

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BAZI BORLU BİLEŞİKLERLE MUAMELE EDİLMİŞ MELEZ KAVAK (*Populus
euroamericana* cv.) YONGALARI VE KRAFT LİGNİN FENOL FORMALDEHİT
TUTKALI KULLANILARAK ÜRETİLEN YÖNLENDİRİLMİŞ
YONGALEVHALARIN (OSB) TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Orm. End. Müh. Ayfer DÖNMEZ

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Orman Endüstri Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

170396

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.07.2005
Tezin Savunma Tarihi : 11.08.2005**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Gökay NEMLİ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2005

ÖNSÖZ

“Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilmiş Melez Kavak (*Populus x euroamericana* cv.) Yongaları ve Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı (KLFF) Kullanılarak Üretilen Yönlendirilmiş Yongalevhaların (OSB) Fiziksel ve Mekanik Özellikleri” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans Tez danışmanlığımı üstlenerek, araştırmanın planlanmasında ve yürütülmesinde, çalışmaların her aşamasında ilgi ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’na ve desteklerini gördüğüm sevgili ailesine teşekkürü borç bilirim.

Tez süresince belirli bir dönem danışmanlığımı yaparak çalışmalarında bilgilerinden yararlandığım Doç. Dr. Gökay NEMLİ’ye ve tez çalışmalarında deneyimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ, Prof. Dr. Hüseyin KIRCI ve Yrd. Doç. Dr. Sibel YILDIZ hocalarıma teşekkür etmeyi zevkli bir görev bilirim.

Ayrıca, OSB üretimi için gerekli serme sistemini oluşturmamıza yardımcı olan sayın Yrd. Doç. Dr. Haydar KAYA’ya, tutkal üretimini gerçekleştirmeme fırsat tanıyan Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret AŞ’ne, bazı analizleri yapmama imkan sağlayan Sabancı Üniversitesi, Doğa ve Mühendislik Bilimleri Fakültesi hocalarına ve Karaelmas Safranbolu Meslek Yüksek Okulu hocalarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her zaman desteklerini gördüğüm ve tavsiyelerinden yararlandığım özellikle tez yazım aşamasında büyük yardımını gördüğüm başta Arş. Gör. Tarık GEDİK, Arş. Gör. Derya USTAÖMER ve diğer mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışmanın; Orman Ürünleri Endüstrisi’ne başta OSB’nin ülkemizde üretimine başlanması, bor bileşiklerinin kullanımının artması ve üretilen tutkalın, masraflarını ve çevreye verdiği zararın azaltılması bakımından faydalı olması dileğiyle.

Ayfer DÖNMEZ

Trabzon, 2005

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar(ÇİZELGELER) DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2. Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
1.3. Yönlendirilmiş Yongalevhanın Tanımı.....	5
1.3.1. Yönlendirilmiş Yongalevhanın Tarihi Gelişimi.....	6
1.3.2. Yönlendirilmiş Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	7
1.3.2.1. Ağaç Malzeme.....	7
1.3.2.2. Tutkal.....	8
1.3.2.2.1. Organik Tutkallar.....	8
1.3.2.2.1.1. Fenol Formaldehit.....	9
1.3.2.2.1.2. Üre Formaldehit.....	10
1.3.2.2.1.3. Melamin Formaldehit.....	11
1.3.2.2.1.4. İzosiyanat Tutkalı.....	11
1.3.2.2.1.5. Lignin Esaslı Tutkallar.....	12
1.3.2.2.1.5.1. Ligninin Yapısı ve Özellikleri.....	12
1.3.2.2.1.5.2. Kraft (Alkali) Lignini.....	14
1.3.2.2.1.5.3. Sülfite Atık Suyu.....	14
1.3.2.2.1.5.4. Organosolv Ligninin Tutkal Olarak Kullanımı.....	15
1.3.2.3. Katkı Maddeleri.....	16
1.3.2.4. Sertleştirici Maddeler.....	16
1.3.2.5. Hidrofobik Maddeler.....	17
1.3.2.6. Koruyucu Maddeler.....	17

1.3.2.6.1.	Emprenyenin Tanımı ve Emprenye Maddeleri.....	17
1.3.2.6.1.1.	Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzeme ve Odun Esaslı Kompozitlerde Emprenye Maddesi Olarak Kullanılması.....	20
1.3.2.6.1.1.1.	Borun Özellikleri, Kullanım Alanları ve Rezerv Durumu	20
1.3.2.6.1.1.2.	Borun Ahşap Korumada Emprenye Maddesi Olarak Kullanımı.....	22
1.3.2.6.1.1.3.	Borlu Bileşiklerin Odun Kompozit Malzemelerde Kullanımı.....	23
1.3.3.	OSB Levhaların Üretim Teknolojisi.....	26
1.3.3.1.	Hammadde.....	26
1.3.3.2.	Tomrukların Üretime Hazırlanması	27
1.3.3.3.	Yongalama.....	28
1.3.3.4.	Kurutma	29
1.3.3.5.	Eleme.....	30
1.3.3.6.	Tutkallama.....	30
1.3.3.7.	Serme.....	31
1.3.3.7.1.	Diskli Serme Makinesi.....	32
1.3.3.7.2.	Elektrostatik Sistem	35
1.3.3.8.	Presleme.....	38
1.3.3.9.	Pres Sonrası İşlemler.....	39
1.3.4.	OSB'nin Kontrplak ile Karşılaştırılması.....	40
1.3.5.	OSB Levhaların Kullanım Yerleri.....	41
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	43
2.1.	Materyal.....	43
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	43
2.1.1.1	Melez Kavak	43
2.1.1.2.	Melez Kavak Odunun Anatomik ve Teknolojik Özellikleri.....	44
2.1.2.	Tutkal.....	44
2.1.2.1.	Fenol Formaldehit Tutkalı.....	44
2.1.2.2.	Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalı.....	45
2.1.3.	Kimyasal Maddeler.....	46
2.1.3.1.	Çinko Borat.....	46
2.1.3.2.	Boraks.....	46
2.1.4.	Kraft Lignin Fenol Formaldehitin Üretimi.....	47
2.1.4.1.	Kraft Lignin Eldesi.....	47
2.1.4.2.	Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalının Hazırlanması.....	47

2.2.	Deneme Levhalarının Üretimi.....	48
2.2.1.	Yongalama.....	48
2.2.2.	Eleme.....	49
2.2.3.	Kurutma.....	49
2.2.4.	Kimyasallar İle Muamele.....	49
2.2.4.1.	Yongaların Çinko Borat ile Muamelesi.....	49
2.2.4.2.	Boraks ile Yongaların Muamelesi.....	50
2.2.5.	Tutkallama.....	50
2.2.6.	Serme.....	51
2.2.7.	Presleme.....	52
2.2.8.	Pres Sonrası İşlemler.....	52
2.3.	Araştırma Yöntemi.....	53
2.3.1	Bor Analizi.....	53
2.3.2.	Fiziksel Özellikler.....	54
2.3.2.1.	Yoğunluk.....	54
2.3.2.2.	Rutubet Miktarı.....	55
2.3.2.3.	Su Alma Oranı.....	56
2.3.2.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	56
2.3.2.5.	Çürüklük Testi	57
2.3.3.	Mekanik Özellikler.....	58
2.3.3.1.	Eğilme Direnci.....	58
2.3.3.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	59
2.3.3.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	60
2.3.4.	Yanma Mukavemeti.....	61
2.4.	İstatistik Yöntemler.....	62
3.	BULGULAR.....	63
3.1.	Bor Analizi.....	63
3.2.	Fiziksel Özellikler.....	63
3.2.1.	Yoğunluk.....	63
3.2.2.	Rutubet Miktarı.....	66
3.2.3.	Su Alma Miktarı.....	68
3.2.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	70
3.2.5.	Çürüklük Testi.....	72

3.3	Mekanik Özellikler.....	74
3.3.1.	Eğilme Direnci.....	74
3.3.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	76
3.3.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	78
3.4.	Yanma Mukavemeti.....	81
4	İRDELEME.....	84
4.1.	Bor Analizi.....	84
4.2.	Fiziksel Özellikler.....	85
4.2.1.	Yoğunluk.....	85
4.2.2.	Rutubet Miktarı.....	86
4.2.3.	Su Alma Miktarı.....	87
4.2.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	89
4.2.5.	Çürüklük Testi.....	93
4.3.	Mekanik Özellikler.....	92
4.3.1.	Eğilme Direnci.....	92
4.3.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	94
4.3.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	95
4.4.	Yanma Mukavemeti.....	97
5.	SONUÇLAR.....	100
5.1.	Bor Analizi.....	100
5.2.	Fiziksel Özellikler.....	100
5.2.1.	Yoğunluk.....	100
5.2.2.	Rutubet Miktarı.....	101
5.2.3.	Su Alma Miktarı.....	101
5.2.4.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	101
5.2.5.	Çürüklük Testi.....	103
5.3.	Mekanik Özellikler.....	103
5.3.1.	Eğilme Direnci.....	103
5.3.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	104
5.3.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	104
5.4.	Yanma Mukavemeti.....	105
6.	ÖNERİLER.....	106
7.	KAYNAKLAR.....	108
	ÖZGEÇMİŞ.....	118

ÖZET

Bu çalışma, borlu bileşikleri (çinko borat ve boraks) ile muamele edilen melez kavak (*Populus euroamericana* cv.) yongalarının, fenol formaldehit (FF) ve kraft lignin fenol formaldehit (KLFF) tutkalları ile üretilen yönlendirilmiş yongalevhaların fiziksel, mekanik ve bazı biyolojik özellikleri incelenmiştir. Borlu bileşiklerle muamele edilen yongalarla üretilen OSB levhalarındaki bor miktarını belirlemek için bor analizi yapılmıştır.

Yönlendirilmiş yongalevha üretiminde borlu bileşiklerin kullanılması OSB levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer taraftan, yapılan çürüklük ve yanma özelliklerinde borlu bileşiklerin kullanımının olumlu bir etki yaptığı belirlenmiştir.

Kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen OSB levha özelliklerinde, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levha özelliklerine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB), Borlu bileşikler (Çinko Borat ve Boraks), Kraft Lignin Fenol Formaldehit (KLFF), Fiziksel, Mekanik ve Yanma Özellikleri

SUMMARY

Some Technological Properties of Oriented Strand Board (OSB) Produced with Hybrid Aspen Strands (*Populus euroamericana* cv.) Treated Some Boron Compounds and Using Kraft Lignin Phenol Formaldehyde Resin

In this study, physical, mechanical and fire properties of Oriented Strand Board (OSB) which produced from aspen wood (*Populus euroamericana* cv.) treated boron compounds (zinc borate and borax) with phenol formaldehyde (PF) and kraft lignin phenol formaldehyde (KLPF) were investigated. Boron analysis was used to determine for quantity of boron in OSB panels which produced from aspen wood treated boron compounds (zinc borate and borax)

Using of boron compounds affected physical and mechanical properties of OSB panels negatively. However, it was determined that it positively affected decay and fire retardant of OSB panels.

Properties of OSB panels produced with kraft lignin phenol formaldehyde resin were obtained same results as phenol formaldehyde resin.

Key Words: Oriented Strand Board (OSB), Boron Compounds (zinc borate and borax), Kraft Lignin, Phenol Formaldehyde (KLPF), Physical, Mechanical and Fire Properties.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Lignini oluşturan birimler (Oklar ünitelerin lignin molekülünü oluştururken yaptıkları bağlantı noktalarını göstermektedir.).....	13
Şekil 2. OSB üretimi iş akışı şeması.....	26
Şekil 3. Halkalı hidrolik kazıyıcı kollu kabuk soyma makinesi.....	27
Şekil 4. Geniş hacimli tamburlu kurutucu.....	29
Şekil 5. İyi yönlendirilmiş ve iyi yönlendirilmemiş yonga taslakları.....	31
Şekil 6. Diskli serme makinesi.....	32
Şekil 7. Diskli serme başlığı.....	34
Şekil 8. Çeşitli yönlendirme şekilleri.....	35
Şekil 9. Elektroligner (elektrostatik sistem).....	36
Şekil 10. Voltage firması tarafından yapılmış Elektroligner'in çalışma prensibi.....	37
Şekil 11. Kavak odunundan üretilmiş OSB levhalarında (laboratuar) yönlendirme derecesiyle eğilme direnci arasındaki ilişki.....	38
Şekil 12. Sonsuz pres.....	39
Şekil 13. OSB levhaların çeşitli kullanım yerleri.....	42
Şekil 14. Siyah çözüldüden lignin üretim iş akışı.....	47
Şekil 15. Tutkal üretim reaktörü düzeneği.....	48
Şekil 16. Yonga boyutlarının milimetrik kağıt üzerinde ölçümleri.....	49
Şekil 17. Çinko borat ile yongaların muamele edilmesi.....	50
Şekil 18. Elektrostatik serme düzeneği.....	51
Şekil 19. Levha taslağının hidrolik preste preslenmesi.....	52
Şekil 20. Çürüklük test örnekleri.....	57
Şekil 21. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği.....	59
Şekil 22. Levha yüzeyine dik çekme direnci deney düzeneği.....	61
Şekil 23. Yanma düzeneği.....	62
Şekil 24. Deneme levhalarının tutkal türüne göre BAE değerleri.....	84
Şekil 25. Borlu bileşik kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerine etkisi.....	85
Şekil 26. Borlu bileşik kullanım oranlarının tutkal türüne göre levhanın rutubet miktarı üzerine etkisi.....	86

Şekil 27. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 2 saatlik su alma miktarları üzerine etkisi.....	87
Şekil 28. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 24 saatlik su alma miktarları üzerine etkisi.....	87
Şekil 29. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 2 saatlik kalınlık artışı üzerine etkisi.....	89
Şekil 30. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 24 saatlik kalınlık artışı üzerine etkisi.....	89
Şekil 31. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının tutkal türüne göre çürüklük testi sonrası levhada meydana gelen ağırlık kaybı üzerine etkisi.....	92
Şekil 32. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın eğilme direnci üzerine etkisi.....	93
Şekil 33. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi.....	94
Şekil 34. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın yüzeye dik çekme direnci üzerine etkisi.....	96
Şekil 35. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre meydana gelen ağırlık kaybı.....	97
Şekil 36. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre oluşan sıcaklık değeri.....	98
Şekil 37. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre açığa çıkan CO miktarı.....	99
Şekil 38. OSB- KLFF levha grubuna ait kontrol ve 5 ÇB tipi levhaların 24 saat suda bekletme süresi sonunda meydana gelen kalınlık artışları.....	102

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Dünya toplam bor rezervleri.....	21
Tablo 2.	Dünya bor üretici ülkelerin bor mineralleri ve rafine bor ürünlerinin sektörel dağılımı	22
Tablo 3.	Fenol formaldehitin özellikleri.....	45
Tablo 4.	Kraft ligninin (Indulin C) özellikleri.....	45
Tablo 5.	Kraft lignin fenol formaldehit tutkalının özellikleri.....	45
Tablo 6.	Çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri.....	46
Tablo 7.	Boraksın özellikleri.....	46
Tablo 8.	Deneme levhası tipleri.....	53
Tablo 9.	Testo 300 M ve XL gaz analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri.....	62
Tablo 10.	Testo 300 M ve XL gaz analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri.....	62
Tablo 11.	Deneme levhalarına ait bor analizi sonuçları.....	63
Tablo 12.	Deneme levhalarının ortalama yoğunluk değerleri.....	64
Tablo 13.	Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha yoğunluğu üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 14.	FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının yoğunluk üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	65
Tablo 15.	KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının yoğunluk üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	65
Tablo 16.	Deneme levhalarının yoğunluklarına ilişkin duncan test sonuçları.....	66
Tablo 17.	Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarları değerleri (%)......	66
Tablo 18.	Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha rutubet miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	67
Tablo 19.	FF tutkalı ile üretilen levhaların borlu bileşik kullanım oranının rutubet miktarları üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	67
Tablo 20.	KLFF tutkalı ile üretilen levhaların borlu bileşik kullanım oranının rutubet miktarları üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	67

Tablo 21. Deneme levhalarının ortalama su alma miktarları (%).....	68
Tablo 22. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın su alma miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	69
Tablo 23. FF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme süresince su alma miktarlarına ilişkin duncan test sonuçları.....	69
Tablo 24. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme süresince su alma miktarlarına ilişkin duncan test sonuçları.....	69
Tablo 25. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%).....	70
Tablo 26. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha kalınlık artışı oranları üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	71
Tablo 27. FF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı oranlarına ilişkin duncan test sonuçları.....	71
Tablo 28. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artış oranlarına ilişkin duncan test sonuçları.....	71
Tablo 29. Deneme levhalarının çürüklük testi sonrası meydana gelen ağırlık kaybı ortalama değerleri.....	72
Tablo 30. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	72
Tablo 31. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının çürüklük dayanımı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	73
Tablo 32. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının çürüklük dayanımı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	73
Tablo 33. Borlu bileşikler kullanımının OSB levhaların ağırlık kayıplarına ilişkin duncan test sonuçları.....	73
Tablo 34. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnç değerleri (N/mm ²).....	74
Tablo 35. Borlu bileşiklerin kullanım oranları ve tutkal türünün OSB levhalarının eğilme direnci üzerinde etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	74
Tablo 36. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	75
Tablo 37. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	75
Tablo 38. Borlu bileşik kullanımının tutkal türüne göre eğilme direnç özelliklerine ilişkin duncan test sonuçları.....	76
Tablo 39. Deneme levhalarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri(N/mm ²).....	76
Tablo 40. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine çoğul varyans analizi sonuçları	77

Tablo 41. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	77
Tablo 42. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	78
Tablo 43. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ilişkin duncan test sonuçları.....	78
Tablo 44. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).....	79
Tablo 45. Borlu bileşiklerin kullanım oranları ve tutkal türünün OSB levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	79
Tablo 46. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	80
Tablo 47. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.....	80
Tablo 48. Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin duncan test sonuçları.....	80
Tablo 49. Yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı, sıcaklık ve CO gazı ortalama değerleri.....	81
Tablo 50. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarının yanma sonucu ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	81
Tablo 51. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarında yanma esnasındaki sıcaklık değerleri üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	82
Tablo 52. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarının CO gaz miktarı değerleri üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları.....	82
Tablo 53. Levhanın yanma özelliklerine ilişkin duncan testi sonuçları.....	83

SEMBOLLER DİZİNİ

BAE	: Borik Asit Eşdeğeri
BX	: Boraks
ÇB	: Çinko Borat
DOT	: Disodyum Okta Borat
FF	: Fenol Formaldehit
FST	: Formosan Subterranean Termit
KLFF	: Kraft Lignin Fenol Formaldehit
MDF	: Orta Yoğunlukta Liflevha
MÜFF	: Melamin Üre Fenol Formaldehit
OSB	: Yönlendirilmiş Yongalevha

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Teknoloji; doğa kaynaklarını kullanırken hammaddenin bol veya az bulunuşuna göre biçimlendirilmiştir. Bunun sonucu zaman içerisinde hammaddelerden ekonomik ve rasyonel kullanma yöntemleri geliştirilerek en iyi şekilde yararlanma yoluna gidilmiştir. Ormandan çok yönlü yararlanmanın gerçekleştiği günümüzde, sadece odundan yaklaşık on bin farklı ürün elde edilebilmektedir. Bu kadar geniş kullanım yeri bulabilen odun tüketimi ve dünya nüfus artışı ile orman varlığının çeşitli sebeplerle hızla azaldığı göz önüne alındığında; hammadde olarak odunun değeri sürekli artacağı söylenebilir. Bu nedenle odun; en ekonomik ve rasyonel şekilde değerlendirilmek zorundadır. Ayrıca, masif odunda doğal olarak bazı kusurlar bulunmaktadır. Örneğin; budak eğilme direncini azaltıcı bir etki yapmaktadır. Bu nedenle masif olarak değerlendirilmesi yanında yonga, lif ve tabakalı ağaç malzeme üretim yöntemleri geliştirilerek daha az kusurlu malzeme üretilirken endüstri artıkları da değerlendirilmektedir.

Odun anizotropik yapısı nedeniyle üç farklı yönde değişik özellikler gösterir. Hammadde odunun değişik yöntemlerle levha haline getirilmesiyle odun kusurları olabildiğince iyileştirilmekte ve daha izotrop homojen malzemeler üretilebilmektedir. Bu nedenle homojen malzeme üretmek son yarım yüzyıldaki gelişmelerin belirgin karakteristiği olmuştur.

1940'lı yıllarda yongalevhanın endüstriyel olarak üretimine başlanılmıştır. Giderek azalmakta olan orman varlığına olan talebi azaltmak, artıklar ve düşük değerli odunlardan kaliteli ve ekonomik malzeme üretmek, odun esaslı levhaların geliştirilmesinde başlıca düşünce kaynağı olmuştur. Üretilen levhalar geniş yüzeyli, odunda doğal bulunan kusurlardan kısmen arınmış, izotrop ve homojen özelliklere sahiptir [1].

