



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HİDROFOBİK MADDELERLE EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ
MALZEMELERİN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE MORFOLOJİK
YAPISINA TERMO-MEKANİK YOĞUNLAŞTIRMANIN ETKİSİ**

UMUTHAN ARISÜT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HÜSEYİN PELİT**

DÜZCE, 2021

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HİDROFOBİK MADDELERLE EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ
MALZEMELERİN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE MORFOLOJİK
YAPISINA TERMO-MEKANİK YOĞUNLAŞTIRMANIN ETKİSİ

Umuthan ARISÜT tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hüseyin PELİT
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hüseyin PELİT (Danışman)
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan Özgür İMİRZİ
Gazi Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 16/07/2021

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

16 Temmuz 2021

Umuthan ARISÜT



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Hüseyin PELİT'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma, katkılarından dolayı Prof. Dr. Mehmet BUDAKÇI ve Doç. Dr. Hasan Özgür İMİRZİ'ye, Batman Üniversitesindeki mesai arkadaşlarıma, özellikle verdiği desteklerinden dolayı sevgili dostum Ali ALKAN'a ve kıymetli eşi Gülşah ALKAN'a, her zaman yanımda olup her fırsatta desteğini hissettiren canım aileme en içten sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

16 Temmuz 2021

Umuthan ARISÜT

İÇİNDEKİLER

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR.....	XII
SİMGELER	XIII
ÖZET	XIV
ABSTRACT	XV
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ	4
2.1.1. Ağacın Genel Yapısı.....	4
2.1.1.1. Ağacın Dokusu.....	4
2.1.1.2. Hücre Çeperinin Yapısı	6
2.1.2. Ağaç Malzemede Yoğunluk ve Yoğunluk Parametreleri	7
2.1.2.1. Hava Boşluğu Oranı (Porozite).....	7
2.1.2.2. Yıllık Halka Genişliği.....	8
2.1.2.3. Ağaçta Bulunduğu Yer.....	8
2.1.2.4. Reaksiyon Odunu	9
2.1.2.5. Su Miktarı	9
2.1.2.6. İlkbahar ve Yaz Odunu Oranı.....	9
2.1.2.7. Ağaç Yaş Artışı.....	9
2.2. AĞAÇ MALZEMENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	9
2.2.1. Renk.....	9
2.2.1.1. Rengin Tanımlanması	10
2.2.1.2. Munsell Renk Sistemi	10
2.2.1.3. Doğal Renk Sistemi.....	11
2.2.1.4. CIELab Sistemi	12
2.2.1.5. Renk Ölçüm Metodları.....	14
2.2.2. Parlaklık.....	15
2.2.3. Pürüzlülük	17
2.2.3.1. Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri.....	19
2.2.3.2. Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler	20
2.2.4. Temas Açısı (Islanabilirlik)	22
2.3. EMPRENYE İŞLEMİ	24
2.3.1. Emprenyenin Amacı ve Önemi.....	25
2.3.2. Emprenye Yöntemleri.....	25
2.3.2.1. Basınç Uygulanan Yöntemler	25
2.3.2.2. Basınç Uygulanmayan Yöntemler.....	26
2.3.3. Hidrofobik (Su İtici) Maddeler	27

2.3.3.1. Parafin	28
2.3.3.2. Bezir Yağı.....	29
2.3.3.3. Stiren.....	29
2.4. AĞAÇ MALZEMENİN YOĞUNLAŞTIRILMASI.....	30
2.4.1. Yoğunlaştırma Yöntemleri.....	31
2.5. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM).....	34
2.5.1.1. Taramalı Elektron Mikroskopunun Çalışma Prensipleri.....	35
2.5.1.2. Elektron Demeti ile Numune Etkileşimi.....	36
2.6. AĞAÇ MALZEME.....	37
2.6.1. Uludağ Göknarı (<i>Abies bornmülleriana</i> Mattf.)	37
2.6.2. Titrek Kavak (<i>Populus tremula</i> L.).....	38
2.7. LİTERATÜR ÖZETİ.....	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	49
3.1. MALZEME	49
3.1.1. Ağaç Malzeme.....	49
3.1.2. Hidrofobik (Su İtici) Maddeler	49
3.1.2.1. Parafin	49
3.1.2.2. Bezir Yağı.....	50
3.1.2.3. Stiren.....	50
3.1.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması.....	50
3.1.4. Emprenye İşlemi	51
3.1.5. Yoğunlaştırma	52
3.1.6. Deney Örneklerinin Ölçülendirilmesi	53
3.2. YÖNTEM	54
3.2.1. Retensiyon Değerinin Belirlenmesi.....	54
3.2.2. Hava Kurusu Yoğunluğun Belirlenmesi	55
3.2.3. Renk Değişiminin Belirlenmesi.....	55
3.2.4. Parlaklığın Belirlenmesi	56
3.2.5. Pürüzlülüğün Belirlenmesi.....	56
3.2.6. Temas Açısının (Islanabilirlik) Belirlenmesi	57
3.2.7. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) Analizi.....	58
3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi.....	59
4.BULGULAR VE VERİ ANALİZİ	61
4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	61
4.1.1. Retensiyon.....	61
4.1.2. Hava Kurusu Yoğunluk.....	61
4.1.3. Pürüzlülük	62
4.1.4. Parlaklık.....	68
4.1.5. Toplam Renk Değişimi (ΔE^*).....	71
4.1.6. Temas Açısı.....	76
4.2. SEM ANALİZLERİ	81
4.2.1. Uludağ Göknarı.....	81
4.2.2. Titrek Kavak	89
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
5.1. PÜRÜZLÜLÜK	99
5.2. PARLAKLIK	101
5.3. TOPLAM RENK DEĞİŞİMİ (ΔE^*)	103

5.4. TEMAS AÇISI	105
6.KAYNAKLAR.....	109
7.EKLER.....	119
7.1. EK:1 DENEY ÖRNEKLERİNİN L^* RENK DEĞERLERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR.	119
7.2. EK:2 DENEY ÖRNEKLERİNİN A^* RENK DEĞERLERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR.	120
7.3. EK:3 DENEY ÖRNEKLERİNİN B^* RENK DEĞERLERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR.	121
ÖZGEÇMİŞ.....	122



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Hücre çeperinin enine görünüşü	5
Şekil 2.2. Hücre çeperi tabakaları	5
Şekil 2.3. Hücre duvarı sistematığı	6
Şekil 2.4. Munsell renk sistemi	11
Şekil 2.5. Doğal Renk Sistemi (NCS) uzaydaki doygun renklerin gösterimi	11
Şekil 2.6. Doğal renk sistemi NCS'nin renk uzayının, bir renk tonundaki farklı doygunluk ve ışıklılıktaki renklerin toplu görünümü	12
Şekil 2.7. X ve y koordinatları cinsinden renk ışıklılık düzlemleri kromatik diyagramı	13
Şekil 2.8. CIELab renk uzayının L, a ve b koordinatları ile ve bunların ifade ettiği renklerin gösterimi.	13
Şekil 2.9. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60° de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri	16
Şekil 2.10. a) Gönderilen ve algılanan ışık, b) %100 gönderilen ışık ve %10 yansıyan ışık, c) %100 gönderilen ışık ve %85 yansıyan ışık	17
Şekil 2.11. İşlenmiş yüzeylerdeki pürüzlülük profili	18
Şekil 2.12. Ağaç malzemenin işlenmesinde pürüzlülüğünü etkileyen faktörler	21
Şekil 2.13. Düz bir katı yüzey üzerinde ve gaz ile çevrili sıvı damlasının denge durumu.	22
Şekil 2.14. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi	24
Şekil 2.15. Sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin neme maruz kalması sonucu meydana gelen geri esneme	31
Şekil 2.16. THM yönteminde kullanılan kapalı sistem bir presin şematik görünümü ..	32
Şekil 2.17. TM yoğunlaştırmada ahşabın hücre çeperinde meydana gelen deformasyon	33
Şekil 2.18. Taramalı elektron mikroskopunun şematik görüntüsü.	36
Şekil 2.19. Elektron demeti ile numune etkileşimi	37
Şekil 3.1. Metal kalıplara yerleştirilmiş örnekler.	52
Şekil 3.2. Deney örneklerinin yoğunlaştırılması.	53
Şekil 3.3. Yoğunlaştırılmış örneklerin basınç altında soğutulması.	53
Şekil 3.4. CIEL*a*b* renk koordinat sistemi	55
Şekil 3.5. BYK-Gardner Spectrophotometer renk ve parlaklık ölçüm cihazı.	56
Şekil 3.6. Pürüzlülük ölçümü	57
Şekil 3.7. Temas açısı test cihazı	58
Şekil 3.8. Kavak odununda temas açısı ölçümü.	58
Şekil 3.9. Denton Vacuum Desk V makinası ile örnek yüzeylerinin altın metali ile kaplanması	59
Şekil 3.10. SEM görüntüleme cihazı ve örneklerin cihaza yerleştirilmesi ve ölçümü ...	59
Şekil 4.1. Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) göknar odununda SEM görüntüsü	81
Şekil 4.2. 120 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü	81
Şekil 4.3. 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü	82
Şekil 4.4. 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü	82
Şekil 4.5. Parafin ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü	83
Şekil 4.6. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C'de %20 sıkıştırılmış göknar	

odununda SEM görüntüsü.....	83
Şekil 4.7. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	84
Şekil 4.8. Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	84
Şekil 4.9. Beziryağı ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü.....	85
Şekil 4.10. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	85
Şekil 4.11. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	86
Şekil 4.12. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	87
Şekil 4.13. Stiren emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü.....	87
Şekil 4.14. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	88
Şekil 4.15. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	88
Şekil 4.16. Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü.....	89
Şekil 4.17. Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) kavak odununda SEM görüntüsü.....	89
Şekil 4.18. 120 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	90
Şekil 4.19. 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	90
Şekil 4.20. 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	91
Şekil 4.21. Parafin ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü.....	91
Şekil 4.22. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	92
Şekil 4.23. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	92
Şekil 4.24. Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	93
Şekil 4.25. Beziryağı ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü.....	94
Şekil 4.26. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	94
Şekil 4.27. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	95
Şekil 4.28. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	95
Şekil 4.29. Stiren emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü.....	96
Şekil 4.30. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	96
Şekil 4.31. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	97
Şekil 4.32. Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü.....	97

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması	16
Çizelge 2.2. Farklı pürüzlülük yöntemlerinin özellikleri.....	20
Çizelge 2.3. Katı/Sıvı arasındaki ıslanma derecelendirmeleri	23
Çizelge 2.4. Uludağ göknarı odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.	38
Çizelge 2.5. Titrek kavak odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.....	39
Çizelge 3.1. Katı parafinin özellikleri.....	49
Çizelge 3.2. Bezir yağının özellikleri.	50
Çizelge 3.3. Stiren monomerinin özellikleri.....	50
Çizelge 3.4. Sıkıştırma oranlarına göre deney örneklerinin taslak ölçüleri	51
Çizelge 3.5. Yoğunlaştırma varyasyonları.....	52
Çizelge 3.6. Uygulanacak testlere göre örnek ölçüleri ve sayıları.....	54
Çizelge 4.1. Deney örneklerinin retensiyon değerleri (kg/m^3).	61
Çizelge 4.2. Deney örneklerinin hava kurusu değerlerine ait aritmetik ortalamalar (g/cm^3).....	62
Çizelge 4.3. Pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).	63
Çizelge 4.4. Pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 4.5. Ağaç türü düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	64
Çizelge 4.6. Emprenye maddesi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	64
Çizelge 4.7. Yoğunlaştırma düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	65
Çizelge 4.8. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	65
Çizelge 4.9. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).....	66
Çizelge 4.10. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	66
Çizelge 4.11. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).	67
Çizelge 4.12. Parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar.	68
Çizelge 4.13. Parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	69
Çizelge 4.14. Ağaç türü düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	69
Çizelge 4.15. Emprenye maddesi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	69
Çizelge 4.16. Yoğunlaştırma düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	70
Çizelge 4.17. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	70
Çizelge 4.18. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	71
Çizelge 4.19. Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerine ait aritmetik ortalamalar.	71
Çizelge 4.20. Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin varyans analizi sonuçları.	72
Çizelge 4.21. Ağaç türü düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	73

Çizelge 4.22. Emprenye maddesi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	73
Çizelge 4.23. Yoğunlaştırma düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	73
Çizelge 4.24. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	74
Çizelge 4.25. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	74
Çizelge 4.26. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	75
Çizelge 4.27. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	75
Çizelge 4.28. Temas açısı değerlerine ait aritmetik ortalamalar.....	76
Çizelge 4.29. Temas açısı değerlerinin varyans analizi sonuçları.	77
Çizelge 4.30. Ağaç türü düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	78
Çizelge 4.31. Emprenye maddesi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	78
Çizelge 4.32. Yoğunlaştırma düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	78
Çizelge 4.33. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	79
Çizelge 4.34. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.	79
Çizelge 4.35. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.....	80

KISALTMALAR

ANOVA	Analysis of Variance
ANSI	Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü
ASTM	American Society for Testing and Materials
CIELab	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
Dk.	Dakika
HG	Homojenlik Grubu
ISO	International Standart Organization
LDN	Lif Doygunluğu Noktası
LSD	En Küçük Önemli Aralık
M _{es}	Emprenye sonrası yaş ağırlık
M _{eö}	Emprenye öncesi ağırlık
MOE	Elastikiyet Modülü
MOR	Eğilme Direnci
NCS	Natural Color System
Ns	Önemsiz
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SO	Sıkıştırma oranı
St. S	Standart sapma
THM	Thermo Hygro Mechanical – Termo Higio Mekanik
TM	Thermo Mechanical – Termo Mekanik
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TVM	Termo Vibro Mekanik
VTC	Viscoelastic Thermal Compression

SİMGELER

a^*	Kırmızı renk değeri
b^*	Sarı renk değeri
b	Hava boşluğu
cm	Santimetre
cm^2	Santimetrekaire
cm^3	Santimetreküp
ϕ	Hücre çeperi maddesi
D_0	Tam kuru yoğunluk
D_{12}	Hava kurusu yoğunluk
E_m	Eğilmede elastikiyet modülü, N/mm^2
eV	Elektron volt
g	Gram
GPa	Gigapascal
keV	Kiloelektron volt
L^*	Beyaz renk değeri
M	Kütle
m	Metre
mm	Milimetre
mm^2	Milimetrekaire
MPa	Megapascal
N	Newton
r	Rutubet
Ra	Ortalama pürüzlülük, μm
V	Hacim
$V.K$	Varysyon katsayısı
δ_0	Tam kuru yoğunluk, g/cm^3
δ_{12}	Hava kurusu yoğunluk, g/cm^3
α_k	Kalınlık artış (şişme) oranı, %
σ_b	Liflere paralel basınç direnci, N/mm^2
σ_e	Eğilme direnci, N/mm^2
ΔL^*	Rengin açıklık veya koyuluk değerindeki değişim
Δb^*	Sarı renk tonundaki değişim
Δa^*	Kırmızı renk tonundaki değişim
μm	Mikron
$\bar{x}$	Aritmetik Ortalama
θ_c	Temas açısı,
γ_{SG}	Gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimi
γ_{SL}	Sıvı-katı yüzey gerilimi
γ_{LG}	Gaz-sıvı yüzey gerilimi

ÖZET

HİDROFOBİK MADDELERLE EMPRENYE EDİLMİŞ AĞAÇ MALZEMELERİN BAZI YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE MORFOLOJİK YAPISINA TERMO-MEKANİK YOĞUNLAŞTIRMANIN ETKİSİ

Umuthan ARISÜT

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin PELİT

Temmuz 2021, 121 sayfa

Bu çalışmada; hidrofobik (su itici) maddeler ile emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı yüzey özellikleri ve morfolojik yapısı üzerine termo-mekanik yoğunlaştırmanın etkisi araştırılmıştır. Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunlarından hazırlanan örnekler ön vakum işleminden sonra parafin, bezir yağı ve stiren ile emprenye edilmiştir. Emprenyeli örnekler daha sonra termo-mekanik yöntem ile üç farklı sıcaklık (120 °C, 150 °C ve 180 °C) ve iki farklı sıkıştırma oranında (%20 ve %40) yoğunlaştırılmıştır. Ahşap örneklerde, yüzey özelliklerini belirlemek için pürüzlülük (TS 6212 EN ISO 4288), parlaklık (TS EN ISO 2813), renk değişimi (ASTM D 2244) ve ıslanabilirlik (temas açısı) testleri yapılmıştır. Ayrıca ahşap örneklerin morfolojik yapısındaki değişimleri tespit etmek için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, yoğunlaştırılmış ahşap örneklerin morfolojik yapısını ve test edilmiş yüzey özelliklerini emprenye işlemleri önemli derecede etkilemiştir. Özellikle stiren ve parafin ile emprenye edilmiş ahşap örneklerde daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yoğunlaştırma sıcaklığı ve sıkıştırma oranındaki artışa bağlı olarak emprenye edilmiş göknar ve kavak örneklerde pürüzlülük değerleri sırası ile %63 ve %72 oranına kadar azalırken, temas açısı değerleri sırası ile %68 ve %71 oranına kadar artmıştır. Böylece daha düzgün ve ıslanabilirliği düşük hidrofobik yüzeyler elde edilmiştir. Ayrıca, sıkıştırma oranındaki artışa bağlı olarak tüm deney örneklerinde (özellikle parafin ile emprenye edilmiş) parlaklık değerleri artmıştır. Toplam renk değişimi (ΔE^*) açısından, yüksek sıcaklıkta (180 °C) ve yüksek sıkıştırma oranında (%40) yoğunlaştırılmış özellikle bezir yağı ile emprenye edilmiş örneklerde daha yüksek değerler belirlenmiştir. SEM analizlerinde, yoğunlaştırma aşamasında emprenyesiz örneklerde meydana gelen önemli hücre deformasyonlarının (çatlama, kırılma, kopma vb.), hidrofobik maddeler ile emprenye yapılmış deney örneklerinde oluşmadığı ve hücrelerin daha çok elastik burkulma veya bükülme şeklinde bir deformasyona uğradığı görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Ağaç malzeme, Emprenye, Morfolojik yapı, Termo-Mekanik Yoğunlaştırma, Yüzey özellikleri.

ABSTRACT

THE EFFECT OF THERMO-MECHANICAL DENSIFICATION ON SOME SURFACE PROPERTIES AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF WOOD MATERIALS IMPREGNATED WITH HYDROPHOBIC SUBSTANCES

Umuthan ARISÜT

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Wood
Products Industrial Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hüseyin PELİT

July 2021, 121 pages

In this study; the effect of thermo-mechanical densification on some surface properties and morphological structure of wood materials impregnated with hydrophobic (water-repellent) substances was investigated. Samples prepared from Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) and aspen (*Populus tremula* L.) woods were impregnated with paraffin, linseed oil and styrene after pre-vacuum treatment. Then, the impregnated samples were densified by thermo-mechanical method at three different temperatures (120 °C, 150 °C and 180 °C) and two different compression ratios (20% and 40%). Roughness (TS 6212 EN ISO 4288), gloss (TS EN ISO 2813), color changes (ASTM D 2244) and wettability (contact angle) tests were performed on wood samples to determine surface properties. In addition, scanning electron microscopy (SEM) analyzes were performed to determine the changes in the morphological structure of the wood samples. According to the study results, impregnation processes significantly affected the morphological structure and tested surface properties of the densified wood samples. Especially, more successful results were obtained in wood samples impregnated with styrene and paraffin. Depending on the increase in the densification temperature and compression ratio, the roughness values of the impregnated fir and poplar samples decreased up to 63% and 72%, respectively, while the contact angle values increased up to 68% and 71%, respectively. Thus, more smooth and hydrophobic surfaces with low wettability were obtained. In addition, gloss values increased in all test samples (especially paraffin treated) depending on the increase in compression ratio. In terms of total color change (ΔE^*), higher values were determined, especially in linseed oil treated samples, which were densified at high temperature (180 °C) and high compression ratio (40%). In the SEM analyzes, it was observed that the significant cell deformations (cracking, breaking, rupture, etc.) that occurred in the un-impregnated samples during the densification phase did not occur in the test samples impregnated with hydrophobic substances, and the cells were mostly deformed in the form of elastic buckling or bending.

Keywords: Impregnation, Morphological structure, Thermo-Mechanical Densification, Surface Properties, Wood material.

1. GİRİŞ

Yapı malzemeleri arasında tarih boyunca kullanılan en eski materyallerden biri de ağaç malzemedir. Ağaç malzeme; estetik ve yapısal özelliklerinden dolayı iç dekorasyonda, mobilya üretiminde ve ahşap yapılarda kullanılan temel malzemelerden biridir. Diğer yapı malzemeleri ile kıyaslandığında ağırlığına nazaran, mukavemet özelliklerinin yüksekliği, elektrik ve sıcaklığı izole etmesi, çivilenme ve birleştirme marifeti, kolay işlenmesi ve esneklik gibi üstün özelliklerinden dolayı devamlı bir şekilde kullanılmaktadır (Erten, 1988).

Günümüzde çok değerli bir mühendislik malzemesi olan ve teknolojik ilerlemelerle daha da kullanışlı hale gelen ağaç malzemeyi hammaddeler arasında en önde tutan özelliklerinden bir diğeri birçok talebe cevap verebilecek çeşitliliği, boyutu, kullanıma uygun deseni ile her koşulda temin edilebilme özelliğidir (Ross, 2010; Gürleyen, 2018).

Ağaç malzemenin belirtilen olumlu özelliklerinin yanı sıra organik bir malzeme olmasından kaynaklanan yanabilme özelliği, böcekler ve mantarlar tarafından tahrip edilebilmesi, havanın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak boyutlarını değiştirebilmesi ve güneş ışınlarının etkisiyle renginin solması onun sakıncalı özellikleri olarak kabul edilmektedir (Kurtoğlu, 2000). Ağaç malzemenin kullanım yerinde ömrünün arttırılması için birçok yöntem kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin emprenyesi ve çeşitli yöntemlerle yapılan odun modifikasyonları bunların en önemlilerindendir. Bu yöntemler sayesinde ağaç malzemenin olumsuz özellikleri iyileştirilmektedir (Can, 2018).

Ağaç malzeme, insanlığın ihtiyaçlarını çoğu alanda en eski zamanlardan bu yana karşılamış ve günümüzde teknolojik ilerlemeler ile birlikte daha fazla kullanım alanına sahip endüstriyel bir ürün olmuştur. Yeni kullanım alanlarının ve insan nüfusunun artmasıyla ağaç malzemeye olan rağbet artmakta fakat orman mevcudunun gün geçtikçe azalmasına sebep olmaktadır. Mevcut durum, kaynakların çok daha verimli bir şekilde değerlendirilmesini, düşük mukavemet özelliklerine sahip ağaç türlerinin modifikasyonu ile çeşitli sektörlerde kullanımını ve farklı malzemeler meydana getirmeyi zorunlu kılmaktadır (Pelit, 2014).

Emprenye edilmiş ahşap malzeme, estetik görünüşü, ekonomik oluşu, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı dayanıklı olmasından dolayı önemli bir yapı malzemesidir. Emprenye edilmiş ahşap; çatı elamanları, doğrama ve kaplama malzemesi, kalıp ve iskelelerde taşıyıcı ve dekoratif malzeme olarak kullanılmaktadır (Kartal, 2000; Can, 2018).

Ağaç malzemedeki emprenye işlemleri ile su itici bir engel oluşturularak, su alma oranı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Kullanılan maddelere ve miktarlarına bağlı olarak, su itici maddeler hücre boşluklarını doldurmakta, dış yüzeylerde ve kısmi olarak iç yüzeylerde depolanmaktadır. Böylece odun yüzeyi hidrofobik özellik göstermekte ve su alma oranı düşmektedir (Koski, 2008; Tomak, 2011). Su itici maddeler tam olarak su alımını engellemese de, ağaç malzemenin dış hava koşullarında kullanılmasında en etkili maddelerdir. Su itici maddeler ayrıca, ağaç malzemedeki mantar ve mikroorganizmaların gelişimi için ihtiyaç duyduğu rutubet miktarını düşürerek, bu zararlılara karşı ahşabı korurlar (Williams ve Feist, 1999; Tomak, 2011).

Ağaç malzemenin birçok özelliğinde olduğu gibi, mekanik direnç özellikleri de yoğunluğu ile yakından ilişkilidir. Özellikle hızlı büyüyen ağaç türleri daha fazla boşluklu dokular oluşturur ve bu duruma bağlı olarak da bu türlerin yoğunlukları nispeten düşüktür. Düşük yoğunluk değerlerine sahip çok fazla ilgi çekici olmayan bu ağaç türleri yoğunlaştırma modifikasyonu ile daha dirençli ve değerli hale getirilerek uygulama ve kullanım alanları artırılabilir (Pelit, 2014). Ağaç malzeme basınç altında sıkıştırılarak, hücre çeperine bazı kimyasalların emdirilmesiyle (emprenye) veya sıkıştırma ile emprenye işlemlerinin birlikte kullanılması ile yoğunlaştırılabilir (Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit, Sönmez ve Budakçı, 2014). Sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin en önemli dezavantajı, su ile temas ettiğinde veya neme maruz kaldığında, sıkıştırılmadan önceki başlangıç ölçülerine geri dönme (geri esneme) eğiliminde olmasıdır (Seborg, Millett ve Stamm, 1956; Pelit, 2014). Ayrıca yoğunlaştırma işleminin ağaç malzemedeki meydana getirdiği bir diğer dezavantajlı durum ise normal atmosferik koşullar altında sıkıştırılmış ağaç malzemenin hücre çeperinde çatlama, kırılma ve kopma gibi deformasyonların meydana gelebilmesidir (Rautkari, Properzi, Pichelin ve Hughes, 2010).

Ağaç malzemenin makroskopik özelliği denilince, dışarıdan gözle veya bir büyüteç ile görülebilen ya da hissedilebilen özellikleri anlaşılır. Bunlar, iki kategoriye ayrılır. Birincisi, odunun anatomik yapısının veya hücre dokusunun dışarıya akseden ve doğrudan gözle veya bir lupla görülebilen öz, öz ışınları ve lekeleri, yıllık halkalar, öz

odun ve diri odun, reçine kanalları gibi kaba, strüktürel özelliklerdir. Bunlara, kısaca, enine, radyal ve teğet kesitlerde görülebilen özellikler de denilebilir. Diğerleri ise, renk, parlaklık, tekstür, koku, tad, ağırlık, sertlik gibi fiziksel orijinli özelliklerdir. Ağaç türlerinin teşhisinde yardımcı olan bu özellikler kullanım yerine en uygun ahşabın belirlenmesinde de büyük önem taşırlar (Berkel, 1970).

Ahşabın mekanik yoğunlaştırması üzerine yapılan birçok araştırma, yoğunlaştırma öncesinde, sırasında veya sonrasında farklı kimyasal veya termal işlem yöntemlerini kullanarak sıkıştırılmış kalınlığın kalıcı olarak sabitlenmesine odaklanmıştır (Pelit ve Emiroğlu, 2021). Önceki bir yüksek lisans tezi çalışmasında, termo-mekanik yoğunlaştırılmış ahşap malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine su itici özellikteki maddeler (bezir yağı, parafin, stiren) ile emprenye işlemlerinin etkisi belirlenmiştir (Emiroğlu, 2018). Çalışma sonucunda, özellikle stiren ön işlemleri yoğunlaştırılmış örneklerde boyutsal stabilite neredeyse tamamen sağlanmış ve bu örneklerde mekanik direnç önemli derecede artmıştır. Önceki çalışmanın devamı niteliğinde olan bu tez çalışmasının amacı, hidrokopik (su itici) maddelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin bazı yüzey özellikleri ve morfolojik yapısı üzerine termo-mekanik yoğunlaştırmanın etkisini belirlemektir.

Çalışmada, Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve Titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunlarından hazırlanmış örnekler su itici özellikteki maddeler (parafin, bezir yağı ve stiren) ile emprenye edilmiştir. Emprenyeli örnekler daha sonra termo-mekanik yöntem ile üç farklı sıcaklık (120 °C, 150 °C ve 180 °C) ve iki farklı sıkıştırma oranında (%20 ve %40) sıkıştırılarak yoğunlaştırılmıştır. Örneklerin yüzey özelliklerini belirlemek için renk (ASTM D 2244), parlaklık (TS EN ISO 2813), pürüzlülük (TS 6212 EN ISO 4288) ve temas açısı/ıslanabilirlik ölçüm testleri, morfolojik özelliklerini belirlemek için ise taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda elde edilen veriler kontrol grupları ile karşılaştırılarak yorumlanmış ve endüstriyel uygulamalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. AĞAÇ MALZEMENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

2.1.1. Ağacın Genel Yapısı

Ağaç uzun ömürlü, her yıl boy ve çap artımı yapan, odunsu dokulara sahip bir bitki olup boyu 5 m'den fazladır. Yaşayan bir ağaç kök, gövde ve taç kısımlarında oluşur. Gövde, köklerin topraktan su ve erimiş hâlde aldıkları kalsiyum, potasyum, fosfor, kükürt, demir, magnezyum ve azot gibi mineral tuzlarından oluşan ham besi suyunu yapraklara iletir. Gövdenin odun tabakası, açık hava iklim şartları ve yaralanmalara karşı koruyan kabuk ile örtülüdür. Kabuk; iç kabuk ve dış kabuk olmak üzere iki kısımdan oluşur (Örs ve Keskin, 2008).

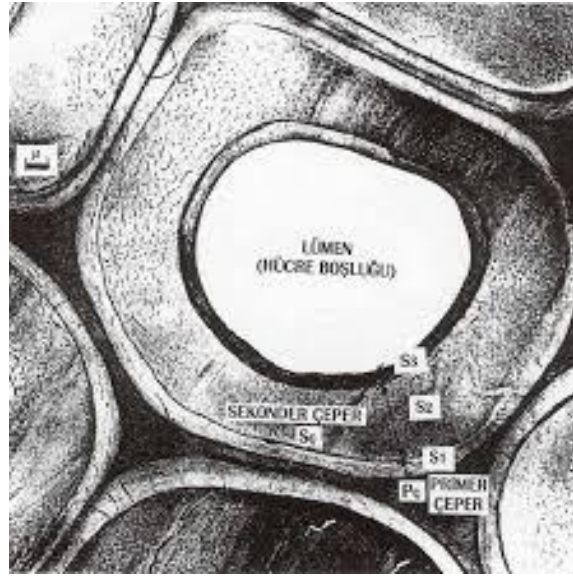
Odunsu bitkilerde iç kabuk (floem) ile odun arasında kambiyum denilen, kök, gövde ve dalları tamamen saran üreyimli bir doku vardır. Kambiyum tabakası her yıl iç tarafa doğru odun (ksilem) ve dış tarafa doğru yeni iç kabuk hücreleri meydana getirir. Böylece kambiyum hücreleri her yıl vejetasyon periyodunda iç tarafa doğru bölünerek yıllık odun halkası, dış tarafa doğru ise yıllık kabuk halkası oluşturarak ağaçta çap artımını sağlar. Buna sekonder büyüme veya sekonder kalınlaşma denir. Ağaç gövdesinde odun kısmının ortasında öz vardır. Ağaç fidan halinde iken öz, ilk yıllarda ham besi suyunun yapraklara iletilmesini sağlar. Yapısı bölmeli ve sünger şeklinde olan öz kısmı ağaçta yalnızca gövdede bulunur. Köklerde bulunmadığından kök odunu gövde odunundan kolaylıkla ayırdedilir (Örs ve Keskin, 2008).

Hücre bölünmeleri vejetasyon döneminde ilkbaharla başlar ve azalan bir hızla sonbaharda havaların soğumasına kadar sürer. Gövde, dal ve kök uçlarındaki uç meristemlerin bölünmesi ile boyuna artım sağlayan yeni dokular oluşur. Ağaçta boyuna yönde artıma primer büyüme denir (Örs ve Keskin, 2008).

2.1.1.1. Ağacın Dokusu

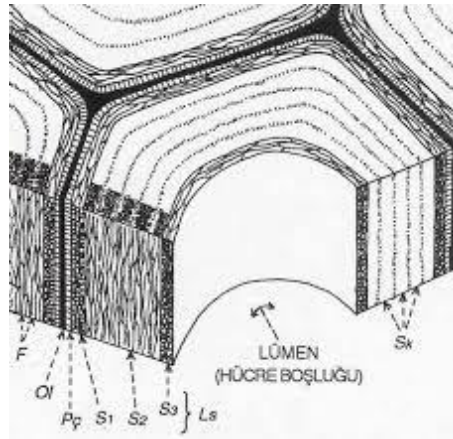
Odun, hücre adı verilen birimlerden oluşur. Her odunsu hücre diğerine yapıştırıcı madde niteliğindeki gerçek orta lâmel tabakası ile bağlıdır. Odunsu hücrede belirli kalınlıkta bir

hücre çeperi ile bu çeperin sınırladığı bir hücre boşluğu (lümen) vardır (Şekil 2.1). Canlı hücrelerin lümenlerinde protoplazma bulunur (Örs ve Keskin, 2008).



Şekil 2.1. Hücre çeperinin enine görünüşü (Örs ve Keskin, 2008).

Aynı ödevi gören hücre toplulukları dokuları meydana getirirler. Odunda ödevleri birbirinden farklı iletim, destekleme, depo etme veya beslenme olmak üzere üç çeşit doku oluşmaktadır. Hücre bölünmesi ile meydana gelen bir hücre ince bir primer çeper ile kuşatılmıştır. Odunsu hücre son şeklini ve boyutlarını aldıktan sonra protoplazma faaliyeti ile primer çeper tabakası üzerinde sekonder çeper tabakası oluşarak hücre çeperi kalınlaşmaya başlar. Sekonder hücre çeperi tabakası dıştan lümeneye doğru S₁ (dış), S₂ (orta), S₃ (iç) olmak üzere genellikle üç tabakadan ibarettir. Orta tabaka en kalın olup, iç tabaka bazı hallerde bulunmayabilmektedir (Şekil 2.2), (Örs ve Keskin, 2008).



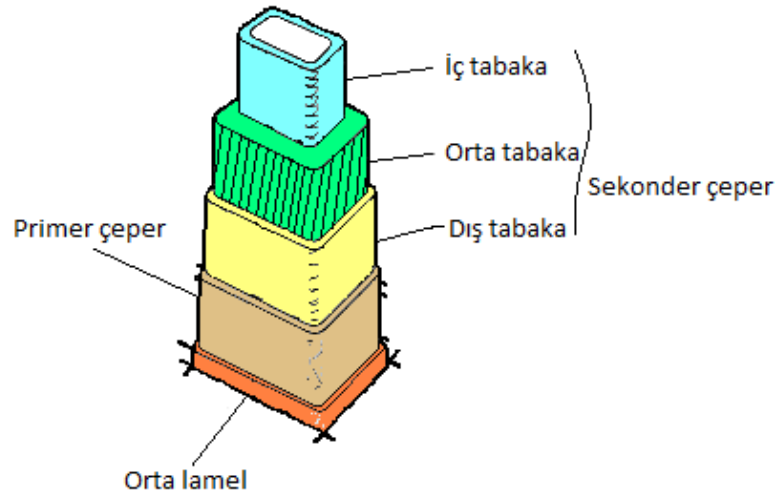
Şekil 2.2. Hücre çeperi tabakaları (Örs ve Keskin, 2008).

Odunsu hücrelerin oluşumunda en son safha odunlaşma, yani hücre çeperine lignin maddesi yerleşmesidir. Odunlaşma olayı canlı ve içerisinde protoplazma bulunan hücrelerde meydana gelir. Hücre çeperinde en fazla odunlaşma gerçek orta lâmelde, daha sonra primer hücre tabakasında oluşur. Gerçek orta lâmel özellikleri her yönde aynı olan (izotrop) bir madde olduğu hâlde primer ve sekonder hücre çeperleri özellikleri çeşitli yönlerde farklı (anizotrop) karakterdedir (Örs ve Keskin, 2008).

2.1.1.2. Hücre Çeperinin Yapısı

Odunsu hücre çeperinde selüloz kafes şeklinde bir iskelet oluşturmakta, arasındaki boşluklara lignin, hemiselüloz ve yan bileşikler dolmaktadır. Selüloz, primer molekül bağları ile birbirine bağlanan anhidrit glikoz ünitelerinden oluşmuş uzun zincir molekülünden meydana gelir. Selüloz uzun zincir molekülüleri yan yana gelerek, iplik şeklinde mikrofibrilleri oluşturur. Mikrofibriller kısmen tek tek iplikçikler hâlinde, kısmen birleşerek fibril demetleri şeklinde hücre çeperi iskelet dokusunu meydana getirir (Örs ve Keskin, 2008).

Hücre çeperi tabakalardan oluşur. Bu tabakalar bir diğerinden oluşum zamanı, yapı ve kimyasal bileşimlerine göre farklılık gösterir. En belirgin yapısal fark mikrofibrillerin yönelişindedir (Şekil 2.3). Mikrofibriller hücre çeperinin çeşitli tabakalarında ya dağınık ya da aynı yönde uzanmaktadır. Aynı yönde uzanan mikrofibriller ince tabakalar meydana getirir. Bu tabakalar lamel olarak adlandırılır. Mikrofibriller hücrenin uzunluğuna olan eksenin sağına veya soluna dönüş yapar. Hücre eksenine ile mikrofibrilin yaptığı açıya fibril açısı denir (Hafızoğlu, 1995; Can, 2018).



Şekil 2.3. Hücre duvarı sistematığı (Can, 2018).

S₁ (dış tabaka) tabakasının yaklaşık ½'si lignin; geri kalan kısmı ise selüloz ve hemiselülozlardır. Selüloz zincirleri sağa sola spiral olarak kafes şeklinde dizilmişlerdir. Tabakada fibril açısı 50-70° 'dir. S₂ (orta tabaka) tabakası, hücre çeperinin en kalın tabakası olup en yüksek selüloz içeriğine sahiptir. Bu tabakada selüloz zincirleri lifler yönüne neredeyse paralel dizilmiş olup, eksene göre açı 10°- 30° 'dir. S₃ (iç tabaka) tabakası S₁ 'den daha ince ve daha gevşek bir yapıya sahip olup, mikrofibrillerin hücre eksenine ile yaptığı açı 50°- 90° arasında değişir (Hafızoğlu, 1995).

Ağaç malzeme yüksek direnç / ağırlık oranına sahiptir. Ağaç malzeme ince çeperli, tüp şeklindeki hücrelerden oluşmuştur. Hücre çeper maddelerinin yapısından kaynaklanan özellikleri nedeniyle mekanik özellikleri son derece yüksek bir malzemedir. Örneğin; Douglas göknarı, çelikten 2.6 kat daha fazla eğilme direncine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

2.1.2. Ağaç Malzemedeki Yoğunluk ve Yoğunluk Parametreleri

Yoğunluk, ağaç malzemenin diğer özellikleri ve kullanım olanaklarına ilişkin fikir veren önemli bir faktördür. Örneğin ağır ağaç malzemenin sertliği, direnci ve esnekliği hafif ağaç malzemedeki daha fazladır ve yıpratıcı etkilere daha iyi direnç gösterir. Bazı yerlerde ağaç malzemenin yumuşaklığı, kolay işlenmesi ve az çalışması istenir fakat bu özellikler ise ağaç malzemenin hafif olması ile sağlanabilir (Örs ve Keskin, 2008).

Yoğunluk, kütle (m) / hacim (V) eşitliğinden belirlenir. Odunun kütlesi ve hacmi, içerisindeki su miktarına göre değişir. Bu nedenle odunun yoğunluk ya da öz kütlesinin hangi rutubet için verildiği belirlenmelidir. Buna göre tam kuru yoğunluk ($\delta_0 = m_0 / V_0$), hava kurusu yoğunluk ($\delta_{12} = m_{12} / V_{12}$) ifadelerinde olduğu gibi yoğunluk değerinin hangi rutubete ait olduğu belirtilir (Örs ve Keskin, 2008). Ağaç malzemedeki yoğunluğu etkileyen faktörlere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1.2.1. Hava Boşluğu Oranı (Porozite)

Porozite, ağaç malzemedeki bulunan boşluk hacminin malzemenin tüm hacmine oranıdır. Ağaç malzemelerin yoğunluğundaki farklılığın temel sebeplerinden biri birim hacimlerdeki hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarının farklı oluşudur. Hücre çeperi maddesi oranı tam kuru hacme oranla hücre çeperi maddesi hacmi kadardır. Tam kuru haldeki ağaç malzeme içerisinde yalnız hücre çeper maddesi ve hava boşluğu bulunur. Yüksek basınç altında preslenen ağaç malzemedeki hava boşluğu miktarı azaltılarak tüm hacme oranla yoğunluğu artırılabilir. Ağaç malzemenin yoğunluğu hücre

eperi maddesi yoğunluğu olan 1,5 g/cm³ iken ağaç malzemede hiç hava boşluğu bulunmaz (rs ve Keskin, 2008).

2.1.2.2. Yıllık Halka Genişliği

Ağaç malzemede genellikle yıllık halka genişliği, malzemenin gelişimi ile iklim özellikleri arasında bağ kurmak için kullanılmaktadır. Yıllık halka genişliği arttıkça ağaç malzeme türlerine göre yoğunlukta da değişiklikler olur. Yaz odunu tabakası belirgin görünüme sahip olan iğne yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişliği arttıkça yoğunluk azalma eğilimindedir. Fakat bu bağ zayıftır. İğne yapraklı ağaçlar ile yapraklı ağaçlardan kavak ve sğtte çoğunlukla dar yıllık halkalarda ağır odun oluşmakta, yıllık halkalar genişledikçe odun hafifleşmektedir. Böylelikle bu ağaçlarda yıllık halka genişledikçe yaz odunu katılım oranının azalmasıdır. Ayrıca meşe, kestane, dişbudak gibi halkalı büyük traheeli yapraklı ağaçlarda ise yıllık halka genişledikçe yaz odunu katılım oranı arttığından odun ağırlaşır. Kayın, huş, akçaağaç gibi dağınık traheeliler de ise yıllık halka genişliği ile yoğunluk arasında belirgin bir bağ yoktur. Yıllık halka genişliğinin yoğunluğa etkisi genel olarak gövdenin alt kısımlarında en yoğun olup, yukarı gidildikçe eksilir (rs ve Keskin, 2008).

