğü yer ile Uludağ arasında kalan Batı Karadeniz Bölgesi ile Kocaeli Havzasıdır. Bu kesimdeki dağlar, Doğu Karadeniz dağlarında olduğu gibi sıra dağlar karakterinde olmadığından, bu Göknaar taksonunun yayılışı da sürekli olmayıp kesintili bir durum gösterir. Bazen saf, çoğu kez Fagetum ve Abietum zonlarında Kayın ve Çamlara karışır. Çoğu kez 1100-1800 metre yükseltiler arasında yayılmakla birlikte, bazende 2000 metreye değin, bir başka deyişle üst orman sınırına ulaşmaktadır. En güzel ormanlarını Ayancık, Ilgaz Dağları, Bolu Seben Dağları, Boyabat Göktepe ormanları, Abant ve Uludağ'da

oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz Gökmarının aksine, Uludağ Gökmarı bulunduğu meşcerelerde çoğu kez egemen ağaç durumundadır [Anşin ve Özkan, 1997].

Olgun odunlu bir ağaçtır. Yıllık halkaları geniştir. İlkbahar halkası açık renk ve yumuşak, sonbahar halkası koyu renk ve serttir. Öz ışınları görünmemektedir. Gökmar' da reçine bulunmamaktadır. Gökmarın diri odunu sarımsı beyaz, öz odunu sarımsı açık kahverengidir. Yumuşak bir ağaçtır. Az çalışır ve az çeker. Kuruduğu zaman fazla kamburlaşmaz. Kolay yarılr. Budaklı türleri zor, diğerkleri kolay işlenir. Ancak çok keskin takım kullanmayı gerektirir. Kolay boyanır, zor verniklenir. Esnek bir ağaçtır. Reçineli ağaçlar kadar dayanıklı değildir. Böcekler ve mikroorganizmalar tarafından kolay yıkımlanır. Ses ve ısı yalıtımı bakımından üstün özellikler taşır. Çok hafif ağaçlardan biridir. Hava kurusunun özgül ağırlığı yaklaşık 0,39 gr/cm³'tür.

Mobilyaların iç taraflarında, çekmece yanlarında, çerçeve konstrüksiyonlu işlerin içlerinde olumlu sonuç verir. Yapıların kuru olan iç bölümlerinde, örneğin yağlıboyalı iç kapılarda, gömme dolaplarda kullanılır. Nemli bölümlerde ve yapıların dışında kullanılması sakıncalıdır. Pencere ve dış kapılarda kullanılırsa kısa sürede çürür. Değişen hava koşullarında dayanıklı değildir [Şanıvar ve Zorlu, 2000].

3.2.3. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)

Doğu Kayını 30-40 metreye kadar boylanabilen, bir metrenin üstünde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır [Anşin ve Özkan, 1997].

Coğrafi yayılışı olarak; Kafkasya, Kuzey İran, Türkiye ve Kuzeydoğu Avrupa'da yayılır. Türkiye'de asıl yayılışını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır [Anşin ve Özkan, 1997]. Istranca Dağları, Tekirdağ ve İstanbul yöresi, Bolu, Kastamonu, Zonguldak çevreleri ve bütün Karadeniz kıyı bölgeleri ormanlarında yetişen önemli bir ağaç türüdür. Ayrıca, Amanos dağlarında ve Pozantı ile Seyhan arasında Toros dağlarında da rastlanır. Doğu kayını en çok 1800 metre rakıma kadar çıkar. Olgun odunlu, çap kesitte genellikle tek renkli bir ağaçtır. Öz

odunlu olanların diri odunu kırmızımtrak beyaz, öz odunu kırmızımtrak kahverengidir.

Özellikle yaşlı ağaçlarda öz odunu içerisinde daha koyu kırmızı renkte bir yalancı öz meydana gelir. Öz odunlu kayınlar makbul değildir. Öz kısmı çok defa çürüklük taşır. Öz içerisinde enine kesitte kalp biçiminde birçok koyu renkli yalancı öz (kızılyürek) denilen şekiller de mevcuttur. Tomruk biçildiği zaman öz ve kıızılyürek oluşumları, güzelliği bozan damarlar, şeritler ve lekeler halinde kereste yüzünde gözüktürler. Öz kısmı iyi emprenye edilemediği ve çok gevrek olduğu için de sakıncalıdır. Doğu kayınının her tarafına dağılmış çizikler halinde öz ışınları öz kesitte parça yüzeyine aynalar halinde dağılmış olarak gözüktür. Doğu kayını oldukça sert, sıkı bir dokuya sahiptir. Lifleri kısa, eğilme direnci iyidir. İyi kurutulmazsa çok çeker, çatlar, çabuk ardaklanır ve çürür. Doğu kayınının yarılma kabiliyeti iyi, çivi-vida tutması ve yapışması orta derecedir. Boyanmaya pek elverişli değilse de iyi cila tutar ve aşınma direnci fazladır [Hammond ve ark., 1969].

Kullanım alanı olarak Türkiye’de özellikle son yıllarda parke olarak, araba ve otobüs karoseri yapımında, mobilyacılıkta, kontrplak sanayinde çok kullanılmaktadır [Anşın ve Özkan, 1997]. Tornacılık alanında, oyuncak, kalıp, takunya, alkolsüz maddeler için fiçı, mutfak aletleri, mandal, elbise askısı, sandalye, sandal, fırın küreği, elek kasnağı, tarım aletleri, kısa alet sapları, fırça tahtası, demiryolu traversi yapımında kullanılmaktadır. Doğu kayınının eğilme direnci az olduğundan yapıda kullanılmamakla beraber, merdiven basamak ve trabzanları ile eşiklerde kullanılmaktadır [Hammond ve ark., 1969].

Doğu kayını fırınsız (buharsız) olarak normal kereste, ufak mal, parke ve kontrplak halinde satılır. Ambalaj sandığı tahtası olarak testoni, tavolet adları ile parke taslağı, takunyalık, kalıplık, sübye, dolap isimleri ile piyasada işlem görür.

Doğu kayını sert ağaç kerestelerinin standart boyutlarına ve kalite sınıflarına sahiptir. Kereste, kontrplak m³; parke m² olarak; kasnak, taslak gibi yarı mamulleri ise sayı ile satılır. Fırınlanmış ve fırınlanmamış Doğu kayını parçaları hava akımı bulunan

kuru bir yerde depolanmalıdır [Hammond ve ark., 1969]. Doğu kayınının bazı teknolojik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir [Berkel, 1970].

Çizelge 3.4. Doğu kayınının bazı teknolojik özellikleri

Renk	Diri odun	Sarımsı ve kırmızımsı beyaz
	Öz odun	Kırmızımsı kahverengi
Yoğunluk (g / cm ³)	Tam kuru	0,63
	Hava kurusu	0,66
Hacim ağırlık değeri (kg/m ³)		531
Lif doygunluğu noktası (%)		29,2
Eğilme direnci (N/mm ²) u=%12		123
Eğilme elastikiyet modülü u=%12(N/mm ²)		12500
Çekme direnci (N/mm ²) μ=%12	Liflere paralel	13,5
	Liflere dik	7

3.2.4. Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.)

Kışın yaprağını döken, 30 metreye kadar boylanabilen, dar tepeli bir orman ağacıdır [Anşın ve Özkan, 1997]. Türkiye’deki bütün ormanlarda karışık halde, bazen de ayrı orman halinde bulunur. Ülkemizde özellikle Trakya’da, Marmara ve Bolu dolaylarında yetişir. Yetiştği bölgelere göre pelit veya palamut ağacı olarakta isimlendirilir.

Öz odunlu ağaçlar grubundandır. Diri odunu dardır. Halkalı traheli grupta yer alır. Radyal kesitte parlak pulcuklar veya şeritler halinde özışınları vardır. Öz ışınlarının en belirgin görüldüğü ağaç türü meşedir. Öz ışınların teğet kesitteki görünüşü koyu renkli çizgiler halindedir. İlkbahar dokusunda 4-5 sıra iri ve yuvarlak gözenek vardır. Sonbahar dokusunda gözenekler küçülür ve sıklaşır. Yılhalkaları belirgindir. Teğet kesitte, gözeneklerin oluşturduğu damar desenleri görünür. Meşenin rengi genellikle kirli sarıdır. Diri odunu kirli sarımsı beyazdır. Öz odunu koyu sarıdır [Şanıvar ve Zorlu, 1991].

Meşe, ağaçışleri ve mobilya endüstrisinde sertliğine ve yumuşaklığına göre değerlendirilir. Meşenin sert veya yumuşak olması çoğunlukla yetiştği yere bağlıdır.

Dar ve sık yıllık halkalı meşe kerestesi eş yapılı özellik gösterir ve genellikle yumuşak olur. Kalın ve seyrek halkalı meşenin kerestesi sert olur ve zor işlenir. Meşe genellikle az çalışır, kolay yarılr. Bazı türleri orta sert, bazıları serttir. Meşe türleri arasında az esnek ve çok esnek olanları vardır. Yumuşak kereste veren türleri kolay işlenir. Havanın ve nemin bozucu etkilerine karşı yüksek dayanım gösteren ağaçtır. Dış odunu, iç odunu kadar dayanıklı değildir. Bünyesindeki bol tanen yüzünden iyi boyanır. Özellikle kimyasal boyalarda bu durum açıkça görünür. Kolay verniklenir. Ancak iri gözenekli olduğu için mat verniklenecek işlerde kullanılması daha uygun olur. Meşenin hava kurusunun özgül ağırlığı ortalama 0.86 gr/cm³'tür.

Kalın ve seyrek halkalı sert meşe kereste yapıların dış ve iç bölümlerinde, kapı, pencere, merdiven, döşeme kaplamasında, parke yapımında kullanılır. Takım sapları, fiçı, vagon, araba, gemi, kayık, köprü ve iskele ayaklarında sert meşe kereste olumlu sonuç verir. Yumuşak tür meşenin masif ve kaplaması mobilya üretiminde, yapıların iç bölümlerinde, dekorasyon uygulamalarında aranan bir gereçtir [Şanıvar ve Zorlu, 1991].

3.2.5. Kara Kavak (*Populus nigra* Lipsky)

25-30 metre boy, 2 metre çap yapabilen boylu ağaçlardandır. Kalın, seyrek dallı ve geniş tepelidir. Yaşlı gövdelerin derin, oluklu ve çatlaklı kalın kabukları bulunur, genellikle esmer, boz renklidir. Genç sürgünler parlak sarı renkte, çıplaktır. İkinci yıl zeytinimsi yeşil bir renk alır, ayrıca üzerinde dağınık lentiseller görülür. Tomurcuklar sivri uçlu, 4-6 puldan örtülü, tüysüz, ancak yapışkan koruyucu bir madde ile sıvanmıştır.

Yapraklar değişik şekil ve boyutlardadır. Her iki yüzü genç halde iken tüylü, sonra bu tüyler dökülür. Üst yüzü canlı koyu yeşil, alt yüzü açık yeşildir. Yandan basık uzun bir sapı bulunur. Yaprakların kenarları dişli, damarlar belirgindir. Kısa sürgünde bulunan yaprakların çoğunlukla damla uçları daha sivridir. Ayrıca küçük ve geniştirler. Uzun sürgündekilerin ise damla uçları az belirgindir.

Erkek çiçeklerin 6-30 etaminleri vardır. Çiçek tozu torbaları koyu kırmızı, filamentler beyaz renktedir. Brahte tüysüz, horoz ibiği gibi parçalanmıştır. Dışı çiçeğin stıgması iki parçalı, sanki ovaryumun üzerine oturmuş gibidir.

Üretilmesi hemen çoğunlukla çelikle, vejetatif yolla olur. Açık renkli hafif odunu kağıt, selüloz ve kibrit sanayinde, mobilyacılıkta iskelet olarak, ayrıca kontrplak sanayinde çok kullanılır. Ayrıca İç Anadolu'da yapı işlerinde ve yakacak olarak kullanılır. Işık ağacı olup, su ve dere kenarlarını sever. Kök sistemi yayvandır. Uzun yıllardan beri kültüre alınmıştır. Doğal olarak Orta, güney ve güney doğu Avrupa'da yayılır. Hatta doğuda Sibirya'nın batı kesimlerinde bile izlenir. Türkiye'de yayılışı geniştir [Anşin ve Özkan, 1997].

Karakavağın öz odunu sarımsı kahverengidir, diri odunu ise kirli beyaz veya sarımsı beyaz renklindedir. Yıllık halkalar genellikle geniş, sınırları muntazam, yuvarlak ve oldukça barizdir. Öz ışınları tanınamaz, kavaklarda öz yıldız gibi beş köşelidir. Boyuna kesitte odunu hafif parlak, hücre yapısı bariz bir şekilde kabadır. Odun yapıları bakımından küçük dağınık traheli gruba girerler.

Karakavağın hafif, yumuşak olması nedeniyle aletlerle kolay işlenir, düzgün lifli, mukavemeti düşük, orta derecede elastiki ve orta derecede şok mukavemetine sahip olup oldukça fazla çalışan bir odunu vardır. Kolay işlenir ancak pürüzlü yüzey oluşmaması için keskin ve ince uçlu aletler kullanılmalıdır. Çekme odunu teşekkül etmiş gövdelerde kolay işlenemez ve pürüzlü yüzeyler teşkil eder. İyi boyanmasına rağmen zor verniklenir ve renklendirmede iyi sonuç vermemektedir. Diri odun kolay, öz odun güç emprenye edilir. Çivilenmesi iyi olup tutkalla kolay bağlantı kurar. Çizelge 3.5'de karakavağın bazı teknolojik özellikleri verilmiştir [Efe, 2003; Göde, 2005].

Karakavağın endüstride kullanım alanları; astar kaplama, resim masası ve plançete, ayakkabı kalıbı, ağaçtan presleme hazırlanan oymalar, yonga levha, kibrit üretiminde, ambalajlamada, çekmecelerde, yapı işlerinde, kaplama ve kontrplak endüstrisinde, müzik aletleri yapımında, kürdan yapımında, oyuncak, kutu ve sandık

imalinde, dekoratif olmayan tornacılık işlerinde, ambalaj talaşı, protez, kurşun kalem, tersimat masaları, kuru maddeler için fiçılar ile lif levhalarında ve mobilyacılıkta geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yurdumuzun bazı bölgelerinde yapı kerestesi olarak değerlendirilir. Selüloz ve kağıt endüstrisinde önemli bir hammadde kaynağıdır [Efe, 2003; Göde, 2005].

Çizelge 3.5. Karakavağın bazı teknolojik özellikleri

Fiziksel Özellikleri		Mekaniksel Özellikleri	
Tam kuru yoğunluk	0,42 gr / cm ³	Basınç direnci	40 N / mm ²
Hava kuru yoğunluk	0,45 gr / cm ³	Eğilme direnci	52 N / mm ²
Radyal daralma	3,5 %	Elastikiyet modülü	7800 N / mm ²
Teğet daralma	8,5 %	Makaslama direnci	7 N / mm ²
Hacmen daralma	12,8 %	Dinamik eğilme	0,4 kN / cm
		Brinel sertlik / liflere paralel	23 N / mm ²
		Brinel sertlik / liflere dik	11 N / mm ²
Kullanıma Yönelik Genel Değerlendirme			
İşlenme özelliği	İyi	Dayanıklılık	Az
Kurutulabilme özelliği	Kolay	Emprenye edilebilme	Kolay

3.3. Vernikler

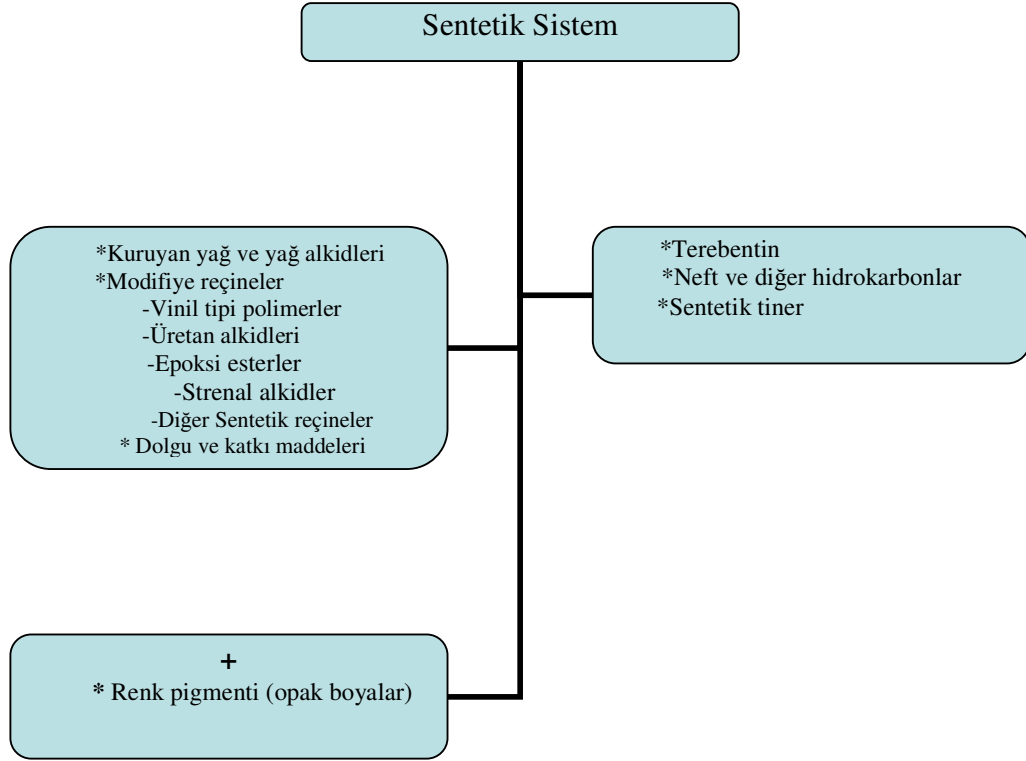
3.3.1. Sentetik vernik

Sentetik sistemde kullanılan verniklerin ana karakteristik özelliği, bileşiminde kuruyan yağ veya yağ alkidi ($\text{yağ asidi} + \text{alkol} = \text{yağ esteri}$) bulundurmasıdır. İlk zamanlar vernik üretiminde herhangi bir değişikliğe uğramadan, olduğu gibi kullanılan kuruyan yağlar günümüzde yerini büyük ölçüde yağ alkidlerine bırakmıştır. Katı bağlayıcının, %40 ve daha yüksek oranlarda yağ içermesi durumunda uzun yağlı alkid olarak bilinir. Yağ oranı azaldıkça orta ve kısa yağlı alkidler olarak isimlendirilir.

Sentetik vernik üretiminde yağ alkidinden başka oluşumunu tamamlamış vinil tipi polimerler (*PVA, PVAC vb.*) ile üretilen alkidler, epoksi esterleri ve stiren alkidler de kullanılır. Bu yapay reçineler sadece modifiye amacı ile değil, bazı durumlarda ana bağlayıcı olarak da kullanılmaktadır. Sentetik sistemin gelişme sürecinde polivinil asetat, polivinilklorür asetat ve vinil klorür ana bağlayıcı olarak yaygın kullanım alanı bulmuştur. Aynı şekilde fenol reçine, üretimindeki özel ısı işlemleri veya katalizörünün farklılaştırılması suretiyle yağlarda çözünebilecek şekilde hazırlanmış olup, sentetik verniklerde uzun yıllardan beri kullanılmaktadır.

Sentetik vernik üretiminde kullanılan reçineler genellikle termoplastik özelliktedir. Ancak termoset yapıdaki bazı alkidler ile modifiye edilebilir. Örneğin; fenolalkid önemli bir kompozit reçine olup, termoset yapıdaki alkid reçine ile modifiye edilmiştir. Bazı vinil tipi termoplastik modifiye reçineleri ise vernik üretiminde daha çok renksiz ve transparent oldukları için kullanılırlar.

Sentetik sistemde çözücü olarak terebentin gibi çözücülerin yanı sıra petrol ve diğer hidrokarbonlar geniş kullanım alanı bulur. Buna göre sentetik sisteme ait verniklerin esas bileşenleri ve genel yapı şeması Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Sentetik sistemin yapı şeması

Buna göre, sentetik vernik, “Yapay reçineler ile modifiye edilen kuruyan yağlar ve yağ alkidlerinin terebentin, neft ve hidrokarbon grubu sıvılardaki çözültisidir” şeklinde tanımlanabilir.

Sentetik sisteme ait verniklerin kuruma/sertleşme mekanizması ağırlıklı olarak, üretiminde kullanılan kuruyan yağ ve yağ alkidlerinden dolayı oksidasyon reaksiyonuna göre kurulmuştur. Kuruma aşamasında oksidasyonun yanı sıra çözücünün de buharlaşması gerekir. Çözücü olarak kullanılan hidrokarbonlar nitrolu sıvılara göre daha yavaş buharlaşırlar. Bunun yanı sıra oksidasyonda aynı şekilde yavaş gelişir. Bu sebeple, sentetik sistemde kuruma/sertleşme süresi diğer solvent çözücülü sistemlere göre daha uzundur. Kurumanın ilk evrelerinde solvent buharlaşması daha etkilidir. Jel aşaması ve kurumanın diğer aşamalarında oksidasyon da kuruma süresinin kısılmasına yardımcı olur.

Uygulama ortamının sıcaklığı 18-20°C olmalı ve 5°C'den düşük sıcaklıklarda uygulama yapılmamalıdır. Ortam sıcaklığının artırılması çözücü buharlaşmasını hızlandırır. Toz tutmazlık kuruması 3-4 saat, dokunma kuruması 24 saat, tam kuruma 3-4 günde tamamlanır.

Bileşiminde bulunan kuruyan yağdan dolayı sentetik vernik katmanları su itici özelliktedir. Bu sebeple daha çok dış hava şartlarına açık yerlerde kullanılan ahşap mobilya ve dekorasyon elemanları ile iç dekorasyonda su ve nem etkisinde kalan mobilyalarda uygulanır. Ayrıca deniz araçları ve su ile direk teması olan iskele ayağı vb. yerlerde tercih edilir [Sönmez ve Budakçı, 2004].

3.3.2. Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği (parke verniği)

Alkid reçine esaslı, poliüretan katkılı, tek komponentli, şeffaf, iç ve dış cephede kullanılan ahşap verniğidir. Yüksek elastikiyete sahip olup çatlama yapmaz. Suya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Darbelere ve aşınmaya karşı mükemmel koruma sağlar. Sararmaz. UV ışınlarına ve her türlü hava koşullarına karşı dayanıklıdır. Bu özelliği ile dış mekanlarda da mükemmel koruma sağlar.

Özellikle ahşap parke yüzeyler olmak üzere iç ve dış mekan ahşap yüzeylerde, yüksek aşınmaya haiz ahşap zeminlerde, merdivenler, kapılar, ahşap kaplama ve lambriler de kullanılır. Dekoratif taş yüzeyler için koruyucu vernik olarak kullanılır.

Kullanmadan önce kutu içindeki ürün homojen oluncaya kadar karıştırılır. Astar kat olarak Sentetik Tiner ile %10-15 oranında inceltilen parke verniği yüzeye uygulanır. Astar kat uygulamasından sonra, 2. kat parke verniği inceltilmeden yüzeye tatbik edilir. Katlar arasında 6-8 saat beklenmelidir. Fırça, rulo veya boya tabancası ile uygulama yapılabilir. Yüzeye bağlı olarak tek katta 15 m²/L tüketilmelidir.

Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniğine ait teknik özellikler Çizelge 3.6' da gösterilmiştir[http://www.raykon.com.tr/userfiles/_Unisiegel_Teknik_Bulten.pdf].

Çizelge 3.6. Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği teknik özellikleri

Görünüm	Transparan, şeffaf
Parlaklık	Parlak, İpek mat, mat
Yaş film kalınlığı	70 mikron
Katı madde oranı	%47- 49
Yoğunluk	Parlak 0,940; İpek mat 0,939; Mat 0,936
Viskozite	125 s, DIN4
İnceltme	Sentetik tiner
Toz kuruma	2 saat
İlave kat boyaması	6- 8 saat
Üzerinde yürüme zamanı	12 saat
Son kuruma	24 saat (Kuruma değerleri 23 °C ve % 60 nem ortamında belirlenmiştir. Ortam sıcaklığı ve nem değerine göre değerler farklılık gösterebilir)

3.3.3. Su bazlı vernik

Günümüzde yaygın olarak kullanılan bazı solventlerin çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlardan dolayı kullanım alanının daraltılması hatta tamamen kaldırılması çalışmalarına hız verilmiştir [Sönmez, 2005]. Çözümüne yardımcı olmak üzere yapılan hukuki düzenlemeler vernik üretiminde su çözücülü polimerlerin kullanımını hızlandırmıştır. Aslında su çözücülü sistemler boya olarak uzun zamandan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Akrilik emülsiyon polimerleri ya da akrilik lateksler olarak tanıtılan bu boyalar daha çok inşaat sistemlerinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Bu boyalar inşaat sistemlerinde yaygın kullanım alanı bulurken, benzer sistemler suyun ağaç ve metal malzemeler ile uyumlu kullanılamayacağı endişesini doğurmuştur. Bunun sonucu olarak su çözücülü sistemlerin metal ve ağaçlı sektörlerine girişi ve gelişmesi oldukça yavaş olmuştur. Sistemin ağaç işleri sektörüne girişini güçleştiren sebepler, ilk zamanlarda kullanılan örneklerinin ağaç malzemede lif ve doku kabarmasına sebep olması, tamir bakım imkanlarının az oluşu ve mobilya fabrikalarının cila hatlarındaki kurutma kabinlerinin metal kısımlarının su buharı etkisiyle paslanabileceği endişesinden kaynaklanmıştır [Sönmez ve Budakçı, 2004].

1970 yılında ABD’de imzalanmış olan temiz hava yasası (*clean air act*) anlaşması ile vernik uygulamalarında ortaya çıkan uçucu organik bileşiklerin (*Volatile Organic Companents- VOC*) azaltılması ve önümüzdeki yıllarda öngörülen sınır değerlerinin düşük tutulması gibi nedenlerle su çözücülü verniklerin önemi artmıştır [Budakçı, 2003]. Konu ile ilgili olarak, Avrupa’da vernik üreticileri, kullanıcıları ve çevre korumacılar 1979 yılında su çözücülü sistemlere en kısa zamanda ve mutlaka geçilmesi hususunda görüş birliğine varmışlardır. Su ile çözünen reçinelerin önemlilerinden birisi olan akrilik kopolimerler ağaçışlerinde kullanılabilecek özelliklerde üretilebilmektedir [Sönmez ve Budakçı, 2004]. Şu anda ülkemizdeki ticari etkinlikleri fazla olmasa da önümüzdeki yıllarda kullanımının çok fazla yaygınlaşacağı söylenebilir. Örneğin; Almanya’da 1990’lı yılların başından beri çıkartılan kanunlar ile getirilen kısıtlamalardan sonra çevre dostu ürünlerin kullanımında hızlı bir artış olmuştur. 1990-1994 yıllarında solvent çözücülü boyaların tüketim miktarı %40 tan %31’e gerilemiştir.