1700'lü yıllara dayanan kontrplak ve kontrtabla endüstrisinde üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri masif oduna oranla oldukça iyi olmasına karşın, bu levhaların üretimi için gerekli hammaddede aranan özellikler de oldukça yüksektir. Bu endüstrinin hammaddesini oluşturan soymalık yuvarlak odunlar hem çok pahalı, hem de üretim süresi 200-250 yıl gibi uzun zaman aldığından bulunması her geçen gün

zorlaşmaktadır. Bu bakımdan, kontrplak ve kontrtablanın yerini tutacak daha ekonomik yeni bir malzeme üretimi için yakın geçmişte oldukça yoğun çalışmalar yapılmıştır [2].

Bu amaçla geliştirilmiş olan, OSB levhaları giderek önemi artacağı anlaşılan yeni bir levha türüdür. Bu yeni levha türünün üretimiyle, 60 yıllık bir geçmişi olmasına karşın, çok hızlı bir gelişme göstermiş olan yonga levha endüstrisi ileriki yıllarda da rekabet gücünü koruyabilecektir.

Soyma yöntemiyle kaplama üretiminde küçük çaplı ve düşük değerli odunlar %50 randımanla değerlendirilirken, yönlendirilmiş levha (OSB) üretiminde değerlendirme oranı %85'dir. Yönlendirilmiş yongalı levhanın en önemli faydası kullanım yerine göre arzu edilen dirençte üretilebilmesi, doğal oduna göre daha stabil olması, çatlak, budak gibi odun kusurlarını bulundurmamasıdır.

Odun esaslı levhalar, %80–90 gibi büyük oranda odun yongası içermektedir. Herhangi bir koruyucu işleme tabi tutulduktan sonra veya koruyucu işleme tabi tutulmadan kullanılan yongalar rutubet, mantar, böcek ve yangına gibi çeşitli biyotik ve abiyotik zararlıların tahribatına maruz kalabilmektedir. Bunun sonucu olarak, mamul malzemenin kullanım yerinde boyut değişimleri, renklenmeler, çürümeler ve dolayısı ile direnç kayıpları meydana gelmektedir. Oysa levha üretiminde amaç, ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra biyolojik ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi veya en azından bunların korunmasıdır. Bunun için en etkin çözüm ise; odun esaslı levhaların üretimi esnasında koruyucu kimyasal maddeler ile muamele edilmesidir [1].

Günümüzde kullanım alanı ve paralelinde üretim miktarı artan OSB, kullanım ömrünün daha uzun olması açısından çoğunlukla fungusit, insektisit ve yanmayı geciktirici özelliklere sahip borlu bileşiklerle modifiye edilmektedir.

Odun esaslı levha üretimini sınırlandıran iki önemli faktör vardır. Bunlardan birincisi odun, ikincisi de yapıştırıcı maddedir. Sektörün hammadde sıkıntısını çözmek amacıyla kavak ve pavlonya gibi hızlı gelişen ağaç türleri üzerinde çalışmalar yoğunlaşmaktadır.

Odun yapıştırıcılarını, fenol ve amino plastikler oluşturmaktadır. Bu grubun öncülüğünü yapan fenol formaldehit geçen yüzyılın başlarında geliştirilmiş ve sonrasında ilk sentetik polimer olarak üretilmiştir. Fenol formaldehit, uzun ömürlü ve suya dayanıklılığının iyi olması bakımından dış mekânlarda kullanım için en uygun tutkal olarak ağaç sanayindeki yerini almıştır. Fenolik esaslı tutkallar, petrol türevi olması nedeniyle oldukça pahalıdır. Dünyada levha ürün maliyetini azaltmak için alternatif

bağlayıcı arayışı devam etmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar fenol ve üre formaldehit tutkallarına alternatif düşük maliyetli bağlayıcılar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Öte yandan kağıt fabrikalarında atık olarak oluşan siyah çözültiden çöktürülerek elde edilen kraft ligninin, bağlayıcılık özelliğinden yararlanılarak alternatif tutkal üretilebileceği bilinmektedir. Kimyasal yapısının fenol ile benzemesinden dolayı lignin, fenolün yerine kullanılabilir [2]. Kağıt hamuru atık sularının ihtiva ettiği lignin yapıştırıcı madde olarak iki şekilde değerlendirilir. Bunlardan birincisi lignin molekülünü çeşitli yöntemlerle parçalayarak küçük moleküllü yeni maddeler elde edilmesi, ikincisi ise atık çözelti içerisindeki ligninin yapısını değiştirmeden mevcut özelliklerinden yararlanılmasıdır [3, 4].

Bu çalışmada; çinko borat ve boraks koruyucuları ile işlem görmüş melez kavak (*Populus euroamericana* cv.) yongaları ve kraft atık çözeltisinden elde edilen ligninden üretilmiş kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırılmasıyla üretilen OSB levhalarının fiziksel, mekanik, çürüklük ve yanma özellikleri incelenmiştir.

1.2. Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması

EN 309 (1992)'e göre yongalevha; odun parçalarından (odun parçaları, yonga, testere talaşı, rende talaşı vb.) ve/veya lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb.) elde edilen yongaların tutkalandıktan sonra, sıcaklık altında preslenmesiyle elde edilen levhadır [5].

Yongalevhalar değişik kriterlere göre sınıflandırılmaktadır:

1. Yoğunluklarına göre yongalevhalar [1]:

a. Düşük yoğunluktaki yongalevhalar: Yoğunlukları 0.590 gr/cm^3 'ten daha düşük olan levhalardır.

b. Orta yoğunluktaki yongalevhalar: Yoğunlukları $0.590-0.800 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişen levhalardır.

c. Yüksek yoğunluktaki yongalevhalar: Yoğunlukları 0.800 gr/cm^3 'ten daha fazla olan levhalardır.

2. Presleme sistemlerine göre yongalevhalar [6]:

a. Yatay yongalı levhalar: Bu tip levhalarda yongalar levha yüzeyine paraleldir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.

b. Dik yongalı levhalar (Okal): Bu tip levhalarda ise presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongaların yönü levha yüzeyine dik durumdadır. Delikli ve deliksiz olarak üretilirler.

TS 3482 (1980)'e göre dik yongalı yongalevha; odun veya odunlaşmış bitkilerden üretilen yongaların tutkalandıktan sonra sıcak preslenmesiyle elde edilen, yongaları genellikle yüzeye dik olan levhadır [7].

3. Tabaka sayılarına göre yongalevhalar [6]: Yongalevhaları ince yongalar yüzey tabakalarında, nispeten kaba yongalar ise orta tabakada kullanılmak üzere tabaka sayılarına göre üç gruba ayırmak mümkündür.

a. Tek tabakalı (homojen) yongalevhalar

b. Üç tabakalı yongalevhalar

c. Çok tabakalı yongalevhalar

4. Yonga boyut ve şekillerine göre yongalevhalar:

a. Normal yongalevhalar (Particleboard): Bu tip yongalevhalarda genel olarak kalınlıkları 0,25–0,40 mm, genişlikleri 2-6 mm ve uzunlukları 10-25 mm kadar olan yongalar kullanılır.

b. Etiket yongalı levhalar (Waferboard): Yaklaşık 0,5–0,7 mm kalınlığında 35 - 75 mm uzunluğunda ve 25-40 mm genişliğinde yongalara “wafer”, bunlardan üretilen levhalara ise “waferboard” denilmektedir. Etiket yongalevha; iç ve dış duvar kaplaması, çatı kaplaması, döşeme veya döşeme altı olarak kullanılmaktadır [3].

c. Yönlendirilmiş yongalı levhalar (Oriented Strand Board): Bu tip yongalevhalar da genel olarak yonga kalınlıkları 0.4–0.8 mm, genişlikleri 6-25 mm ve uzunlukları 38-63 mm kadardır. Yönlendirilmiş yongalı levha kullanım yerine göre arzu edilen direnç değerlerinde üretilir. Masif oduna oranla daha stabil olup çatlak, budak gibi odun kusurları içermez. Bu tip levhalar sahip oldukları üstün mekanik özellikler nedeniyle kontrplak, kontrtabla, ve masif ağaç malzemelerin kullanıldıkları yerlerde kullanılabilirler [8, 9].

d. Şerit yongalı levhalar (Flakeboard): Kalınlıkları ve uzunlukları wafer ile aynı fakat genişlikleri 9-10mm olan yongalardır. Bunlardan üretilen levhalara da “flakeboard” denilmektedir [10].

5. Üretimde kullanılan bağlayıcı madde türüne göre yongalevhalar; sentetik ve anorganik bağlayıcılar ile üretilen yongalevhalar olarak ikiye ayrılır [10].

a. Sentetik reçineli levha üretiminde; üre, melamin veya fenol formaldehit gibi tutkallar kullanılmaktadır.

b. Anorganik bağlayıcı ile üretilen yongalevhelerde ise hammadde olarak; çimento, ağaç yongası veya tarımsal atıklar ve su ile birlikte az miktarda kimyasal katkı maddeleri (CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3) kullanılmaktadır. Bu tip yongalevhalar mantar ve böcekler tarafından tahrip edilmemektedir ve genellikle inşaat malzemesi olarak kullanılmaktadır.

6. Yongalevhalar normal preslerde üretilenler veya özel preslerde kalıplanmış olarak üretilen olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Normal levhalar; uygun yapıştırıcı maddeler, kalıplanmış levhalar ise tutkallanmış odun yongalarının, özel kalıp preslerde, sıcaklık etkisi altında tek kademede biçimlendirilmesi ile edilen bir mamuldür [10]. Bu tip levhalar presleme şartlarına ve kaplanma özelliklerine göre üç gruba ayrılırlar.

- a. Termodin yöntemi
- b. Collipres yöntemi
- c. Werzalit yöntemi

7. Yongalevhalar yüzeyleri kaplamalı veya kaplamasız olarak satışa sunulurlar ve kaplanmış levhalar kaplama türüne katı ve sıvı olmak üzere iki grupta toplanırlar [11, 12]

8. Yongalevhalar kullanım alanlarına göre;

- a. İç mekanlarda kullanılan levhalar (ÜF tutkalı ile üretilirler).
- b. Dış mekanlarda kullanılan levhalar (FF tutkalı veya çimento kullanılarak üretilirler) olarak iki gruba ayrılırlar.

9. Yongalevhalar kullanılan hammadde türüne göre; odundan ve bitkisel atıklardan üretilen levhalar olarak iki gruba ayrılırlar [13].

1.3. Yönlendirilmiş Yongalevhanın Tanımı

Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) özel hazırlanmış yongaların uygun bir tutkalla karıştırılıp serme sırasında istenilen istikamette yönlendirilmesiyle elde edilen taslağın sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle üretilen levha şeklindeki malzemedir [8, 14, 15, 16, 17].

EN 300'e göre yönlendirilmiş yongalevha; önceden belirlenen şekil, kalınlıkta ve bir kaplama tabakası ile birlikte "strand" denilen büyük boyutlu odun yongalarından yapılan çok tabakalı levhalar olarak tanımlanmıştır. Dış tabakalardaki yongalar, levhanın

uzunluk veya genişliğine paralel olarak sıralanmıştır. İçteki tabaka veya tabakalar, genellikle dış tabakaların yongalarına dik açı yapacak şekilde sıralanmıştır [18].

OSB, odun esaslı diğer levha ürünlerinde kullanılan materyallerden daha büyük ve uzun odun yongaların sentetik reçine ile tutkallanarak elde edilen mühendislik malzemesi olarak tanımlanabilmektedir [19, 20]. Üç tabakalı üretilebildiği gibi farklı tabaka sayılarında da üretilebilmektedir. Çoğunlukla 3 tabakalı üretilen OSB dış tabakalar boyuna yönde serilirken orta tabaka enine yönde yönlendirilerek serilmektedir. OSB levhalarının geometriksel formu, yongaların yönlenme derecesi ve yönü ve tabaka yapıları ve tutkal türü değiştirilerek kullanım yerinin gerektirdiği mekanik özellikler yönlendirilebilir [21, 22, 23]. Diğer odun esaslı kompozitler ile karşılaştırıldığında; OSB nispeten daha yeni ve son 25 yılda hızla gelişen bir üründür. 2004 yılı verilerine göre dünya OSB üretiminin % 89'unu oluşturan Kuzey Amerika; 20 milyon m³'ü Amerika'da ve 1.4 milyon m³'ü ise Kanada'da olmak üzere yaklaşık 22 milyon m³'lük üretim hacmine sahiptir. Avrupa ise 2.4 milyon m³ üretim hacmi ile dünya OSB üretiminin %11'ni karşılamaktadır. Özellikle 1994'den günümüze Avrupa'da ortalama yıllık OSB üretimi %30'luk bir artış göstermektedir [24].

1.3.1. Yönlendirilmiş Yongalevhanın Tarihi Gelişimi

OSB üretim tekniğinin gelişmesini ve günümüzdeki düzeye ulaşmasını sağlayan ilk çalışmalar 1950'li yılların başında ABD ve Federal Almanya'da yapılmıştır. E. Elmendorf 1946 yılında Kaliforniya'da başlattığı araştırmalarda çimento bağlantılı levhaları üretirken şerit (odun yünü) halindeki yongaları kullanmıştır. Bu şekilde üretilen ürüne "heraklit" ismi verilmiştir [1, 8].

James D'Arcy Clarck, kâğıt endüstrisinin çalışma prensipleri çerçevesinde kuru yöntemle elde edilen keçenin kullanılmasıyla istenilen hammadde sarfiyatının minimize edilmesi amacıyla çalışmalar yapmaktadır. D'arcy Clark'ın yöntemi çok ince yongaların tutkallama sonrasında preslenerek sıkı yüzey ve dirençli bir malzeme üretilebileceği konusunda yol göstermiştir. Bunun üzerine 1949 yılında başlayan çalışmalar sonucunda Dr. Clark, arkadaşı Matet ile birlikte 1955 yılında düşük yoğunluklu odunlardan etiket yongalevha (waferboard) üretmişlerdir. Etiket yongalevhalar çoğunlukla 75mm boyutlarında kare şeklindeki yongaların sentetik reçinelerle tutkallanmasıyla üretilmektedir [3, 8, 20].

W. Klauditz ve arkadaşları Braunschweig'teki odun araştırma enstitüsünde 1952 yılında başlattıkları çalışmalar sonunda, yönlendirilmiş yongalı levhalarla ilgili ilk patenti 1954 yılında almışlar ve araştırma sonuçlarını 1960 yılında yayınlamışlardır. Elmendorf 1962 yılında araştırma laboratuvarında kurduğu pilot tesisinde yaptığı çalışmalar sonucu 1965 yılında bu konuda yeni bir patent almış ve ilk olarak "Synthetie Plywood" deyimini kullanmıştır [8, 25, 26].

1970'lerde yönlendirilmiş etiket yongalevhalar (oriented waferboard) geliştirilerek etiket yongalevhaların direnç özellikleri iyileştirilmiştir. Yönlendirilmiş etiket yongalevhanın ardından 1979 yılında Amerika'da 100m³/gün kapasiteli ilk OSB fabrikası devreye girmiştir. Üretilen levhalar "Strainwood" markasıyla pazarlanmıştır. Avrupa'daki ilk tesis ise 75 m³/yıl kapasitesiyle 1980'de Almanya'da üretime başlamıştır. Ardından öncelikle ABD, Kanada ve Avrupa'da kurulan birçok tesiste 2004 yılı sonunda dünyadaki OSB üretimi 22 milyon m³/yıl'a ulaşmıştır [3, 8, 24].

İlk kurulan tesisler sürekli olmayan çok ve tek katlı preslere sahipken, günümüzde OSB üretiminde sonsuz presler kullanılmaktadır.

1.3.2. Yönlendirilmiş Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

1.3.2.1. Ağaç Malzeme

Ormanların odun üretim kapasitesinin rasyonel olarak kullanılmaması orman ürünleri endüstrisinin gelişmesini engelleyen sınırlayıcı bir etkidir. Düşük değerli ve hızlı gelişen endüstriyel ağaç türlerinin OSB üretiminde kullanılabilmesi, OSB'nin kontrplak, kontrtabla ve masif ağaç malzemelere karşı üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Yonga ve liflevha üretiminde kullanılan her türlü ağaç malzeme OSB üretiminde kullanılabilir. Genellikle çapları 50mm'den başlayan ince odunlar ve kereste endüstrisi artıkları kullanılmaktadır. Kavak, huş (white birch), ak meşe, kırmızı meşe, güney çamı, sarı çam, göknar, amerikan lale ağacı (yellow poplar), OSB üretiminde en yaygın olarak kullanılan ağaç türleridir [8, 16, 27].

Kruse ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada OSB üretiminde % 90 oranında titrek kavak, % 10 oranında da kızılâğaç ve huş yongalarının karışımı kullanmışlardır [29].

Yin 1987 yılında yapmış olduğu çalışmada bambu gibi ticari özelliği olmayan türlerin OSB üretiminde kullanılacağını ortaya koymuştur [28].

Yönlendirilmiş yongalevha üretiminde küçük çaplı ve düşük değerli odunlar % 85 randımanla kullanılmaktadır. Kullanılabilecek en düşük değer çapı 5cm'dir. Özel yongalama makineleri yardımı ile bazı kereste artıkları ve iri yongalar da üretimde kullanılabilir [8, 30].

Literatürde başlıca kayın ve kavak örneğin titrek kavak odunları karışımı kullanılarak üretilen OSB levhaları tamamıyla yuvarlak odun ve işlenerek parçalanmış odun materyallerinin uygun yongalama makinelerinde üretilen, 0.4–0.8 mm kalınlığında, 6-25 mm genişliğinde ve 38-63 mm uzunluğunda boyutlardaki yongalarının serme işlemine tâbi tutulmaları suretiyle imal edilebildikleri belirtilmektedir [31].

Song-Yung ve Bor-Jang Chen tarafından OSB'nin ortotropik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada Tayvan'da yetişen özel bir tür olan Tayvan pavlonyası, Japon sediri ve Çin göknarı kütüklerinin büyük boyutlu yongaları kullanılmış ve elde edilen sonuçlar standartlara uygun bulunmuştur [23].

Papadopoulos ve Traboulay, OSB'nin fiziksel özelliklerini belirledikleri bir çalışmada ağaç malzeme olarak göknar yongaları kullanmışlar ve elde edilen sonuçlar standartlara uygun bulunmuştur [32].

1.3.2.2. Tutkal

1.3.2.2.1. Organik Tutkallar

Odun levha ürünlerinde (yongalevha, liflevha, OSB vb) genellikle duroplastik tutkallar (Aminoplastlar = Üre formaldehit, Melamin Formaldehit ve Fenoplastlar = Fenol Formaldehit ve Resorsin Formaldehit) ile az miktarda termoplastik tutkallar ve izosiyanatlar kullanılmaktadır. Duroplastik tutkallar ısıtıldıklarında önce yumuşamakta fakat daha fazla ısıtıldıklarında yeniden yumuşamamak üzere sertleşmektedirler [33].

OSB üretiminde, dış hava koşullarına dayanıklı olması nedeniyle genellikle fenol formaldehit tutkalı tercih edilmektedir [34]. Bunun yanı sıra izosiyanat tutkalı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Melamin üre fenol formaldehit tutkalı (MÜFF) da OSB üretiminde kullanılan tutkallar arasında yer almaktadır [35].

1.3.2.2.1.1. Fenol Formaldehit

Fenol formaldehit, alkali katalizör yardımıyla fenol ve formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu ile elde edilmektedir. Sıcak tutkallama için saf halde veya bir sertleştirici katılarak üretilen fenol formaldehit tutkalı OSB üretiminde en yaygın kullanılan tutkalların başında gelmektedir. Resol ve novalac tipi olarak iki gruba ayrılan fenol formaldehit tutkalı; rutubet, su ve atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağlaması nedeniyle açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Fenol formaldehit tutkalları esas olarak kahverenginde olup novalac fenol formaldehit ise resolden daha açık renktedir. Resol ise koyu sarı portakal kırmızısı ve kahvemsidir. Ancak bu renkler saf maddelerle yapılan üretimlerde ortaya çıkabilmektedir. Bununla birlikte alkali nötrleşirse resol daima renksiz olur. En iyi sonuç sitrik, laktik ve fosforik asitlerle gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle levhalarda koyu renklenme söz konusu olmakta veya küçük kırmızı lekeler şeklinde görüntüler oluşmaktadır.

Orman ürünleri sanayinde (yongalevha, kontrplak ve formika üretimi) genellikle resol tipindeki fenolik tutkallar tercih edilir. Sıvı tutkal içerisindeki kuru madde miktarı %40-50 civarındadır. Sıvı halinde resol tipi fenolik tutkal elde etmek için alkali katalizör kullanılır. Yüksek alkali miktarı kullanılış yerinde daha fazla su absorbe etmesine neden olur [36,37].

Levha üretiminde %12–15 oranında tam kuru tutkal miktarı levhanın su absorblamasına karşı yeterli direnç sağlar. Tutkala mum-parafin, wax gibi su iticiler ilave edilebilir. Tutkallama sırasında yonga rutubetinin %1-3 olması istenilmektedir. Tutkalın sertleşme sıcaklığı yonga rutubetinin %6'nın altında olması durumunda 150°C'den yüksek olmalıdır. Sertleştirici içeren tutkalların kullanılması durumunda ise sıcaklık 135°C'nin üstünde olmalıdır [33].