2.1.2.3. Ağaçta Bulunduğu Yer

Yıllık halka ve hücre yapılarının farklı olması nedeniyle dal odununun yoğunluğu gövde odunundan daha fazla bulunmaktadır. Dal odununun hücre çeperleri daha kalın, destekleyici hücre dokusu katılım oranı fazladır. Ortalama olarak dal odunu gövde odununa göre iğne yapraklılarda %25, yapraklı ağaçlarda ise %6 daha ağırdır. Kök odunu, iletim görevini yerine getirecek şekilde gelişmesi nedeniyle gövde odunundan daha hafiftir. İğne yapraklı ağaçlarda kök odunu traheidleri gövde odunundan daha geniş ve çeperleri daha ince olup, kök odunu çoğunlukla gövde odunundan hafif olmakla beraber fark büyük değildir. Yapraklı ağaçlarda ise bu fark daha büyüktür. Kök ve gövde odunu arasındaki yoğunluk farkı kök dallandıka ve gövdeden uzaklaşıp inceldikçe çoğalmaktadır. Ortalama olarak kök odunu gövde odunundan %20 daha hafiftir. Özden evreye doğru gidildikçe, iğne yapraklı ağaçların yoğunluğu çoğunlukla artar, halkalı büyük traheeli yapraklı ağaçlarda azalır. Dağınık traheeli yapraklı ağaçlarda ise, enine kesitte yoğunluk değişmeleri belirgin değildir. Ağaç gövdesinde aşağıdan yukarıya doğru çıkıldıkça yoğunluk, iğne yapraklı ağaçlarda azalır, yapraklı ağaçlarda ise belirgin olmamakla birlikte artar (rs ve Keskin, 2008).

2.1.2.4. *Reaksiyon Odunu*

Normal oduna göre basınç odununun yoğunluğu %15-40 daha fazladır. Basınç odununda normal oduna oranla yıllık halka genişledikçe yoğunluk artar. Huş gibi kimi yapraklı ağaçlarda çekme odunu ile normal odun arasındaki yoğunluk farkı etkisiz iken bazılarında (karaağaç, ıhlamur) çekme odunu daha hafif, bazılarında (titrek kavak) ise daha ağırdır (Örs ve Keskin, 2008).

2.1.2.5. *Su Miktarı*

Kütle / hacim eşitliğinden belirlenen yoğunluk, lif doygunluğu noktası (LDN) üstündeki rutubetlerde su miktarı arttıkça kütle artıp, hacim sabit kalacağından artar. LDN altındaki rutubetlerde ise yoğunluğu 1,1 g/cm³ den az olan odunlarda lif doygunluk noktasına kadar su miktarı arttıkça kütledeki artış hacim artışından fazla olduğundan yoğunluk artar. Buna karşılık yoğunluğu 1,1 g/cm³ den yüksek olanlarda ise LDN'ye kadar su miktarı arttıkça hacim artışı kütle artışından fazla olduğundan yoğunluk azalır (Örs ve Keskin, 2008).

2.1.2.6. *İlkbahar ve Yaz Odunu Oranı*

İlkbahar ve yaz odunu oranı ağaç malzemedeki yoğunluğu etkiler. Zira ilkbahar odunu, yaz odunundan daha düşük yoğunluktadır. Yaz odunu oranı arttıkça, bu yapısal farklılık nedeniyle yoğunlukta doğrusal bir artış meydana gelmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2011).

2.1.2.7. *Ağaç Yaş Artışı*

Ağaç yaş artışı ile yoğunlukta değişme görülür. Zira yaş ilerledikçe hem iğne yapraklı hem de geniş yapraklı ağaçlarda dar yıllık halkalar oluşur. Neticede ileri yaşlarda iğne yapraklı ağaçlarda genellikle ağır, halkalı traheli geniş yapraklı ağaçlarda ise hafif odun üretilir (Bozkurt ve Erdin, 2011).

2.2. AĞAÇ MALZEMENİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Renk

Renk, gözün retina tabakasından sinirlerin iletimi ile beyinin arka kısmında bulunan loblarda enerji naklinden üretilen hislerin yorumu olarak bilinmektedir. Vernik ve ağaç malzeme renklendiricilerinin; renk, parlaklık, ışık yansıtma derecesi, pürüzlülüğü gibi özellikleri, ahşap mobilyalar için önemlidir. Rengin oluşmasında, ışık önemli bir faktördür. Zira karanlık bir odada mobilyalar sayı olarak belli olur, fakat renk ve şekil tam olarak görülemez. Bu nedenle vernikli ya da boyalı yüzeylere yansıyan ışığın

davranışları, gelen ışığın, özelliğine bağlıdır (Payne, 1967; Karamanoğlu, 2012).

Ağaç malzemenin rengi beyazdan siyaha kadar bütün renk farklılıklarını ihtiva eder. Kesimden kısa bir zaman sonra, hava teması ile oksidasyon sonucu ağaç malzemenin rengi koyulaşır. Ağaç malzemenin rengi aynı ağaçta bile yeknesak olmayıp farklılık gösterir. Renk farklılığının bir diğer nedeni de yoğunluk farklılığı sebebiyle ışınların farklı yansımastır. Genel olarak koyu renkli odunların yoğunlukları da yüksektir (Örs ve Keskin, 2001).

2.2.1.1. Rengin Tanımlanması

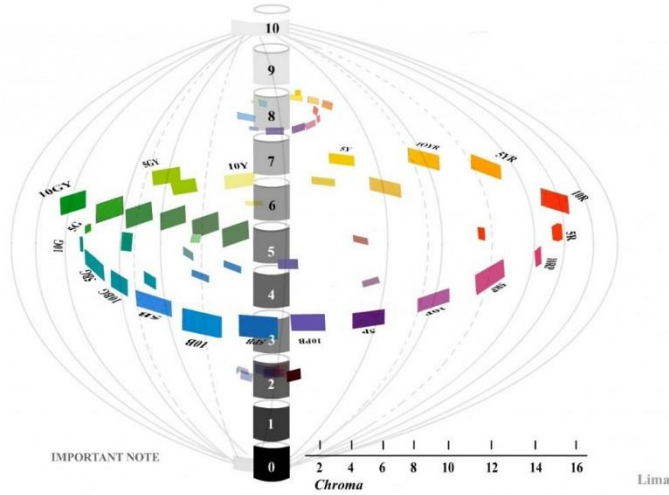
Günlük hayatta, nesneleri algılamamızda söz konusu olan renklerin çok büyük bir bölümünü soğurmaya bağlı tamamlayıcı renkleri belirleyen üç temel etkenden söz edilebilir:

- Işık kaynağı
- Renkli yüzey
- Gözlemci

Tarihsel olarak, ilk aşamada, renkli cisimlerin hangi dalga boylarını soğurduklarını hassas ölçümlerle belirlemek amacı ile birçok araştırma yapılmıştır. Daha sonra geliştirilen renk sistemleri, yüzeye düşen ışıkla ilgili belirlemeleri de dikkate almışlardır. Tüm bunlar sonucunda, renkleri çeşitli bileşenlere ayırarak tanımlamayı hedefleyen renk sistemleri geliştirilmiştir. Bunların içinde en çok kullanılan sistemler Munsell Renk Sistemi, Doğal Renk Sistemi (Natural Color System, NCS) ve CIELab Sistemleridir (Tunçgenç, 2004).

2.2.1.2. Munsell Renk Sistemi

Munsell sistemi en iyi bilinen ve en yaygın kullanılan görsel renk sistemidir. 1905 yılında Albert Henry Munsell tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde, kırmızı, sarı, yeşil, mavi ve mor ana renkleri ve yeşil-sarı, sarı-kırmızı, kırmızı-mor, mor-mavi ve mavi-yeşil ara renk tonu (hue) olarak belirtilmektedir. Rengin değeri (value) ya da farklı ifadeyle yoğunluğu, parlaklığı siyahtan beyaza kadar tarif edilen rengin kalitesidir. Değer 0 (mutlak siyah) ile 10 (mutlak beyaz) arasında belirlenir. Rengin doygunluğu, saflığı (chroma) aynı renk aydınlığının, griden farkının ölçümüdür. 0'dan (nötr gri) başlayan ve 16'ya ya da daha yükseğe uzanan artan sayılarla belirtilir (Şekil 2.4). Pembeden kırmızıya değişim, kroma artışına bir örnektir (Wrolstad ve Smith, 2017).

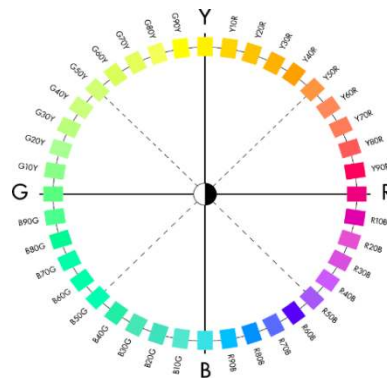


Şekil 2.4. Munsell renk sistemi (Wrolstad ve Smith, 2017).

Bu sistemde 5G 8/3'ün anlamı; 5G, orta yeşil (rengin niteliği-hue), 8 açık gri (rengin değeri-value), 3 zayıf (rengin kuvveti-chroma) demektir. Buna göre renk; sarı-yeşil ve mavi-yeşil arasında ise; renk değeri açık, kroması zayıftır (Başoğlu, 2001). Bu metot, basit, kullanışlı ve anlaşılması kolay olmasına rağmen subjektiftir (Wrolstad ve Smith, 2017). Başka bir ifade ile renk belirleme işlemi insan gözü ile yapıldığından nesnel bir yöntem değildir. Modern elektronik renk ölçüm sistemlerinin kullanımda olmadığı eski dönemlerde kullanılmıştır. Saç, diş, deri ve toprak rengi ölçümlerinde de kullanılmaktadır (Keskin, Setlek ve Demir, 2017).

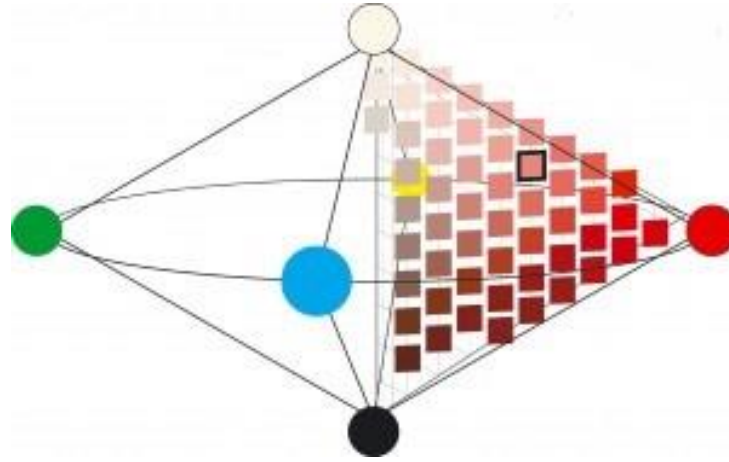
2.2.1.3. Doğal Renk Sistemi

Doğal renk sisteminde pek çok açıdan Munsell Renk sistemi ile benzerlik gösterir. Işıklılık ve doygunlukla ilgili tanımlar Munsell tanımı ile aynıdır. Renk tonunu tanımlamada ise Yeşil – Kırmızı zıt renk çiftiyle, Sarı – Mavi zıt renk çiftinin ana renkleri olarak tanımlanmasıyla Şekil 2.5'de gösterilen bir renk çemberi oluşturulur.



Şekil 2.5. Doğal Renk Sistemi (NCS) uzaydaki doygun renklerin gösterimi.

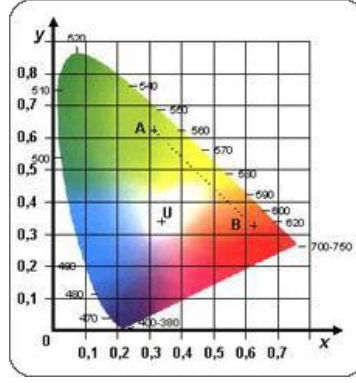
NCS sisteminde, Şekil 2.5’de görüldüğü gibi 40 adet renk tonu tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra 10 adet ışıklılık ve 10 adet de doygunluk derecesi tanımlanmıştır. NCS renk uzayının ve bu renk uzayındaki dallardan birinin görünümü Şekil 2.6’da verilmiştir. Bu renk uzayındaki bir menekşe rengi 2080-R70B olarak belirtilebilir. Bu kısaltmanın açılımı, rengin tonu %70 mavi ile %30 kırmızıdan oluşmaktadır. Renk %80 oranında doygundur ve %20 oranında siyah içermektedir (Tunçgenç, 2004).



Şekil 2.6. Doğal renk sistemi NCS’nin renk uzayının, bir renk tonundaki farklı doygunluk ve ışıklılıktaki renklerin toplu görünümü.

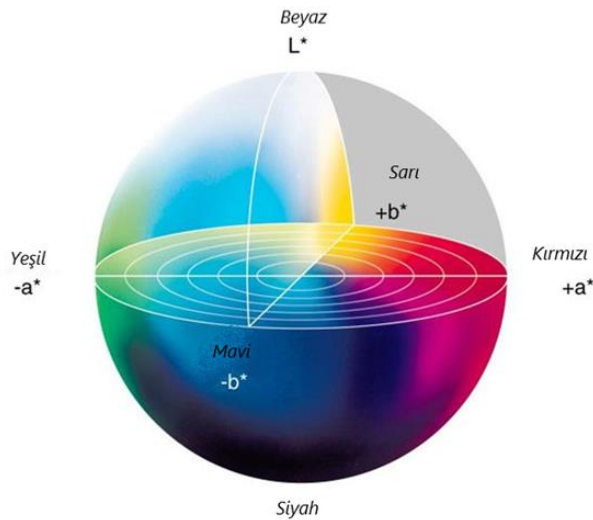
2.2.1.4. CIELab Sistemi

CIELab sisteminin ismi Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Comission International de l’Eclair CIE)’nun Fransızca olan adının kısaltılmasından türemiştir. Komisyon 1931 yılında, kendi adı ile anılan, CIE renk sistemini oluşturmuştur. Tüm renklerin, üç renkli ışığın değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilebildiği bilinmektedir. Sistemin modellenmesi, insan gözündeki konik ışık algılama hücrelerinin üç tipte olduğu ve bunların mavi, yeşil ve kırmızı renkteki ışıklar olduğu bilgisini temel alır. CIE sisteminde hangi dalga boylarındaki ışık ışınlarını ne oranda içerdiği tanımlanmış olan standart ışık, renkli bir yüzeyin üzerine düşürülür ve bir kısmı soğurulduktan sonra, kalan ışık huzmesi yüzeyden gözlemcinin gözüne yansır. Yansıyan huzmenin mavi, yeşil ve kırmızı ışıkları ne oranda içerdiği aletsel olarak ölçülür. Anılan üç ışık, gözdeki üç farklı algılayıcı hücreyi uyardıkları ve bunların oranlarına üç uyarıcı değerler (Tristimulus values) adı verilir (Tunçgenç, 2004).



Şekil 2.7. X ve y koordinatları cinsinden renk ışıklılık düzlemleri kromatik diyagramı (Tunçgenç, 2004).

X, y ve z renk koordinatlarını kullanarak tüm renkleri ifade etmek mümkündür. Bu biçimde Şekil 2.7 deki gibi hazırlanan çizimlere kromatiklik (Cromaticity) diyagramı adı verilir. Kromatiklik diyagramlarında temel sorun şudur: diyagramda yer alan nokta çiftleri arasındaki uzaklık olsa bu nokta çiftleri arasındaki renk uzaklıkları farklı olabilmektedir. Yani kromatiklik diyagramının içinde yer aldığı uzay uniform (Tek biçimli) değildir. Uniform özellikte bir uzayı oluşturmak amacı ile karmaşık sayılabilecek matematiksel işlemler sonucunda “L, a ve b” kordinatlarından oluşan kartezyen bir koordinat sistemi geliştirilmiştir. CIELab renk sistemi; tüm renkleri, geometrik uzaklıklarla renk uzaklıklarının hep aynı oranı koruduğu Şekil 2.8’de gösterilen kartezyen yapıya sahip Lab uzayında ifade edilebilmektedir (Tunçgenç, 2004).



Şekil 2.8. CIELab renk uzayının L, a ve b koordinatları ile ve bunların ifade ettiği renklerin gösterimi.

2.2.1.5. Renk Ölçüm Metodları

Renk; kendisini meydana getiren bileşenlerin farklılığı, renk pigmentlerinin mikro moleküler yapılarındaki elektronların frekans ve titreşimlerinin farklı oluşu ile ortaya çıkar. Oluşan renk standardın her zaman aynı olmasına özen gösterilmesi, üretici firmalar için sürekli problem oluşturmaktadır. Bu nedenle renklerin uygunluğu ve ölçümler için hazırlanan metotlar iki grupta incelenmektedir (Tunçgenç, 2004).

Gözle Renk Ölçüm Metodu

Gözle renk ölçümü sırasında, aşağıdaki amaçlardan biri ya da birkaçı göz önünde tutulmalıdır.

- Gözlemlenen ve bileşimi bilinmeyen bir rengin hangi pigment veya boyar maddelerden oluştuğunun tahmin edilebilmesi,
- Gözlemlenen rengin, bir referans renkle uyum derecesinin belirlenmesi,
- Gözlemlenen rengin, referans renkle daha uyumlu hale getirilmesi için hangi renklendiricilerin ne oranda eklenmesinin gerekli olduğunun belirlenmesi.

Bu amaçlara ulaşılabilmesi için öncelikle gözlemcinin renk ayırt etme yeteneği çok önemlidir. Kişilerin renk yeteneklerinin belirlenmesi için geliştirilmiş bazı düzenekler vardır. Bunlar içinde Munsell renk küresi testi en yaygın kullanılanıdır. İkinci önemli konuyu, incelenecek yüzeyi aydınlatacak ışığın niteliği oluşturur. Rengi ölçülmeye çalışılan nesnenin özellikleri kadar, gelen ışık huzmesinin özelliği de algılanan renk üzerinde etkilidir. Bu nedenle, bir ışık altında referans renge çok benzeyen renkteki bir cisim, başka bir ışık altında tamamen farklı görülebilir. Bir cismin farklı ışık kaynakları altında değişik renkte görünmesi olgusu metamerizm olarak adlandırılır. Bu nedenle renk incelemelerinde öğle vakti yüzü kuzeye döndürerek alınan güneş ışığının veya D65 ışığı olarak anılan ve gün ışığını temsil eden ışığın kullanılması uygun olur. Bir metamerizm sorunu olup olmadığını anlayabilmek için sarımsı tondaki ışıpta ayrıca renklerin karşılaştırılması yararlı olur (Tunçgenç, 2004).

Renk incelemesi yapılacak ortamın ışık ve renk özellikleri önemlidir. Bu konudaki seçimlerle ilgili bir standart davranış bulunmaktadır. Ancak geniş bir deneyim temeline sahip kaynaklar, yapay ışıklandırılmalı ortamlarda yapılacak renk değerlendirmelerinde, renk kabini içlerinin L ışık değerinin 60 - 70 arasında olduğu mat gri renge sahip olmasının, çok parlak renklerin karşılaştırılması dışında çok uygun olduğu; çok parlak renklerin incelenmesi sırasında da kabin içi duvarlarına siyah bir kadife perde

indirilmesinin en uygun ortamı oluşturacağı belirtilmektedir (Berns, 2000; Tunçgenç, 2004).

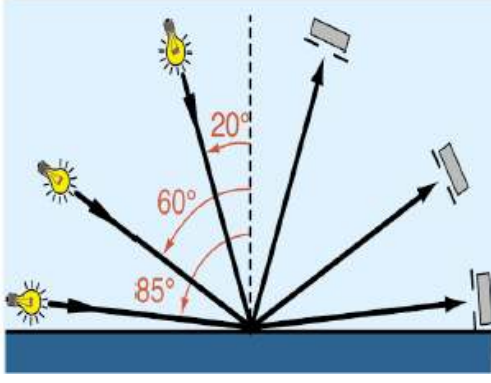
Aletsel Renk lm Metodu

Fotoelektrik metodlar, standart renk (kalibre) kullanarak sayısal değerler verirler. rnek renkten yansıma ile standart rnekden yansımaların ölçüm karsılaştırmasını yaparlar. Fotoelektrik metodlar olarak bilinen aletler iki grupta toplanırlar; bunlar ışık yansıması ile ölçüm yapan (colorimeter) ve ışık tayfı ile ölçüm yapan (spectrophometer) aletleridir. Renk ölçüme aletinde genellikle üç ya da daha fazla renklendirilmiş filtre bulunur. Bunlar mavi, yeşil ve sarı renkler olup yansıma ölçümü bu filtrelerden geçirilerek yapılır (akıcıer, 2007).

Gözlemcinin, yüzeyden gelen ışık huzmesinin renginin nasıl algılandığının tahmin edilmesi esasına dayanır. Bu amaçla, o rengi oluşturan üç uyarıcı rengin oranlarını yani tristumulus değerlerini len renk lerler (colorimeters) kullanıldığı gibi, yüzeyin her dalga boyunda yaptığı soğurmayı ve saınmayı veren daha gelişkin cihazlar olan spektrometreler de kullanılırlar. Tristumulus değerlerinin lleriyle yetinen renk lerlerle, kalite kontrol amaçları açısından son derece hassas ve tekrarlanabilir sonuçlar alınabilir. Ancak, eğer aletsel renk lnden; rengi oluşturan pigment veya boyar maddelerin neler olduğunu ve ne oranlarda bulunduğunu (renk analizi), mevcut pigment veya boyar maddelerin öngörülen oranlarda kullanılmasıyla, hedef renge ne lde yaklaşılabileceğini (renk sentezi) anlamak amaçlanıyorsa, spektrometrelerle çalışmak gerekli olmaktadır (Tunçgenç, 2004).

2.2.2. Parlaklık

Günlük dilde parlaklık kavramı; gelen ışığın ne oranda, aynı açıyla yansıdığının ölçüsüdür. Dolayısıyla, yüzeyin yansıtmayı ne oranda yaptığını belirlemek için parlaklık ler (glossmetre) adı verilen cihazlar kullanılır. şekil 2.9'da parlaklık ölçüme işlemi, yaygın olarak 20°, 60° ve 85° de ışık ışınları göndermek ve aynı derecelerde dönen ışık yeğinlik oranını lmek biçiminde yapılır (Tunçgenç, 2004).



Ön Ölçüm Açısı	Bulunan Parlaklık Değeri (%)	Asıl Ölçüm Açısı
60°	10'dan küçükse	85°
60°	0 – 70 arasındaysa	60°
60°	70'ten büyükse	20°

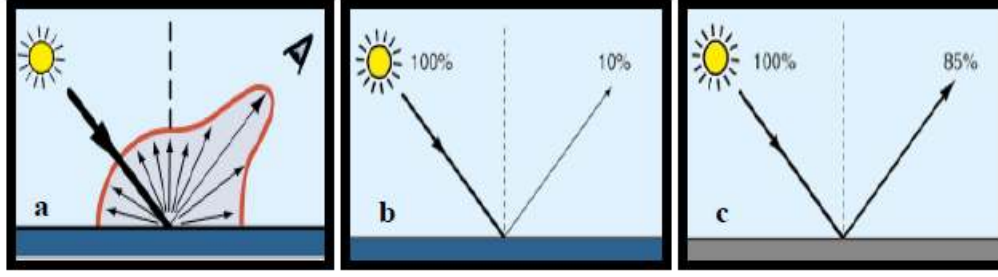
Şekil 2.9. Üç farklı açıda parlaklık ölçümünün şematik gösterimi ve 60° de yapılan ön ölçümün ardından, asıl ölçüm açısının belirlenme kriterleri.

60° de yapılan parlaklık ölçümlerine göre yüzeylerin mat, yarı mat, yarı parlak, parlak ve çok parlak gibi sınıflara sokulmaları yaygın bir alışkanlıktır. Öte yandan, hangi parlaklık ölçüm sonuçlarına göre, vernikli yüzeyin hangi parlaklık sınıfına sokulması gerektiği konusunda da, genel bir görüş birliğinden ya da bir standarttan söz edilmektedir. Yine de aşağıdaki tanımların, ülkemizde genel kabul gören sınıflandırmaları, büyük bir hata olmaksızın yansıttığı söylenebilir. Parlaklık ölçüm sonuçları, Çizelge 2.1’de belirtilen aralıkların dışında kalan yüzey işlemi sisteminin, aşağıda anılan sınıfların arasında kaldıklarının belirtilmesi uygun olur (Tunçgenç, 2004).

Çizelge 2.1. Parlaklık değerlerinin sınıflandırılması (Tunçgenç, 2004).

60° de Ölçülen Parlaklık	Parlaklık Sınıfı
20'nin altı	Mat
25-30	Yarı Mat
35-45	İpek Mat
55-65	Yarı Parlak
70-80	Parlak
80'in üzeri	Çok Parlak

Ölçüm prensibi, Şekil 2.10’da gösterilen 60° de gönderilen ışık huzmesi örnek parça yüzeylerine çarparak yansıma gerçekleştirmektedir. Örneğin bir parça yüzeyine gönderilen %100’lük ışık huzmesi %10 oranında bir yansıma gerçekleştirmesi durumunda, parça yüzeyinin mat bir görüntüye sahip olduğu, eğer yansıyan ışık miktarı %85 oranında ise parça yüzeyinin çok parlak bir yüzeye sahip olduğu fikrini vermektedir (Tunçgenç, 2004).



Şekil 2.10. a) Gönderilen ve algılanan ışık, b) %100 gönderilen ışık ve %10 yansıyan ışık, c) %100 gönderilen ışık ve %85 yansıyan ışık (Akkuş, 2012).

Parlaklık, malzeme yüzeyine gelen ışınların yansıması özelliğidir. Ağaç malzemede en parlak yüzey öz ışınlarının levha veya parlak aynalar halinde görüldüğü radyal kesittir. Bu bakımdan parlak öz ışını levhaları bulunan mese, kayın, çınar ve akça ağaç'ta ayna kesisi veya çeyrek kesis denilen öz ışınlarına paralel kesimler yapılarak parlak görünümlü yüzeyler elde edilir. Ağaç malzeme yıllık halkalara teğet yönde daha az parlak olup, enine kesitte parlaklık göstermez. İşlenmiş ağaç malzeme yüzeylerine çeşitli cila ve vernikler ile istenilen parlaklık verilebilir. Böylece sağlanan yapay parlaklık yüzeysel olduğu halde, doğal parlaklık derinlere kadar mevcuttur. Doğal parlaklık her zaman önemli bir özellik sayılmamakta mobilya endüstrisinde ağaç malzemenin daha çok cilayı alma kabiliyeti önemli olmaktadır (Örs ve Keskin, 2001).

2.2.3. Pürüzlülük

Pürüzlülük bir maddenin yüzeyindeki küçük düzensizliklerin ölçümüdür. Bu düzensizliklerin yüksekliği, genişliği ve şekli bir ürünün yüzey kalitesini belirler (Hızıroğlu, 1996; Sarı, 2011). Yüzey tekstürü üç boyutlu bir yüzey topografyası oluşacak biçimde nominal yüzeyden tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar şeklinde tanımlanabilir. Bu sapmalar pürüzlülüğü, yüzey dalgalanmalarını ve küçük çatlakları kapsamaktadır (ANSI, 1995). Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü (ANSI) tarafından yüzey tekstürü; üç boyutlu bir yüzey topografyası ortaya çıkaracak şekilde nominal yüzeyden, pürüzlülük, dalgalanmalar ve küçük çatlakları kapsayan tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar olarak ifade edilmiştir.

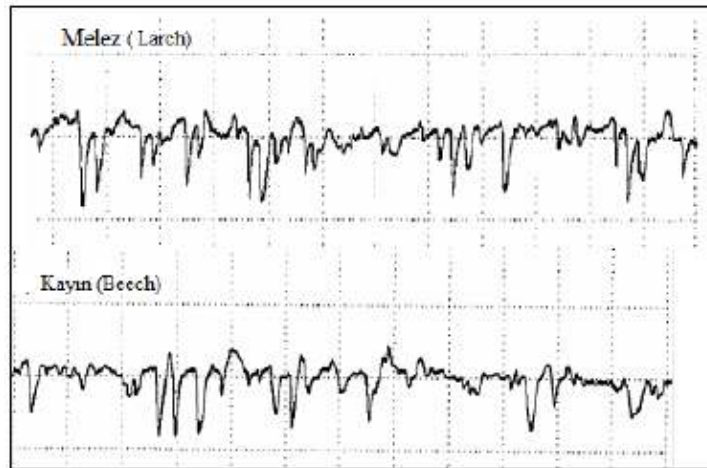
Pürüzlülüğü, malzemenin işlenmesinde uygulanan üretim teknikleriyle veya diğer başka faktörler sonucu ortaya çıkan oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir (TS 6956, 2004). Yüzeydeki pürüzlülükler, uygulanan imalat metoduna bağlı olarak gözle görülebilir ya da dokunulduğunda elle hissedilebilir olabileceği gibi, hassas elektronik

cihazlarla belirlenen değerlerde de olabilir (İlter, Çamlıyurt ve Balkız, 2002).

Hammadde özellikleri ve üretim işlemleri pürüzlülüğünün derecesini belirlemektedir. Yonga boyutu ve geometrisi hammadde bakımından, reçine miktarı, presleme ve zımparalama, üretim işlemleri bakımından pürüzlülüğünü etkilemektedir (Hızıroğlu, 1996; Muhcu, 2013). Yongalevha üretiminde kullanılan tutkal miktarının ve pres süresinin artırılması ile pürüzlülüğü giderilir. Yüzey tabakasındaki yonga miktarının artırılması ile de pürüzlülük iyileştirilmiş olmaktadır (Hızıroğlu ve Holcomb, 2005; Muhcu, 2013).

Pürüzlülüğü, mobilya ve dekorasyon endüstrisinde ürün kalitesine doğrudan etki ettiği için önemli bir faktördür. Özellikle masif mobilya üretiminde, ağaç malzemenin çeşitli makinelerle işlenmesi esnasında kullanılan yöntemlerin farklılık göstermesi nedeniyle meydana gelen yüzey düzensizliklerinin ölçülebilir ve kontrol edilebilir olması son derece önemlidir (Efe ve Gürleyen, 2007).

Ağaç malzemede ve ahşap esaslı levhalarda yüzey düzgünlüğü, yapışma direnci ve yüzey işlemleri gibi üretim aşamalarını etkileyen en önemli faktörlerin başında gelir. İşlenmiş bir malzemenin yüzey kalitesini ortaya koyan en büyük gösterge pürüzlülüğüdür. Pürüzlülük, kontrol edilemeyen veya kontrol edilebilen işleme parametrelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Bajić, Lela ve Živković, 2008). Pürüzlülüğü; işleme parametreleri ve işlenecek malzemenin anatomik yapısına bağlı olarak malzeme yüzeyinde meydana gelen tepe ve çukur biçimindeki düzensizliklerdir. İşlenmiş melez ve kayın odununda meydana gelen pürüzlülük profili (tepe ve çukur) Şekil 2.11’de gösterilmektedir (Karagöz, 2010; Yaman, 2018).



Şekil 2.11. İşlenmiş yüzeylerdeki pürüzlülük profili.

Pürüzlülüğü ile ilgili yapılan çalışmalar ilk olarak 1939 yılında metal malzemelerde başlamıştır. Ağaç malzemede pürüzlülüğünün belirlenmesi ile ilgili çalışmalar ise 1950’li yıllarda başlamıştır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Ağaç malzemenin işlenmesi ile pürüzlülüğünün kalite kontrolüne ihtiyaç duyulmuştur. Pürüzlülüğünün ölçülmesi için çeşitli araçlar geliştirilmiş olup bunlar; iğne taramalı, pnömatik, akustik, optik, ultrasonik yüzey ölçerler ve kamera ile resim analizidir. Bu araçlar genellikle plastik ve metal gibi endüstriyel malzemelerin pürüzlülüğünün ölçülmesi geliştirilmiştir (Hendarto, Shayan, Ozarska ve Carr, 2006; Muhcu, 2013).

2.2.3.1. Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Pürüzlülüğünü ve kalitesini ölçmek için kullanılan geleneksel yöntemler görme ve dokunma yaklaşımlarını içermektedir. Fakat bu yöntemlerle sadece bariz kıyaslamalar mümkündür ve yüzey hakkında detaylı bilgi elde edilemez. Pürüzlülüğünün ölçülmesi için çok çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bunlar: iğne taramalı, pnömatik, akustik, optik, ultrasonik yüzey ölçerler ve video kamera ile resim analizi şeklinde sıralanabilir. Bu makineler çoğunlukla plastik ve metal gibi endüstriyel malzemelerin ölçülmesi için geliştirilmiştir (Hendarto vd., 2006; Muhcu, 2013). Ahşap malzemelerin üretim süreçlerinde, işleme parametrelerinin ve ürün kalitesinin belirlenmesi için pürüzlülük ölçümü gerekmektedir. Ahşabın dokunmalı aletler kullanılarak pürüzlülük ölçümleri iğne taramalı, akustik ve pnömatik ölçüme dayanırken, temassız aletlerle yapılan pürüzlülük ölçümleri ise nirengi tabanlı tek nokta lazer veya ultrasonik sistemler ve görsel denetimler ile yapılabilmektedir (Hızıroğlu, 1996; Yaman, 2018).

Son yıllarda pürüzlülük ölçümleri için kullanılan yöntemlere alternatif olarak görüntü analiz sistemleri uygulanmaya başlamıştır. Bu sistem ile malzemenin işlenmesinden kaynaklanan pürüzlülük ile odun anatomisinden kaynaklanan pürüzlülük ayırt edilebilmektedir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Yıllardan beri farklı pürüzlülük ölçme metotları karşılaştırılmış ve en iyi yöntemin iğne taramalı (stylus) pürüzlülük ölçme yöntemi olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra her bir yöntemin faydaları ve sakıncaları bulunmaktadır. Akustik emisyon yöntemi ile iğne taramalı ölçüm yöntemi karşılaştırıldığında, akustik yöntem ile çok hızlı tarama yapılmasına rağmen yüzeylerin gerçek profili elde edilememekte, fakat iğne taramalı ölçüm yöntemi ile yavaş tarama yapılmasına rağmen gerçek yüzey profili elde edilebilmektedir (Hızıroğlu, 1996; Yaman, 2018). Çizelge 2.2’de pürüzlülük ölçme tekniklerinin faydaları ve sakıncaları belirtilmektedir (Vorbürger, Rhee, Renegar, Song ve Zheng, 2007; Yaman, 2018).

Çizelge 2.2. Farklı pürüzlülük yöntemlerinin özellikleri.

Yöntem	Faydalar	Sakıncalar
İğne taramalı	Yüksek çözünürlük	Hızı yavaş, dokunmalı metod, 2 boyutlu analiz, lif ayrılmalarına karşı hassas değil
Pnömatik	Liflere hassas, 3 boyutlu analiz	Poroziteye karşı hassas, dokunmalı metod, gerçek profil vermez
Akustik emisyon	Liflere hassas, 3 boyutlu analiz, hızı yüksek	Dokunmalı metod, gerçek profil vermez
Lazer sistem	Hız yüksek, dokunmasız system, yüksek çözünürlük	Dar örnekleme alanı, liflere karşı hassas değil

Dokunmasız pürüzlülük ölçüm metotlarından olan optik metotlar, hızlı ölçüm yapabildiği için yüzey tekstürünün belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metotların en önemli avantajı temassız olması nedeniyle yüzeylerde tahribat oluşturmamasıdır. Bu yöntem, mikroskopik ve görüntü tabanlı olması nedeniyle dokunmalı yöntemlere kıyasla daha hızlıdır (Vorbürger vd., 2007; Yaman, 2018).

Belirtilen pürüzlülüğü ölçüm aletlerinden en yaygın olarak iğne taramalı araç ile iğne taramalı ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Pratik olan bu yöntem ile yüzey parametrelerinin sayısal değerleri tam olarak hesaplanabilmektedir. Bu yöntemde hassas uçlu iğne aracılığıyla malzeme yüzeyi taranmaktadır. İğne uç çapı, iğneye karşı oluşan yüzey mukavemeti ve profil uzunluğu bu yöntemle elde edilen sonuçları etkilemektedir (Aydın, 2003).

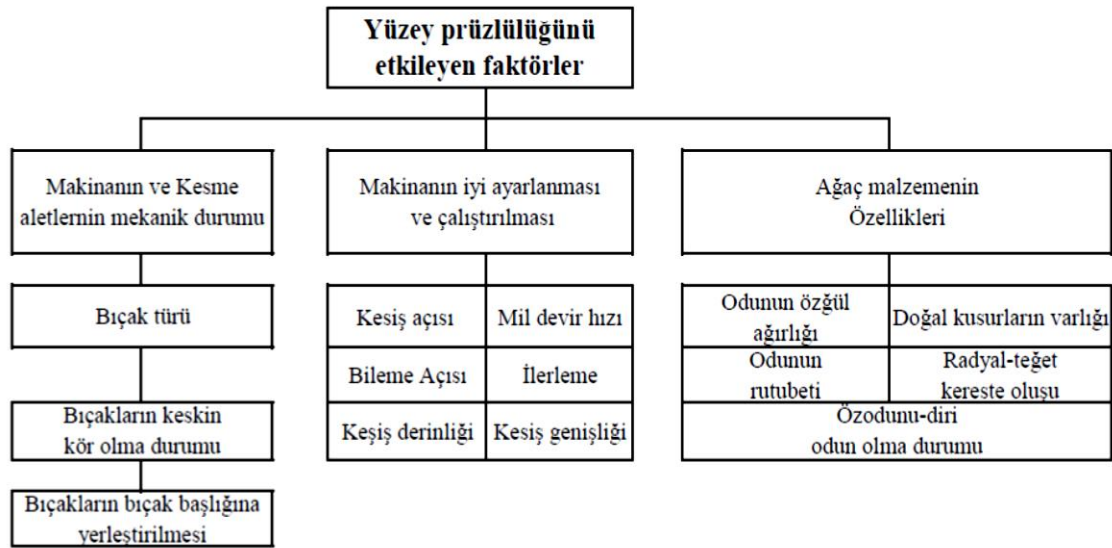
2.2.3.2. Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Ağaç malzeme yüzeyleri sahip oldukları anatomik yapıdan kaynaklanan porlar ve hücre boşlukları nedeniyle; her ne kadar zımparalama, planyalama, frezeleme vb. işlemlere tabi tutulmuş olsa da düzgün değildir. İşlenmiş bir ağaç malzeme yüzeyi büyüteç altında incelendiğinde; yüzeydeki parçalanmış lif ve diğer odun elemanları, adeta dağlar arasında vadiler oluşmuş gibi bir görüntü ortaya çıkarmaktadır. Ağaç malzemenin pürüzlülüğünü etkileyen pek çok faktör mevcuttur (Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Genel olarak yumuşak odunların yüzeyleri sert odunlarınkine göre daha pürüzlüdür. Yıllık halka içerisindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ağaç malzemedeki doğal büyüme karakteristiklerinden sayılan budaklar, lif kıvrıklıkları da pürüzlülüğü artırıcı yönde etki etmektedir (Sieminski ve Skarzynska, 1989; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Ağaç malzeme heterojen yapıya sahip doğal bir kompozit malzemedir. Bu nedenle

işlemede pürüzlülüğü üzerine ağaç türü, yıllık halka genişliği, ilkbahar-yaz odunu oranı, rutubet miktarı, lif yönü gibi malzeme özellikleri ile ilerleme hızı, devir hızı, kesiş derinliği, bıçak geometrisi gibi işleme özelliklerini içeren birçok faktörün etkisi bulunmaktadır. Şekil 2.12’de odunun işlenmesinde pürüzlülüğünü etkileyen işleme ve ağaç malzemenin özellikleri ile ilgili faktörler belirtilmektedir. Amaca uygun bir işleme yapabilmek için kullanılacak hammaddenin özelliklerinin ve işleme parametrelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Kurtoğlu, 1981).



Şekil 2.12. Ağaç malzemenin işlenmesinde pürüzlülüğünü etkileyen faktörler.

Ağaç malzemenin kesilme yönü de pürüzlülüğü açısından önemlidir. Ağaç malzemenin liflere dik yönde işlenmesi ile liflere paralel yönde işlenmesine göre daha pürüzlü yüzeyler elde edildiği belirtilmiştir (Sieminski ve Skarzynska, 1989). Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), meşe (*Quercus borealis* L.) ve akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) odunları üzerinde yapılan bir araştırma sonucunda, teğet kesitlerde radyal kesitlere göre daha düzgün yüzeyler elde edildiği ifade edilmiştir (Gürleyen, 1998). Ayrıca şerit testereler ile biçme işleminde, en iyi yüzey kalitesinin ezme-egalize yöntemi ile biçme hattı oluşturulmuş pozitif v (PV) dış profillerine sahip testereler ile biçilen kerestelerde elde edildiği belirlenmiştir (Örs, Kalaycıoğlu ve Çolakoğlu, 1991). Zımparalama işleminin liflere paralel yönde yapılması durumunda liflere dik yönde yapılmasına nazaran daha az pürüzlülüğü oluşmaktadır (İlter vd., 2002). Zımparalamada kullanılan araçlar da pürüzlülüğünü etkilemektedir. Zımparalama işleminde yüzeyde oluşan pürüzlülüklerin büyüklüğü; zımpara numarası, makine besleme hızı ve kesici derinliğine göre farklılıklar göstermektedir. Aşındırıcı madde boyutunun

küçülmesi ve zımpara baskı kuvvetinin artırılması ile daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir (İlter vd., 2002; Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

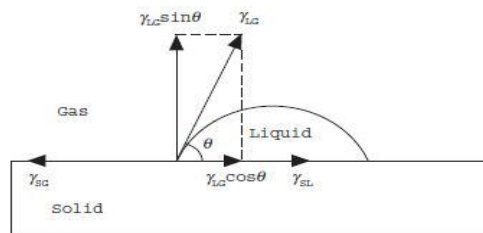
2.2.4. Temas Açısı (İslanabilirlik)

İslanma katı bir yüzeyin sıvı ile teması ile gerçekleşmektedir. Katı ile sıvının arasındaki temas açısının şekli, sıvının katı yüzey üzerine yayılımı ve katının gözenekleri içerisine sıvının emilimi moleküler etkileşimin etkileridir (Berg, 1993; Sarı, 2011).

İslanabilme yeteneği ve sıvı ile katı arasındaki adhezyonu belirleyebilmek için temas açısı yöntemi en yaygın kullanılan yöntemdir. Temas açısı düz bir katı yüzeyine sıvının damlatılması sonucu sıvı ile katının temas ettiği noktadaki katı ve sıvı yüzeyine teğet geçen iki düzlem arasındaki açıdır. Oluşan bu açı sıvı ile katı yüzeyin bir fonksiyonudur (Carpenter, 1999; Sarı, 2011).

Ağaç malzemenin ıslanma yeteneği her ağaç türü, ağacın farklı kısımlarına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin ağaç malzemede bulunan ekstraktif maddelerin ıslanabilme yeteneğini nasıl etkilediği hususunda birçok çalışma yapılmıştır ve temas açısı üzerine etkileri belirlenmiştir. Ağaç malzemede bulunan ekstraktif maddelerin yapısının malzemenin yüzeyindeki polar ve polar olmayan kuvvetlerin toplam yüzey serbest enerjisine katkısı ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ağaç malzemede zamana bağlı olarak değişen ıslanabilme yeteneği; genellikle ekstraktif maddelerin zamanla odun yüzeyine çıkmasına bağlanmıştır. Bu nedenle ağacın öz odun kısmı ve diri odun kısmından elde edilen yüzeyler arasında ıslanabilme yeteneği farklılıklar gösterebilmektedir (Aydın, 2011).