Su çözücülü sistemlerin solvent çözücülü sistemlere göre önemli farklılıkları vardır. Bu farklılıklar Çizelge 3.7’de gösterilmiştir [Bechera, 1998; Yakın, 2001].

Çizelge 3.7. Su bazlı ve solvent bazlı sistemlerin birbirinden önemli farkları

ÖZELLİK	SOLVENT BAZLI	SU BAZLI
Fiziksel Durumu	Tam bir çözelti	Su içinde dispers edilmiş tanecikler
Kaynaşma	Gerek Yok	İyi bir film ele etmek için genellikle gerekli
Köpürme	Ciddi bir sorun değil	Önemli bir sorun. Köpük önleyici veya kesici kullanımına gerek var
Zeta potansiyeli	Sıfır	Dikkate değer
Pigment kullanımı	Pigment kullanımı ve stabilizasyonu daha kolay	Pigment kullanımı için ıslatmayı artırıcı katkılara gerek vardır ve pigment stabilizasyonu daha zordur
Film oluşturma	Havayla oksitlenme, izosiyanat reaksiyonları, UV ile sertleştirme gibi reaksiyonlarla film oluştururlar	Suyun uçurulmasını takiben kaplanacak yüzeydeki polimer taneciklerinin birbiriyle yapışması (coalescence) ile katman oluştururlar
Film oluşturma sıcaklığı	Herhangi bir kısıtlama yoktur	En çok veya en az film formasyon (katman oluşturma) sıcaklığı belirlenmelidir
Bağlayıcı reçinenin molekül ağırlığı	Formülasyon viskozitesini çok etkiler	Formülasyon viskozitesini etkilemez

Su çözücülü sistemlerde kullanılan reçinelerde hidroksil ($-OH$) ve karboksil ($COOH$) fonksiyonellikleri vardır. Katman yapıcı olarak, suda çözünen akrilik, poliüretan, polyester ve bazı alkid reçineler tek olarak veya modifikasyon amacı ile birkaçı birlikte kullanılmaktadır. Kuruma reaksiyonları genel hatları ile iki molekülün kaynaşması veya iki parçaya ayrılmış elemanların iyonları arasında bağ kurulması (Hidroliz) şeklindedir. Bu nedenle solvent çözücülü sistemlerden farklıdır [Sönmez ve Budakçı, 2004].

Su çözücülü verniklerin genel özellikleri

Su çözücülü vernikler, basit ve ucuz işlerde cila bezi, fırça, rulo, sünger vb. ile elle uygulanabilir. Katman kalitesi ve üretim hızı yüksek işlerde püskürtme tabancası, silindirli vernik sürme makinesi ve lak dökme makinesi kullanılmaktadır. Uygulamanın yapıldığı ortamdaki havanın sıcaklığı ve bağıl nemi önemli olup, sınırlar sıcaklıkta $20^{\circ}C$, bağıl nemde ise maksimum %70 olmalıdır. Su çözücülü verniklerin kuruma süreleri de solvent çözücülüler gibi kısa olduğu için, katman kalitesi uygulama ve kurutma ortamındaki tozdan olumsuz etkilenir. Bu yüzden su çözücülü vernikler tozsuz ortamlarda uygulanmalıdır. Diğer taraftan kurutma ortamında sürekli olarak havaya karışan su buharı bir süre sonra havayı doymun hale getirir. Bağıl nemi artan ortamda kurutulmak istenen verniğin kuruma süresi uzar. Bu yüzden sürme ve kurutma ortamının iyi havalandırılarak nem ile doymun hale gelmiş havanın taze hava ile yer değıştirmesi sağlanmalıdır. Taze havanın ortama ısıtıldıktan sonra verilmesi kurutma süresini kısaltır [Sönmez ve Budakçı, 2004].

3.4. Tutkallar

3.4.1. PVAc tutkalı

Soğuk olarak uygulanabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu ve işlenişi sırasında kesici aletleri yıpratmaması gibi avantajlı özellikleri yanında mekanik direnci sınırlı olup uygulandıktan sonra sıcaklık arttıkça yumuşamakta ve 70°C'den itibaren bağlantı maddesi görevini gerektiği gibi yapamamaktadır. Birleştirilecek yüzeylerden yalnız birinin tutkallanması ve ağaç türü ile birleşme yüzeyinin durumuna göre 150-200 gr/m² tutkal kullanılması iyi bir birleşme için yeterli olmaktadır [Örs, 1987].

PVAc tutkalı TS 3891'de belirtilen esaslara göre yoğunluğu 1,1 gr/cm³, viskozitesi 160-200 cps, pH değeri 5, kül miktarı %3, masif ağaç malzemenin birleştirilmesinde odun rutubeti %6-15, presleme süresi; soğuk tutkallamada (20°C'de) en az 20 dakika olarak verilmekte ve pres sıcaklığı artırılarak bu sürenin kısaltılacağı bildirilmektedir. Sıcak preslemede soğuyuncaya kadar pres ortamında bekletilmesi önerilmektedir [TS 3891, 1982].

3.4.2. Montaj üre formaldehit tutkalı

Üre formaldehit sentetik yapıştırıcı, formaldehid'in üre ile kondenzasyonu neticesinde meydana gelmektedir. Üre-formaldehit reçinesinden yapıştırıcının elde edilmesinde reçine, seyreltik bir asit ya da amonyum tuzlarından ibaret olan sertleştirici maddelerle karıştırılır. Takviye edilmiş Üre-formaldehit yapıştırıcısının elde edilmesinde de sertleştirici madde olarak melamine tuzları ve resorcinol kullanılır. Reçinenin yapıştırma fiili tamamıyla kimyevi bir reaksiyon olup, sertleştiricinin tipine, konsantrasyonuna ve sıcaklığa göre değişmektedir [Huş, 1962].

Üre-formaldehit reçineleri piyasada sıvı veya toz halinde bulunmaktadır. Toz şeklinde olanı taşıma kolaylığı ve depolarda daha uzun süre dayanmaları bakımından kullanışlı ve elverişli bir durumdadır. Kullanılacağı zaman suda çözeltir.

Sertleştirici madde de sıvı veya toz halinde olur. Reçine sertleştirici maddelerle karıştırılarak hazır halde de piyasada bulunabilmektedir. Bu takdirde kullanılacağı zaman sadece suda çözeltmek yeterli olmaktadır. Sıvı reçinenin depolarda 3-6 ay dayanmasına karşılık toz halinde olanı takriben 1 yıl müddetle bozulmadan muhafaza edilebilir [Huş, 1962].

Üre-formaldehit reçinesinin 5°C'den 110°C'ye kadar kullanılan geniş bir uygulama alanı mevcuttur. Üretici firmalar her maksada elverişli olan ve niteliği kullanılan sertleştirici maddeye göre değişen üre-formaldehit reçinesi kombinasyonu yapmaktadırlar. Yapıştırıcı ve sertleştirici karıştırılmadan önce ayrı yerlerde muhafaza edilmek suretiyle birbirleriyle temas ettirilmemelidir. Çözeltilinin hazırlanacağı kabın eski reçine kalıntılarından, soda ve sabun gibi alkali özellikteki maddelerden arındırılmış olması gerekmektedir. Çok iyi bir şekilde karıştırılarak kullanıma hazır hale getirilen reçinenin dayanma süresi, sertleştiricinin tipine ve ortamın sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Sıcakta sertleşen ve yapışan reçinelerde bu süre 8-24 saat, orta sıcaklıklarda sertleşenlerde 4 saat, hızlı sertleşen soğuk tutkallarda ise 20 dakika veya daha az bir süre olmaktadır [Huş, 1962].

Üre formaldehit tutkalı ile sıcakta birleştirme yapılacağı zaman, odun rutubeti %7-10, kullanılacak tutkal miktarı 110-170 gr/m², pres basıncı yumuşak odunlar için 0,3-0,8 N/mm², sert odunlar için 0,6-12 N/mm², presleme süresi 95±5°C sıcaklıkta 6-8 dakika+odun kalınlığının yarısına kadar her mm için 1 dakika olup, yeterli mekanik direncin sağlanması için bekletme süresi 3-4 gün olarak tavsiye edilmektedir. Masif ağaç malzemenin, soğukta yapışma sağlayan, Üre formaldehit tutkalı ile birleştirilmesinde; odun rutubeti %10-12, tutkal miktarı 130-180 gr/mm², pres basıncı 0,5 N/mm², presleme süresi sertleştiriciye göre yapıştırma ortamındaki sıcaklığa göre değişmek üzere 1,5-10 saat, yeterli mekanik direnç sağlanması için beklenmesi gereken süre 8-10 gün olarak verilmektedir [Örs, 1987].

Kleiberit 871.1 Yoğunlaştırılmış üre formaldehit reçine tutkalı, tek komponentli uygulamalar için hazırlanmış, toz formunda, beyaz renkte, kolay çözünebilen, suyla karıştırıldığı anda kullanıma hazır olan, uzun kap ömrü ve değişik işlemler için

uygun viskozite özelliklerine sahiptir. Karışım oranı; 18-20°C’de ağırlık olarak 100 birim toz tutkal ve 80 birim su, ölçü kabı kullanıldığında da hacim olarak 2 birim toz tutkal ve 1 birim su şeklindedir. Su miktarı çok az miktarda değiştirilebilmektedir. Karışım kabı cam, plastik ya da alüminyum olabilir. İlk olarak toz tutkal kaba konulmalı, daha sonra suyun üçte ikisi ilave edilmelidir. Karıştırma çubuğu ile karışım da topak kalmayınca kadar karıştırılmalı daha sonra suyun kalan kısmı ilave edilmelidir. Uygulama miktarı, yüzey kalitesine ve yapışacak yüzeylerin emiciliğine göre değişmekle birlikte, 100-150 g/m² uygulanmalıdır. Üre formaldehit tutkalı için verilen bu bilgiler deneyimler sonucunda elde edilmiştir. Bağlayıcılığı olmayan enformasyonlar olarak düşünülmektedir. Tutkalın özel uygulamalar için uygunluğu test yapılarak belirlenebilmektedir [Kleiberit 871.1].

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

4.1.1. Ağaç Malzeme

Deney numunesi olarak yapraklı ağaç türlerinden Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.), Sapsız Meşe (*Quercus petraea* Lieble.) ve Karakavak (*Populus nigra* L.) ile iğne yapraklı ağaç türlerinden Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ Gökmar'ı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan I. Sınıf ağaç malzeme piyasadan rastgele yöntemle temin edilmiştir.

4.1.2. Vernikler

Deney örneklerinin verniklenmesinde sentetik, alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği ve su bazlı dolgu ile son kat ahşap vernikleri kullanılmıştır. Verniklere ait teknik bilgi ve araştırma kodları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Verniklerin teknik ismi ve araştırma kodları

Vernik	Teknik isim	Araştırma kodu
Sentetik vernik	İbavet-yat vernik-SN68.3354.5260	Sn
Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği (Parke verniği)	Raykon-UNI Siegel-Treppen-und Parkettlack außen und innen by Jansen- Semi-matte	Pr
Su bazlı dolgu verniği	Sayerlack-AU0465/00- Hydroplus waterborne base coat transparent for interiors	Sbd
Su bazlı son kat vernik	Sayerlack-AT9950/NN-Hydro waterborne converter neutral for interiors 50 gloss	Sbs

Örneklerin verniklenmesinde, sentetik tiner ve su karışım oranları için üretici firmaların önerilerine uyulmuştur.

Verniklerin pH değerleri ise Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Üstyüzey Laboratuvarında pH metre ile belirlenerek değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Verniklerin pH değerleri

<i>Vernikler</i>	<i>pH (25°C)</i>
<i>Sentetik vernik</i>	4
<i>Alkid reçine esaslı tek komponentli ahşap verniği</i>	3
<i>Su bazlı Dolgu verniği</i>	7
<i>Su bazlı Parlak vernik</i>	7

Sentetik ve parke verniği asidik özellikte, su bazlı dolgu ve parlak vernik ise nötr olarak ölçölmüştür.

Verniklerin viskozite ölçömleri, 4 mm delik çaplı kap akışı ile $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, $60\pm 5^{\circ}\text{C}$ bağlı nemde yapılarak su bazlı dolgu verniği (85 sn-525 cp), su bazlı parlak vernik (180 sn-1000 cp), sentetik vernik (185 sn-1125 cp) ve parke verniği (200 sn-1500 cp) olarak belirlenmiştir.

4.1.3. Tutkallar

Deney örneklerinin yapıştırılmasında Polivinil asetat (PVAc) ve Montaj üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılmıştır.

4.2. Metod

4.2.1. Rutubet

Isıl işlem öncesi ve ısıl işlem sonrası rutubet miktarları TS 2471 esaslarına uyularak belirlenmiştir [TS 2471, 1976]. Örnekler TS 2470 esaslarına uyularak lifler yönünde 25 mm, enine kesitte ise 20x20 mm boyutlarında hazırlanmıştır [TS 2470, 1976]. Isıl işlem öncesi hava kurusu haldeki örneklerin ve ısıl işlem sonrası soğutulmuş

örneklerin ağırlıkları (M_r) ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartıldıktan sonra etüvde $103\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuşlardır. Bu durumda, kurutma dolabından alınan örnekler, içerisinde fosfor pentaoksit (P_2O_5) bulunan desikatörde soğutulduktan sonra tam kuru haldeki ağırlıkları (M_o) tartılmıştır. Bunlara göre rutubet (R); $R = (M_r - M_o / M_o) \times 100$ eşitliğinden hesaplanmıştır.

4.2.2. Yoğunluk

Deney örneklerinin yoğunlukları TS 2472 esaslarına uyularak belirlenmiştir [TS 2472, 1976]. Örnekler TS 2470 esaslarına uyularak lifler yönünde 25 mm, enine kesitte ise 20x20 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Isıl işlem öncesi hava kurusu haldeki örneklerin ve ısıl işlem sonrası soğutulmuş örneklerin ağırlıkları ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılarak, boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı mikrometrik dijital kumpasla belirlendikten sonra hacimleri hesaplanmıştır. Bu değerlere göre yoğunluk (δ); $\delta = M / V$ (g/cm^3) eşitliğinden hesaplanmıştır.

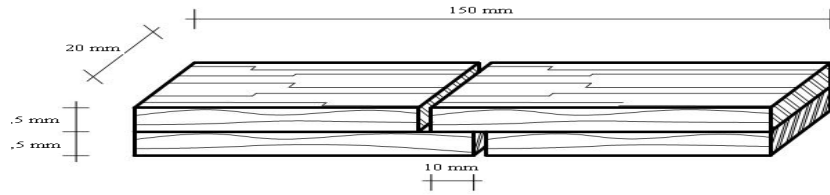
4.2.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Ağaç malzeme örnekleri, tesadüfî olarak seçilen birinci sınıf kerestelerin düzgün lifli, ardaksız, budaksız, renk ve yoğunluk farkı olmayan ve yıllık halkaların yüzeye dik gelen bölgelerinden TS 2470 [TS 2470, 1976] ve TS 53 [TS 53, 1981] esaslarına uyularak hazırlanmıştır.

Üst yüzey deneyleri için hazırlanan örnekler önce 540x110x12 mm'lik latalara kesilmiştir. Daha sonra ısıl işlem uygulaması için deney örneklerinin hava kurusu hale gelmesi sağlanmıştır. Isıl işlemin ardından denge rutubetine getirilen latalardan 100x100x10 mm ölçülerinde deney örnekleri kesilmiştir. İlk ısılatmadan sonra 80 ve 100 kum zımpara ile zımparalandıktan sonra son ısılatmanın ardından 120 kum zımpara ile perdah işlemleri yapılmıştır. Perdahlanmış örnek yüzeyleri yumuşak kıllı bir fırça ve vakum kullanılarak tozdan arındırılıp verniklemeye hazır hale getirilmiştir. Ağaç türü (5), vernik çeşidi (3), ısıl işlem varyasyon sayısı (4+Kontrol)

ve örnek adedi (10) dikkate alındığında üst yüzey deneyleri için toplamda $(5 \times 3 \times 5 \times 10) = 750$ adet deney numunesi hazırlanmıştır.

Yapışma direnci deneyleri için toleranslı kesimleri yapılan tüm numunelerin ısıtma işlem uygulaması için denge rutubetlerinin hava kurusu hale gelmesi sağlanmıştır. Isıtma işlemin ardından denge rutubetine getirilen lataların yapışma yüzeylerine üretici firma önerilerine uyularak, 150 g/m^2 olacak şekilde fırça ile tutkal sürüldükten sonra mekanik yöntemle preslenmiştir. Hidrolik preste basınca uğrayacak yüzey miktarları hesaplanarak, minimum $0,2 \text{ N/mm}^2$ pres basıncı uygulanan numuneler, sıkıştırılmış halde 1 gün süreyle bekletilmişlerdir. Daire testere makinesinde $150 \times 20 \times 5 \text{ mm}$ ölçülerinde $0,1 \text{ mm}$ duyarlılıklı kesilerek sıcaklığı $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve bağıl nemi $\% 65 \pm 5$ olan iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek deneylere hazır hale getirilmişlerdir. Ağaç türü (5), tutkal çeşidi (2), ısıtma işlem varyasyon sayısı (4+Kontrol) ve örnek adedi (10) dikkate alındığında yapışma direnci deneyleri için toplamda $(5 \times 2 \times 5 \times 10) = 500$ adet deney numunesi kullanılmıştır. Yapışma direnci deneyi örnek ölçüleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Yapışma direnci deneyi örnek ölçüleri

4.2.4. Vernik uygulaması

Örneklerin verniklenmesi ASTM D-3023 esaslarına ve üretici firmaların önerilerine göre sanayi uygulaması şeklinde yapılmıştır [ASTM D-3023, 1998]. Vernikler deney örneklerine orta sertlikteki fırça ile uygulanmıştır.

Vernik miktarı, üretici firmaların önerilerine göre $0,01$ duyarlılıklı analitik terazi ile tartılarak belirlenmiştir.

Sentetik vernik, perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda 120 gr/m^2 prensibine göre ve her katta %10 sentetik tiner katılarak uygulama yapılmıştır. Birinci kat sürüldükten 24 saat sonra 400 nolu zımpara yapılarak ikinci katın uygulaması yapılmış ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır.

Parke verniği, perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda 120 gr/m^2 prensibine göre ve birinci katta %10 sentetik tiner katılarak sürüldükten 24 saat sonra 400 nolu zımpara yapılarak ikinci katın uygulaması ambalaj viskozitesinde yapılmıştır ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır.

Su bazlı vernik uygulaması, perdah işlemleri tamamlanan numunelere üretici firma önerileri doğrultusunda dolgu verniğinde 140 gr/m^2 prensibine göre ve her katta %5 su katılarak sürüldükten 3-4 saat sonra 220 nolu zımpara yapılarak ikinci dolgu katının uygulaması yapılmış ve 3-4 saat kuruduktan sonra 400 nolu zımpara yapılarak son kata hazır hale getirilmiştir. Son kat uygulaması da üretici firma önerileri doğrultusunda 130 gr/m^2 prensibine göre ve her katta %5 su katılarak, katlar arasında 600 nolu zımpara yapılarak 2 kat olarak sürülmüş ve üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra deneylerden önce ASTM-D 3924 esaslarına göre $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 16 saat süre ile bekletilmiştir [ASTM-D 3924, 1991].

4.2.5. Tutkal uygulaması

PVAc tutkalı ambalaj viskozitesinde uygulanmıştır. Montaj ÜF tutkalı da üretici firma önerileri doğrultusunda, toz tutkal/su oranı 2/1 olacak şekilde karıştırılarak deney numunelerine sürülmüştür. Tutkal sürülen numuneler, Montaj Üre formaldehit Kleiberit 871.1 tutkalı üretici firma broşürü servis açıklamasına dayalı olarak özel uygulama kapsamında soğuk olarak preslenmişlerdir [Ek-7]. Tutkallar deney numunelerinin bir yüzüne ve fırça ile sürülmüştür. Prese konan parçalarda pres basıncı, parçaların boy ve genişliklerine göre hesaplanarak ayarlanmıştır.

4.2.6. Isıl İşlem

Isıl işlem uygulaması, hava kurusu haldeki ağaç malzemelere sıcak su buharı koruması altında (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 1 barlık $100^{\circ}\text{C}\pm 3$ 'de su buharı püskürtme), sıcaklığı $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ duyarlılıkta kontrol edebilen ısıtım fırınında normal atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir.

Bu maksatla her bir ağaç, vernik ve tutkal türü için örnekler ayrı ayrı ısıtım işleme tabii tutulmuştur. Toleranslı deney parçaları fırın içerisine buharın akış yönüne dik olarak yerleştirilmiş ve katman aralarına aynı ağaç türünden masif çıtalar konulmuştur. Fırın çalıştırılırken ve çalışma esnası boyunca içerisine belirli aralıklarla (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 1 barlık) $100^{\circ}\text{C}\pm 3$ 'de su buharı verilerek ağaç malzemenin hem ani kuruması ile karşı karşıya kalacağı iç ve yüzey çatlakları engellenmiş hem de fırın içerisindeki oksijen bertaraf edilerek ağaç malzemenin yanması engellenmiştir. Toplam ısıtım işlem uygulaması kesintisiz olarak 3 aşamada gerçekleştirilmiş olup ilk aşamada ısı ve buhar kullanılarak fırın sıcaklığı 6 saat süre ile 100°C 'ye ve ardından 12 saat süre ile 130°C 'ye kademeli olarak yükseltilmiştir. Ahşaptaki nem içeriği yaklaşık sıfıra düşürülüp yüksek sıcaklık kurutması oluştuktan sonra İkinci aşamada 130°C 'den 165 ve 175°C 'ye 6 saatte yükseltilmiş ve bu sıcaklıklarda Çizelge 4.3' de verilen süre ile bekletilmişlerdir. Üçüncü aşamada, su spreyi sistemi kullanılarak ahşabın ısısı düşürülmüş ve ahşabın nemi %4-6'ya ulaşıncaya kadar devam edilmiştir. Bu kondüsyonlama (uygun duruma getirme) aşaması 12 saat sürmüştür. Daha sonra fırından çıkarılan malzemeler net ölçülerine getirilerek hava kurusu rutubete gelmeleri için laboratuvar ortamında bekletilmişlerdir.

Isıl işlem uygulaması sert ağaçlardan kayın, meşe ve kavak odunları ile yumuşak ağaçlardan sarıçam ve göknar odunları için iki ayrı sıcaklık ve iki ayrı süre kombinasyonu ile toplam 4 varyasyonda Çizelge 4.3'de özetlendiği şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.3. Isıl işlem uygulanan ağaç türü, sıcaklık, süre ve varyasyonları

Ağaç türü	Sıcaklık (°C)	Süre (Saat) / (Varyasyon)
Kayın	165	2 / I
		4 / II
	175	2 / III
		4 / IV
Meşe	165	2 / I
		4 / II
	175	2 / III
		4 / IV
Kavak	165	2 / I
		4 / II
	175	2 / III
		4 / IV
Sarıçam	165	2 / I
		4 / II
	175	2 / III
		4 / IV
Göknar	165	2 / I
		4 / II
	175	2 / III
		4 / IV



Şekil 4.2. Atria ısıtma işlem (yüksek sıcaklık kurutma) fırını ve kontrol ünitesi

4.2.7. Verniklerde katı madde miktarı tayini

Katı madde miktarı tayininin amacı; eşit kalınlıkta katman hazırlayabilmek için vernik veya boyanın katman yapma özelliğini tespit etmektir. Bunun için; TS 6035 EN ISO 3251 [TS 6035 EN ISO 3251, 2005] esaslarına uyularak, vernikler darası

önceden alınan Ø6 cm'lik konkav saat camına 5 gr olacak şekilde damlalık ile konulmuş, daha sonra etüvde 60°C'de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılmış ve yeniden tartımları yapılarak;

$$V_u = G - D$$

$$V_u - \zeta_b$$

$$\zeta_b = G - E$$

$$\% K_m = \frac{V_u - \zeta_b}{V_u} \times 100$$

$$V_u$$

Formülüne göre katı madde miktarları belirlenmiştir.

Burada; V_u : Uygulanan vernik

G : Yaş ağırlık

ζ_b : Buharlaşan çözücü

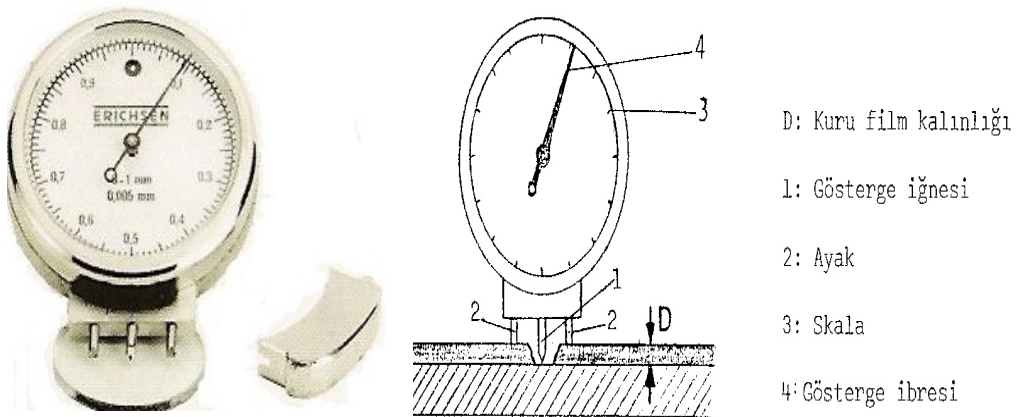
D : Dara

K_m : Katı madde

E : Kuru ağırlık

4.2.8. Verniklerin kuru film kalınlığı (katman kalınlığı) tayini

Karşılaştırmalı testlerde film kalınlıkları önemli bir etkindir. Bu sebeple deneylerden önce, numunelere sürülüp tam kuruması gerçekleşen vernik katmanlarının kuru film kalınlıkları, Şekil 4.3'de gösterilen ve 5 µm (mikron) hassasiyetle ölçüm yapabilen komparatörle ASTM D-1005-95 esaslarına uyularak belirlenmiştir [ASTM D-1005, 2001].