Presleme süresi üre formaldehit ile üretilen yongalevhalarından daha uzun olup 19 mm kalınlıktaki yongalevhalar 150°C sıcaklıkta 15 dakikada sertleşirken daha kalın levhaların elde edilmesi güçtür. Pres basıncı daha yüksektir. Bu tutkallar sıcaklık etkisi ile sertleştiğinden daha dirençli olabilmekte ve iyi bir boyutsal stabilite sağlayabilmektedir [1]. Sertleşmiş fenol formaldehit tutkalının özgül ağırlığı 1.2–1.3g/cm³, kırılma indisi 1.6'dır.

Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. pH derecesinin değişmemesi gerekir.

Fenolik tutkallar 200°C'nin üzerine kadar stabildir. Bu sıcaklığın üzerinde yavaşça yanmaya başlar ve daha yüksek sıcaklıklarda yanma hızlanır [1].

1.3.2.2.1.2. Üre Formaldehit

Üre formaldehit (ÜF) tutkalı ucuz olması, kullanım kolaylığı ve teknik üstünlükleri ile odun esaslı levhaların üretiminde ve masif konstrüksiyon işlerinde en fazla kullanılan tutkallardandır. Avrupa'da tüm levha endüstrisinde kullanılan tutkalların %90'nını üre formaldehit oluşturmaktadır [1].

Üre formaldehit sulu ortamda dağılmış, üre ile formaldehitin yüksek molekülü ağır polimerileridir. Üre ile formaldehitin kademeli bir şekilde kondenzasyonu sonucu kuru ve sıvı hallerde elde edilebilir. Formaldehit metanolün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu yolu ile üretilmektedir. Metanol ise maden kömürü, oksijen ve hidrojeninden metanol sentezi yoluyla elde olunmaktadır.

Üre renksiz, kokusuz, suda kolaylıkla çözünebilen kristal halinde bir madde olup, % 100'lük sıvı amonyağın sıvı karbondioksit ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak amonyum karbominat meydana gelmekte buna amonyak ilave edildiği takdirde su ayrılarak üre elde edilmektedir [1, 10].

pH'in 5-5.5 olduğu ortamda sulu çözeltide 1 molekül üre için 1.125-2 molekül formaldehitin karıştırılması ile bir reaksiyon vuku bulmakta pH değeri ve sıcaklığa bağlı olarak reaksiyon hızı ayarlanmaktadır. Reaksiyon pH'ın 7 veya 8'e çıkarılması ve soğutma ile durdurabilmektedir. Tutkal %40-60 katı madde içerecek şekilde satışa sunulmaktadır. Katalizör olarak; genellikle düşük konsantrasyonlu asit veya asit oluşturabilen amonyum sülfat veya amonyum klorür ilave edildiğinde sertleşme hızlanır. Viskozite kullanım yerine göre 200-300 cps arasında değişmektedir.

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için levha orta kısmının sıcaklığı 100°C civarında olmalıdır. Ayrıca, sertleşme hızı sıcaklık ve rutubete bağlı olarak 15-120sn arasında, yapışma direnci yüksek, rengi beyaz veya şeffaftır [10].

Üre formaldehit oduna selüloz zincirlerinin "-OH" grupları ile bağlanır. Dispersiyonun sulu olması ve polar özelliği sebebiyle yongaları iyi ıslatır. Tutkal kullanım oranları odunsu materyalin; sertlik, rutubet ve pH değerine göre belirlenir [1].

1.3.2.2.1.3. Melamin Formaldehit

Melamin formaldehit, melamin ve formaldehitin kondenzasyonu sonucu oluşan bir tutkal türüdür. Depolama süresinin uzun olması ve ÜF tutkalının suya ve rutubete karşı direncini arttırmak için genellikle üre ile karıştırılarak melamin üre formaldehit olarak kullanılmaktadır. Sulu çözeltisinin dayanma süresi çok kısa olduğundan toz halinde olup normal oda sıcaklığında (21°C) 12 ay kadar depolanabilir [10, 38].

Melamin formaldehit tutkalı yapısal olarak üre formaldehite benzemekte olup, üre formaldehitten daha üstün özelliklere sahiptir. Ancak, fenolik tutkallar kadar iyi özelliklere sahip değildir. Odun esaslı levha üretimleri için, melamin formaldehitin üretim esnasında oluşan ürünlerin, metilolüre, metilolmelamin, formaldehit ve asit formdaki tuzların sulu çözeltilerinin polimerize olmamaları gereklidir [39].

Melamin formaldehit, sertleştirici kullanılmadan 90–140°C sıcaklıklarda sertleşebilmektedir [10, 38]

1.3.2.2.1.4. İzosiyanat Tutkalı

Çok pahalı ve rutubete karşı dayanıklı olan izosiyanat tutkalı yongaları iyi yapıştırdığından fenolik tutkallardaki kadar yüksek özgül ağırlıkta levhalar üretmektedir. İzosiyanatlar, OSB üretiminde fenol formaldehitten sonra en yaygın olarak kullanılan tutkal türüdür. Pres sırasında fenol formaldehite göre daha düşük sıcaklıklarda daha hızlı bir şekilde sertleşirler ve renk avantajı vardır. Ayrıca daha uzun ömürlüdür [40]. Saman gibi zor yapıştırılan materyal ile kullanılabilen izosiyanat tutkalının en büyük dezavantajı, alüminyum ve çelik saçlara yapışması nedeniyle preslerde sorun oluşturmasıdır. Bu sorun ise gliserin gibi yapışmayı önleyici maddelerin veya dış tabakalarda fenolik tutkalların kullanılmasıyla önlenmektedir [1].

Difenilmetal diizosiyanat odunun “-OH” grubuyla birleştiği için higroskopitesini azaltır. Bu nedenle aynı iklim koşullarında izosiyanat kullanılarak üretilmiş levhanın denge rutubeti masif odunun denge rutubetinden daha azdır. Üretilen levhalar su ve rutubete karşı dirençli olmaları nedeniyle dış hava koşullarında kullanıma uygundur.

1.3.2.2.1.5. Lignin Esaslı Tutkallar

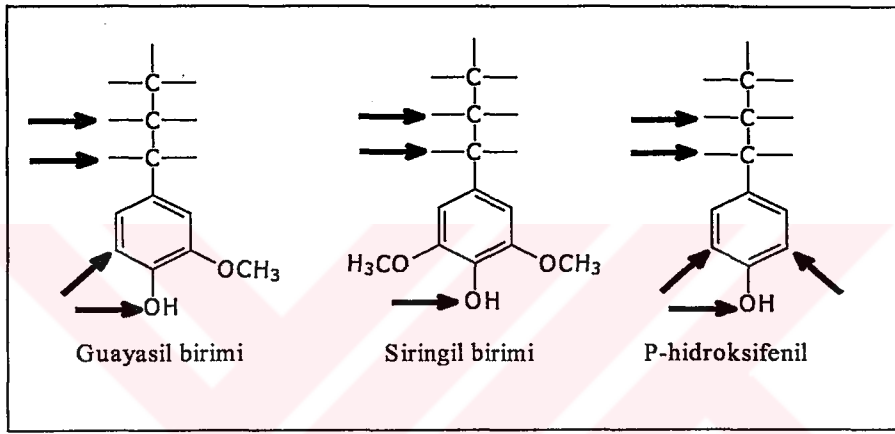
Dünyada ürün maliyetini azalmak için alternatif bağlayıcılar arayışı devam etmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda fenol formaldehit ve üre tutkallarına alternatif düşük maliyetli bağlayıcılar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Öte yandan kâğıt fabrikalarında atık olarak oluşan siyah çözeltiden çökelti olarak elde edilen kraft, sülfite ve organosolv ligninin bağlayıcılık özelliklerinden yararlanılarak alternatif tutkallar üretilmektedir. Kimyasal yapısının fenole benzemesinden dolayı lignin, fenolün yerine kullanılabilir. Kâğıt fabrikalarından atık olarak ortaya çıkan ligninin yapıştırıcı olarak sülfite yöntemiyle elde edilmeye başlanmasından bu yana özellikle fenol formaldehit yapıştırıcıları için temel hammadde olmuştur. Sülfite atık suyunun kâğıt, odun ve diğer lignoselülozik malzemeler için tutkal olarak kullanılmaya başlanmasına ilişkin alınan ilk patentler 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. Ligninin geniş kademelerdeki teknik kullanımı dünya çapındaki miktarı göz önünde bulundurulduğunda çok yetersiz kalmaktadır. Günümüzde kâğıt fabrikalarındaki atık çözeltilerin çoğu yakıt amacıyla değerlendirilmektedir. Sadece %20'si değişik amaçlar için kullanılmaktadır [41, 42].

Yongalevha üretiminde daha çok tanen ve sülfite atık suyu kullanılmaktadır. Tanen açık hava şartlarında kullanılacak yongalevha üretiminde uygun olmaktadır. Selüloz üretimi sırasında atık su olarak meydana gelen sülfite çözeltisi basit bir asitlendirmeye maruz kaldıktan sonra üretimde kullanılabilir. Yapılan çalışmalarda özellikle fenol formaldehit tutkalına ilave edilerek kullanılan sülfite atık suyu ile üretilen yongalevhaların su ve rutubete dayanıklı olduğu belirlenmiştir [43].

1.3.2.2.1.5.1. Ligninin Yapısı ve Özellikleri

Odunun ana bileşenlerinden biri olan lignin iğne yapraklı ağaçların %30'unu, yapraklı ağaçların ise %20'sini oluşturmaktadır. Molekül yapısı itibariyle fenilpropan (C₉) birimlerinden müteşekkil lignin, eter ya da karbon-karbon bağlarından oluşmaktadır. Ortalama molekül ağırlığı 8000–11.000 arasında olup, molekülleri üç boyutlu düzlemde dallanmış ve karmaşık yapıya sahip bir polimerdir [44, 45, 46]. Molekül düzeyindeki kimyasal yapısı tam olarak belirlenmemiş olan ligninin DP(depimerizasyon derecesi)'si kesin olarak bilinmemektedir. Ancak, iğne yapraklı ağaç odunu ligninin 100 veya daha fazla fenilpropan biriminden oluştuğu tahmin edilmektedir [47, 48, 49].

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının ligninleri yapı elemanı olarak birbirinden farklı olup, kimyasal sınıflandırmada guayasil grubuna dâhildir. Bu tür lignin molekülünün yaklaşık %90'lık kısmı guayasil propan; %10'luk kısmı ise parahidroksifenilpropan birimlerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla lignin yapısında her bir fenil propan birimi başına 0.9–1.0 metoksil (-OCH₃) grubu düşer. Her bir fenilpropan ünitesi Şekil 1'de oklarla gösterilen noktalardan bir diğer ünite ile bir veya birkaç noktadan bağ kurarak lignin molekülünü oluşturur [50].



Şekil 1. Lignini oluşturan birimler (Oklar ünitelerin lignin molekülünü oluştururken yaptıkları bağlantı noktalarını göstermektedir.) [50].

Yapraklı ağaç odunlarında bulunan lignin ise guayasil-siringil lignini olarak isimlendirilmiştir. Yapraklı ağaç lignininin molekül ağırlığı iğne yapraklı ağaçlarından daha düşük olup, guayasil propan ünitelerinin yanında siringil propan birimlerini de içerir. Yapraklı ağaç lignininde her bir fenil propan birimine karşı 1.2–1.5 kadar metoksil grubu bulunur. Otsu yapıdaki yıllık bitki gövdesinde bulunan lignin yapı olarak yapraklı ağaç odunu ligninine benzemektedir.

Lignin, hidrofil karakterdeki selüloz ve hemiselülozların tersine hidrofob özellikte olup, odunun su almasını sınırlamaktadır. Bu özelliği nedeniyle odun sert ve katı bir görünüme sahiptir. Yoğunluğu 1.37g/cm³ olan lignin ısıtıldığında 135°C'ın üzerinde yumuşamaya başlayıp termoplastik fenol tutkalı gibi davranmaktadır.

Odun gövdesinde lignin bakımından en zengin kısım orta lamel olup hücre çeperi içerisine gidildikçe lignin oranı düşmeye başlar. Orta lamelde lignin oranı %85 iken sekonder çeperde bu oran %20'ye kadar düşer. Ancak odun içinde sekonder çeperin bağıl

ağırlığı fazla olduğundan, odundaki ligninin %70'den fazlası sekonder çeper içerisindeki mikrofibril aralarında bulunmaktadır [51].

1.3.2.2.1.5.2. Kraft (Alkali) Lignini

Kraft lignin fenol formaldehit tutkalı üzerine yapılan çalışmalarda, sanayide kullanılan fenol formaldehit tutkalının üretim yöntemine paralel bir yöntem izlenilmektedir. Danielson çalışmasında farklı fenol / lignin oranları ile denemeler yapılmış (80/20, 60/40, 56/44, 52/58, 50/50, 40/60 ve 20/80) ve daha düşük oranda formaldehit kullanmıştır. Bu tutkallar ile kontrplak üretilerek yapışma özellikleri belirlenmiştir. En iyi sonucu 50/50 fenol/kraft lignin oranı kullanarak üretilen kontrplaklardan elde etmiştir. Üretilen lignin tutkalının viskozitesi, kullanım süresi ve yapışma kalitesi bakımından fenol formaldehit tutkalı ile karşılaştırılabilir olduğunu belirlenmiştir. Böylelikle, %50 oranında kraft lignini kullanımı ile, hem ekonomik üretimler gerçekleştirileceği, hem de sağlık açısından zararları bilinen formaldehit oranında %40'lara kadar bir azalma sağlanacağını belirtmiştir [2].

Şili'de siyah çözültiden elde edilen kraft lignininin tutkal olarak değerlendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada 3 farklı üretim yöntemi kullanılmıştır. Lignin metilolasyon, dimetilolasyon ve ultra filtrasyon yöntemleri ile modifiye edilerek, yongalevha üretilmiş ve fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar fenol ve üre formaldehit tutkalları ile karşılaştırılmıştır. Ultrafiltrasyon yöntemiyle elde edilen sıvı lignin %40'lara kadar fenolün yerine kullanılabilirliği, metilolasyon ve dimetilasyon yöntemleri ile elde edilen sıvı ligninin ise %20'ye kadar fenolün yerine kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır [52]. Başka bir çalışmada, ligninin metilolasyon ya da ultrafiltrasyon yöntemleri ile modifiye edilerek %70'lere kadar fenolün yerine kullanılabilirliği belirtilmektedir [53].

1.3.2.2.1.5.3. Sülfid Atık Suyu

30 yıldan fazla bir süreden beri selüloz üretimi esnasında elde olunan sülfid atık sularının odun kompozit malzemelerinde kullanılabilirliği araştırılmış ve bu konuya ilişkin birçok patent alınmıştır [6, 41].

Sülfür atık suları içindeki lignin molekülleri parçalanarak elde edilen fenol türevleri, sentetik tutkal üretiminde kullanılmıştır. Doğal ligninin fenol formaldehit veya üre formaldehit gibi çözünmeden yapıştırıcı özellikte olması için çapraz bağlar oluşturması gerekmektedir. Bu yüzden levhalar üretim esnasında ya uzun süreli pres süresine ve ardından otoklav içerisinde ısı düşük basınç altında ısı işleme tabi tutulurlar ya da sülfirik asit veya hidrojen peroksit ile sertleşme sağlanır [6, 42]. Uzun pres süresi ve ardından yapılan ısı işlemi üretimin ekonomikliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Asitlendirilmiş sülfür atık suyunun kullanılmasıyla başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Kalaycıoğlu tarafından yapılan bir çalışmada; lignosülfonatların levha üretiminde hiçbir ek işlem görmeden direkt olarak %20'ye kadar fenol formaldehit tutkalına ilave edilerek kullanılacağı belirlenmiştir [54].

Barry ve arkadaşları tarafından Kanada'da yapılan başka bir çalışmada ise karaçam odunundan elde edilen sodyum ve amonyum bazlı lignosülfonatlar metilolleştirilerek modifiye edildikten sonra, termal özellikleri fenol formaldehit ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda bir saatlik metilolasyon ile lignin düşük sıcaklıklarda sertleşebildiği, lignin miktarı arttıkça sertleşme aktivasyonu arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Fenolik tutkallara ligninin katılması ile sertleşme reaksiyonunu hızlandığı sonucuna varılmıştır [55].

1.3.2.2.1.5.4. Organosolv Ligninin Tutkal Olarak Kullanımı

Lignoselülozik hammaddeden lignin ekstraksiyonunu sağlamak için organik çözücülerin kullanıldığı organosolv yöntemlerle kağıt hamuru üretimi sonrası oluşan organosolv lignininin modifiye edilmesiyle bir kısım fenol yerine kullanılarak fenolik bir tutkal geliştirilmiştir. Sonuçlar organosolv ligninin fenol formaldehit tutkallarında %30 oranına kadar kullanılması ile levha üretimine uygun fenol formaldehit tutkallarının uygulanabilir olduğunu göstermiştir [56, 57, 58].

Kalaycıoğlu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada, fındık kabuğunun organosolv pişirmesiyle elde edilen siyah çözümlerinden sülfirik asitle çöktürülerek üretilen ligninin yongalevha üretiminde %20'ye kadar fenol formaldehit tutkalı ile karşılaştırılarak kullanılabileceği belirlenmiştir [59].

Kazayawoko tarafından Kanada'da yapılan bir çalışmada şeker kamışının furfural ile ekstraksiyonundan elde edilen kalıntı ligninin termal karakteristikleri belirlenmiş ve

yongalevha üretiminde tutkal olarak kullanılma imkânları araştırılmıştır. Lignin fenol formaldehit tutkalına katılması ile viskozite artmış, aktivasyon enerjisinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Entalpi polimerizasyonu lignin miktarı arttıkça azalmış ve yongalevha üretiminde %40'a kadar fenolün yerine kullanılabileceği belirtilmiştir [60, 61].

1.3.2.3. Katkı Maddeleri

Katkı maddeleri; yongalevha endüstrisinde sentetik tutkalların özelliklerini iyileştirmek amacıyla tutkala ilave edilmektedir. Bunlar; pres süresini kısaltma, stabilite sağlama, yanmayı geciktirme, koku giderme sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilirler [33].

1.3.2.4. Sertleştirici Maddeler

Yongalevha endüstrisinde sertleştirici maddeler, kullanılan tutkal türüne göre değişiklik göstermektedirler. Bazı tutkallar için çok gerekli olmamakla birlikte üre formaldehit tutkalı kullanımında, mutlaka bir sertleştirici maddeye ihtiyaç vardır. Bu amaçla kimyasal reaksiyon sırasında asit ayrıştıran maddeler kullanılır. En çok kullanılan amonyum klorürdür. Az miktarda da amonyum sülfat kullanılabilir. Özellikle yaz aylarında amonyum tuzunun düşük sıcaklıklarda çözeltinin formaldehit ile reaksiyona girmesini yani tutkal reaksiyonunun prese girmeden başlamasını önlemek için çözelti içerisine üre veya amonyak ilave edilir.

Yongalevha üretiminde; presleme sırasında ısının, levha ortasında bulunduğu varsayılan simetri eksenine iletimini ve ortada yoğunlaşan buharın dış tabakalara akışını engellemek amacıyla orta tabakalarda kullanılan sertleştirici oranının dış tabakalar için kullanılan sertleştirici oranından daha fazla olması gerekir. Mevsimlere göre değişmekle birlikte bu oran 3–4 katı kadardır.

Suda çözünebilen fenol formaldehit tutkalı, herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın, yalnızca sıcaklık etkisiyle sertleştirilebilir. Bu durumda, sıcaklığın 135-155 °C arasında olması gerekmektedir. Fakat sertleştirici kullanmak sureti ile sertleşme hızlandırılabildiği gibi sıcaklığın düşürülmesinde mümkün olmaktadır. Bu maksatla, hegzametilen tetraamin veya kalsiyum karbonat kullanılabilir [1].

1.3.2.5. Hidrofobik Maddeler

Yongalevhelerde; özellikle taşıma, depolama ve yüzeylerin kaplanması esnasında ortamda bulunan rutubete karşı boyutsal stabilite sağlamak ve levhanın su alarak kalınlığına şişmesini önlemek için hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. En çok kullanılan hidrofobik madde parafindir. Genellikle, iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla % 0.3–0.5, yapraklı ağaçlarda ise % 0.5–1 oranında parafin kullanılmaktadır. Özellikle, % 0.2–0.3 oranında parafin kullanılması durumunda, levhanın kalınlık artış miktarlarında dikkate değer bir azalma ve mekanik özelliklerde ise değişiklik olmamaktadır [1].

1.3.2.6. Koruyucu Maddeler

Ağaç malzemenin emprenyesi, odunun çeşitli koruyucu özelliklere sahip kimyasal maddelerle işleme sokulması anlamına gelmekte olup, bu amaçla yüzyıllardır çok çeşitli maddeler kullanılmış ve çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bu maddeler genel olarak organik solventler ve suda çözünen ve yağlı emprenye maddeleri olarak sınıflandırılmaktadır. Her bir sınıfa ait maddeler farklı kullanımlarda ve degradasyon şartlarında farklı etkinliklere sahip olmaktadır. Son yıllarda bazı emprenye maddelerinin, emprenye edilmiş ağaç malzemenin ve aynı zamanda hizmet ömrünü tamamlamış emprenyeli ağaç malzeme atıklarının yaratabileceği çevre problemleri nedeniyle yeni emprenye maddelerinin geliştirilmesi ve çevreye zararı en az olanlarının kullanımının arttırılmasına yönelik çalışmalar yoğunlaşmış bulunmaktadır.