Katı bir yüzeye sıvı damlatıldığında damla yüzeyde yayılır. Su damlasının şekli damlatılan katı malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre şekil alır. Su damlası hareket edene kadar 3 fazın yüzey gerilimleri toplamı sıfırdır. Yüzey gerilimi ve temas açısı arasındaki bağıntı aşağıda verilmektedir (Şekil 2.13) (Yeniocak, 2013).



Şekil 2.13. Düz bir katı yüzey üzerinde ve gaz ile çevrili sıvı damlasının denge durumu.

Düz yatay bir zeminin üzerine bırakılan sıvı damlasının temas açısı katı ile sıvı yüzey gerilimleri arasındaki ilişki Thomas Young tarafından belirlenmiştir. Young eşitliği olarak isimlendirilen bu eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\cos \theta_c = (\gamma_{SG} - \gamma_{SL}) / \gamma_{LG} \quad (2.1)$$

Burada:

θ_c : Temas açısı,

γ_{SG} : Gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimi,

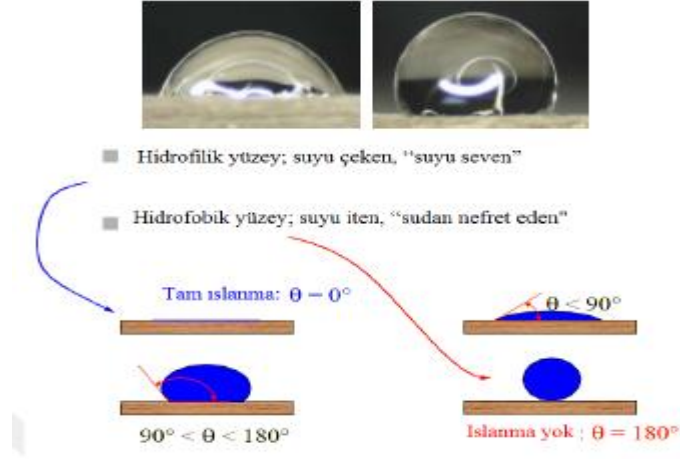
γ_{SL} : Sıvı-katı yüzey gerilimi,

γ_{LG} : Gaz-sıvı yüzey gerilimi ifade etmektedir.

Çizelge 2.3. Katı/Sıvı arasındaki ıslanma derecelendirmeleri

Temas açısı	Islanma derecesi	Katı/Sıvı etkileşim kuvveti
$\theta = 0$	Tam ıslanma	Güçlü
$0 < \theta < 90^\circ$	Şiddetli ıslanma	Orta
$90^\circ \leq \theta < 180^\circ$	Zayıf ıslanma	Zayıf
$\theta = 180^\circ$	Islanma yok	Çok zayıf

Hidrofobik materyaller su ile yüksek temas açısı göstermektedir. Bu yöntemle, temas açısının direkt olarak oluşan kabarcık ve katı - hava ara yüzeyinden ölçülebileceği gibi, hacmi 1 μ l'den küçük olan sıvılar için damlacığın yükseklik ve çapı kullanılarak da hesaplanabilmektedir (Craig ve Powers, 2002; Gürleyen, 2018). Katı yüzey ile temas noktası arasındaki açı, sabit damlama profili ile teğet yönden belirlenmektedir. Damlanın görüntüsü video kamera ile kayıt edilmektedir. Temas açısı ölçümü normal oda sıcaklığında, damıtılmış su damlasının görüntüsünden yararlanılarak görüntü analiz sistemi ile belirlenir. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi Şekil 2.14'de verilmiştir (Sernek, Gérardin ve Pétrissans, 2010; Gürleyen, 2018).



Şekil 2.14. Sıvı yüzey durumu, temas açısı ve ıslanabilirlik ilişkisi (Gürleyen, 2018).

2.3. EMPRENYE İŞLEMİ

Tarih boyunca insanların en yaygın olarak kullandığı malzeme ahşap olmuştur. Sanayinin gelişmesiyle yerini metal ve plastik türevli ürünlere bıraksa da, ahşabın doğallığı, insana ferahlık veren yapısı, mekanik ve fiziksel özellikleri sebebiyle değerini hiçbir zaman kaybetmemiş, aksine hep aranan ve akla ilk gelen malzeme olmuştur. Bu üstün özelliklerinin yanı sıra ahşap malzeme doğal bir materyal olduğu için biyolojik canlılar (mantar, böcek) tarafından kolayca ve hızlı bir şekilde tahrip edilebilmesi, rutubet ve sıcaklığa bağlı olarak ebatlarını değiştirmesi ayrıca yanabilen bir malzeme olması sebebiyle dış ortamda kullanılırken çeşitli koruyucu maddelerle muamele edilmesi gerekmektedir (Geçer, Baysal, Toker, Turkoğlu, Vargun ve Yüksel, 2015; Emiroğlu, 2018).

Dünyada ve Türkiye’de orman alanı çok hızlı bir şekilde azalmakta ve bununla birlikte de ağaç malzemenin verimli ve uzun ömürlü olarak kullanımı çok büyük önem kazanmaktadır. Ağaç malzemenin uzun ömürlü olarak kullanımının en önemli yöntemlerinden biri ise emprenyedir. Her ne kadar doğal dayanıklılığı yüksek olan ağaç türleri birçok kullanım yerinde uzun yıllar bozulmadan kalabilmekte ise de bu süre her ortam ve her ağaç türünde farklılıklar göstermektedir (Aytaşkın, 2009). Emprenye işlemi ağaç malzemenin bünyesinde oluşan çürüme, yanma ve boyutsal çalışmasını önlemek amacıyla belli standart ve normlara göre özel tesislerde değişik kimyasal maddelerin ağaç malzemeye nüfuz ettirilmesidir. Emprenye işlemi sonucunda ağaç malzemenin ömrü 7-8 kat daha artmaktadır. Doğal koşullarda kalan ağaç malzeme beş yıldan daha kısa bir zamanda tahrip olabilmektedir (Sheard, 1988; Tan ve Peker, 2015).

2.3.1. Emprenyenin Amacı ve Önemi

Koruyucu işlem görmemiş doğal haldeki ağaç malzemenin kullanım yerinde mantarlar ve böcekler tarafından tahrip edilerek çürütülmesi sonucu her yıl büyük maddi kayıplar söz konusu olmaktadır. Zira organik bir madde olan ağaç malzemenin çürütülmesi ve böceklerle tahrip edilmesi doğal bir olaydır. Ancak alınacak çeşitli önlemlerle, özellikle kimyasal önlemlerle ağaç malzemenin uzun yıllar bu zararlılardan korunması mümkün olmaktadır. Günümüzdeki kimyasal önlemlerle yani zararlı organizmalar için zehirli etki yapan emprenye maddeleri kullanılarak, ağaç malzemenin hizmet ömrü uzatılmaktadır (Bozkurt, Göker ve Erdin, 1993). Emprenye, odunun hizmet süresini uzatmak için kullanım alanındaki tehlikelerin etkisini en aza indirmeye çalışan farklı karakterdeki koruyucu maddeleri oduna basınçlı/basınçsız metotlar kullanarak nüfuz ettirmeye çalışmak demektir. Bu anlamda daldırma, püskürtme şeklinde basit teknikler kullanılabileceği gibi basınç/vakum uygulayan daha gelişmiş teknikler de kullanılabilmektedir (Gürgen, Yıldız ve Ümit Yıldız, 2019).

2.3.2. Emprenye Yöntemleri

Ağaç malzemenin dayanmasını arttırmak amacı ile bugüne kadar çok sayıda koruma metotları ve emprenye maddeleri bulunmuştur. Başlangıçta ağaç malzemeye çeşitli emprenye maddelerine daldırma, püskürtme, fırça ile sürme ve yüzeyin kömürleştirilmesi gibi basit yöntemler uygulanırken, günümüzde ağaç yapısının özelliklerine göre daha etkili ve verimli metotlar geliştirilmiştir. Zamanla ağaç malzemeyi herhangi bir zarara uğratmadan emprenye maddelerinin derin ve yeknesak bir şekilde nüfuzunu sağlayan ve aynı zamanda daha az emprenye maddesi tüketen ve basınç uygulayan metotlar bulunmuştur (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Koruyucu kimyasal maddelerin ağaç malzemeye emdirilmesi; basınç uygulanmayan, basınç uygulanan, besi suyu çıkarma, difüzyon ve yerinde bakım olmak üzere beş farklı yöntem ile yapılmaktadır. Emprenye maddesi ve yönteminin seçiminde, teknik ve ekonomik şartlar ile kullanım yeri dikkate alınır (Örs ve Keskin, 2008).

2.3.2.1. Basınç Uygulanan Yöntemler

Basınç uygulayan metotlar ağaç malzemenin emprenyesinde en önemli ve başarılı endüstriyel metotlardır. Bu metotları uygulayan tesislerde ağaç malzeme çelik bir kazan içerisine yerleştirilmekte ve emprenye maddesi yaklaşık 10 kg/cm² 'lik bir basınçla 1-6 saat süre odun hücreleri içerisine sevk edilmektedir. Basınç uygulayan metotlar içerisinde

iki genel metot en fazla kullanılmaktadır. Bunlar dolu ve boş hücre metotlarıdır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Dolu hücre metodunun amacı, emprenye edilen malzemede en yüksek seviyede koruma maddesi absorbe edilmesini sağlamaktır. Bu metot, 1938 yılında John Bethell tarafından bulunmuştur. Hemen hemen geçen 150 yıl içinde mühendislik alanında ve teknolojiye büyük gelişmeler olmasına rağmen, uygulamanın esas prensiplerinde bir değişme olmamıştır. İşlemin amacı, ağaç malzemenin hücrelerini tamamen emprenye maddesi ile doldurarak, maksimum absorpsiyon sağlamaktır. Genellikle bu metotta suda çözünen tuzlar kullanılmaktadır. Dolu hücre metotlarından en fazla kullanılanlar Bethell ve Burnet metodudur. Böylece hücre lümenleri ve çeperleri emprenye maddesi ile dolmaktadır. İşlem sonunda, kazanda basınç kaldırıldığında hücrelerde kalan havanın genişlemesiyle emrenye maddesinin geri atılması, bu metotta en az düzeye indirilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Fazla emprenye maddesi harcayan dolu hücre metodu ile yapılan uygulamanın maliyeti yüksek olduğundan daha ekonomik olan ve devamlı olarak yeterli derecede koruma sağlayacak metotların geliştirilmesi yoluna gidilmiş ve boş hücre metotları bulunmuştur. Boş hücre metotlarından en önemlileri Rüping metodu ile Lowry metodudur. Hem Rüping hem de Lowry metotlarında uygulama ön vakum işlem dışında dolu hücre metoduna benzemektedir. Bu metotlarda emprenye maddesi verilmeden önce ve sevk sırasında vakum yapılmamaktadır. Ayrıca boş hücre metodunun uygulanmasında basınç sona erdiğinde ağaç malzeme içinde sıkışık durumda bulunan hava yardımıyla, ihtiyaç dışı emprenye maddesi dışarıya atılmaktadır. Böylece hücreler büyük oranda boş kalmaktadır (Bozkurt vd., 1993).

2.3.2.2. Basınç Uygulanmayan Yöntemler

Bu gruba, fırça ile sürme, püskürtme, sulama, daldırma, batırma ve açık kazanda sıcak soğuk emprenye metotları girmektedir. Ağaç malzeme basit bir şekilde emprenye edilmek istendiğinde kullanılan bu metotlarda emprenye maddesi absorpsiyonu ve nüfuz derinliği genellikle az olmaktadır (Bozkurt vd., 1993). Basınç uygulanmadan emprenye işleminin uygulanması kendi içinde dört kategoriye ayrılır.

Fırça ile sürme: Ahşaba uygulanacak olan kimyasal maddelerin fırça yardımı ile yüzeysel olarak sürülerek ahşabın kaplanması işlemidir.

Püskürtme: Ahşap üzerine uygulanacak kimyasalın bir kompresör yardımı ile ahşabın yüzeyine püskürtülmesi ile gerçekleştirilen işlemdir.

Uzun ve kısa vadeli daldırma: Kimyasal maddenin içerisine ahşabın kısa süre yada uzun süre daldırılarak ahşabın kimyasalı emmesinin sağlanması işlemidir.

Sıcak soğuk tank yöntemi: Bu metod, basınç uygulamasını gerektirmeyen emprenye yöntemlerindendir. Emprenye maddesi olarak kreozot ve suda çözünen emprenye tuzlarının çözeltileri kullanılmaktadır. Bu metodda, hava kurusu rutubet derecesine kadar kurutulmuş ağaç malzeme üstü açık bir emprenye kazanında bulunan sıvı haldeki emprenye maddesi içerisinde ısıtılmakta, daha sonra belirli bir süre soğuk emprenye maddesi içerisinde bırakılmaktadır. Metodun esasını; emprenye maddesinin, sıcaklık dereceleri farklılığı nedeniyle kendiliğinden çeşitli derecelerde basınçlar oluşturması ve bu basınç yardımıyla emprenye maddesinin ağaç malzeme içerisine derin bir şekilde girebilmesi oluşturmaktadır. Emprenye sıvısının sıcak ve soğuk haldeki sıcaklık farkları ne kadar büyük olursa, odunun içerisindeki hava basıncı ile sıvı içerisindeki fark o kadar az olmaktadır (Anonim, 2021).

2.3.3. Hidrofobik (Su İtici) Maddeler

Su itici maddelerin etkisi, ağaç malzemede artan su oranını kontrol etme veya önleme marifeti olarak açıklanabilir. Ağaç malzemede su itici bir engel oluşturularak, su alma oranı büyük ölçüde azaltılabilmektedir. Ağaç malzemeye uygulanan maddeye bağlı olarak su itici maddeler hücre boşluklarını doldurmaktadır. Böylelikle ağaç malzeme yüzeyi hidrofobik özellik göstermekte ve su alma oranı azalmaktadır (Can, 2018; Koski, 2008).

Su itici maddeler ağaç malzemede rutubet artış oranını azaltmakta; fakat zamanla genişleme derecesi doğal haldeki ağaç malzeme ile yaklaşık aynı olmaktadır. Açıkçası, bu yöntemlerde işlenmiş ağaç malzeme işlem görmemiş ağaç malzemedan daha geç sürede fakat aynı derecede genişlemekte ve çalışmaktadır. Su itici maddeler ağaç malzemenin su alımını azalttığı için mantar ve diğer mikroorganizmaların gelişimini engellemekte veya yavaşlatmaktadır (Williams ve Feist, 1999; Can, 2018). Su itici maddeler ağaç malzeme ile kimyasal bağ oluşturmamaktadır. Bundan dolayı daldırma ve vakumlu emprenye ile ağaç malzemeye uygulanmaktadır ve böylelikle ağaç malzeme ile su itici maddeler arasında zayıf Van Der Waals bağları oluşmaktadır (Can, 2018; Koski, 2008). Çalışmada kullanılan su itici maddelere ilişkin genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.3.3.1. Parafin

Renksiz, kokusuz bir mum çeşidi olan parafin mumu, petrolden elde edilir. Parafin mumu ilk olarak 1829 yılında Carl Reichenbach tarafından odun katranından; daha sonra bitümlü tabakalardan; 1867'den sonra da petrolden elde edildi. 1947'de de sentetik parafin mumu yapıldı. Ticari parafin mumları C_nH_{2n+2} formülünde düz zincirli hidrokarbonlar olup, erime dereceleri 50-100 °C arasında değişmektedir. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir (Gözalan, 2016).

Sentetik parafin mumu, çok beyaz olup, petrolden yapılan parafin mumlarından daha serttir. 50-55 karbon bulunduran sentetik parafinlerin molekül ağırlığı ortalama 750 civarındadır. Bazı özelliklerden dolayı petrolden yapılan mumların yerine kullanılır (Gözalan, 2016). Parafin Latince "Parum afinis" reaksiyonlara az yatkın tabirinden adını almış olup, C_nH_{2n+2} genel formülünde petrolerin asıl bir birleşimidir. Ham petrolerin parafin miktarı kaynağına göre geniş sınırlar içinde değişkenlik gösterebilir. Teknikte parafin petrolden ve esmer kömür katranından elde edilebilen, ortalama 15 °C'lik oda sıcaklığında katı olan, düz zincirli doymuş hidrokarbonların $C_{23}H_{48}$ ile $C_{35}H_{72}$ arası karışımlarından ibarettir. Genellikle %97'den daha çok hidrokarbon ihtiva eder. Karbon muhteviyatı %83-87, hidrojen ise %11-14'tur. Kalan elementler ise O, N ve S'dir (Akkayan ve Özden, 1988).

Bunlarla birlikte parafin mumlar aşağıda belirtilen genel özellikleri taşırlar;

- Tepkime vermez
- Toksik etki taşımaz
- Su geçirgenliği yoktur
- Renksizdir
- Yakıt olarak kullanılabilir (Anonim, 2018).

Parafin mumu hammadde olarak parafin temelli yağlardan elde edilir. Ancak parafin kendisini taşıyan yağla aynı sıcaklıkta kaynadığı için damıtma ile elde edilememektedir. Bu nedenle özel metotlar geliştirilmiştir. Petrol sanayiinde ince ve orta kıvamdaki yağlama yağlarından parafin çamuru ve katı normal parafin karışımlarından ibaret bir kütle elde edilir. Bu da rafine parafin çeşitlerinin istihsalı için çıkış maddesi olarak kullanılır (Akkayan ve Özden, 1988). Likit parafin ilaç, kozmetik, merhem, bebe yağı, losyonlar, gıda makinelerinde yağlama, tekstil, kâğıt sanayii, cila, mürekkep ve boya imali gibi birçok alanda kullanılır (Özsoylu, 2018).

2.3.3.2. Bezir Yağı

Bezir yağı kendir ve kenevir tohumlarının sıcak veya soğuk preslenmesi sonucu elde edilir. Her iki yolla üretilen yağ “ham bezir” yağıdır. Soğuk yöntemle yapılan üretimde yağ verimi düşük, elde edilen yağın kalitesi yüksektir. Ham bezir yağı sadece havadan aldığı oksijenle sertleştiği için, kuruma süresi uzundur. Bu sebeple ağaç malzeme yüzeylerinde koruyucu katman hazırlamak amacı ile kullanılmaz. Daha çok boya/vernik üretiminde hammadde olarak kullanılır. Kuruma süresini kısaltmak için ham bezir yağı pişirme işlemine tabi tutulur. Pişirme işleminde, yağlarda eriyen ve oksijen verme yeteneğindeki metal oksitler ile karıştırılan yağ, kapalı kazanlarda 60-100 °C’de ısıtılır ve üzerinden basınçlı hava geçirilir (Sönmez ve Budakçı, 2004). Beziryağı, su itici çözeltilerde hidrojen bağları oluşturabilme yeteneğine sahip olması, polar olmayan çözücülerde çözünebilmesi, suya oranla moleküler ağırlığının daha fazla olması gibi nedenlerle birçok üst yüzey işlemlerinde kullanılmaktadır. Hidrojen bağları oluşturabilme yeteneği ile su itici ve boyut stabilizasyonu sağlayıcı etki yapmasının yanı sıra, bazı koruyucu maddelerin zamanla odun yüzeylerine doğru gelerek beneklenmesi şeklinde ifade edilebilecek çiçeklenme, beneklenme (blooming) sorununa karşı koruyucu bir madde olarak da kullanılmaktadır.

Pişirme işleminde kullanılan metal oksit, yağın rengini ve katmandaki kuruma etkinliğini belirler. Kurşun oksit daha sarı renk verirken, katmanın alt kısımlarında kurumada etkili olur. Kobalt oksit daha açık sarı renkte, hafif olduğu içinde katmanın üst kısmında kurumayı hızlandırır. Ancak bu durum katmanın iç kısmındaki kurumayı geciktirir. Mangan oksit ise yağa açık sarı renk verir ve her iki yönde de kurumayı çabuklaştırıcı etkide bulunur. Yağ üretici firmalar genellikle en iyi kuruma zamanını ve kusursuz katman oluşumunu elde etmek için bu üç metal oksiti belirli oranlarda karışım halinde kullanırlar (Sönmez ve Budakçı, 2004).

2.3.3.3. Stiren

Solvent bir özelliği olan stiren monomer’in kendine has olan özellikleri vardır. Bunların başında da karakteristik kokusu gelmektedir. Sıvı formda olan stiren monomer kimyasalı, renksiz bir görünüme sahiptir. Stiren monomer kimyevi malzemeleri, ısı ya da ışık alan alanlarda bulunduğu zaman sıvı hallerinden katı hale dönüşmektedir. Reçinelerin viskozitesini düşüren stiren monomerler, bu sayede reçinenin incelmesini ve akışkanlığının artmasını sağlar. Reçinelerin geneli %35 oranında stiren içerirler. Bu

durumda reçineyi inceltmek için %10'dan daha fazla ilave edilen stiren monomer, reçinenin temel özelliğini kaybetmesine neden olur. Bu nedenle olması gerektiği kadar kullanılmalıdır. Stiren monomer'in donma noktası -27 iken, kaynama noktası 145 °C'dir. Saflığı %99 olan stiren monomer'in parlama noktası ise 31,1 °C'dir. Kendine has özellikleri ile dikkat çeken stiren monomer'in geniş kullanım alanı vardır. Sağladığı avantajlar ile birçok alanda rahat bir şekilde kullanılabilen stiren monomer kimyevi madde, reçinenin akış özelliklerini kolaylaştırır ve inceltir. Bununla beraber, jelkotların inceltilmesinde de stiren monomer etkili özellikler içerir (Anonim, 2020a).

2.4. AĞAÇ MALZEMENİN YOĞUNLAŞTIRILMASI

Gelişen teknolojiyle birlikte, ağaç malzemenin birçok özelliği farklı muamele (modifikasyon) teknikleri kullanılarak iyileştirilebilmektedir. Ağaç malzeme modifikasyonu olarak adlandırılan bu işlemler kimyasal ve mekanik muamele olmak üzere iki kısımda sınıflandırılabilir. Bu uygulamalar ile ağaç malzemenin, boyutsal kararlılık, homojenlik, anizotropi, ateş ve organizmalara karşı, mekanik özellikleri geliştirilebilmektedir (Navi ve Sandberg, 2012; Özdemir, 2020). Yoğunluğu yüksek denebilecek ağaç malzemelerde dahi yoğunlaştırma işlemleri uygulanarak sertlik ve direnç özellikleri daha da geliştirilebilir (Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit, Sönmez ve Budakçı, 2015a).

Ağaç malzeme basınç altında sıkıştırılarak, hücre çeperine bazı kimyasalların-reçinelerin emdirilmesiyle (impregnasyon) veya sıkıştırma ile impregnasyonun birlikte kullanılmasıyla yoğunlaştırılabilir (Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit vd., 2014). Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılmasında, malzemenin hücre çeperi çökertilerek ve boşluk hacmi azaltılarak yoğunlaştırma gerçekleştirilmektedir (Pelit ve Sönmez, 2015).

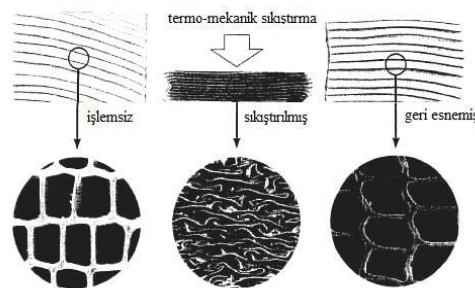
Ağaç malzemenin yoğunluğunun artırılması neticesinde mekanik özelliklerinin gelişeceği düşüncesinden hareketle, yoğunluğu artırılmasına yönelik pek çok modifikasyon yöntemi geliştirilmiştir. Yoğunlaştırma olarak nitelendirilen bu modifikasyon yöntemlerinde ağaç malzeme, kimyasal, mekanik veya ikisi birlikte kullanılarak muamele edilebilmektedir. Kimyasal yöntemde, odunun hücre boşlukları (lümen) sıvı maddeler emdirilerek doldurulmaktadır. Mekanik yoğunlaştırmada ise odun liflere dik yönde sıkıştırılmaktadır (Kollmann, Kuenzi ve Stamm 1975; Navi ve Sandberg, 2012; Özdemir, 2020).

Yoğunlaştırma işlemi, ağaç malzemeyi yumuşatmak için kullanılan rutubetin kontrol edilemediği açık sistemlerde uygulanıyorsa termo mekanik (TM) yoğunlaştırma, rutubetin kontrol edilebildiği kapalı sistemde uygulanıyorsa termo hidro mekanik (THM) yoğunlaştırma olarak adlandırılmaktadır (Skyba, 2008; Özdemir, 2020). Kimyasal maddelerle yoğunlaştırmada ise, sıvı haldeki doğal ve yapay reçineler ağaç malzemenin boşluklarına emdirildikten sonra kimyasal reaksiyon veya soğutma sonucu bulundukları yerde katılaştırılarak yoğunluğu artırılmış ağaç malzeme elde edilmektedir (Kamke, 2006; Pelit, 2014).

2.4.1. Yoğunlaştırma Yöntemleri

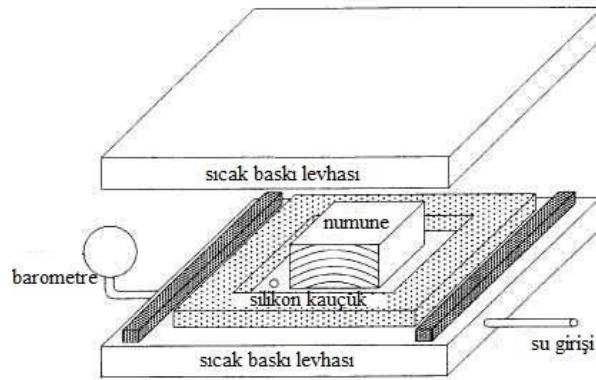
Avrupa’da ticarileşen ilk sıkıştırılmış masif ahşap 1930’da “Lignostone” adıyla Almanya’da piyasaya sürülmüştür. Bu yöntemde, yüksek sıcaklık (140 °C) ve pres basıncı (25 N/mm²) altında radyal yönde sıkıştırılan odun hücre duvarlarının, kendi yapısında bulunan lignin, hemiselüloz, reçine vb. maddeler aracılığıyla birbirine yapıştığının tesadüfen fark edilmesiyle bulunmuştur. Elde edilen yoğunlaştırılmış odunun mekanik özelliklerinde artış gözlemlense de rutubetli ortamda boyutsal kararlılığı düşüktür (Kutnar ve Šernek, 2007; Özdemir, 2020).

Reçine emdirilmeden yoğunlaştırılmış ağaç malzemeler neme maruz kalacağı veya su ile temasının olabileceği yerlerde geri esneme (spring-back) özelliğinden dolayı ciddi problemler oluşturabilmektedir (Şekil 2.15). Reçine emdirilmeden yapılan yoğunlaştırmada ölçüsel stabiliteyi sağlamak için çeşitli çalışmalar denenmiş ve bazıları oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bu çalışmalar; Termo-Higro-Mekanik (THM) yoğunlaştırma, Viskoelastik-Termal-Sıkıştırma (VTC) ile yoğunlaştırma ve ısıl işlem ile kombine edilmiş Termo-Mekanik (TM) yoğunlaştırmadır (Pelit, 2014).



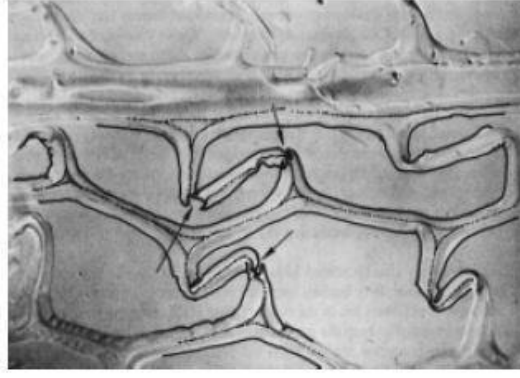
Şekil 2.15. Sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin neme maruz kalması sonucu meydana gelen geri esneme (Pelit, 2014).

THM yoğunlaştırma, 1997'den bu yana bilinen bir yöntem olup, kapalı sistemde ağaç malzemenin rutubeti ve sıcaklığı kontrol edilerek yoğunlaştırma işlemi gerçekleştirilebilir. Termo hidro mekanik (THM) yoğunlaştırma olarak adlandırılan bu yöntem 1990'da sonra hızlı şekilde gelişmiştir (Navi ve Sandberg, 2012; Özdemir, 2020). Navi ve Girardet yaptıkları çalışmada ağaç malzemeyi 150 °C'de doymuş buhar ve 13 N/mm² 'ye kadar çıkarılan basınçta sıkıştırılarak yoğunlaştırmışlardır. Sonuç olarak elde edilen THM yoğunlaştırılmış ağaç malzeme daha az hidroskopik özellikte ve daha istikrarlı olduğu belirlenmiştir (Navi ve Girardet, 2000; Özdemir, 2020). Bu yöntemde kullanılan kapalı sistem bir presin şematik görünümü Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. THM yönteminde kullanılan kapalı sistem bir presin şematik görünümü
(Pelit, 2014).

Yoğunlaştırma kapalı bir sistemde yapıldığından dolayı sıkıştırma işlemi boyunca doymuş buhar kullanımı kontrol edilebilmekte, THM sürecinde ağaç malzemeler, 150 °C sıcaklıkta doymuş buhar altında yoğunlaştırılmaktadır (Şekil 2.16). Ağaç malzeme yoğunlaştırma işlemi süresince bu şartlarda tutulmaktadır. Bu işlem sırasında uygulanan maksimum basınç kuvveti yaklaşık 130 kg/cm² dir. Kullanılan higro-termal haznesinin özelliklerinden dolayı, ağaç malzemenin ısıtılması doğrudan basınçlı buhar ile yapılmaktadır. Bu yöntem ile yoğunlaştırılmış ağaç malzemeler daha kararlı ve daha az hidroskopiktir. Mikroskopik incelemelerde, TM metod ile yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde hücre kırılmalarının olduğu ancak hücrelerin tamamen deformasyona uğramadığı ve lümenlerin açık durumda kaldığı görülmektedir (Şekil 2.17). THM yoğunlaştırmada ise hücre kırılmaları-çatlamaları yaşanmamaktadır (Kutnar ve Šernek, 2007; Navi ve Girardet, 2000; Pelit, 2014).



Şekil 2.17. TM yoğunlaştırmada ahşabın hücre çeperinde meydana gelen deformasyon (Kultikova, 1999).

Ahşap malzemenin, Viskoelastik – Termal – Sıkıştırma (VTC) yoğunlaştırılması, mekaniksel olarak sıkıştırılmış ahşabın yoğunluğunu %100 - %300 arasında arttırmak için yapılan işlemlerdir. VTC yoğunlaştırma işlemi ahşap malzemeyi buhar ile ön yumuşatma, sıkıştırma ve son olarak ısıtma işlem-kondüsyonlama basamaklarından oluşmaktadır. VTC işleminde önemli olan nokta, yüksek basınçlı bir buhar ortamında ahşabın yumuşatılmasıdır. Ön yumuşatma işlemiyle, aşırı yük altındaki ahşabın hücre kırılmaları önlenmektedir. Sıkıştırmadan sonra ısıtma işlemi (ısıtma ve kondüsyonlama) uygulaması ile ölçüsel olarak kalıcı sabitleme sağlanmaktadır (Kamke ve Harrison, 2008; Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit, 2014).

Yoğunlaştırmada kullanılacak ağaç malzeme kalınlıklarının 3 mm - 12 mm arasında olması, ince malzemelerin kuruması (desorpsiyon) daha hızlı ve tekdüze gerçekleşeceğinden bu yöntem için en uygun ölçülerdir. Isıtma ve kondüsyonlama aşamasında sıcaklığın 160 °C - 175 °C arasında ve ağaç malzemenin orta kısmındaki basıncın 650 kPa - 2000 kPa aralığında olması tercih edilmektedir. Ancak daha yüksek yoğunluklu ağaç malzeme elde etmek için, 175 °C - 225 °C arasında sıcaklık ve 2000 kPa- 4000 kPa arasında mekaniksel bir basınç uygulanmaktadır. Bu aşamada uygulanan sıcaklık ve basıncın seviyesi, önceki aşamada gerçekleştirilen sıkıştırmanın derecesine bağlıdır. İşlem tamamlandığında istenen yoğunluk değerine ulaşan ağaç malzemenin rutubeti yaklaşık %2 civarında ve daha az hidroskopiktir. Dış ortam ile denge rutubetini sağlayabilmesi için malzeme yüzeyine son olarak su püskürtme işlemi uygulanır. VTC yoğunlaştırma yönteminde, ahşabın mekanik direnç özellikleri artarken özellikle ölçüsel stabilizasyonu yüksek derecede sağlanmaktadır (Kamke ve Harrison, 2008; Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit, 2014).

Farklı bir yoğunlaştırma yöntemi olan Termo-Vibro-Mekanik (TVM) yoğunlaştırmada, özellikle düşük yoğunluklu ağaç türlerinin direnç özelliklerinin iyileştirilmesi suretiyle, üstün özellikli ağaç malzeme elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntemde ağaç malzemeler, sabit doğrusal bir titreşimle (100 Hz frekans ve 3 mm genlik (amplitude)), farklı sıcaklıklarda, farklı vibrasyon basıncı ve vibrasyon süresinde işlem görmektedir. TVM yoğunlaştırma yöntemi diğer ahşap modifikasyon yöntemlerine alternatif yeni ve çevreci bir yöntem olarak, düşük direnç özelliklerine sahip ağaç malzemelerin fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Şenol, 2018).

2.5. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM)

Temel olarak Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Tungsten, Lantan hekza borit katottan veya alan emisyonlu (FEG) gun'dan ortaya çıkan elektronların kullanımı, incelenecek malzeme yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşmelerden yararlanılması esasına dayanır. SEM'ler genel olarak bu elektron enerjisi 200-300 eV dan 100 keV a kadar değişebilir. Bu amaçla, yoğunlaştırıcı elektromanyetik merceklerle (condenser lense) toplanan, objektif merceklerle odaklanan elektron demeti, yine elektromanyetik saptırıcı bobinlerle örnek yüzeyinde tarama işlemini (scanning) gerçekleştirir. Bir taramalı elektron mikroskopunda görüntü oluşumu temel olarak; elektron demetinin incelenen örneğin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşmelerin (elastik, elastik olmayan çarpışmalar ve diğerleri) sonucunda ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve incelenmesi prensibine dayanır (Anonim, 2020b). Bunlardan ilki, gelen elektron demetindeki elektronların, malzemedeki atomlarla yapmış olduğu elastik olmayan çarpışma sonucu (yani, örnek yüzeyindeki atomlardaki elektronlara enerjilerini transfer ederek) ortaya çıkan ikincil elektronlardır (secondary electrons). Bu elektronlar örnek yüzeyinin yaklaşık 10 nm'lik bir derinliğinden ortaya çıkarlar ve bunların tipik enerjileri en fazla 50 eV civarındadır. İkincil elektronlar fotoçoğaltıcı tüp yardımıyla toplanıp, örneğin tarama sinyali konumuyla ilişkilendirilerek yüzey görüntüsü elde edilir.

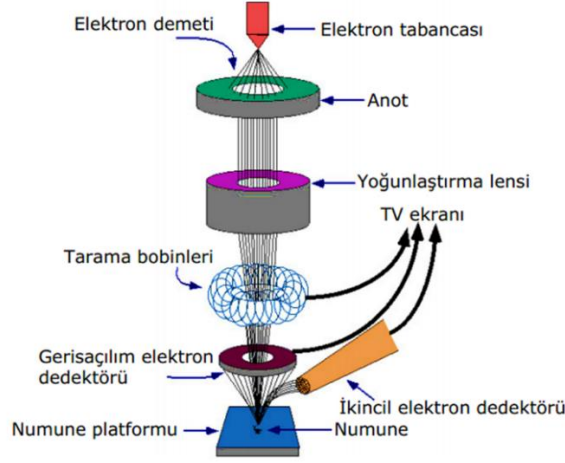
Elektron demeti ile incelenen örnek yüzeyindeki malzeme arasındaki etkileşimde ortaya çıkan diğer bir elektron grubu ise geri saçılma elektronları (backscattered electrons) adı verilen elektronlardır (bu elektronlar, yüzeye gelen elektron demeti ile yaklaşık 1800 açı yapacak biçimde saçılırlar). Geri saçılma elektronları, yüzeyin derin bölgelerinden (yaklaşık 300 nm'ye kadar) gelen daha yüksek enerjili elektronlardır. Bu enerjideki elektronlar bir fotoçoğaltıcı tüp tarafından tespit edilemeyecek kadar yüksek enerjiye

sahip olduklarından, genellikle quadrant foto dedektörlerle (yani katihal dedektörleri) yardımıyla tespit edilir. Bilindiği üzere bu tür dedektörler üzerine gelen elektronların indüklediği elektrik akımının şiddetine göre çıkış sinyali verirler ve sonuç olarak ikincil elektronlar incelenen örneğin kompozisyonu hakkında bilgi verir.

Gelen elektron demetinin incelenen numune yüzeyi ile yapmış olduğu diğer bir etkileşme ise (yaklaşık 1000 nm derinlik civarında), karakteristik X ışınlarının çıktığı durumdur (enerjileri keV mertebesindedir). Buna göre örneğe çarpan elektron, örnekteki atomun iç yörüngesinden bir elektron kopmasına neden olunca, enerji dengelenmesi gereği bir üst yörüngedeki elektron bu seviyeye geçer ve geçerken de ortama bir X ışını yayar ve buna da karakteristik X ışını adı verilir. Bu X ışını mesela 10 mm² çapındaki bir Si (Li) dedektörle algılanır, ortaya çıkan sinyal yükselticiye, oradan çok kanallı analizöre ve daha sonra da SEM sistemin bilgisayarına gönderilir. Sonuçta ortaya çıkan karakteristik X ışını (ki bu ışının enerjisi her atoma özeldir), SEM’de incelenen malzemenin element bakımından muhtevasının nitel ve nicel olarak tespit edilmesine yardımcı olur (Anonim, 2020b).

2.5.1.1. Taramalı Elektron Mikroskopunun Çalışma Prensipleri

Taramalı elektron mikroskopunun optik kolonunda; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, demeti toplamakta ve yönlendirmekte kullanılan condenser ve objektif mercekleri, demet çapını sınırlamakta kullanılan apertürler, numune yüzeyini taraması için demeti uygun şekilde saptıran tarama bobinleri vardır. Optik kolon alttan numune ocağına açılır. Burada üç boyutta hareket edebilen numune kızıağı, demet-numune etkileşimi sonucu oluşan değişik sinyallere duyarlı algılayıcılar bulunur. Mikroskopun elektronik donanımı ise flaman akımı, mercek akımı ve uyarma gerilimini kararlı tutarken, algıcılardan gelen sinyalleri işleyerek numunenin değişik özelliklerini yansıtan görüntüler oluşturur (Şekil 2.18) (Anonim, 2020b).



Şekil 2.18. Taramalı elektron mikroskobunun şematik görüntüsü.

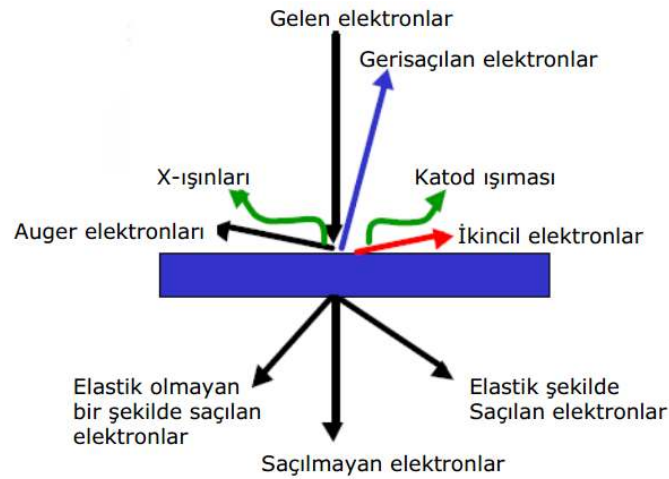
2.5.1.2. Elektron Demeti ile Numune Etkileşimi

Elektronlar, numune yüzeyinde yada numune yüzeyine yakın atomlarla etkileşime girerek numune yüzeyinin topografisi, kompozisyonu ve diğer özellikleri hakkında bilgiler içeren sinyaller üretir. SEM tarafından üretilen sinyaller ikincil elektronları, geri saçılan elektronları, karakteristik x-ışınlarını, numune akımını ve geçen elektronları içerir.

Geri saçılan elektronlar: Demetle gelen elektronlar numunedeki atomların elektrostik alanlarıyla etkileşebilir veya bu atomların yörüngelerindeki elektronlarla çarpışabilirler. Elektrostik alanla olan etkileşim yön değiştirme şeklinde gerçekleşebilir. Bu durumda elektron hızında bir değişim olmadığından elektron enerjisi aynı kalır. Bu tür elektronların bir kısmı numune yüzeyinden tekrar geri çıkabilirler. Enerjileri demetteki elektronlarınkine yakın olan bu elektronlara geri saçılan elektronlar denir. Numunedeki atomların atom numarası ne kadar büyük olursa o kadar çok sayıda geri saçılan elektron elde edilir. Geri saçılan elektronların sinyallerinin şiddeti güçlü bir biçimde numunenin atom numarasıyla ilişkili olduğu için, geri saçılan elektronlar numunede ki farklı elementlerin dağılımı hakkında bilgi verirler.

İkincil elektronlar: Demet elektronları atom yörüngelerindeki elektronlarla da çarpışabilirler. Dış yörüngelerdeki elektronların çarpışma ile atomlarından sökülebilmeleri için az bir enerji yeterlidir. Çarpışma ile atomlarından ayrılan dış yörünge elektronlarına ikincil elektronlar denir. İkincil elektronlar düşük enerjili elektronlardır. Detektöre 100-300V arasında bir pozitif voltaj uygulanması ile kolaylıkla toplanabilirler. İkincil elektron görüntüsü verebilen taramalı electron mikroskobu, 1 nm' nin altında detay verebilen, çok yüksek çözünürlüklü yüzey görüntüleri üretebilir.

Karakteristik x-ışınları: İç yörüngelerdeki elektronlarla demet elektronlarının çarpışması sonucunda bu yörüngelerdeki elektronlar yerlerinden sökülebilirler. Bu şekilde iç yörüngelerde meydana gelen boşluklar dış yörüngelerdeki elektronlardan biri tarafından doldurulduğunda ise, iki konum arasındaki enerji farkı x-ışını olarak yayımlanır. Elektron ışını, numunenin iç yörüngesindeki elektronlarından birini söktüğü zaman daha yüksek enerji elektronlarından birisinin yörüngeyi doldurmasına yayımlanırlar. Bu karakteristik x-ışınları kompozisyonu belirlemek ve numunedeki elementlerin miktarını ölçmek için kullanılır (Şekil 2.19) (Anonim, 2020b).



Şekil 2.19. Elektron demeti ile numune etkileşimi.