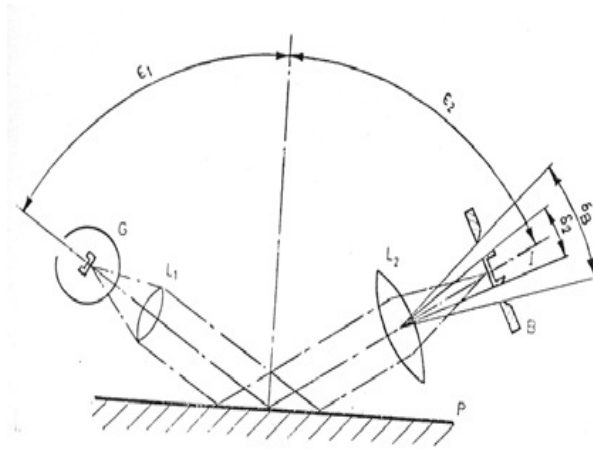
Şekil 4.3. Kuru film kalınlığı tayini

Ölçümlerden önce komparatör, tam düzgün ve tıraşlanmış cam veya sac levha üzerinde dik konumda iken gösterge ibresi sıfır olacak şekilde kalibre edilmiştir.

Vernik katmanı, gösterge iğnesinin girebileceği büyüklükte, numunenin değişik bölgelerinden ağaç yüzeyine kadar kaldırılmıştır. Ayaklar, vernikli yüzeyde ve alet dik konumda iken açılan kertiklerde ibrenin gösterdiği rakamlar mikron cinsinden okunmuştur [Erichsen, operating instuotions, 577-M/E, M/234; Atar, 1999]. Farklı yerlerden yapılan ölçümlerin ortalamaları alınarak, kuru film kalınlığı hesaplanmıştır.

4.2.9. Yüzey Parlaklık ölçümü

Parlaklık ölçümlerinde ağaç malzeme yüzeylerinin ışığı yansıtma kabiliyetlerini belirleyen TS 4318 EN ISO 2813'de belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu maksatla kullanılan parlaklık ölçme aleti (Gloss-metre) ile örneklerin liflerine paralel ve dik olarak ölçümler yapılmıştır. Gloss-metre ve ölçme prensibi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Parlak ve kusursuz yüzeyler belirli bir yönden gelen ışını aynı ya da benzer bir açı ile yansıtır. Parlaklık, yüzeyin yansıttığı ışının gözlemleyiciyi etkilemesidir.



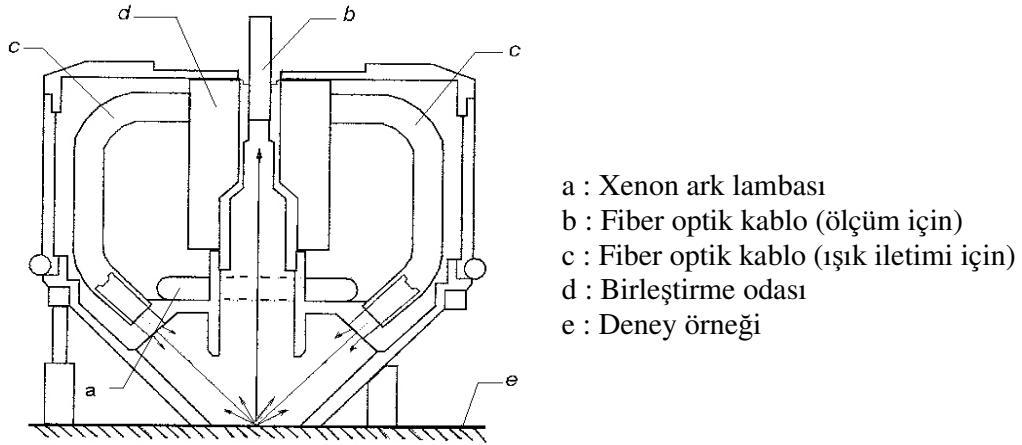
Şekil 4.4. Boya/vernük katmanı yüzey parlaklık ölçme cihazı (Gloss-metre) ve ölçme prensibi (G:Lamba, L₁-L₂:Mercekler, B:Alıcı pencere, P:Boya filmi, $\epsilon_1=\epsilon_2=60\pm0,2^\circ$, δ_B =Alıcı açıklığı= $4,4\pm0,1^\circ$, δ_2 =Kaynak görüntü açısı= $0,75\pm0,25^\circ$, I=Filament görüntüsü).

Deney cihazı, bir ışık kaynağı ile paralel veya birbirine yaklaşan ışık demetini deney alanına yönelten mercekten, mercek ise fotosel alıcı penceresinden oluşan alıcıdan ibarettir. Boya ve vernik katmanlarının parlaklık ölçümü 20°, 60° ve 85°'de olmak

üzere üç şekilde yapılır. Parlaklığı 60°’de 70 birimden fazla olan çok parlak ve boyalarda 20°, hem parlak hem de mat vernik ve boya katmanlarında 60°, parlaklığı 60°’de 10 birimden daha az olan mat vernik ve boyaların ayrımında 85° kullanılmaktadır. Parlaklık ölçümlerinde $60 \pm 2^\circ$ ’de ölçüm yapabilen parlaklık ölçme cihazı kullanılmıştır. Ölçme aleti her ölçümden önce ve işlem aralıklarında düzgün yüzeyli, kırılma indisi 1,567 olan parlaklığı her geometri için 100 olarak belirlenmiş siyah cam kullanılarak kalibre edilmiştir [ASTM D 523, 1994; Atar, 1999].

4.2.10. Renk ölçümü

Renk ölçümleri, ASTM D 2244’de belirtilen esaslara göre MİNOLTA CR-231 renk ölçme cihazı ile yapılmıştır [ASTM D 2244, 2007]. CIE L*a*b* renk sistemine göre ölçüm yapabilen cihazın kesiti Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



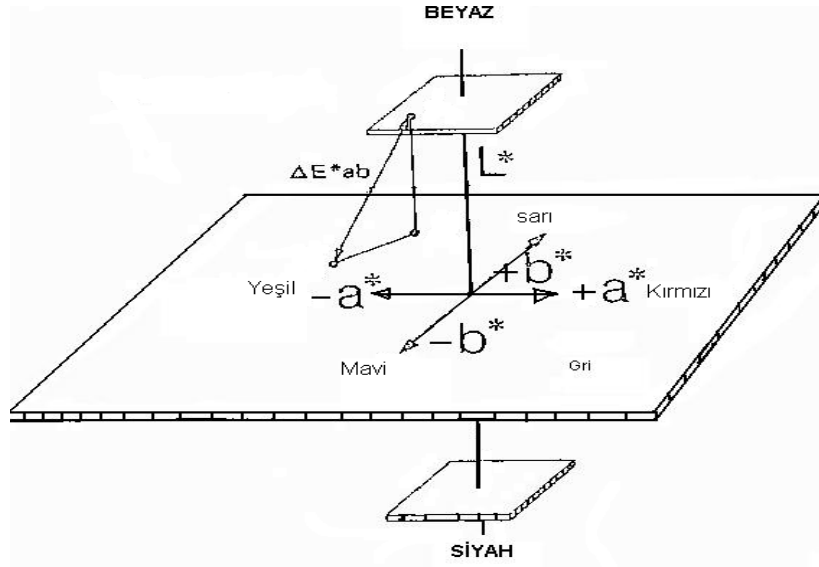
Şekil 4.5. Renk ölçüm başlığı

Cihazın renk ölçüm başlığı 45° lik aydınlatmayı ve 0° lik açı geometrisini kullanır. Ölçme başlığı parlak yüzeyler için uygundur. Ancak aşırı parlak yüzeyler ölçmede hatalara neden olabilir. Çünkü ışığın çoğu 45° lik açı ile yansıtılacak ve böylece optik fiber kabloya girmeyecektir [Anonim, “Minolta CR-231 Chromometer, ver 3.0” Cihaz Kullanma Klavuzu].

1976 yılında Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)) tarafından CIELAB renk aralığı tanımlanmıştır. Bu sistemde renk, 3 boyut içinde bir nokta olarak temsil edilmektedir [Çağlar ve Yamanel, 2007].

CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde, renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri L^* , a^* , b^* renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada, L^* siyah-beyaz (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$) ekseninde, a^* kırmızı-yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde, b^* ise sarı-mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde yer almaktadır [Söğütü ve Sönmez, 2006]. Şekil 4.6'da gösterilen renk alanında L^* koordinatı dikey eksen (y), a^* koordinatı yatay (x) eksenini ve b^* koordinatı da (z) eksenini oluşturmaktadır. CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde, iki renk arasındaki farkı hesaplamak için; $[\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}]$ formülü kullanılmaktadır [Çağlar ve Yamanel, 2007].

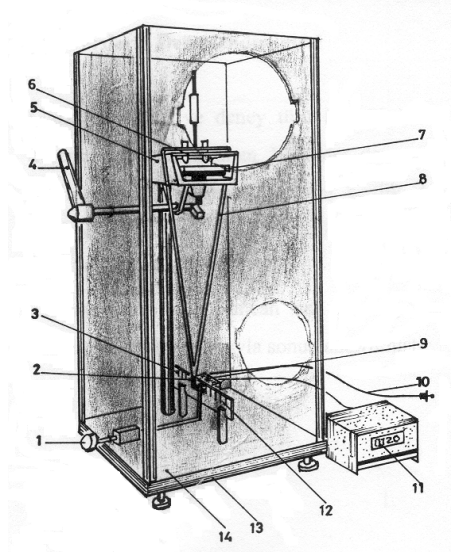
ΔE^* 'nin düşük değerde olması, rengin değişmediği ya da çok az değişim olduğunu göstermektedir [Söğütü ve Sönmez, 2006]. CIE $L^*a^*b^*$ renk alanı Şekil 4.6'da gösterilmiştir [Anonim, "Minolta CR-231 Chromometer, ver 3.0" Cihaz Kullanma Klavuzu].



Şekil 4.6. CIE $L^*a^*b^*$ renk alanı

4.2.11. Pandüllü sertlik ölçümü

Vernik katmanı sertliği pandüllü sertlik ölçme aleti kullanılarak Köning ölçme yöntemine göre ve ASTM D-4366'da belirtilen esaslara uyularak yapılmıştır. Ölçme aleti ölçümlerden önce ve ölçüm aralıklarında kalibre camı kullanılarak 40 saniyede 100 salınım verecek şekilde kalibre edilmiştir. Ölçme işlemi, $63 \pm 3,3$ HRC sertliğinde, $5 \pm 0,0005$ mm çapında iki bilye ile 6° 'den 3° 'ye kadar olan salınımların sayılması şeklinde yapılmıştır. Prensip olarak sert yüzeylerde fazla, yumuşak yüzeylerde az salınım olmaktadır.



Şekil 4.7. Pandüllü sertlik ölçüm cihazı (1. Salıverme mili 2. Köning başlangıç noktası 3. Persöz başlangıç noktası 4. Panel sıkma kolu 5. Panel tutucu platform 6. Panel stoplayıcı 7. Panel 8. Pandül 9. Otosel 10. Salıverme teli 11. Otomatik sayıcı 12. Skala 13. Taban 14. Koruyucu muhafaza).

4.2.12. Yüzeye yapışma direnci

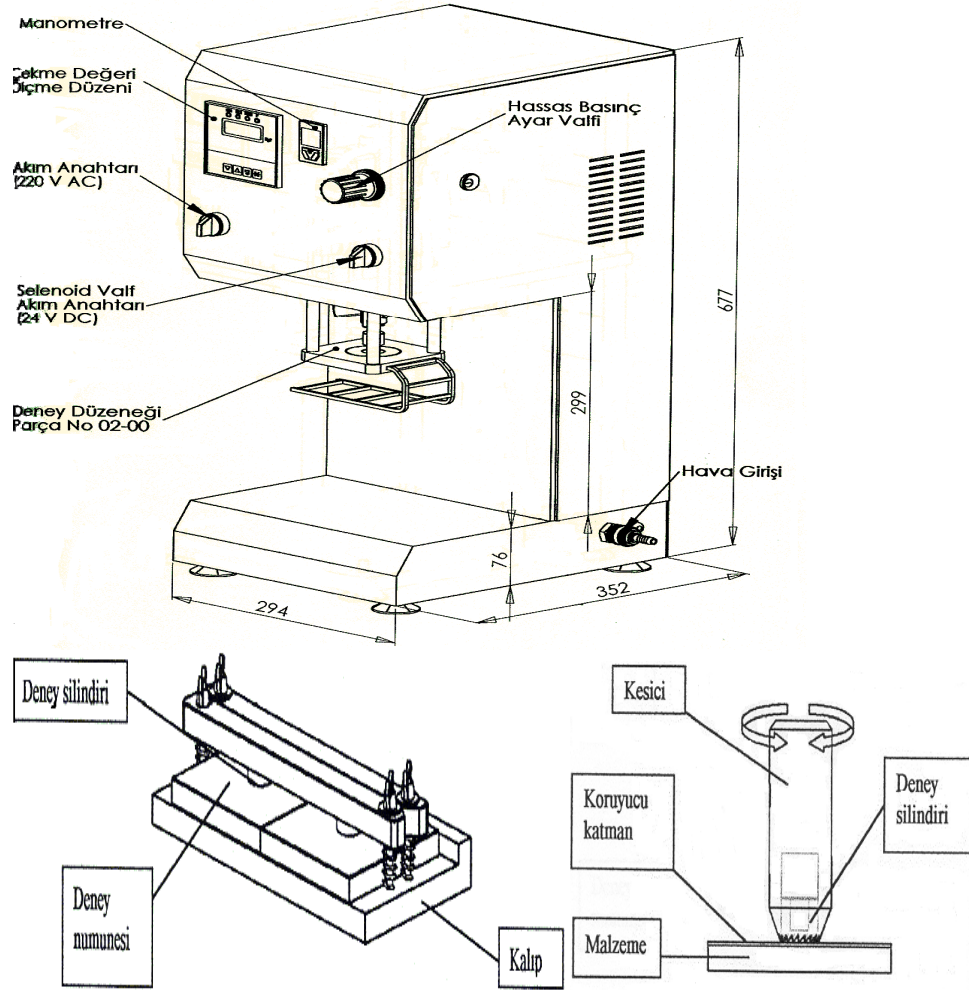
Vernik katmanlarının yüzeye yapışma direnci ASTM D-4541 ve TS EN 24624 esaslarına uyularak, pnömatik sistemle çalışan adezyon test cihazında belirlenmiştir. Koruyucu katmanla kaplanan ve tam kuruması sağlanan örnekler $23 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve % 50 ± 5 bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında 24 saat süre ile kondisyonlanarak denemelere hazır hale getirilmiştir. İklimlendirilen örnek yüzeylerine $\varnothing 20$ mm'lik

elik deney silindirleri, kalıp yardımıyla normal oda sıcaklığında (~20°C) yapıştırılmıştır. Denemelerde, ASTM D-4541'e göre çift bileşenli epoksi reçineli koruyucu katmanlar üzerinde çözücü etkisi olmayan ve yüksek yapışma gücüne sahip yapıştırıcı 150±10 g/m² hesabı ile kullanılmıştır. Jelleşmeye başlayan yapıştırıcı fazlalıkları 2 saat sonra bir ısıpatula yardımı ile temizlenerek 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra deney silindiri yapıştırılan yüzeylerdeki vernik katmanı, taşıyıcı malzeme yüzeyine kadar kesici yardımıyla kesilmiştir. 2 bar basınçlı hava ile çalışan adezyon cihazında, örnek yüzeylerine yapıştırılan silindirlere dik yönde çekme kuvveti uygulanarak silindirlerin vernikli yüzeylerden kopmaları sağlanmıştır.

Yapışma direnci (X), megapaskal (MPa=1 N/mm²) olarak; $X = 4F / \pi \cdot d^2$ eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F= Kopma anındaki kuvvet, (Newton)

d= Deney silindirinin çapı, (mm) dir.



Şekil 4.8. Yapışma test cihazı (Adezyon tester)

4.2.13. Tutkal yapışma direnci

Tutkal yapışma direnci, BS EN 204 standardına göre hazırlanan deney örneklerine BS EN 205 standartlarına uygun olarak çekme deneyi uygulanarak belirlenmiştir. Kuvvet uygulama eksenini ile deney numunesi ekseninin aynı düşey doğrultuda olmasına dikkat edilerek, universal test cihazına yerleştirilen deney numunelerine ters yönde 2 mm/dak yükleme hızında statik çekme kuvveti uygulanmıştır. Dengeli ve kademeli uygulanan çekme kuvvetiyle, örnek, tutkal hattından koparılmaya çalışılmış ve kopma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) (N) cinsinden kaydedilerek, yapışma direnci (σ) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\sigma = F_{max} / A = F / (b.l)$$

Burada;

- σ = Yapışma direnci (N/mm^2)
- F_{max} = Kopma anındaki kuvvet (N)
- A =Yapışma yüzeyinin alanı (mm^2)
- b = Yapışma yüzeyinin genişliği (mm)
- l = Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm)



Şekil 4.9. Üiversal Test Cihazı

4.2.14. Verilerin değerlendirilmesi

Sertlik, parlaklık, yüzeye yapışma, renk farklılığı ve tutkal yapışma direncine ilişkin değerlere, varyans analizi uygulanarak; denenen faktörlerin; ağaç türü, vernik çeşidi, tutkal çeşidi ve ısıtma işlem varyasyonunun önemli olup olmadığı ortaya konulmuştur. Etkisi önemli bulunan faktör ve faktör etkileşimlerine Duncan testi uygulanarak homojen gruplar tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler, MSTAT-C istatistik programı kullanılarak ve % 95 güven düzeyinde analiz edilmiştir. Bunlar arasındaki istatistiksel farklılık varyans analizi ile ortaya konulmuştur.

5. BULGULAR

5.1. Isıl işlem öncesi ve sonrası rutubet ve yoğunluk miktarları

Isıl işlem öncesi ve sonrası rutubet ve yoğunluk ölçüm değerleri Çizelge 5.1 ve 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Isıl işlem öncesi ve sonrası ortalama rutubet miktarları (%)

Ağaç Malzeme	Ortalama Rutubet Miktarları (%)				
	Isıl İşlem Öncesi	Isıl İşlem Sonrası			
		165 °C		175 °C	
		2 saat	4 saat	2 saat	4 saat
Kayın	12,6	5,3	2,5	5,0	3,0
Meşe	12,2	5,9	2,2	5,0	3,1
Kavak	11,8	5,0	2,8	4,6	3,0
Sarıçam	11,2	7,0	4,9	7,4	3,0
Gökknar	12,0	6,4	5,0	8,2	3,1

Isıl işlem, ağaç malzemelerin rutubet miktarını önemli derecede düşürmüştür. Aynı sıcaklıkta sürenin artması rutubet miktarını azaltmıştır.

Çizelge 5.2. Isıl işlem öncesi ve sonrası ortalama yoğunluklar (gr/cm³)

Ağaç Malzeme	Isıl işlem öncesi hava kurusu yoğunluk				Isıl işlem sonrası yoğunluk			
	165 °C		175 °C		165 °C		175 °C	
	2 saat	4 saat	2 saat	4 saat	2 saat	4 saat	2 saat	4 saat
Kayın	0,70	0,70	0,69	0,70	0,68	0,67	0,67	0,67
Meşe	0,54	0,59	0,61	0,55	0,50	0,57	0,58	0,52
Kavak	0,33	0,34	0,33	0,33	0,31	0,32	0,31	0,30
Sarıçam	0,39	0,40	0,39	0,40	0,38	0,38	0,38	0,37
Gökknar	0,36	0,34	0,35	0,35	0,34	0,32	0,34	0,32

Ağaç malzemelerin yoğunluklarında ısıtma işlemi sonucunda azalma olmuştur.

5.2. Kuru Film Kalınlıkları

Kuru film kalınlıkları numune yüzeylerinin üç farklı noktasından ölçülmüş, elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak hesaplanmış ve Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kuru film kalınlıkları (μm)

Vernik çeşidi	Kuru film kalınlığı (μm)	
	2 Kat	4 Kat
Su bazlı dolgu (2 kat)	-----	82
Su bazlı parlak (2 kat)		
Parke verniği	85	-----
Sentetik vernik	83	

Kuru film kalınlığı en yüksek parke verniğinde $85\ \mu\text{m}$, en düşük su bazlı vernikte $82\ \mu\text{m}$ oluşmuştur. Üretici firma önerileri doğrultusunda vernik uygulaması yapıldığından film kalınlığında meydana gelen farklılık uygulamadan kaynaklanmış olabilir.

5.3. Verniklerde Katı Madde Miktarı Tayini

Deneylerde kullanılan verniklerin katı madde miktarları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Verniklerin katı madde miktarları (%)

Katı madde miktarı % (Ağırlıkça)	
Su bazlı dolgu	34,2
Su bazlı parlak	30,0
Parke verniği	49,4
Sentetik vernik	60,8

Katı madde miktarı en yüksek sentetik vernikte % 60,8, en düşük su bazlı parlak vernikte % 30 olarak bulunmuştur.

5.4. Salımlı Sertlik Ölçümleri

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey sertliğine etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey sertliği ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.5’de, ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.5. Ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre yüzey sertliği değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	41,45	A
Meşe (M)	36,38	B
Kavak (Kv)	28,63	C
Sarıçam (S)	27,76	D
Gökmar (G)	27,21	D
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	36,09	A
Parke verniği (Pr)	32,89	B
Sentetik vernik (Sn)	27,88	C
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
Işz	36,29	A
165/2 (I)	32,41	B
165/4 (II)	31,22	C
175/2 (III)	31,14	C
175/4 (IV)	30,38	D
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	40,79	A
Vernikli (Vrl)	23,78	B

*:LSD= $\pm 0,6431$ **:LSD= $\pm 0,4982$ ***:LSD= $\pm 0,4068$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Yüzey sertliği en yüksek, ağaç türüne göre kayında (41,45), ısıl işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (32,41), vernik çeşidine göre su bazlı vernikte (31,50), uygulama çeşidine göre verniksizde (40,79), en düşük göknarda (27,21), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (30,38), sentetik vernikte (15,18) ve verniklide (23,78) bulunmuştur. Sarıçam ve göknar ile 165/4 ve 175/2 ısıl işlem çeşitleri yaklaşık eşit çıkmıştır.