Odun esaslı levhalarda bu maksatla, fenol ve pentaklor fenol tuzları, kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C) ve amonyaklı bakır arsenik gibi maddeler, yanmaya karşı ise; çinko, arsenik, bakır, boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler kullanılmaktadır [1, 6].

1.3.2.6.1. Emprenyenin Tanımı ve Emprenye Maddeleri

Ağaç malzemenin korunması ve emprenye denilince, yuvarlak ve işlenmiş haldeki ağaç malzemenin, bir kimyasal madde ve bir emprenye yöntemi kullanılmak suretiyle

değişik kullanım yerlerindeki dayanma süresinin uzatılmasına yönelik tedbirler anlaşılmaktadır. Bu çerçevede, TS 344'de göre aşağıdaki tanımlar yapılmıştır [62].

Ahşap koruma: Ahşap ve her çeşit ağaç malzemenin özelliklerini bozan veya tahrip eden zarar veya zararlılara (çürüme, çatlama, renk bozuklukları, yıpranma, yangın vb.) karşı girişilen her türlü önleyici kurtarıcı işlemlerdir.

Ağaç malzemenin değişik yer ve ölçüde kullanım esnasında özelliklerinin çeşitli etkenler vasıtasıyla olumsuz yönde etkilenmiş ya da etkilenmesi durumuna zarar denilmektedir.

TS 344'e göre zarar çeşitleri ve bunlara ilişkin bazı tanımlar aşağıda verilmiştir [62];

1. **Biyolojik zarar:** Bitkisel ve hayvansal (böcekler, mantarlar, deniz içinde ahşabı tahrip eden hayvanlar, kemiriciler, kuşlar, ökseotu vb.) etkilerle oluşan zarardır.

2. **Mekanik zarar:** Basınç, sürtünme, aşınma, çarpma vb. mekanik etkenler ile oluşan zarardır.

3. **Fiziksel zarar:** Sıcaklık, rutubet gibi etkenler ile meydana gelen zarardır.

4. **Kimyasal zarar:** Kimyasal maddelerin etkisiyle meydana gelen zarardır.

5. **Kullanım zararı:** Ağaç malzemenin tür ve doğal özelliklerinin kullanım yeri istemlerine uygun seçilmemiş ve uygulanmamış olması sonucunda oluşan zarardır.

TS 344'e göre ağaç malzemenin korunmasına yönelik bazı önlemlerin çeşitleri ve bunların tanımları aşağıda verilmiştir [62];

1. **Koruyucu önlem:** Zararlıların ağaç malzemeyi etkilemesinden önce yapılan her türlü koruma işlemleridir.

2. **Teknik işlemlerle koruma:** Ağaç malzemenin üretim ve yapım için kullanılmasında uygulanması gereken tüm teknik işlemlerdir.

3. **Kimyasal koruma:** Ağaç malzemeye katı, sıvı ve gaz halindeki kimyasal maddelerin uygulanması veya nüfuz ettirilmesine ilişkin tüm işlemlerdir. TS 344'e göre kimyasal korumanın çeşitleri ve bunların tanımları aşağıda verilmiştir [62].

4. **Emprenye:** Emprenye maddelerinin ağaç malzemeye uygulanmasına veya nüfuz ettirilmesine ilişkin tüm işlemlerdir.

5. **Emprenye derinliği:** Ağaç malzemenin emprenyesinden sonra emprenye maddelerinin ağaç malzemeye nüfuz etme derinliğidir.

Derinliği yaklaşık 1–2 mm olan emprenye işlemine yüzeysel, en az 10mm olan emprenye işlemine derin emprenye ismi verilmektedir.

Ağaç malzemenin belirli bölümlerine uygulanan emprenye işlemine yersel, tümünün veya en azından diri odununun tamamının emprenye edilmesi işlemine ise tam emprenye ismi verilmektedir.

Yeniden emprenye; açıkta hava etkisi altında kullanılan ağaç malzeme veya ahşap yapılarda özellikle tehlikeli olan kısımların yeniden emprenye edilmesi işlemidir.

Yukarıda yapılan tanımlara göre “emprenye”; ağaç malzemenin doğal kullanım süresini artırmak için, koruyucu kimyasal maddelerin çeşitli yöntemlerle özel tesislerde ağaç malzeme içerisine nüfuz ettirmek suretiyle besin maddesi olarak kullanılan hücre çeperinin zehirli bir hale getirilmesidir. Ağaç malzemenin bilinen bütün ahşap zararlılarına karşı korunması ve yanmasının geciktirilmesi işlemleri olarak da tanımlanmaktadır [63, 64].

Ağaç malzemeye olan ihtiyaç, ekonomik ve teknik gelişmelere paralel olarak artmış ve arz talebi karşılayamayacak duruma gelmiştir. Bunun sonucu, ormanlara fazla yüklenilmekte, dolayısı ile, arz / talep arasında denge sağlanamadığından ormanlar azalmaktadır. Bu nedenlerle, inşaatlık ahşap malzeme, ağaç direkler, demir yolu traversleri, çit kazıkları, ağaç kapılar, yonga levha ve kontrplak gibi, işlenmiş veya yarı işlenmiş ağaç malzemenin ekonomik ve uzun süreli kullanılması gerekmektedir [65,66,67].

Son 50 yıldır ahşap korumada yaygın olarak kreozot, bakır krom arsenik (CCA) (en yaygın ahşap koruyucu), amonyaklı bakır çinko arsenik (ACZA) gibi birçok koruyucu madde kullanılmaktadır. Formülasyonlarındaki zehirli maddeler nedeniyle bu klasik koruyucu maddelerin birçoğunun insan ve diğer canlıların sağlıklarını tehdit ettiğine ilişkin ciddi araştırma sonuçları bulunduğundan, söz konusu koruyucu maddeler her geçen gün daha fazla çevresel baskılarla karşılaşmakta, sorgulanmaktadır. Bir kısmı da Avrupa’da ve ABD’de yasaklanmıştır.

Bunun sonucu amaçla çeşitli çevre dostu kimyasal bileşikler üzerinde yoğun araştırmalar yapılmakta olup, bunların içinde en önemlisi bor bileşikleridir. Zira mantar ve böceklerle karşı yüksek oranda etkili olması, insan ve hayvanlara karşı olan zehirli etkisinin yok denecek kadar az olması, çevre dostu ve renksiz olması, fiyatının düşük olması, metallere karşı paslandırıcı etkisinin olmaması, yanmayı geciktirici etkiye sahip olması, odunun direnç özelliklerinde herhangi bir olumsuz etki meydana getirmemesi gibi olumlu özellikleri nedeniyle bor bileşikleri odun koruyucu kimyasal madde formülasyonlarında geniş oranda kullanılmakta olup önemi günden güne artmaktadır. Ancak, bazı bor bileşiklerinin suda kolay çözünmesi işlem görmüş ahşap malzemedan su ile temas halinde

yıkanması sonucunu doğurmaktadır. Bu olumsuz etki, bor bileşiklerinin açık alanda kullanılacak ahşap malzemelerin emprenyesinde kullanımını engellemekte; dolayısıyla borun emprenye (odun koruma) endüstrisindeki kullanım alanı ve miktarı sınırlanmaktadır [68].

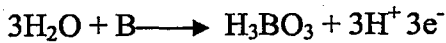
1.3.2.6.1.1. Borlu Bileşiklerin Ağaç Malzeme ve Odun Esaslı Kompozitlerde Emprenye Maddesi Olarak Kullanılması

1.3.2.6.1.1.1. Borun Özellikleri, Kullanım Alanları ve Rezerv Durumu

Bor elementi doğada serbest olarak bulunmamaktadır. Yapay bor ise amorf ve kristal yapısında olmak üzere iki şekilde elde edilmektedir. Amorf bor, siyah veya kahverengi toz şeklinde, kristal bor ise siyah, sert ve kırılımandır. Üç değerli bor, iyonik yarıçapının dört değerli silisten daha küçük olması nedeniyle, magmanın ilk kristalleşmesi sırasında oluşan minerallerin kristal kafeslerinde yer alamaz. Turmalin, danburit, dumortiyerit gibi borosilikatlar, granit pegmatitleri içinde ve granit dokularından oluşan pnömatolitik cevherlerde bulunmaktadır.

Volkanik gazlar içinde ve sıcak kaynar sularında bor miktarının yüksek olduğu, hatta bazı yerlerde ekonomik değerlere ulaştığı bilinmektedir. Türkiye ve Amerika'daki bor yataklarının bulunduğu bölgelerdeki sıcak kaynak sularında bor miktarı 100 ppm üzerindedir. Araştırmacıların çoğu bor'un kaynağını magmaya bağlamaktadır [69]. Yer kabuğunun yaklaşık %0.001 kısmını bor bileşenleri oluşturmakta olup, toprakta 3–10, okyanus sularında 4.5, suda ise 0.01 mikrogram/gram konsantrasyonlarında bulunmaktadır [70].

Bor havada 100°C'de yavaşça okside olmakta ve yüksek sıcaklıklarda yeşil alev vererek yanmaktadır. Su ile yarıml reaksiyonu:



şeklindedir. Bor elementi asit içinde kolayca çözünmektedir.

Bor oksijen ile kolayca birleşerek B_2O_3 oluşturmaktadır. Ayrıca bileşikleri arasında tetraborik asit $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$, Boraks $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, sodyum borat tuzu $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, çinko

borat $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$, magnezyum ve alüminyum borid, bor malojen bileşimleri (bor florür, bor klorür, bor bromür, bor iyodür gibi) bulunmaktadır [69].

Doğada geniş bir yayılış gösteren bor mineralleri ülkemiz açısından büyük bir stratejik öneme sahiptir. Hammadde, yarı mamul ve mamul madde olarak, cam, porselen, seramik, tekstil, deterjan, ağartma, tarım, refrakter, metalurji, yanmayı geciktirici, ahşap koruyucu, nükleer enerji teknolojisi gibi çok farklı sektörlerde 250 çeşit bor bileşeni kullanılmaktadır. Bor aynı zamanda bitki ve hayvan dokularında da bulunmakta ve bitki büyümesi için önemli bir element olarak bilinmektedir.

B_2O_3 bazında 885 milyon ton olan dünya bor rezervinin ve ülkelere göre dağılımı Tablo 1’de belirtilmektedir [71].

Tablo1. Dünya toplam bor rezervinin ülkelere göre dağılımı (1000 ton B_2O_3)

Ülke	Toplam Rezerv Miktarı	Toplam Rezerv Oranı %
Türkiye	563.000	64
Rusya	100.000	11
ABD	80.000	9
Şili	41.000	4
Çin	36.000	4
Peru	22.000	3
Bolivya	15.000	2
Kazakistan	15.000	2
Arjantin	9.000	1
Toplam	885.000	100

Bor ürünlerine en çok talebin olduğu ülke ABD’dir. Dünyanın en büyük üreticilerinden olan Türkiye’de iç tüketim oldukça azdır. Deterjan endüstrisinde tüketilen sodyum perborat dışında, cam ve seramik sektöründe B_2O_3 bazında yaklaşık 20.000 ton civarında bir iç tüketim tahmin edilmektedir. Dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip olmasına rağmen ülkemizin dünya bor pazarında ikinci sırada bulunmasının nedeni iki ülkenin iç tüketimleri arasındaki bu ciddi farktır [72]. Dünya bor üretici ülkelerin bor mineralleri ve rafine bor ürünlerinin sektörel dağılımı Tablo 2’de verilmiştir [73].

Tablo 2. Dünya bor üretici ülkelerin bor mineralleri ve rafine bor ürünlerinin sektörel dağılımı

Kullanım Alanı (%)	ABD	Türkiye	AB Ülkeleri	Japonya
İzolasyon fiberglas	46	-	14	15
Tekstil fiberglas	18	-	20	31
Cam	7	30	7	24
Sabun, deterjan	7	26	12	-
Tarım	4	-	-	-
Emaye, frit	4	16	23	10
Alev geciktirici	4	-	-	-
Diğer	10	28	24	20
Toplam	100	100	100	100

1.3.2.6.1.1.2. Borun Ahşap Korumada Emprenye Maddesi Olarak Kullanımı

Günümüzde borlu bileşikler en güvenli kimyasallardan biri kabul edilmekte ve insan ve çevreye olan etkisi minimum düzeylerde kaldığından kullanımı gittikçe artmaktadır. Diğer ağır metal içeren emprenye maddelerinden daha az toksik özellik taşıması nedeniyle geleceğin en önemli emprenye maddesi olarak görülmektedir [74, 75].

Bor bileşikleri canlılar için önemli koruyucu iken, yüksek konsantrasyonları bakteri, böcek ve mantarlar için toksik özellik taşımaktadır. Bu özelliklerinden dolayı bor bileşikleri antiseptikler formunda bakterilere karşı, koruyucu emprenye maddeler formunda ise kozmetik, gıda, ilaç ve emprenye endüstrisinde geniş olarak kullanılmaktadır [74].

Bor bileşikleri ağaç malzemeyi tahrip eden böcek ve mantarlara hem insektisit hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul edilmektedir. Mantarlarda hüf ve sporların gelişimini anormalleştirilmesi ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasını bozması nedeniyle mantarların gelişmesini durdurmaktadır. Aynı zamanda oksit formunda ko-enzimler bor iyonlarının hedefi olarak mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadırlar [75]. Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinden kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazanmaktadır [76].

Bor esaslı emprenye malzemelerinin kullanılması durumunda ahşaba aynı zamanda alev geciktirici nitelik de kazandırılmaktadır. Dünya bor sektöründe özellikle 2002–2004 yılları arasında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Mobilya ve mefruşat malzemelerinin aleve dayanıklı özellikte olması konusunda ABD’de yeni düzenlemeler getirilmiştir.

Uygulamaya konulan yeni standartlara uygun olarak çinko boratın aleve dayanıklılık özelliği nedeni ile kullanılabilirliği ve tüketiminde artışın gündeme geldiği belirtilmiştir. Yeni standartlar çerçevesinde özellikle yaşam alanlarında sigara, kibrit, çakmak, mum vb kaynaklı yangınlara karşı önlem olarak da gündeme gelmiştir [72].

Ağaç malzeme insanoğlunun ilk çağlarından beri çok çeşitli amaçlarla kullanıldığı en önemli hammaddelerden birisidir. Ancak ağaç malzeme aynı zamanda organik bir madde olduğundan, birçok biyotik ve abiyotik faktörler tarafından degradasyona uğratılmaktadır. Bu faktörlerin başlıcaları odun tahrip eden ve renklendiren; mantarlar, böcekler, termitler, deniz canlıları, bakteriler ve açık hava etkileri olarak adlandırılan sıcaklık, rutubet, radyasyon vb. faktörlerdir. Bunun yanında ağaç malzeme yanıcı özellikte olup yüksek sıcaklıklarda yanmaya eğilim göstermektedir. Ağaç malzemenin sahip olduğu tüm bu olumsuz özellikler bazı koruyucu önlemler ve emprenye teknikleri ile azaltılabilmektedir. Ağaç malzeme kimyasal maddeler kullanımı ile alınabilecek önlemlerle bu etkilere karşı bir dereceye kadar dirençli hale gelebilmekte,, fakat risk faktörlerinin şiddeti ve sürekli olması durumunda kimyasal önlemlere gereksinim duyulmaktadır [74].

Borlu bileşikler masif ağaç malzemedede gerek basınç-vakum ve gerekse batırma-daldırma, yüzeye sürme ve katı partiküller şeklinde ağaç malzemeye uygulanmaktadır. Borlu bileşiklerin yüksek oranda çözünebilir olması, bu bileşiklere aynı zamanda bir dezavantaj kazandırmakta ve emprenye edilen ağaç malzemedden kolaylıkla yıkanabilmektedir [77].

Yıkanmaya karşı dirençli bor bileşikleri içeren emprenye maddelerinin geliştirilmesinde, borun formülasyonda aktif bileşen olarak kaldığı ve bunun yanında bir veya daha çok farklı elementin bulunduğu kompleks karışımlar ön plana çıkmıştır [78].

1.3.2.6.1.1.3. Borlu Bileşiklerin Odun Kompozit Malzemelerde Kullanımı

Günümüzde endüstriyel anlamda odun esaslı kompozit malzemelerin kullanımı büyük oranda artış göstermiştir. Bu tür malzemeler hem iç hem de dış mekânlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Tıpkı masif malzeme gibi kompozitler içinde degradasyon riskinin yüksek olduğu yerlerde emprenye işlemine gereksinim duyulmaktadır. Çoğu kompozit malzeme için özellikle inorganik boratlar uygun emprenye maddeleridir. Borlu bileşikler kompozit üretimi sırasında katı partiküller olarak doğrudan odun yongası, lifi veya tutkala

katılmaktadır. Bu amaçla daha çok çinko borat gibi inorganik borat bileşikleri kullanılmaktadır. Bu bileşiğin daha düşük çözünürlüğünden dolayı yıkanma riskide azaltılmaktadır. Bunun sonucu olarak bu tip kompozit malzemeler dış şartlarda kullanım için daha uygun hale gelmekte ve dayanıklılığı artmaktadır [79].

Kompozit malzemelerin borlu bileşiklerle emprenyesinde dikkat edilecek en önemli özellik malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olabilecek etkileridir. Burada kullanılan tutkal ile ağaç malzeme arasında gerçekleşen bağlanma etkisi en önemli etkidir. Genel olarak borlu bileşiklerin etkileri az olmakla birlikte, kullanılacak tutkal türünün borlu bileşiklerle uyumlu olması gerekmektedir. Bazı durumlarda borik asit veya sodyum boratlar fenol formaldehit tutkalı ile kimyasal uyumsuzluklar göstermektedir. Bununla birlikte çinko boratlar veya susuz boraks başarılı bir şekilde fenol formaldehit ile kullanılabilir [80,81]. Öte yandan polimerik tipte difenil metan diizosiyanat tutkalları çoğu bor bileşeni ile uygun bağlanmalar yapmakta ve kompozit malzeme üretiminde güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Yapı malzemesi olarak kullanılan odun kompozitleri termit saldırılarına karşı büyük risk altındadır. Çeşitli birimlerden alınan raporlara göre termit saldırılarının ABD’de yol açtığı hasar her yıl 3 milyar doları aşmaktadır [82, 83, 84]. Çinko boratın kullanıldığı malzemeyi özellikle termit zararlılarına karşı yüksek oranda dirençli hale getirmesi, kendisini vazgeçilmez bir kimyasal koruyucu haline getirmiştir [85]. Termitlere karşı korumada aynı etkiye sahip olan diğer borlu bileşiklere (kalsiyum borat, disodyum oktaborat tetrahidrat (DOT)) göre kullanılan malzemenin direnç özelliklerine en düşük etkiyi çinko boratın verdiği tespit edilmiştir.

Williams ve arkadaşlarının çalışmalarında borun termitlere karşı direnç üzerine etkisi kimyasal bileşimlerine göre de çeşitlilik göstermektedir. OSB’nin DOT ile muamele edilmesi ile Formosan Subterranean Termitleri’ne (FST) karşı iyi bir koruma sağladığı belirlenmiştir. FST’nin etkilerini azaltmak için %0.54 BAE’nde DOT kimyasalı, virola adlı türde %1’lik bir ağırlık kaybıyla termit ölüm oranında büyük bir artışa neden olduğu belirlenmiştir [86]. Grace ve arkadaşlarının çalışmalarında ise %0.35 BAE değerinde DOT ile muamele edilmiş termitlerin duglas göknarı odunundan beslenmeleri önemli ölçüde azalmıştır. Bunun yanı sıra 3 haftada %100 termit ölümünün gerçekleştiği görülmüştür. %0.54 BAE’nde DOT kullanılan güney çamı odunu, 2 yıl süresince FST termitlerine karşı dirençli hale gelmiştir [87].

Sean ve arkadaşları, %1 oranında çinko borat ile muamele ettikleri yongalardan ürettikleri OSB levhaların termitlere karşı iyi bir dirence sahip olduklarını belirlemişlerdir [88]. Laks ve arkadaşlarının çalışmalarında %1 BAE değerinde çinko borat ve kalsiyum borat ile muamele edilen kavak yongalarından üretilen etiket yongalı levhalar termit etkisine karşı dirençleri karşılaştırılmıştır, sonuç olarak çinko boratın kalsiyum borata oranla daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir [89]. Odun kompozitlerinde çinko borat kullanımı üzerine yapılan araştırmalarda, %1'in üzerinde BAE değerlerinde levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilememeksizin, termit ve biyolojik bozunmalara karşı yeterli koruma sağladığı belirtilmiştir [90, 91].