2.6. AĞAÇ MALZEME

2.6.1. Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)

Ülkemiz ormanlarının yaklaşık %2,62' ini oluşturan Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf) yayılışını Kızılırmak ile Uludağ (Bursa) arasında kalan Batı Karadeniz Bölgesinde göstermektedir. Bu bölgede dağlar sıra dağlar karakterinde olmadığından, Uludağ Göknarının yayılışı kesintili bir durum göstermektedir. Bazen saf, çoğu kez de kayın ve çamlar ile karışıma girmektedir. Çoğunlukla 1100 – 1800 metre yükseltiler arasında yayılmakla birlikte, bazen üst orman sınırına (2000 m) kadar yayılış göstermektedir. Abant ve Uludağ, Ilgaz Dağları, Seben Dağları, Boyabat Göktepe Ormanları ve Ayancık' ta en güzel ormanları yer almaktadır. Doğu Karadeniz Göknarının aksine Uludağ göknarının bulunduğu meşcerelerde çoğu kez egemen ağaç durumundadır (Anşin ve Özkan, 1997; Karadeniz, 2018). Uludağ göknarı odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.4'de verilmiştir (Erdin ve Bozkurt, 2013).

Çizelge 2.4. Uludağ göknarı odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D _o	0,49	g/cm ³
	D ₁₂	0,43	g/cm ³
Daralma yüzdesi	β _r	3,8	%
	β _t	7,6	%
	β _v	11,5	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	10 000	N/mm ²
Eğilme direnci	σ _e	71	N/mm ²
Basınç direnci	σ _b //	46	N/mm ²
Çekme direnci	σ _ç //	82	N/mm ²
Dinamik eğilme direnci	a	0,41	kN/cm ²

Reçinesiz, beyaz, işlenmesi kolay olan göknar odununun çok geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Maden ve telefon direği yapımında, sütun yapımında, müzik aletleri, ambalaj sandıkları, mobilyacılıkta sıkça kullanılmaktadır. Selüloz oranı yüksek olduğu için kâğıt üretiminde tercih edilen bir ağaç türüdür (Aslan, 1994). İyi ve hızlı kurutulur, çatlamaya ve şekil değişimine meyilli azdır. Soyulabilir, çok miktarda öz ışıını bulunması sebebiyle kolay yarıılır. Mükemmel işlenir ve yapıştırılır. Ahşabı dayanıklı olmayıp, mantar ve böceklerle karşı hassastır. Zor emprenye edilir. Yapı inşaatında iç kısımlarda, mobilya yapımında ara ve iç bölmelerde, ambalaj ve kâğıt sanayiinde kullanılmaktadır (Erdin ve Bozkurt, 2013).

2.6.2. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.)

Titrek Kavak öncü orman ağaçlarındandır. Yangın geçiren sahalarda başlangıçta küçük alanlara gelip yerleşmektedir. Ayrıca bu türü dere ve nehir boylarında, orman içi açıklıklarda görmek mümkün olmaktadır. Titrek Kavak türü dünyada, bütün Avrupa, Kuzey batı Afrika, Lübnan, Ön Asya, Kafkasya ve Sibirya'da doğal yayılış göstermektedir. Doğuda ise Kuzey Çin'e kadar ulaşmaktadır (Kayacık, 1981).

Ülkemizde; Batı Trakya, Batı Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde çok iyi gelişim göstermekte olup, Güneydoğu ve İç Anadolu step bölgesi dışında kalan tüm orman bölgelerinde yapraklı ve iğne yapraklı karışık ormanlarında kümeler halinde veya serpili olarak, yangın geçirmiş ve tıraşlama alanlarında ise saf meşcereler halinde yayılış göstermektedir. Bu ağaç türü 25 m'ye kadar boyolanabilen, silindirik gövde, sık dallı, geniş konik tepeye sahip I. sınıf bir orman ağacıdır (Şimşek, 1968; Atik, 1995).

Titrek Kavak odunu, kirli beyaz renkte, yıllık halkalar geniş olup yaz odunu tabakası koyuca, kokusuz, çok hafif ve yumuşaktır. Odununun hafifliğine rağmen dayanıklı olması, nakliyat ücretlerinin azlığı, kokusuz ve reçinesiz olması, yüksek eğilme direncine sahip olması, çivi tutma kabiliyetinin iyi ve çivilenme sırasında çatlamaması ve kıymık yapmaması gibi nedenlerle ambalaj sanayiinde de kullanılmaktadır (Sarıbaş, 1989; Berkel, 1950). Titrek kavak odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.5’de verilmiştir (Öner, 1996).

Çizelge 2.5. Titrek kavak odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Sembol	Değer	Birim
Yoğunluk	D_o	0,38	g/cm^3
	D_{12}	0,42	g/cm^3
Daralma yüzdesi	β_r	3,94	%
	β_t	8,05	%
	β_v	12,04	%
Elastikiyet modülü	E-Mod	-	N/mm^2
Eğilme direnci	σ_e	76	N/mm^2
Basınç direnci	$\sigma_b//$	40	N/mm^2
Çekme direnci	$\sigma_t//$	-	N/mm^2
Dinamik eğilme direnci	a	0,52	kN/cm^2

Titrek kavak odununun bolca kullanım alanları bulunmaktadır. Odununun yeknesak yapıda olması, yumuşak ve kolayca soyulabilmesi, eğilme direncinin yüksek olması, kimyasal maddeleri absorbe etme özelliği ve yandığında is çıkarmaması, yıllık halkalarının dar olması, koyu renkli bir özünün bulunmaması ve düzgün lifli olması nedeniyle soyma makinelerinde kolaylıkla tabakalar halinde soyulabilmesi gibi nedenlerle kibrit çöpü yapımında kullanılmaktadır. Titrek kavak odununda, lignin oranının %17.40 ile diğer kavak türlerinin çoğundan daha düşük oranlarda bulunması, tersine selüloz oranının yüksek olması, kolayca beyazlatılabilmesi ve lif uzunluğunun 1.366 mm olması gibi nedenlerle kâğıt üretimine elverişli bir tür olduğu söylenebilir (Atik, 1995). Ayrıca hektar başına kuru odun maddesi veriminin yüksek olması da (hektarda 6.7 ton kuru odun maddesi verimi) titrek kavak’ı kâğıt ve selüloz üretiminde aranılan bir tür yapmaktadır. Titrek kavak odunundan yapılacak odun kaplama levhalarının hafifliği ve şeklini muhafaza ederek çarpılmaması, yeknesak bir şekilde çalışması dolayısıyla yapı levhalarının iç ve dış kısımlarında ve kaplama levhalarına sabit bir zemin oluşturması gibi kullanım alanları da bulunmaktadır (Öner, 1996).

2.7. LİTERATÜR ÖZETİ

Güney çamı (*Pinus taeda*) ve sarı-kavak (*Liriodendron tulipifera*) odunları farklı sıcaklık (90 °C, 140 °C ve 200 °C) ve bağıl nem (%6,5, %62 ve %95) koşullarında radyal yönde sıkıştırılarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre; tüm yoğunlaştırma koşullarından sonra çekme gerilimi ve elastikiyet modülünde önemli artışların gözlemlendiği ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) gözlemlerinde, yoğunlaştırılmış ahşabın hücre çeperinde kırılmaların olduğu tespit edilmiş ve hücre çeperindeki bu değişikliklerin çekme testi sonuçlarını etkilediği bildirilmiştir (Kultikova, 1999).

Kızılağaç (*Alnus glutinosa*) odunu örnekleri stiren, metilmetakrilat ve stiren+metilmetakrilat (%70-%30) karışımı olmak üzere 3 farklı monomer ile emprenye edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yüksek miktarda su itici etkinlik elde edildiği ve ayrıca, %10-15 arasında boyutsal kararlılığın sağlandığı bildirilmiştir (Temiz, 2000).

Okaliptüs odununun renk, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkilerinin incelendiği çalışmada; ısı işlem uygulanmış okaliptüs odunu örneklerinin şişme, sertlik, tam kuru yoğunluk ve renk değişim özellikleri belirlenmiştir. Isıl işlem sonucunda odun örneklerinin renklerinin koyulaştığı, ısı işlem sıcaklığı ve süresi artırıldıkça şişme, yoğunluk ve sertlik değerlerinde azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Ünsal, Korkut ve Atik, 2003).

Termal olarak modifiye edilmiş okaliptüs odununun hava kurusu yoğunluğu, pürüzlülüğü (ortalama pürüzlülük) ve liflere paralel basınç direnci üzerinde ısı işlemin etkisinin araştırıldığı çalışmada; ısı işlem sıcaklığının ve uygulama süresinin artmasıyla basınç direnci, yoğunluk ve pürüzlülüğü değerlerinin düştüğü belirlenmiştir (Ünsal ve Ayrılmış, 2005).

Farklı kalınlıkta hazırlanan ağaç malzemeler; 175 °C pres sıcaklığında, farklı sürelerde, %13 ve %22 sıkıştırma seviyesinde, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda, yoğunlaştırmanın seviyesine bağlı olarak malzeme yüzeyinde bazı çatlamların olduğu, küçük ve sürekli olmayan bu çatlamların yoğunlaştırması yapılacak malzemenin pres tablası ile temasından sonra meydana geldiği bildirilmiştir. Oluşan bu çatlakların %22 sıkıştırma seviyesinde işlem gören malzemede daha yaygın gerçekleştiği ancak, bu malzemelerde daha pürüzsüz bir yüzey elde edildiği belirtilmiştir. Kontrol örneklerine göre sertlikte bir iyileşmenin yaşandığı, sertlikteki artış

oranlarının %13 ve %22 sıkıştırma seviyelerinde sırası ile %23 ve %31 olarak gerçekleştiği bildirilmiştir (Adlam, 2005).

Isıl işlem uygulanan ladin örneklerdeki renk değişimlerinin, ışık etkisiyle belirlendiği çalışmada, ısıl işlem sonrasında ölçülen L^* , a^* ve b^* değerlerinde düşüş olduğu ve ısıl işlemden sonra ışık muamelesi sonucunda L^* ve a^* değerlerinde düşüş olmasına rağmen en ciddi düşüşün b^* değerinde olduğunu gözlemiştir. Sonuç olarak ısıl işlem uygulanmış odunun, ışık etkisi altında renk değişimine uğradığı ve ışık yayılımıyla foto termal olarak işlem gören odunun rengi ısıl işlemle iyileştirilebileceği fakat gerekli önlemler alınmadığı takdirde odun örneklerinde istenmeyen renk değişimlerinin olabileceği belirtilmiştir. (Mitsui, 2006).

Sahil çamı ve okaliptus odun örneklerinin buharla birlikte otoklav içerisinde 2 - 12 saat süre ve 190 °C - 210 °C sıcaklıklarda ısıyla muamele edildiği çalışma sonucunda; odunun su alış verişinde önemli iyileşmeler meydana geldiği, denge rutubet miktarının çamda %46 ve okaliptus'ta %61 oranlarında düştüğü, boyutsal stabilizasyonun arttığı ve ayrıca yüzey ıslanabilirliğinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Bunların yanında mekanik özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilendiğini ancak eğilme direncinde ciddi düşüşler gerçekleştiğini tespit etmişlerdir (Esteves vd., 2007).

Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odununun fiziksel özelliklerden; tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme özellikleri ile mekanik özelliklerden; basınç direnci, janka sertlik değeri ve pürüzlülüğü değerlerine ısıl işlemin etkisinin araştırıldığı çalışmada; ısıl işlem uygulama sıcaklığına ve süresine bağlı olarak odun örneklerinin incelenen tüm özelliklerinde azalmanın olduğu, pürüzlülüğü ve genişlemede meydana gelen azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilitenin aksine direnç değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Gündüz, Korkut ve Sevim Korkut, 2008).

Sarıçam odununun 150 °C, 170 °C ve 190 °C sıcaklıklarda 4, 6 ve 8 saat süreyle ısıl işleme tabi tutulduğu çalışmada; deney örnekleri üzerinde eğilmede elastikiyet modülü (EM), eğilme direnci (ED), basınç direnci (BD), ağırlık kaybı (AK), toplam renk değişimi (ΔE^*) ve hacimsel şişme değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ısıl işlemden sonra sarıçamın EM ve ED değerlerinin düştüğü, BD değerinin arttığı belirtilmiştir. Isıl işlemin, sarıçamın renginde koyulaşmaya neden olduğu, hacimsel şişmesinin yaklaşık %50 azaldığı, ısıl işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça bu özelliklerdeki

değişiminde arttığı bildirilmiştir (Özçifçi, Altun ve Yapıcı, 2009).

Kayın (*Fagus orientalis* L.), kızılğaç (*Alnus glutinosa* Geartn.), ladin (*Picea orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) tomruklarının diri odunundan hazırlanan örnekler, parafin ve bezir yağı karışımına 1/3, 3 ve 24 saat süre ile daldırılarak emprenye edilmiştir. Daha sonra örnekler, destile su içerisinde 1/4, 1, 4, 16 ve 24 saat bekletilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, emprenye süresi 1/3 saatten 24 saate çıkarıldığında, ortalama su alma oranının azaldığı, su itici etkinlik değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Var, 2009).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve kestane (*Castanea sativa* M.) deney örnekleri; 100 °C, 150 °C ve 200 °C’de 2, 4 ve 6 saat süre ile ısıtılma tabi tutulmuş ve ardından örnek yüzeylerine su bazlı vernikler uygulanmıştır. Tüm ağaç türlerinde çift bileşenli verniğin, tek bileşenli verniğe göre daha üstün olduğu, ısıtılma işlemisizler ile 100 °C’de 2 saat ısıtılma tabi tutulan örneklerin sertlik dirençlerinin 100 °C’de 4 ve 6 saat ile 150 °C ve 200 °C’de 2, 4 ve 6 saat ısıtılma tabi tutulan örneklerle göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Isıtılma işlemisiz örneklerin yapışma direncinin, ısıtılma işlemli örneklerle göre daha iyi olduğu ve ısıtılma işlemli örneklerin parlaklık değerlerinin düştüğü bildirilmiştir (Gezer, 2009).

Douglas göknar (*Pseudotsuga menziesii*) odunu kaplama örneklerinin pürüzlülüğüne kısa süreli termo mekanik yoğunlaştırmanın etkisinin araştırıldığı çalışmada; kaplama örnekleri 180 °C ve 210 °C sıcaklık ve üç farklı (1.0 N/mm², 2.0 N/mm² ve 2.5 N/mm²) basınçla yoğunlaştırılmıştır. Kaplamaların uygulanan basınç ve sıcaklık düzeylerine göre termo mekanik olarak yoğunlaştırılmasının pürüzlülük değerlerini azalttığı belirtilmiştir (Candan, Hızıroğlu ve McDonald, 2010).

Titrek kavak (*Populus tremuloides*) ve melez kavak (*Populus maximowiczii* x *P. balsamifera*) kaplama örneklerinde; renk, pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik özelliklerine, termo higro mekanik (THM) yoğunlaştırmanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, dört farklı sıcaklıkta (160 °C, 180 °C, 200 °C ve 220 °C) yoğunlaştırılan örneklerin renginin koyulaşma eğilimine girdiği, pürüzlülüğü 160 °C ve 200 °C sıcaklık arasında azalma gösterdiği fakat 220 °C’de pürüzlülüğünün artmaya başladığı, temas açısı (ıslanabilirlik) düzeyinin aynı sıcaklıkta kontrol örneklerine göre azalırken, yoğunlaştırma sıcaklıkları arasında belirgin bir fark ortaya çıkmadığı tespit edilmiştir (Diouf vd., 2011).

Okaliptüs odununun retensiyon ve daralma miktarına çeşitli emprenye maddelerinin etkisinin belirlendiği çalışmada, dört tip emprenye maddesi grubu seçilmiştir. 1.Ticari

emprenye maddeleri; (Amonyum sülfat, Vacsol-WR (WR), Immersol-WR WR ve Tanalith-CBC); 2. Borlu bileşikler; (Borik asit, Boraks), 3. PEG 400; 4. su iticiler; (Stiren, Metilmetakrilat) kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; ticari ve borlu maddelerle emprenye edilen okaliptüs odununda % retensiyon değerleri düşük düzeyde gerçekleşirken; su itici maddelerle muamele edilen okaliptüs odununda daha yüksek retensiyon oranları elde edilmiştir. En yüksek % retensiyonun PEG 400’de, en düşük ise boraks’ta bulunduğu; en yüksek retensiyonun Vacsol-WR’de, en düşük ise Boraks’ta gerçekleştiği bildirilmiştir (Bardak, Yel, Bakır ve Peker, 2011).

İki farklı sıcaklık (150 °C ve 180 °C) ve iki farklı basınç (2 Mpa ve 4MPa), altında 45 dakika süre ile termal modifikasyon yapılan okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) ahşap levhalarının ıslanabilirlik ve pürüzlülük özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; yapılan testler sonucunda termal olarak yoğunlaştırılmış örneklerin pürüzlülüklerinde, pres basıncı ve sıcaklığına bağlı olarak azalma gözlemlendiği, temas açısı ölçümlerinde pres basıncı ve pres sıcaklığının etkisinin, kontrol örneklerine oranla ıslanabilirlik düzeylerinde iyileşme görüldüğü belirtilmiştir (Ünsal vd., 2011).

Karayip çamı (*Pinus caribaea*) odunu örnekleri termo-mekanik (TM) yöntemle, %25 ve %50 sıkıştırma oranında, iki farklı sıkıştırma modelinde ve 50 dk. sürelerle yoğunlaştırma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonrası örneklerde kütle kayıplarının olduğu ve bu kayıpların rutubet miktarındaki kayıplarla eşdeğerde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca pürüzlülüğünde orta dereceli bir iyileşmenin meydana geldiği, yüzey ıslanabilirlik özelliğinin azaldığı, boyutsal stabilitede bir iyileşmenin olmadığı fakat mekanik özelliklerinin iyileşme eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Santos, Del Menezzi ve De Souza, 2012).

Nano-Silver ve su kullanılarak emprenye edilmiş Ladin (*Picea abies*) odunu örneklerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek üzere iki farklı sıcaklık (150 °C ve 175 °C), iki farklı süre (1 saat, 4 saat) ve %33 sıkıştırma oranında termo mekanik yöntemle yoğunlaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda; kontrol örneklerine kıyasla, eğilme direnci (MOR) , elastikiyet modülü (MOE) ve yük direncinin sırasıyla %53 , %41,2 ve %175,7 arttığı, maksimum yük direncinin ve en düşük geri esneme oranının (0,04) nano silver ile muamele edilen 150 °C de 4 saat yoğunlaştırma işlemi uygulanan örneklerden elde edildiği bildirilmiştir (Rassam, Ghofrani, Taghiyari, Jamnani ve Khajeh, 2012).

Termo-hidro-mekanik (THM) yöntemle yoğunlaştırılan göknar odunu için en uygun

yoğunlaştırma parametrelerinin (sıkıştırma oranı, sıcaklık ve süre) belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada; en uygun sıkıştırma oranı %60, sıcaklık 230 °C ve süre 20 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda işlem gören göknar odununun sertliği 30 MPa yapışma direnci ise 8 MPa olarak bulunmuş, ayrıca 2 saatlik suda bekletme ve iki saatliğine suda kaynatma sonucunda sıkıştırma kalınlığındaki geri dönüş oranı da yaklaşık %10 olarak tespit edilmiştir (Li, Gong, Yuan ve Li D., 2013).

Çam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus sylvatica* L.), kızılgağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn.) ve huş (*Betula verrucosa* Ehrh.) odunu kaplamalarının yüzey rengine kısa süreli termo mekanik (STTM) yoğunlaştırma sıcaklığı ve basınç seviyesi etkisinin araştırıldığı çalışmada; kaplama tabakaları üç farklı sıcaklık (100 °C, 150 °C ve 200 °C) ile üç farklı basınç (4, 8 ve 12 MPa) seviyeleri kullanılarak yoğunlaştırılmıştır. CIELab renk koordinat sistemi ile yapılan değerlendirmeye göre; yoğunlaştırılmamış örneklerle karşılaştırma sonucunda, en fazla renk değişimi 200 °C de yoğunlaştırılan çam ve kayın örneklerde görülmüş, yoğunlaştırma sıcaklığının basınca göre renk değişimi üzerinde çok daha fazla etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Bekhta, Proszyk ve Krystofiak, 2014a).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunu örnekleri, termo-mekanik yöntemle 110 °C ve 150 °C sıcaklıkta ve iki farklı oranda (%20 ve %40) sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış ve daha sonra 190 °C, 200 °C ve 210 °C sıcaklıkta 2 saat süreyle ısıtılma tabi tutulmuştur. Örneklerin bir kısmına tek ve çift bileşenli su bazlı vernikler uygulanmıştır. Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra sıkıştırma oranlarına bağlı olarak; örneklerin hava kurusu yoğunluk, basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve Brinell sertlik değerinde sırası ile %42, %39, %34, %27 ve %78'e kadar artışların olduğu, yüzey sertlik ve parlaklık değerlerinin arttığı, pürüzlülük değerinin ise azaldığı belirtilmiştir. Isıl işlem sonrası örneklerde yoğunluk ve direnç kayıplarının yaşandığı ancak %82 sıkıştırma oranı kazanımı, %73'e kadarda boyutsal kararlılığın sağlandığı ayrıca, ısıtılmalı örneklerde verniklerin yüzeye yapışma direncinin daha düşük bulunduğu bildirilmiştir (Pelit, 2014).

Sarıçamdan (*Pinus sylvestris* L.) elde edilen deney örnekleri açık sistemde ve üç farklı sıcaklık (120 °C, 140 °C ve 160 °C) seviyesinde termo-mekanik (TM) yöntemle yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırılan örnekler kontrol grubuna göre planyalama ile işlemede %26, daire testere ile işlemede %38 ve zımpara ile işlemede %32 daha düşük pürüzlülük elde edilmiştir. Yoğunlaştırmada en düşük pürüzlülük oranı 140 °C de elde edilirken, planya ile işlemede bıçak sayısının, daire testerede diş sayısının ve

zımparalamada kum sayısının artması pürüzlülüğünü azaltmış, teget yüzeylerde, radyal yüzeylere oranla daha az pürüzlülük elde edildiği belirtilmiştir (İmirzi, Ülker ve Burdurlu 2014).

Çam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus sylvatica* L.), kızılgağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn.) ve huş (*Betula verrucosa* Ehrh.) odunlarının parlaklık değerlerine kısa süreli termo mekanik yoğunlaştırmanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, odun örnekleri, üç farklı sıcaklık (100 °C, 150 °C ve 200 °C), iki farklı basınçla (8 ve 12 MPa) 4 dakika süre ile yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırılan örneklerde PICO GLOSS 503 cihazı ile 20°, 60° ve 85° açılarda parlaklık ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda yoğunlaştırılmış örnekler kontrol örnekleri ile karşılaştırılmış ve tüm odun örneklerinde parlaklık artışı gözlemlenmiştir. Buna göre en yüksek parlaklık değeri 200 °C sıcaklık ve 12 MPa basıncındaki örneklerde belirlenmiştir (Bekhta, Proszky, Lis ve Krystofiak., 2014b).

Termo mekanik yoğunlaştırma ve ısıtma işlem uygulamalarından sonra su bazlı vernikler ile kaplanmış sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunu örneklerinin pürüzlülüğü ve parlaklık özelliklerinin incelendiği çalışmada; sarıçam odunu örnekleri iki farklı sıkıştırma oranı (%20, %40) ve iki farklı sıcaklıkta (110 °C ve 150 °C) termo mekanik olarak yoğunlaştırılmış ve sonrasında üç farklı sıcaklıkta (190 °C, 200 °C ve 210 °C) 2 saat süre ile ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Yoğunlaştırma ve ısıtma işlem yapılan örnekler tek ve çift bileşenli vernikler ile verniklendikten sonra örneklerin pürüzlülük ve parlaklığında meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yoğunlaştırma uygulanan örneklerde pürüzlülüğü azalmış ve parlaklığı artmış, ısıtma uygulamasında artan sıcaklık pürüzlülüğünü artırmış, parlaklığı da düşürmüştür. Vernik tiplerinde tek bileşenli verniğin çift bileşenli verniğe göre pürüzlülük ve parlaklık olarak daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Pelit, Budakçı, Sönmez ve Burdurlu, 2015b).

Ceviz kaplama levhalarda, sıcaklık ve basınç miktarının yüzey kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlandığı çalışmada; ceviz kaplama levhalara 3 dakika süre ile 190 °C ve 210 °C sıcaklıklarda 5000, 10000 ve 15000 pound basınç uygulanmış sonrasında yüzey kalitesindeki değişimler belirlenmiştir. Uygulanan basıncın ve sıcaklığın artması ile ceviz kaplama levhalarının pürüzlülüğünün azaldığı, yüzey kalitesinin en yüksek 210 °C ve 15000 pound basınç uygulanan test örneklerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Uygulanan basıncın yüzey düzgünlüğünü kontrol örneğine kıyasla olumlu yönde etkilediği ve basıncın artma derecesine göre bu etkinin de arttığı belirtilmiştir. Hem 170 °C’ de hem de 190 °C’ de uygulanan basınç artışı yüzey kalitesini artırmış kaplama levhaların

yüzeylerinin sıkıştırılması yüzey kalitesini olumlu etkilediği bildirilmiştir (Özdemir, Altuntaş, Çot ve Tutuş, 2017).

Kızılağaç, kayın ve huş odunlarının; pürüzlülük, ıslanabilirlik ve kütle kaybı değerleri üzerine kısa süreli termo-mekanik yoğunlaştırmanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, kaplama tabakaları 4, 8 ve 12 MPa basınç seviyeleri kullanılarak üç farklı sıcaklıkta (100 °C, 150 °C ve 200 °C) yoğunlaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yoğunlaştırılmış kaplama yüzeylerinin daha pürüzsüz ve su iticiliğinin daha yüksek hale geldiği, ayrıca örneklerde kütle kaybının arttığı, pürüzlülük ve kalınlık değerlerinin önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Bekhta vd., 2017).

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* Mattf.) odunlarında ısıtılmanın bazı mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi araştırılan çalışmada; 190 °C'de 4 saat süreyle ısıtılma tabi tutulmuş sonrasında, yoğunluk, su alma, boyutsal stabilite ve renk değişiklikleri testleri uygulanmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre ısıtılma işlemi görmüş her iki ağaç türünde yoğunluk, su alma ve genişleme değerlerinde düşme gözlenmiş, genişlemenin en fazla teğet, ardından sırasıyla radyal ve boyuna kesitte olduğu tespit edilmiştir. Isıtılma işlemi uygulamasıyla birlikte, sarıçam odununun, göknar odununa oranla daha fazla renginin koyulaştığı belirtilmiştir (Özan, Onat ve Aydemir, 2017).

Pavlonya ahşap panellerinin mekanik performansı üzerine yüksek basınç işleminin etkisinin incelendiği çalışmada; 20, 40, 60, 80 ve 100 MPa basınçları altında paneller 30 saniye süre ile yoğunlaştırma işlemine maruz bırakılmıştır. Örneklerin kalınlık, pürüzlülüğü, sertlik, aşınma direnci ve yoğunlukları belirlenmiştir. Yoğunlaştırma işlemlerinin ardından panellerin kalınlık değerlerinin %45,7 - %60 arasında azaldığı, sertlik değerlerinin ise %84 - %173 arasında iyileştiği belirtilmiştir. Sonuç olarak uygulanan yöntemin Pavlonya gibi hafif yoğunluklu ahşapların özelliklerinin iyileştirilmesi için uygun bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Li, Jiang, Ramaswamy, Zhu, Yu, 2018).

Termo-Vibro-Mekanik (TVM) işlemle yoğunlaştırılmış Uludağ göknarı ve Kara kavak odunu örneklerinin fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerinin belirlendiği çalışmada, örnekler üç farklı sıcaklık (100 °C, 120 °C, 140 °C), üç farklı basınç (0,60 MPa, 1,00 MPa, 1,40 MPa) ve üç farklı sürede (20 sn, 60 sn, 100 sn) TVM yoğunlaştırma işlemi yapılmıştır. Araştırmada, TVM yoğunlaştırma işlemi yapılmış örneklerde kontrol örneklerine göre; tam kuru yoğunluk değerlerinde %15,40-%38, renk değerlerinde 7,65 -

15,82, parlaklık değerlerinde %175 - %1393, eğilme direnci değerlerinde %13 - %52, liflere paralel basınç direnci değerlerinde %15 - %67, yapışma direnci değerlerinde %5 - %247, Brinell sertlik değerlerinde %62,60 - %150,50 arasındaki oranlarda artış sağlandığı bildirilmiştir (Şenol, 2018).

Termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırılmış Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine su itici maddelerle ön-emprenye işlemlerinin etkisinin belirlendiği çalışmada, ahşap örnekler parafin, bezir yağı ve stiren ile muamele edilmiştir. Ardından örnekler üç farklı sıcaklık (120 °C, 150 °C ve 180 °C) ve iki farklı sıkıştırma oranında (%20 ve %40) yoğunlaştırılmıştır. Stiren ile muamele edilen örneklerde çok daha olumlu sonuçların elde edildiği, emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmış örneklerde yoğunluk değerinin %174 oranına kadar artış gösterdiği, emprenye ön işlemleri sayesinde yoğunlaştırılmış örneklerde geri esneme, su alma ve sıkıştırma yönü (radyal) şişme oranlarının sırası ile %81, %90 ve %91'e kadar azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, emprenye ve yoğunlaştırma modifikasyonu yapılmış örneklerin mekanik direnç özelliklerinde %93 ve sertlik değerinde ise %636'ya kadar çok önemli artışların sağlandığı bildirilmiştir (Emiroğlu, 2018).

Stiren ve akrilatlar kullanılarak yerinde polimerizasyon yapılan yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış işlem uygulanmış karakavak (*Populus nigra* L.) odunu örneklerinin su emiciliği ve şişmesi üzerine etkileri incelenmiştir. Termo mekanik olarak yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış işlem uygulanmış örnekler su emiciliği ve şişme durumlarını belirlemek için su içerisinde bekletilmiştir. Yapılan incelemelerde yerinde polimerizasyon işleminin ahşap malzemenin hidroskopikliğini azaltıcı etki oluşturduğu, termo mekanik olarak yoğunlaştırılmış ve ısıtılmış işlem uygulanmış örnekler, yoğunlaştırma yapılmış fakat ısıtılmış işlem uygulanmamış örneklerle göre daha az hidroskopik olduğu belirtilmiştir (Marta ve Andrzej, 2019).

Doğu ladini (*Picea orientalis*) ve kara kavak (*Populus nigra*) odunlarından hazırlanmış olan örneklerle, dört farklı sıcaklıkta (140 °C, 160 °C, 180 °C ve 200 °C) ve iki farklı sürede (7 ve 9 saat) ısıtılmış işlem uygulandıktan sonra ısıtılmış işlemli örneklerle 150 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırma oranları ile termo mekanik olarak uygulanmış ve ağaç malzemelerin bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ısıtılmış işlemli örneklerde yoğunluk ve mekanik direnç özellikleri genel olarak işlem sıcaklığı ve süresindeki artışa bağlı olarak azalmasıyla, yoğunlaştırılmış

örneklerde ise, ön ısıtma işlemleri sayesinde geri esneme oranı ile su alma oranının azaldığı ve boyutsal stabilitede %60'a kadar bir iyileşme sağladığı, diğer taraftan, direnç kayıpları yaşanan ısıtma işlemli örneklerde, yoğunlaştırma modifikasyonu sonrası yoğunluk, mekanik direnç ve sertlik özellikleri sıkıştırma oranına bağlı olarak önemli ölçüde artış gösterdiği bildirilmiştir (Yorulmaz, 2019).

Üç aşamalı yoğunlaştırma işlemi ile kauçuk ağacının fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinin amaçlandığı çalışmada; kauçuk ağacının ön sıkıştırma sonrası metil metakrilat (MMA) ile emprenye edilmesi ve emprenye sonrasında mekanik olarak sıkıştırılması ile üç aşamalı yoğunlaştırma işlemi uygulandığı bildirilmiştir. Ön sıkıştırma ile ahşap dokusundaki boşluk hacminin azaldığı, ancak hedeflenen %50 sıkıştırma oranında kauçuk ağacının yoğunluğunun %41'e kadar artmasına neden olduğu, işlemsiz kauçuk ağacına kıyasla, yoğunluk, radyal yönde şişme, kopma modülü, elastisite modülü, liflere paralel basınç dayanımı, liflere dik basınç dayanımı, radyal-boylamasına kesme dayanımı ve teğet-boyuna düzlemlerde kesme dayanımı, MMA ile emprenye edilmiş önceden mekanik olarak sıkıştırılmış yoğunlaştırılmış kauçuk ağacı, %50 sıkıştırma oranında sırasıyla %90, %372, %130, %64, %139, %652, %204 ve %47'ye kadar yükselirken, buna karşılık gelen su alımı ve denge nem içeriği sırasıyla yaklaşık %67 ve %76 daha düşük çıktığı bildirilmiştir (Meethaworn, Srivaro ve Khongtong, 2020).

Ön ısıtma ve TM yoğunlaştırma ile, *Alnus acuminata*, *Vochysia ferruginea* ve *Vochysia guatemalensis* odunu örneklerinin geri esnemesini stabilize etmek, ağırlık kaybını ortaya çıkarmak, renk değişimlerini belirlemek ve döşeme olarak kullanımında mekanik direncini yükseltmek için yapılan çalışmada, örnekler 180 °C'de 60 dakika ön ısıtma işlemi uygulanmış ardından 160 °C sıcaklık ve %55 sıkıştırma oranı ile 15 dakika boyunca termo mekanik olarak yoğunlaştırılmıştır. Sonuç olarak örneklerde koyulaşmalar meydana geldiğı, parlaklığın azaldığı, örneklerde sararma ve kızıllaşmanın ortaya çıktığı, yüzey sertlik testlerinde ise çekme gerilimi ve aşınma direncinde odun türü aralarında pek fark olmaksızın iyileşmenin görüldüğü, ön ısıtma ve yoğunlaştırmanın geri esneme oranını %5 oranına kadar azalttığı bildirilmiştir (Tenorio, Moya ve Navarro 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

Bu tez çalışmasında, emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmış ağaç malzeme örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasına yönelik süreçler aşağıda sunulmuştur.

3.1.1. Ağaç Malzeme

Çalışmada, iğne yapraklı ağaçlardan Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.), geniş yapraklı ağaçlardan ise titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunları tercih edilmiştir. Ağaç türlerinin belirlenmesinde, kullanılan bu türlerin nispeten düşük yoğunluk değerlerine sahip olmaları etkili olmuştur. Ağaç malzemeler, Düzce ilindeki bir kereste işletmesinden tesadüfî örnekleme yöntemine göre hava kurusu rutubete sahip birinci sınıf latalar halinde temin edilmiştir. Ağaçların büyüme kusuru içermemesine, çürüksüz, sağlam ve diri odunu oranının yüksek olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.2. Hidrofobik (Su İtici) Maddeler

Ağaç malzemelerin emprenye işlemleri için su itici özellikteki maddelerden katı parafin, bezir yağı ve stiren monomeri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan su itici özellikteki bu maddelere ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.2.1. Parafin

Çalışmada kullanılan parafin maddesi Mercan Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından üretilmiş olup, aynı firmadan katı bloklar halinde temin edilmiştir. Parafin maddesinin yağ oranının yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Orman ürünleri endüstrisinde (lif levha ve yonga levha üretiminde) su itici olarak ve kibrit üretiminde kullanılmaktadır. Katı parafin ile ilgili özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Katı parafinin özellikleri.

Yağ Oranı (%)	Donma Noktası (°C)	Damlama Noktası (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)
25-35	60-62	61-63	0,9

3.1.2.2. Bezir Yağı

Çalışmada yarım yağ halindeki İngiliz nevi bezir yağı kullanılmıştır. Bezir yağı Alev Yatçılık Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan bezir yağı ile ilgili özellikler Çizelge 3.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2. Bezir yağının özellikleri.

Yoğunluk (g/cm ³)	0,930 - 0,950
Asit endisi	10
Renk	Şeffaf açık kahve
Kuruma süresi (20 °C) (saat)	18 - 20
Esas	Sentetik
Kaynama sayısı	Tek
Çözünürlük	Solvent esaslı incelticilerde incelebilir
Ambalaj	17 kg teneke

3.1.2.3. Stiren

Çalışmada kullanılan stiren monomeri Poliya Polyester Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'nden temin edilmiştir. Petrol yan ürünü olan stiren; polyester reçine incelticisi olarak, kauçuk takviyeli polistiren ve kopolimer reçine imalatında kullanılmaktadır. Kendisine has karakteristik kokusu olan, sıvı formda ve renksiz bir kimyevi malzemedir. Çalışmada kullanılan stiren monomeriyle ilgili özellikler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Stiren monomerinin özellikleri.

Yoğunluk (g/cm ³)	0,909
Kırılma indisi	1,546
Renk	Şeffaf-renksiz
Kaynama noktası (°C)	140
Ambalaj	15 kg teneke

3.1.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Hava kurusu rutubetteki latalar, TS 2470'de belirtilen esaslara göre yıllık halka konumları ile test örneklerinin ölçüleri dikkate alınarak diri odun kısımlarından %10-15 toleransla kaba ölçülerde kesilmiştir (TS 2470, 1976). Kesilen bu ağaç malzemeler 20±2 °C sıcaklıkta ve bağıl nemi %65±3 olan iklimlendirme kabini içinde değişmez ağırlığa ulaşuncaya kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976). Ağaç malzemeler sıkıştırma oranları dikkate alınarak Çizelge 3.4' de belirtilen taslak ölçülerinde yeterli miktarda kesilmiştir.

Çizelge 3.4. Sıkıştırma oranlarına göre deney örneklerinin taslak ölçüleri.

Sıkıştırma Oranı	Ölçüler (mm)		
	Genişlik (teğet yön)	Kalınlık (radyal yön)	Uzunluk (lifler yönü)
Kontrol	20	20	300
%20	20	25	300
%40	20	33,3	300

Taslak ölçülerinde hazırlanan örnekler, emprenye işlemi öncesinde su itici maddelerin ağaç malzeme boşluklarına daha iyi nüfuz etmesini sağlamak için 70 °C sıcaklıktaki etüv fırınında sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek kurutulmuştur. Bu durumdaki örneklerin tam kuru ağırlıkları analitik terazi ile tartılmış ($\pm 0,01$ g hassasiyetinde) ve kaydedilmiştir.

3.1.4. Emprenye İşlemi

Çalışmada kullanılan su itici özellikteki maddelerde emprenye öncesi ön hazırlık işlemleri uygulanmıştır. Katı formda olan parafin metal bir kap içerisine konulmuş ve daha sonra ısıya maruz bırakılarak sıvı hale gelinceye kadar eritilmiştir. Ambalaj viskozitesinde olan bezir yağının içerisine 1/1 oranında sentetik tiner eklenmiş ve inceltme işlemi yapılmıştır. Stiren monomerinde ise polimerleşmenin gerçekleşebilmesi için içerisine %1 oranında sertleştirici (metil etil keton peroksit) ilave edilmiştir. Böylece, su itici maddeler emprenye işlemine hazır hale getirilmiştir.

Deney örneklerinin emprenye işlemlerinde ASTM D 1413-76 standardına uygun olarak vakum tutuculu silindirik tank düzenek kullanılmıştır (ASTM D, 1976). Bu düzeneğe örnekler 60 dk. süre ile 760 mm Hg⁻¹ basınca eşdeğer bir ön vakum uygulanmıştır. Ardından örnekler 24 saat süre ile atmosferik basınçta emprenye çözeltileri içerisinde difüzyona bırakılmıştır. Eritilerek sıvı hale getirilen parafinin tekrar donmasını engellemek için, parafin çözeltisi içerisindeki örnekler 24 saat boyunca 80 °C sıcaklıkta bekletilmiştir.

Emprenye işlemleri sonrası, örneklerin üzerinde kalan fazla emprenye çözeltileri silinerek tekrar ağırlık tartımları yapılmış ($\pm 0,01$ g. hassasiyetinde) ve kaydedilmiştir. Daha sonra parafin ve bezir yağı ile muamele edilen örnekler TS 2471'e göre 20 $\pm$ 2 °C sıcaklık ve %65 $\pm$ 3 bağıl nem koşullarında sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976). Stiren monomeri ile muamele edilen örnekler ise polimerleştirme işlemi için

alüminyum folyolara sarılarak 90 °C sıcaklıktaki etüv fırında 2 saat süre ile bekletilmiştir. Ardından bu örnekler etüvden alınarak hemen yoğunlaştırma işlemlerine tabi tutulmuştur.

3.1.5. Yoğunlaştırma

Emprenyesi yapılmış örnekler, açık sistemde termo-mekanik (TM) yöntemle sıkıştırılarak yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaştırma işlemlerinde tabla ebatları 60×60 cm² olan sıcaklık ve basınç kontrolü yapılabilen hidrolik laboratuvar test pres kullanılmıştır. Yoğunlaştırma işlemi üç farklı sıcaklık (120 °C, 150 °C, 180 °C) ve iki farklı sıkıştırma oranında (%20, %40) altı varyasyon oluşturularak yapılmıştır. Yoğunlaştırma varyasyonları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Yoğunlaştırma varyasyonları.

Yoğunlaştırma		
Sıkıştırma sıcaklığı	Sıkıştırma oranı	Süre
120 °C	%20	10 dk. ısıtma + 20 dk. basınç
	%40	
150 °C	%20	
	%40	
180 °C	%20	
	%40	

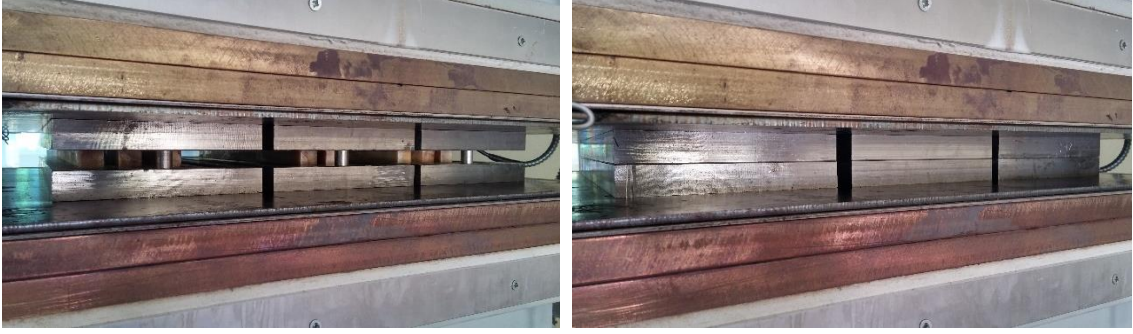
Örneklerin yoğunlaştırılmasında ısıtma işlemi çeliğinden özel olarak üretilmiş metal kalıplardan yararlanılmıştır. Deney örnekleri metal kalıplara açılmış olan kanalların içerisine oturtularak yoğunlaştırmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Metal kalıplara yerleştirilmiş örnekler.