Çizelge 5.6. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	48089,496	12022,374	745,5616	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	17105,209	8552,605	530,3856	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	837,544	104,693	6,4925	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	6634,876	1658,719	102,8646	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	4195,971	262,248	16,2632	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	437,144	54,643	3,3887	0,0007*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	967,369	30,230	1,8747	0,0023*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	108460,017	108460,017	6726,0944	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	56665,520	14166,380	878,5211	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	16144,585	8072,293	500,5992	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	649,728	81,216	5,0366	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	9456,060	2364,015	146,6032	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	4597,653	287,353	17,8201	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	245,088	30,636	1,8999	0,0563
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	791,799	24,744	1,5345	0,0292*
<i>Hata</i>	1350	21769,100	16,125		
<i>Toplam</i>	1499	297047,159			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıt işlem, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı, vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidi etkileşimi ise anlamsız bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidinin yüzey sertliğine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
MSbİşzVrz	67,00	A	KvSbIVrl	34,30	STUVW	GPrIIIVrl	25,60	Z[\]
MSnİşzVrz	66,30	AB	KySbIVrl	33,90	STUVW	GSnIVVrz	25,60	Z[\]
MPrİşzVrz	63,00	BC	KvSbIIIVrl	33,30	STUVWX	SPrIIIVrz	25,00	a
KyPrİşzVrz	63,00	BC	GSbIVrz	32,80	TUVWX	SPrIIIVrl	24,90	ab
KySnIIIVrz	60,50	CD	KvSbIVVrl	32,50	TUVWX	SSnIIIVrz	24,90	ab
KySbİşzVrz	59,20	CDE	KvSbIIIVrz	32,20	TUVWX	SSnIVVrz	24,90	ab
KySbIIIVrz	59,10	CDEF	SSnIVrz	32,10	TUVWX	KyPrİşzVrl	24,80	ab
KySnIVVrz	58,80	DEF	GSnIVrz	32,00	TUVWX	SPrIVVrz	24,80	ab
KyPrIIIVrz	58,50	DEFG	KvSnIVrz	31,20	UVWX	GPrIVVrl	24,70	abc
KyPrIVrz	58,20	DEFGH	GSbIIIVrl	31,10	UVWX	SSbIIIVrz	24,60	abc
KySbIVVrz	58,10	DEFGH	GSbİşzVrl	30,70	UVWX	SSbIVrl	24,40	bc
KyPrIVVrz	57,60	DEFGHI	KvSbIVrz	30,60	UVWXY	SSbIVVrz	24,40	bc
KySnİşzVrz	57,10	DEFGHIJ	KvSnIVrz	30,60	UVWXY	MSbIVrl	24,30	bed
KySbIIIVrz	56,00	EFGHIJK	SSbİşzVrl	30,50	UVWXY	SPrIVrl	24,20	bcd
MPrIVrz	55,00	FGHIJKL	SPrIVrz	30,50	UVWXY	GPrIVrl	24,10	bed
MSbIVrz	54,40	GHIJKLM	KvPrIIIVrz	30,50	UVWXY	GPrIIIVrl	24,00	bcd
KySbIVrz	54,30	HIJKLM	SSbIIIVrl	30,40	UVWXY	GPrİşzVrl	23,90	bed
MSnIVrz	53,70	IJKLM	KvPrIVrz	30,30	UVWXY	MPrIIIVrz	23,40	bcde
KySnIVrz	53,60	IJKLM	KyPrIIIVrl	30,20	UVWXY	MPrIVVrl	22,60	cde
KySnIVrz	53,10	JKLM	GPrIVrz	30,20	UVWXY	SPrİşzVrl	22,10	def
KyPrIVrz	51,90	KLMN	GSbIIIVrz	30,10	UVWXYZ	SPrIVVrl	22,10	def
MSbIIIVrz	51,60	LMN	SSbIIIVrz	29,90	VWXYZ	SPrIVrl	22,00	def
MSnIVrz	50,50	MNO	GPrIVrz	29,90	VWXYZ	MPrIVrl	21,60	efg
MPrIVrz	49,10	NOP	GSnIVrz	29,30	VWXYZ	MPrIVrl	20,90	efg
SPrİşzVrz	48,80	OP	KyPrIVrl	29,20	VWXYZ	KvSnIIIVrl	20,40	efgh
MPrIIIVrz	47,50	OP	GSnIIIVrz	29,20	VWXYZ	MPrİşzVrl	19,50	fgh
SSbİşzVrz	47,40	OP	GSbIVrl	29,10	VWXYZ	KvSnIVVrl	17,80	gh
MSbIIIVrz	47,00	OP	SSbIVVrl	29,10	VWXYZ	GSnİşzVrl	17,70	gh
MSbIVVrz	46,50	P	GSbIVVrl	28,90	VWXYZ	GSnIVrl	17,60	gh
MSnIIIVrz	46,30	P	KvPrIVrz	28,90	VWXYZ	GSnIIIVrl	16,50	gh
MPrIVVrz	45,70	P	KyPrIVVrl	28,80	VWXYZ	KvSnIIIVrl	16,00	gh
SSnİşzVrz	45,60	P	GSbIIIVrz	28,20	WXYZ	KvSnİşzVrl	15,80	gh
SSnIVrz	43,00	PQ	SSbIIIVrl	28,00	WXYZ	KvSnIVrl	15,80	gh
MSnIVVrz	41,30	PQR	KvSnIIIVrz	27,90	WXYZ	MSnIIIVrl	15,70	gh
SPrIVrz	39,70	PQRS	KvSbIIIVrz	27,40	XYZ	SSnIIIVrl	15,70	gh
GSbIIIVrl	38,20	QRS*	KvSbIVVrz	27,30	XYZ	SSnIIIVrl	15,30	gh
KvSbİşzVrl	38,10	QRS	KvSnIVVrz	27,30	XYZ	GSnIVVrl	15,10	gh
GSbİşzVrz	37,20	QRST	MSbIIIVrl	27,20	XYZ	KySnİşzVrl	14,90	gh
KvSnİşzVrz	36,70	RST	MSbİşzVrl	27,20	XYZ	GSnIIIVrl	14,90	gh
KvPrİşzVrz	36,60	RST	GPrIIIVrz	27,10	XYZ	SSnIVrl	14,30	gh
SSbIVrz	36,50	RST	KvPrİşzVrl	27,00	XYZ	MSnIVVrl	14,10	gh
KySbIIIVrl	36,10	RSTU	MSbIVVrl	27,00	XYZ	SSnIVVrl	14,10	gh
KySbİşzVrl	35,90	RSTU	KvPrIVVrl	26,40	YZ	KySnIIIVrl	14,00	gh
GPrİşzVrz	35,50	RSTU	KvPrIVVrz	26,40	YZ	KySnIVVrl	13,90	gh
KvSbIIIVrl	35,50	RSTU	KvPrIIIVrl	26,10	Z	KySnIIIVrl	13,70	gh
KySbIVVrl	35,40	RSTU	GSbIVVrz	26,00	Z	SSnİşzVrl	13,60	h
GSnİşzVrz	35,40	RSTU	KvPrIVrl	25,90	Z	MSnİşzVrl	13,00	i
KvPrIIIVrl	35,10	RSTUV	KyPrIVrl	25,80	Z	KySnIVrl	13,00	i
KvSbİşzVrz	35,10	RSTUV	GPrIVVrz	25,80	Z	MSnIVrl	12,30	i
KySbIIIVrl	34,90	RSTUV	MSbIIIVrl	25,60	Z	MSnIIIVrl	12,10	i

LSD : $\pm 3,523$

*: En yüksek yüzey sertliği

Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidine göre yüzey sertliği en yüksek 175°C sıcaklıkta 2 saat ısırl işlem uygulanan su bazlı vernikli göknarda (38,20), en düşük

165°C sıcaklıkta 4 saat ısıtıl işlem uygulanan sentetik vernikli meşede (12,10) bulunmuştur.

Isıl işlemsiz ve verniksiz yüzey sertliği en yüksek meşede (67,00), bunu sırasıyla kayın, sarıçam, göknar ve kavak izlemiştir.

Isıl işlemsiz ve vernikli yüzey sertliği en yüksek su bazlı vernikte, bunu sırasıyla parke ve sentetik vernik izlemiştir. Su bazlı vernikte yüzey sertliği en yüksek kavakta (38,10), bunu sırasıyla kayın, göknar, sarıçam ve meşe izlemiştir. Parke verniğinde yüzey sertliği en yüksek kavakta (27,00), bunu sırasıyla kayın, göknar, sarıçam ve meşe izlemiştir. Sentetik vernikte yüzey sertliği en yüksek göknarda (17,70), bunu sırasıyla kavak, kayın, sarıçam ve meşe izlemiştir.

Isıl işlemli ve verniksiz yüzey sertliği en yüksek 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan kayında (60,50), en düşük 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtıl işlem uygulanan sarıçamda (24,40) bulunmuştur.

5.5. Renk Değişimi Ölçümleri

5.5.1. Renk parlaklığı (L*)

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey renk parlaklığına etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen renk parlaklığı ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.8’de, ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidinin renk parlaklığına etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.8. Ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre renk parlaklığı (L*) değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	41,51	D
Meşe (M)	39,58	E
Kavak (Kv)	50,46	C
Sarıçam (S)	65,56	A
Göknaar (G)	60,88	B
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	53,39	A
Parke verniği (Pr)	52,41	B
Sentetik vernik (Sn)	48,99	C
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
İşz	71,59	A
165/2 (I)	52,97	B
165/4 (II)	49,33	C
175/2 (III)	42,32	D
175/4 (IV)	41,78	E
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	57,61	A
Vernikli (Vrl)	45,59	B

*:LSD= $\pm 0,4624$ **:LSD= $\pm 0,3582$ ***:LSD= $\pm 0,2925$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Renk parlaklığı (L*) en yüksek, ağaç türüne göre sarıçamda (65,56), ısıl işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (52,97), vernik çeşidine göre su bazlı vernikte (53,39), uygulama çeşidine göre verniksizde (57,61), en düşük meşede

(39,58), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtılma işlemi (41,78), sentetik vernikte (48,99) ve verniklide (45,59) bulunmuştur.

Çizelge 5.9. Ağaç türü, vernik, ısıtılma işlemi ve uygulama çeşidinin renk parlaklığına (L*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	158577,374	39644.344	4755,1863	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	5342,680	2671,340	320,4170	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	981,769	122,721	14,7199	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	176735,239	44183,810	5299,6778	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	22886,687	1430,418	171,5731	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	206,760	25,845	3,1000	0,0018*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	1099,785	34,368	4,1223	0,0000*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	54165,966	54165,966	6496,9991	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	2529,636	632,409	75,8550	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	5420,804	2710,402	325,1023	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	569,331	71,166	8,5361	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	1000,022	250,006	29,9872	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	968,017	60,501	7,2569	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	117,216	14,652	1,7574	0,0813
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	183,036	5,720	0,6861	
<i>Hata</i>	1350	11255,051	8,337		
<i>Toplam</i>	1499	442039,374			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıtılma işlemi, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı, vernik-ısıtılma işlemi-uygulama çeşidi etkileşimi ise anlamsız bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıtılma işlemi-uygulama çeşidinin renk parlaklığına (L*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidinin renk parlaklığına (L*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>
KvSblşzVrz	87,75	A	SPrlIVrl	59,43	QRSTU	MSbIIVrz	45,07	fgh
KvPrIşzVrz	87,46	A	GSbIVrl	59,24	RSTU	KvSbIIIVrz	43,37	ghı
KvSnIşzVrz	86,99	A	SSbIIIVrl	59,23	RSTU	KvSbIVVrz	43,32	ghı
GSnIşzVrz	84,35	AB	KvSnIVrz	58,26	STU	KvSbIVrl	43,18	ghı
GSbIşzVrz	83,61	B	GSnIIIVrz	58,08	STUV	KySbIVrl	42,19	ghij
KvSblşzVrl	83,19	B	GPrIVrl	57,82	STUV	KvSnIVVrz	41,45	ghijk
GPrIşzVrz	82,79	BC	SPrlVVrl	57,66	STUV	KySbIIIVrl	41,12	ghijkl
SPrlşzVrz	82,76	BC	KyPrIşzVrl	57,26	TUV	KyPrIIIVrz	40,78	ghijklm
SSnIşzVrz	82,62	BC	GSnIVVrz	57,23	TUV	KvPrIVrl	40,03	hijklm
SSbIşzVrz	82,39	BCD	SSnIVrl	57,15	UV	MSbIIIVrz	39,55	hijklm
KvPrIşzVrl	80,71	BCDE	GSbIVVrz	56,53	UVW	MSbIVVrz	39,19	ijklm
GSbIşzVrl	78,67	BCDEF	MPrIşzVrl	56,44	UVW	MSnIIIVrz	39,17	ijklm
SSbIşzVrl	75,83	CDEF	SPrlIIIVrl	56,43	UVW	KySnIVVrz	39,14	ijklm
GPrIşzVrl	74,75	CDEF	GPrIVVrz	56,42	UVW	MSnIVVrz	38,60	ijklm
KvSnIşzVrl	74,13	CDEF	GSbIIIVrl	55,88	VW	MSbIVrl	38,55	ijklm
SPrlşzVrl	73,64	CDEFG	GSnIVrl	55,50	VW	MPrIVVrz	38,40	ijklm
GSnIşzVrl	72,15	DEFG	GSbIIIVrz	55,39	VW	KvSnIVrl	38,29	ijklmn
SSnIVrz	71,25	DEFGH	KvSnIIIVrz	54,78	WX	MPrIIIVrz	38,03	klmn
SSbIVrz	68,88	EFGH	KvPrIIIVrz	54,04	WXY	KySbIIIVrz	37,94	klmn
SSnIşzVrl	68,75	EFGH	SSnIIIVrl	53,42	XY	KySbIVVrz	37,84	klmn
SPrlIVrz	68,50	FGH	KvSbIIIVrz	53,24	XYZ	KyPrIVVrz	37,29	lmno
SSbIIIVrz	68,12	FGH	GPrIIIVrl	53,06	YZ	KySnIIIVrz	36,36	mno
SSnIIIVrz	67,77	GHI	KySnIşzVrl	52,73	YZ [	MPrIVrl	36,27	mno
SPrlIVrz	67,62	GHI	KvSbIVrl	52,63	YZ[\	KyPrIVrl	35,98	mnop
SSnIIIVrz	66,81	HIJ	SSnIIIVrl	52,15	Z[\	KyPrIIIVrl	35,61	mnop
GSnIVrz	66,19	HIJ	GPrIIIVrl	51,86	Z[\]	MSbIIIVrl	34,87	nop
SPrlIVVrz	65,75	IJK	SSnIVVrl	51,32	Z[\]	MPrIIIVrl	33,45	nopr
GSbIVrz	65,69	IJK	GSnIVrl	50,83	a	KySbIIIVrl	33,31	nopr
MPrIşzVrz	65,43	JKL	KySbIVrz	50,39	ab	KySbIVVrl	32,03	opr
KyPrIşzVrz	65,39	JKL	MSbIşzVrl	50,39	ab	KvSnIIIVrl	31,73	prs
SSnIVVrz	65,21	JKLM	KySnIVrz	49,90	b	KvSbIVVrl	30,73	prs
SSbIVVrz	65,21	JKLM	KyPrIVrz	49,75	bc	MSnIVrl	29,76	prst
GPrIVrz	65,16	JKLM	GSbIVVrl	49,59	bc	KvSbIIIVrl	29,17	prstu
SSbIIIVrz	65,03	KLMN	MSbIVrz	49,58	bc	KySnIVrl	28,44	rstu
SPrlIIIVrz	65,02	KLMN	MSnIVrz	48,87	bcd	KyPrIIIVrl	28,44	rstu
KySnIşzVrz	64,68	LMN	GSbIIIVrl	48,76	bcd	KvPrIVVrl	28,24	stu
SSbIVrl	64,59*	LMN	MPrIVrz	48,39	bcde	KvPrIIIVrl	27,81	stu
KySbIşzVrz	63,86	MNO	GPrIVVrl	47,72	bcdef	KySnIIIVrl	27,58	stuv
GSnIIIVrz	62,94	M NOP	KvPrIVrl	47,64	bcdef	MSnIIIVrl	25,48	tuv
GSbIIIVrz	62,88	M NOP	MSnIşzVrl	47,53	cdef	MSbIVVrl	24,99	tuv
GPrIIIVrz	62,27	NOP	KySbIIIVrz	47,18	cdefg	MSbIIIVrl	24,94	tuv
SSbIIIVrl	62,27	NOP	KyPrIIIVrz	47,12	cdefg	KyPrIVVrl	23,60	uv
KvPrIVrz	62,01	OPQ	KySnIIIVrz	46,80	defg	MPrIVVrl	23,40	uv
SPrlIVrl	61,62	OPQR	MPrIIIVrz	46,35	efg	MPrIIIVrl	23,34	uv
MSbIşzVrz	61,36	OPQRS	KvPrIVVrz	46,16	efg	KvSnIIIVrl	19,87	vy
KvSbIVrz	60,56	OPQRS	MSnIIIVrz	45,73	efgh	MSnIIIVrl	17,61	vyz
SSbIVVrl	60,38	OPQRS	GSnIVVrl	45,46	efgh	KySnIVVrl	17,31	vyz
GPrIIIVrz	60,19	PQRST	GSnIIIVrl	45,38	efgh	KvSnIVVrl	16,65	yz
MSnIşzVrz	60,06	QRST	KvPrIIIVrz	45,17	efgh	MSnIVVrl	16,52	z
KySbIşzVrl	59,98	QRST	KvSnIIIVrz	45,07	fgh	KySnIIIVrl	15,43	z

LSD : $\pm 2,533$

: En yüksek renk parlaklık (L)

Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidine göre renk parlaklığı (L*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısırl işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (64,59), en

düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulananan sentetik vernikli kayında (15,43) bulunmuştur.

Isıtım işlemsiz ve verniksiz renk parlaklığı (L*) en yüksek kavakta (87,75), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, meşe ve kayın izlemiştir.

Isıtım işlemsiz ve vernikli renk parlaklığı (L*) su bazlı vernikte en yüksek kavakta (83,19), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir. Parke verniğinde en yüksek kavakta (80,71), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir. Sentetik vernikte en yüksek kavakta (74,13), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir.

Isıtım işlemlili ve verniksiz renk parlaklığı (L*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulananan sarıçamda (71,25), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulananan kayında (36,36) bulunmuştur.

5.5.2. Kırmızı renk tonu (a*)

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey kırmızı renk tonuna (a*) etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen kırmızı renk tonu (a*) ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.11’de, ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidinin kırmızı renk tonuna (a*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre kırmızı renk tonu (a*) değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	45,25	E
Meşe (M)	47,62	D
Kavak (Kv)	57,76	C
Sarıçam (S)	73,83	A
Gökmar (G)	68,66	B
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	61,67	A
Parke verniği (Pr)	59,51	B
Sentetik vernik (Sn)	54,69	C
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
İşz	84,13	A
165/2 (I)	59,09	B
165/4 (II)	54,71	C
175/2 (III)	47,66	D
175/4 (IV)	47,53	D
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	49,18	B
Vernikli (Vrl)	68,07	A

*:LSD= $\pm 0,5065$ **:LSD= $\pm 0,3924$ ***:LSD= $\pm 0,3204$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Kırmızı renk tonu (a*) en yüksek, ağaç türüne göre sarıçamda (73,83), ısıl işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (59,09), vernik çeşidine göre su bazlı vernikte (61,67), uygulama çeşidine göre verniklide (68,07), en düşük kayında (45,25), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (47,53), sentetik vernikte (54,69) ve verniksizde (49,18) bulunmuştur. 175/2 ve 175/4 ısıl işlem çeşitleri yaklaşık eşit çıkmıştır.

Çizelge 5.12. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin kırmızı renk tonuna (a*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	189724,699	47431,175	4741,8553	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	12791,309	6395,655	639,3953	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	1352,453	169,057	16,9012	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	272753,381	68188,345	6817,0200	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	43726,122	2732,883	273,2155	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	324,139	40,517	4,0507	0,0001*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	1025,627	32,051	3,2042	0,0000*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	133830,550	133830,550	13379,4937	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	2840,262	710,065	70,9877	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	13303,581	6651,791	665,0020	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	855,427	106,928	10,6900	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	774,849	193,712	19,3661	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	1224,285	76,518	7,6497	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	75,007	9,376	0,9373	
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	287,559	8,986	0,8984	
<i>Hata</i>	1350	13503,593	10,003		
<i>Toplam</i>	1499	688392,842			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıt işlem, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin kırmızı renk tonuna (a*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.13'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidinin kırmızı renk tonuna (a*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>
KvSblşzVrl	111,2	A	SSbIVVrz	66,08	HIJ	MSnIVVrl	49,83	VWX
KvPrİşzVrl	110,4	A	GSnIVVrl	65,85	HIJ	MSbIIIVrl	49,69	VWX
KvSnİşzVrl	109,7	A	GSbIVVrl	65,09	HIJ	KySnİşzVrz	49,65	VWX
KvSblşzVrz	103,6	B	GSbIVrz	65,08	HIJ	KvSnIVVrl	49,52	VWXY
GSnİşzVrl	103,5	B	KySblşzVrz	64,86	IJ	MSnIIIVrl	49,28	VWXY
GSbİşzVrl	102,4	BC	GPrIVVrl	64,80	IJ	MPrIIIVrl	48,85	WXY
GPrİşzVrl	101,3	BC	SSbIIIVrz	64,73	IJ	KvPrIVrz	48,74	WXY
SPrİşzVrl	100,7	BC	GSbIIIVrl	63,47	IJK	GPrIVVrz	48,64	WXYZ
SSnİşzVrl	100,3	BC	SPrIVrz	63,39	IJK	KyPrIIIVrl	46,96	XYZ
SSbİşzVrl	100,2	BC	KvSnIIIVrl	62,94	JK	KySnIVVrl	46,40	YZ
KvPrİşzVrz	97,76	C	KvPrIVrl	62,02	JKL	KvSbIIIVrz	45,61	Z
GSbİşzVrz	94,46	C	MPrİşzVrz	61,46	KLM	KySbIVVrl	45,26	Z
SSbİşzVrz	89,41	CD	GPrIVrz	61,45	KLM	MSbIVrz	45,21	Z
GPrİşzVrz	86,94	CD	KvSbIIIVrl	61,44	KLM	GSnIIIVrz	45,05	Z
SPrİşzVrz	84,73	CD	SPrIVVrz	61,03	KLM	GSnIVVrz	44,97	Z
KvSnİşzVrz	84,15	D	MSbIVrl	60,71	KLM	KyPrIVVrl	44,93	Z
SSnIVrl	82,48*	D	GSbIIIVrz	60,46	KLM	KySbIVrz	44,74	Z[
GSnİşzVrz	81,51	D	MSnIVrl	59,79	LMN	KySbIIIVrl	44,27	Z[
SSbIVrl	79,28	DE	SPrIIIVrz	59,28	LMNO	KySbIIIVrz	43,92	Z[
SPrIVrl	78,84	DE	MPrIVrl	59,23	LMNO	KySnIIIVrl	43,82	Z[
SSbIIIVrl	78,26	DE	SSnIVrz	58,97	LMNO	MSbIIIVrz	41,75	a
SSnIIIVrl	77,83	E	KySbIVrl	58,52	MNO	MPrIVrz	40,06	b
MPrİşzVrl	77,69	E	MSbİşzVrz	58,52	MNO	KvPrIIIVrz	39,52	b
SPrIVrl	77,60	E	KyPrİşzVrz	57,88	MNOP	MPrIVrz	37,79	c
GSnIVrl	77,10	E	KyPrIVrl	57,41	NOP	KySbIIIVrz	35,99	d
SSnIIIVrl	76,65	E	KySnIVrl	57,31	NOP	KvSnIVrz	35,33	e
GSbIVrl	76,35	E	GSnIVrz	57,01	NOP	KySbIVVrz	35,11	f
SSnİşzVrz	75,88	EF	MPrIIIVrl	56,93	NOP	KyPrIVrz	34,57	g
GPrIVrl	75,67	EF	KvSbIVrz	56,84	NOP	KyPrIVrz	34,26	g
SPrIVVrl	75,25	EF	MSnIIIVrl	56,32	NOPQ	KvSbIVVrz	32,33	h
SSbIVVrl	74,62	EF	MSbIIIVrl	55,88	NOPQR	MSbIVVrz	32,07	i
SSnIVVrl	74,41	F	GPrIVrz	55,09	OPQRS	KvSbIIIVrz	30,85	j
SPrIIIVrl	74,28	F	KvPrIVVrl	54,19	PQRS	MSnIVrz	30,83	j
SSbIIIVrl	74,24	F	GPrIIIVrz	54,04	PQRS	MSbIIIVrz	30,33	j
KyPrİşzVrl	74,01	F	SSnIVrz	53,81	QRST	MPrIIIVrz	29,93	j
MSbİşzVrl	73,92	F	KySbIIIVrl	53,66	QRST	MPrIVVrz	29,87	j
KySnİşzVrl	72,94	FG	KySnIIIVrl	53,20	RSTU	KvPrIVVrz	29,64	j
GSnIVrl	72,80	FG	KyPrIVrl	53,16	RSTU	KyPrIIIVrz	29,00	jk
GSbIIIVrl	72,60	FG	GSbIVVrz	52,89	STU	KvPrIIIVrz	28,63	k
SSbIVrz	72,42	FG	SSnIIIVrz	52,73	STUV	KvSnIIIVrz	28,04	k
MSnİşzVrl	72,23	FG	KvSnIIIVrl	52,48	STUV	MSnIVrz	27,69	k
GPrIIIVrl	72,06	FG	GSbIIIVrz	52,02	STUV	KyPrIVVrz	26,42	kl
KvPrIVrl	71,70	FG	SSnIVVrz	51,72	TUV	KySnIIIVrz	23,24	l
KySbİşzVrl	71,57	FG	KvPrIIIVrl	51,61	TUV	KySnIVrz	22,99	l
KvSbIVrl	70,19	GH	KvSbIIIVrl	51,00	TUV	MSnIVVrz	20,68	lm
GPrIIIVrl	69,32	GH	GSnIVrz	50,96	TUVW	MSnIIIVrz	20,61	lm
SSbIIIVrz	69,10	GHI	MSnİşzVrz	50,81	TUVW	KvSnIIIVrz	17,96	m
KvSnIVrl	67,45	HI	KvSbIVVrl	50,66	TUVW	KvSnIVVrz	17,12	mn
GSnIIIVrl	66,94	HI	MSbIVVrl	50,62	TUVW	KySnIVVrz	15,90	mn
SPrIVrz	66,57	HI	MPrIVVrl	50,07	UVWX	KySnIIIVrz	15,67	mn

LSD : $\pm 2,774$

: En yüksek kırmızı renk tonu (a)

Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidine göre kırmızı renk tonu (a*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısırl işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda (82,48), en

düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım işlem uygulanan sentetik vernikli kayında (43,82) bulunmuştur.

Isıtım işlemsiz ve verniksiz kırmızı renk tonu (a*) en yüksek kavakta (103,6), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir.

Isıtım işlemsiz ve vernikli kırmızı renk tonu (a*) su bazlı vernikte en yüksek kavakta (111,2), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, meşe ve kayın izlemiştir. Parke verniğinde en yüksek kavakta (110,4), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, meşe ve kayın izlemiştir. Sentetik vernikte en yüksek kavakta (109,7), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir.

Isıtım işlemli ve verniksiz kırmızı renk tonu (a*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım işlem uygulanan sarıçamda (72,42), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım işlem uygulanan kayında (15,67) bulunmuştur.

5.5.3. Sarı renk tonu (b*)

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey sarı renk tonuna (b*) etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen sarı renk tonu (b*) ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.14’de, ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidinin sarı renk tonuna (b*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.14. Ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre sarı renk tonu (b*) değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	71,61	D
Meşe (M)	68,20	E
Kavak (Kv)	86,97	C
Sarıçam (S)	113,0	A
Gökmar (G)	105,0	B
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	92,02	A
Parke verniği (Pr)	90,33	B
Sentetik vernik (Sn)	84,53	C
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
Işz	123,4	A
165/2 (I)	91,34	B
165/4 (II)	85,04	C
175/2 (III)	72,96	D
175/4 (IV)	72,02	E
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	99,31	A
Vernikli (Vrl)	78,60	B

*:LSD= $\pm 0,8096$ **:LSD= $\pm 0,6271$ ***:LSD= $\pm 0,5121$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Sarı renk tonu (b*) en yüksek, ağaç türüne göre sarıçamda (113,0), ısıl işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (91,34), vernik çeşidine göre su bazlı vernikte (92,02), uygulama çeşidine göre verniksizde (99,31), en düşük meşede (68,20), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (72,02), sentetik vernikte (84,53) ve verniklide (78,60) bulunmuştur.