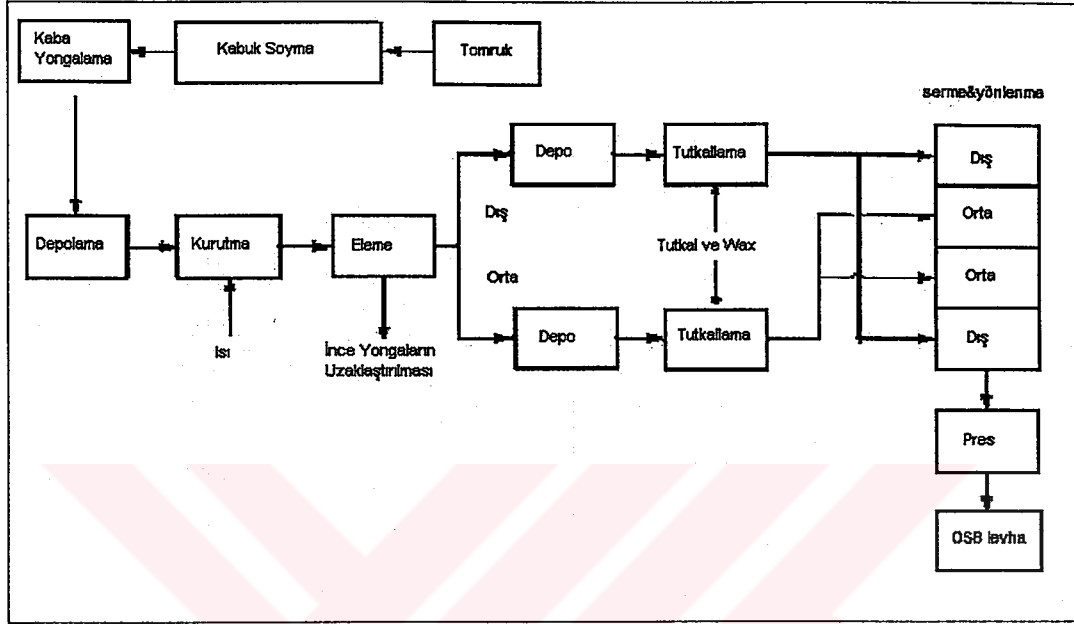
Bor ağaç malzemedede, biyolojik zararlılara karşı direnci arttırmasının yanı sıra malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine olumsuz etkiye sahiptir. Fiziksel özellikler, özellikle kalınlığına şişme ve su alma değerinde kullanılan bor miktarına paralel olarak artış gözlenmektedir. Bor bileşiklerinin malzemenin fiziksel özellikleri üzerine etkisi de farklıdır. Yapılan çalışmalar da çinko boratın, kalsiyum borata ve DOT'a göre malzemenin fiziksel özellikleri üzerine daha az olumsuz etkiye sahip olduğu kanısına varılmıştır [92].

OSB levhalarının çinko boratla empenye edilmesinin, levha özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada; polietilen glikol (PEG) sıcak presleme sırasında tutkalın akıcılığını iyileştirebilmek için kullanılmıştır. Çürüklük mukavemeti belirlenmiş, sonuç olarak çinko boratla muamele edilmiş yongalardan üretilen levhalar *Gloeophyllum trabeum* ve *Coriolus versicolor* mantarlarına karşı yüksek dayanıklı hale gelmiştir. Ağırlık kaybı; muamele edilmiş levhalarda, muamele edilmemiş levhalara oranla %50-40 civarında daha iyi sonuçlar vermiştir. %2'nin altında bir ağırlık kaybı söz konusudur [88].

Yapılarda kullanılan odun esaslı kompozitlerin kullanım yerindeki sıcaklık ve rutubet gibi çevresel faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan veya çıkabilecek küflenmeyi borlu bileşikler ile önlemek mümkündür. Bu konuda yapılan çalışmalarda, OSB panelleri farklı BAE değerlerine sahip DOT ve çinko borat bileşikleriyle muamele edilerek küflenmeyi oluşturan mantarlara karşı gösterdikleri performansları belirlenmiştir. Sonuçlara göre; çinko boratın daha düşük BAE değerinde DOT'tan daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Çinko borat %0.75 BAE değeri ile küf mantarlarına karşı direnç göstermiştir. Fakat, küflenme sorununu tamamen ortadan kaldırmak için sadece borlu bileşiklerle muamele ederek koruma sağlamak yeterli değildir [93].

1.3.3. OSB Levhaların Üretim Teknolojisi

OSB levhaların üretim teknolojisine ait iş akışı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. OSB üretimi iş akışı şeması

1.3.3.1. Hammadde

Yongalevha ve MDF üretiminde kullanılan her türlü odunsu materyal OSB üretimi için uygundur. Kullanılabilecek en düşük ağaç çapı 5 cm’dir. Özel yongalama makineleri yardımı ile kereste artıkları ve iri yongalar da üretimde kullanılabilir. Odunlar havuzlarda depolanmalıdırlar. Böylece rutubetin %45–60 civarında olması sağlanırken aynı zamanda temizlenmiş olurlar. Ancak, odunların aşırı rutubetli olması üretimin sonraki kurutma ve presleme aşamalarında süre ve enerji giderlerini artıracığından kontrol altında tutulması gereklidir [94].

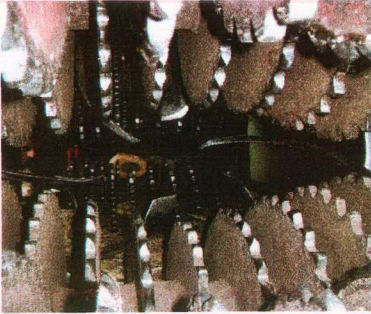
En iyi yonga kalitesi yeknesak anatomik yapısı olan ağaç türlerinden elde edilmektedir. Titrek kavak, söğüt, kızılğaç, dağ akçağacı, çınar, duglas, ladin, göknar ve at kestanesi yonga üretimine en uygun ağaç türleri olup en fazla kavak ve güney çamı tercih edilir [95]. Kavağın yoğunluğunun düşük olması nedeniyle yüksek direnç gerektiren kullanım yerleri için orta tabakada yüksek yoğunluklu çam türleri kullanılabilir [96].

İlkbahar ve yaz odunları arasında özgül ağırlık kontrastı varsa, bu tür odunlardan çok dar yongalar elde edilmektedir. Zira bu durum büyük sakınca teşkil etmemektedir [8].

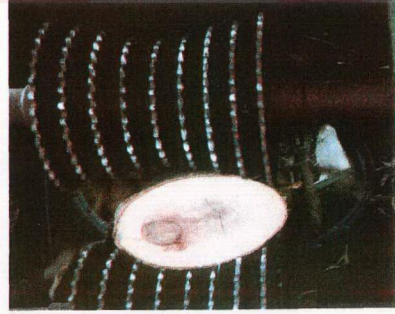
1.3.3.2. Tomrukların Üretime Hazırlanması

Yongalama yapılmadan önce tomruklar temizlenir. Tomrukların sıcak suya batırılarak temizlenmesi işlemi, odunun yumuşamasını ve böylece enerji tasarrufunu sağlar. Ayrıca daha kaliteli yongaların üretimine imkân tanır. Yongalamadan önce odunun rutubetinin %45- 60 arasında olması gerekmektedir [97].

OSB üretiminde kabuk arzu edilmez. Yongalama öncesi tomrukların kabukları soyulur. Kabuk levhanın direnç özelliklerini azalttığı gibi tutkal miktarını da değiştirebilmektedir. Bu amaçla kullanılan kabuk soyma makinelere genelinde iki tipi vardır. Birinci tip makinelerde tomruklar, içinde soyma bıçakları olan yaylı çemberlerin içinden geçerler. İkinci tip makinelerde ise büyük bir tamburun içinde dönerken birbirlerine ve tamburun iç duvarlarına sürtünerek kabuklarından ve yabancı cisimlerden ayrılırlar. Bu makinelerin en etkili "Cambio Debarker" olarak adlandırılan halkalı kabuk soyma makinesidir. Bu makine odun liflerinin önemli bölümünü uzaklaştırmaksızın kabuğu soyabilmektedir [96, 97]. Şekil 3'de böyle bir kabuk soyma makinesi görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3. Halkalı hidrolik kazıyıcı kollu kabuk soyma makinesi örneği [96].

Şekil 3’de kazıyıcı kollu kabuk soyma makinesine tomruk yüklenmemiş (a) ve yüklenmiş hali (b) verilmiştir. Disklerin tomruk etrafında dönmeleriyle ince çaplı tomruklar da kolaylıkla soyulabilmektedir.

1.3.3.3. Yongalama

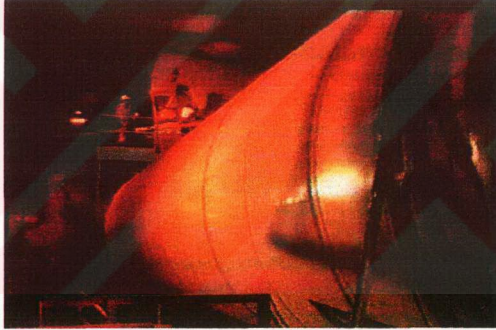
OSB levhaları üretiminde yonga geometrisi büyük önem taşımaktadır, özellikle levhanın direnç özelliklerinin şekillenmesinde önemli faktörlerden biri yonga geometrisidir. Uzun ve ince yongalar daha iyi yüzey sağladıkları için idealdir [8, 94, 98]. Genel olarak yonga kalınlıkları 0.4–0.8mm, genişlikleri 6–25mm ve uzunlukları 38–63mm arasında değişmektedir. SBA (Structural Board Association) üyelerinin kullandığı yonga boyutları 150mm uzunluk, 25mm genişliktedir. Haube OSB yonga boyutlarını 0.5-0.7mm kalınlık, 19-38mm genişlik ve 76mm uzunluk olarak belirtmektedir [99]. Başka bir çalışmada yonga boyutları 19–40mm genişlik, 90–100mm uzunluk olarak belirtmiştir [100,101]. Yonga kalınlık ve uzunluğu levha özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kalınlık arttıkça eğilme direnci değerlerinde azalış, yüzeye dik çekme direnci değerlerinde artış görülmektedir. Diğer taraftan yonga uzunluğu arttıkça eğilme direncinin artmasına karşın yüzeye dik çekme direncinde bir azalma söz konusudur. Çok ince odun parçacıkları ve toz tutkallama sırasında tutkalın büyük bir kısmını penetre edeceğinden, levhanın yoğunluğu yeknesak bir dağılım göstermeyecek ve eğilme ve yüzeye dik çekme direnç değerlerinde azalma görülecektir [29, 39].

Nitelikli yonga elde edebilmek için yuvarlak odun rutubeti lif doygunluğu rutubetinin üzerinde yaklaşık %60 civarında olmalıdır. En iyi OSB yongası, odunun rutubeti lif doygunluk noktasının üzerinde 16–25°C’ye kadar ısıtıldıktan sonra yongalanarak elde edilmektedir [8, 39].

Yongalar “Flaker” denilen özel yongalama makinelerinde bir kalemin ucunun açılmasına benzer bir şekilde kesme ve soyma arası bir hareketle elde edilir [102]. Flaker yongalayıcıları silindirik, halkalı ve diskli olmak üzere üç çeşittir. En çok kullanılan halkalı flaker tipi yongalayıcıdır, son zamanlarda ise ikili yongalama makineleri geliştirilmiştir [39].

1.3.3.4. Kurutma

Yongalama makinesinden çıkan yongalar %1–3 rutubete kadar kurutulmalıdır. Kurutma amacıyla genelde 660°C gibi yüksek giriş sıcaklığına sahip döner silindirli kurutma makineleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı üç geçişli silindirli kurutuculardır (three-pass dryer). Büyük hacimli ve yüksek giriş sıcaklığına sahip olmalarının yanı sıra kâğıt hamuru, küçük boyutlu yonga (particles), büyük boyutlu yonga (flakes) ve lifleri kurutmak için dört farklı tipi vardır [39,96]. Ancak bu tip kurutucular kullanıldığında, uzun yongaları korumak için yonga levha üretiminde kullanılanlara nazaran daha yavaş döndürülmelidirler. Kurutucuya %80–120 rutubet ile giren yongalar % 1-3 rutubete kadar kurumuş olarak çıkarlar. Şekil 4’de geniş hacimli tamburlu kurutucu verilmektedir.



Şekil 4. Geniş hacimli tamburlu kurutucu

Günümüzde OSB üretiminde uzun yongaları düşük sıcaklıklarda kurutmak için konveyör tipi kurutucular da yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda uzun süreli bir kurutma için yangın riski çok daha yüksektir. Rutubet kontrolü levhanın kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğundan rutubet miktarını bilgisayar ortamında otomatik olarak gösterebilen kurutucular geliştirilmiştir [96].

1.3.3.5. Eleme

Kurumuş yongalar yavaş dönen geniş hacimli eleklerde elenirler. Yuvarlak odunların yongalanması sırasında istenilenden daha büyük boyutlarda yongalar meydana gelebilir. Bunlar, levha üretiminde arzu edilmediğinden elenerek ayrılır. Özel makinelerde istenilen boyutlara bölünerek yeniden üretime alınır. İnce materyalin elenmesinde gözenek büyüklüğü 1.0–1.25 mm olan elekler kullanılmalıdır. Aşağı düşen materyal, normal yonga levha üretiminde kullanılmalı veya yakmak için kazan dairesine gönderilmelidir [8].

Eleme sonucu elde edilen orta ve dış tabaka yongaları ayrı kuru silolarda depolanır. Geniş yongalar dış daha küçük yongalar ise orta tabakada kullanılmalıdır.

1.3.3.6. Tutkallama

OSB levhalar genellikle açık hava şartlarında kullanıldığından tutkal olarak genellikle fenol formaldehit, diizosiyanat veya melamin ve fenol ile takviye edilmiş üre formaldehit (MUPF) kullanılmaktadır. Ağaç malzeme daha hızlı tepkime verdiği ve yongaları ıslatma özelliği olduğundan sıvı fenolik tutkallar tercih edilir. Aynı kalitede levha üretebilmek için %3.5–4 sıvı tutkal ilavesi gerekirken toz halde %2.5–2 yeterli olmaktadır [8,103].

İzosiyanat tutkallarının kullanılması durumunda tutkalın pres saçlarına yapışma probleminin çözülmesi gereklidir. En iyi yol dış tabakalarda fenol formaldehit, iç tabakalarda ise izosiyanat tutkalının kullanılmasıdır [104].

Şerit şeklinde olan yongaların tutkallanmasında yonga boyutlarını koruyabilmek için dönme hızı az olan tutkallama makineleri tercih edilir. Yapılan araştırmalarda yongaların tutkal tozu bulutunun içinde kalma süresinin artmasına bağlı olarak levha direncinin de arttığı belirlenmiştir. Ayrıca toz tutkalın sağladığı dirence iki misli sıvı tutkal kullanılarak ulaşıldığı gözlenilmiştir. Öte yandan sıvı tutkal, toz tutkaldan daha düşük maliyette üretilir, katkı maddeleri içerir ve tutkallama daha kolay gerçekleşir [96].

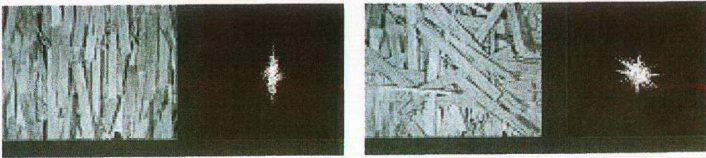
Silolardan gelen yongalar orta ve dış tabakalar olarak ayrı tutkallanırlar. Yongalar tutkallama makinesinin girişindeki terazi vasıtasıyla tartılarak ve istenilen oranda tutkal ile karıştırılır. Tutkallanmış yongalar dozaj silosuna oradan da serme istasyonuna getirilirler.

Levhanın boyut stabilitesini sağlamak ve direnç özelliklerini iyileştirmek için tutkala su itici özelliğe olan mum (wax) katılmaktadır [39]. Kavaktan üretilmiş yongalevhanın tutkallanması sırasında katılan mum miktarının levhanın su alma ve kalınlık artımı değerlerini önemli oranda düşürdüğü yapılan çalışmalarda belirlenmiştir [105].

1.3.3.7. Serme

Yönlendirilmiş ve normal yongalevha üretimindeki en önemli farklılık, serme makinelerinde görülmektedir. OSB levhalar özelliklerini serme istasyonunda kazanmaktadır. Bu nedenle yongaların iyi bir şekilde yönlendirilmesi gerekmektedir. Yönlendirme mekanik yada elektrostatik yöntemlerle gerçekleştirilmektedir [39]. Genellikle dış tabaka yongaları levha uzunluğu boyunca, orta tabaka yongaları ise dik veya 45° açıyla yönlendirilirler. Levha üretimi sırasında her üç tabaka yönlendirilmiş olabileceği gibi sadece dış tabakalar da yönlendirilmiş olabilir [107].Günümüzde mekanik yöntemler daha fazla kullanılmaktadır [106]. Bu amaçla ızgara çerçeveli ve diskli yönlendiriciler kullanılır. En yaygın kullanılanı diskli yönlendiricilerdir. Elektrostatik serme makineleri ise elektroligner sistemi adı verilen bir düzenle çalışmaktadır.

Yönlendirme derecesi levhanın direnç özellikleri üzerine önemli etkiye sahiptir. Yönlendirme derecesinin artması ile levhanın eğilme direnci artar. Yapılan yönlendirmenin istenilen açıda olup olmadığını ve yonga geometrisi levha yüzeyinde yapılan imaj analizi ile belirlenebilmektedir. FIA (Filtered Image Analysis) ve FFT (Fast Fourier Transform) olarak bilinen iki önemli yüzey analizi yöntemi vardır. Şekil 5'de FFT analizine göre monitörde yansıtılarak gösterilmiş iyi yönlenmiş ve iyi yönlenmemiş yonga taslağı verilmiştir.



Şekil 5. İyi yönlenmiş ve iyi yönlenmemiş yonga taslaqları [23].

Serme sonsuz çelik bant üzerinde gerçekleştirilir. Taslak kalınlığı; pres sonrası levhanın kalınlık ve yoğunluğuna bağlı olarak belirlenir. Levha kalitesini arttırmak amacıyla hacim ağırlık esaslı dozajlama yapmak gerekmektedir.

Mekanik serme makinelerini 4 gruba ayırmak mümkündür.

1- Enine ve boyuna yönde yönlendirme yapabilen hücreli silindirli serme makineleri

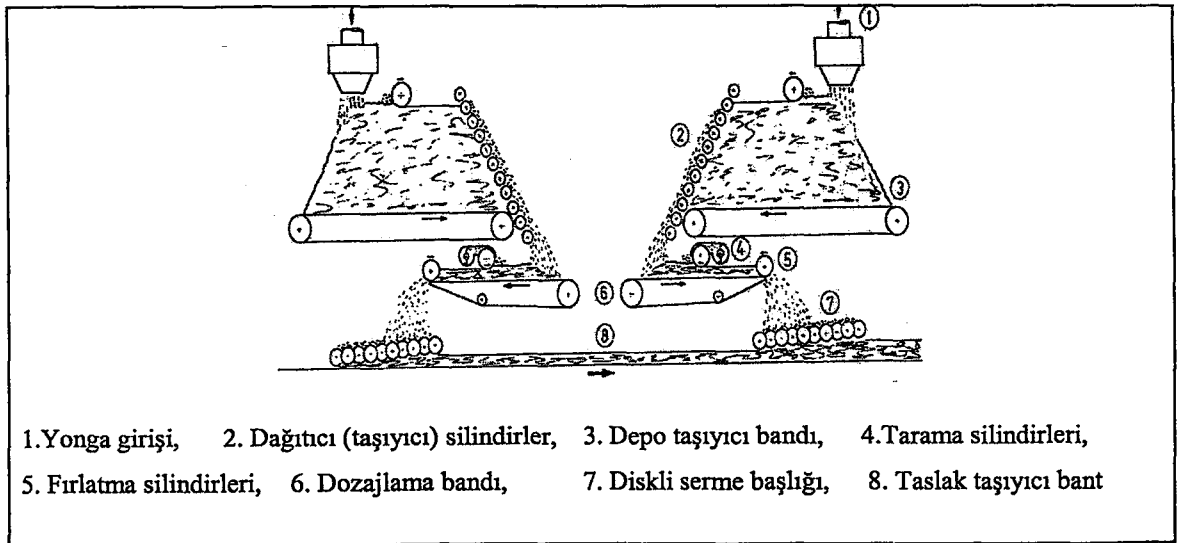
2- Yalnız levha üretim yönünde yönlendirme yapabilen diskli silindirler serme makineleri

3- Enine ve boyuna yönlendirme yapabilen ve zıt yönlerde hareket edebilen profilli serme başlığına sahip serme makineleri

4- Diskli serme makineleri [8].

1.3.3.7.1. Diskli Serme Makinesi

Siempelkamp firması tarafından geliştirilen bu serme makinesinin çalışma prensibi Şekil 3'te şematik olarak verilmiştir. Bu serme makinesinde, yapılan ayarlamalar ile yongalar arzu edilen şekilde yönlendirilebilmekte, ince materyalin levhanın alt ve üst tabakalara, kalın materyalin ise orta tabakaya gelmesi sağlanabilmekte veya bu işlemlerin tamamen tersi yapılabilmektedir [8]. Böylece levhanın ikinci yarısının serilmesi mümkün olmaktadır.