Deney örneklerinin yerleştirildiği kalıplar daha sonra belirlenen sıcaklıklarda ısıtılan alt ve üst pres tablalarına temas edecek şekilde konumlandırılmıştır. Basınç uygulanmadan bu pozisyonda 10 dk. süre ile örneklerin ön ısıtma işlemi yapılmıştır. Daha sonra 60 mm/dk. yükleme hızı ile örneklerin radyal yönde sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Hedeflenen sıkıştırma kalınlığını (20 mm) elde edebilmek için metal kalıplar birbirine temas edinceye kadar yükün uygulanmasına devam edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Deney örneklerinin yoğunlaştırılması.

Sıkıştırılan örnekler 20 dk. süre ile basınç altında tutulmuş ve bu sürenin sonunda kalıplarla birlikte prestan alınarak, geri esneme etkisini en aza indirmek amacı ile ortalama 5 kg/cm²'lik (0.5 Mpa) basınç altında oda sıcaklığına kadar soğumaları sağlanmıştır (Şekil 3.3). Örnekler daha sonra metal kalıplar arasından çıkartılarak TS 2471'e göre 20±2 °C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem koşullarında sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976).



Şekil 3.3. Yoğunlaştırılmış örneklerin basınç altında soğutulması.

3.1.6. Deney Örneklerinin Ölçülendirilmesi

Emprenye ve yoğunlaştırma işlemi yapılan deney örneklerinde, çalışma kapsamındaki testler ve bu testlere ait ilgili standartlar gereğince ölçülendirme yapılmıştır. Uygulanacak testlere göre örnek ölçüleri ve örnek sayıları Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Uygulanacak testlere göre örnek ölçüleri ve sayıları.

Testler	Deney örneği ölçüleri (mm)			Deney örneği sayısı
	Uzunluk (boyuna yön)	Genişlik (teğet yön)	Kalınlık (radyal yön)	
Retensiyon Değerinin Belirlenmesi	60	20	20	384
Renk Değişim Testi	60	20	20	448
Parlaklık Testi	60	20	20	448
Pürüzlülük Testi	60	20	20	448
Temas Açısı (Islanabilirlik) Testi	60	20	20	448
Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	8	8	8	32

Emprenye edilmiş ağaç malzemelerin yüzey özellikleri ve morfolojik yapısı üzerine termo-mekanik yoğunlaştırmanın etkisinin belirlenmesinde, her bir deney koşulu için 8 tekrarlı ($n=8$) olarak ve Çizelge 3.6’da belirtilen sayılarda deney örneği hazırlanmıştır. Testlerden önce deney örnekleri, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm 3$ bağıl nem koşullarında sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek kondisyonlanmıştır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Retensiyon Değerinin Belirlenmesi

Deney örnekleri tarafından absorbe edilen emprenye maddesi retensiyon miktarları Eşitlik 3.1. yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R = \frac{G \times C}{V} \times 10 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

R : Retensiyon miktarı (kg/m^3)

G : $M_{es} - M_{0e0}$ (emprenye sonrası ağırlık - emprenye öncesi tam kuru ağırlık) (g)

C : Emprenye maddesi çözeltisinin konsantrasyonu (%)

V : Örnek hacmini (cm^3) ifade etmektedir.

3.2.2. Hava Kuruşu Yoğunluğun Belirlenmesi

Örneklerin hava kuruşu yoğunluk değeri TS 2472 esaslarına uyularak belirlenmiştir (TS 2472, 1976). Örnekler 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değışmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin ağırlıkları analitik terazide tartılmış, boyutları (uzunluk, genişlik, kalınlık) ise dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri belirlenmiştir. Örneklerin hava kuruşu yoğunluk değeri Eşitlik 3.2'e göre hesaplanmıştır.

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

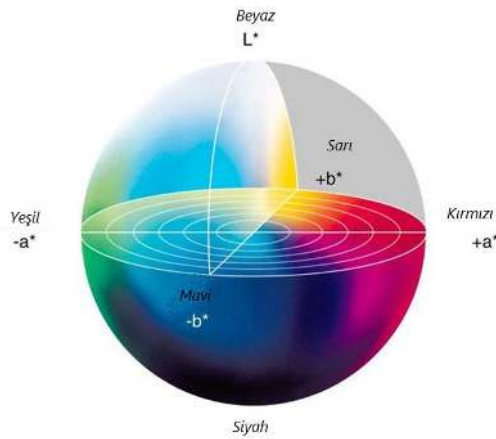
δ_{12} : Hava kuruşu yoğunluk (g/cm^3)

M_{12} : Hava kuruşu ağırlık (g)

V_{12} : Hava kuruşu hacmi (cm^3) ifade etmektedir.

3.2.3. Renk Değişiminin Belirlenmesi

Emprenye ve yoğunlaştırma işlemlerinin deney örneklerindeki renk değişimine etkisi, ASTM D2244 standardına uyularak BYK-Gardner Spectrophotometer renk ölçüm cihazı ile Şekil 3.4'de verilen CIEL*a*b* renk koordinat sistemine göre belirlenmiştir (ASTM D 2244, 2015). Bu sistemde, L^* siyah-beyaz ekseninde (siyah için $L^*=0$, beyaz için $L^*=100$), a^* kırmızı-yeşil ekseninde (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil), b^* ise sarı-mavi ekseninde (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) yer almaktadır (Söğütü ve Sönmez, 2006).



Şekil 3.4. CIEL*a*b* renk koordinat sistemi.

Renk değişimlerini tespit edebilmek için, kontrol örnekleri ile emprenye ve yoğunlaştırma işlemi yapılan örneklerde L^* , a^* ve b^* renk değerleri ölçölmüştür. Kontrol ve işlemli örneklerin bu renk değerleri arasındaki farklar (ΔL^* , Δa^* ve Δb^*) kullanılarak, ahşap örneklerde meydana gelen toplam renk değişimi (ΔE^*) Eşitlik 3.3. yardımıyla belirlenmiştir.

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

ΔL^* : rengin açıklık veya koyuluk değerindeki değişimi ($L^*_{\text{işlemli}} - L^*_{\text{kontrol}}$),

Δa^* : kırmızı renk tonundaki değişimi ($a^*_{\text{işlemli}} - a^*_{\text{kontrol}}$),

Δb^* : sarı renk tonundaki değişimi ($b^*_{\text{işlemli}} - b^*_{\text{kontrol}}$) ifade etmektedir.



Şekil 3.5. BYK-Gardner Spectrophotometer renk ve parlaklık ölçüm cihazı.

3.2.4. Parlaklığın Belirlenmesi

Deney örneklerinin parlaklık ölçümleri BYK-Gardner renk ve parlaklık ölçüm cihazı ile belirlenmiştir (Şekil 3.5). Parlaklık ölçümleri TS EN ISO 2813 standardına uyularak 60° lik açı kullanılarak yapılmıştır. Emprenye ve yoğunlaştırma işlemleri sonrasında ölçümler her bir yüzey için liflere dik olacak şekilde deney örneklerinin ışığı yansıtma kabiliyetlerinden yararlanılarak ölçölmüş ve aritmetik ortalamaları tek değer olarak kaydedilmiştir.

3.2.5. Pürüzlölüğün Belirlenmesi

Pürüzlölük ölçümleri, TS 6956 EN ISO 4287 esaslarına uyularak, ardışık profil değişikliklerini ölçebilen TIME TR-200 dokunmalı (iğneli) pürüzlölük ölçüm cihazı ile yapılmıştır (TS 6956 EN ISO 4287, 2004). Pürüzlölük ölçüm cihazı, tarama iğnesinin 5

µm çaplı elmas ucunu örnek yüzeyinde aşağıya-yukarıya hareket ettirerek yüzeydeki girinti ve çıkıntıların profilini çıkarmak suretiyle ölçüm yapmaktadır. Profil girintileri (vadi) ve çıkıntıları (tepe) arasında bulunan merkez çizgisini ortalama pürüzlülük değeri (Ra) olarak göstermektedir. Bu çalışmada pürüzlülük değerleri Ra parametresi esasına göre belirlenmiştir. Pürüzlülük ölçüm cihazı 2,5 mm ölçme adımı ve 5 ölçme sayısına ayarlandıktan sonra, ahşap örneklerde ölçümler liflere dik yönde yapılmıştır (Şekil 3.6).



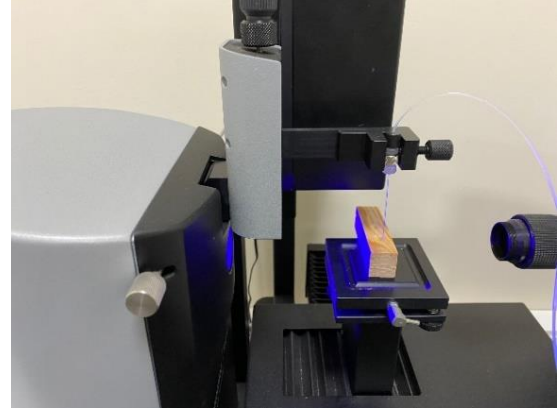
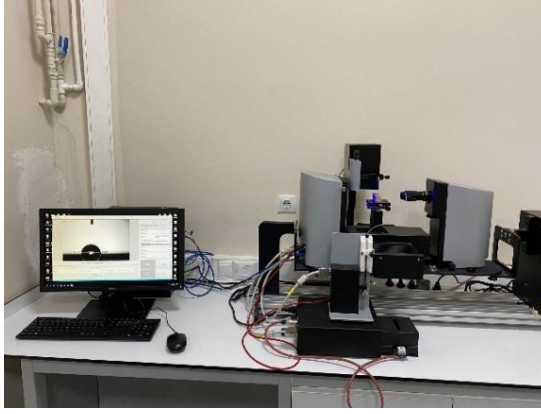
Şekil 3.6. Pürüzlülük ölçümü

Ölçme hassasiyetinin sürekliliği için her bir işlem grubu ölçümlerinden sonra, cihaza ait kalibrasyon levhasında kontrol ölçümleri yapılmıştır.

3.2.6. Temas Açısının (Islanabilirlik) Belirlenmesi

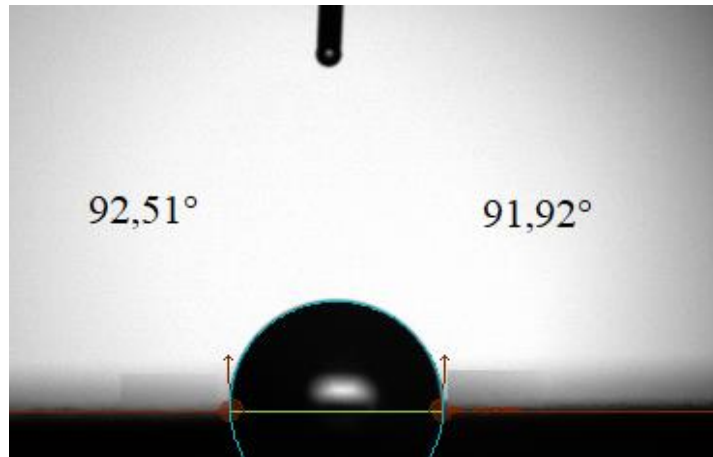
Deney örneklerinin temas açısı ölçümleri için durağan damla (Sessile drop) yöntemi kullanılmıştır. Temas açısı testleri Erzurum Atatürk Üniversitesi, Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (DAYTAM) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Temas açısı ölçümleri, Attension Theta Flex bilgisayar sistemi kullanılarak goniometre tekniğiyle ölçülmüştür (Şekil 3.7). Cihaz sessile drop tekniği ile temas açısı ölçümü yapmaktadır. Her bir örneğin yüzeyi ölçümden önce toz, parmak izi, yağ vb. gibi maddelerden arındırılmış ve iyice silinmiştir.



Şekil 3.7. Temas açısı test cihazı

Nem ve sıcaklığın ölçümler üzerinde yapacağı etkileri standardize etmek amacıyla, ortam koşulları %40 nemlilikte ve 20 ± 1 °C sıcaklıkta sabitlenmiştir. Ölçü örnek ölçüm tablasına yerleştirildikten sonra, dijital video kamera örnek yüzeyi üzerine odaklanmıştır. Yazılım istenilen miktarda test sıvısının örnek üzerine damlatılmasına olanak sağlamaktadır. Çalışmamızda test sıvısı olarak seçilen distile su, 5µl standart miktarda kullanılmıştır. Temas açısı ölçüm değeri, damlacığın sağ ve sol temas noktasından damlacık yarıçapına doğru olan teğet çizgisi arasında oluşan açının dijital görüntü üzerinden ayrı ayrı hesaplanıp aritmetik ortalamalarının alınması ile belirlenmektedir. Ölçüm, 60 saniye boyunca her 1 sn’de olacak şekilde başlanmış ve devam edilmiştir. Temas açısı değeri, 60 sn’ye sonunda elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kavak odununda temas açısı ölçümü.

3.2.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmış örnekler ile kontrol (işlemsiz) örneklerindeki SEM görüntüleme işlemleri, Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar

Uygulama ve Araştırma Merkezinde, FEI Quanta FEG 250 marka-model cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme işlemlerinde göknar ve kavak örneklerinin enine kesitinden alınan örnekler kullanılmış ve 500x ve 1600x ölçeklerde detaylı olarak görüntülenmiştir.



Şekil 3.9. Denton Vacuum Desk V makinası ile örnek yüzeylerinin altın metali ile kaplanması.

Bu amaçla 8×8×8 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler, öncelikle net görüntü elde etmek amacıyla, sekizerli gruplar halinde Denton Vacuum Desk V cihazında altın metali ile kaplanmıştır (Şekil 3.9). Daha sonra taramalı elektron mikroskobuna en kesit olarak üçerli gruplar halinde yerleştirilerek ve düşük vakum yöntemi ile mikroskobik görüntü çekimleri yapılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. SEM görüntüleme cihazı ve örneklerin cihaza yerleştirilmesi ve ölçümü

3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneylerden elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde MSTAT-C paket programı kullanılmıştır. Göknar ve kavak odunu örneklerinin renk değişimi, parlaklığı, pürüzlülüğü ve temas açısı özelliklerine emprenye ön işlemi ve yoğunlaştırma

modifikasyonunun etkisini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizleri (ANOVA) yapılmıştır. Ağaç türü, su itici madde ve yoğunlaştırma faktörlerinin kendi içerisindeki ve birbirleri arasındaki fark, Duncan testleri ile en küçük önemli fark (LSD) değerine göre homojenlik gruplarına ayrılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca kontrol ve işlemlenmiş deney örneklerinin morfolojik yapısı SEM analizleri ile incelenmiştir.



4. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ

4.1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Su itici özellikteki maddeler ile emprenye edildikten sonra termo-mekanik (TM) yöntemle sıkıştırılarak yoğunlaştırılmış göknar ve kavak örneklerin; pürüzlülük, parlaklık, renk değişimi ve temas açısı gibi yüzey özellikleri ile morfolojik yapısına ait SEM analizleri bu bölümde verilmiştir.

4.1.1. Retensiyon

Deney örneklerinde emprenye işlemleri sonrası belirlenen retensiyon değeri ortalamaları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney örneklerinin retensiyon değerleri (kg/m³).

Emprenye Maddesi	Ağaç türü					
	Göknar			Kavak		
	$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Parafin	148,08	9,47	6,40	155,35	10,04	6,46
Bezir yağı	230,09	20,38	8,86	230,16	21,41	9,30
Stiren	300,37	18,17	6,05	311,56	21,71	6,97

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma, V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.1’e göre; en yüksek retensiyon değeri, stiren ile muamele edilmiş kavak örneklerde (311,56 kg/m³), en düşük ise parafin ile muamele edilmiş göknar örneklerde (148,08 kg/m³) elde edilmiştir.

4.1.2. Hava Kuru Yoğunluk

Emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmış göknar ve kavak örneklerin hava kuru yoğunluk değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 4.2’de verilmiştir (Emiroğlu, 2018).

Çizelge 4.2. Deney örneklerinin hava kurusu değerlerine ait aritmetik ortalamalar (g/cm³).

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Gök nar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	0,45	0,03	6,05	0,37	0,02	6,42
	120 °C / %20	0,56	0,04	6,63	0,49	0,04	8,23
	120 °C / %40	0,70	0,04	5,84	0,63	0,01	2,24
	150 °C / %20	0,52	0,02	4,23	0,49	0,03	5,15
	150 °C / %40	0,65	0,04	6,03	0,60	0,03	4,71
	180 °C / %20	0,52	0,03	5,95	0,47	0,03	7,30
	180 °C / %40	0,66	0,04	5,90	0,60	0,04	6,49
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	0,56	0,04	6,27	0,48	0,03	6,83
	120 °C / %20	0,58	0,05	7,71	0,57	0,05	8,85
	120 °C / %40	0,73	0,06	8,38	0,70	0,02	3,28
	150 °C / %20	0,57	0,03	5,13	0,55	0,03	5,43
	150 °C / %40	0,72	0,03	4,44	0,65	0,04	5,56
	180 °C / %20	0,57	0,03	4,75	0,56	0,05	8,23
	180 °C / %40	0,71	0,03	3,69	0,68	0,03	4,39
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	0,51	0,04	7,66	0,48	0,05	10,00
	120 °C / %20	0,61	0,04	6,87	0,56	0,06	10,77
	120 °C / %40	0,77	0,03	4,04	0,74	0,04	5,79
	150 °C / %20	0,58	0,05	8,58	0,58	0,06	9,64
	150 °C / %40	0,76	0,06	7,59	0,65	0,04	6,31
	180 °C / %20	0,55	0,03	5,09	0,53	0,03	5,81
	180 °C / %40	0,68	0,02	2,20	0,67	0,02	2,86
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	0,57	0,04	7,75	0,54	0,03	6,27
	120 °C / %20	0,65	0,05	7,41	0,59	0,03	5,44
	120 °C / %40	0,93	0,07	6,97	0,92	0,06	6,61
	150 °C / %20	0,65	0,03	4,15	0,74	0,04	5,95
	150 °C / %40	0,95	0,07	7,36	1,01	0,07	6,45
	180 °C / %20	0,65	0,03	4,92	0,72	0,05	7,08
	180 °C / %40	0,97	0,04	3,73	1,02	0,05	4,99

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.2'ye göre; en yüksek hava kurusu yoğunluk değeri, stiren ile muamele edildikten sonra 180 °C pres sıcaklığında %40 sıkıştırılan örneklerde (gök nar için 0,97 g/cm³, kavak için 1,02 g/cm³), en düşük ise emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış örneklerde (gök nar için 0,45 g/cm³, kavak için 0,37 g/cm³) elde edilmiştir.

4.1.3. Pürüzlülük

Farklı su itici maddeler ile emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış gök nar ve kavak örneklerin pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Pürüzlülük değerlerine ait aritmetik ortalamalar (μm).

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Gökmar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	2,998	0,34	11,40	3,860	0,36	9,29
	120 °C / %20	2,013	0,25	12,48	3,050	0,42	13,92
	120 °C / %40	1,645	0,21	12,68	2,403	0,33	13,89
	150 °C / %20	2,165	0,23	10,78	2,831	0,39	13,78
	150 °C / %40	1,936	0,19	9,95	2,637	0,23	8,79
	180 °C / %20	2,103	0,21	9,85	2,859	0,34	12,05
	180 °C / %40	1,847	0,24	12,85	2,395	0,32	13,42
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	2,005	0,31	15,48	2,896	0,41	14,25
	120 °C / %20	1,661	0,12	6,93	2,174	0,33	15,31
	120 °C / %40	1,425	0,15	10,37	1,810	0,31	17,03
	150 °C / %20	1,703	0,23	13,32	2,153	0,35	16,43
	150 °C / %40	1,472	0,21	14,35	1,907	0,30	15,80
	180 °C / %20	1,473	0,22	15,18	1,651	0,26	15,71
	180 °C / %40	1,462	0,19	13,16	1,854	0,24	13,18
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	2,902	0,30	10,49	2,988	0,40	13,44
	120 °C / %20	1,737	0,21	12,32	2,676	0,39	14,70
	120 °C / %40	1,635	0,19	11,92	2,462	0,32	12,83
	150 °C / %20	1,765	0,24	13,52	1,968	0,32	16,38
	150 °C / %40	1,631	0,21	12,71	1,659	0,15	9,30
	180 °C / %20	1,654	0,17	10,42	2,051	0,25	12,02
	180 °C / %40	1,539	0,14	9,21	1,938	0,27	14,15
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	2,476	0,22	8,80	3,113	0,32	10,34
	120 °C / %20	1,233	0,18	14,68	2,053	0,27	12,98
	120 °C / %40	1,209	0,16	13,41	1,589	0,19	11,78
	150 °C / %20	1,247	0,15	12,14	1,096	0,12	10,92
	150 °C / %40	1,103	0,14	12,81	1,163	0,19	15,95
	180 °C / %20	1,191	0,15	12,86	1,283	0,14	11,26
	180 °C / %40	1,135	0,11	9,69	1,171	0,13	11,03

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.3 incelendiğinde ağaç türü, emprenye maddesi çeşidi ve yoğunlaştırma koşulları faktörlerine bağlı olarak örneklerin pürüzlülük değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	25,355	25,355	375,345	0,0000*
Emprenye maddesi (B)	3	56,319	18,773	277,911	0,0000*
Yoğunlaştırma (C)	6	72,965	12,161	180,026	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	3,608	1,203	17,805	0,0000*

Çizelge 4.4. (devam) Pürüzlülük değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Etkileşim (AC)	6	4,017	0,669	9,911	0,0000*
Etkileşim (BC)	18	9,334	0,519	7,676	0,0000*
Etkileşim (ABC)	18	3,700	0,206	3,042	0,0000*
Hata	392	26,480	0,068		
Toplam	447	201,777			

*: 0,05'e göre önemli

Varyans analizi sonucuna göre, örneklerin pürüzlülük değerleri üzerinde ağaç türü, emprenye maddesi ve yoğunlaştırma faktörleri ile bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, emprenye maddesi ve yoğunlaştırma faktörleri düzeyinde, pürüzlülük değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağaç türü düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Gök nar	1,727	B
Kavak	2,203	A*
LSD: $\pm 0,04843$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.5'e göre; pürüzlülük değeri kavak örneklerinde yüksek (2,203 μm), gök nar örneklerinde daha düşük (1,727 μm) bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Emprenye maddesi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (μm).

Emprenye maddesi	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	2,482	A*
Parafin	1,832	C
Bezir yağı	2,043	B
Stiren	1,505	D
LSD: $\pm 0,06848$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.6'ya göre; en yüksek pürüzlülük değeri, emprenyesiz örneklerde (2,482 μm), en düşük ise stiren ile emprenye edilmiş örneklerde (1,505 μm) elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Yoğunlaştırma düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	2,905	A*
120 °C / %20	2,075	B
120 °C / %40	1,772	DE
150 °C / %20	1,866	C
150 °C / %40	1,689	EF
180 °C / %20	1,783	CD
180 °C / %40	1,668	F
LSD: ± 0,09060		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.7'ye göre; en yüksek pürüzlülük değeri, yoğunlaştırılmamış örneklerde (2,905 µm), en düşük ise 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (1,668 µm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin pürüzlülük değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Emprenye maddesi	Ağaç türü			
	Göknar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	2,101	C	2,862	A*
Parafin	1,600	E	2,064	C
Bezir yağı	1,838	D	2,249	B
Stiren	1,371	F	1,638	E
LSD: ± 0,09685				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.8'e göre; en yüksek pürüzlülük değeri, emprenyesiz kavak örneklerde (2,862 µm), en düşük ise stiren ile emprenye edilmiş göknar örneklerde (1,371 µm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin pürüzlülük değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Gök nar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	2,595	B	3,214	A*
120 °C / %20	1,661	FG	2,488	B
120 °C / %40	1,479	H	2,066	C
150 °C / %20	1,720	EF	2,012	C
150 °C / %40	1,536	GH	1,841	DE
180 °C / %20	1,605	FGH	1,961	CD
180 °C / %40	1,496	H	1,839	DE
LSD: $\pm 0,1281$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.9'a göre; en yüksek pürüzlülük değeri, yoğunlaştırılmamış kavak örneklerde (3,214 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 120 °C ve 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan gök nar örneklerde (1,479 µm ve 1,496 µm) elde edilmiştir.

Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, pürüzlülük değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Yoğunlaştırma	Emprenye maddesi							
	Emprenyesiz		Parafin		Bezir yağı		Stiren	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	3,429	A*	2,451	CD	2,945	B	2,795	B
120 °C / %20	2,532	C	1,918	HIJ	2,207	EF	1,643	L
120 °C / %40	2,024	GHI	1,617	L	2,048	FGH	1,399	MN
150 °C / %20	2,498	C	1,928	HI	1,866	IJK	1,172	O
150 °C / %40	2,287	DE	1,689	KL	1,645	L	1,133	O
180 °C / %20	2,481	C	1,562	LM	1,852	IJK	1,237	NO
180 °C / %40	2,121	EFG	1,658	L	1,739	JKL	1,153	O
LSD: $\pm 0,1812$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.10'a göre; en yüksek pürüzlülük değeri emprenyesiz yoğunlaştırılmamış örneklerde (3,429 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere stiren ile emprenye edilmiş 150 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan örnekler (1,172 µm ve 1,133 µm) ile 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (1,153 µm) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde, pürüzlülük

değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde pürüzlülük değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları (µm).

Emprenye maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
		Gökmar		Kavak	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	2,998	BC	3,860	A*
	120 °C / %20	2,013	I-M	3,050	BC
	120 °C / %40	1,645	Q-U	2,403	GH
	150 °C / %20	2,165	HI	2,831	CDE
	150 °C / %40	1,936	I-O	2,637	EFG
	180 °C / %20	2,103	IJK	2,859	B-E
	180 °C / %40	1,847	K-Q	2,395	GH
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	2,005	I-M	2,896	BCD
	120 °C / %20	1,661	P-U	2,174	HI
	120 °C / %40	1,425	U-Y	1,810	L-R
	150 °C / %20	1,703	O-T	2,153	HIJ
	150 °C / %40	1,472	T-W	1,907	J-P
	180 °C / %20	1,473	T-W	1,651	P-U
	180 °C / %40	1,462	T-X	1,854	K-Q
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	2,902	BCD	2,988	BC
	120 °C / %20	1,737	N-S	2,676	DEF
	120 °C / %40	1,635	Q-U	2,462	FG
	150 °C / %20	1,765	M-S	1,968	I-N
	150 °C / %40	1,631	Q-U	1,659	P-U
	180 °C / %20	1,654	P-U	2,051	IJKL
	180 °C / %40	1,539	S-V	1,938	I-O
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	2,476	FG	3,113	B
	120 °C / %20	1,233	W-Z	2,053	I-L
	120 °C / %40	1,209	XYZ	1,589	R-U
	150 °C / %20	1,247	W-Z	1,096	Z
	150 °C / %40	1,103	Z	1,163	Z
	180 °C / %20	1,191	YZ	1,283	V-Z
	180 °C / %40	1,135	Z	1,171	YZ
LSD: ± 0,2562					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, (*): En yüksek pürüzlülük değeri

Çizelge 4.11’e göre; en yüksek pürüzlülük değeri, emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış kavak örneklerde (3,860 µm), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere stiren ile emprenye edilmiş 150 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan kavak örnekler (1,096 µm ve 1,163 µm) ile 150 °C ve 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan göknar örneklerde (1,103 µm ve 1,135 µm) elde edilmiştir.

4.1.4. Parlaklık

Su itici maddelerle emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış göknar ve kavak ağaç malzeme örneklerin parlaklık değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Parlaklık değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	2,912	0,36	12,37	4,113	0,36	8,66
	120 °C / %20	3,013	0,42	13,79	4,113	0,48	11,58
	120 °C / %40	3,250	0,41	12,63	4,225	0,36	8,56
	150 °C / %20	3,037	0,38	12,44	4,188	0,45	10,86
	150 °C / %40	3,313	0,31	9,47	4,275	0,47	11,03
	180 °C / %20	3,237	0,32	9,90	4,100	0,35	8,55
	180 °C / %40	3,362	0,47	13,94	4,291	0,55	12,92
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	3,769	0,47	12,54	4,250	0,34	8,05
	120 °C / %20	4,463	0,55	12,33	4,700	0,55	11,71
	120 °C / %40	5,063	0,55	10,87	5,037	0,35	6,87
	150 °C / %20	4,425	0,54	12,12	4,762	0,42	8,83
	150 °C / %40	4,704	0,67	14,29	4,975	0,58	11,76
	180 °C / %20	4,125	0,55	13,26	4,762	0,54	11,39
	180 °C / %40	4,613	0,24	5,24	5,075	0,57	11,18
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	3,838	0,37	9,74	4,988	0,57	11,41
	120 °C / %20	3,787	0,53	13,93	4,875	0,37	7,58
	120 °C / %40	3,987	0,38	9,43	4,450	0,29	6,47
	150 °C / %20	3,838	0,46	11,90	4,800	0,35	7,39
	150 °C / %40	4,188	0,46	11,01	4,762	0,47	9,97
	180 °C / %20	3,838	0,57	14,93	4,075	0,41	9,97
	180 °C / %40	3,775	0,45	11,83	4,000	0,40	10,00
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	3,438	0,52	15,13	4,166	0,33	7,85
	120 °C / %20	3,564	0,19	5,42	4,396	0,38	8,60
	120 °C / %40	4,301	0,36	8,33	4,684	0,27	5,86
	150 °C / %20	3,525	0,34	9,53	4,334	0,37	8,60
	150 °C / %40	3,775	0,27	7,21	4,540	0,51	11,22
	180 °C / %20	3,438	0,39	11,33	4,001	0,21	5,17
	180 °C / %40	3,581	0,24	6,74	4,539	0,49	10,73

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.12 incelendiğinde ağaç türü, emprenye maddesi çeşidi ve yoğunlaştırma koşulları faktörlerine bağlı olarak örneklerin parlaklık değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	53,323	53,323	283,180	0,0000*
Emprenye maddesi (B)	3	52,991	17,664	93,804	0,0000*
Yoğunlaştırma (C)	6	10,710	1,785	9,479	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	6,554	2,185	11,602	0,0000*
Etkileşim (AC)	6	2,347	0,391	2,077	NS
Etkileşim (BC)	18	12,787	0,710	3,772	0,0000*
Etkileşim (ABC)	18	3,695	0,205	1,090	NS
Hata	392	73,814	0,188		
Toplam	447	216,221			

*: 0,05'e göre önemli, NS: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, örneklerin parlaklık değerleri üzerinde AC ikili etkileşimi ile ABC üçlü etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, emprenye maddesi ve yoğunlaştırma faktörleri düzeyinde, parlaklık değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.14. Ağaç türü düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Gökmar	3,791	B
Kavak	4,481	A*
LSD: $\pm 0,08052$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 4.14'e göre; parlaklık değeri kavak örneklerinde yüksek (4,481), gökmar örneklerinde daha düşük (3,791) bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Emprenye maddesi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	3,673	D
Parafin	4,623	A*
Bezir yağı	4,229	B
Stiren	4,020	C
LSD: $\pm 0,1139$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 4.15'e göre; en yüksek parlaklık değeri, parafin ile emprenye edilmiş örneklerde (4,623), en düşük ise emprenyesiz örneklerde (3,673) elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. Yoğunlaştırma düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	3,934	C
120 °C / %20	4,114	B
120 °C / %40	4,375	A*
150 °C / %20	4,114	B
150 °C / %40	4,316	A*
180 °C / %20	3,947	C
180 °C / %40	4,155	B
LSD: $\pm 0,1506$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 4.16'ya göre; en yüksek parlaklık değeri 120 °C ve 150 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (4,375 ve 4,316), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere yoğunlaştırılmamış örnekler ile 180 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılan örneklerde (3,934 ve 3,947) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin parlaklık değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	Ağaç türü			
	Gökmar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	3,161	G	4,186	D
Parafin	4,451	BC	4,795	A*
Bezir yağı	3,893	E	4,564	B
Stiren	3,660	F	4,380	C
LSD: $\pm 0,1610$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 4.17'ye göre; en yüksek parlaklık değeri, parafin ile emprenye edilmiş kavak örneklerde (4,795), en düşük ise emprenyesiz gökmar örneklerde (3,161) elde edilmiştir.

Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, parlaklık değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde parlaklık değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	Emprenye maddesi							
	Emprenyesiz		Parafin		Bezir yağı		Stiren	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	3,513	N	4,009	G-J	4,412	CDE	3,802	I-N
120 °C / %20	3,563	MN	4,581	BC	4,331	C-F	3,980	G-J
120 °C / %40	3,737	J-N	5,050	A*	4,219	D-G	4,492	CD
150 °C / %20	3,612	LMN	4,594	BC	4,319	C-F	3,929	G-K
150 °C / %40	3,794	I-N	4,839	AB	4,475	CD	4,157	E-H
180 °C / %20	3,669	K-N	4,444	CDE	3,956	G-K	3,719	J-N
180 °C / %40	3,827	I-M	4,844	AB	3,888	H-L	4,060	F-I
LSD: $\pm 0,3013$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek parlaklık değeri

Çizelge 4.18'e göre; en yüksek parlaklık değeri parafin ile emprenye edilmiş 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (5,050), en düşük ise emprenyesiz yoğunlaştırılmamış örneklerde (3,513) elde edilmiştir.

4.1.5. Toplam Renk Değişimi (ΔE^*)

Çeşitli su itici maddeler ile emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış göknar ve kavak odunu örneklerin toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	120 °C / %20	2,24	1,45	64,57	1,69	0,79	46,68
	120 °C / %40	2,13	1,11	51,83	3,01	1,37	45,40
	150 °C / %20	2,92	1,24	42,46	1,96	1,31	66,78
	150 °C / %40	2,27	1,45	63,93	2,20	1,76	79,89
	180 °C / %20	5,54	2,13	38,45	7,27	2,10	28,83
	180 °C / %40	6,98	1,36	19,50	5,74	1,69	29,35
Parafin	120 °C / %20	10,50	2,28	21,71	10,10	2,39	23,66
	120 °C / %40	10,92	2,03	18,55	10,06	2,38	23,67
	150 °C / %20	12,23	2,20	17,96	9,51	2,46	25,84
	150 °C / %40	12,69	1,95	15,39	10,94	2,65	24,26
	180 °C / %20	15,61	2,14	13,70	17,70	2,45	13,83
	180 °C / %40	17,85	1,88	10,53	18,96	1,96	10,35

Çizelge 4.19. (devam) Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Bezir yağı	120 °C / %20	17,15	1,91	11,11	15,12	1,83	12,10
	120 °C / %40	17,12	2,32	13,55	15,00	1,26	8,39
	150 °C / %20	16,91	2,02	11,91	13,75	1,32	9,61
	150 °C / %40	17,81	2,05	11,50	16,67	1,56	9,34
	180 °C / %20	23,30	1,13	4,86	23,34	1,67	7,17
	180 °C / %40	29,83	2,13	7,15	28,86	1,45	5,01
Stiren	120 °C / %20	9,20	1,90	20,67	7,32	1,52	20,77
	120 °C / %40	8,15	2,83	34,77	10,16	1,56	15,40
	150 °C / %20	7,90	1,86	23,57	8,62	2,00	23,17
	150 °C / %40	11,36	2,29	20,20	12,60	1,93	15,32
	180 °C / %20	13,83	2,17	15,69	23,27	1,84	7,91
	180 °C / %40	22,86	2,07	9,05	27,52	1,71	6,22

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.19 incelendiğinde ağaç türü, emprenye maddesi çeşidi ve yoğunlaştırma koşulları faktörlerine bağlı olarak örneklerin toplam renk değişimi değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	2,739	2,739	0,757	NS
Emprenye maddesi (B)	3	12,435,705	4,145,235	1,146,328	0,0000*
Yoğunlaştırma (C)	5	6,455,135	1,291,027	357,022	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	234,427	78,142	21,609	0,0000*
Etkileşim (AC)	5	250,923	50,185	13,878	0,0000*
Etkileşim (BC)	15	1,222,678	81,512	22,541	0,0000*
Etkileşim (ABC)	15	170,528	11,369	3,143	0,0001*
Hata	336	1,215,009	3,616		
Toplam	383	21,987,144			

*: 0,05’e göre önemli, NS: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, örneklerin toplam renk değişimi değerleri üzerinde ağaç türü faktörü önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, emprenye maddesi ve yoğunlaştırma faktörleri düzeyinde, toplam renk değişimi değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 4.21, Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Ağaç türü düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Gökmar	12,39	A*
Kavak	12,56	A*
LSD: $\pm 0,3816$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.21'e göre; gökmar ve kavak örneklerin toplam renk değişim değerleri aynı homojenlik grubunda çıkmış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Emprenye maddesi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	3,66	C
Parafin	13,09	B
Bezir yağı	19,57	A*
Stiren	13,57	B
LSD: $\pm 0,5397$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.22'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, beziryağı ile emprenye edilmiş örneklerde (19,57), en düşük ise emprenyesiz örneklerde (3,66) elde edilmiştir.

Çizelge 4.23. Yoğunlaştırma düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
120 °C / %20	9,16	D
120 °C / %40	9,57	D
150 °C / %20	9,23	D
150 °C / %40	10,82	C
180 °C / %20	16,23	B
180 °C / %40	19,83	A*
LSD: $\pm 0,6609$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.23'e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (19,83), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere 120 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan örnekler (9,16 ve 9,57) ile 150 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılan örneklerde (9,23) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin toplam renk değişimi değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	Ağaç türü			
	Gök nar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	3,68	F	3,65	F
Parafin	13,30	D	12,88	DE
Bezir yağı	20,35	A*	18,79	B
Stiren	12,22	E	14,91	C
LSD: $\pm 0,7632$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.24’e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, beziryağı ile emprenye edilmiş göknar örneklerde (20,35), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere emprenyesiz göknar ve kavak örneklerde (3,68 ve 3,65) elde edilmiştir.

Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin toplam renk değişimi değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Ağaç türü-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
	Gök nar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
120 °C / %20	9,77	EF	8,56	G
120 °C / %40	9,58	F	9,56	F
150 °C / %20	9,99	EF	8,46	G
150 °C / %40	11,03	D	10,60	DE
180 °C / %20	14,57	C	17,89	B
180 °C / %40	19,38	A*	20,27	A*
LSD: $\pm 0,9347$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.25’e göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri aralarındaki fark önemsiz olmak üzere, 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan göknar ve kavak örneklerde (19,38 ve 20,27), en düşük ise 120 °C ve 150 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılan kavak örneklerde (8,56 ve 8,46) elde edilmiştir.

Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişimi değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	Emprenye maddesi							
	Emprenyesiz		Parafin		Bezir yağı		Stiren	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
120 °C / %20	1,96	L	10,30	HI	16,13	EF	8,26	J
120 °C / %40	2,57	L	10,49	H	16,06	EF	9,16	IJ
150 °C / %20	2,44	L	10,87	GH	15,33	F	8,26	J
150 °C / %40	2,24	L	11,82	G	17,24	DE	11,98	G
180 °C / %20	6,41	K	16,66	EF	23,32	C	18,55	D
180 °C / %40	6,36	K	18,41	D	29,35	A*	25,19	B
LSD: $\pm 1,322$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.26’ya göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri beziryağı ile emprenye edilmiş 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (29,35), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere, emprenyesiz 120 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan örnekler (1,96 ve 2,57) ile 150 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan örneklerde (2,44 ve 2,24) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde, toplam renk değişimi değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
		Gökmar		Kavak	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	120 °C / %20	2,24	S	1,69	S
	120 °C / %40	2,13	S	3,01	S
	150 °C / %20	2,92	S	1,96	S
	150 °C / %40	2,27	S	2,20	S
	180 °C / %20	5,54	R	7,27	QR
	180 °C / %40	6,98	QR	5,74	R
Parafin	120 °C / %20	10,50	LMN	10,10	MNO
	120 °C / %40	10,92	K-N	10,06	MNO
	150 °C / %20	12,23	JKL	9,51	M-P

Çizelge 4.27. (devam) Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde toplam renk değişimi (ΔE^*) değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Parafin	150 °C / %40	12,69	JK	10,94	K-N
	180 °C / %20	15,61	F-I	17,70	DE
	180 °C / %40	17,85	DE	18,96	D
Bezir yağı	120 °C / %20	17,15	DEF	15,12	GHI
	120 °C / %40	17,12	DEF	15,00	HI
	150 °C / %20	16,91	EFG	13,75	IJ
	150 °C / %40	17,81	DE	16,67	E-H
	180 °C / %20	23,30	C	23,34	C
	180 °C / %40	29,83	A*	28,86	AB
Stiren	120 °C / %20	9,20	NOP	7,32	QR
	120 °C / %40	8,15	PQ	10,16	MNO
	150 °C / %20	7,90	PQ	8,62	OPQ
	150 °C / %40	11,36	KLM	12,60	JK
	180 °C / %20	13,83	IJ	23,27	C
	180 °C / %40	22,86	C	27,52	B
LSD: $\pm 1,869$					

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek toplam renk değişimi değeri

Çizelge 4.27'ye göre; en yüksek toplam renk değişimi değeri, beziryağı ile emprenye edilmiş 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan göknar örneklerde (29,83), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere emprenyesiz 120 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan göknar örnekler (2,24 ve 2,13) ve kavak örnekler (1,69 ve 3,01) ile emprenyesiz 150 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan göknar örnekler (2,92 ve 2,27) ve kavak örneklerde (1,96 ve 2,20) elde edilmiştir.