Çizelge 5.15. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin sarı renk tonuna (b*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	471648,811	117912,203	4613,9897	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	15443,408	7721,704	302,1559	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	2809,812	351,226	13,7437	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	525694,062	131423,516	5142,6971	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	68277,812	4267,363	166,9850	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	552,304	69,038	2,7015	0,0060*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	3071,955	95,999	3,7565	0,0000*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	160881,497	160881,497	6295,4092	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	7480,122	1870,030	73,1756	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	15975,972	7987,986	312,5757	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	1683,408	210,426	8,2341	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	2953,147	738,287	28,8897	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	2831,776	176,986	6,9256	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	336,514	42,064	1,6460	0,1073
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	526,769	16,462	0,6442	
<i>Hata</i>	1350	34499,746	25,555		
<i>Toplam</i>	1499	1314667,114			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıt işlem, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı, vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidi etkileşimi ise anlamsız bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin sarı renk tonuna (b*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidinin sarı renk tonuna (b*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>
KvSblşzVrz	151,3	A	SPrlIVrl	102,5	FGH	KvPrIIIVrz	77,17	QRSTU
KvPrIşzVrz	150,8	A	GSbIVrl	102,2	FGH	KvSbIIIVrz	74,79	RSTU
KvSnIşzVrz	150,0	A	SSbIIIVrl	102,1	FGH	KvSbIVrl	74,45	RSTU
GSnIşzVrz	145,5	B	KvSnIVrz	100,5	GH	KvSbIVVrz	74,02	RSTU
GSbIşzVrz	144,2	B	GSnIIIVrz	100,1	GH	KySbIVrl	72,75	STU
KvSblşzVrl	143,4	B	GPrIVrl	99,69	GH	KvSnIVVrz	71,48	STUV
GPrIşzVrz	142,7	BC	SPrlVVrl	99,42	GH	KySbIVrl	70,90	STUVW
SPrlşzVrz	142,7	BC	KyPrIşzVrl	98,73	GHI	KyPrIIIVrz	70,02	TUVW
SSnIşzVrz	142,5	BC	GSnIVVrz	98,69	GHI	KvPrIVrl	69,03	TUVW
SSbIşzVrz	142,1	BC	SSnIVrl	98,54	GHI	MSbIIIVrz	68,19	TUVWX
KvPrIşzVrl	139,2	BCD	GSbIVVrz	97,47	GHIJ	MSbIVVrz	67,57	UVWX
GSbIşzVrl	135,7	BCDE	MPrIşzVrl	97,31	GHIJ	MSnIIIVrz	67,54	UVWX
SSbIşzVrl	130,7	CDE	SPrlIIIVrl	97,30	GHIJ	KySnIVVrz	67,49	UVWX
GPrIşzVrl	128,9	CDEF	GPrIVVrz	97,28	GHIJ	MSnIVVrz	66,56	VWX
KvSnIşzVrl	127,8	CDEF	GSbIIIVrl	96,36	GHIJK	MSbIVrl	66,48	VWX
SPrlşzVrl	127,0	CDEF	GSnIVrl	95,70	HIJK	MPrIVVrz	66,22	WXY
GSnIşzVrl	124,4	CDEF	GSbIIIVrz	95,52	HIJK	KvSnIVrl	66,02	WXY
SSnIVrz	122,9	CDEF	KvSnIIIVrz	94,46	IJK	MPrIIIVrz	65,57	XY
SSbIVrz	118,8	DEF	KvPrIVrz	93,18	JK	KySbIIIVrz	65,42	XY
SSnIşzVrl	118,5	DEF	SSnIVrl	92,11	JKL	KySbIVVrz	65,24	XY
SPrlIVrz	118,1	DEF	KvSbIIIVrz	91,81	JKL	KyPrIVVrz	64,30	YZ
SSbIIIVrz	117,5	DEF	GPrIVrl	91,49	JKL	KySnIIIVrz	63,56	Z
SSnIIIVrz	116,9	DEF	KySnIşzVrl	90,92	KLM	MPrIVrl	62,55	Z[
SPrlIVrz	116,6	DEF	KvSbIVrl	90,40	KLM	KyPrIVrl	62,05	Z[
SSnIIIVrz	115,2	DEF	SSnIIIVrl	89,92	KLM	KyPrIIIVrl	61,07	Z[\
GSnIVrz	114,1	DEF	GPrIIIVrl	89,42	KLM	MSbIVrl	60,08	Z[\]
SPrlIVVrz	113,4	DEF	SSnIVVrl	88,49	KLMN	MPrIIIVrl	57,69	a
GSbIVrz	113,3	DEF	GSnIIIVrl	87,63	KLMNO	KySbIIIVrl	57,44	a
MPrIşzVrz	112,8	DEF	KySbIVrz	86,89	LMNO	KySbIVVrl	55,24	ab
KyPrIşzVrz	112,7	DEF	MSbIşzVrl	86,89	LMNO	KvSnIIIVrl	54,71	ab
SSnIVVrz	112,5	DEF	KySnIVrz	86,04	LMNOP	KvSbIVVrl	52,31	bc
SSbIVVrz	112,4	DEF	KyPrIVrz	85,79	LMNOP	MSnIVrl	51,33	bc
GPrIVrz	112,4	DEF	GSbIVVrl	85,50	LMNOP	KvSbIIIVrl	50,31	bc
SSbIIIVrz	112,1	DEF	MSbIVrz	85,49	LMNOP	KySnIVrl	49,05	c
SPrlIIIVrz	112,1	DEF	MSnIVrz	84,27	MNOP	KvPrIVVrl	48,69	cd
KySnIşzVrz	111,5	EFG	GSbIIIVrl	84,08	MNOP	KyPrIIIVrl	48,40	cd
SSbIVrl	111,4*	EFG	MPrIVrz	83,45	MNOPQ	KvPrIIIVrl	48,10	d
KySbIşzVrz	110,1	EFG	KvPrIVrl	82,81	MNOPQ	KySnIVrl	47,56	cde
GSnIIIVrz	108,5	EFGH	GPrIVVrl	82,28	MNOPQ	MSnIVrl	43,94	def
GSbIIIVrz	108,4	EFGH	MSnIşzVrl	81,79	MNOPQR	MSbIVVrl	43,09	ef
SSbIIIVrl	107,4	EFGH	KySbIIIVrz	81,36	NOPQR	MSbIIIVrl	42,33	f
GPrIVrz	107,2	EFGH	KyPrIVrz	81,26	NOPQR	KyPrIVVrl	40,69	f
KvPrIVrz	106,8	EFGH	KySnIIIVrz	80,71	OPQR	MPrIVVrl	40,19	f
SPrlIVrl	106,3	EFGH	MPrIIIVrz	79,92	PQR	MPrIIIVrl	40,08	f
MSbIşzVrz	105,8	EFGH	KvPrIVVrz	79,59	PQR	KvSnIIIVrl	34,26	g
KvSbIVrz	104,4	FGH	MSnIIIVrz	78,85	QRS	MSnIIIVrl	30,38	gh
SSbIVVrl	104,1	FGH	GSnIVVrl	78,39	QRS	KySnIVVrl	29,96	gh
GPrIIIVrz	103,8	FGH	GSnIIIVrl	78,26	QRS	KvSnIVVrl	29,48	gh
MSnIşzVrz	103,6	FGH	KvSnIIIVrz	77,71	QRST	MSnIVVrl	28,49	h
KySbIşzVrl	103,4	FGH	MSbIIIVrz	77,71	QRST	KySnIIIVrl	27,67	h

LSD : $\pm 4,435$

: En yüksek sarı renk tonu (b)

Ağaç türü-vernik-ısırl işlem-uygulama çeşidine göre sarı renk tonu (b*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısırl işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (111,4), en

düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulanım sentetik vernikli kayında (27,67) bulunmuştur.

Isıtım işlemsiz ve verniksiz sarı renk tonu (b*) en yüksek kavakta (151,3), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, meşe ve kayın izlemiştir.

Isıtım işlemsiz ve vernikli sarı renk tonu (b*) su bazlı vernikte en yüksek kavakta (143,4), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir. Parke verniğinde en yüksek kavakta (139,2), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir. Sentetik vernikte en yüksek kavakta (127,8), bunu sırasıyla göknar, sarıçam, kayın ve meşe izlemiştir.

Isıtım işlemlili ve verniksiz sarı renk tonu (b*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulanım sarıçamda (122,9), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım uygulanım kayında (63,56) bulunmuştur.

5.5.4. Toplam renk değişimi (ΔE^*)

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey toplam renk değişimine (ΔE^*) etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen toplam renk değişimi (ΔE^*) ortalama değerleri ağaç türü, ısıl işlem ve vernik çeşidine göre izelge 5.17’de, ağaç türü, ısıl işlem ve vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları izelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Ağaç türü, ısıl işlem ve vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (ΔE^*)

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	31,13	C
Meşe (M)	36,14	B
Kavak (Kv)	37,62	A
Sarıçam (S)	24,21	D
Göknar (G)	23,79	D
Isıl işlem çeşidi ($^{\circ}C/Saat$)	$\bar{x}$	HG*
Işz	24,13	C
165 / 2 (I)	30,63	B
165 / 4 (II)	31,32	B
175 / 2 (III)	33,38	A
175 / 4 (IV)	33,43	A
Vernik eşidi	$\bar{x}$	HG**
Sentetik vernik (Sn)	43,35	A
Parke verniği (Pr)	28,30	B
Su bazlı vernik (Sb)	20,08	C

*: $LSD = \pm 0,8701$ **: $LSD = \pm 0,6739$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu Işz:Isıl İşlemsiz

Toplam renk değişimi (ΔE^*) en yüksek, ağaç türüne göre kavakta (37,62), ısıl işlem çeşidine göre 175 $^{\circ}C$ sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (33,43), vernik çeşidine göre sentetik vernikte (43,35), en düşük göknarda (23,79), 165 $^{\circ}C$ sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (30,63), su bazlı vernikte (20,08) bulunmuştur. Sarıçam ile göknar ve aynı sıcaklıkta farklı srelerdeki ısıl işlem sonuçları yaklaşık eşit çıkmıştır. Isıl işlemsiz örneklerle göre ısıl işlem uygulamasının toplam renk değişimini arttırdığı söylenebilir.

Çizelge 5.18. Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	25123,047	6280,762	426,3408	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (B)</i>	4	8726,853	2181,713	148,0956	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	16	9601,968	600,123	40,7366	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (C)</i>	2	69637,421	34818,710	2363,5087	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	8	6117,638	764,705	51,9085	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	725,945	90,743	6,1597	0,0000*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	1833,197	57,287	3,8887	0,0000*
<i>Hata</i>	675	9943,957	14,732		
<i>Toplam</i>	749	131710,026			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, ısıt işlem çeşidi, vernik çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-ısıt işlem-vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Ağaç türü-ısıtıl işlem-vernik çeşidinin toplam renk değişimine (ΔE^*) etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>	<i>İşlem çeşidi</i>	$\bar{x}$	<i>HG</i>
KvIISn	60,96	A*	MIIPr	35,29	HIJKLM	SIIPr	22,78	STUV
KvIVSn	58,97	A	KvIISb	34,75	HIJKLMN	GIIPr	22,58	TUV
KvIISn	57,71	AB	MIVSb	33,85	HIJKLMNO	SIIPr	21,65	TUVW
KyISn	54,83	BC	GIISn	33,46	IJKLMNO	GIşzPr	21,54	TUVW
MIVSn	53,15	CD	KyIşzSn	33,31	IJKLMNOP	KyISb	21,38	UVWX
KyIVSn	53,14	CD	MIşzSn	33,04	JKLMNOP	SIVPr	21,30	UVWX
MIISn	51,66	CDE	KyIVPr	33,00	JKLMNOP	KvISb	21,01	UVWXY
KvISn	51,18	CDE	GIşzSn	32,77	JKLMNOP	GIPr	20,41	VWXYZ
KyIISn	49,60	DE	GIISn	32,57	KLMNOP	GIISb	18,50	WXYZ[
MIISn	49,49	DE	MIIPr	32,06	LMNOP	KvIşzPr	18,48	WXYZ[
KyIISn	48,65	E	GIVSn	31,42	MNOP	GIVSb	18,45	WXYZ[
MISn	47,85	E	KvIVSb	31,08	NOP	SIPr	18,41	WXYZ[
KvIVPr	43,08	F	MIPr	30,86	NOP	GIISb	17,50	XYZ[
KvIIPr	40,72	FG	KyIIPr	30,80	NOP	GISb	17,10	YZ[
SIISn	37,77	GH	KyIIPr	30,04	OPQ	SIşzSb	16,96	Z[
SIISn	37,36	GHI	GISn	29,28	PQ	KyIISb	15,52	a
KvIPr	36,91	HIJ	MISb	26,89	QR	KyIVSb	15,42	a
SIşzSn	36,88	HIJ	MIşzSb	26,74	QRS	SIISb	14,83	b
SISn	36,64	HIJK	KvIISb	25,56	RST	SIISb	14,81	b
MIVPr	36,28	HIJK	MIISb	25,09	RSTU	SIVSb	12,78	c
KvIşzSn	36,21	HIJK	GIIPr	24,89	RSTU	GIşzSb	12,65	c
KvIIPr	35,86	HIJKL	SIşzPr	24,20	RSTUV	KyIISb	12,41	c
SIVSn	35,82	HIJKL	MIşzPr	24,19	RSTUV	KvIşzSb	11,84	c
KyIPr	35,71	HIJKL	GIVPr	23,71	RSTUV	SISb	10,95	d**
MIISb	35,63	HIJKL	KyIşzPr	22,86	STUV	KyIşzSb	10,23	e
LSD : $\pm 3,370$								

: En yüksek (ΔE^) **: En düşük (ΔE^*)

Ağaç türü-ısıtıl işlem-vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (ΔE^*) en yüksek 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan sentetik vernikli kavakta (60,96), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (10,95) bulunmuştur. Buna göre rengin değişmesinin istenmediği yerlerde 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanmış su bazlı vernikli sarıçamın kullanılması önerilebilir.

5.6. Parlaklık Ölçümleri

5.6.1. Liflere dik parlaklık

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey liflere dik parlaklığına etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen liflere dik parlaklık ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.20’de, ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidinin liflere dik parlaklığa etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Ağaç türü, vernik, ısıl işlem ve uygulama çeşidine göre liflere dik parlaklık değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	33,13	C
Meşe (M)	30,25	E
Kavak (Kv)	31,93	D
Sarıçam (S)	34,70	A
Göknaar (G)	33,47	B
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	30,71	B
Sentetik vernik (Sn)	46,73	A
Parke verniği (Pr)	20,65	C
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
İşz	31,54	C
165/2 (I)	32,73	B
165/4 (II)	32,82	B
175/2 (III)	33,17	A
175/4 (IV)	33,22	A
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	14,22	B
Vernikli (Vrl)	51,17	A

*:LSD= $\pm 0,2592$ **:LSD= $\pm 0,2008$ ***:LSD= $\pm 0,1640$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Liflere dik parlaklık en yüksek, ağaç türüne göre sarıçamda (34,70), ısıl işlem çeşidine göre 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (33,32), vernik çeşidine göre sentetik vernikte (46,73), uygulama çeşidine göre verniklide (51,17), en düşük

meşede (30,25), 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtılma işlemde (32,73), parke verniğinde (20,65) ve verniksizde (14,22) bulunmuştur.

Çizelge 5.21. Ağaç türü, vernik, ısıtılma işlem ve uygulama çeşidinin liflere dik parlaklığa etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	3422,876	855,719	326,5777	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	173037,849	86518,924	33019,197310	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	2122,156	265,270	1,2378	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	553,654	138,413	52,8243	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	392,525	24,533	9,3627	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	538,858	67,357	25,7063	0,0000*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	340,562	10,643	4,0616	0,0000*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	511921,928	511921,928	195370,5647	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	2440,157	610,039	232,8162	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	172897,015	86448,508	32992,3233	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	2123,166	265,396	101,2860	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	759,542	189,885	72,4681	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	251,184	15,699	5,9914	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	576,543	72,068	27,5041	0,0000*
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	344,489	10,765	4,1085	0,0000*
<i>Hata</i>	1350	3537,353	2,620		
<i>Toplam</i>	1499	875259,857			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıtılma işlem, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıtılma işlem-uygulama çeşidinin liflere dik parlaklığa etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Ağaç türü-verniki-ısıll işlem-uygulama çeşidinin liflere dik parlaklığa etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
SSnIVVrl	89,99	A*	SPrIVVrl	30,41	T	GSnIVrz	14,61	d
SSnIIIVrl	89,74	A	SPrIIIVrl	30,24	T	KvPrIIIVrz	14,61	d
KySnIVVrl	87,59	B	SPrIVrl	29,93	T	SPrIIIVrz	14,61	d
KySnIIIVrl	86,72	B	GPrIVrl	28,99	TU	MPrİszVrz	14,58	d
SSnIVrl	84,77	C	SPrIVrl	28,39	UV	SPrIVrz	14,54	d
SSnIVrl	84,17	C	GPrIVrl	28,37	UV	MPrIVrz	14,50	d
KySnIVrl	83,58	C	GPrIVVrl	28,14	UVW	GPrIIIVrz	14,48	d
GSnIVVrl	81,86	D	GPrİszVrl	28,10	UVW	SSbIVVrz	14,47	d
KySnIIIVrl	81,85	D	GPrIIIVrl	27,97	UVWX	SSbİszVrz	14,47	d
GSnIIIVrl	81,62	D	SPrİszVrl	27,97	UVWX	SSbIVrz	14,44	d
SSnİszVrl	81,15	DE	KvPrIIIVrl	27,29	VWXY	MSnIIIVrz	14,44	d
GSnİszVrl	80,94	DE	KyPrIVVrl	26,69	WXYZ	SSbIIIVrz	14,39	d
GSnIVrl	80,55	DE	MPrIVrl	26,67	WXYZ	GSbIIIVrz	14,32	d
KvSnIVVrl	79,76	EF	MPrIVVrl	26,63	WXYZ	GPrIVrz	14,31	d
KvSnIIIVrl	78,76	FG	MPrIIIVrl	26,35	XYZI	KySnİszVrz	14,31	d
KySnİszVrl	78,68	FG	KyPrIIIVrl	26,00	YZI	SSnIIIVrz	14,29	d
KvSnIIIVrl	78,36	FG	MPrIVrl	25,91	YZI	GSnIIIVrz	14,29	d
KvSnIVrl	77,90	G	MPrİszVrl	25,80	YZI	GSbİszVrz	14,27	d
GSnIIIVrl	76,45	H	KyPrIIIVrl	25,70	YZI	GPrİszVrz	14,25	d
MSnIIIVrl	75,07	H	KvPrIVVrl	25,62	YZI	GSnİszVrz	14,20	d
MSnIVVrl	71,92	I	KvSbIVrl	25,38	ZI	KySbİszVrz	14,18	d
KvSnİszVrl	71,14	I	KvPrİszVrl	25,31	ZI	KvPrİszVrz	14,16	d
MSnIVrl	66,32	J	KyPrİszVrl	25,15	ZI	MSbIIIVrz	14,13	d
MSnIIIVrl	66,12	J	KvPrIIIVrl	25,07	ZI	KvPrIVrz	14,10	d
MSnİszVrl	65,72	J	KyPrIVrl	24,72	a	KvSnIVrz	14,07	d
GSbIVVrl	51,26	K	KySbIIIVrz	15,37	b	KySnIIIVrz	13,99	d
GSbIIIVrl	50,72	KL	KySnIIIVrz	15,02	c	MPrIVrz	13,94	d
SSbIVVrl	50,53	KL	KyPrIIIVrz	14,98	c	KvSbİszVrz	13,90	d
SSbIIIVrl	49,91	KL	KvSbIIIVrz	14,91	c	MSnIVrz	13,89	d
SSbIVrl	49,71	KL	KyPrIIIVrz	14,91	c	KySbIIIVrz	13,87	d
KySbIVrl	49,47	LM	KvSnIIIVrz	14,88	d	KvSbIVrz	13,82	d
GSbIVrl	49,47	LM	MSbİszVrz	14,85	d	KyPrIVVrz	13,80	d
KvSbIVVrl	49,44	LM	GSbIVVrz	14,83	d	MSbIVrz	13,77	d
KySbIVVrl	49,23	LM	SSnIVrz	14,82	d	MPrIVVrz	13,62	d
KvSbIVrl	49,18	LM	KySbIVVrz	14,79	d	KvSnİszVrz	13,56	d
SSbIIIVrl	47,97	MN	MSnİszVrz	14,79	d	MSbIVVrz	13,52	d
SSbİszVrl	47,59	N	GSnIVVrz	14,78	d	KvPrIVVrz	13,50	d
KySbIIIVrl	47,51	N	SPrIVVrz	14,75	d	MSnIVVrz	13,49	d
MSbIVrl	47,39	N	GPrIVrz	14,75	d	MSnIIIVrz	13,48	e
KvSbIIIVrl	47,19	N	GSbIVrz	14,73	d	KvPrİszVrz	13,48	e
GSbIIIVrl	46,63	NO	KySnIVVrz	14,71	d	KvSbIVVrz	13,38	e
KvSbIIIVrl	45,39	OP	SPrİszVrz	14,69	d	MSbIIIVrz	13,37	e
GSbİszVrl	45,31	OPQ	SPrIVrz	14,66	d	MPrIIIVrz	13,31	e
KvSbİszVrl	44,98	PQR	GPrIVVrz	14,64	d	KvSnIVVrz	13,24	e
MSbIVVrl	44,28	PQR	SSnİszVrz	14,64	d	KyPrIVrz	13,23	e
KySbIIIVrl	43,77	QRS	SSbIIIVrz	14,64	d	KvSnIIIVrz	13,23	e
KySbİszVrl	43,71	RS	GSnIIIVrz	14,64	d	KvSbIIIVrz	13,21	e
MSbIIIVrl	43,51	RS	GSbIIIVrz	14,63	d	KySnIVrz	13,18	e
MSbIIIVrl	43,38	RS	SSnIVVrz	14,62	d	KvPrIIIVrz	13,17	e
MSbİszVrl	42,64	S	SSnIVrz	14,61	d	KySbIVrz	13,02	f

LSD : $\pm 1,420$

*: En yüksek liflere dik parlaklık

Ağaç türü-verniki-ısıll işlem-uygulama çeşidine göre liflere dik parlaklık en yüksek 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıll işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda (89,99), en

düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım işlem uygulanan parke vernikli kayında (24,72) bulunmuştur.

Isıtım işlemsiz ve verniksiz liflere dik parlaklık en yüksek meşede (14,85), bunu sırasıyla sarıçam, kayın, göknar ve kavak izlemiştir.

Isıtım işlemsiz ve vernikli liflere dik parlaklık en yüksek sentetik vernikte, bunu sırasıyla su bazlı ve parke verniği izlemiştir. Sentetik vernikte liflere dik parlaklık en yüksek sarıçamda (81,15), bunu sırasıyla göknar, kayın, kavak ve meşe izlemiştir. Su bazlı vernikte liflere dik parlaklık en yüksek sarıçamda (47,59), bunu sırasıyla göknar, kavak, kayın ve meşe izlemiştir. Parke verniğinde liflere dik parlaklık en yüksek göknarda (28,10), bunu sırasıyla sarıçam, meşe, kavak ve kayın izlemiştir.

Isıtım işlemli ve verniksiz liflere dik parlaklık en yüksek 165°C sıcaklıkta 4 saat ısıtım işlem uygulanan kayında (15,37), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtım işlem uygulanan kayında (13,02) bulunmuştur.

5.6.2. Liflere paralel parlaklık

Isıl işlem çeşidinin vernikli yüzey liflere paralel parlaklığına etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen liflere paralel parlaklık ortalama değerleri ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre Çizelge 5.23’de, ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklığa etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.24’de verilmiştir.

Çizelge 5.23. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidine göre liflere paralel parlaklık değerleri

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	34,29	C
Meşe (M)	33,13	D
Kavak (Kv)	34,43	C
Sarıçam (S)	36,21	A
Gökmar (G)	35,04	B
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Su bazlı vernik (Sb)	32,13	B
Sentetik vernik (Sn)	50,19	A
Parke verniği (Pr)	21,54	C
Isıt işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
Işz	33,43	D
165 / 2 (I)	34,31	C
165 / 4 (II)	34,77	B
175 / 2 (III)	35,20	A
175 / 4 (IV)	35,39	A
Uygulama çeşidi	$\bar{x}$	HG***
Verniksiz (Vrz)	14,87	B
Vernikli (Vrl)	54,37	A

*:LSD= $\pm 0,2514$ **:LSD= $\pm 0,1947$ ***:LSD= $\pm 0,1590$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıt İşlemsiz Vrz:Verniksiz Vrl: Vernikli

Liflere paralel parlaklık en yüksek, ağaç türüne göre sarıçamda (36,21), ısıt işlem çeşidine göre 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıt işlemde (35,39), vernik çeşidine göre sentetik vernikte (50,19), uygulama çeşidine göre verniklide (54,37), en düşük meşede (33,13), 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıt işlemde (34,31), parke verniğinde (21,54) ve verniksizde (14,87) bulunmuştur.