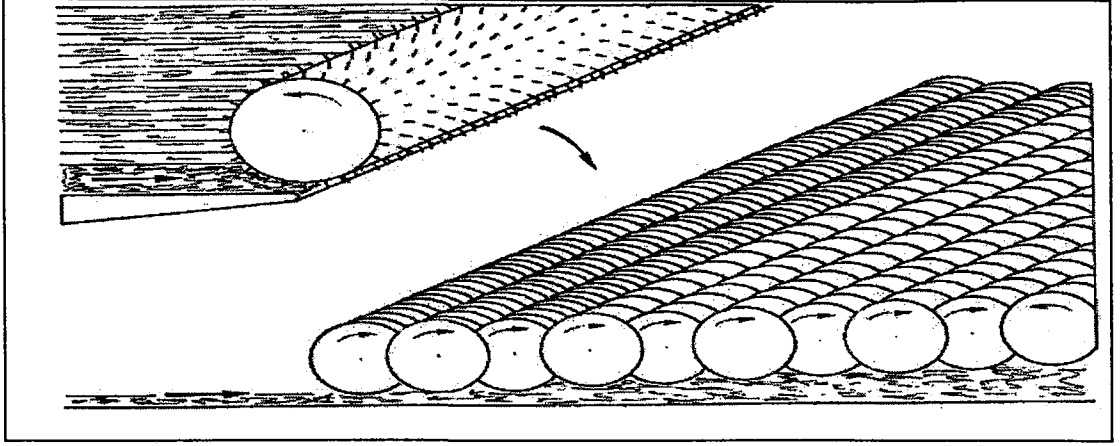
Şekil 6. Diskli serme makinesi [8].

Şekil 6'nın incelenmesinden anlaşılacağı gibi yongalar, form istasyonunun besleme deposuna boyuna ve enine yönde hareket edebilen başlık aracılığı ile aktarılır (1). Depodaki yonga seviyesi bir seviye kontrol aygıtı ile sabit tutulur. Geri aktarma silindiri depo içindeki yonga seviyesinin sabit bir yükseklikte kalmasını sağlar. Deponun ön kısmında bulunan ve dönme hızları sabit olan fırçalı silindirler dozajlama yaparlar (2). Deponun taban bandının hızı, kademesiz bir şekilde arttırılabilir(3). Bandın görevi yonga yığınına iğneli silindirlere taşımaktır.

Yongalar fırçalı silindirlerden dozaj bandının üzerine düşmektedir. Dozaj bandı üzerinde tarayıcı (4) bir başka silindir bulunmaktadır. Bu silindir, dozaj bandı üzerine düşen fazla miktardaki yonga yığını yanındaki enine silindire iletir. Bu son silindirin görevi fazla materyali tekrar form istasyonu deposuna geri göndermektir. Dozaj bandının sonunda fırlatma silindiri (5) bulunmaktadır. Fırlatma silindirinin gevşeterek fırlattığı yongalar diskli serme başlığı (6) üzerine düşer.

Yonga yoğunluğu dalgalanmalarının az olduğu durumlarda sermede dozajlama hacmen yapılmaktadır. Bunun aksine, yonga yoğunluğu değişimleri söz konusu ise, hacim ve ağırlık ölçüsüne dayanan kombine bir dozajlama sistemi uygulanır. Makineler, tarama ve fırlatma silindirleri arasında yüzey ağırlığını ölçmeye yarayan izotop cihazı yerleştirilmesine imkan verecek şekilde düzenlenmiştir. Ölçü değerine göre, tarama silindirleri yüksekliği ve depo taban bandının hızı otomatik olarak ayarlanabilir. Diğer bir çözüm şekli; serme makinelerinin arkasına bir bant terazi yerleştirilerek yüzey ağırlığı kontrol edilir ve gerekli ayarlamalar yapılarak sermenin yeknesak olması sağlanır.

Bu sistem Şekil 7'de gösterildiği gibi yongaları yönlendirmede makinenin en önemli parçası diskli serme başlığıdır. Serme başlığı ard arda gelen silindirler ve bunların üzerinde yan yana paralel dizilmiş disklerden oluşur. Ard arda gelen miller üzerindeki diskler birbiri içine geçmiş durumdadır.



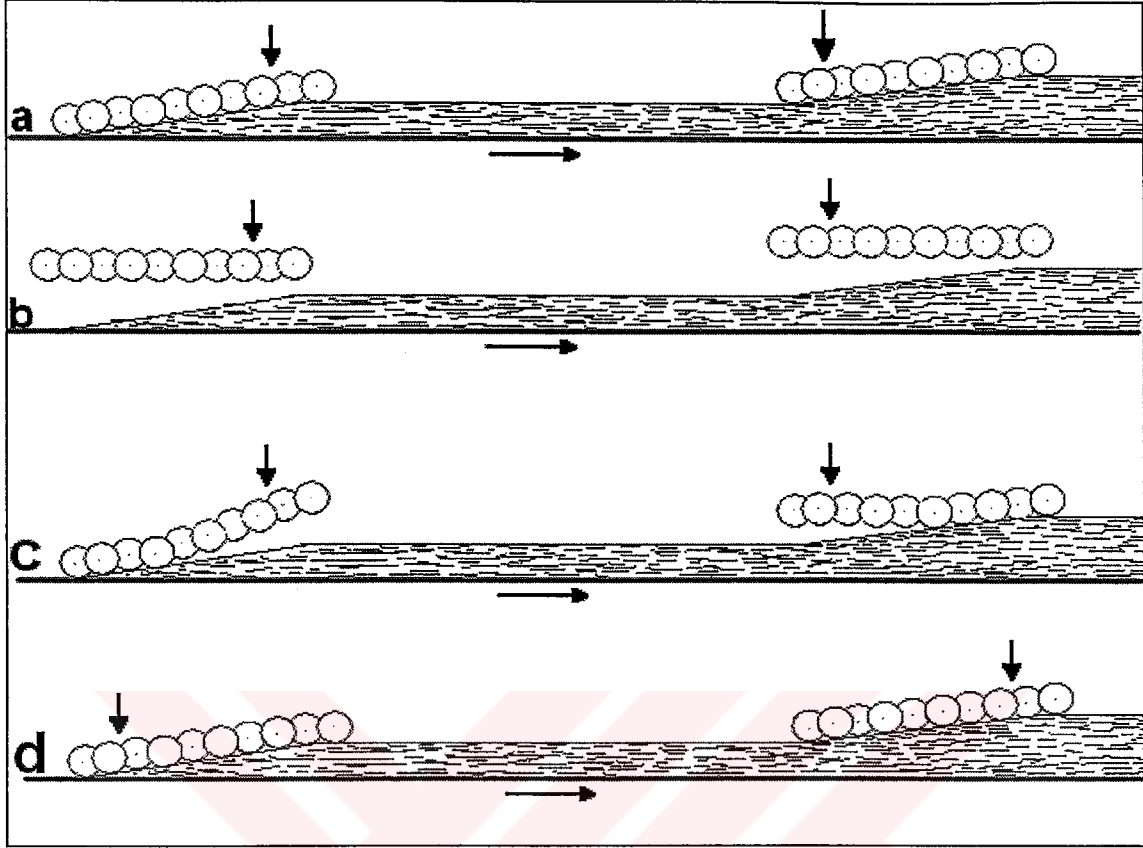
Şekil 7. Diskli serme başlığı detayı [8].

Diskler arasındaki açıklığın dar olduğu taraftan ince materyal, çok olduğu taraftan ise kaba materyal serilmektedir. Diskler üzerine düşen yongaların arasında ince materyal alta geçerken, büyük boyutlu yongalar diskler tarafından ileri doğru taşınır ve daha geniş olan bu aralıklardan bandın üzerine serilerek yönlendirilirler.

Yongaların serme başlığı boyunca optimal dağılımını sağlamak üzere, her bir silindirin dönme hızı birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir. Son silindir, daha önceki diskler arasından aşağıya düşmemiş en kaba yongayı sistemden uzaklaştırmak için ters yönde döner. Son iki silindir arasında ileri doğru taşınan kaba yonga bir bant transport vasıtasıyla sistemden uzaklaştırılır.

Serme başlığı boyunca diskler arasında farklı açıklıkların olması, yongaları yönlendirmenin yanında, sınıflandırılmasını da yaparak ince yongaların dış tabakaya, kalın ve uzun yongaların ise orta tabakaya gelmesini sağlamakta, böylece levhanın optimal eğilme direncine ulaşmasını gerçekleştirebilmektedir.

Serme başlığının banttın yüksekliği ve yükseliş açısı ayarlanabilmektedir. Bu sayede yönlendirme tam yönlendirme ile zayıf yönlendirme arasında arzulandığı şekilde yapılabilmektedir.



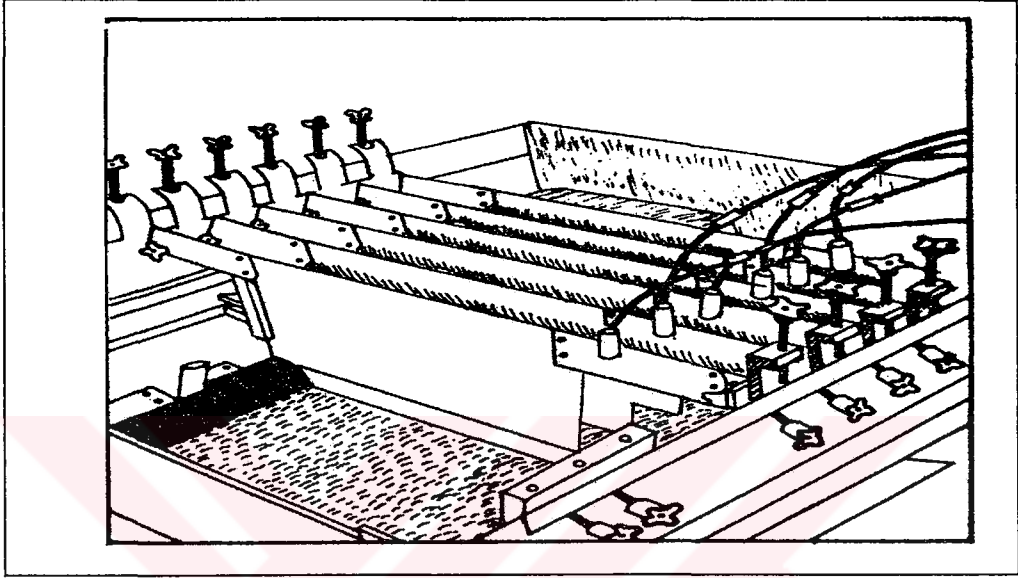
Şekil 8. Çeşitli yönlendirme şekilleri [8].

Şekil 8(a)'da kesin yönlendirme yapılması halinde serme başlığının konumu gösterilmiştir. Serme başlığı levha taslağının üzerine temas edecek kadar yakındır. Şekil 8(b)'de serme başlığı ile serme bandı arasındaki açıklık artmıştır. Bu konumda yongalar gelişigüzel serme bandının üzerine düşmekte, yönlendirme olmamaktadır. Şekil 8(c)'de, dış yüzeylerde tam yönlendirme yapılmakta, orta tabakada ise yönlendirme yapılmamaktadır. Şekil 8(d)'de ise serme başlığı yine serme bandına çok yakındır. Şekilden de anlaşılacağı üzere, diskli serme başlığını 180° döndürme olanağı vardır. Bu konumda kaba materyalin orta tabakaya, ince materyalin ise üst ve alt yüzeye gelmesi sağlanır.

1.3.3.7.2. Elektrostatik Sistem

Elektroligner-Sistem olarak da adlandırılan bu yöntemde yongalar düşey konumda bulunan pozitif ve negatif elektrik yüklü elektrot plakaları arasından geçer. Elektrot plaka yüzeyleri arasındaki alan çizgileri yatay seyrettiği için yongaların bir ucu bir elektrot

plakası yüzeyine, diğeri de diğeri elektrot plakası yüzeyine gelmek üzere yatay durum alırlar. Yongaları üretim yönünde yönlendirmek için elektrot plakalarını üretim yönüne dik gelecek şekilde yerleştirmek gerekir. Şekil 9'de bir elektroligner şematik olarak görülmektedir.



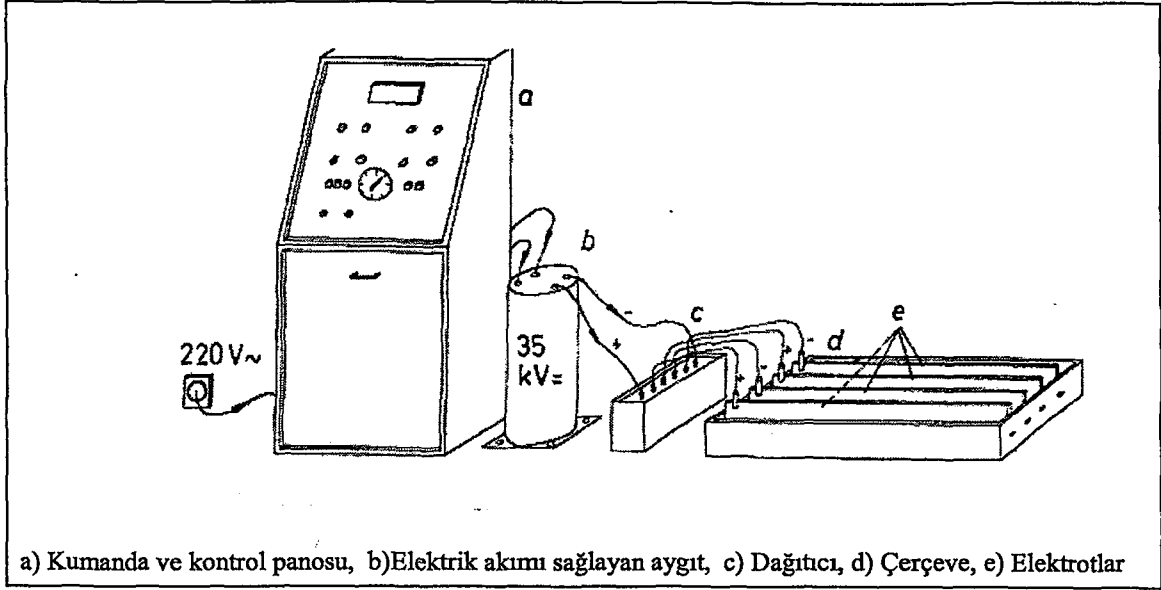
Şekil 9. Elektroligner (elektrostatik sistem) [8].

Elektrolignerde üretilen düz akım 0 dan 40 kW a kadar kademesiz olarak ayarlanabilir. Elektrotlar arası açıklık normal olarak 10 cm'dir. Bu açıklıkta maksimum olarak 4 kV/cm alan şiddeti meydana gelir. Elektrotlardaki açıklığın azaltılması sonucu alan şiddeti artar. Alan şiddetinin değişim genişliğini yonga kalitesine bağlı olarak ayarlamak gerekir. Yüksek gerilim olmasına karşın tehlikeli değildir.

Elektrostatik yönlendirme yapabilmek için yongaların mutlaka belli bir rutubette olması gereklidir. Ancak yongaların toplam rutubeti yüzey rutubetinden daha az önem taşımaktadır.

% 2-3'lük yonga rutubeti elektrostatik yönlendirme için yeterlidir. Toplam %10...15 yonga rutubeti optimal kabul edilmektedir.

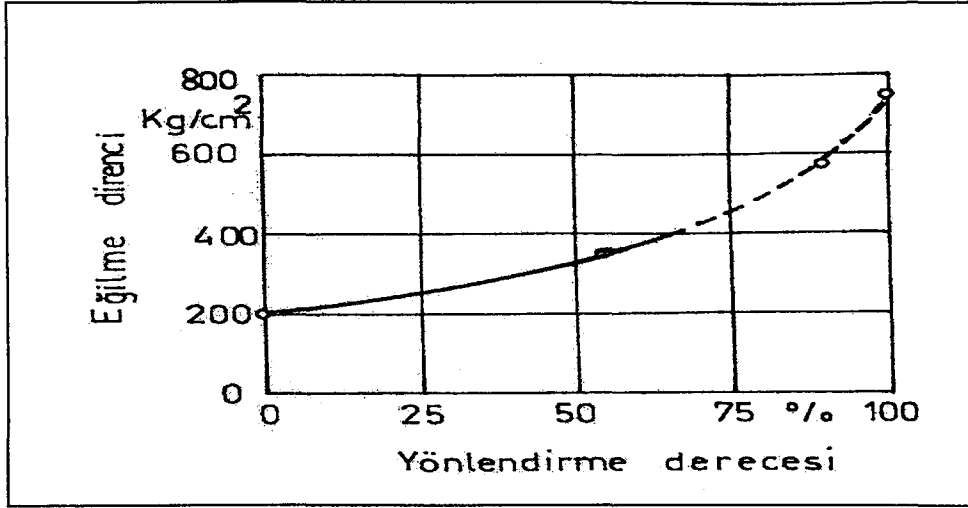
Yongaların yönlendirilmesinde mekanik veya elektrostatik yöntemler uygulanabildiği gibi, her iki yöntemin kombinasyonu da yapılabilmektedir [8].



Şekil 10. Voltage firması tarafından yapılmış Elektroligner'in çalışma prensibi [108].

Hutschneker yaptığı bu araştırma ile şerit şeklindeki yongaların yönlendirilmesinin yanında, standart yonga levha üretiminde de serme makinesinin altına elektroligner yerleştirmekle yönlendirme yapılabileceğini göstermiştir.

Yönlendirilmiş yongalı levhalarda yüksek direnç sağlayabilmek için yönlendirme derecesinin de yüksek olması gerekmektedir. Yönlendirme derecesinden; arzuladığımız yönden 45° 'den daha fazla sapma göstermeyen yongaların miktarı anlaşılmaktadır. Levhanın direnç değerlerinin artması için, diğer parametrelerin yanında yönlendirme derecesinin önemi büyüktür. Şekil 11'de yönlendirme derecesi ile eğilme direnci arasındaki ilişki grafik olarak verilmiştir.



Şekil 11. Kavak odunundan üretilmiş OSB levhalarında yönlendirme derecesiyle eğilme direnci arasındaki ilişki [8].

1.3.3.8. Presleme

Yongaların yönlendirme işlemi tamamlandıktan sonra OSB üretimi ile standart yongalevha üretimi arasında artık fark kalmamaktadır. Serme ve yönlendirme işleminin ardından hazırlanan levha taslağı pres ünitesine getirilir.

Levha taslağının preslenmesi fasıllı ve fasılasız çalışan preslerde gerçekleştirilmektedir. Sermeden sonra eğer taslak tek katlı veya çok katlı prese girecekse önce enine testere ile levha taslakları halinde kesilir sonra bu taslaklar prese girerler [10]. Sürekli (Continue) sistemde ise, sonsuz serilen taslak sürekli preslenir ve presten çıktıktan sonra ebatlanır. Şekil 12’de sonsuz pres örneği görülmektedir.



Şekil 12. Sonsuz pres [96]

Pres sıcaklığı kullanılan tutkala bağlı olarak 177–204°C, pres süresi ise 5–9 dakikadır [110]. Preslemede önemli faktörler; tutkal türü, tutkal katalizörü, pres sıcaklığı, odun türü ve yonga geometrisi, levha rutubeti, ısı transferi ve dağılımı, pres kapama süresi ve pres basıncıdır [39]. Presleme süresine ve taslak rutubetine bağlı olarak, pres basınç ve sıcaklığının etkisiyle yongalar plastikleşir. Bu sırada yapıştırıcı maddenin sertleşmesi onların geriye yaylanmalarını önler ve stabil bir malzemenin oluşmasını sağlar [6].

Sonsuz presin fasılasız (tek veya çok katlı) preslere göre üstünlükleri:

- a- İnsan gücü kullanımını azaltması
- b- Üretim kapasitesinin yüksek olması
- c- Yükleme ve boşaltmanın daha kolay olması
- d- Sistem sürekli çalıştığından ölü zamanın olmaması
- e- Yüzey kalitesi yüksek malzeme üretimi sunması [39].

1.3.3.9. Pres Sonrası İşlemler

Pres sonrası levha dış yüzeyinin sıcaklığı pres plaka sıcaklığına eşit olduğu halde orta kısmı 100°C'nin biraz üzerindedir. Fakat soğumada olay tersinedir. Dış tabaka daha hızlı orta tabaka daha yavaş soğur. Bunun sonucu dış tabakalar çevredeki hava ve orta tabakadan su alarak genişler. Orta tabaka ise rutubetini dış tabakaya vererek kurur ve

daralır. Bunların sonucu olarak ortaya çıkan iç gerilmeler levhanın biçim değişmesine sebep olur.

Bu sakınca presten çıkarılan levhanın hızlı soğutulması ile giderilebilir. Soğutma işlemi, soğutma kanalı, soğutma presi ve soğutma yıldızları kullanılarak yapılır. Klimatize işlemi ile levhanın sıcaklığı ve rutubeti dengelenmekte ve tutkalın tam olarak sertleşmesi sağlanmış olmaktadır. Üre formaldehit ile üretilen levhalar arasına lata konularak, fenol formaldehit tutkalı ile üretilenler ise latasız olarak üst üste istiflenir.

Üretilen OSB levhaları istenilen ebatlarda daire testere ile boyutlandırılır ve depolanır. Üretilen levhaların yoğunluğu 640–660 kg/m³tür. Kalınlıklar ise 6–25 mm arasında değişir [111]. En çok, 8, 10, 12, 15, 18, 22 mm kalınlıklarda üretim yapılmaktadır. Levha boyutları 2440 x 1220 mm ya da 2440x1200mm'dir [8,103].