4.1.6. Temas Açısı

Parafin, beziryağı ve stiren ile emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış göknar ve kavak odunu örneklerin temas açısı (ıslanabilirlik) değerlerinin aritmetik ortalamaları Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Temas açısı değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	64,52	2,78	4,31	65,77	2,46	3,75
	120 °C / %20	71,82	2,18	3,04	70,78	3,85	5,43
	120 °C / %40	76,81	2,89	3,76	73,09	2,93	4,01
	150 °C / %20	78,58	2,16	2,75	76,66	2,62	3,42
	150 °C / %40	77,25	3,78	4,90	78,00	4,38	5,61

Çizelge 4.28. (devam) Temas açısı değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenyesiz	180 °C / %20	77,93	3,84	4,93	78,26	2,27	2,90
	180 °C / %40	80,28	3,03	3,77	81,21	3,71	4,57
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	84,98	0,85	1,00	90,04	4,52	5,02
	120 °C / %20	85,78	2,55	2,97	96,39	4,05	4,20
	120 °C / %40	88,00	0,81	0,92	93,18	4,43	4,76
	150 °C / %20	91,19	1,64	1,80	95,02	4,56	4,80
	150 °C / %40	87,98	1,43	1,62	91,23	3,87	4,25
	180 °C / %20	91,78	1,27	1,38	98,27	4,05	4,12
	180 °C / %40	91,67	2,38	2,60	102,4	3,98	3,89
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	90,54	2,46	2,72	87,77	1,12	1,28
	120 °C / %20	86,48	5,13	5,93	91,11	3,97	4,36
	120 °C / %40	88,01	6,14	6,97	92,84	4,66	5,02
	150 °C / %20	85,72	6,16	7,18	93,88	5,57	5,93
	150 °C / %40	90,34	5,15	5,70	88,93	2,63	2,95
	180 °C / %20	97,22	4,38	4,51	95,76	4,44	4,64
	180 °C / %40	85,09	3,27	3,84	84,97	4,02	4,74
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	90,37	3,92	4,33	91,31	5,31	5,82
	120 °C / %20	93,31	3,61	3,87	92,83	3,96	4,27
	120 °C / %40	93,49	5,10	5,45	94,91	3,77	3,97
	150 °C / %20	93,24	4,70	5,04	93,62	3,10	3,32
	150 °C / %40	98,78	5,30	5,37	97,46	4,82	4,94
	180 °C / %20	103,2	5,71	5,53	103,5	4,48	4,33
	180 °C / %40	108,4	5,42	5,00	112,4	5,24	4,66

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.28 incelendiğinde ağaç türü, emprenye maddesi çeşidi ve yoğunlaştırma koşulları faktörlerine bağlı olarak örneklerin temas açısı değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılığın hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek amacı ile çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Temas açısı değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Faktör	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç türü (A)	1	494,235	494,235	32,012	0,0000*
Emprenye maddesi (B)	3	31,102,209	10,367,403	671,518	0,0000*
Yoğunlaştırma (C)	6	5,163,598	860,600	55,742	0,0000*
Etkileşim (AB)	3	773,786	257,929	16,706	0,0000*
Etkileşim (AC)	6	158,831	26,472	1,714	NS
Etkileşim (BC)	18	4,311,234	239,513	15,513	0,0000*
Etkileşim (ABC)	18	629,027	34,946	2,263	0,0024*
Hata	392	6,051,990	15,439		
Toplam	447	48,684,911			

*: 0,05’e göre önemli, NS: Önemsiz

Varyans analizi sonucuna göre, örneklerin temas açısı değerleri üzerinde AC ikili

etkileşimi önemsiz, diğer faktörler ve bu faktörlerin karşılıklı etkileşimleri önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$).

Ağaç türü, emprenye maddesi ve yoğunlaştırma faktörleri düzeyinde, temas açısı değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları sırası ile Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.30. Ağaç türü düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Ağaç türü	$\bar{x}$	HG
Gökmar	87,60	B
Kavak	89,70	A*
LSD: $\pm 0,7297$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.30’a göre; temas açısı değeri kavak örneklerinde yüksek (89,70), gökmar örneklerinde daha düşük (87,60) bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Emprenye maddesi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	75,07	D
Parafin	91,99	B
Bezir yağı	89,90	C
Stiren	97,62	A*
LSD: $\pm 1,032$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.31’e göre; en yüksek temas açısı değeri, stiren ile emprenye edilmiş örneklerde (97,62), en düşük ise emprenyesiz örneklerde (75,07) elde edilmiştir.

Çizelge 4.32. Yoğunlaştırma düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	83,16	D
120 °C / %20	86,06	C
120 °C / %40	87,54	B
150 °C / %20	88,49	B
150 °C / %40	88,75	B
180 °C / %20	93,24	A*
180 °C / %40	93,29	A*
LSD: $\pm 1,365$		

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.32'ye göre; en yüksek temas açısı değeri aralarındaki fark önemsiz olmak üzere, 180 °C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırılan örneklerde (93,24 ve 93,29), en düşük ise yoğunlaştırılmamış örneklerde (83,16) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde, örneklerin temas açısı değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.33'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Ağaç türü-emprenye maddesi ikili etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	Ağaç türü			
	Gökmar		Kavak	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	75,31	E	74,82	E
Parafin	88,77	D	95,22	B
Bezir yağı	89,06	D	90,75	C
Stiren	97,25	A*	97,99	A*
LSD: $\pm 1,459$				

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.33'e göre; en yüksek temas açısı değeri, aralarındaki fark önemsiz olmak üzere stiren ile emprenye edilmiş gökmar ve kavak örneklerde (97,25 ve 97,99), en düşük ise emprenyesiz gökmar ve kavak örneklerde (75,31 ve 74,82) elde edilmiştir.

Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde, temas açısı değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.34. Emprenye maddesi-yoğunlaştırma ikili etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Yoğunlaştırma	Emprenye maddesi							
	Emprenyesiz		Parafin		Bezir yağı		Stiren	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Yoğunlaştırılmamış	65,14	P	87,51	JK	89,16	IJ	90,84	GHI
120 °C / %20	71,30	O	91,08	GHI	88,80	IJ	93,07	FGH
120 °C / %40	74,95	N	90,59	HI	90,43	HI	94,20	EF
150 °C / %20	77,62	MN	93,11	FGH	89,80	IJ	93,43	FG
150 °C / %40	77,63	MN	89,61	IJ	89,64	IJ	98,12	C
180 °C / %20	78,10	LM	95,03	DEF	96,49	CDE	103,3	B
180 °C / %40	80,74	L	97,04	CD	85,03	K	110,4	A*
LSD: $\pm 2,730$								

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.34'e göre; en yüksek temas açısı değeri stiren ile emprenye edilmiş 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan örneklerde (110,4), en düşük ise emprenyesiz yoğunlaştırılmamış örneklerde (65,14) elde edilmiştir.

Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde, temas açısı değerleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.35'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Ağaç türü-emprenye maddesi-yoğunlaştırma üçlü etkileşimi düzeyinde temas açısı değerlerinin duncan testi karşılaştırma sonuçları.

Emprenye maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü			
		Gökmar		Kavak	
		$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	64,52	W	65,77	W
	120 °C / %20	71,82	V	70,78	V
	120 °C / %40	76,81	TU	73,09	UV
	150 °C / %20	78,58	ST	76,66	TU
	150 °C / %40	77,25	T	78,00	ST
	180 °C / %20	77,93	ST	78,26	ST
	180 °C / %40	80,28	ST	81,21	RS
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	84,98	QR	90,04	L-O
	120 °C / %20	85,78	PQ	96,39	E-I
	120 °C / %40	88,00	M-Q	93,18	I-L
	150 °C / %20	91,19	J-N	95,02	E-J
	150 °C / %40	87,98	M-Q	91,23	J-N
	180 °C / %20	91,78	J-M	98,27	EF
	180 °C / %40	91,67	J-M	102,4	CD
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	90,54	LMN	87,77	N-Q
	120 °C / %20	86,48	OPQ	91,11	K-N
	120 °C / %40	88,01	M-Q	92,84	I-L
	150 °C / %20	85,72	PQ	93,88	G-L
	150 °C / %40	90,34	LMN	88,93	M-P
	180 °C / %20	97,22	E-H	95,76	E-I
	180 °C / %40	85,09	PQ	84,97	QR
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	90,37	LMN	91,31	J-N
	120 °C / %20	93,31	I-L	92,83	I-L
	120 °C / %40	93,49	H-L	94,91	F-K
	150 °C / %20	93,24	I-L	93,62	G-L
	150 °C / %40	98,78	DE	97,46	EFG
	180 °C / %20	103,2	C	103,5	C
	180 °C / %40	108,4	B	112,4	A*
LSD: $\pm 3,861$					

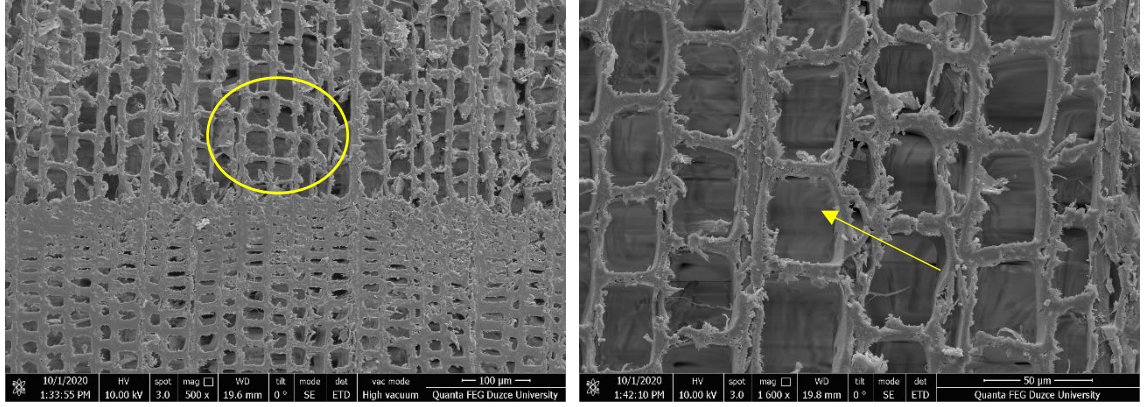
$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik gurubu, (*): En yüksek temas açısı değeri

Çizelge 4.35'e göre; en yüksek temas açısı değeri, stiren ile emprenye edilmiş 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılan kavak örneklerde (112,4), en düşük ise aralarındaki fark önemsiz olmak üzere emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış olan gökmar ve kavak örneklerde (64,52 ve 65,77) elde edilmiştir.

4.2. SEM ANALİZLERİ

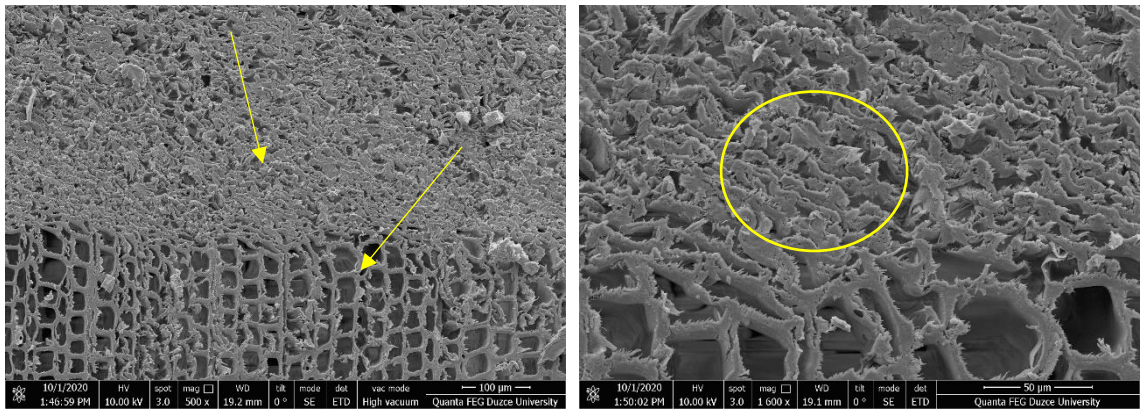
Bu bölümde, farklı hidroscopik (su itici) maddeler ile emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış göknar ve kavak odunu örneklerinin enine kesitlerinden alınan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, kontrol (işlemsiz) örnekler ile karşılaştırılmış ve meydana gelen değişimler hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

4.2.1. Uludağ Göknarı



Şekil 4.1. Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) göknar odununda SEM görüntüsü

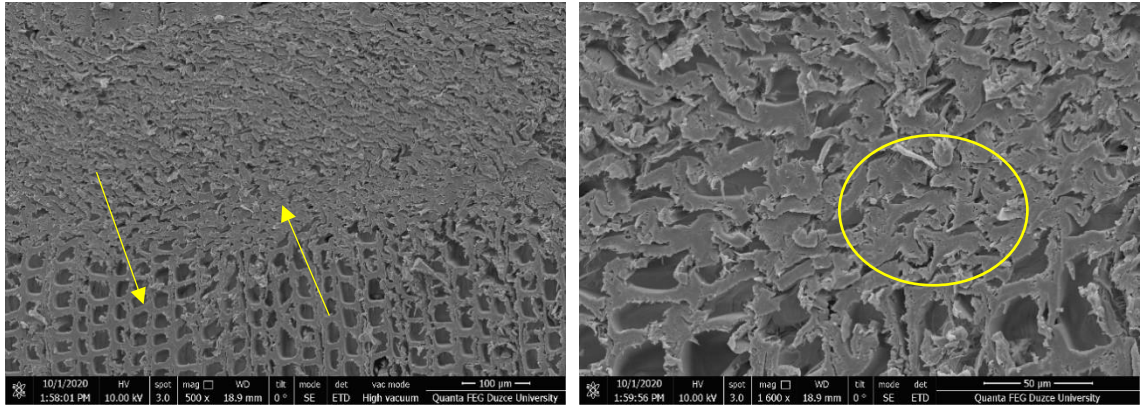
Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, ilkbahar ve yaz odunu dokularında hücre çeperlerinin sağlam ve lümen boşluklarının açık olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2. 120 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

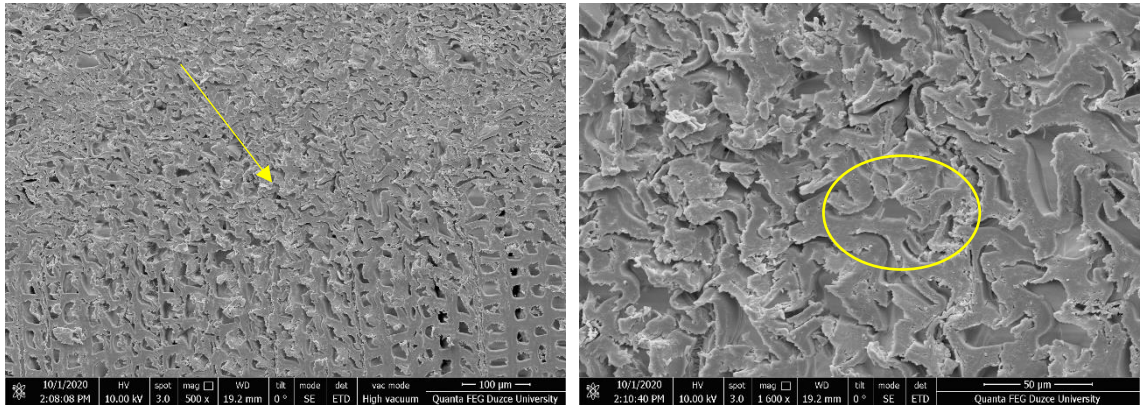
120 °C’de %20 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın ilkbahar odunu bölgesinde daha etkili olduğu ve özellikle bu bölgelerde hücre lümenlerindeki boşluk hacminin azaldığı ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre

eperinde çökmelerin meydana geldiği ve bu çökmelerin daha çok bükülme şeklinde olduğu gözlenmiştir.



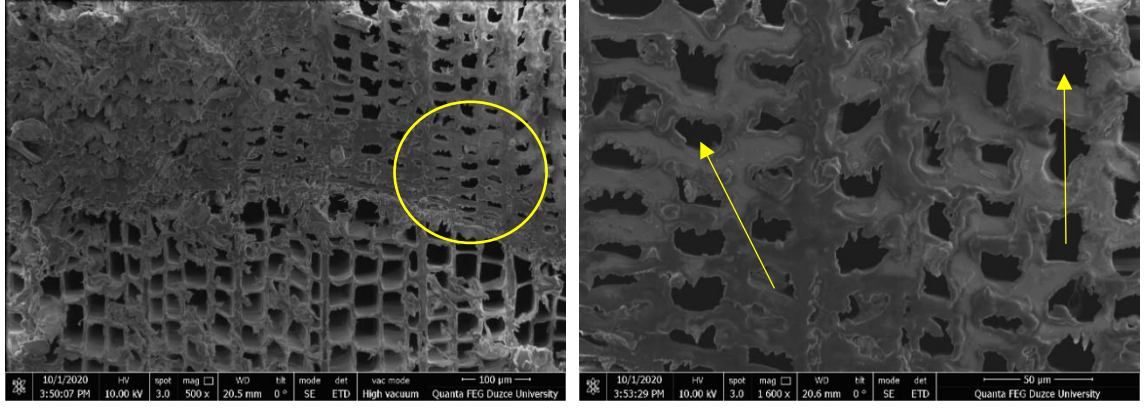
şekil 4.3. 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, yoğunlaştırma işleminin ilkbahar odunu dokusunda daha çok etkili olduğu, sıkıştırma oranındaki artış sonucu hücrelerin birbirleri ile yakın temas haline geçtiği ve boşluk hacminin önemli ölçüde azaldığı ayrıca, yüksek orandaki sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde kırılma, çatlama gibi deformasyonların olduğu belirlenmiştir.



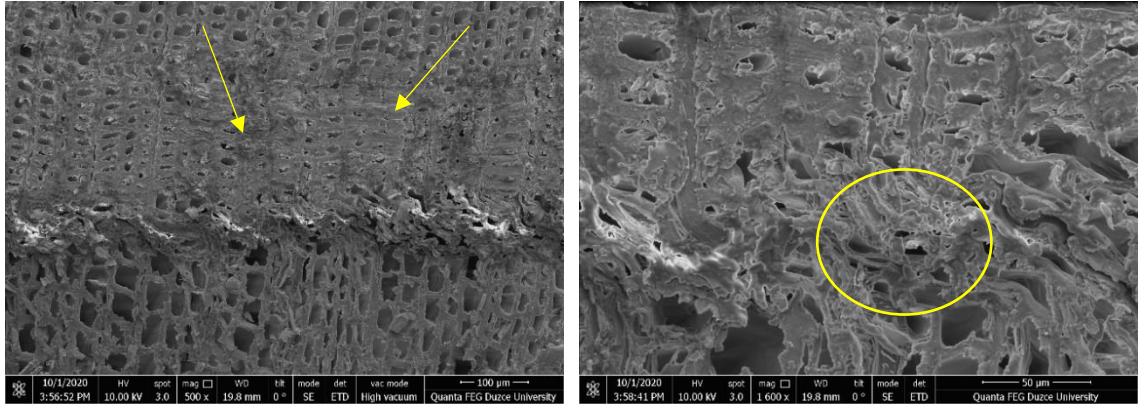
şekil 4.4. 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odunu örneklerin SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırma sıcaklığının artması ile göknar örneklerin hücre çeperinde mekanik yoğunlaştırmadan kaynaklı meydana gelen deformasyonların (kırılma, çatlama vb.) azaldığı ve boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve meydana gelen bu çökmelerin daha çok bükülme veya süperpozisyon (st üste binme) eklinde olduğu gözlenmiştir.



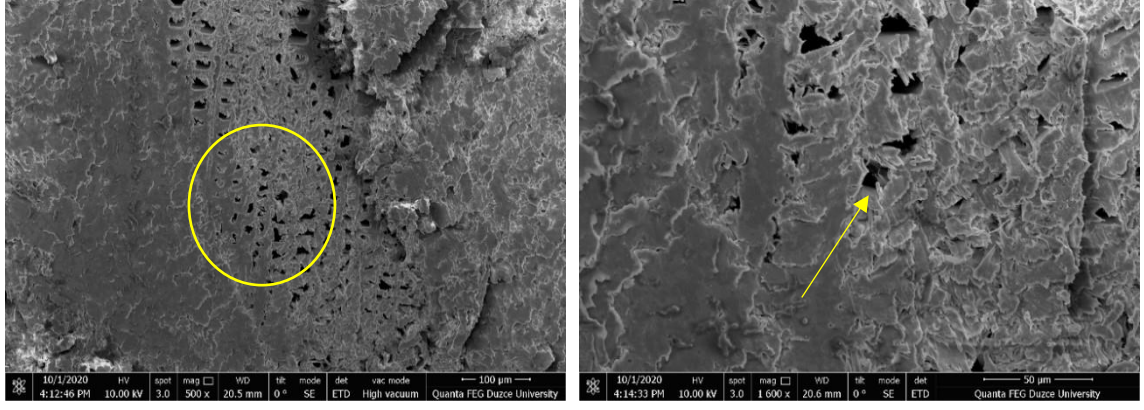
Şekil 4.5. Parafin ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü

Parafin ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



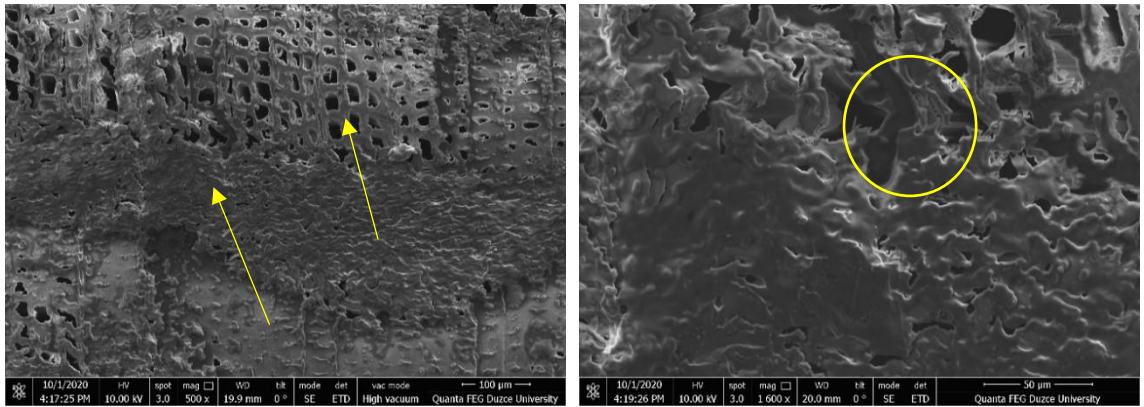
Şekil 4.6. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış göknar odunu için SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin emprenye maddesi ve sıkıştırmanın etkisi ile göknar odunu örneğinde lümenlerin kısmen kapandığı ve boşluk hacminin azaldığı ayrıca, parafin maddesinin etkisi ile sıkıştırma sonrasında hücre çeperlerinin daha az zarar aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

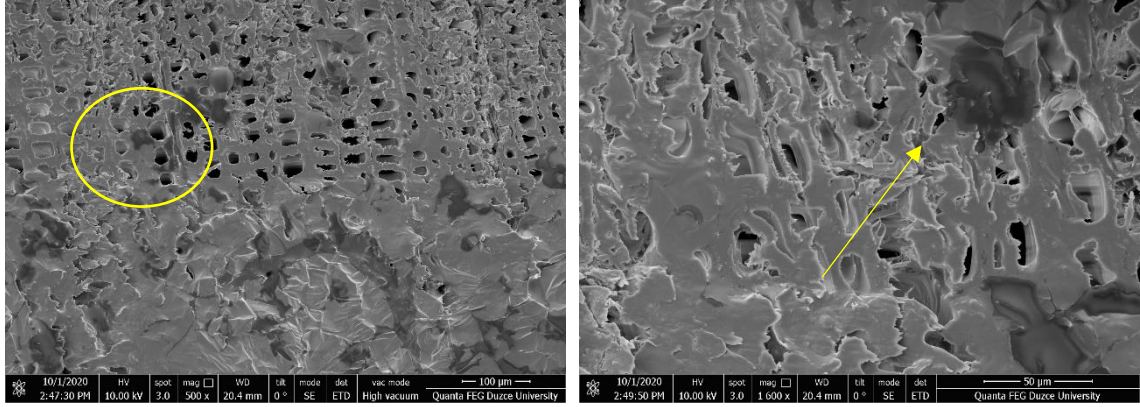
Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin emprenye maddesinin daha çok ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve ilkbahar odunu bölgesinin yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca, parafin maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile göknar odununun özellikle ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Parafin ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, göknar örneklerin yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.8. Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

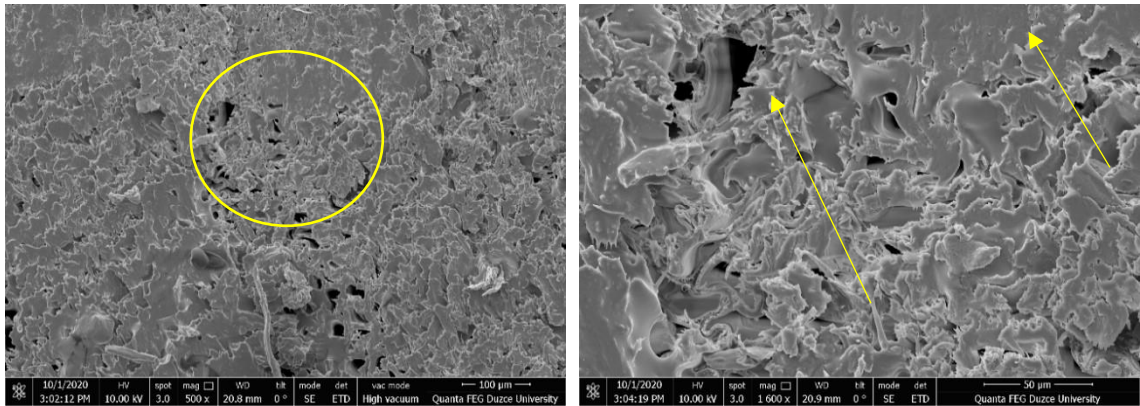
Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin önemli

derecede azaldığı ayrıca, ilkbahar odunu bölgesinin daha çok yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak, 120 °C sıcaklıkta yoğunlaştırılan göknar örneklerine göre özellikle yaz odunu dokusu hücre lümenlerinin bir miktar daha açık kaldığı gözlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklığın etkisi ile parafin maddesinin buharlaşarak ağaç malzemeden uzaklaşması ile açıklanabilir. Diğer taraftan, yüksek derecedeki sıkıştırma sıcaklığı ve parafin ile emprenye işleminin etkisi sonucu göknar örneklerin hücre çeperinde önemli bir deformasyon (çatlama, kırılma, kopma vb.) gözlenmemiştir.



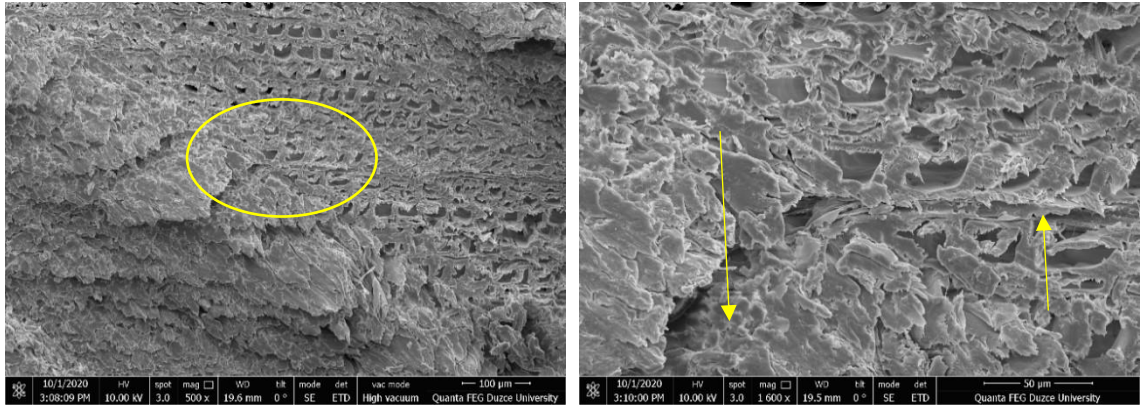
Şekil 4.9. Beziryağı ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



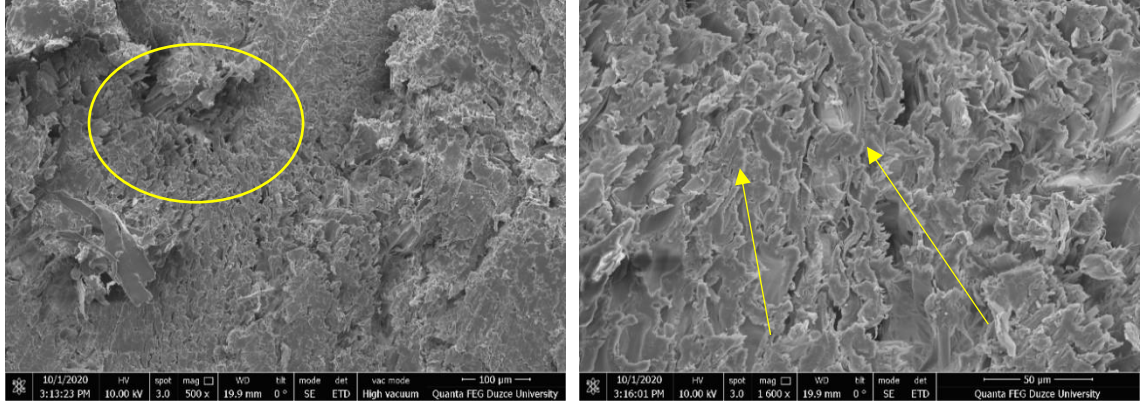
Şekil 4.10. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı emprenye maddesinin daha çok ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile göknar odununun özellikle geniş gözenekli ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Beziryağı ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, göknar örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



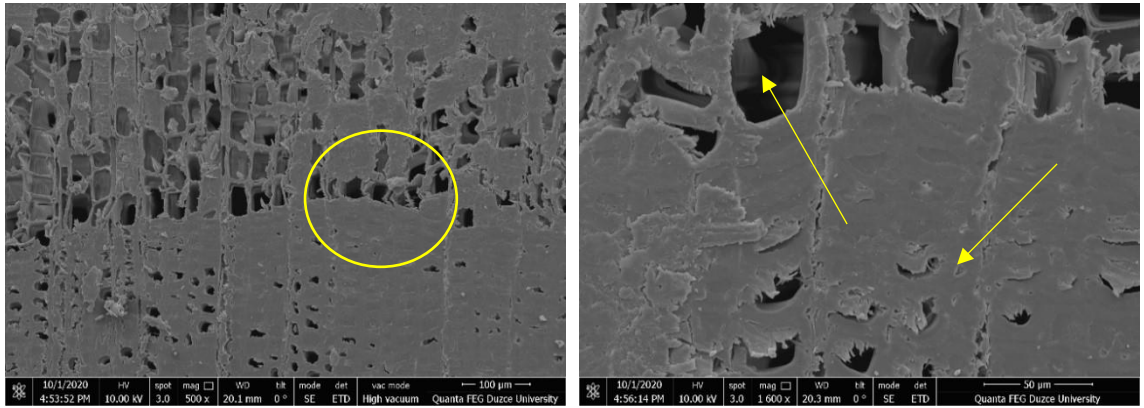
Şekil 4.11. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı emprenye maddesinin daha çok ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve ilkbahar odunu bölgesinin yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca, beziryağı maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile göknar odununun özellikle ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Beziryağı ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, göknar örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



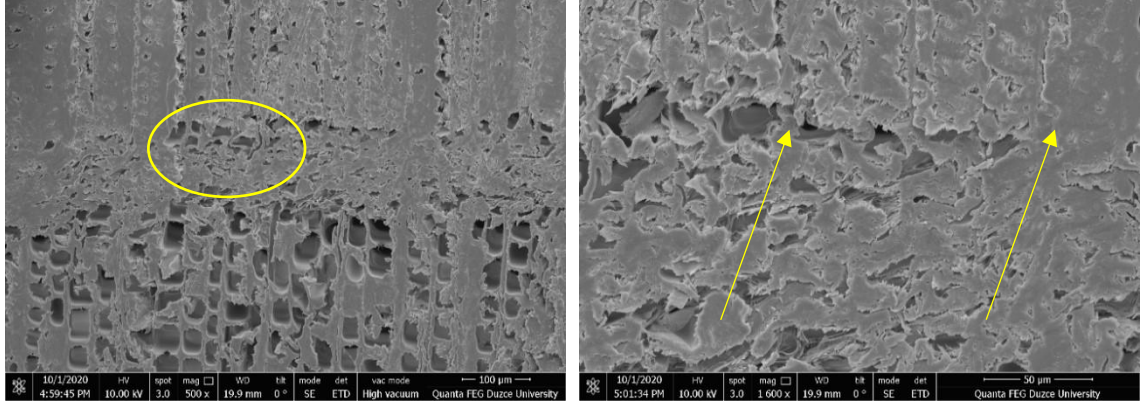
Şekil 4.12. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin hayati derecede azaldığı ve hücre boşluklarının tamamen yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca, yüksek derecedeki sıkıştırma sıcaklığı ve beziryağı ile emprenye işleminin etkisi sonucu göknar örneklerin hücre çeperinde önemli bir deformasyon (çatlama, kırılma, kopma vb.) gözlenmemiştir.



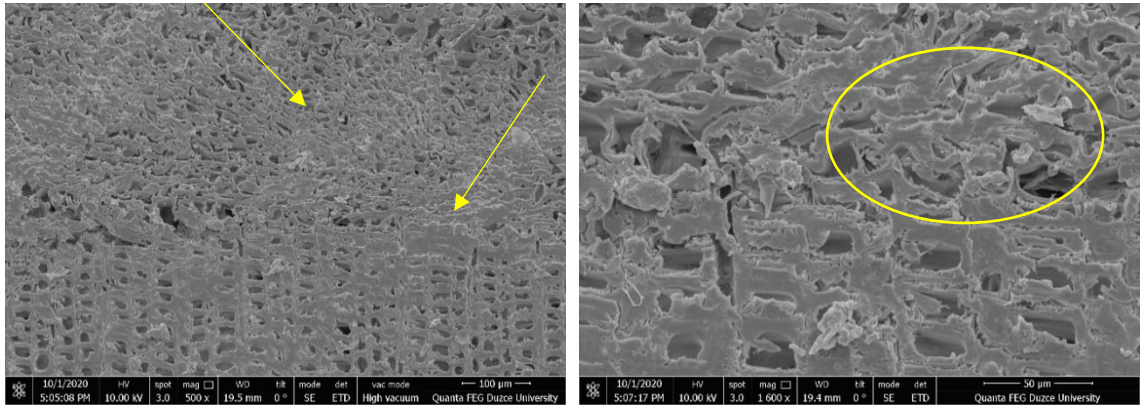
Şekil 4.13. Stiren emprenye edilen yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

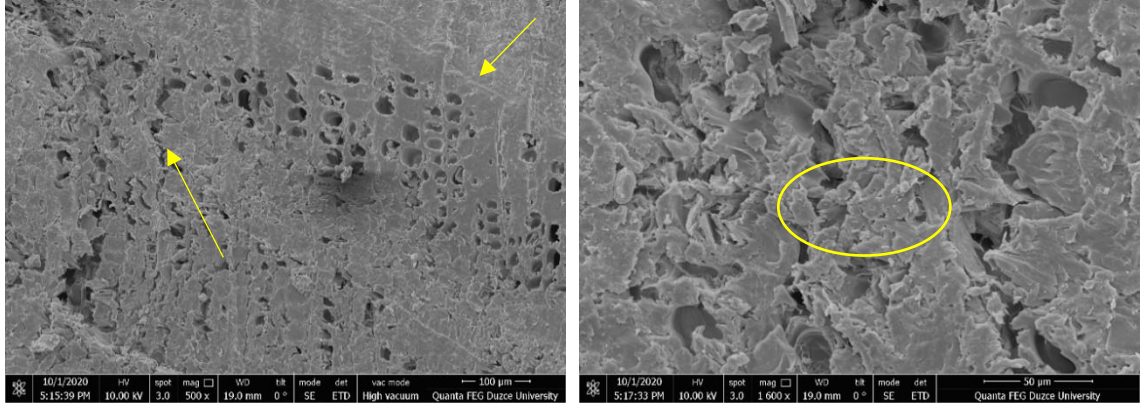
Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış göknar odunu için SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesi ve sıkıştırmanın etkisi ile göknar odunu örneğinde lümenlerin kısmen kapandığı ve boşluk hacminin azaldığı ayrıca, stiren maddesinin etkisi ile sıkıştırma sonrasında hücre çeperlerinin daha az zarar aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesinin daha çok ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve ilkbahar odunu bölgesinin yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca, stiren maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile göknar odununun özellikle ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Stiren ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı, boşluk hacminin hayati

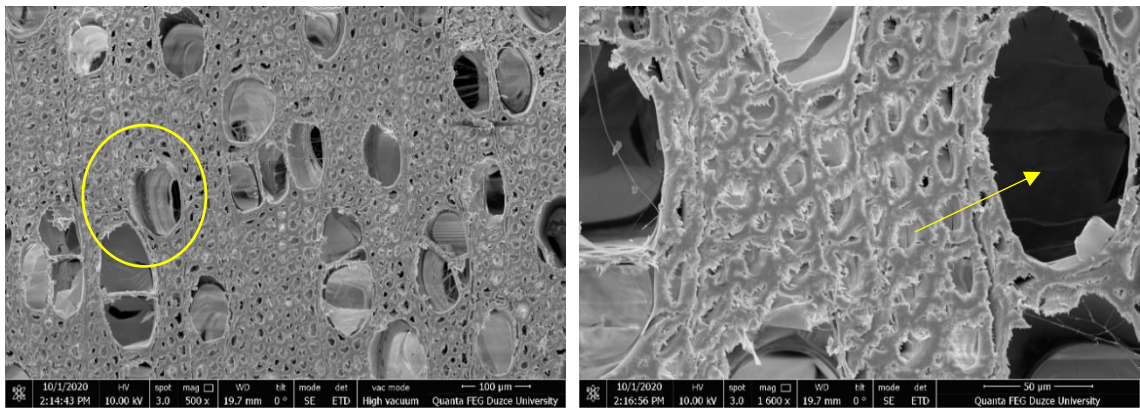
ölçüde düştüğü ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve meydana gelen bu çökmelerin daha çok bükülme veya süperpozisyon (üst üste binme) şeklinde oluştuğu gözlenmiştir. Bu durumun, göknar örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.16. Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü

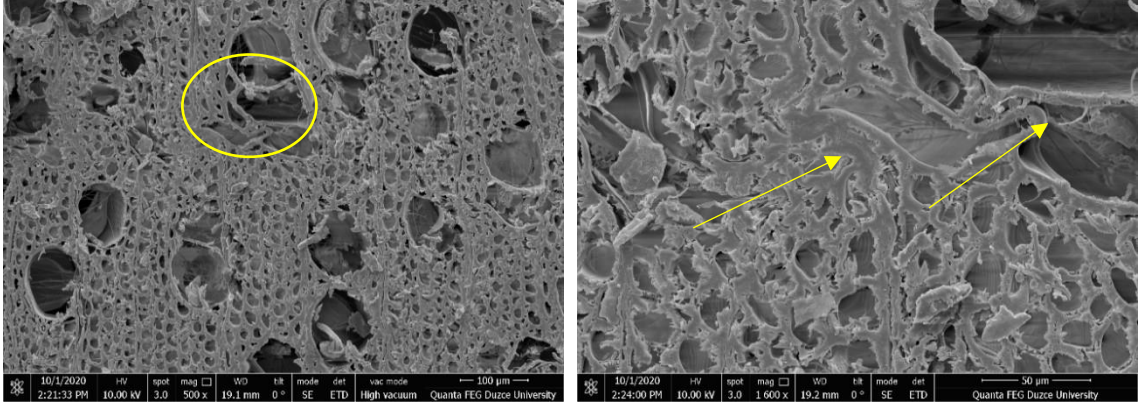
Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış göknar odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin önemli derecede azaldığı ve ilkbahar odunu bölgesinin daha çok yoğunlaştığı görülmektedir. Stiren ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını çok hayati ölçüde azalttığı, boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun, göknar örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.

4.2.2. Titrek Kavak



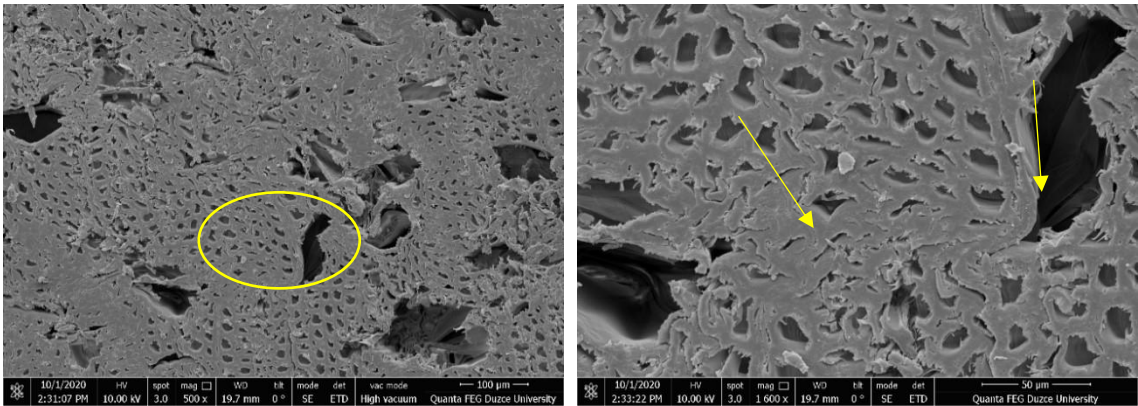
Şekil 4.17. Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) kavak odununda SEM görüntüsü

Emprenyesiz ve yoğunlaştırılmamış (kontrol) kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, ilkbahar ve yaz odunu dokularında hücre çeperlerinin sağlam ve lümen boşluklarının açık olduğu görülmektedir.



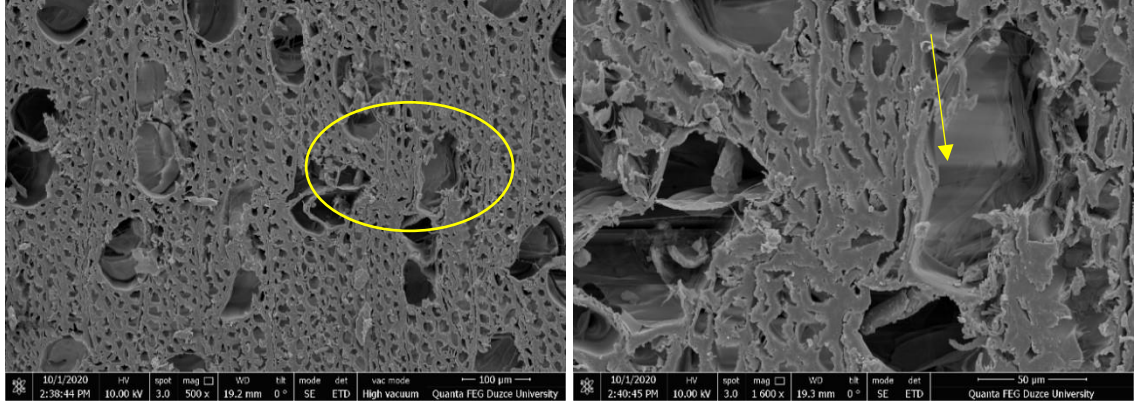
Şekil 4.18. 120 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

120°C’de %20 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırmanın ilkbahar odunu bölgesinde daha etkili olduğu ve özellikle bu bölgelerde hücre lümenlerindeki boşluk hacminin azaldığı ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve bu çökmelerin daha çok bükülme şeklinde olduğu gözlenmiştir.