Çizelge 5.24. Ağaç türü, vernik, ısıt işlem ve uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklığa etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	1523,570	380,892	154,6038	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (B)</i>	2	209757,319	104878,659	42570,1286	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	8	511,450	63,931	25,9496	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (C)</i>	4	740,177	185,044	75,1092	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	16	272,267	17,017	6,9071	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	585,209	73,151	29,6919	0,0000*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	133,125	4,160	1,6886	0,0098*
<i>Uygulama Çeşidi (D)</i>	1	585141,152	585141,152	237508,1287	0,0000*
<i>Etkileşim (AD)</i>	4	734,478	183,619	74,5309	0,0000*
<i>Etkileşim (BD)</i>	2	209378,325	104689,163	42493,2122	0,0000*
<i>Etkileşim (ABD)</i>	8	474,827	59,353	24,0915	0,0000*
<i>Etkileşim (CD)</i>	4	1074,769	268,692	109,0618	0,0000*
<i>Etkileşim (ACD)</i>	16	155,832	9,740	3,9533	0,0000*
<i>Etkileşim (BCD)</i>	8	630,744	78,843	32,0023	0,0000*
<i>Etkileşim (ABCD)</i>	32	161,893	5,059	2,0535	0,0005*
<i>Hata</i>	1350	3325,952	2,464		
<i>Toplam</i>	1499	1014601,088			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, vernik, ısıt işlem, uygulama çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklığa etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.25'de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Ağaç türü - vernik - ısıt işlem - uygulama çeşidinin liflere paralel parlaklığa etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
SSnIVVrl	94,24*	A	SPrlIVVrl	31,62	V	MPrİşzVrz	15,33	ghijk
SSnIIIVrl	93,40	A	SPrlIIIVrl	31,54	V	SSbIVrz	15,31	ghijk
KySnIVVrl	90,80	B	SPrlVrl	31,30	V	GPrIVVrz	15,30	ghijk
KySnIIIVrl	89,26	C	GPrIVrl	30,35	VW	GSbIIIVrz	15,29	ghijk
KvSnIVVrl	88,99	CD	SPrlşzVrl	29,80	W	SSbİşzVrz	15,29	ghijk
GSnIVVrl	87,82	CDE	SPrlIIIVrl	29,70	W	SSbIIIVrz	15,26	ghijk
KySnIIIVrl	87,73	DE	GPrIVVrl	29,55	W	GPrIIIVrz	15,22	ghijk
KvSnIIIVrl	87,57	DE	GPrIIIVrl	29,38	WX	SPrlVrz	15,20	ghijk
SSnIVrl	87,38	E	GPrIIIVrl	29,23	WX	GSnIVrz	15,20	ghijk
GSnIIIVrl	86,63	EF	KvPrIVVrl	28,95	WXY	SSbIVrz	15,14	ghijkl
KvSnIIIVrl	86,61	EF	GPrİşzVrl	28,94	WXY	SSnIIIVrz	15,14	ghijkl
GSnIVrl	86,25	EFG	MPrIVVrl	27,88	XYZ	KvSnIVrz	14,93	ghijkl
SSnIVrl	86,22	EFG	MPrIIIVrl	27,55	YZ	MPrIVrz	14,90	ghijkl
KvSnIVrl	85,42	FGH	KyPrIVVrl	27,42	YZI	GSbIVrz	14,86	ghijkl
MSnIVVrl	85,07	FGHI	MPrIVrl	27,42	YZI	KvPrIIIVrz	14,85	ghijkl
GSnIVrl	84,80	GHI	KvPrIIIVrl	27,01	ZI	GPrİşzVrz	14,85	ghijkl
KySnIVrl	83,94	HI	MPrİşzVrl	26,91	ZI	GPrIVrz	14,84	ghijkl
SSnİşzVrl	83,69	IJ	KvPrIVVrl	26,86	ZI	KvSbİşzVrz	14,79	ghijkl
KySnİşzVrl	82,47	JK	KyPrIIIVrl	26,82	ZI	GSnİşzVrz	14,78	ghijkl
KvSnİşzVrl	82,26	JKL	KvPrİşzVrl	26,66	ZI	KySnİşzVrz	14,78	ghijkl
MSnIIIVrl	81,07	KL	MPrIVrl	26,63	ZI	KySbİşzVrz	14,75	ghijkl
MSnIIIVrl	80,95	L	KvPrIIIVrl	26,53	ZI	GSnIVrz	14,74	ghijkl
MSnIVrl	79,52	M	KyPrIIIVrl	26,43	ZI\	MSnIVrz	14,72	ghijkl
GSnİşzVrl	79,17	M	KyPrİşzVrl	25,83	a	KyPrİşzVrz	14,69	ghijkl
MSnİşzVrl	75,75	N	KyPrIVrl	25,02	b	MPrIIIVrz	14,59	ghijkl
GSbIVVrl	52,65	O	SPrlIVVrz	15,88	c	GSbİşzVrz	14,58	ghijkl
GSbIIIVrl	52,40	O	KySbIVrz	15,81	d	KvSbIVrz	14,58	ghijkl
SSbIVVrl	52,36	O	MSbİşzVrz	15,73	e	KySnIVVrz	14,50	ghijkl
SSbIIIVrl	52,30	O	SPrlşzVrz	15,73	e	MSbIVrz	14,49	ghijkl
SSbIIIVrl	51,91	OP	KvSnIVrz	15,72	f	MSnIIIVrz	14,46	ghijkl
KvSbIVVrl	51,44	OPQ	KvSbIVrz	15,65	g	KvSnİşzVrz	14,44	ghijkl
GSbIIIVrl	51,36	OPQ	SSnIVVrz	15,62	gh	KySbIIIVrz	14,36	ghijkl
KvSbIIIVrl	51,31	OPQ	SPrlIIIVrz	15,61	gh	MSbIIIVrz	14,36	ghijkl
KySbIIIVrl	51,22	OPQ	KyPrIVVrz	15,61	gh	KyPrIIIVrz	14,26	ghijkl
KySbIVVrl	50,41	PQR	SSnİşzVrz	15,56	ghı	KvPrİşzVrz	14,15	ghijkl
MSbIIIVrl	50,41	PQR	GSnIVVrz	15,54	ghı	KvSbIVVrz	14,12	ghijkl
SSbIVrl	50,06	QR	KySnIVrz	15,51	ghı	KvSnIVVrz	14,08	ghijkl
SSbİşzVrl	49,38	RS	SSnIVrz	15,49	ghı	MSbIVVrz	14,03	hijkl
KySbIIIVrl	49,30	RS	MSnİşzVrz	15,47	ghıj	MPrIVVrz	14,00	hijkl
KvSbIIIVrl	49,15	RST	KySbIVVrz	15,43	ghıj	MSnIVVrz	13,99	hijkl
GSbİşzVrl	48,37	ST	SSnIIIVrz	15,42	ghıj	KvPrIVVrz	13,97	ijkl
MSbIVVrl	48,25	ST	GSnIIIVrz	15,42	ghıj	MSbIIIVrz	13,93	ijkl
KvSbIVrl	47,98	ST	GPrIIIVrz	15,42	ghıj	KvSnIIIVrz	13,92	ijkl
KvSbİşzVrl	47,88	ST	KyPrIVrz	15,41	ghıj	MSnIIIVrz	13,90	jkl
MSbIIIVrl	47,68	T	GSbIIIVrz	15,41	ghıj	KvSbIIIVrz	13,84	jkl
GSbIVrl	47,58	T	GSbIVVrz	15,40	ghıj	MPrIIIVrz	13,82	jkl
KySbIVrl	45,94	U	KySnIIIVrz	15,38	ghıj	KvPrIIIVrz	13,76	jkl
MSbİşzVrl	45,74	U	SSbIVVrz	15,38	ghıj	KyPrIIIVrz	13,65	kl
MSbIVrl	45,26	U	KvPrIVrz	15,36	ghıjk	KySnIVrz	13,56	kl
KySbİşzVrl	45,15	U	SPrlIVrz	15,35	ghıjk	KySbIVrz	13,40	l

LSD : $\pm 1,377$

*: En yüksek liflere paralel parlaklık

Ağaç türü-vernik-ısıt işlem-uygulama çeşidine göre liflere paralel parlaklık en yüksek 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıt işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda

(94,24), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan parke vernikli kayında (25,02) bulunmuştur.

Isıl işlemsiz ve verniksiz liflere paralel parlaklık en yüksek meşede (15,73), bunu sırasıyla sarıçam, göknar, kavak ve kayın izlemiştir.

Isıl işlemsiz ve vernikli liflere paralel parlaklık en yüksek sentetik vernikte, bunu sırasıyla su bazlı ve parke verniği izlemiştir. Sentetik vernikte liflere paralel parlaklık en yüksek sarıçamda (83,69), bunu sırasıyla kayın, kavak, göknar ve meşe izlemiştir. Su bazlı vernikte liflere paralel parlaklık en yüksek sarıçamda (49,38), bunu sırasıyla göknar, kavak, meşe ve kayın izlemiştir. Parke verniğinde liflere paralel parlaklık en yüksek sarıçamda (29,80), bunu sırasıyla göknar, meşe, kavak ve kayın izlemiştir.

Isıl işlemli ve verniksiz liflere paralel parlaklık en yüksek 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtıl işlem uygulanan sarıçamda (15,88), en düşük 165°C sıcaklıkta 4 saat ısıtıl işlem uygulanan kayında (13,40) bulunmuştur.

5.7. Vernik Katmanının Ağaç Malzeme Yüzeyine Yapışma Direnci

Isıl işlem çeşidinin vernik katmanının ağaç malzeme yüzeyine yapışma direncine etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey yapışma direnci ortalama değerleri ağaç türü, ısıtma işlem ve vernik çeşidine göre Çizelge 5.26’da, ağaç türü, ısıtma işlem ve vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.26. Ağaç türü, ısıtma işlem ve vernik çeşidine göre yüzey yapışma direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın(Ky)	3,957	A
Meşe(M)	3,160	B
Kavak(Kv)	1,942	D
Sarıçam (S)	2,296	C
Göknar(G)	1,666	E
Isıtma işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
İşz	3,439	A
165 / 2 (I)	2,625	B
165 / 4 (II)	2,569	C
175 / 2 (III)	2,375	D
175 / 4 (IV)	2,013	E
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Sentetik vernik (Sn)	2,780	A
Su bazlı vernik (Sb)	2,637	B
Parke verniği (Pr)	2,396	C

*:LSD= $\pm 0,04301$ **:LSD= $\pm 0,03332$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz

Yüzey yapışma direnci en yüksek, ağaç türüne göre kayında (3,957), ısıtma işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlemde (2,625), vernik çeşidine göre sentetik vernikte (2,780), en düşük göknarda (1,666), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlemde (2,013), parke verniğinde (2,396) bulunmuştur.

Çizelge 5.27. Ağaç türü, ısıt işlem ve vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	532,816	133,204	3651,5923	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (B)</i>	4	165,023	41,256	1130,9677	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	16	129,569	8,098	221,9970	0,0000*
<i>Vernik Çeşidi (C)</i>	2	18,741	9,370	256,8782	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	8	44,459	5,557	152,3455	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	8	78,475	9,809	268,9103	0,0000*
<i>Etkileşim (ABC)</i>	32	131,432	4,107	112,5945	0,0000*
<i>Hata</i>	675	24,623	0,036		
<i>Toplam</i>	749	1125,139			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, ısıt işlem, vernik çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-ısıt işlem-vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Ağaç türü-ısırl işlem-vernik çeşidinin yüzey yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
MIşzSn	5,995	A	SIşzSb	2,934	O	KvIISn	1,871	V
KyIşzSn	5,452	B	SISb	2,909	O	MIVPr	1,825	VW
KyIşzSb	5,043	C	KyIIIPr	2,796	OP	GIISn	1,740	VWX
KyISn	4,833	D*	KyIVPr	2,790	OP	SIISb	1,656	WXY
MIşzPr	4,793	DE	SIşzPr	2,715	PQ	SIVPr	1,653	WXY
KyISb	4,649	EF	SISn	2,559	QR	KvIIISn	1,622	XY
MIşzSb	4,502	FG	KvIşzSb	2,462	RS	KvIIPr	1,606	XYZ
MIPr	4,386	GH	KvISb	2,456	RS	KvIIIPr	1,578	XYZ[
KyIISn	4,327	GH	GISn	2,387	RST	KvIIISb	1,568	XYZ[
KyIISb	4,268	HI	SIISn	2,362	ST	GIIPr	1,553	XYZ[
KvIşzSn	4,134	IJ	GIşzSb	2,359	ST	KvIVSb	1,475	YZ[
KyIşzPr	4,083	J	SIISb	2,340	ST	GIISn	1,468	YZ[
MIISb	4,015	J	SIPr	2,337	ST	GISb	1,421	Z[\
KyIIISn	3,974	J	SIIPr	2,256	TU	MIISn	1,415	Z[\
KyIIISb	3,783	K	SIISn	2,231	TU	KvIVPr	1,387	a
KyIIPr	3,705	K	GIşzPr	2,196	TU	MIVSb	1,259	b
MIISb	3,634	KL	MIISn	2,137	U	SIVSb	1,244	b
GIşzSn	3,480	LM	KvIşzPr	2,106	U	MIVSn	1,228	c
KyIVSb	3,415	MN	SIVSn	2,103	U	KvIVSn	1,206	d
MISn	3,412	MN	MIIPr	2,100	U	GIVSn	1,165	e
MIISb	3,374	MN	GIPr	1,925	V	GIISb	1,159	e
MIIPr	3,324	MN	SIIPr	1,906	V	GIISb	1,072	e
KyIVSn	3,268	N	KvIISb	1,903	V	GIIPr	1,047	f
SIşzSn	3,243	N	KvIIPr	1,887	V	GIVSb	1,022	g
KyIIPr	2,968	O	KvISn	1,878	V	GIVPr	0,9906	h
LSD : $\pm 0,1666$								

* : En yüksek yüzey yapışma direnci

Ağaç türü-ısırl işlem-vernik çeşidine göre, yüzey yapışma direnci en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısırl işlem uygulanmış sentetik vernikli kayında (4, 833), en düşük 175°C sıcaklıkta 4 saat ısırl işlem uygulanmış parke vernikli göknarda (0,9906) bulunmuştur.

5.8. Tutkal Yapışma Direnci

Isıl işlem çeşidinin ağaç malzeme tutkal yapışma direncine etkisini belirlemek amacıyla yapılan ölçümlerde elde edilen yapışma direnci ortalama değerleri ağaç türü, ısıl işlem ve tutkal çeşidine göre Çizelge 5.29'da, ağaç türü, ısıl işlem ve tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Ağaç türü, ısıl işlem ve tutkal çeşidine göre yapışma direnci değerleri (N/mm²)

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG*
Kayın (Ky)	9,412	A
Meşe (M)	7,922	B
Kavak (Kv)	3,272	E
Sarıçam (S)	4,806	C
Gökmar (G)	4,084	D
Isıl işlem çeşidi (°C/Saat)	$\bar{x}$	HG*
İşz	7,377	A
165 / 2 (I)	6,362	B
165 / 4 (II)	5,820	C
175 / 2 (III)	5,264	D
175 / 4 (IV)	4,672	E
Tutkal çeşidi	$\bar{x}$	HG**
Polivinil asetat (PVAc)	8,298	A
Üre formaldehit (ÜF)	3,500	B

*:LSD= $\pm 0,3158$ **:LSD= $\pm 0,1997$

$\bar{x}$:Aritmetik Ortalama HG:Homojenlik Grubu İşz:Isıl İşlemsiz

Tutkal yapışma direnci en yüksek, ağaç türüne göre kayında (9,412), ısıl işlem çeşidine göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlemde (6,362), tutkal çeşidine göre polivinil asetat tutkalında (8,298), en düşük kavakta (3,272), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlemde (4,672), üre formaldehit tutkalında (3,500) bulunmuştur.

Çizelge 5.30. Ağaç türü, ısıt işlem ve tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

<i>Faktör</i>	<i>Serbestlik Derecesi</i>	<i>Kareler Toplamı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>	<i>F Değeri</i>	<i>P $\alpha \leq 0,05$</i>
<i>Ağaç Türü (A)</i>	4	2782,754	695,688	538,6044	0,0000*
<i>Isıl İşlem Çeşidi (B)</i>	4	431,550	107,888	83,5269	0,0000*
<i>Etkileşim (AB)</i>	16	121,994	7,625	5,9030	0,0000*
<i>Tutkal Çeşidi (C)</i>	1	2877,481	2877,481	2227,7555	0,0000*
<i>Etkileşim (AC)</i>	4	555,476	138,869	107,5128	0,0000*
<i>Etkileşim (BC)</i>	4	7,495	1,874	1,4506	0,2164
<i>Etkileşim (ABC)</i>	16	48,733	3,046	2,3581	0,0022*
<i>Hata</i>	450	581,243	1,292		
<i>Toplam</i>	499	7406,725			

*: Fark, 0,05'e göre anlamlı

Ağaç türü, ısıt işlem, tutkal çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı, ısıt işlem ve tutkal çeşidi etkileşimi anlamsız bulunmuştur ($\alpha \leq 0,05$). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi yapılmıştır.

Ağaç türü-ısıt işlem-tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Ağaç türü-ısıt işlem-tutkal çeşidinin yapışma direncine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
KyİşzPVAc	14,53	A	KvIPVAc	5,130	JKL
MIşzPVAc	14,10	AB	KyIIIÜF	4,915	KLM
KyIPVAc	13,69	AB*	MIÜF	4,243	LMN
KyIIPVAc	13,55	AB	KyIVÜF	3,929	MNO
MIIPVAc	13,13	B	KvIIPVAc	3,919	MNO
KyIIPVAc	11,89	C	KvIIPVAc	3,816	MNOP
KyIVPVAc	11,18	CD	MIÜF	3,473	NOPQ
MIIPVAc	10,99	CD	SIşzÜF	3,463	NOPQ
MIIPVAc	10,29	DE	GIşzÜF	3,419	NOPQ
MIIPVAc	9,864	E	SIÜF	3,056	OPQR
SIşzPVAc	8,618	F	MIÜF	3,017	OPQR
MIşzÜF	7,402	G	SIÜF	3,007	OPQR
KyİşzÜF	7,142	GH	GIÜF	2,924	OPQR
KyIÜF	6,764	GHI	SIÜF	2,732	OPQRS
KvİşzPVAc	6,681	GHI	MIÜF	2,717	PQRS
KyIÜF	6,519	GHI	KvIVPVAc	2,708	PQRS
SIPVAc	6,489	GHI	KvİşzÜF	2,477	QRST
SIIPVAc	6,411	GHI	KvIÜF	2,379	QRST
SIIPVAc	6,156	HJ	KvIIÜF	2,300	QRST
SIVPVAc	5,970	IJK	GIÜF	2,281	QRST
GIşzPVAc	5,940	IJK	GIÜF	2,168	RST
GIPVAc	5,818	IJK	SIVÜF	2,153	RST
GIIPVAc	5,744	IJK	KvIIIÜF	1,987	RST
GIIPVAc	5,670	IJK	GIVÜF	1,717	ST
GIVPVAc	5,160	JKL	KvIVÜF	1,319	T
LSD : $\pm 0,9987$					

* : En yüksek yapışma direnci

Ağaç türü-ısıt işlem-tutkal çeşidine göre yapışma direnci en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıt işlem uygulanmış PVAc tutkallı kayında (13,69), en düşük 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıt işlem uygulanmış ÜF tutkallı kavakta (1,319) bulunmuştur.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ağaç türüne göre, yüzey sertliği büyükten küçüğe doğru sıralaması kayın, meşe, kavak, sarıçam ve göknar şeklindedir. Sonuçların ısıtma işlem öncesi ve sonrası ortalama yoğunluk değerleriyle paralellik gösterdiği, geniş yapraklı ağaçların iğne yapraklı ağaçlara göre ısıtma işleminden daha az etkilendiği söylenebilir. Bu durumun anatomik yapı farklılıklarından ve odun yan bileşiklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Isıtma işlem çeşidine göre, yüzey sertliği ısıtma işlemsiz örneklerle göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlemde (%10,7), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlemde (%16,3) azalmıştır. Buna göre ısıtma işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça yüzey sertliğinin azaldığı söylenebilir. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir. Nitekim literatürde ısıtma işlem sıcaklığı ve süreleri arttırıldıkça sertlik değerlerinde düşme olduğu bildirilmiştir [Ünsal ve ark., 2003].

Vernik çeşidine göre, yüzey sertliği en yüksek su bazlı vernikte, bunu sırasıyla parke ve sentetik vernik izlemiştir. Isıtma işlem vernik ile yüzey arasında spesifik adezyonu azaltıp, mekanik adezyonu arttırmış olabilir. Isıtma işlem, sentetik vernik ile yüzey arasında diğer verniklere kıyasla yeterli kimyasal bağ kurulmasını engellemiş olabilir. Sertlik değerinde meydana gelen farklılıklar vernikler arasındaki yapı farklılığından kaynaklanabilir.

Ağaç türü-vernik-ısıtma işlem-uygulama çeşidine göre yüzey sertliği en yüksek 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlem uygulanan su bazlı vernikli göknarda (38,20), en düşük 165°C sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlem uygulanan sentetik vernikli meşede (12,10) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en yüksek yüzey sertliği için uygulanabilir ısıtma işlemler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. En yüksek yüzey sertliği için uygulanabilir ısıt işlemler

<i>Ağaç malzeme</i> <i>Vernik</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökmar</i>
<i>Su bazlı vernik</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>
<i>Sentetik vernik</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>165/2</i>
<i>Parke verniği</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>	<i>175/2</i>

Ağaç türüne göre, renk parlaklığı sıralaması en yüksekten başlamak üzere sarıçam, gökmar, kavak, kayın ve meşe şeklindedir. İğne yapraklı ağaçların renk parlaklığı yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bu duruma iğne yapraklı ağaçların farklı anatomik yapılarının, yüzey ve görünüş özelliklerinin sebep olduğu söylenebilir. Sarıçamda parlaklığın yüksek çıkması, traheidlerin homojen dağılımı nedeniyle yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltmadan yansıtmasından kaynaklanabilir. Meşede ise renk parlaklığının düşük çıkması odununun kaba tekstürlü olmasının yanında, büyük trahe boşluklarının yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltarak değişik yönlerde yansıtmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir [Atar, 1999].

Isıl işlem çeşidine göre, renk parlaklığı ısıt işlemsiz örneklere göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıt işlemde (%26), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıt işlemde (%41,6) azalmıştır. Isıl işlem sıcaklık ve süresinin artmasıyla ağaç malzeme yüzeyinin koyulaştığı, buna bağlı olarak renk parlaklık değerinde azaldığı söylenebilir. Nitekim literatürde renk tonunda koyulaşmanın renk parlaklığında azalmaya, açıklığın ise renk parlaklığında artışa sebep olduğu bildirilmiştir [Çakıcıer, 2007].

Vernik çeşidine göre, renk parlaklığı su bazlı verniğe göre parke verniğinde (%1,8), sentetik vernikte (%8,2) azalmıştır. Vernikli uygulamalarda renk parlaklığı verniksiz uygulamalara göre (%20,9) azalmıştır. Nitekim literatürde değişik verniklerle işlem gören armut odununun renginde koyulaşma olduğu belirlenmiştir [Söğütü ve Sönmez, 2006]. Buna bağlı olarak hem ısıt işlemin hem de vernik uygulamalarının renk tonunda koyulaşmaya neden olmaları renk parlaklığında azalmaya sebep olmuştur [Çakıcıer, 2007]. Buna göre su bazlı verniklilerde renk parlaklığının diğer vernikli örneklere göre daha az azaldığı söylenebilir.

Ağaç türü-verniki-ısıll işlem-uygulama çeşidine göre renk parlaklığı (L*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (64,59), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanan sentetik vernikli kayında (15,43) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağıll olarak en yüksek renk parlaklığı (L*) için uygulanabilir ısıll işlemler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. En yüksek renk parlaklığı (L*) için uygulanabilir ısıll işlemler

<i>Ağaç malzeme Vernik</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökmar</i>
<i>Su bazlı vernik</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
<i>Sentetik vernik</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
<i>Parke verniğı</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2

Ağaç türüne göre, kırmızı renk tonu (a*) sıralaması en yüksekten başlamak üzere sarıçam, gökmar, kavak, kayın ve meşe şeklindedir. İğne yapraklı ağaçların kırmızı renk tonu (a*) yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bu duruma iğne yapraklı ağaçların farklı anatomik yapılarının, odun yapısında bulunan ekstraktif maddelerin, yüzey ve görünüş özelliklerinin sebep olduğu söylenebilir. Literatürde sarıçam örneklerinde, odun yapısında bulunan ekstraktiflerin etkisi ile kırmızı renk tonunda (a*) artış görüldüğü bildirilmiştir [Çakıcıer, 2007].

Isıll işlem çeşidine göre, kırmızı renk tonu (a*) ısıll işlemsiz örneklere göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlemde (%29,8), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıll işlemde (%43,5) azalmıştır. Vernik çeşidine göre, kırmızı renk tonu (a*) su bazlı verniğe göre parke verniğinde (%3,5), sentetik vernikte (%11,3) azalmıştır. Buna göre su bazlı verniklilerde kırmızı renk tonunun (a*) diğere vernikli örneklere göre daha fazla arttığı söylenebilir. Vernikli uygulamalarda kırmızı renk tonu (a*) verniksiz uygulamalara göre (%38,4) artmıştır. Bu bakımdan kırmızı renk tonunun (a*) yüksek olmasının istendiğı yerlerde ısıll işlem uygulanmış ağaç malzemelerin vernikli halde kullanılması önerilebilir.

Ağaç türü-vernük-ısl işlem-uygulama çeşidine göre kırmızı renk tonu (a*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısl işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda (82,48), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısl işlem uygulanan sentetik vernikli kayında (43,82) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve vernüklerin kullanımına bağılı olarak en yüksek kırmızı renk tonu (a*) için uygulanabilir ısl işlemler Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. En yüksek kırmızı renk tonu (a*) için uygulanabilir ısl işlemler

<i>Ağaç malzeme</i> <i>Vernük</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökıar</i>
<i>Su bazlı vernük</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
<i>Sentetik vernük</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
<i>Parke verniğı</i>	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2

Ağaç türüne göre, sarı renk tonu (b*) sıralaması en yüksekten başlamak üzere sarıçam, gökıar, kavak, kayın ve meşe şeklindedir. İğne yapraklı ağaçların sarı renk tonu (b*) yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bu duruma iğne yapraklı ağaçların yüzey ve görünüş özelliklerinin sebep olduğı söylenebilir. Sarıçamda sarı renk tonunun (b*) yüksek çıkması, traheidlerin homojen dağılımı nedeniyle ve odununun açık renkli olmasından yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltmadan yansıtmamasından kaynaklanabilir. Meşede ise sarı renk tonunun (b*) düşük çıkması ısl işlemin renk koyulaşmasına sebep olması ve meşenin yan bileşiklerini etkilemesinden kaynaklanabilir.

Isl işlem çeşidine göre, sarı renk tonu (b*) ısl işlemsiz örneklere göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısl işlemde (%26), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısl işlemde (%41,6) azalmıştır. Bu azalmada ısl işlem sonunda odun renginin koyulaşması etkili olabilir. Vernük çeşidine göre, sarı renk tonu (b*) su bazlı verniğe göre parke verniğinde (%1,8), sentetik vernükte (%8,1) azalmıştır. Buna göre su bazlı verniğın sarı renk tonunu (b*) diğır vernüklere göre daha az azalttığı söylenebilir. Vernikli uygulamalarda sarı renk tonu (b*) verniksiz uygulamalara göre (%20,9) azalmıştır. Bu bakımdan sarı renk tonunun (b*) yüksek olmasının istendiğı yerlerde ısl işlem uygulanmış ağaç malzemenin verniksiz halde kullanılması önerilebilir.

Ağaç türü-verniki-ısıll işlem-uygulama çeşidine göre sarı renk tonu (b^*) en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (111,4), en düşük 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulanan sentetik vernikli kayında (27,67) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en yüksek sarı renk tonu (b^*) için uygulanabilir ısıll işlemler Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. En yüksek sarı renk tonu (b^*) için uygulanabilir ısıll işlemler

Ağaç malzeme Vernik	Kayın	Meşe	Kavak	Sarıçam	Gökmar
Su bazlı vernik	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
Sentetik vernik	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
Parke verniği	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2

Ağaç türüne göre, toplam renk değişimi matematiksel olarak büyüktan küçüğe doğru kavak, meşe, kayın, sarıçam ve gökmar şeklinde sıralanabilir. Buna göre rengin değişmesinin istenmediği yerlerde (ΔE^*) değeri en düşük olan gökmar ve sarıçam ağaç malzemenin kullanılması önerilebilir.