1.3.4. OSB'nin Kontrplak ile Karşılaştırılması

Kontrplak üretimi için; çapı en az 35cm olan, mümkün olduğunca budaksız, en az 1.5m boyunda, çürüksüz, çatlaksız, lif kıvrıklığı olmayan, dolgun gövdeli veya standardın ön gördüğü sınırlar içinde kusurları içeren, yıllık halka içerisinde ilkbahar ve yaz odunu kontrastı fazla olmayan tomruklar gerekmektedir. Ülkemiz ormanlarından bu niteliklere sahip tomrukları istenilen miktarda bulmak son derece zordur. Bundan dolayı üreticiler hammadde ihtiyacını karşılamak için ithalat yoluna gitmektedirler.

OSB ve yapısal kontrplaklar hammadde bakımından karşılaştırıldıklarında her iki ürünün benzer ağaç türlerinden üretildikleri görülmektedir. Kontrplak üretimi için daha kalın ve ilgili standardında belirtilen kusurlardan daha fazla kusur içermeyen tomruklara ihtiyaç duyulmaktadır. OSB levhaları ise kontrplak ve kereste üretimine uygun olmayan daha küçük boyutlu ve düşük kaliteli tomruklardan üretilmektedir. Kullandıkları hammadde bakımından karşılaştırıldıklarında OSB kontrplağa göre çok avantajlıdır.

OSB çoğunlukla kavaktan üretildiği için çürümeye karşı dayanıklılığı azdır. Yapısal kontrplaklar ise genellikle iğne yapraklı ağaç türlerinden üretilmekte olup bu türler kavağa göre daha dayanıklıdır. Ancak OSB levhaları da son zamanlarda yalnız kavaktan değil çam gibi türlerden de üretilmekte ve böylece dayanıklılığı kontrplağa eşit olabilmektedir.

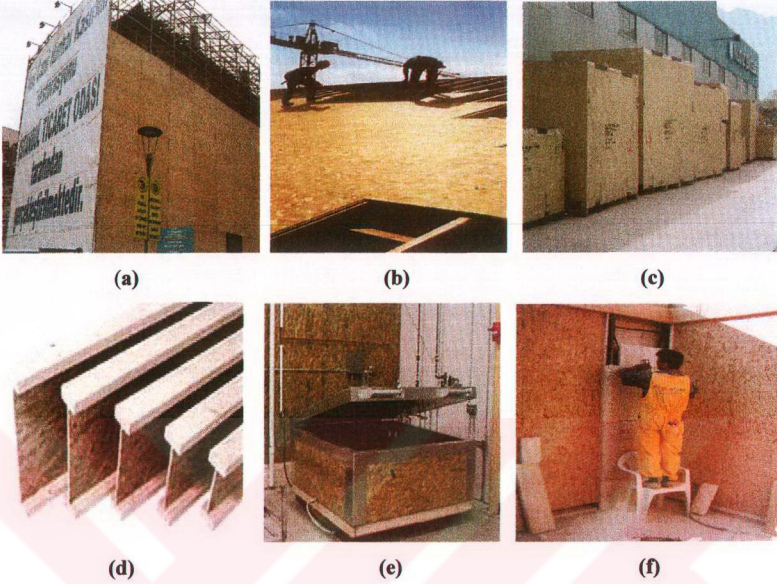
Mevcut şartlar altında rutubetli ortamlarda kullanım açısından OSB kontrplağa göre daha hassastır. Kontrplak da su alır, ve OSB'ye göre daha kısa sürede doymuş hale gelir. Kenarları şişmeye meyilli değildir. Buna karşın özellikle vidalama ve çivileme sırasında

kontrplağın kenarında iki budak deliği üst üste gelebilir. OSB levhalarda ise budakların üst üste gelmesi ve tabakaların ayrılması söz konusu değildir.

OSB'nin sertliği ortalama olarak kontrplaktan %7 daha düşüktür. Bununla beraber kontrplaklarda olduğu gibi lokal zayıf yerler olmadığı için OSB ile kaplı bir zeminde yürünüldüğü zaman daha sert bir zemin hissi vermektedir. OSB levhaları makaslama gerilmeleri bakımından kontrplaktan daha dirençlidir. Makaslama değeri kalınlık boyunca yaklaşık iki kat daha büyüktür. Bu durum OSB'nin döşeme altı kirişi olarak kullanım nedenlerinden biridir [8, 14]

1.3.5. OSB Levhaların Kullanım Yerleri

Kusursuz, budaksız ve iyi bir yüzey kalitesine sahip olan OSB levhalar kontrplaklara tercih edilirler. OSB levhaların en önemli avantajı kullanım yerleri isteklerine uygun şekilde üretime imkân sunmasıdır. OSB levhaları başlıca I krişleri, mobilya endüstrisi (mobilya, koltuk, kanepenin arkası), beton kalıbı, çatı kaplaması, yer döşemesi, döşeme altlığı reklâm panoları, tarımsal yapılar, prefabrik yapı elemanları, duvar paneli, dekorasyon levhaları, ağır malzeme ambalajlarında kullanılmaktadır [8, 101, 102, 103, 112].



Şekil 13. OSB levhalarının çeşitli kullanım yerleri [101, 103]

Şekil 13 (a)'da İstanbul Yeni Cami Hünkâr Kasrı'nın restorasyonunda (b)'de çatı döşemesinde (c)'de Yıldız Entegre A.Ş.'nin yeni bir lif levha fabrikası kurmak için Almanya'dan getirttiği makinelerin ambalajlarında, (d) I kirişlerinde, (e) ve (f) duvar kaplamasında ve kenar kaplamalarında OSB levhalar kullanılmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Deneme levhalarının üretiminde, KTÜ kampüsündeki bakım kesimlerinden elde edilen melez kavak (*Populus euroamericana* cv.) I 214 klonu odunlarından Orman Fakültesi, Yongalevha Pilot Tesisi'nde üretilen yongalar kullanılmıştır. Bu amaçla Robert Hildebrand marka laboratuvar 20/6/2 T tipi iki bıçaklı kaba yongalayıcı makine kullanılmıştır.

2.1.1.1. Melez Kavak (*Populus euroamericana* cv.)

Dünyada orman ürünleri endüstrisinde oluşan hammadde sıkıntısı, kavakçılık ve hızlı büyüyen orman ağaçlarına olan önemi arttırmıştır. Bu amaçla birçok ülkede bu konu ile ilgili araştırma enstitüleri kurulmuştur. Kavakçılık üzerine yapılan en büyük araştırma, İtalya'da 1929 yılında Amerika kara kavak türleri (*Populus deltooides*) ile Avrupa kara kavak türleri (*Populus nigra*) arasında oluşturulan çaprazlamalardan selekte edilen melez kavak (*Populus euroamericana* cv.) klonları arasında yüksek üretim gücü ve intibak kabiliyetine sahip I 214 klonu üretimidir [113, 114, 115].

Türkiye'ye ilk defa 1946 yılında Sümerbank Selüloz İşletmesi (SEKA) kanalıyla getirilmiş I 214 klonu melez kavak klonu, yurdumuzda önemli yayılış göstermektedir. Ege, Marmara ve Karadeniz bölgesindeki tüm kıyı yörelerinde yetiştirilebilmekte; Kuzey Anadolu'da denizden 600–700 m; batıda 700–800 m; güneyde 800–1000 metre yüksekliğe kadar kıyı ardı bölgeleri melez kavak yetiştirilmesine elverişlidir. Yetiştirme yeri şartlarının uygunluğuna bağlı olarak 10–12 yılda kesim çağına gelirler. Melez kavak odunu Türkiye'de soymalık, ambalaj, inşaat, levha sanayi, kağıt ve kontrplak sanayinde değerlendirilmektedir [113, 114, 115, 116].

2.1.1.2. Melez Kavak (*Populus euroamericana* cv.) Odunun Anatomik ve Teknolojik Özellikleri

Melez kavak (*Populus euroamericana* cv.) odunu ince lifli bir yapıya sahiptir. Odunu açık sarı beyaz renkli olup temiz yüzeyler vermektedir. Melez kavak odununun radyal ve teğet kısımları parlak ve lifli görünümündedir [117]. Yıllık halka genişliği 1-2 cm arasında değişmektedir. İlkbahar odunun başlangıcında teğet yönde trahe dizileri vardır. Trahelerde radyal gruplaşma oldukça sık görülür. Öz ışınları radyal kesitlerde dokuyula aynı renkte fakat parlak adacıklar şeklindedir. Trahelerde basit perforasyon tablası vardır. Öz ışınları homojendir ve boyuna paranzim apotreheal konumdadır. Öz odun miktarı %18-35 arasındadır. Lif uzunluğu 0.75-1.09 mm arasında değişmektedir [114, 118, 119, 120].

Ülkemizde yetiştirilen melez kavak (I-214 klonu) odunun liflere paralel basınç direnci 29.3 N/mm²; statik eğilme direnci 52.9 N/mm²(28 cm dayanak açıklığı); dinamik eğilme direnci 1.92 kg/cm² olarak bulunmuştur [121]. Melez kavağın değişik klonlarına ait bulgularda, liflere paralel basınç direnci 238- 249 N/cm², statik eğilme direnci 474-598 N/cm² olarak belirtilmektedir [114, 119].

2.1.2. Tutkal

Deneme levhalarının üretimi için Polisan A.Ş. firmasından sağlanan fenol formaldehit ve Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi Ar-Ge Laboratuvarında üretimi gerçekleştirilen Kraft Lignin Fenol Formaldehit tutkalı kullanılmıştır.

2.1.2.1. Fenol Formaldehit Tutkalı

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan fenol formaldehitin özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Fenol formaldehitin özellikleri

Görünüş	Kırmızı kahverengi sıvı
Katı madde, % (ağırlık esasıyla)	47±1
Viskozite (cps, 20°C)	250-500
pH (20°C)	10.5 - 13
Yoğunluk (20°C, g/cm ³)	1.195 - 1.205

2.1.2.2. Kraft Lignini Fenol Formaldehit Tutkalı

Deneme levhalarında kullanılmak üzere üretimi gerçekleştirilen Kraft Lignini Fenol Formaldehit tutkalında %37'lik formaldehit, %40'lık ham fenol ve Meadwestvaco Firmasından sağlanan ve "Indulin C" ticari ismiyle piyasaya sunulan kraft lignini kullanılmıştır. Üretici firmadan alınan verilere göre kraft lignini ve kraft lignin fenol formaldehit tutkalının özellikleri Tablo 4 ve Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Kraft ligninin (Indulin C) özellikleri

Görünüş	Koyu kahverengi toz halinde
Katı madde % (ağırlık esasıyla)	95
pH(% 15'lik sulu çözelti, 25 °C)	10.2

Tablo 5. Kraft lignini fenol formaldehit tutkalının özellikleri

Görünüş	Koyu kahverengi
Katı madde, % (ağırlık esasıyla)	47±1
Viskozite (cps, 20°C)	50-150
pH (20°C)	12 - 13
Yoğunluk (20°C, g/cm ³)	1.200 - 1.235

2.1.3. Kimyasal Maddeler

2.1.3.1. Çinko Borat

Büyük Mihçılar Bor Teknolojileri sanayi grubundan elde edilen BMWP 2335 tipi çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Çinko boratın kimyasal ve fiziksel özellikleri

Formül Yapısı	$2ZnO.3B_2O_3.3.5H_2O$
Molekül Ağırlığı	434.66
Kristal Yoğunluk (g/cc)	2.79
Görünüm	Beyaz, kokusuz toz
Çözünürlük (oda sıcaklığında suda)(%)	< 0.28
Ortalama Tane Boyutu	7 mikron
Stabilite	290°C'ye kadar termal olarak stabil

2.1.3.2. Boraks

Eti Maden İşletmeleri tarafından üretilen boraksın özellikleri Tablo 7'de verilmiştir.

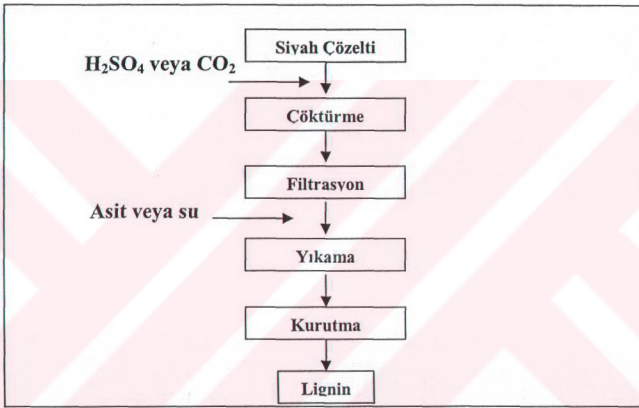
Tablo 7. Boraksın özellikleri

Formül Yapısı	$Na_2B_4O_7.5H_2O$
Molekül Ağırlığı	291.35
Yoğunluk (g/cm^3)	1.815
Dökme Ağırlığı (kg/m^3)	980
Erime Noktası (°C)	741

2.1.4. Kraft Lignin Fenol Formaldehitin Üretimi

2.1.4.1. Kraft Lignin Eldesi

Alkali ortamda uygulanan kraft pişirme yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurunun yıkanması sırasında oluşan siyah çözelti içerisinde bulunan lignin, üretici firma tarafından Şekil 14'de belirtildiği gibi elde edilmektedir.

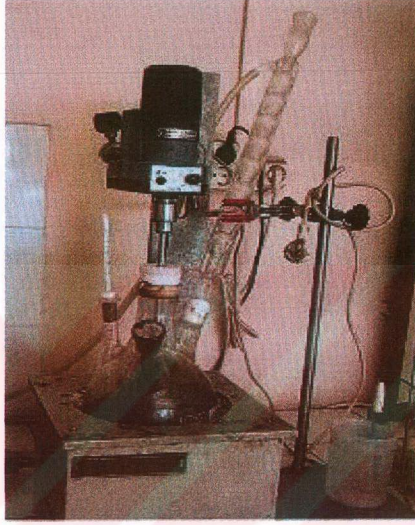


Şekil 14. Siyah çözeltiden lignin üretim iş akışı

2.1.4.2. Kraft Lignin Fenol Formaldehit Tutkalının Hazırlanması

Tutkalın hazırlanmasında kütlece 50/50 oranında fenol ve kraft lignini 2 litrelik Şekil 15'de gösterilen reaktörde üretilmiştir. Reaktöre öncelikle %37'lik 357gr formaldehit ve %40'lık 188 gr fenol konularak çözünene kadar karıştırılmıştır. Ardından, 188 gr kraft lignin NaOH içerisinde çözündürülerek reaktörün içine eklenmiştir. Reaksiyonun ortalama pH'ı 10-10.5 olana kadar NaOH ilave edilmiştir. Sıcaklık 90°C'ye kadar ısıtılmıştır. Sıcaklık 90°C olduğunda viskozitesinin istenilen değere ulaşması için bu sıcaklıkta 30dk bekletilmiştir. Bu süre sonunda sıcaklık 60°C'ye düşürülmüş ve 30dk bekletilmiştir. Ardından tekrar 85°C sıcaklığa çıkartılarak reaktöre 18 g su ve 58 g NaOH ilave edilmiştir.

Son olarak sıcaklık 75°C'ye düşürülerek reaksiyon tamamlanmıştır. Reaksiyon sırasında pH kontrol altında tutulmuştur.



Şekil 15. Tutkal üretim reaktörü düzeneği

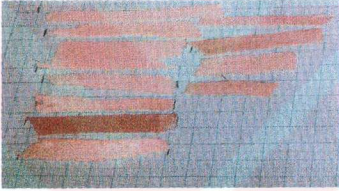
2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

2.2.1. Yongalama

Tomrukların kabukları soyulduktan sonra 50 cm boyutlarında kesilmiştir. Ardından kaplama soyma makinesinin kalınlık ayarı yapılarak 0.5mm kalınlıkta soyma kaplamalar elde edilmiştir. Elde edilen soyma kaplamalar, kaba yongalama makinesinden geçirilerek yongalar üretilmiştir.

2.2.2. Eleme

Tasnif etmek için yongalar sarsıntılı elekten geçirilmiştir. Eleğin üst kısmında kalan yongalar levha üretiminde kullanılmak üzere tekrar standart yonga boyutlarına uygun olup olmadıkları el ile muayene edilerek kontrol edilmiştir. Ortalama yonga boyutunu belirlemek için rasgele alınan yongaların uzunlukları ve genişlikleri milimetrik kağıtlar kullanılarak Şekil 16'daki gibi ölçülmüştür. Ölçülen yonga uzunlukları ve genişliklerinin ortalaması alınmış ve ortalama uzunlukları 3.41-6.82 cm, genişlikleri ise 0.65-1.79 cm arasında değiştiği belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 16. Yonga boyutlarının milimetrik kâğıt üzerinde ölçümleri

2.2.3. Kurutma

Yongalar, laboratuvar tipi kurutma fırınında 103 °C'de %2-3 rutubete kadar kurutulmuştur.

2.2.4. Kimyasallar ile Muamele

2.2.4.1 Yongaların Çinko Borat ile Muamelesi

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan çinko borat kurutulmuş yongaya toz halinde Şekil 17'de verilene benzer şekilde karıştırılarak muamele edilmiştir.



Şekil 17. Çinko borat ile yongaların muamele edilmesi [122].

2.2.4.2. Boraks ile Yongaların Muamelesi

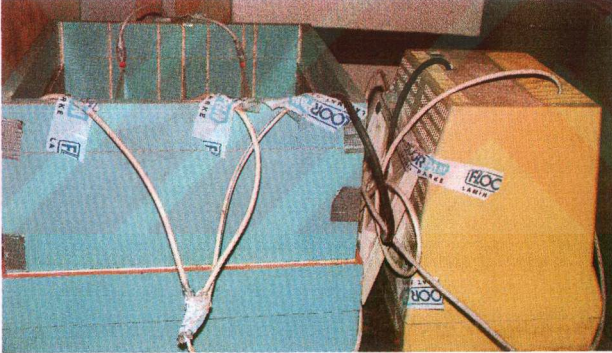
Deneme levhalarının üretiminde kullanılan boraks, %1.5 tam kuru yonga ağırlığına oranla %5'lik çözeltisi hazırlanarak kurutulmuş yongaların üzerine püskürtülerek muamele edilmiştir. Bu amaçla tek enjektörlü, 6 kg/cm² basınca dayanıklı ve beş adet karıştırma koluna sahip tutkallama makinesi kullanılmıştır. Makinede karıştırma kolları motora bağlı bir milin dönmesiyle hareket ederek, yongaların karıştırırken, üst enjektörden makine içerisine sevk edilen boraks çözeltisi yongalar üzerine püskürtülmüştür. Muamele işlemi sonrası yonga rutubeti %20'lere kadar artmıştır. Yüksek rutubet tutkallamayı olumsuz yönde etkilediğinden yongalar tekrar kurutma fırınına %3 rutubete kadar kurutulmuştur.

2.2.5. Tutkallama

Yongaların tutkallanmasında tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla %9 tutkal kullanılmıştır. Tutkallamada homojen bir tutkal dağılımı olması için karıştırma süresi 5 dakika olarak ayarlanmıştır. Deneme levhalarının tutkallama sonrası rutubet miktarları ölçülmüş ve ortalama rutubet değerleri %9-12 arasında bulunmuştur.

2.2.6. Serme

Yongaların serilmesi için Şekil 18'de verilen elektrostatik serme düzeneği hazırlanmıştır. Belirli bir yükseklikten dökülen yongaların yönlendirilmesi 22 kV'luk bir güç kaynağından iki kutuplu gelen elektrik akımının bakır iletken levhalar arasından geçirilerek, rutubetinin sağladığı elektriksel alan doğrultusunda gerçekleşir. Bakır iletken levhalar arasında 10cm'lik mesafe bulunmaktadır. Güç kaynağı olarak 22 kV güç verebilen bilgisayar transformatörü kullanılmıştır. Levha taslağının hazırlanmasında Şekil 18'de verilen 40 x 40 cm boyutlarında elektrostatik serme düzeneği ve 1.8 cm'lik kalınlık takozları kullanılmıştır. Bu düzende deneme levhaları serme yönüne göre üç tabakalı ve 0.65 gr/cm^3 yoğunlukta üretilmiştir. Dış tabaka yongaları boyuna yönde serilirken, orta tabakanın serilmesinde şekillendirme çerçevesi 90° açılı döndürülerek yongaların enine yönde yönlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 18. Elektrostatik serme düzeneği

Serme işleminden sonra yongalar şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla ile bastırılarak ön pres uygulanmıştır. Şekillendirme tablası yavaşça ve levha taslağına zarar vermeden çıkarılmıştır. Daha sonra üzerine üst pres sacı yerleştirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir.

2.2.7. Presleme

Levha taslakları laboratuvar tipi, Şekil 19'da gösterilen levha büyüklüğü 70 x 89 cm olan ve elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Preslemede 1.8 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılmıştır. Pres sıcaklığı 149 °C, süre 9 dakika ve basınç 24-26 kp/cm² olarak uygulanmıştır. Her levha tipinden 3'er adet olmak üzere toplam 30 adet levha üretilmiştir. Deneme levhası tipleri Tablo 8'de verilmiştir.



Şekil 19. Levha taslağının hidrolik preste preslenmesi

2.2.8. Pres Sonrası İşlemler

Presleme sonrasında üretilen deneme levhaları tutkalin sertleşme evresini tamamlaması için pres sacları arasında soğuyuncaya kadar bekletilmişlerdir. Ardından TS 642'ye göre sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi %65±5 olan klima odasında üç hafta süreyle klimatize edilmişlerdir [123]. Klimatize edilen levhalar yapılacak olan testler için gerekli örnek boyutlarında kesilmişlerdir.