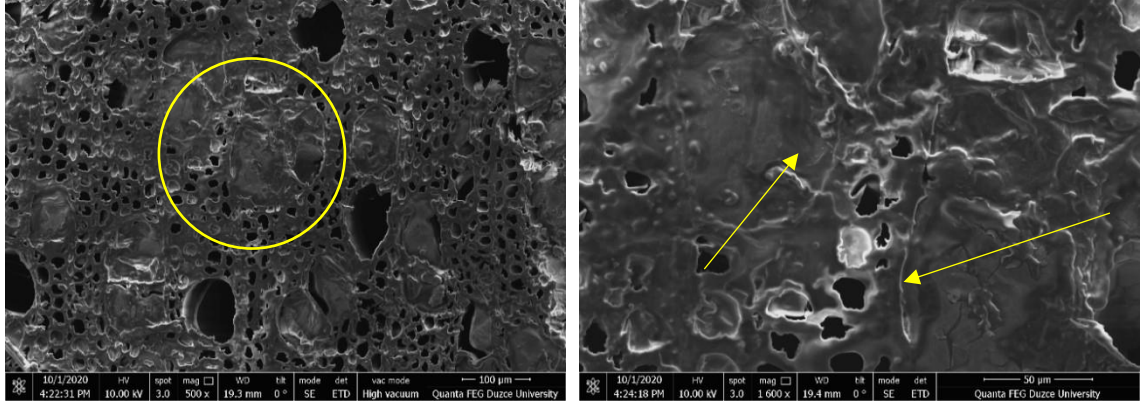
Şekil 4.19. 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, yoğunlaştırma işleminin ilkbahar odunu dokusunda daha çok etkili olduğu, sıkıştırma oranındaki artış sonucu hücrelerin birbirleri ile yakın temas haline geçtiği ve boşluk hacminin önemli ölçüde azaldığı ayrıca, yüksek orandaki sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde kırılma, çatlama gibi deformasyonların olduğu belirlenmiştir.



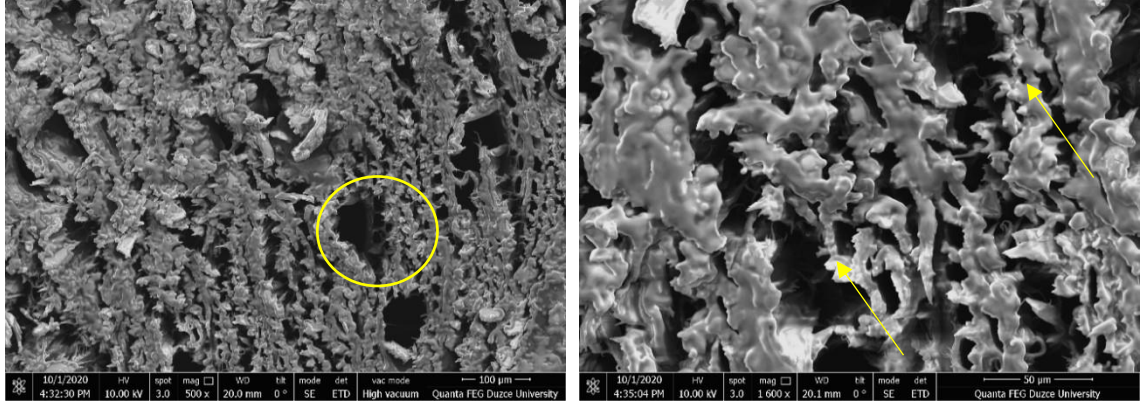
Şekil 4.20. 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odunu örneklerin SEM görüntüsü incelendiğinde, sıkıştırma sıcaklığının artması ile kavak örneklerin hücre çeperinde mekanik yoğunlaştırmadan kaynaklı meydana gelen deformasyonların (kırılma, çatlama vb.) azaldığı ve boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve meydana gelen bu çökmelerin daha çok bükülme veya süperpozisyon (üst üste binme) şeklinde oluştuğu gözlenmiştir.



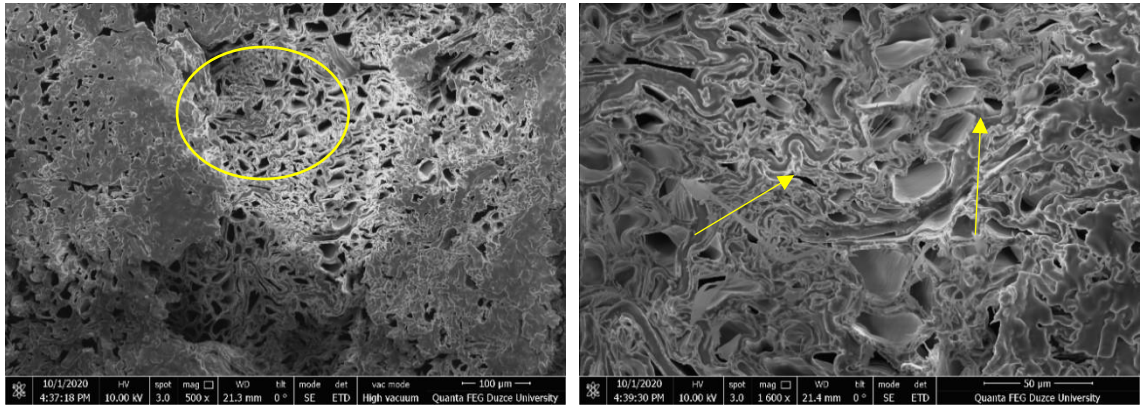
Şekil 4.21. Parafin ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü

Parafin ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.22. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

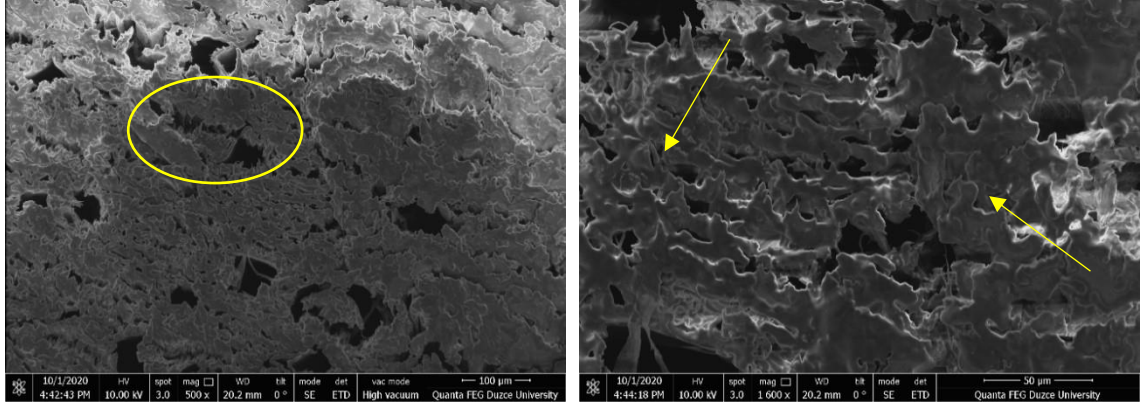
Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin emprenye maddesinin daha çok geniş gözenekli ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca, parafin maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile kavak odununun özellikle geniş gözenekli odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Parafin ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.23. Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

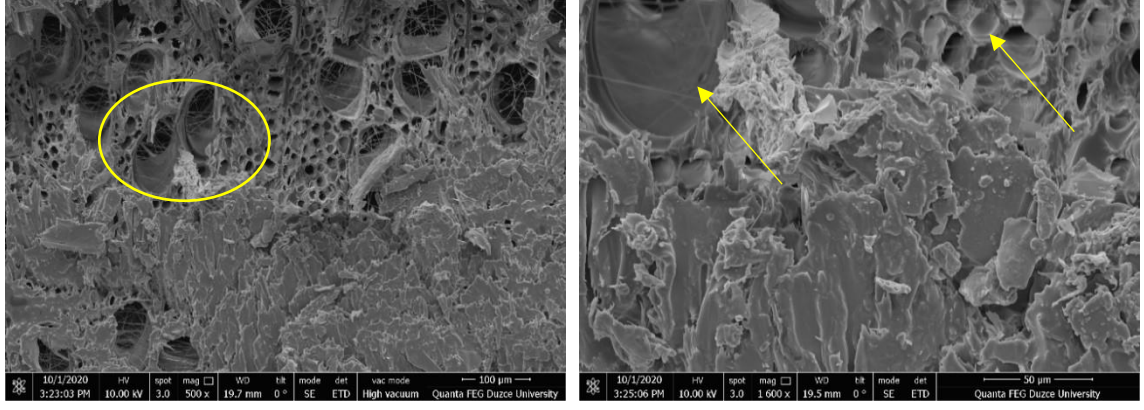
Parafin ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin emprenye maddesinin daha çok geniş gözenekli ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve ilkbahar odunu bölgesinin yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca, parafin maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile kavak odununun özellikle ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin

neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Parafin ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı, boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve meydana gelen bu çökmelerin daha çok bükülme veya süperpozisyon (üst üste binme) şeklinde oluştuğu gözlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



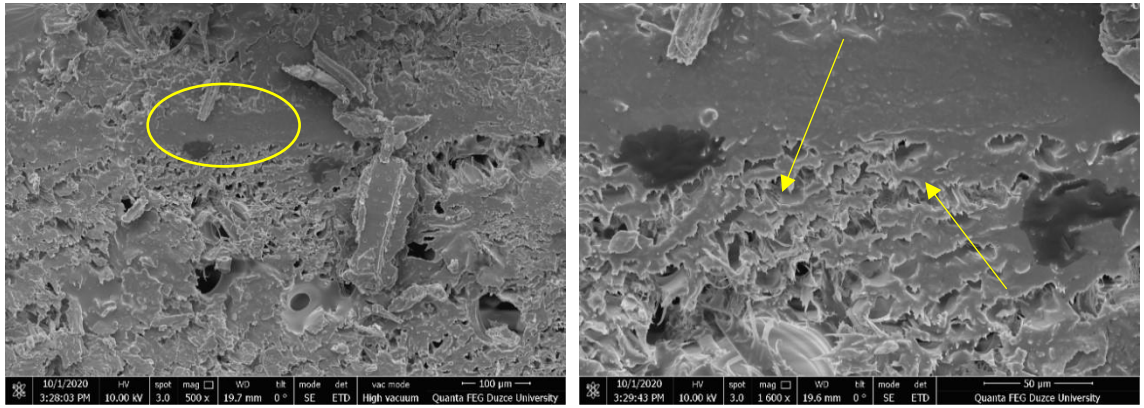
Şekil 4.24. Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

Parafin ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, parafin maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin önemli derecede azaldığı ayrıca, ilkbahar odunu bölgesinin daha çok yoğunlaştığı görülmektedir. Fakat, 120 °C sıcaklıkta yoğunlaştırılan kavak örneklerine göre özellikle yaz odunu dokusu hücre lümenlerinin bir miktar daha açık kaldığı gözlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklığın etkisi ile parafin maddesinin buharlaşarak ağaç malzemedan uzaklaşması ile açıklanabilir. Diğer taraftan, yüksek derecedeki sıkıştırma sıcaklığı ve parafin ile emprenye işleminin etkisi sonucu kavak örneklerin hücre çeperinde önemli bir deformasyon (çatlama, kırılma, kopma vb.) gözlenmemiştir.



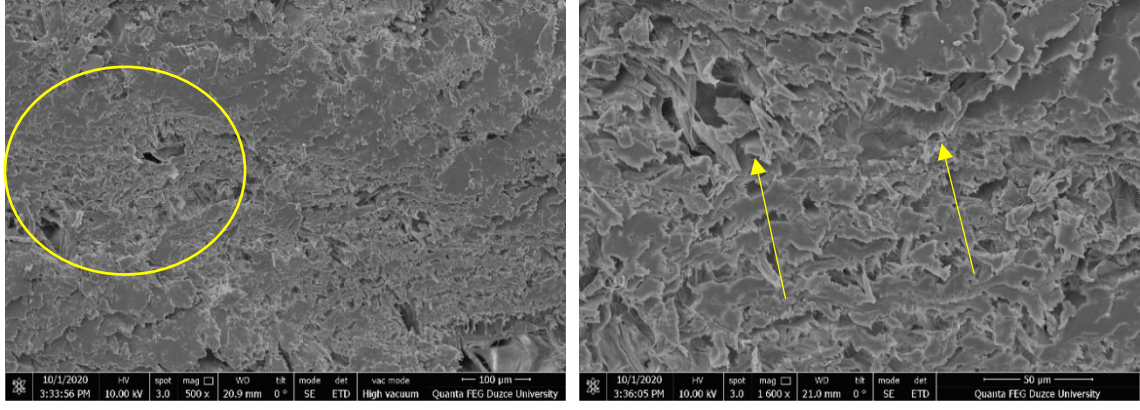
Şekil 4.25. Beziryağı ile emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



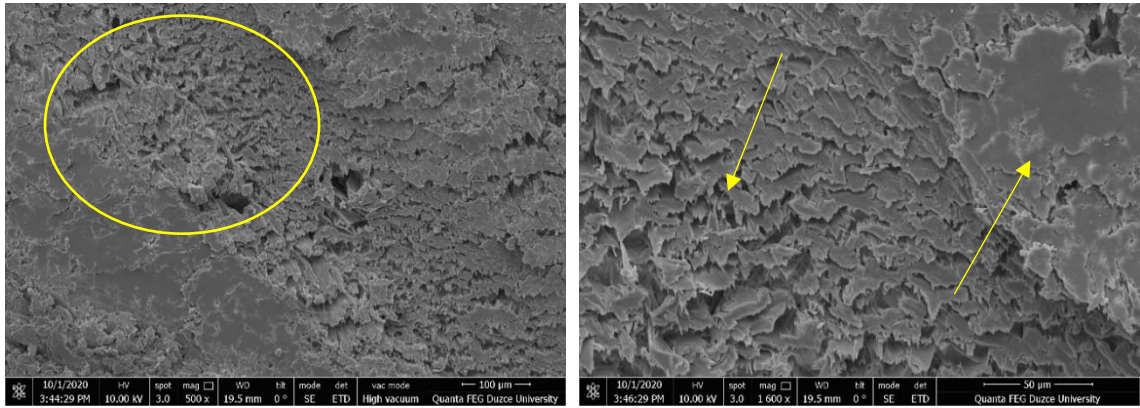
Şekil 4.26. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı emprenye maddesinin daha çok geniş gözenekli ilkbahar odunu hücre çeperlerine tutunduğu ve yoğunlaştırmadan daha fazla etkilendiği ayrıca maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile kavak odununun özellikle geniş gözenekli ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Beziryağı ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.27. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

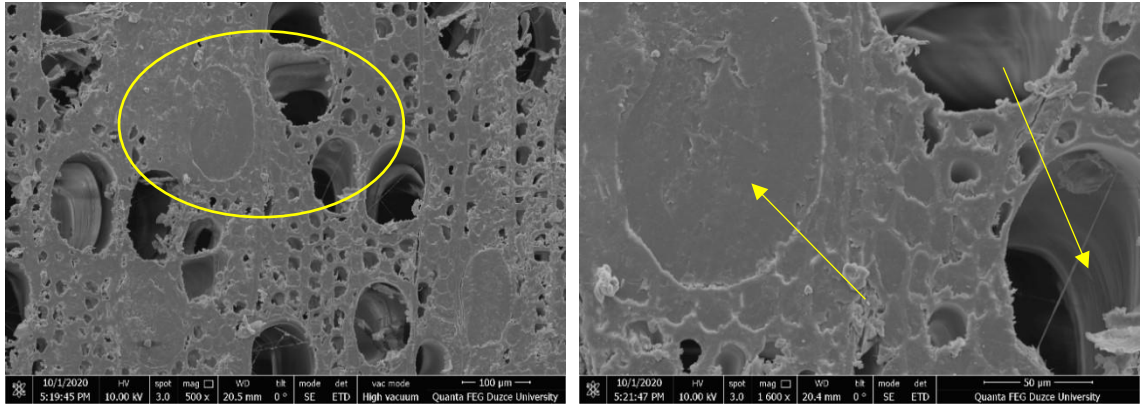
Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı emprenye maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ayrıca, yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile kavak odununun özellikle ilkbahar odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Beziryağı ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını hayati ölçüde azalttığı, boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü ve bu durumun kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.28. Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

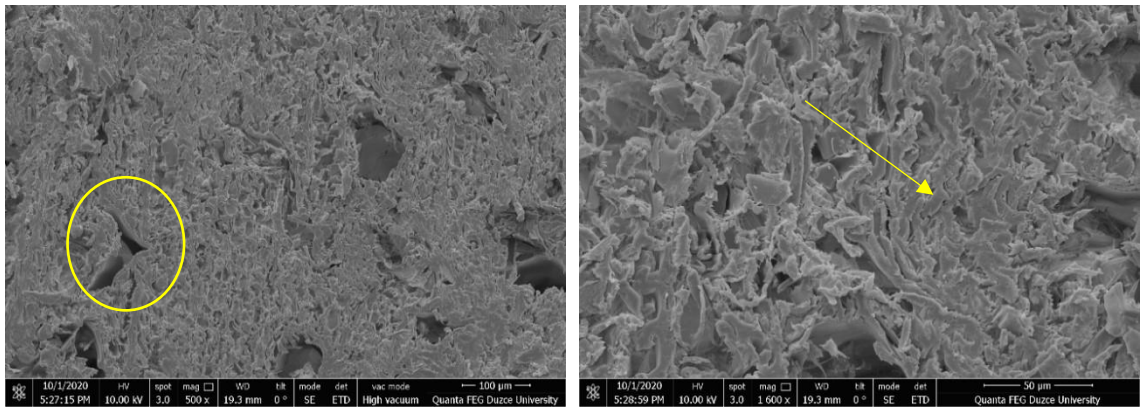
Beziryağı ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, beziryağı maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin önemli derecede azaldığı ayrıca, ilkbahar odunu bölgesinin daha çok yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer taraftan, yüksek derecedeki sıkıştırma sıcaklığı ve beziryağı ile emprenye işleminin

etkisi sonucu kavak örneklerin hücre çeperinde bir deformasyon (çatlama, kırılma, kopma vb.) gözlenmemiştir.



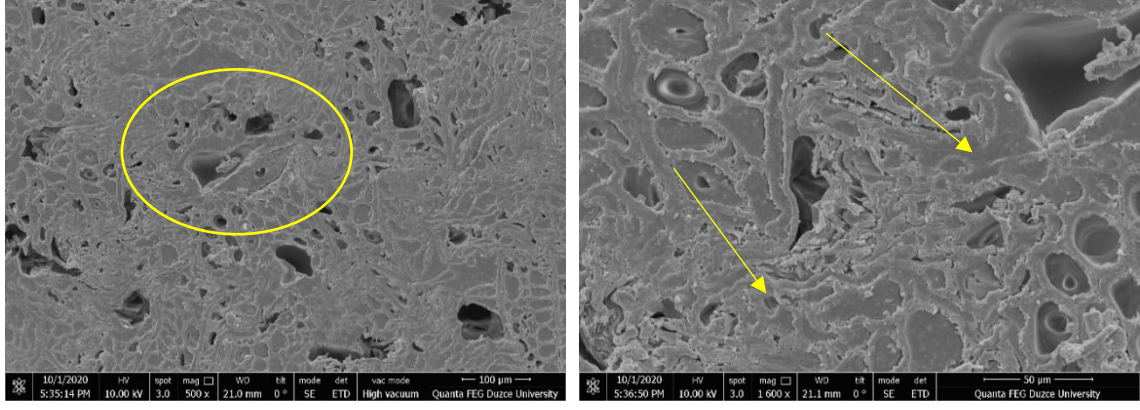
Şekil 4.29. Stiren emprenye edilen yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve yoğunlaştırılmamış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve hücre lümenlerini kısmen doldurduğu ayrıca, hücre çeperlerinin sağlam ve lümenlerin belirgin olduğu görülmektedir.



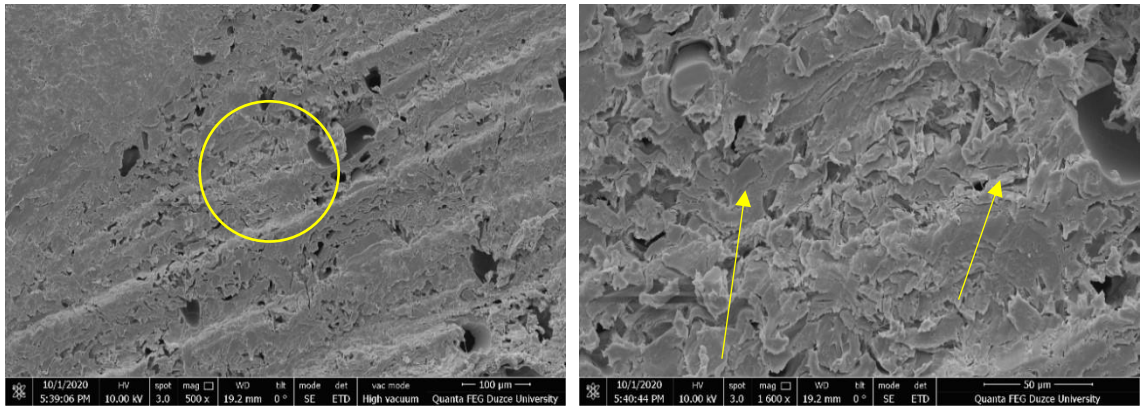
Şekil 4.30. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %20 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve 120°C sıcaklıkta %20 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesinin hücre çeperlerine iyice tutunduğu ve yoğunlaştırmanın da etkisiyle hücre boşluklarının neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Stiren ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.31. Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve 120 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesinin odun hücre çeperlerine tutunduğu ayrıca, stiren maddesi ve yüksek oranda sıkıştırmanın etkisi ile kavak odunu dokusunda lümenlerin neredeyse tamamen kapandığı görülmektedir. Stiren ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını çok önemli ölçüde azalttığı, boşluk hacminin hayati ölçüde düştüğü ayrıca, sıkıştırmadan dolayı hücre çeperinde çökmelerin meydana geldiği ve meydana gelen bu çökmelerin daha çok bükülme veya süperpozisyon (üst üste binme) şeklinde olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



Şekil 4.32. Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C’de %40 sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü

Stiren ile emprenye edilmiş ve 180 °C sıcaklıkta %40 oranında sıkıştırılmış kavak odununda SEM görüntüsü incelendiğinde, stiren emprenye maddesinin hücre çeperlerine tutunduğu ve yüksek orandaki sıkıştırmanın da etkisi ile boşluk hacminin hayati derecede

azaldığı ve yoğunlaştırmanın da etkisiyle hücre boşluklarının tamamen stiren emprenye maddesi ile tutunduğu görülmektedir. Stiren ile emprenye işleminin, sıkıştırma nedeni ile oluşan kırılma, çatlama gibi hücre deformasyonlarını çok hayati ölçüde azalttığı, boşluk hacminin önemli ölçüde düştüğü gözlenmiştir. Bu durumun, kavak örneklerde bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısını etkilediği söylenebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı hidroskopik (su itici) maddelerle emprenye edildikten sonra termomekanik olarak yoğunlaştırılmış Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* Mattf.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunu örneklerinin bazı yüzey özellikleri ile morfolojik yapısı incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde, sonuçlar irdelenerek yorumlanmış ve uygulamaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.

5.1. Pürüzlülük

Emprenye işlemleri sonrası yoğunlaştırılmış ahşap örneklerin pürüzlülük değerleri üzerine ağaç türü faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Pürüzlülük Uludağ göknarı örneklerine göre titrek kavak örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Bu durum, iki ağaç türünün yüzey tekstür özellikleri ile doğal anatomik yapısının farklı olması ile açıklanabilir. Ayrıca, ağaç malzemelerin başlangıç yoğunluk değerleri de pürüzlülük sonuçları üzerinde etkili olabilir. Çalışmada kullanılan Uludağ göknarı örneklerin hava kurusu yoğunluk değeri $0,446 \text{ g/cm}^3$, titrek kavak örneklerin ise $0,374 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir (Emiroğlu, 2018). Literatürde, yüksek yoğunluğa sahip ağaç malzemelerde düşük yoğunluklu türlere göre pürüzlülük değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu bildirilmiştir (Sieminski ve Skarzynska, 1989).

Deney örneklerinin pürüzlülük değerleri üzerine emprenye maddesi çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türü için, en yüksek pürüzlülük değeri emprenyesiz örneklerde elde edilmiş ve bunu sırası ile bezir yağı ve parafın ile emprenye edilen örnekler izlemiştir. En düşük pürüzlülük değeri ise stiren ile emprenye edilen örneklerde elde edilmiştir. Su itici maddelerle emprenye işlemi sonrası hem kontrol (yoğunlaştırılmamış) hem de yoğunlaştırılmış ahşap örneklerde pürüzlülük değerleri azalmıştır. Pürüzlülük ortalama değerleri, stiren ile emprenye edilmiş Uludağ göknarı ve titrek kavak örneklerde, emprenyesiz örneklere göre sırası ile %35 ve %43 azalmıştır. Bilindiği üzere, ağaç malzeme boşluklu ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Ağaç malzemedeki bu boşlukların emprenye maddeleri tarafından kısmen veya tamamen

doldurulmasının (özellikle stiren monomerinin yerinde polimerleştirilmesi) örneklerin pürüzlülük değerlerinin azalmasında etkili olduğu söylenebilir. Emprenye edilmiş ahşap örneklerde (özellikle parafin ve stiren ile muamele edilen) SEM görüntüleri incelendiğinde de, hücre boşluklarının kısmen veya tamamen dolmuş olduğu gözlenmiştir.

Uludağ göknarı ve titrek kavak örneklerinin pürüzlülük değerleri üzerine yoğunlaştırma koşullarının etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türünde de, en yüksek pürüzlülük değeri kontrol (yoğunlaştırılmamış) örneklerde elde edilmiştir. En düşük pürüzlülük değeri ise, göknar odunu için 120 °C ve 180 °C sıcaklıklarda %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde, kavak odunu için 150 °C ve 180 °C sıcaklıkta yine %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde tespit edilmiştir. Yoğunlaştırma işlemlerinden sonra, hem emprenyesiz hem de emprenye edilmiş tüm örneklerde sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak pürüzlülük değerleri azalmıştır. Sıkıştırma oranı açısından, örneklerde oluşan pürüzlülük değerleri %20'ye göre %40 sıkıştırma oranında daha düşük belirlenmiştir. Yoğunlaştırma sonrası, sıkıştırma oranındaki artışa da bağlı olarak ağaç malzemelerdeki boşluk hacminin azalmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Önceki bir çalışmada, yoğunlaştırılmış ağaç malzemede sıkıştırma oranı artışı ile pürüzlülüğünün azaldığı ve bununda, hücreler arası boşluklarının azalması sonucu malzemenin daha sıkı bir yapıya kavuşmuş olmasından ve ağaç malzeme yoğunluğundaki artıştan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Pelit vd., 2015b). Literatürdeki farklı çalışmalarda da, yoğunlaştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemenin pürüzlülüğünde bir azalmanın meydana geldiği bildirilmiştir (Santos vd., 2012; Arruda ve Del Menezzi, 2013; İmirzi vd., 2014). Diğer taraftan, yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin sıkıştırma oranına da (uygulanan basınca) bağlı olarak daha homojen bir yapıya sahip olduğu ifade edilmiştir (Blomberg, Persson ve Blomberg, A., 2005). Bu bağlamda; sıkıştırılmış ahşabın, heterojen bir yapıya sahip olan normal ahşaba göre daha homojen bir yapı sergilemesi pürüzlülük sonuçları üzerinde etkili olabilir.

Yoğunlaştırma sıcaklığı bakımından, Uludağ göknarı örnekleri için sıcaklık farklılaşması pürüzlülük değerleri üzerinde çok belirgin bir etkiye sahip değildir. Diğer taraftan, titrek kavak örneklerde sıkıştırma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak özellikle de stiren ön işlemleri örneklerde pürüzlülük değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum, yüksek sıcaklıkta sıkıştırılan örneklerde oluşabilecek hücre deformasyonlarının (kırılma, çatlama vb.) daha az gerçekleşmesi ile açıklanabilir. Öyle ki önceki çalışmalarda, ağaç malzemelerin daha

yüksek sıcaklıklarda sıkıştırılması ile hücre yapısında oluşan deformasyonların daha az miktarda gerçekleştiği bildirilmiştir (Kutnar ve Šernek, 2007; Pelit, 2014; Budakçı, Pelit, Sönmez ve Korkmaz, 2016). Çalışma kapsamındaki SEM analizleri de bu durumu doğrular niteliktedir. Termal olarak sıkıştırılmış göknar odunu kaplamalarının yüzey kalitesinin incelendiği önceki bir çalışmada, pres sıcaklığı ve basıncının artması ile pürüzlülük parametrelerinin (R_a , R_z ve R_{max}) azaldığı belirlenmiştir (Candan vd., 2010). Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında, sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak emprenyesiz, parafin, bezir yağı ve stiren ön işlemlili Uludağ göknarı örneklerde pürüzlülük değerleri sırası ile %45, %52, %49 ve %63'e kadar, titreşim kavak örneklerde ise sırası ile %38, %57, %57 ve %72'ye kadar azalmıştır.

5.2. Parlaklık

Deney örneklerinin parlaklık değerlerinde, ağaç türünün etkisi önemli bulunmuştur. Parlaklık değeri göknar odunu örneklerine göre kavak odunu örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. İki ağaç türünde makroskopik özelliklerin farklılaşmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Kavak odunlarının genel olarak ince tekstürde, düzgün lifli ve ipek gibi parlak bir yüzeye sahip olduğu belirtilmiştir (Bozkurt ve Erdin, 2011). Göknar odunlarının ise düzgün lifli, yeknesak tekstürde ve özellikle radyal kesitte mat bir görüntü verdiği ifade edilmiştir (Örs ve Keskin, 2008; Bozkurt ve Erdin, 2011).

Göknar ve kavak odunu örneklerinin parlaklık değerleri üzerinde emprenye maddesi çeşidi etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki ağaç türünde, en yüksek parlaklık değerleri parafin ile emprenye edilen örneklerde ölçülmüş ve bunu sırası ile bezir yağı ve stiren ile emprenye edilen örnekler izlemiştir. En düşük parlaklık değerleri ise emprenyesiz örneklerde tespit edilmiştir. Tüm su itici özellikteki maddelerle emprenye işlemleri sonrası kontrol (yoğunlaştırılmamış) ve yoğunlaştırılmış ahşap örneklerde parlaklık değerleri artış göstermiştir. Emprenyesiz örneklere göre, parafin ile emprenye edilmiş Uludağ göknarı ve titreşim kavak odunu örneklerinde parlaklık ortalama değerleri sırası ile %41 ve %15 artmıştır. Örneklerdeki parlaklık artışlarının, yağlı bileşikli emprenye maddesi kullanımından ve ayrıca emprenyeli örneklerin pürüzlülük değerlerindeki azalmadan kaynaklandığı söylenebilir. Zira iyi bilinmektedir ki yağ bileşikli maddeler parlak bir yüzey oluşumunda oldukça etkilidir. Ayrıca literatürde, malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğün gelen ışığın şiddetini azaltarak değişik yönlere

yansıttığı ve bu durumun da mat bir görüntüye sebep olduğu belirtilmiştir (Sönmez, 2005). Diğer bir çalışmada, ahşap boyası (renklendirici) ve tahta koruyucu ile ön işlem yapıldıktan sonra Termo-Vibro-Mekanik® (TVM) yöntemle yoğunlaştırılan Uludağ göknarı ve Kara kavak odunlarında parlaklık değerinin sırası ile %175 ile %1390'a kadar arttığı bildirilmiştir (Şenol ve Budakçı, 2019).

Emprenye işlemleri sonrasında yoğunlaştırılmış olan ahşap örneklerin parlaklık değerleri üzerinde yoğunlaştırma koşullarının etkisi önemli bulunmuştur. Gökmar odunu için, en yüksek parlaklık değeri 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde, en düşük ise kontrol (yoğunlaştırılmamış) örneklerde elde edilmiştir. Kavak odunu için, en yüksek parlaklık değeri 120 °C ve 150 °C sıcaklıklarda %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde, en düşük ise 180 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış ve kontrol (yoğunlaştırılmamış) örneklerde tespit edilmiştir. Hem emprenyesiz hem de emprenye edilmiş örneklerin parlaklık değerleri, yoğunlaştırma işlemlerinden sonra sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağılı olarak genellikle artmıştır. Sıkıştırma oranına ilişkin, ahşap örneklerde ölçülen parlaklık değerleri %20'ye göre %40 sıkıştırma oranında daha yüksek belirlenmiştir. Sıkıştırma oranı artışı ile parlaklık değerleri de artmıştır. Yoğunlaştırma sonrası, sıkıştırma oranındaki artışa da bağılı olarak deney örneklerinin pürüzlülüğündeki azalmanın parlaklık sonuçları üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Literatürde, yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerin parlaklık değerlerinin arttığı ve bununla ağaç malzeme yüzeylerindeki pürüzlülük değerlerinin azalmasından ve yüzeye gelen ışığın şiddetini çok fazla kaybetmeden yansıyabilmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Pelit, 2014; Pelit vd., 2015b). Farklı bir çalışmada, yoğunlaştırma işlemi yapılan ağaç malzemenin hiçbir yüzey kaplaması kullanılmadan da pürüzsüz ve parlak bir yüzeye sahip olabileceğı bildirilmiştir (Lamason ve Gong, 2007). Ayrıca, düzgün ve kusursuz yüzeylerin belirli bir yönden gelen ışığı aynı ya da benzer bir açı ile geri yansıttığı belirtilmiştir (Sönmez, 1989).

Yoğunlaştırma sıcaklığı açısından, emprenyesiz deney örneklerinde yoğunlaştırma sıcaklığı artışı ile parlaklık değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Önceki bir çalışmada, yoğunlaştırılmış ahşabın parlaklık değerlerinin, incelenen tüm ağaç türlerinde artan yoğunlaştırma sıcaklığı ve basıncı ile arttığı, bu durumun sebebinin ise giderek daha pürüzsüz elde edilen malzeme yüzeylerinde daha küçük ışık saçılımından kaynaklandığı ifade edilmiştir (Bekhta vd., 2014b). Diğer taraftan, emprenyeli tüm deney örneklerinde yoğunlaştırma sıcaklığındaki artışa bağılı olarak parlaklık değerleri azalma eğilimi

göstermiştir. Yoğunlaştırma sıcaklığındaki artış sonucu, emprenye maddelerinin yapısal formlarının değişmesi ve buna bağlı olarak ışık yansıtma kabiliyetlerinde oluşabilecek bir azalmanın parlaklık sonuçları üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında, sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak emprenyesiz, parafin, bezir yağı ve stiren ön işlemlili Uludağ göknarı örneklerde parlaklık değerleri sırası ile %15, %74, %44 ve %48'e kadar, titrek kavak örneklerde ise sırası ile %4, %23, %21 ve %14'e kadar artmıştır.

5.3. Toplam Renk Değişimi (ΔE^*)

Su itici maddeler ile emprenye sonrası termo mekanik yöntemle yoğunlaştırılmış göknar ve kavak odunu örneklerinde toplam renk değişim (ΔE^*) değerleri benzerlik göstermiş ve iki ağaç türü arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sonuçlar, emprenye maddeleri ve yoğunlaştırma koşullarının her iki ağaç türünde benzer bir etkiye sahip olması ile açıklanabilir.

Uludağ göknarı ve titrek kavak odunu örneklerinin ΔE^* değerleri üzerinde emprenye maddesi çeşidinin önemli olduğu belirlenmiştir. Her iki ağaç türünde, en yüksek ΔE^* değerleri beziryağı ile emprenye edilen örneklerde, en düşük ise emprenyesiz örneklerde tespit edilmiştir. Parafin ve stiren ile emprenye edilen örneklerde ΔE^* değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Emprenye işlemleri yapılan tüm ahşap örneklerde ΔE^* değerleri artış göstermiş ve örneklerin doğal haldeki renkleri farklılaşmıştır. Bezir yağı ile emprenye edilmiş göknar ve kavak odunu örneklerinde, işlemsiz örneklere göre hesaplanan ΔE^* değerleri sırası ile 20,35 ve 18,79 olarak belirlenmiştir. Emprenyeli örneklerin ΔE^* değerlerinin artışında, örneklerin L^* (ışıklılık) değerindeki düşüş oranları ile a^* (kırmızı renk) ve b^* (sarı renk) değerlerindeki artış oranlarının etkili olduğu söylenebilir (Ek-1, Ek-2 ve Ek-3). Literatürde, Monteri çamı örneklerine bezir yağı ile emprenye edilip sonrasında farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemler sonucunda ahşap malzemenin beziryağı ve ısıtma işleminden dolayı koyulaştığı ve ahşap renginin daha yeknesak gözüktüğü belirtilmiştir (Dubey, Pang ve Walker, 2012). Ayrıca, beyaz renkte bulunan Çin Dişbudak odunu için beziryağı ile emprenye işleminden sonra 103 °C sıcaklıkta iklimlendirme işleminde bir hafta bekletilen örneklerin beyazlılık değerlerinde hafif azalma yaşanırken kırmızı ve sarılık değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2020).

Deney örneklerinin ΔE^* değerleri üzerine yoğunlaştırma koşullarının etkisi önemli

bulunmuştur. Yoğunlaştırılmamış (kontrol) örneklerle göre hesaplanan en yüksek ΔE^* değeri, her iki ağaç türü için 180 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde tespit edilmiştir. En düşük ΔE^* değeri ise, göknar odunu için 120 °C sıcaklıkta %40 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde, kavak odunu için 120 °C ve 150 °C sıcaklıkta %20 sıkıştırma oranı ile yoğunlaştırılmış örneklerde elde edilmiştir. Hem emprenyesiz hem de emprenye edilmiş örneklerin ΔE^* değerleri, sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığı artışına bağlı olarak genellikle artmıştır. Sıkıştırma oranına ilişkin, ahşap örneklerde hesaplanan ΔE^* değerleri özellikle emprenyeli örneklerde %20'ye göre %40 sıkıştırma oranında daha yüksek belirlenmiştir. %40 oranında sıkıştırılmış ahşap örneklerin başlangıç kalınlıklarının daha fazla olması ve buna bağlı olarak daha fazla emprenye maddesi absorbe etmelerinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Zira emprenye maddeleri, ahşap örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinde bir değişime neden olmuştur (Ek-1, Ek-2 ve Ek-3). Farklı yöntemler kullanılarak ahşap yoğunlaştırması yapılan önceki çalışmalarda da, sıkıştırma oranı/basıncı artışı ile toplam renk değişiminde (ΔE^*) genel olarak bir miktar artışın meydana geldiği ifade edilmiştir (Pelit, 2016, Şenol, 2018).

Yoğunlaştırma sıcaklığı açısından, emprenyesiz ve emprenye ön işlemlili tüm deney örneklerinde yoğunlaştırma sıcaklığı artışı ile ΔE^* değerleri de artmıştır. Yüksek sıcaklıkta (özellikle 180 °C) yoğunlaştırılmış ahşap örneklerin L^* değerlerindeki azalma ile a^* değerlerindeki artış oranları sonuçlar üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Ek-1 ve Ek-2). Literatürde, yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan ağaç malzemelerde sıcaklık artışına da bağlı olarak L^* değerlerinin azaldığı ve buna bağlı olarak ahşap örneklerin koyulaştığı belirtilmiştir (Bekhta ve Niemz, 2003; Mitsui, vd., 2003; Dubey, 2010; Gündüz, vd., 2010; Aksoy, Deveci, Baysalve Toker, 2011; Akgül ve Korkut, 2012; Pelit, 2016; Toker vd.,2016; Pelit, 2017).

Önceki bir çalışmada, sıcaklık artışı ile ağaç malzemedeki toplam renk değişiminin (ΔE^*) arttığı, renk değişimlerinin kimyasal sebeplerinin tam olarak tanımlanamadığı ancak renk değişimlerinin ana sebepleri olarak hemiselüloz, lignin ve bazı ekstraktif maddelerin bozunması gösterilmiştir (Korkut ve Kocaefe, 2009). Çalışma sonuçlarına göre, sıkıştırma oranı ile karşılaştırıldığında sıkıştırma sıcaklığının ΔE^* değerleri üzerinde daha önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar önceki çalışmalar tarafından da rapor edilmiştir (Atik vd., 2013; Bekhta vd., 2014a; Pelit, 2016; Şenol, 2018).

Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında, sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak

emprenyesiz, parafin, bezir yağı ve stiren ön işlemlili Uludağ göknarı örneklerde ΔE^* değerleri sırası ile 6.98, 17.85, 29.83 ve 22.86'ya kadar, titrek kavak örneklerde ise sırası ile 7.27, 18.96, 28.86 ve 27.52'ye kadar artmıştır.

5.4. Temas Açısı

Çeşitli su iticiler ile emprenye edilmiş ve farklı koşullarda yoğunlaştırılmış ahşap örneklerin temas açısı (ıslanabilirlik) değerleri üzerine ağaç türü faktörünün etkisi önemli bulunmuştur. Temas açısı değerleri, her iki ağaç türünde birbirine yakın elde edilmekle birlikte Uludağ göknarı örneklerine göre titrek kavak örneklerinde daha yüksek belirlenmiştir. Kavak odununun yapısal olarak daha homojen bir özellikte olmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Önceki bir araştırmada, pürüzlülüğü ve kimyasal heterojenliğin temas açısını etkileyen önemli faktörler olduğu, sıvı damlanın yüzeyde takılmasının sonucu olarak temas açısının arttığı ve ayrıca, yüzeyde homojenlik arttıkça temas açısında da bir artışın görüldüğü belirtilmiştir (Tufan, 2016).

Göknar ve kavak odunu örneklerinde ölçülen temas açısı değerleri üzerine emprenye maddesi çeşidinin etkisi önemli bulunmuştur. Her iki ağaç türü için, en yüksek temas açısı değeri stiren ile emprenye edilmiş örneklerde belirlenmiş ve bunu sırası ile parafin ve bezir yağı ile emprenye edilen örnekler izlemiştir. En düşük temas açısı değerleri ise emprenyesiz örneklerde elde edilmiştir. Su itici maddelerle emprenye işlemi sonrası hem kontrol (yoğunlaştırılmamış) hem de yoğunlaştırılmış ahşap örneklerde temas açısı değerleri artmıştır. Temas açısı ortalama değerleri, stiren ile emprenye edilmiş Uludağ göknarı ve titrek kavak örneklerde, emprenyesiz örneklere göre sırası ile %29 ve %31 oranında artmıştır. Emprenyeli örneklerin temas açısı değerlerindeki artışlar, bu örneklerin pürüzlülük değerlerindeki azalmadan ve özellikle de kullanılan emprenye maddelerinin hidrofobik (su itici) bir yapıda olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Önceki bir çalışmada, emprenye edilen ahşap kaplamalarda yoğunluğun artması ile pürüzlülüğünün azaldığı ve temas açısının arttığı bildirilmiştir (Huang vd., 2019). Ayrıca, Metil metakrilat ve stirenden sentezlenen emprenye maddesi ile muamele gören kavak ağacının temas açısı değerlerinde önemli artışlar meydana geldiği bildirilmiştir (Li vd., 2013). Kayın ve meşe odunu örneklerinin yüzeylerine uygulanan beziryağı ve tung yağı ile cilalama işlemi sonrası ölçülen temas açılarında yüksek oranda hidrofobik yüzey elde edildiği bildirilmiştir (Arminger, Jaxel, Bacher, Gindl-Altmutter, Hansmann, 2020). Başka bir çalışmada, ahşap örneklere parafin ve parafinli akrilat emilsiyonu karışımı

kullanılarak emprenye işlemi uygulanmış, kontrol örneklerinde (66°), parafin uygulanmış örneklerde (94°) ve parafinli akrilat karışımında (133°) değerlerinde temas açıları elde edilmiştir. Parafin ve akrilat karışımının süper hidrofobik yüzeyler oluşturduğu ve bu durumu parafin ve akrilatın sinerjik etkisi (hacim etkisi ve doldurma etkisi) sonucunda örnekler yüzeyinde hidrofobik film oluştuğu bildirilmiştir (Jiang, Chen, Cao ve Mei, 2020).