Isıll işlem çeşidine göre, toplam renk değişimi ısıll işlemsiz örneklere göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlemde (%26,9), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıll işlemde (%38,5) artmıştır. Sıcaklık ve süre artışı toplam renk değişiminin (ΔE^*) matematiksel olarak artmasına sebep olurken, aynı sıcaklıkta süre artışı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Isıll işlemsiz örneklere göre ısıll işlem uygulamasının sıcaklık ve süre artışına paralel olarak toplam renk değişimini arttırdığı söylenebilir. Nitekim literatürde sıcaklık artışı ile toplam renk değişiminin (ΔE^*) arttığı bildirilmiştir [Todorović ve Popović, 2011]. Buna göre rengin değişmesinin istenmediği yerlerde 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıll işlem uygulaması önerilebilir. Isıll işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığı [Johansson ve Mor'en, 2006], ısıll işlem uygulaması süresince odundaki renk değişmelerinin kimyasal sebepleri tam olarak tanımlanamadığı bildirilmiştir. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda renk değişmelerinin ana sebepleri olarak hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir. Isıll işlem uygulamasında sıcaklık ve

süre uzadıkça ahşabın renk koyuluğu artmaktadır [Nuopponen, 2005; Korkut ve Kocaefe, 2009]. Buna göre ısıtıl işlem uygulamasının toplam renk değişimini arttırdığı söylenebilir.

Vernik çeşidine göre, toplam renk değişimi en yüksek sentetik vernikte, bunu sırasıyla parke ve su bazlı vernik izlemiştir. Literatürde toplam renk değişiminin (ΔE^*) düşük değerde olması rengin değişmediği ya da çok az değiştiği anlamına gelmektedir [Söğütü ve Sönmez, 2006]. Buna göre su bazlı verniğin toplam renk değişiminde diğer verniklere göre daha az etkili olduğu söylenebilir.

Ağaç türü-ısıtıl işlem-vernik çeşidine göre toplam renk değişimi (ΔE^*) en yüksek 175°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan sentetik vernikli kavakta (60,96), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtıl işlem uygulanan su bazlı vernikli sarıçamda (10,95) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en düşük toplam renk değişimi (ΔE^*) için uygulanabilir ısıtıl işlemler Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5. En düşük toplam renk değişimi (ΔE^*) için uygulanabilir ısıtıl işlemler

Ağaç malzeme Vernik	Kayın	Meşe	Kavak	Sarıçam	Gökmar
Su bazlı vernik	175/2	165/4	165/2	165/2	165/2
Sentetik vernik	165/4	165/2	165/2	175/4	165/2
Parke verniği	165/4	165/2	165/4	165/2	165/2

Ağaç türüne göre, liflere dik parlaklık sıralaması en yüksekten başlamak üzere sarıçam, gökmar, kayın, kavak ve meşe şeklindedir. İğne yapraklı ağaçlarda liflere dik parlaklık yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bu duruma iğne yapraklı ağaçların farklı anatomik yapılarının, yüzey ve görünüş özelliklerinin sebep olduğu söylenebilir. Sarıçamda parlaklığın yüksek çıkması, traheidlerin homojen dağılımı nedeniyle yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltmadan yansıtmasından kaynaklanabilir. Meşede ise liflere dik parlaklığın düşük çıkması odununun kaba tekstürlü olmasının yanında, büyük trahe boşluklarının yüzeye gelen ışığın şiddetini azaltarak değişik

yönlere yansıtmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir [Atar, 1999].

Isıl işlem çeşidine göre, liflere dik parlaklık ısılsız örneklerle göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısılsız işlemde (%3,8), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısılsız işlemde (%5,3) artmıştır. Isıl işlem sıcaklık ve süresinin artmasıyla liflere dik parlaklığında arttığı söylenebilir.

Vernik çeşidine göre, liflere dik parlaklık sentetik verniğe göre su bazlı vernikte (%34,3), parke verniğinde (%55,8) azalmıştır. Buna göre sentetik verniğin liflere dik parlaklığı arttırdığı söylenebilir. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir. Literatürde liflere dik parlaklığın sentetik vernikte su bazlı vernikten daha yüksek çıktığı bildirilmiştir [Atar, 1999]. Literatürde parlaklığın yüzeye gelen ışığın çarparak yüzeyden yansması şeklinde olduğu, ışığın yüzeyde ne kadar bozunuma uğrarsa parlaklığın o derece düşük olacağı, ısılsız işlem sonucu yüzeyde bozunmalar meydana geldiği, yüzeyin daha poroz bir yapıya sahip olduğu, böylece parlaklık değerinde düştüğü bildirilmektedir [Özdemir ve Arslan, 2011]. Bu bakımdan liflere dik parlaklığın yüksek olmasının istendiği yerlerde ısılsız işlem uygulanmış ağaç malzemelerin vernikli halde kullanılması önerilebilir.

Ağaç türü-vernik-ısılsız işlem-uygulama çeşidine göre liflere dik parlaklık en yüksek 175°C sıcaklıkta 4 saat ısılsız işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda (89,99), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısılsız işlem uygulanan parke vernikli kayında (24,72) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en yüksek liflere dik parlaklık için uygulanabilir ısılsız işlemler Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. En yüksek liflere dik parlaklık için uygulanabilir ısılsız işlemler

<i>Ağaç malzeme</i> <i>Vernik</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökmar</i>
<i>Su bazlı vernik</i>	165/2	165/2	175/4	175/4	175/4
<i>Sentetik vernik</i>	175/4	165/4	175/4	175/4	175/4
<i>Parke verniği</i>	175/4	165/4	165/4	175/4	165/4

Ağaç türüne göre, liflere paralel parlaklık sıralaması en yüksekten başlamak üzere sarıçam, göknar, kavak, kayın ve meşe şeklindedir. İğne yapraklı ağaçlarda liflere paralel parlaklık yapraklı ağaçlardan yüksek çıkmıştır. Bu duruma iğne yapraklı ağaçların farklı anatomik yapılarının, yüzey ve görünüş özelliklerinin sebep olduğu söylenebilir. Türler arasında sarıçamın ısıtma işlem varyasyonlarına bağlı olarak, daha yüksek parlaklığa sahip olduğu, bu durumun sarıçamın anatomik yapısı, yüzey özellikleri ve diğer ağaç malzemelere göre açık renkli olduğundan ışığı daha iyi yansıtmış olabileceğinden kaynaklanmasına bağlanabilir.

Isıtma işlem çeşidine göre, liflere paralel parlaklık ısıtma işlemsiz örneklerle göre 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlemde (%2,6), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlemde (%5,9) artmıştır. Isıtma işlem sıcaklık ve süresinin artmasıyla liflere paralel parlaklığında arttığı söylenebilir.

Vernik çeşidine göre, liflere paralel parlaklık sentetik verniğe göre su bazlı vernikte (%36), parke verniğinde (%57,1) azalmıştır. Buna göre sentetik verniğin liflere paralel parlaklığı arttırdığı söylenebilir. Bu durum literatürle paralellik göstermektedir. Literatürde liflere paralel parlaklığın sentetik vernikte su bazlı vernikten daha yüksek çıktığı bildirilmiştir [Atar, 1999]. Liflere paralel parlaklığın yüksek olmasının istendiği yerlerde ısıtma işlem uygulanmış ağaç malzemelerin vernikli halde kullanılması önerilebilir. Nitekim literatürde parlaklığın verniksiz örneklerde azaldığı bildirilmiştir [Özdemir ve Arslan, 2011].

Ağaç türü-vernik-ısıtma işlem-uygulama çeşidine göre liflere paralel parlaklık en yüksek 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtma işlem uygulanan sentetik vernikli sarıçamda (94,24), en düşük 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtma işlem uygulanan parke vernikli kayında (25,02) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en yüksek liflere paralel parlaklık için uygulanabilir ısıtma işlemler Çizelge 6.7’de verilmiştir.

Çizelge 6.7. En yüksek liflere paralel parlaklık için uygulanabilir ısıt işlemler

<i>Ağaç malzeme</i> <i>Vernik</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökmar</i>
<i>Su bazlı vernik</i>	165/4	165/4	175/4	175/4	175/4
<i>Sentetik vernik</i>	175/4	175/4	175/4	175/4	175/4
<i>Parke verniği</i>	175/4	175/4	165/2	175/4	165/2

Liflere paralel ölçüm sonuçlarının, liflere dik ölçüm sonuçlarından daha büyük olduğu görülmüştür. Literatürde liflere paralel ölçüm sonuçlarının, liflere dik ölçüm sonuçlarından daha yüksek çıktığı, bu durumun liflere dik ölçümlerde yüzeye 60° de gönderilen ışığın daha fazla absorbe edilmesi veya cihazın mercek alıcı penceresinden farklı yönlere yansıtılmış olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir [Yakın, 2001].

Ağaç türüne göre, yüzey yapışma direncinin kayında yüksek çıkması diğer ağaç malzemelere göre yüksek özgül ağırlıkta olmasından, ısıt işlemden daha az etkilenmesinden ve bunun sonucunda da vernik katmanı ile iyi bir mekanik adezyon kurmasından kaynaklanabilir. Nitekim literatürde yüzeye yapışma direncinin en yüksek kayında olduğu, bu durumun kayın odununun dağınık küçük traheli yapısı nedeniyle vernik ile yüzey arasında adezyon kuvvetini artırıcı etki yapmasından kaynaklanabildiği belirtilmiştir [Atar, 1999].

Isıt işlem çeşidine göre yüzey yapışma direnci, 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıt işlemden (%23,7), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıt işlemden (%41,5) oranında ısıt işlemsiz örneklere göre azalmıştır. Isıt işlemin yüzey yapışma direncini ısıt işlemsiz örneklere göre azalttığı, bu durumun ısıt işlem sıcaklık ve süresi arttıkça ağaç malzemenin daha hidrofobik olmasından ve verniklerin ahşap yüzeyinde temas açılarının büyümesinden kaynaklandığı, dolayısıyla vernik katmanının ahşap yüzeyine yapışmasının artan temas açısıyla azalmasından yüzey yapışma direncinin olumsuz etkilendiği söylenebilir. Literatürde ısıt işlem uygulanmış odunun yüzeyleri daha az polar olması nedeniyle su geçirmediği ve böylece ısıt işlem uygulanmamış oduna nazaran daha az ıslanabilme kabiliyetine sahip olduğu bildirilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Vernik çeşidine göre yüzey yapışma direnci, sentetik verniğe göre su bazlı vernikte (%5,1), parke verniğinde (%13,8) azalmıştır. Bu azalmada ısıtılma işlemi selülozun yapısını bozarak vernik ile yüzey arasında yeterli kimyasal bağ kurulmasını engellemiş olabileceği düşünülmektedir. Sentetik vernikte ise diğer verniklere kıyasla güçlü bir kimyasal bağ ve spesifik adezyonun yanı sıra, ağaç malzeme ile arasında iyi bir mekanik adezyon kurulduğu düşünülmektedir. Literatürde, ısıtılma işlemi uygulaması sonucu yüzeyde meydana gelen daha geçirgen yapı sayesinde mekanik kenetlenmenin daha iyi olması ve selülozik verniğin yüzeyde kalmayıp derine nüfus ederek daha iyi bağlanma yapması ile yüzey yapışma direncinin arttığı belirtilmiştir [Özdemir ve Arslan, 2011].

Ağaç türü-ısıtılma işlemi-vernik çeşidine göre, yüzey yapışma direnci en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtılma işlemi uygulanmış sentetik vernikli kayında (4,833), en düşük 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtılma işlemi uygulanmış parke vernikli göknarda (0,9906) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve verniklerin kullanımına bağlı olarak en yüksek yüzey yapışma direnci için uygulanabilir ısıtılma işlemleri Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. En yüksek yüzey yapışma direnci için uygulanabilir ısıtılma işlemleri

Ağaç malzeme Vernik	Kayın	Meşe	Kavak	Sarıçam	Göknar
Su bazlı vernik	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
Sentetik vernik	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2
Parke verniği	165/2	165/2	165/2	165/2	165/2

Ağaç türüne göre, yapışma direnci sıralaması büyükten küçüğe doğru kayın, meşe, sarıçam, göknar ve kavak şeklindedir. Ağaç malzemelerin ısıtılma işlemi öncesi ve sonrası ortalama özgül ağırlık sıralamasıyla yukarıdaki sıralama paralellik göstermektedir. Bu sonuçlara göre kayın ağaç malzemenin özgül ağırlığı, diğer ağaçlara göre yüksek olduğundan yapışma direncinin yüksek çıktığı söylenebilir.

Isıtılma işlemi çeşidine göre yapışma direnci, 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıtılma işlemi (%13,8), 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıtılma işlemi (%36,7) oranında ısıtılma işlemleri uygulanmış örneklerle karşılaştırılmıştır.

azalmıştır. Isıl işlem uygulamasının yapışma direncini azalttığı, bu azalmanın ısı işlem sıcaklık ve süresi ile doğru orantılı olarak gerçekleştiği söylenebilir. Nitekim literatürde, meşeye [Esen ve Özcan, 2012] ve karaçama uygulanan ısı işlem sonrasında yapışma direncinin düştüğü [Şahin Kol ve ark. 2009], ısı işlem sıcaklığının ve süresinin ağaç malzemenin hem mekaniksel özelliklerini hem de yapışma özelliğini olumsuz etkilediği bildirilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Tutkal çeşidine göre yapışma direnci, montaj üre formaldehit tutkalında polivinil asetat tutkalına göre (%57,8) azalmıştır. Buna göre polivinil asetat tutkalının yapışma direncini artırdığı söylenebilir. Literatürde ısı işlem uygulanmış kerestenin, polivinilasetat (PVAc) ile yapıştırılabileceği, ısı işlem uygulanmış kereste ısı işlem uygulanmamış keresteye göre daha az su absorbe ettiğinden su bazlı (PVAc) tutkal kullanılması durumunda tutkalın sertleşmesi için odun tarafından su absorbe edilmesi gerekmesi ve böylece uzun kurutma süresine ihtiyaç duyması sebebiyle kurutma zamanının uzamasından dolayı tutkalın rutubet içeriğinin düşük tutulması gerektiği belirtilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009]. PVAc tutkalı literatür ve üretici firma önerileri doğrultusunda ambalaj viskozitesinde uygulanmıştır. Üre formaldehit tutkal kataloğunda servis açıklamasında, verilen bilgilerin bağlayıcılığının olmadığı ve uygunluğunun farklı uygulamalar için test yapılarak belirlenebileceği [Kleiberit 871.1], literatürde de iyi bir yapışma performansını elde etmek için tutkal formülünü ve/veya bağlanma işlemini değiştirmek gerektiği belirtilmektedir [Korkut ve Kocaefe, 2009]. Ağaç malzemeler üre formaldehit tutkalı ile soğuk preste birleştirilmişlerdir. Üre formaldehit tutkalı yapışma direncinin düşük çıkması soğuk olarak yapıştırılmasından kaynaklanabilir. Literatürde ısı işlem görmüş hidrofobik özellikteki MDF'nin, fiziksel adhezyon kuran ve yüzeyi yeterli olarak ıslatan su bazlı ısıyla sertleşen üre formaldehit tutkalının kabiliyetini azalttığı, üre formaldehit reçinesi polar bir yapıştırıcı olduğundan yeterli bağlanmayı sağlamak ve daha sonra bağı artırmak için liflerin ıslatılmasına ihtiyaç duyduğu, ancak tutkalın ıslanma kabiliyetinin ısı işlem uygulaması sonucu lif ıslanabilirliğindeki kayıp nedeniyle etkilendiği bildirilmiştir [Korkut ve Kocaefe, 2009].

Ağaç türü-ısıl işlem-tutkal çeşidine göre yapışma direnci en yüksek 165°C sıcaklıkta 2 saat ısıl işlem uygulanmış PVAc tutkallı kayında (13,69), en düşük 175°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlem uygulanmış ÜF tutkallı kavakta (1,319) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre farklı ağaç ve tutkalların kullanımına bağlı olarak en yüksek yapışma direnci için uygulanabilir ısıl işlemler Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6.9. En yüksek yapışma direnci için uygulanabilir ısıl işlemler

<i>Ağaç malzeme</i> <i>Tutkal</i>	<i>Kayın</i>	<i>Meşe</i>	<i>Kavak</i>	<i>Sarıçam</i>	<i>Gökmar</i>
<i>Polivinilasetat tutkalı</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>
<i>Montaj Üre formaldehit tutkalı</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>	<i>165/2</i>

KAYNAKLAR

Akgül, M., Gümüşkaya, E., Korkut, S., “Crystalline structure of heat-treated Scots pine [*Pinus sylvestris* L.] and Uludag fir [*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.)] wood”, **Wood Sci Technol** 41: 281–289 (2007).

Ale'n, R., Kotilainen, R., Zaman, A., “Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies* L.) at 180-225 °C”, **Wood Science and Technology** 36: 163-171 (2002).

Altınok, M., Özalp, M., Korkut, S., “The Effects of Heat Treatment on Some Mechanical Properties of Laminated Beech (*Fagus Orientalis* L.) Wood”, **Wood Research**, 55(3): 131-141 (2010).

Anonim, “Minolta CR-231 Chromometer, ver 3.0.”, Cihaz Kullanma Klavuzu.

Anşın, R., Özkan, Z.C., “Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunu Taksonlar”, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi**, 2. Baskı, Trabzon, 149-151-152-320-321-322-340 (1997).

ASTM-D 2244, “Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates”, **ASTM Standards**, A.B.D., 1-13 (2007).

ASTM-D 3924, “Standard Specification for Standard Environment for Conditioning and Testing Point Varnish, Lacquer and Related Materials”, **ASTM**, USA, (1991).

ASTM-D 3023, “Standard practice for determination of resistance of factory-applied coatings on wood products to stains and reagents”, **ASTM Standards**, 1-3 (1998).

ASTM-D 1005, “Standard Test Method for Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Mikrometers”, **American Society for Testing and Materials**, 1-3 (2001).

ASTM-D 4541, “Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers”, **American Society for Testing and Materials** (1995).

ASTM-D 4366, “Harness of Organic Coatings by Pendulum Damping Test”, **American Society for Testing and Materials** (1995).

ASTM D 523, Test Methods for Specular Gloss, **American Society For Testing and Materials**, U.S.A. (1994).

Atar, M., “Renk Açıcı Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemedede Üst Yüzey İşlemlerine Etkileri”, **G. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü**, Doktora Tezi, Ankara (1999).

Aydemir, D., Gündüz, G., “Ahşabın Fiziksel, Kimyasal, Mekaniksel ve Biyolojik Özellikleri Üzerine Isıyla Muamelenin Etkisi”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 71-81 (2009).

Ayılmış, N., Winandy, J. E., “ Effects of Post Heat-Treatment on Surface Characteristics and Adhesive Bonding Performance of Medium Density Fiberboard,” *Materials and Manufacturing Processes* 24(5): 594–599 (2009).

Bekhta, P., Niemz, P., “Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood”, *Holzforschung*, 57 (5): 539-546 (2003).

Bechera, I., “Water and Solvent Based Systems Differences” *European Coatings Journal*, April (1998).

Berkel, A., “Ağaç Malzeme Teknolojisi”, *İ.Ü. Orman Fakültesi*, İstanbul, 593-596 (1970).

Boonstra, M. J., “A two-stage thermal modification of wood”, Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Université Henry Poincaré - Nancy 1, p.297 (2008).

Boonstra, M. J., Rijdsdijk, J. F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van, A. J., Steven, M., “Microstructural and Physical Aspects of Heat Treatment Wood” Part. 1. Softwoods, *Maderas Ciencia y tecnologia* 8(3):193-208 (2006).

BS EN 204, “Non–Structural Adhesives for Joining of Wood and Derived Timber Products”, *British Standards*, England (1991).

BS EN 205, “Test Methods for Wood Adhesives for Non– Structural Applications– Determination of Tensile Shear Strenght of Lap Joints”, *British Standards*, England (1991).

Budakçı, M., “Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denenmesi”, Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 16-87 (2003).

Çağlar, A., Yamanel, K., “Diş renginin belirlenmesinde kullanılan yöntemler”, *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 2(1): 49-54 (2007).

Çakıcıer, N., “Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 30-57-58-59 (2007).

Çakıcıer, N., Korkut, S., Güler, F. D., “Effects of heating treatment on some of the physical properties of varnish layers applied on various wood species”, *African Journal of Biotechnology*, 10(9): 1578-1585 (2011).

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).

Edlund1, M. L., Jermer, J., "Durability Of Heat-Treated Wood", *Final Workshop COST Action E22-Environmental Optimisation of Wood Protection*, Lisboa-Portugal (2004).

Efe, H., "Mobilya Konstrüksiyon Tasarımında Mühendislik İşlemleri" Ders Notları, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2003).

Enjily, V., Jones, D., "The potential for modified materials in the panel products industry", Wood Resources and Panel Properties Conference, *COST Action E44/E49*, Valencia, Spain, (2006).

Erichsen, operating instuitions, 577-M/E, M/234.

Esen, R., Özcan, C., "Isıl işlemin meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemedede yapışma direncine etkileri", *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13:150-154 (2012).

Esteves, B., Velez, M. A., Domingos, I., Pereira, H., "Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood", *Wood Science Tech.*, Department of Applied Sciences, University of Quebec at Chicoutimi, Chicoutimi, Canada (2006).

Feist, W. C., Sell, J., "Weathering behaviour of dimensionally stabilized wood by heating under pressure of nitrogen gas", *Wood and Fiber Science*, 19 (2): 183-195 (1987).

Fengel, D., Wegener, G., "Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions" *Walter de Gruyter*, Berlin and New York, pp. 613 (1984).

Follrich, J., Uller, U. M., Gindl, W., "Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer", *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64: 373-376 (2006).

Funaoka, M., Kako, T., Abe, I., "Condensation of lignin during heating of wood", *Wood Science and Technology*, 24(3): 277-288 (1990).

Göde, F., "Ahşap Çekmece Köşe Birleştirme Performansının Belirlenmesi" *G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara (2005).

Gündüz, G., Korkut, S., Sevim, Korkut, D., "The Effects of Heat Treatment on Physical and Technological Properties and surface Roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Wood", *Bioresource Technology*, 99 (7): 2275-2280 (2008).

Hakkou, M., Pe'trissans, M., Zoulalian, A., Ge'rardin, P., “Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis”, *Polymer Degradation and Stability*, 89: 1-5 (2005).

Hammond, J. J., Donnelly, E. T., Harrod, W. F., Rayner, N. A., Özden, F., “Woodworking Technology”, (Çevirenler : Yaşar, E., Yılmaz, K., Taymaz, H., Ağaç İşleri Teknolojisi), *Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları -20*. Ajans-Türk Matbaası, Ankara, 65-76-77 (1969).

Hill, C. A. S., “Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes”, *Wiley Series in Renewable Resources*, John Wiley & Sons Inc., Chichester, UK. pp. 260 (2006).

Huş, S., “Ağaç Malzeme Tutkalları”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B-12(2): 5-6 (1962).

İnternet: http://www.raykon.com.tr/userfiles/_Unisiegl_Teknik_Bulten.pdf (2012).

Ishiguri, F., Masubuchi, N., Yokota, S., Yoshizawa, N., “Changes in the physical and chemical properties of six Japanese softwoods caused by lengthy smoke-heating treatment”, *Journal of Wood Science*, 51: 161–166 (2005).

Ishikawa, A., Kuroda, N., Kato, A., “In situ measurement of wood moisture content in high-temperature steam”, *J Wood Sci*, 50: 7-14 (2004).

Johansson, D., “Strenght and Colour Response of Solid Wood to Heat Treatment”, Licentiate Thesis, Luleå University of Technology, Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Technology, Skellefteå-Sweden, ISRN LTU-LIC--05/93--SE/NR (2005).

Johansson, D., Mor'en, T., “The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, (64): 104-110 (2006).

Johnson, R., “Waterborne Coatings An Overview of Waterborne Coatings: A Formulator’s Perspective”, *Journal of Coatings Technology*, 69: 117-121 (1997).

Karakaş, G., “Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi”, *Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Bartın (2008).

Kleiberit, 871.1 Urea Formaldehyde Condensation Resin Catalog, Klebchemie M. G., Becker GmbH + Co. KG, Weingarten/Bd., www.kleiberit.com.

Korkut, D. S., Korkut, S., Bekar, I., Budakçı, M., Dilik, T., Çakıcıer, N., “The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) Wood”, **International Journal of Molecular Sciences**, 9, 1772-1783 (2008).

Korkut, S., “Gürgen Yapraklı Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Odununun Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Isıl İşlem Sıcaklık ve Süresinin Etkisi”, **Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi**- 5(1): 121-130 (2009).

Korkut, S., “The Effects of Heat Treatment on Some Technological Properties in Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Matth.) Wood”, **Building and Environment**, 43 (4): 422-428 (2008).

Korkut, S., Alma, M. H., Elyildirim, Y. K., “The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Wood”, **African Journal of Biotechnology**, 8(20): 5316-5327 (2009).

Korkut, S., Bektaş, İ., “The Effects of Heat Treatment on Physical Properties of Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Matth.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Wood”, **Forest Products Journal**, 58 (3): 95-99 (2008).

Korkut, S., Budakçı, M., “The Effects Of High-Temperature Heat-Treatment On Physical Properties and Surface Roughness of Rowan (*Sorbus aucuparia* L.) Wood”, **Wood Research** 55 (1): 67-78 (2010).

Korkut, S., Kocaefe, D., “Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi”, **Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi** 5(2): 11-34 (2009).

Korkut, S., Korkut, D. S., Bekar, İ., “Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin Etkisi”, **I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu**, Tarsus, 209-214 (2008).

Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S., Gürleyen, T., “The effects of heat treatment on technological properties in Red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood”, **Science Direct, Bioresource Technology** 99, 1538–1543 (2008).

LeVan, S. L., Ross, R. J., Winandy, J. E., “Effects of Fire Retardant Chemicals on Bending Properties of Wood at Elevated Temperatures”, Res. Pap. FPL-RP498, USDA Forest Service Forest Products Laboratory, Madison, WI-USA, pp.24 (1990).

Nuopponen, M., “FT-IR and UV Raman spectroscopic studies on thermal modification of Scots pine wood and its extractable compounds”, Doctoral dissertation, **Helsinki University of Technology, Department of Forest Products Technology**, Laboratory of Forest Products Chemistry, Reports Series A 23, Espoo-Finland (2005).