Deney örneklerinin temas açısı değerleri üzerine yoğunlaştırma koşullarının etkisi önemli bulunmuştur. Gökmar ve kavak örneklerinde en yüksek temas açısı değerleri, 180°C sıcaklıkta %20 ve %40 sıkıştırma oranları ile yoğunlaştırılmış örneklerde elde edilirken, en düşük temas açısı değerleri ise yoğunlaştırılmamış örneklerde tespit edilmiştir. Yoğunlaştırılmış deney örneklerinde sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak temas açısı değerleri artmıştır. Sıkıştırma oranı açısından, her iki oranda (%20 ve %40) sıkıştırılan örneklerin temas açısı değerleri benzer veya yakın bulunmuş ve aralarında önemli bir fark gözlenmemiştir. Temas açısı değerlerinde sıkıştırma/yoğunlaştırma sıcaklığının etkisi çok daha belirgindir. Yoğunlaştırma sonrası temas açısı değerlerindeki artışların sebebi olarak, ahşap örneklerin boşluk hacminin azalması ve buna bağlı olarak daha homojen bir yapıya dönüşmesi ve ayrıca, örneklerin pürüzlülük değerlerinin azalması gösterilebilir. Çalışmada SEM analizlerinden de görüldüğü üzere ağaç malzemelerde sıkıştırma oranındaki artışa da bağlı olarak boşluk hacmi azalmış ve homojenlik artmıştır. Yüzey yoğunlaştırılmış ahşabın kimyasal yapısı ve ıslanma davranışının incelendiği önceki bir çalışmada, önemli bir kimyasal değişiklik olmadığı ancak yoğunlaştırılmış yüzeylerde kontak açısının arttığı ve buna bağlı olarak ıslanabilirliğin azaldığı belirtilmiştir (Rautkari vd., 2010). Farklı bir derleme çalışmasında da, yoğunlaştırma işlemlerinden sonra ağaç malzemenin temas açısı değerinde artışın meydana geldiği ve örneklerin daha hidrofobik bir yapıya evirildiği bildirilmiştir (Tosun ve Sofuoğlu, 2021).

Yoğunlaştırma sıcaklığına ilişkin, emprenyesiz ve emprenye ön işlemleri gökmar ve kavak odunu örneklerinde sıcaklık artışına bağlı olarak temas açısı değerleri artmış ve yüzey ıslanabilirliği azalmıştır. Yüksek sıcaklığın etkisi ile ahşap örnek yüzeylerinin daha az hidroscopik olmasının sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Zira literatürde, yüksek sıcaklıklara maruz kalan ağaç malzemedeki denge rutubet miktarının düştüğü ve higroscopisitenin azaldığı ifade edilmiştir (Boonstra, 2016; Esteves ve Pereira, 2008; Kaygın ve ark., 2009; Kocaefe, Huang ve Kocaefe Y., 2015; Pelit vd., 2016). Aynı

zamanda, termal işlem uygulanmış ağaç malzemede yüzey ıslanabilirliğinin azaldığı belirtilmiştir (Esteves vd., 2007; Kocaefe vd., 2008). Ayrıca, TM yoğunlaştırma işlemi sonrası ahşap örneklerde denge rutubet miktarı ve yüzey ıslanabilirliğinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Arruda ve Del Menezzi, 2013). Başka bir çalışmada, termal sıkıştırma işleminde, özellikle 180 °C sıcaklıkta sıkıştırılmış kaplama örneklerin yüzey ıslanabilirliğinin azaldığı belirtilmiştir (Bekhta, Krystofiak, Proszkyk ve Lis, 2018). Kısa süreli TM yoğunlaştırma işlemi uygulanan ahşap kaplama örneklerinde ıslanabilirliğin azaldığı ve yoğunlaştırma sıcaklığının temas açısı üzerindeki etkisinin belirgin olduğu bildirilmiştir (Bekhta ve Krystofiak, 2016).

Yoğunlaştırma işlemleri sonrasında, sıkıştırma oranı ve sıkıştırma sıcaklığına bağlı olarak emprenyesiz, parafin, bezir yağı ve stiren ön işlemli Uludağ göknarı örneklerde temas açısı (ıslanabilirlik) değerleri sırası ile %24, %42, %51 ve %68'e kadar, titrek kavak örneklerde ise sırası ile %23, %56, %46 ve %71'e kadar artmıştır.

Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, aşağıdaki önerilerde bulunulabilir.

Termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırılmış Uludağ göknarı (*Abies bornmulleriana* Mattf.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) odunu örneklerinin morfolojik yapısı ve test edilmiş yüzey özelliklerini su itici maddelerle ön-emprenye işlemleri önemli derecede etkilemiştir. Yüksek basınç altında yoğunlaştırılmış ağaç malzemede yaşanan en önemli problemlerden birisi hücre yapısında oluşan çatlama, kırılma, kopma gibi çeşitli deformasyonlardır. İyi bilinmektedir ki, yoğunlaştırma esnasında oluşan bu deformasyonlar ağaç malzemede sertlik ve mekanik direnç özelliklerini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Çalışmada SEM görüntüleri analiz edildiğinde, su itici özellikteki emprenye maddeleri ile ön muamele edilen yoğunlaştırılmış deney örneklerinde önemli hücre deformasyonlarının oluşmadığı ve hücrelerin daha çok elastik burkulma veya bükülme şeklinde bir deformasyona uğradığı görülmüştür. Buna göre, basınç altında mekaniksel olarak yoğunlaştırılmış ağaç malzemelerde direnç özelliklerini azaltıcı etki yapan önemli hücre deformasyonlarını önlemek ve ayrıca boyutsal stabiliteyi sağlamak için su itici özellikteki maddeler ile (özellikle stiren) emprenye işlemi yapılması önerilebilir.

Emprenye ve yoğunlaştırma modifikasyonu yapılmış göknar ve kavak odunu örneklerinde, emprenye maddesi çeşidi ve yoğunlaştırma koşullarına bağlı olarak yüzey özellikleri önemli ölçüde iyileşmiştir. Özellikle yüksek sıcaklıkta (180 °C) ve yüksek

sıkıştırma oranında (%40) yoğunlaştırılmış stiren ve parafin ön işlemlili ahşap örneklerinde daha başarılı sonuçlar (düşük pürüzlülük, düşük yüzey ıslanabilirliği gibi) elde edilmiştir. Buna göre, düşük yüzey kalitesine sahip ağaç malzemelere geliştirilmiş yüzey özellikleri kazandırabilmek için emprenye ve yoğunlaştırma modifikasyonlarının birlikte uygulanması önerilebilir. Ancak, ağaç malzemelerde meydana gelen renk değişimleri de dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, hidrofofik (su itici) özellikteki maddeler ile emprenye işlemi yapılmış ve yoğunlaştırılmış ağaç malzemeler geliştirilmiş özelliklerine bağlı olarak, iç mekân mobilyalarında, zemin ve duvar kaplamalarında, taşıyıcı uygulamalar ile dış mekân (park ve bahçe mobilyaları, dış cephe kaplaması vb.) uygulamalarında kullanılabilir.



6. KAYNAKLAR

- Adlam, R. (2005). Thermomechanical densification of timber: initial investigations of the potential of softwood timber. *Forest and Wood Products Research and Development Corporation*, 3802, 38–40.
- Akgül, M., & Korkut, S. (2012). The effect of heat treatment on some chemical properties and colour in Scots pine and Uludağ fir wood. *African Journal of Biotechnology*, 7(21), 2854-2859.
- Akkayan, S. C., & Özden, Ö. (1988). Parafinli kağıt üretimi ve Türkiye'deki durumu. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 38(2), 94–106.
- Akkuş, M. (2012). 'Renk Açma İşleminin Termal Modifikasyon Yapılmış Bazı Ağaç Malzemelere Etkisi'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Aksoy, A., Deveci, M., Baysal, E., & Toker, H. (2011). Colour and gloss changes of Scots pine after heat modification. *Wood Research*, 56(3), 329–336.
- Anonim. (2018). Parafin. Tarihinde 19 Aralık 2019, adresinden erişildi <http://www.mercankimya.com.tr/parafin>
- Anonim. (2020a). Stiren. Tarihinde 06 Kasım 2020, adresinden erişildi <https://www.eymenpetrokimya.com.tr/urunler/stiren-monomer/>
- Anonim. (2020b). Taramalı Elektron Mikroskobu. Tarihinde 11 Aralık 2020, adresinden erişildi <https://www.taek.gov.tr/tr/sik-sorulan-sorular/148-malzeme-teknolojisi-sss/948-taramali-elektron-mikroskobu-sem-nasil-calisir.html>
- Anonim. (2021). Emprenye yöntemleri. Tarihinde 18 Haziran 2021, adresinden erişildi <https://akincagri.com.tr/emprenye-yontemleri/>
- ANSI. (1995). *Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)*, American National Standard Institute. USA.
- Anşin, R., & Özkan, Z. (1997). Tohumlu bitkiler (Spermatophyta) odunsu taksonlar. Türkiye: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın.
- Arminger, B., Jaxel, J., Bacher, M., Gindl-Altmutter, W., & Hansmann, C. (2020). On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing. *Progress in Organic Coatings*, 148(June), 105831.
- Arruda, L. M., & Del Menezzi, C. H. S. (2013). Effect of thermomechanical treatment on physical properties of wood veneers. *International Wood Products Journal*, 4(4), 217–224.
- Aslan, S. (1994). *Ağaç Dendrolojisi, Odun Anatomisi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi.
- ASTM D 1413-76. (1976). Standard Test Method for Wood Preservatives by Laboratory Soil-Block Cultures," ASTM International.
- ASTM D224. (2015). Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color

- Differences From Instrumentally measured color coordinates. USA.
- Atik, C. (1995). 'Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) ve Kâğıt Sanayi'. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Atik, C., Candan, Z., & Ünsal, O. (2013). Colour characteristics of pine wood affected by thermal compressing. *Ciência Florestal*, 23(2), 475-479.
- Aydın, İ. (2003). 'Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri'. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Aydın, İ. (2011). *Odun Esaslı Levha Ürünlerinde Yapıştırma Teknolojisi, Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Aydın, İ., & Çolakoğlu, G. (2003). Odun yüzeylerinde pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemleri. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 92-102.
- Aytaşkın, A. (2009). 'Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri'. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
- Bajić, D., Lela, B., & Živković, D. (2008). Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. *Metallurgija*, 47(4), 331-334.
- Bardak, S., Yel, H., Bakir, D., & Peker, H. (2011). Emprenye maddelerinin okaliptüs (*eucalyptus camaldulensis dehn* .) odununun fiziksel özelliklerine etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(19), 26-34.
- Başıoğlu, F. (2001). *Gıda Kalite Kontrol, Ders Notları*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa.
- Bekhta, P., Krystofiak, T., Proszkyk, S., & Lis, B. (2018). Evaluation of dynamic contact angle of loose and tight sides of thermally compressed birch veneer. *Drvna industrija*, 69(4), 387-394.
- Bekhta, P., & Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*, 57, 539-546.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., & Krystofiak, T. (2014a). Colour in short-term thermo-mechanically densified veneer of various wood species. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72(6), 785-797.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Krystofiak, T., Sedliacik, J., Novak, I., & Mamonova, M. (2017). Effects of short-term thermomechanical densification on the structure and properties of wood veneers. *Wood Material Science & Engineering*, 12(1), 40-54.
- Bekhta, P., Proszkyk, S., Lis, B., & Krystofiak, T. (2014b). Gloss of thermally densified alder (*Alnus glutinosa* Goertn.), beech (*Fagus sylvatica* L.), birch (*Betula verrucosa* Ehrh.), and pine (*Pinus sylvestris* L.) wood veneers. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72(6), 799-808.
- Berg, J. C. (1993). The importance of acid-base interactions in wetting, coating, adhesion and related phenomena. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 8(1), 75-85.
- Berkel, A. (1950). *Orman Ağaç Ve Ağaçcıkları Odunlarını Teşhis Kılavuzu*. İstanbul: İ.Ü. Orman Fakültesi.
- Berkel, A. (1970). *Ağaç Malzeme Teknolojisi* (1. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi

- Berns, R. . (2000). *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology* (3. baskı). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Blomberg, J., Persson, B., & Blomberg, A. (2005). Effects of semi-isostatic densification of wood on the variation in strength properties with density. *Wood Science and Technology*, 39(5), 339–350.
- Boonstra, M. (2016). Dimensional Stabilization of Wood and Wood Composites. İçinde H. N. Belgacem, and A. Pizzi (eds.), Wiley (Ed.), *Lignocellulosic Fibers and Wood Handbook* (ss. 629–655). <https://doi.org/10.1002/9781118773727.ch26>
- Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (1997). *Ağaç Teknolojisi* (1. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (2011). *Ağaç Teknolojisi* (2. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Bozkurt, A. Y., Göker, Y., & Erdin, N. (1993). *Emprenye Tekniği* (1. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Budakçı, M., Pelit, H., Sönmez, A., & Korkmaz, M. (2016). The effects of densification and heat post-treatment on hardness and morphological properties of wood materials. *BioResources*, 11(3), 7822–7838.
- Çakıcıer, N. (2007). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemi Katmanlarında Yaşlanma Sonucu Belirlenen Değişiklikler*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Can, A. (2018). 'Su İtici Maddeler İle Kombine Edilmiş Bazı Emprenye Maddelerinin Performansının İncelenmesi'. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Candan, Z., Hiziroglu, S., & McDonald, A. G. (2010). Surface quality of thermally compressed Douglas fir veneer. *Materials & Design*, 31(7), 3574–3577.
- Carpenter, M. (1999). 'Characterizing The Chemistry of Yellow- Poplar Surfaces Exposed to Different Surface Energy Environments Using DCA, DSC and XPS'. Yüksek Lisans Tezi, West Virginia University, West Virginia, Christiansen.
- Diouf, P. N., Stevanovic, T., Cloutier, A., Fang, C.-H., Blanchet, P., Koubaa, A., & Mariotti, N. (2011). Effects of thermo-hygro-mechanical densification on the surface characteristics of trembling aspen and hybrid poplar wood veneers. *Applied Surface Science*, 257(8), 3558–3564.
- Dubey, M. K. (2010). 'Improvements in Stability, Durability and Mechanical Properties of Radiata Pine Wood after Heat-Treatment in a Vegetable Oil'. Doktora Tezi, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- Dubey, M. K., Pang, S., & Walker, J. (2012). Changes in chemistry, color, dimensional stability and fungal resistance of Pinus radiata D. Don wood with oil heat-treatment. *Holzforschung*, 66(1), 49–57.
- Efe, H., & Gürleyen, L. (2007). Rendeleme işleminde kesiş yönü, kesici sayısı ve devir sayının bazı ağaç malzemelerin yüzey düzgünlüğüne etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 7(0), 1.
- Emiroğlu, F. (2018). 'Termo-Mekanik Yoğunlaştırılmış Ahşap Malzemelerin Bazı

- Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerine Su İtici Maddelerin Etkisi'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Erdin, N., & Bozkurt, A. Y. (2013). *Odun Anatomisi* (2. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Erten, P. (1988). *Ağaç Malzemenin Korunmasında Kullanılan Başlıca Teknikler*. No: 338, Ankara: Milli Prodiktivite Merkezi Yayınları.
- Esteves, B., Marques, A. V., Domingos, I., & Pereira, H. (2007). Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood science and technology*, 41(3), 193–207.
- Esteves, B., & Pereira, H. (2008). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1), 370–404.
- Gecer, M., Baysal, E., Toker, H., Turkoglu, T., Vargun, E., & Yuksel, M. (2015). The effect of boron compounds impregnation on physical and mechanical properties of wood polymer composites. *Wood Research*, 60(5), 723–738.
- Gezer, İ. (2009). 'Ağaç Malzemeye Uygulanan Isıl İşlemin Su Bazlı Verniklerdeki Etkilerinin İncelenmesi'. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, Türkiye.
- Gözülan, M. (2016). 'Yonga Levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar'. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Gündüz, G., Aydemir, D., & Korkut, S. (2010). The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of Uludağ fir wood. *Drying Technology*, 28(2), 249–255.
- Gündüz, G., Korkut, S., & Korkut, D. S. (2008). The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of camıyanı black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresource Technology*, 99(7), 2275–2280.
- Gürgen, A., Yıldız, S., & Yıldız, Ü. C. (2019). Odunun Emprenye Edilebilirliğini Etkileyen Faktörlerin Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 406–416. <https://doi.org/10.24011/barofd.535964>
- Gürleyen, L. (1998). 'Mobilyada Kullanılan Masif Ağaç Malzemelerde Yüzey Düzgünlüğünün Karşılaştırılması'. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Gürleyen, T. (2018). 'Isıl İşlem Görmüş Bazı Ağaç Türlerine Uygulanan Sentetik Vernik, Su-Bazlı Vernik Ve Tik Yağı Katmanlarının Hızlandırılmış Uv Yaşlandırma Etkisine Karşı Direncinin Saptanması'. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Hafizoğlu, H. (1995). *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*. Trabzon , Türkiye.
- Hendarto, B., Shayan, E., Ozarska, B., & Carr, R. (2006). Analysis of roughness of a sanded wood surface. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(7–8), 775–780.
- Hızıroğlu, S. (1996). Surface roughness analysis of wood composites,” A Stylus Method. *Forest Products Journal*, 46(7–8), 67–72.

- Hızıroğlu, S., & Holcomb, R. (2005). Some of the properties of three layer particleboard made from eastern redcedar. *Building and Environment*, 40(5), 719–723.
- Huang, Y., Qi, Y., Zhang, Y., Zhu, R., Zhang, Y., & Yu, W. (2019). Surface properties of novel wood-based reinforced composites manufactured from crushed veneers and phenolic resins. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 21(2), 185–196.
- İlter, E., Çamlıyurt, C., & Balkız, Ö. . (2002). Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) odununun yüzey pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınlar*, 281(0), 1–48.
- İmirzi, H. Ö., Ülker, O., & Burdurlu, E. (2014). Effect of densification temperature and some surfacing techniques on the surface roughness of densified scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *BioResources*, 9(1), 191–209.
- Jiang, J., Chen, Y., Cao, J., & Mei, C. (2020). Improved hydrophobicity and dimensional stability of wood treated with paraffin/acrylate compound emulsion through response surface methodology optimization. *Polymers*, 12(1), 86.
- Kamke, F. A., & Harrison, S. (2008). *Patent Sayı US7404422B2*. Oregon, Amerika Birleşik Devletleri: Google Patents.
- Kamke, Frederick A. (2006). Densified radiata pine for structural composites. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 8(2), 83–92.
- Karadeniz, M. (2018). 'Kastamonu Yöresi Uludağ Göknarı Meşcerelerinde Göknar Kanseri (*Melampsorella caryophyllacearum*)'nin Yoğunluğuna Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi Ve Modellenmesi'. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu, Türkiye.
- Karagöz, Ü. (2010). 'Ahşap Malzemenin Cnc İle İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi'. Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Karamanoğlu, M. (2012). 'Açık Hava Şartlarında Bırakılmış Bazı Ağaç Malzemelerin Renk Açma İşlemi İle Restorasyonu'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Kartal, S. . (2000). The leachability, fungal resistance, and mechanical properties of wood treated with CCA and CCB wood preservatives. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 50(2), 177–194.
- Kayacık, H. (1981). *Orman ve Park Ağaçları Özel Sistematiği II. Cilt Angiospermae (Kapalı Tohumlular)* (2. baskı). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Kaygın, B., Gündüz, G., & Aydemir, D. (2009). Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood. *Drying Technology*, 27(1), 89–93.
- Keskin, M., Setlek, P., & Demir, S. (2017). Renk Ölçüm Sistemlerinin Gıda Bilimleri ve Tarım da Kullanım Alanları. *International Advanced Researches & Engineering Congress*, (November). Osmaniye, Turkey.
- Kocaefe, D., Huang, X., & Kocaefe, Y. (2015). Dimensional stabilization of wood. *Current Forestry Reports*, 1(3), 151–161.
- Kocaefe, D., Poncsak, S., Doré, G., & Younsi, R. (2008). Effect of heat treatment on the wettability of white ash and soft maple by water. *Holz als roh-und werkstoff*, 66(5), 355–361.

- Kollmann, F. F. P., Kuenzi, E. W., & Stamm, A. J. (1975). *Principles of Wood Science and Technology* (1. baskı). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-87931-9>
- Korkut, S., & Kocaepe, D. (2009). Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(2), 11–34.
- Koski, A. (2008). 'Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection'. Doktora Tezi, Faculty of Technology, University of Oulu, Oulu, Finland.
- Kultikova, E. V. (1999). 'Structure And Properties Relationships Of Densified Wood'. Yüksek Lisans Tezi, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Kurtoğlu, A. (1981). Odunun işleme özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 31(2), 179–199.
- Kurtoğlu, A. (2000). *Ağaç Malzeme Yüzey İşlemleri* (İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Ed.). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kutnar, A., & Šernek, M. (2007). Densification of wood. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, (82), 53–62.
- Lamason, C., & Gong, M. (2007). Optimization of pressing parameters for mechanically surface-densified aspen. *Forest Products Journal*, 57(10), 64–68.
- Li, H., Jiang, X., Ramaswamy, H. S., Zhu, S., & Yu, Y. (2018). High-Pressure Treatment Effects on Density Profile, Surface Roughness, Hardness, and Abrasion Resistance of Paulownia Wood Boards. *Transactions of the ASABE*, 61(3), 1181–1188.
- Li, L., Gong, M., Yuan, N., & Li, D. (2013). An Optimal Thermo-Hydro-Mechanical Densification (THM) Process for Densifying Balsam Fir Wood. *BioResources*, 8(3), 3967–3981.
- Liu, M., Tu, X., Liu, X., Wu, Z., Lv, J., & Varodi, A. . (2020). A Comparative Study on the Effects of Linseed Oil and Shellac Treatment on the Hygroscopicity , Dimensional tability, and color changes of Chinese ash wood. *BioResources*, 15(4), 8085–8092.
- Meethaworn, B., Srivaro, S., & Khongtong, S. (2020). A novel densifying method for the development of high strength rubberwood for structural application. *Construction and Building Materials*, 265, 1–17.
- Mitsui, K. (2006). Changes in color of spruce by repetitive treatment of light-irradiation and heat treatment. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 64(3), 243–244.
- Mitsui, K., Murata, A., Kohara, M., & Tsuchikawa, S. (2003). *Colour modification of wood by light-irradiation and heat treatment*. Belgium: Abstracts of the First European Conference on Wood Modification.
- Muhcu, S. (2013). 'Avrupa Melezi (Larix decidua Mill.) Ağacının Farklı Gövde Yüksekliklerinin Yongalevhanın Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi'. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Navi, P., & Sandberg, D. (2012). *Thermo - Hydro - Mechanical Processing of Wood*. (1. baskı; E. M. Rappaz, Ed.). Laussane: EPFL Press.
- Öner, M. N. (1996). 'Kütahya-Gediz-Yağmurlar Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak (*Populus tremula L.*) Odununun Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar'. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Kütahya, Türkiye.

- Örs, Y., Kalaycıoğlu, H., & Çolakoğlu, G. (1991). Testerelerde Diş Geometrisinin Kereste Yüzey Kalitesine Etkisi. *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 15, 777–784.
- Örs, Y., & Keskin, H. (2001). *Ağaç Malzeme Bilgisi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Örs, Y., & Keskin, H. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Özan, Z. E., Onat, S. M., & Aydemir, D. (2017). Sarıçam ve Uludağ Gökmar Odunlarının Bazı Özellikleri Üzerine Termal Muamelenin Etkileri. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19(1), 187–193. <https://doi.org/10.24011/barofd.313318>
- Özçifçi, A., Altun, S., & Yapıcı, F. (2009). Isıl İşlem Uygulamasının Ağaç Malzemenin Teknolojik Özelliklerine Etkisi. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 1–5. Karabük: Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu.
- Özdemir, F., Altuntaş, E., Çot, A., & Tutuş, A. (2017). Termal Olarak Sıkıştırılmış Ceviz Kaplama Levhaların Yüzey Kalitesindeki Değişimlerin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 20(3), 79–83.
- Özdemir, S. (2020). 'Bükülmüş Tabakalı Kaplama Kereste Üretiminde Termo-Mekanik Yoğunlaştırma Uygulanması Ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi'. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Özsoylu, Ş. (2018). 'Lif Levha Üretiminde Silan Ve Parafin Kullanımının Özellikler Üzerine Etkileri'. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- P. Navi, & F. Girardet. (2000). Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforschung*, 54(3), 287–293.
- Payne, H. . (1967). *Organic coating technology* (C. 2). Fourth Printing, , Printed in New York U.S.A.
- Pelit, H. (2014). 'Yoğunlaştırma ve ısıt işlemin doğru kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üstyüzey işlemlerine etkisi'. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Pelit, H. (2016). Colour Characteristics Of Densified And Thermally Post-Treated Beech And Pine Woods. *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(2), 187–192.
- Pelit, H. (2017). The effect of different wood varnishes on surface color properties of heat treated wood materials. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 67(2), 1–1. <https://doi.org/10.17099/jffiu.300010>
- Pelit, H., Budakçı, M., & Sönmez, A. (2016). Effects of heat post-treatment on dimensional stability and water absorption behaviours of mechanically densified uludağ fir and black poplar woods. *BioResources*, 11(2). <https://doi.org/10.15376/biores.11.2.3215-3229>
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., & Burdurlu, E. (2015b). Surface roughness and brightness of scots pine (*Pinus sylvestris*) applied with water-based varnish after densification and heat treatment. *Journal of Wood Science*. <https://doi.org/10.1007/s10086-015-1506-7>
- Pelit, H., & Emiroğlu, F. (2021). Density, hardness and strength properties of densified

- fir and aspen woods pretreated with water repellents. *Holzforschung*, 75(4), 358–367. <https://doi.org/10.1515/hf-2020-0075>
- Pelit, H., & Sönmez, A. (2015). Termo-Mekanik Yoğunlaştırma ve Isıl İşlemin Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.) Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), 1–14.
- Pelit, H., Sönmez, A., & Budakçı, M. (2014). Effects of ThermoWood process combined with thermo-mechanical densification on some physical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *BioResources*, 9(3), 4552–4567.
- Pelit, H., Sönmez, A., & Budakçı, M. (2015a). Effects of thermomechanical densification and heat treatment on density and Brinell hardness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Eastern beech (*Fagus orientalis* L.). *BioResources*, 10(2), 3097–3111.
- Radomski, A., & Gnacińska, M. (2019). The study of the impact of in situ polymerisation with styrene or acrylates on water absorbability and swelling of thermomechanically densified poplar wood. *Annals of WULS, Forestry and Wood Technology*, 108, 140–147. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.7701>
- Rassam, G., Ghofrani, M., Taghiyari, H. R., Jamnani, B., & Khajeh, M. A. (2012). Mechanical performance and dimensional stability of nano-silver impregnated densified spruce wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(5), 595–600. <https://doi.org/10.1007/s00107-011-0590-7>
- Rautkari, L., Properzi, M., Pichelin, F., & Hughes, M. (2010). Properties and set-recovery of surface densified Norway spruce and European beech. *Wood Science and Technology*, 44(4), 679–691.
- Ross, R. J. (2010). Mechanical Properties of Wood-Based Composite Materials. İçinde R. J. Ross (Ed.), *Wood Handbook: Wood As An Engineering Material* (Madison, W, s. 12). Forest Products Laboratory ,General Technical Report FPL-GTR-190.
- Sakaguchi, R. L., & Powers, J. . (2002). *Craig's Restorative Dental Materials* (11. baskı). Toronto: Mosby Company.
- Santos, C. M. T., Del Menezzi, C. H., & De Souza, M. R. (2012). Properties of thermo-mechanically treated wood from *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *BioResources*, 7(2), 1850–1865.
- Sarı, B. (2011). *Yonga Kurutma Sıcaklığının Yongalevhanın Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özellikleri Üzerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Sarıbaş, M. (1989). Türkiye'nin euro-siberien (euxine) bölgesinde doğal olarak yetişen kavakların morfolojik (dış morfolojik, iç morfolojik ve palinolojik) özellikleri üzerine araştırmalar. *Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enst. Tek. Bül.*, (148).
- Şenol, S. (2018). 'Termo-Vibro-Mekanik (Tvm) İşlem Görmüş Bazı Ağaç Malzemelerin Fiziksel, Mekanik Ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi'. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Şenol, S., & Budakçı, M. (2019). Effect of Thermo-Vibro-Mechanic® densification process on the gloss and hardness values of some wood materials. *BioResources*, 14(4), 9611–9627. <https://doi.org/10.15376/biores.14.4.9611-9627>
- Sernek, M., Gérardin, P., & Pétrissans, M. (2010). Impact of Heat Treatment on the

- Wettability of Wood. *Processing Technologies for the Forest and Biobased Products Industries*. PTFBPI 2010.
- Sheard, L. (1988). Ahşap Malzemenin Korunmasında Geçerli Uygulama ve Araştırmalar. İçinde *Ahşap Malzemenin Korunması* (ss. 24–33). MPM Yayınları.
- Sieminski, R., & Skarzynska, A. (1989). Surface roughness of different species of wood after sanding. *Forest Product Journal*, 32, 98–107.
- Şimşek, Y. (1968). İstikbali ormancılık ve ekonomik yönünden mühim olan ağaç türü: titrek kavak (*P.tremula* L.). *Türkiye Milli Kavak Komisyonu Üçüncü Toplantısı*.
- Skyba, O. (2008). 'Durability and Physical Properties of Thermo-Hygro-Mechanically (THM)-densified Wood'. Doktora Tezi, ETH, Zurich.
- Söğütü, C., & Sönmez, A. (2006). Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1), 151–159.
- Sönmez, A. (1989). 'Ağaçtan Yapılmış Mobilya Üst Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Önemli Mekanik, Fiziksel ve Kimyasal Etkilere Karşı Dayanıklılıkları'. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Sönmez, A. (2005). *Ağaç İşlerinde Üst yüzey İşlemleri (I) Hazırlık ve Renklendirme*. (2.Baskı). Ankara: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi.
- Sönmez, A., & Budakçı, M. (2004). *Ağaçişlerinde üst yüzey işlemleri-II-koruyucu katman ve boya/vernik sistemleri* (1. baskı). Ankara: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi.
- Tan, Hüseyin, & Peker, H. (2015). Barit (BaSO₄) Maddesinin Ahşapta Emprenye Edilebilme Özelliği ve Yoğunluk Üzerine Etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 29–33.
- Temiz, A. (2000). 'Çeşitli Emprenye Maddelerinin Kızılağaç Odununun Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri'. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Tenorio, C., Moya, R., & Navarro-Mora, A. (2021). Flooring characteristics of thermo-mechanical densified wood from three hardwood tropical species in Costa Rica. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23(23), 1–12.
- Toker, H., Baysal, E., Turkoglu, T., Kart, S., Sen, F., & Peker, H. (2016). Surface characteristics of oriental beech and scots pine woods heat-treated above 200 °C. *Wood Research*, 61(1), 43-54.
- Tomak, E. D. (2011). 'Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin Ve Emülsiyon Teknikleri İle Emprenye İşleminin Etkisi'. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Tosun, M., & Sofuoğlu, S. D. (2021). Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması konusunda yapılan çalışmalar. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 91–102.
- TS 2470. (1976). *Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler*. Türk Standardları Enstitüsü , Ankara.
- TS 2471. (1976). *Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini*. Türk Standardları Enstitüsü , Ankara.

- TS 2472. (1976). *Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için hacim ağırlığı tayini*. Türk Standardları Enstitüsü , Ankara.
- TS 6956 EN ISO 4287. (2004). *Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ), Yüzey Yapısı: Profil Metodu-Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri*. Ankara.
- Tufan, M. Z. (2016). 'Modifiye Sedir Odununun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri'. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Tunçgenç, M. (2004). *Genel Boya Bilgileri, Teknik Bülten, Akzo Nobel Kemipol A.ş.*
- Unsal, O, Korkut, S., & Atik, C. (2003). The Effect Of Heat Treatment On Some Properties And Colour In Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis DEHN.) Wood. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 5(2), 145–152.
- Unsal, Oner, & Ayırmis, N. (2005). Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (Eucalyptus camaldulensis) wood. *Journal of Wood Science*, 51(4), 405–409.
- Unsal, Oner, Candan, Z., & Korkut, S. (2011). Wettability and roughness characteristics of modified wood boards using a hot-press. *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1455–1457.
- Var, A. A. (2009). Ahşap Malzemede Su Alımının Parafin Vaks / Bezir Yağı Karışımıyla Azaltılması. *Turkish Journal of Forestry*, 2(0), 97–110.
- Vorburger, T. V., Rhee, H. G., Renegar, T. B., Song, J. F., & Zheng, A. (2007). Comparison of optical and stylus methods for measurement of surface texture. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(1–2), 110–118.
- Williams, R. S., & Feist, W. C. (1999). Selection and application of exterior stains for wood. İçinde *General Technical Report FPL-GTR-106, USDA Forest service, Forest Products Laboratory*,. Madison, WI, P 9.
- Wrolstad, R. E., & Smith, D. E. (2017). Color Analysis. İçinde *Food Analysis* (ss. 545–555).
- Yaman, Ö. (2018). 'Aşındırıcı Su Jeti İle Kesilmiş Lif Levha (Mdf) Ve Bazı Ağaç Malzemelerin Yüzey Kalitesine İşleme Parametreleri Etkisinin İncelenmesi'. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Yeniocak, M. (2013). 'Ultrasonik Yöntem İle Elde Edilen Çeşitli Doğal Boyar Maddelerle Ahşap Malzemenin Boyanabilirliğinin İncelenmesi'. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- YongFeng, L., XiaoYing, D., ZeGuang, L., WanDa, J., & YiXing, L. (2013). Effect of polymer in situ synthesized from methyl methacrylate and styrene on the morphology, thermal behavior, and durability of wood. *Journal of Applied Polymer Science*, 128(1), 13–20.
- Yorulmaz, R. (2019). "Isıl İşlemler ve Termo-Mekanik Yoğunlaştırılmış Doğu Ladini (Picea Orientalis) Ve Kara Kavak (Populus Nigra) Odunlarının Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.

7. EKLER

7.1. EK:1 Deney örneklerinin L^* renk değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	75,64	1,46	1,94	80,74	1,80	2,23
	120 °C / %20	76,87	1,93	2,51	81,79	1,42	1,74
	120 °C / %40	75,43	1,68	2,23	83,41	1,60	1,92
	150 °C / %20	73,67	1,87	2,54	79,72	2,00	2,52
	150 °C / %40	74,36	2,17	2,91	78,96	1,96	2,48
	180 °C / %20	70,59	1,99	2,81	74,19	1,82	2,45
	180 °C / %40	69,54	1,50	2,16	75,77	1,97	2,60
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	64,40	2,26	3,51	72,56	2,06	2,84
	120 °C / %20	69,58	2,11	3,03	76,57	2,58	3,37
	120 °C / %40	68,77	2,25	3,28	74,12	2,32	3,13
	150 °C / %20	66,40	2,51	3,78	75,15	2,04	2,72
	150 °C / %40	65,89	2,33	3,53	72,30	2,43	3,36
	180 °C / %20	62,35	1,82	2,91	66,42	2,47	3,73
	180 °C / %40	59,83	2,28	3,82	64,77	2,51	3,87
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	69,04	1,74	2,52	79,01	2,23	2,82
	120 °C / %20	65,07	2,41	3,70	72,17	2,26	3,14
	120 °C / %40	65,08	2,36	3,63	72,20	1,30	1,80
	150 °C / %20	63,85	2,44	3,82	74,13	1,60	2,15
	150 °C / %40	63,88	2,23	3,49	68,59	2,25	3,28
	180 °C / %20	55,73	2,13	3,83	61,30	2,03	3,31
	180 °C / %40	47,59	2,23	4,68	54,61	1,74	3,18
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	73,53	1,98	2,69	82,85	1,51	1,82
	120 °C / %20	69,59	2,48	3,57	79,15	2,48	3,13
	120 °C / %40	70,10	2,36	3,36	73,79	2,44	3,31
	150 °C / %20	69,68	2,18	3,13	74,83	2,32	3,11
	150 °C / %40	65,74	2,37	3,60	69,89	2,37	3,39
	180 °C / %20	62,79	2,29	3,64	58,53	1,95	3,34
	180 °C / %40	53,16	2,21	4,16	54,01	1,92	3,56

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

7.2. EK:2 Deney örneklerinin a^* renk değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	6,72	0,47	6,95	4,27	0,38	8,94
	120 °C / %20	6,88	0,44	6,47	4,05	0,29	7,13
	120 °C / %40	6,82	0,53	7,75	3,94	0,32	8,15
	150 °C / %20	6,95	0,59	8,49	4,36	0,27	6,30
	150 °C / %40	7,12	0,41	5,82	4,37	0,28	6,30
	180 °C / %20	7,45	0,48	6,39	6,63	0,43	6,42
	180 °C / %40	7,48	0,61	8,19	6,06	0,37	6,08
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	12,75	0,85	6,69	5,80	0,48	8,19
	120 °C / %20	9,29	0,79	8,55	6,64	0,51	7,71
	120 °C / %40	9,30	0,73	7,81	6,78	0,54	7,96
	150 °C / %20	9,78	0,69	7,08	7,11	0,66	9,35
	150 °C / %40	9,83	0,57	5,82	7,06	0,35	5,02
	180 °C / %20	10,78	0,66	6,11	9,92	0,58	5,81
	180 °C / %40	10,69	0,81	7,57	9,53	0,72	7,53
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	11,41	0,80	7,02	6,53	0,64	9,80
	120 °C / %20	11,54	0,77	6,63	7,71	0,69	8,90
	120 °C / %40	11,51	0,80	6,91	7,66	0,40	5,20
	150 °C / %20	11,86	0,95	8,02	8,47	0,22	2,56
	150 °C / %40	12,00	0,88	7,37	8,53	0,45	5,26
	180 °C / %20	12,60	0,87	6,93	11,07	0,75	6,76
	180 °C / %40	12,47	1,09	8,74	11,44	0,72	6,28
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	7,90	0,61	7,68	4,69	0,25	5,34
	120 °C / %20	8,38	0,67	8,03	4,94	0,32	6,43
	120 °C / %40	8,39	1,00	11,87	5,24	0,48	9,07
	150 °C / %20	8,86	0,64	7,24	6,66	0,49	7,39
	150 °C / %40	9,04	0,58	6,42	6,71	0,40	6,01
	180 °C / %20	10,18	0,79	7,73	10,93	0,63	5,77
	180 °C / %40	10,12	0,75	7,43	10,34	0,67	6,44

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

7.3. EK:3 Deney örneklerinin b^* renk değerlerine ait aritmetik ortalamalar.

Emprenye Maddesi	Yoğunlaştırma	Ağaç türü					
		Göknar			Kavak		
		$\bar{x}$	St.S	V.K	$\bar{x}$	St.S	V.K
Emprenyesiz	Yoğunlaştırılmamış	18,54	1,38	7,43	18,09	1,17	6,49
	120 °C / %20	19,43	1,11	5,71	17,85	0,63	3,52
	120 °C / %40	19,57	1,44	7,35	17,89	1,14	6,36
	150 °C / %20	19,36	1,48	7,65	18,24	0,90	4,91
	150 °C / %40	18,71	1,02	5,45	18,80	0,70	3,72
	180 °C / %20	20,48	1,20	5,85	20,01	1,31	6,55
	180 °C / %40	21,63	0,96	4,42	19,98	0,75	3,77
Parafin	Yoğunlaştırılmamış	31,13	2,05	6,60	25,03	1,98	7,89
	120 °C / %20	26,61	1,52	5,73	26,75	1,85	6,93
	120 °C / %40	26,44	1,44	5,43	25,01	1,91	7,63
	150 °C / %20	25,71	1,47	5,71	25,13	1,75	6,97
	150 °C / %40	25,80	1,57	6,10	24,30	1,86	7,67
	180 °C / %20	25,55	1,66	6,51	26,62	1,83	6,87
	180 °C / %40	25,50	1,62	6,37	26,56	1,65	6,20
Bezir yağı	Yoğunlaştırılmamış	32,25	2,47	7,65	30,45	2,26	7,41
	120 °C / %20	30,83	2,54	8,25	29,86	1,74	5,82
	120 °C / %40	30,97	1,98	6,39	29,85	1,52	5,10
	150 °C / %20	29,31	1,59	5,43	29,24	1,71	5,84
	150 °C / %40	30,62	2,09	6,81	28,52	0,89	3,12
	180 °C / %20	28,75	2,14	7,45	28,89	1,51	5,24
	180 °C / %40	26,62	1,97	7,40	27,82	1,80	6,47
Stiren	Yoğunlaştırılmamış	19,72	0,87	4,41	22,81	1,66	7,27
	120 °C / %20	24,94	1,37	5,50	24,82	1,40	5,65
	120 °C / %40	24,13	1,84	7,61	25,13	1,18	4,72
	150 °C / %20	22,78	1,83	8,03	23,54	1,65	7,03
	150 °C / %40	23,25	1,82	7,85	23,75	1,05	4,44
	180 °C / %20	22,00	1,28	5,84	19,68	0,63	3,19
	180 °C / %40	20,22	1,56	7,71	19,94	1,15	5,77

$\bar{x}$: Aritmetik ortalama, St.S: Standart sapma , V.K: Varyasyon katsayısı

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Umuthan ARISÜT

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2021
Lisans	Mobilya ve Dekorasyon Öğretmenliği	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2009
Lise	Mobilya ve Dekorasyon	Bahçelievler Teknik ve Kocasinan End. Mes. Lisesi / İstanbul	2004

YAYINLAR

Arısüt, U., Ayan, S., (2017). Tüketicilerin Döşemeli Mobilya Alım Kriterlerinin Ahp İle Belirlenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, ISSN:2147-345, 997-1008.

Arısüt U., Pelit H., (2020). Yoğunlaştırılmış Ağaç Malzemelerin Pürüzlülüğüne Emprenye Ön İşlemlerinin Etkisi. İçinde 5. *Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, (UBAK'20)*, (ss.417-427).