Ozalp, M., Gezer, I., Korkut, S., “The investigation of heat treatment with water-based varnish double components in varnish applications of wood material”. *Afr. J. Biotechnol.* 8(8): 1689-1694 (2009).

Örs, Y., “Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemedeki Mekanik Özellikler”, *KTÜ., Orman Fakültesi*, Trabzon (1987).

Özçifçi, A., Altun, S., Yapıcı, F., “Isıl İşlem Uygulanmış Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, Türkiye (2009).

Özdemir, T., Arslan, R., “Isıl İşlem Uygulamasının Sarıçam ve Dişbudak Odunlarında Bazı Yüzey İşlem Özellikleri Üzerine Etkisi”, *1. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Kahramanmaraş, pp. 1405-1411 (2011).

Schneider, A., “Investigations on the Influence of Heat Treatment in the Temperature Range 100-200 °C on the Modulus of Elasticity”, *HolzRoh-u, Werkstoff E*, 29(11): 431-440 (1971).

Sernek, M., “Comparative analysis of inactivated wood surfaces”, Doctoral Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, pp.179 (2002).

Sernek, M., Boonstra, M., Pizzi, A., Despres, A., Gérardin, P., “Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives”, *European Journal of Wood and Wood Products*, 66(3): 163-242 (2008).

Söğütü, C., Sönmez, A., "Değişik Koruyucular ile İşlem Görmüş Bazı Yerli Ağaçlarda UV Işıklarının Renk Değiştirici Etkisi", *Gazi Üniversitesi Müh. Mimarlık Fak. Dergisi*, 21(1): 151-159 (2006).

Sönmez, A., “Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri-I Hazırlık ve Renklendirme” (Düzeltilmiş ve Genişletilmiş II. Baskı) *Cem Web Ofset*, Ankara, 7-66-68-74-75-80-83-84-88 (2005).

Sönmez, A., Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları, Doktora tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1989).

Sönmez, A., Budakçı, M., “Ağaç İşlerinde Üst Yüzey İşlemleri II, Koruyucu Katman ve Boya / Vernik Sistemleri”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 85-90 (2004).

Stamm, A. J., “Wood and Cellulose Science”, *The Ronald Press Company*, New York-USA, 317-320 (1964).

Sundqvist, B., “Colour changes and acid formation in wood during heating”, Doctoral Thesis, **Lulea University of Technology**, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Skellefteå-Sweden, ISRN LTU-DT-04/10-SE (2004).

Şahin, H. T., Arslan, M. B., Korkut, S., Şahin, C., “Colour Changes of Heat-Treated Woods of Red-Bud Maple, European Hophornbeam and Oak”, **Color Research and Application**, 36(6) 462-466 (2011).

Şahin Kol, H., Uysal, B., Altun, S., Kurt, Ş., Özbay, G., “Shear strength of heat treated pine wood (*Pinus nigra*) with some structural adhesives”, **Teknoloji Dergisi**, Karabük, 12(1):63-69 (2009).

Şanıvar, N., Zorlu, İ., Ağaçışleri Gereç Bilgisi, **M. E. B. Devlet Kitapları**, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası 3. Baskı, Ankara, 72-80-81 (1991).

Şanıvar, N., Zorlu, İ., Ağaçışleri Gereç Bilgisi, **M. E. B. Devlet Kitapları**, Serler Matbaası 8. Baskı, Ankara, 73 (2000).

ThermoWood Handbook, “Finnish Thermowood Association”, Helsinki, FINLAND, www.thermowood.fi, pp. 66 (2003).

Tjeerdsma, F.B., “Heat treatment of wood- thermal modification”, **University of Limerick, Coford Seminar on Wood Modification: Opportunites and Challenges**, Dublin- Ireland, 9 February (2006).

Todorović, N., Popović, Z., “Relationship Between Colour Change And Surface Hardness in Thermallymodified Sessile Oak Wood”, **Forestry Ideas**, 17(2) 42 (2011).

Tomak, E.D., Yıldız, Ü.C., “Odunun Kimyasal Modifikasyonu”, **III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi**, Artvin, 4:1681-1690 (2010).

TS 2470, “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikleri”, **T.S.E.**, Ankara, 1-5 (1976).

TS 2471, “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini”, **T.S.E.**, Ankara (1976).

TS 2472, “Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı”, **T.S.E.**, Ankara (1976).

TS 53, “Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metotları”, **T.S.E.**, Ankara, 1-5 (1981).

TS 6035 EN ISO 3251, “Boyalar ve vernikler, boya, vernik ve bağlayıcılarda uçucu olmayan madde tayini”, **T.S.E.**, Ankara, 1-11 (2005).

TS EN 24624, “Boya ve Vernikler-Çekme Deneyi”, *T.S.E.*, Ankara (1996).

TS 4318, “Boya ve vernikleri metalik olmayan boya filmlerinin 20°, 60° ve 85° açılarda parlaklık ölçümü”, *T.S.E.*, Ankara (1985).

TS 3891, “Yapıştırıcılar-Polivinilasetat esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin)”, (Tadil AMD1: 1992-07), *T.S.E.*, Ankara, 1-4 (1982).

Unsal, O., Korkut, S., Atik, A., “The Effect of Heat Treatment on Some Properties and Colour in Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis Dehn.) Wood”, *Maderas Ciencia y tecnologia*, 5 (2): 145-152 (2003).

Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen, L., Nurmi, A., Viitaniemi, P., “The effect of heat treatment on the properties of spruce”, A preliminary report, *International Research Group on Wood Preservation*, Doc. No. IRG/WP 94-40032, Nusa Dua, Bali, Indonesia, 29-06 May (1994).

Viitaniemi, P., “New properties for thermally-treated wood. Indust Horizons”, March, 9 (2000).

Vital, B. R., Lucia, M. D., “Effect of heating on some properties of Eucalyptus saligna Wood”, *Revista-Arvore*, 7 (2): 136-146 (1983).

Wikberg, H., “Advanced Solid State NMR Spectroscopic Techniques in the Study of Thermally Modified Wood”, Academic Dissertation, *University of Helsinki*, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki-Finland (2004).

Winandy, J. E., “Effects of Treatment, Incising, and Drying on Mechanical Properties of Timber”, *Forest Products Laboratory*, USDA Forest Service, pp.9 (1996).

Winandy, J. E., Rowell, R. M., “The chemistry of wood strength. In: Rowell (ed) The Chemistry of solid wood”. *American Chemical Society*, Washington, DC. pp.211-256 (1984).

Yakın, M., “Su bazlı verniklerde sertlik, parlaklık ve yüzeye yapışma mukavemetinin tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 10-15 (2001).

Yıldız, E., “Su Bazlı Boya ve Kaplamalar Beklentiler ve Su Bazlı Poliüretan Bağlayıcı Sistemleri”, *Tübitak*, 2-17 (1999).

Yıldız, S., “Odunda Isıl İşlem Uygulaması”, *Ahşap Teknik Dergisi*-7, Şubat, 6-10 (2005).

Yıldız, S., Physical, Mechanical, Technological and Chemical Properties of Fagus Orientalis and Picea Orientalis Wood Treated By Heat, PhD Thesis, **Blacksea Technical University**, Trabzon, Turkey, p: 245 (2002).

Yılğör, N., “Sıcaklığın Odunun Kimyasal Bileşenleri Üzerine Etkileri”, **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, 49 (2):77-81 (1999).

EKLER

EK-1. Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri



Şekil 7.1. Isıl işlemsiz su bazlı vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.2. Isıl işlemsiz sentetik vernikli ağaç malzemeler

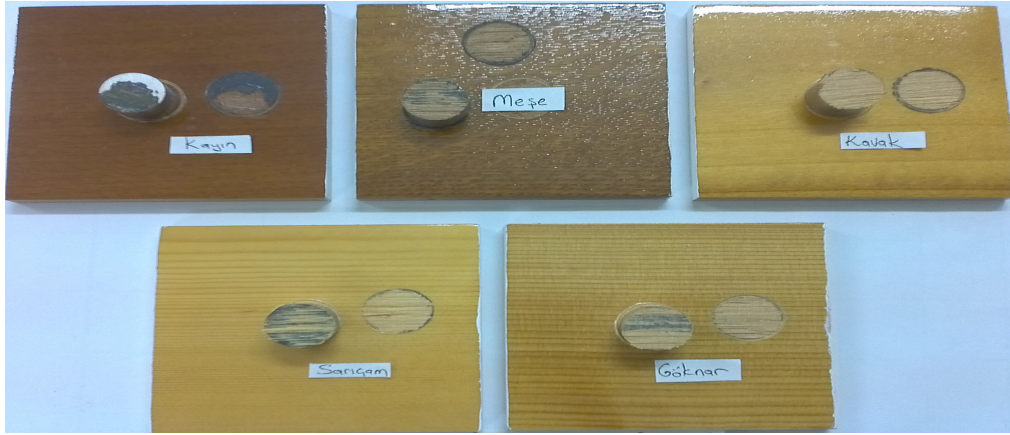


Şekil 7.3. Isıl işlemsiz parke vernikli ağaç malzemeler

EK-1. (Devam) Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri



Şekil 7.4. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemlili su bazlı vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.5. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemlili sentetik vernikli ağaç malzemeler

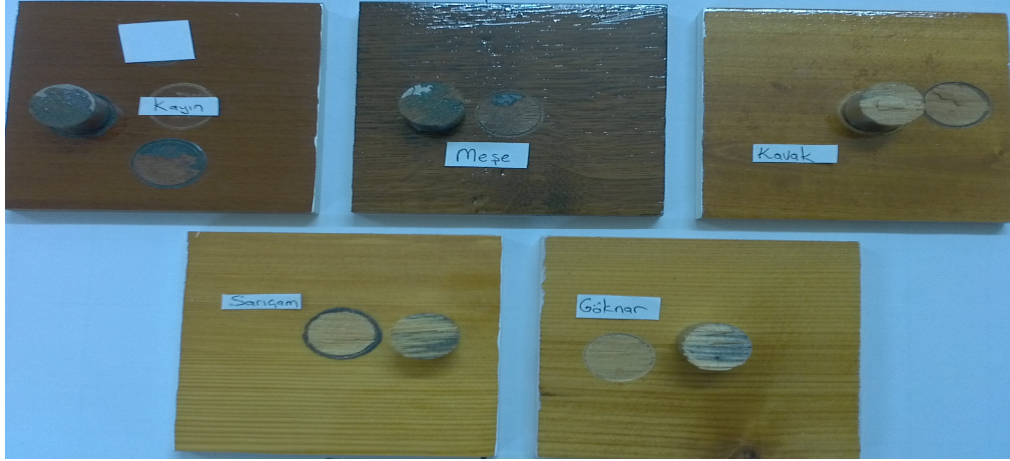


Şekil 7.6. (165 °C / 2 Saat) Isıl işlemlili parke vernikli ağaç malzemeler

EK-1. (Devam) Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri



Şekil 7.7. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemlili su bazlı vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.8. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemlili sentetik vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.9. (165 °C / 4 Saat) Isıl işlemlili parke vernikli ağaç malzemeler

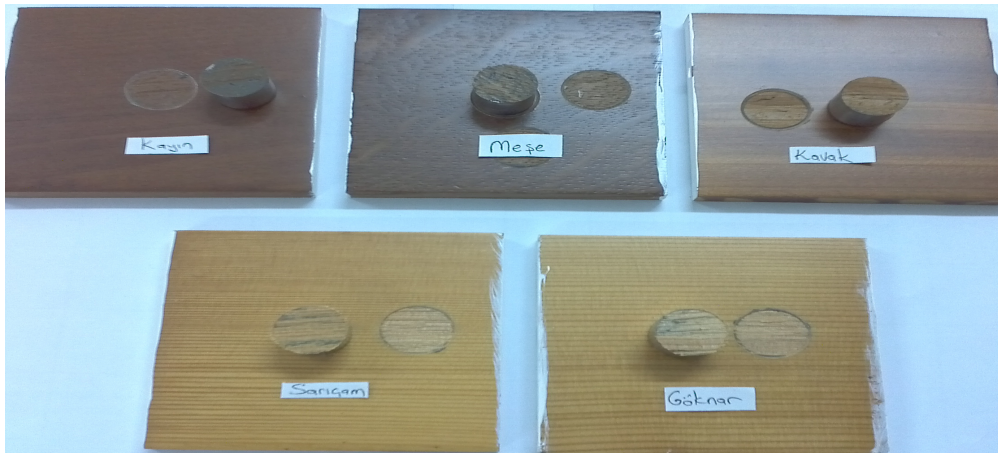
EK-1. (Devam) Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri



Şekil 7.10. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemlı su bazlı vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.11. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemlı sentetik vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.12. (175 °C / 2 Saat) Isıl işlemlı parke vernikli ağaç malzemeler

EK-1. (Devam) Yüzeye yapışma direnci deney numuneleri



Şekil 7.13. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli su bazlı vernikli ağaç malzemeler

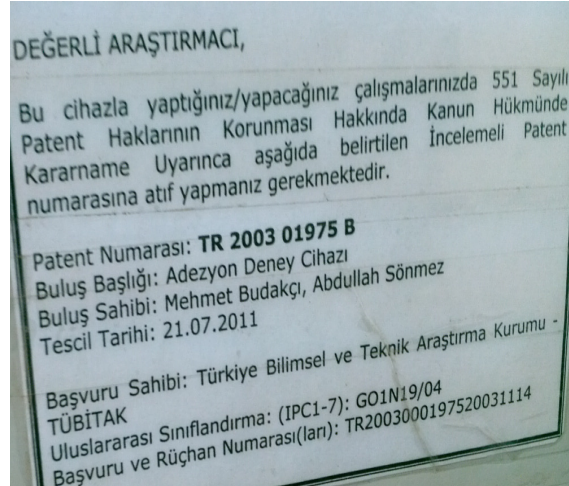


Şekil 7.14. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli sentetik vernikli ağaç malzemeler



Şekil 7.15. (175 °C / 4 Saat) Isıl işlemli parke vernikli ağaç malzemeler

EK-2. Yüzeye yapışma direnci deney düzeneği ve kullanılan tutkal



Şekil 7.16. Adezyon deney cihazı (Patent no: TR 2003 01975 B)



Şekil 7.17. 404 Metalik plastik çelik yapıştırıcı [Reçine (3 hacim)+Katalizör (1 hacim)]



Şekil 7.18. Yapışma deney örneklerine çelik silindirlerin yapıştırıldığı düzenek

EK-3. Pandüllü sertlik deney düzeneği



Şekil 7.19. Sertlik deneyinin yapıldığı ölçüm cihazı



Şekil 7.20. Sertlik deneyi için düzeneğe yerleştirilen göknar ağaç malzeme

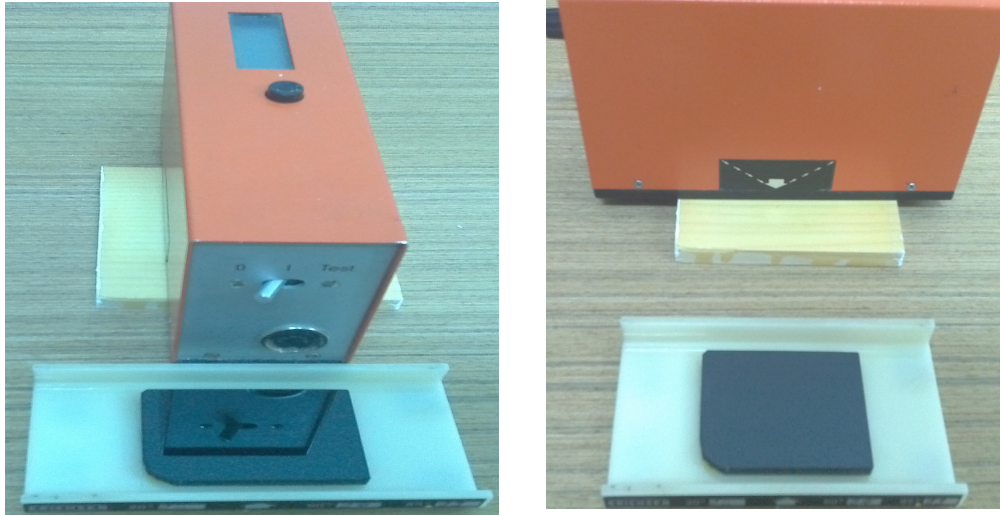


Şekil 7.21. Köning ölçme yöntemi (6°'den 3°'ye salınım yapan pandül)

EK-4. Boya/vernük katmanı yüzey parlaklık ölçüm cihazı



Şekil 7.22. Parlaklık ölçüme cihazı (gloss-meter)

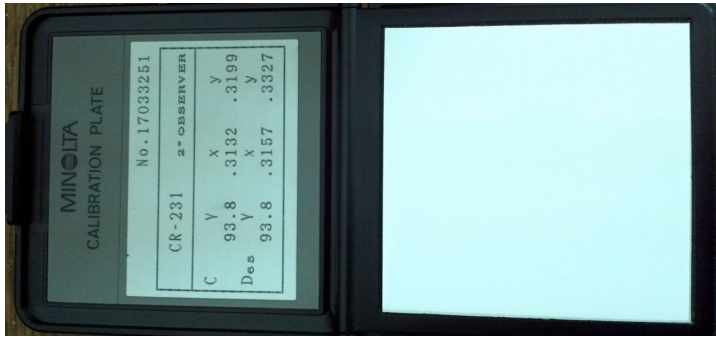


Şekil 7.23. Liflere dik ve liflere paralel parlaklık ölçümü

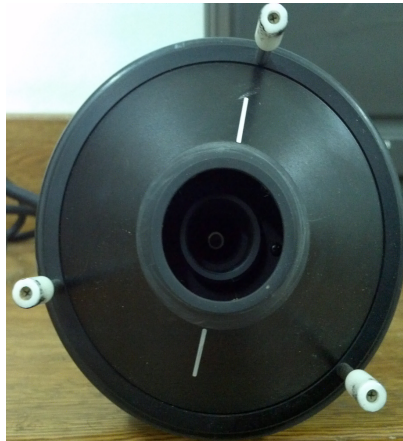
EK-5. Renk ölçüm cihazı



Şekil 7.24. Minolta CR-231 Renk ölçüm cihazı



Şekil 7.25. Renk ölçüm cihazı kalibrasyon plakası



Şekil 7.26. Ağaç malzeme lif yönüne paralel konan ölçüm başlığı

EK-6. İklimlendirme cihazından çıkartılan parçaların deneyin yapılacağı ana kadar muhafaza şekli



Şekil 7.27. Deney öncesi ortam şartlarından etkilenmemesi için Alüminyum folyo ve buzdolabı poşeti ile kaplanan ağaç malzemeler

EK-7. Montaj Üre formaldehit Kleiberit 871.1 Tutkalı Üretici Firma Broşürü

KLEIBERIT®



Sıcak pres tutkalı 871.1

Tek komponentli uygulamalar için hazırlanmış, toz formunda Üre reçine tutkalı DIN 68 705'e göre IF gerilim dayanımı gereklerini karşılar.

Uygulama alanları

- Doğal kaplamanın standart sunta, MDF veya diğer ağaç kökenli malzemelere yapıştırılması,
- Kaplama yapıştırma,
- Yüzey yapıştırma.

Avantajları

- Kolay çözünür, kaplama gözeneklerinden sızma geniş ölçüde engellenir.
- Uzun kap ömrü
- Suyla karıştırıldığı anda kullanıma hazır
- Değişik işlemler için uygun viskozite

Yapışma Özellikleri

- DIN 68 705' göre IF gerilim dayanımının gereklerine ulaşılabilir
- E1 emisyon sınıfı sunta kullanıldığında, uygulama talimatlarımıza uygun şekilde işlem gördüğünde, uygulama sonrasında da E1 emisyon standartları değerleri içerisinde kalır.

Toz tutkalın özellikleri

Baz:	Yoğunlaştırılmış Üre formaldehit reçinesi
Teslim şekli:	Toz
Renk:	beyaz
Tanımlama:	Alman GefStoff kanunlarına göre gerekli değildir, (bkz. Güvenlik bilgi formu.)

Uygulama Metodları

- Spatula
- Manuel tutkallama aparatları

Uygulama teknikleri

Karışım oranı:	100 birim (ağırlık olarak) toz tutkal 80 birim (ağırlık olarak) su (18-20° C)
----------------	--

Ölçü kabı kullanıldığı takdirde:	2 birim (hacim olarak) toz tutkal 1 birim (hacim olarak) su (18-20° C)
----------------------------------	---

Su miktarı çok az miktarda değiştirilebilir.

Karışım kabı cam, plastik ya da alüminyum olabilir. İlk olarak toz tutkal kaba konulmalı, daha sonra suyun üçte ikisi ilave edilmelidir. Bir karıştırma çubuğu ya da uygun bir araçla karışım da topak kalmayınca kadar karıştırılmalı daha sonra suyun kalan kısmı ilave edilmelidir. Tutkal karışımı hemen kullanılabilir.

KLEBSCHMIE M.G. - Becker GmbH + Co. KG - P.O. Box 1204 • 76353 Weingarten/Bd.
tel. +49 7244 620 • fax +49 7244 7000 • E-Mail: info@kleiberit.com, www.kleiberit.com

EK-7. (Devam) Montaj Üre formaldehit Kleiberit 871.1 Tutkalı Üretici Firma Broşürü

KLEIBERIT®

Sıcak Pres Tutkalı 871.1

Tutkal karışımının kıvamı: Kullanılacak kaplamanın özelliklerine göre viskozite ayarlanmalıdır

Tutkal karışımının kullanım süresi: 20° C'de yaklaşık 5 saat
30° C'de yaklaşık 3 saat

Uygulama miktarı: Yüzey kalitesine ve yapışacak yüzeylerin emiciliğine göre değişmekle birlikte, 100-150 g/m² uygulanmalıdır.

Açık zaman: Tutkallama ile prese verme arasındaki süre 10 dak. olabilir.

Besleme süresi: Presin kapanışına kadarki besleme süresi 1-2 dakika olabilir.
Yüksek sıcaklıklarda bu süre kısalmır!

Basınç yoğunluğu: 0.2-0.6 N/mm²

Presleme süresi:

pres sıcaklığı ° C	Dakika olarak baz süre	Isınma süresi/kaplama kalınlığı dakika/mm
70	8	2
80	6	2
100	3	1
120	2,5	0,5

Toplam presleme süresi baz süre ile ısınma süresinin toplamından oluşur. Verilen süreler, ağacın %8-10 nemli olduğu normal işlem şartlarına göre dir. Pres ebadına uymayan uzun parçaların dışarıda kalan kısımları 10 dakika içinde tekrar preslenebilir.

Temizleme
Çalışma aparatlarının soğuk suyla temizlenmesi önerilir.

Paketleme
KLEIBERIT Sıcak Pres Tutkalı 871.1 25 kg net torba

Stoklama
KLEIBERIT Sıcak Pres Tutkalı 871.1 hava almaksızın serin ve kuru bir yerde muhafaza edilmelidir.
Açılmamış ambalaj içerisinde raf ömrü: 20° C'de yaklaşık 6 ay
30° C'de yaklaşık 2 ay

Servis
Teknik departmanımızın danışmanlık servisi her zaman koşulsuz olarak hizmetinizdedir.
Yukarıda yer alan ifadeler bugüne kadar edindiğimiz deneyimlere dayanmaktadır. Bağlayıcılığı olmayan entomasyonlar olarak düşünülmemelidir. Lütfen ürünlerimizin size ait özel uygulamalar için uygunluğunu kendi testlerinizle sınavınız.

EX 1202 replaces earlier data sheets

AKTİM TUTKAL SAN. TİC. A.Ş.
TAŞDELEN CD NO:15 SİTELER/ANKARA
TEL.0312 353 44 43-353 89 79 FAX.0312 353 93 23

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YALINKILIÇ, Ahmet Cihangir

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti (T.C.)

Doğum tarihi ve yeri : 30.10.1976 Malatya

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (505) 551 53 42

E-mail : cihangir48@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü	2008
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi/Orman Fakültesi Orman Endüstri mühendisliği Bölümü	2000
Lise	Malatya Lisesi	1993

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-	Gazi Üni. / Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü	Araştırma Görevlisi
2003-2005	Dumlupınar Üni./Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü	Araştırma Görevlisi
2001-2003	Muğla Üni./ Milas Sıtkı Koçman M.Y.O. Restorasyon Programı	Öğretim Görevlisi
2000-2001	Çamsan Orman Ürünleri Paz. Tic. A.Ş. Parkelam Departmanı	Pazarlama Müdürü Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yalınkılıç, A.C., Sönmez,A. (2009). Ağaç Malzemede Su Bazlı Vernikler İle Su Çözücülü Ağaç Boyası Etkileşiminin Kahverengi Renk Tonuna Etkisi. *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 12 (2) (121-126).

SCI, SCI-EXP., SSCI, AHCI Tarafından Taranan Makaleler

Sogutlu, C., Demirci, Z., Dongel, N., Imirzi, H.O., Doruk, S., **Yalınkılıç, A.C.** (2011). The Determination of the Resistance to Burning of Some Wood Types Impregnated with Sodium Borate Solution. *Wood Research*, 56 (233-244).

Kongre

Demirci Z., Söğütü, C., Döngel N., İmirzi, H.Ö., Doruk, Ş., **Yalınkılıç, A.C.**, İlter, E., Balkız, Ö., (2009). The Effect of Impregnated Process with Sodiumborate to Mechanical Properties of Wooden Material, 4 th International Boron Symposium Eskişehir/TÜRKİYE

Atar, M., Keskin, H., Altınok, M., Döngel, N., **Yalınkılıç, A. C.**, Aksoy, E., (2010). Renk Açıcı Kimyasal Maddelerin Bazı Ağaç Malzeme Ve Verniklerin Kendi Kendine Yanma Sıcaklığına Etkileri, 11. Uluslararası Yanma Sempozyumu, SARAYBOSNA

Projeler

BOREN Tarafından Üretilen Emprenye Kimyasalının Ahşap Endüstrisinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması ve Endüstriyel Odunlara Uygulama Şartlarının Belirlenmesi (2007). T.C. Enerji Bakanlığı, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN).

Renk Açma İşleminin Ağaç Malzemenin Yanma Özelliklerine Etkileri (2010) (TÜBİTAK).

Isıl İşlemlili Ağaç Malzemenin Mobilya Üretiminde Uygunluğunun Araştırılması ve Geliştirilmesi (2013) Gazi Üniversitesi (BAP).

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, El sanatları, Mesleki teknik gezi ve fuarlar, v.s.