Tablo 8. Deneme levha tipleri

Levha Tipi	Kimyasal Madde Oranı (%)	Kimyasal Madde Türü
FF1	0	-
FF2	1.5	Çinko Borat
FF3	3	Çinko Borat
FF4	5	Çinko Borat
FF5	1.5	Boraks
KLFF1	0	-
KLFF2	1.5	Çinko Borat
KLFF3	3	Çinko Borat
KLFF4	5	Çinko Borat
KLFF5	1.5	Boraks

2.3. Araştırma Yöntemi

2.3.1. Bor Analizi

Bor analizinde 5 x 5 x levha kalınlığı (cm) boyutunda örnekler kullanılmaktadır. Bu örnekler Willey laboratuvar tipi öğütücüde öğütüldükten sonra 20 mesh'lik elekten elenir. Elde edilen materyalden her levha grubu için 0.2'şer gr örnek alınarak %30'luk 2ml H₂O₂ ve %65'lik 5 ml HNO₃ çözeltisi içerisinde mikrodalga fırında yakılmıştır. Yakma sonrası oluşan sıvı kalıntı son olarak filtreli kâğıtlardan süzülerek ardından Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) adlı cihazla örneklerin içerisindeki gerçek kimyasal bileşimi analiz edilmiş ve deneme levhalarının üretiminde kullanılan bileşiği oluşturan çinko ve bor elementleri ölçülmüştür.

Test örneklerin kullanılan borlu bileşiklere göre mevcut olan bor ve çinko değerleri molekül ağırlığına göre belirlenir. Borun çinkoya oranı (B/Zn) olarak her bir elementin yüzdelere oranlanarak hesaplanır. Elde edilen bor yüzdeleri Borik Asit Eşdeğeri (BAE) olarak belirlenmiştir. Bor ve çinko değerleri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır [124].

$$\text{Konsantrasyon (ppm)} = O.D. \times S.F. \quad (1)$$

O.D.= ICP-OES'de okunan değer;

S.F = Sulandırma faktörü olup;

$$\text{Sulandırma Faktörü} = S.F. = \frac{\text{Son Hacim}}{\text{İlk Hacim}} \quad (2)$$

eşitliğinden belirlenir. Burada Son Hacim; borlu bileşiğin sonuçtaki hacmini, İlk Hacim ise borlu bileşiğin başlangıcındaki hacmini gösterir.

$$\%B_{CB} = \frac{\%Bor}{0.1492} \quad (3)$$

$$\%B_{CB} = \frac{\%Çinko}{0.30} \quad (4)$$

$$\%BAE = \frac{\%B_{CB}}{1.17} \quad (5)$$

B_{ZB} = Çinko borat içerisindeki bor miktarı (%)

Zn_{CB} = Çinko borat içerisindeki çinko miktarı (%)

BAE = Borik asit eşdeğeri (%)

0.1492 = Bor/Çinko borat'ın molekül ağırlıklarının oranı;

0.30 = Çinko/Çinko borat'ın molekül ağırlıklarının oranı;

1.17 = $3(B_2O_3) / 3(BO_3)$ 'ün molekül ağırlıklarının oranı.

2.3.2. Fiziksel Özellikler

2.3.2.1. Yoğunluk

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan hava kurusu yoğunluk değeri esas alınmıştır. Yoğunluk yongalevhanın fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen

en önemli faktör olup, TS EN 323/1 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir [125].

$$\delta = \frac{m_r}{a_1 \times a_2 \times e} \text{ (gr / cm}^3\text{)} \quad (6)$$

ρ : Yoğunluk (gr/cm³)

m_r : Hava kurusu ağırlık (gr)

a_1 : Örnek genişliği (mm)

a_2 : Örnek uzunluğu (mm)

e : Örnek kalınlığı (mm)

2.3.2.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarları EN 322 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir [126]. Bunun için, 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Örneklerin ağırlığı ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra örnekler kurutma dolabının ızgaraları üzerine yerleştirilmiş ve 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmek suretiyle tam kuru ağırlıkları aynı hassasiyetle belirlenmiştir.

Örneklerin rutubet miktarları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (7)$$

r = Rutubet miktarı (%)

m = Örneğin klimatize edilmiş haldeki ağırlığı (g)

m_0 = Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (g)

2.3.2.3. Su Alma Oranı

Su alma oranı ASTM D1037 standardına uygun olarak belirlenmiştir [127]. 50 x 50 x levha kalınlığı(mm) boyutlarında hazırlanmış örneklerin ağırlığı ± 0.01 g duyarlıklı

analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra örnekler, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmak suretiyle 2 ve 24 saat süre ile 20 ± 2 °C'lik suda bekletilmişlerdir. Bu süreler sonunda sudan çıkarılan örnekler bir bezle silinmişler ve ağırlıkları aynı hassasiyetle $\pm 0,01$ gr duyarlıklıklı terazide tartılmıştır.

$$SA = \frac{m_y - m_k}{m_k} \times 100 \quad (8)$$

SA = Su alma oranı (%)

m_k = Örneğin ilk ağırlığı (g)

m_y = Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (g)

2.3.2.4. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Kalınlık artışlarının belirlenmesi için 2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin EN 317 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50 x 50mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır [128]. Örnek, kalınlıkları tam orta noktasında 0.01mm duyarlıklıklı mikrometreyle ölçülerek, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmak suretiyle, 19–21°C sıcaklıktaki temiz suda bekletilmişlerdir. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkartılan örneklerin fazla suları bir bezle alınmış ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlık artışları (KA);

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (9)$$

Eşitliğinden yararlanılarak belirlenmiştir. Burada;

KA= Kalınlık artışı oranı (%)

e_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k = Klimatize edilmiş örnek kalınlığı (mm)

2.3.2.5. Çürüklük Testi

Mantar çürüklük testi EN-113 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 15 x 25 x 50 mm ebatlarında 4'er adet test ve kontrol örneği hazırlanmıştır. 1 litre saf suya 48 g malt extract-agar çözeltisi konularak, 121°C'de, 1.1 atm basınçta 20 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Ardından, çözelti her bir kollektür şişesine yaklaşık 100cc oranında aktarılmış, şişelerin ağzları pamukla sıkıca kapatılmış ve tekrar 20 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Daha sonra besin ortamları *Trametes-versicolor* mantar kültürleriyle aşılanmıştır. 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarında yaklaşık 10 gün süreyle mantar misellerinin besin ortamlarını sarması beklenilmiştir. Daha sonra, önceden tam kuru ağırlıkları belirlenmiş ve %12 rutubete getirilmiş test ve kontrol örneklerinin sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Her bir kollektür şişesine sterilize edilen cam sehpa ve sehpa üzerine de aynı varyasyona ait bir test ve bir kontrol örneği yerleştirilmiş, aynı işlem her varyasyon için 4 kez tekrarlanmıştır. Daha sonra kollektür şişeleri 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem ortamındaki steril klima dolabına yerleştirilmiştir [129, 130].

Seçilen mantarın saldırsına maruz bırakılan örneklerin ağırlık kayıplarının yaklaşık 6 haftalık bir inkübasyon süresi sonunda test edilmesi amaçlanmıştır. Fakat iklimlendirme dolabındaki bağıl nem şartları sağlanamadığı için aralıklı olarak yapılan kontroller sonrası bu süre 8 ay kadar uzatılmıştır. Şekil 20'de çürüklük test örnekleri verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 20. Çürüklük test örnekleri

İnkübasyon süresi bitiminde kontrol ve test örnekleri mantarlardan temizlenerek 103±2°C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir. Örneklerin ağırlıkları tartılmış ve ağırlık kayıpları aşağıda verilen formülden hesaplanmıştır.

$$AK = \frac{t_0 - t_s}{t_0} \times 100 \quad (10)$$

AK= Ağırlık Kaybı (%)

t_0 = Test öncesi tam kuru ağırlık (g)

t_s = Test sonrası tam kuru ağırlık (g)

2.3.3. Mekanik Özellikler

2.3.3.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi EN 310 (1993) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [131]. 400 x 50 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Sıcaklığı 18-22 °C ve bağıl nemi % 60-70 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerde genişlik dijital kumpas ile yükleme hattında bir, kalınlıklar ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktanın ortalaması alınarak 0.01 mm duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1-2 dak içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times d^2} (N / mm^2) \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada,

F= Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

L= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d= Örnek kalınlığı (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği

2.3.3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü EN 310 (1993) standardında belirtilen esaslara uygun şekilde belirlenmiştir [131]. 400x50 mm boyutlarında sıcaklığı 18–22 °C ve bağıl nemi % 65±5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerde genişlik dijital kumpas ile 0,01 mm hassasiyetle yükleme hattında bir, kalınlıklar ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktanın ortalaması alınarak 0.01 mm duyarlıklıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1–2 dak. içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Eğilmede elastikiyet modülü;

$$E = \frac{F \times l^3}{4 \times b \times d^3 \times \Delta} \quad (N / mm^2) \quad (12)$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Burada,

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

l= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

d= Örnek kalınlığı (mm)

b= Örnek genişliği (mm)

Δ =Eğilme miktarı (sehim) (mm)

2.3.3.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik yöndeki çekme direnci deneyi EN 319'da belirlenen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir [132]. Her levha gurubundan 50 x 50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı 18–22°C ve bağıl nemi %65±5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerin boyutları 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır.

Yüzeye dik çekme direnci ($\delta_{\text{çd}}$);

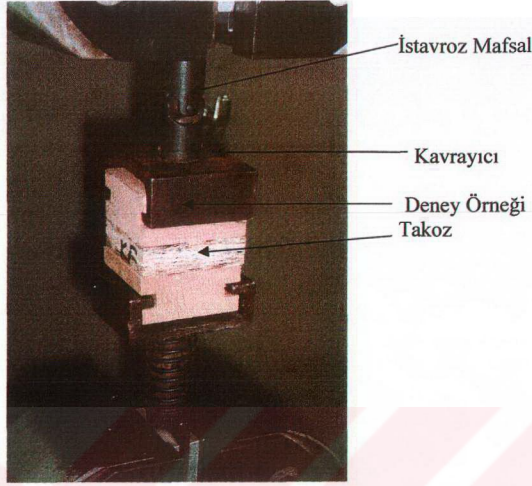
$$\delta_{\text{çd}} = \frac{F_{\text{max}}}{A} \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad (13)$$

eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Burada;

F_{max.} = Kırılma anındaki max. kuvvet (N)

A = Örnek enine kesit alanı (mm²)

Kırılmaların levha yüzeylerine çok yakın bir yerden olduğu örnekler hesaplara dâhil edilmemiştir.



Şekil 22. Levha yüzeyine dik çekme direnci deney düzeneği

2.3.4. Yanma Mukavemeti

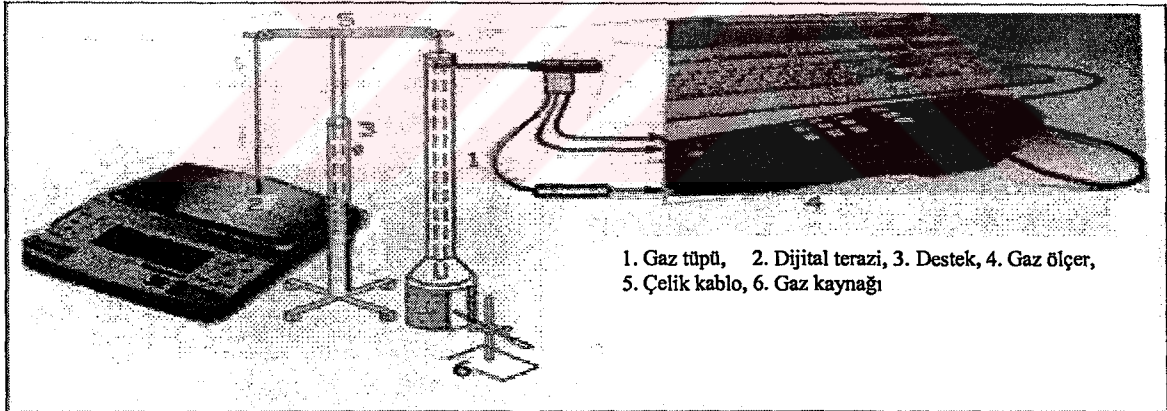
Yanma deneyleri ASTM E-69 standartlarına uygun olarak yapılmıştır [133]. Belirtilen yanma standartının masif oduna yönelik olmasından dolayı levhalara uygulayabilmek adına bazı değişiklikler yapılarak modifiye edilmiştir. Bu amaçla yanma esnasında meydana gelen ağırlık kaybını ölçmek için 0.01 g hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. Yanmayı başlatmak için bütan gazı kullanılmıştır. Standartlarda belirtildiği gibi alev yüksekliği en fazla 25 cm ve ısı en fazla 1000 °C olacak şekilde düzenlenmiştir. Örnekler yanma bacasının üst kısmından aşığıya doğru uzatılmakta ve yanma başladığı andan itibaren optik algılayıcı yardımı ile ağırlık kaybı, sıcaklık ve açığa çıkan gazlardan CO 30 saniye aralıklar ile ölçülmüştür. Yanma doğal hava akışı olan bir bacanın altında gerçekleştirilmiştir. İlk 4 dakika boyunca yanma alev kaynaklı olarak, bundan sonraki 6 dakika boyunca da kendinden yanma olarak devam ettirilmektedir. Toplam 10 dakikalık yanma sonucunda deney sonuçlandırılmıştır. Yanma düzeneği Şekil 20'de verilmiştir. Yanma sonucu oluşan sıcaklık ve açığa çıkan gazlardan CO, Testo 300 M ve XL gaz analizörü ile ölçülmüştür. Testo 300 M ve XL gaz analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri Tablo 9, CO ölçüm bilgileri ise Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Testo 300 M ve XL gaz analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri

Sıcaklık Ölçüm Bilgileri	
Ölçüm aralığı	-40 / +1200 °C
Güven Aralığı	:± 0.5 °C (0 +99.9 °C)
Hassasiyet	0.1/1 °C (+1000 °C)
Sensör Tipi	Sıcaklık Ölçer, Tipi K (NiCr-Ni)

Tablo 10. Testo 300 M ve XL gaz analizörüne ait CO ölçüm bilgileri

CO Ölçüm Bilgileri	
Ölçüm aralığı (ppm)	0-8000 ppm
Güven Aralığı	±20 ppm (400 ppm)
Hassasiyet	± 10 ppm (8000)
Ölçüm prosedürü	Elektromekanik Ölçüm
Ölçüm Aralığı	t 90 < 30 s



Şekil 23. Yanma düzeneği

2.4. İstatistik Yöntemler

Yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla ikiden fazla örnek ve bir faktör söz konusu olduğunda basit varyans analizi, ikiden fazla örnek ve iki faktör söz konusu olunca da çoğul varyans analizi kullanılarak değişkenlerin etkili olup olmadıkları belirlenmiştir. Etkilenmenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Bor Analizi

Deneme levhalarına ait bor ve çinko miktarları ve hesaplanan BAE (Borik Asit Eşdeğeri) oranları Tablo 11’de verilmiştir. Denemeler 2 örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 11. Deneme levhalarına ait bor analizi sonuçları

Levha tipi	Bor Miktarı (B) (%)	Çinko Miktarı (Zn) (%)	Borik Asit Eşdeğeri (BAE) (%)
FF1	0.202	0.198	0.173
FF2	0.713	0.551	0.61
FF3	1.329	0.919	1.14
FF4	2.164	1.252	1.85
FF5	1.061	0.168	0.91
KLFF1	0.057	0.046	0.049
KLFF2	1,168	0.850	1.00
KLFF3	1,677	1.094	1.43
KLFF4	2,166	1.398	1.85
KLFF5	1,007	0.153	0.86

3.2. Fiziksel Özellikler

3.2.1. Yoğunluk

Deneme levhalarının yoğunluğuna ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 12’de verilmiştir. Denemeler 20 örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 12. Deneme levhalarının ortalama yoğunluk değerleri (g/cm³)

Levha Tipi	X	S	V
FF1	0.66	0.02	0.00
FF2	0.64	0.03	0.01
FF3	0.61	0.03	0.01
FF4	0.61	0.01	0.00
FF5	0.66	0.02	0.01
KLFF1	0.65	0.03	0.01
KLFF2	0.65	0.02	0.01
KLFF3	0.62	0.03	0.01
KLFF4	0.61	0.02	0.00
KLFF5	0.63	0.02	0.01

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Levha yoğunluğu üzerine, kullanılan tutkal türü ve borlu bileşiklerin kullanım oranlarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha yoğunluğu üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor bileşiklerinin Kullanım Oranı(A)	0.05	3	0.02	29.79	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	0.00	1	0.00	0.24	ÖD
A*B(İnteraksiyon)	0.01	3	0.00	3.82	**
Hata	0.08	152	0.00		
Toplam	63.1	160			

Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre borlu bileşiklerin kullanım oranının levha yoğunluğuna etkisi %0.1 hata payı ile önemli, tutkal türünün levha yoğunluğuna etkisi %5 hata payı ile önemsiz, bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise %1 hata payı ile önemli olduğu belirlenmiştir.

Borlu bileşik kullanım oranının OSB levhalarının yoğunluğu üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için kullanılan her iki tutkal türü için ayrı olarak basit varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 14 ve Tablo 15’de verilmiştir. Buna göre, borlu bileşiklerinin kullanımının levhanın yoğunluğu üzerine, %0.1 hata payı ile önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 14. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının yoğunluk üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.06	4	0.01	27.21	***
Gruplar İçi	0.05	95	0.00		
Toplam	0.10	99			

Tablo 15. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının yoğunluk üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.03	4	0.01	12.65	***
Gruplar İçi	0.05	95	0.00		
Toplam	0.08	99			

Yoğunluklar arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla tutkal türüne göre ayrı olarak duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 16’de verilmiştir. Yapılan duncan testi sonuçlarına göre, levha tipleri %0.1 hata payı ile farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 16. Deneme levhalarının yoğunluklarına ilişkin duncan test sonuçları

FF		KLFF	
Levha Tipi	X (g/cm ³)	Levha Tipi	X (g/cm ³)
FF1	0.66 a	KLFF1	0.65 a
FF2	0.64 b	KLFF2	0.65 ab
FF3	0.61 c	KLFF3	0.62 cd
FF4	0.61c	KLFF4	0.61 d
FF5	0.66 ab	KLFF5	0.63 bc

3.2.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 17’de verilmiştir. Denemeler 20 örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 17. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarları (%)

Levha Tipi	X	S	V
FF1	7.96	0.08	0.02
FF2	7.98	0.18	0.04
FF3	8.02	0.17	0.04
FF4	8.02	0.11	0.02
FF5	7.97	0.12	0.03
KLFF1	7.66	0.53	0.12
KLFF2	7.78	0.20	0.04
KLFF3	7.81	0.32	0.07
KLFF4	7.80	0.07	0.02
KLFF5	7.79	0.16	0.04

Levha rutubet miktarı üzerine, kullanılan tutkal türü ve borlu bileşiklerin kullanım oranlarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha rutubet miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	0.04	3	0.02	0.45	ÖD
Tutkal Türünün Etkisi (B)	1.64	1	1.64	50.38	***
A*B (İnteraksiyon)	0.01	3	0.002	0.07	ÖD
Hata	4.96	152	0.03		
Toplam	9981.84	160			

Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre borlu bileşiklerin kullanım oranının levhanın rutubet miktarına etkisi %5 hata payı ile önemsiz, tutkal türünün levhanın rutubet miktarına etkisi %0.1 hata payı ile önemli, bu faktörlerin karşılıklı etkileri de %5 hata payı ile önemsiz olduğu belirlenmiştir.

Borlu bileşik kullanım oranının OSB levhalarının rutubet miktarı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını saptamak için her iki tutkal türü için ayrı varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo19 ve Tablo 20’de verilmiştir. Buna göre, borlu bileşik kullanım oranının levhanın rutubet miktarı üzerine, %5 hata payı düzeyinde etki yapmadığı belirlenmiştir.

Tablo 19. FF tutkalı ile üretilen levhaların borlu bileşik kullanım oranının rutubet miktarı üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.06	4	0.01	0.763	ÖD
Gruplar İçi	1.78	95	0.02		
Toplam	1.83	99			

Tablo 20. KLFF tutkalı ile üretilen levhaların borlu bileşik kullanım oranının rutubet miktarı üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	0.32	4	0.08	0.876	ÖD
Gruplar İçi	8.57	95	0.09		
Toplam	8.88	99			

3.2.3. Su Alma Miktarı

Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlerdeki su alma miktarlarına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyans katsayısı değerleri Tablo 21’de verilmiştir. Denemeler 20 örnek üzerinde yürütülmüştür.

Tablo 21. Deneme levhalarının ortalama su alma miktarları (%)

Levha Tipi	Suda Bekletme Süresi (saat)	X	S	V
FF1	2	55.37	5.61	1.50
	24	69.08	5.52	1.37
FF2	2	57.85	9.81	1.50
	24	75.94	9.39	1.37
FF3	2	75.13	3.22	1.50
	24	88.08	6.59	1.37
FF4	2	76.45	4.10	1.50
	24	99.08	7.14	1.37
FF5	2	65.17	5.40	1.50
	24	77.91	4.49	1.37
KLFF1	2	49.23	6.66	1.50
	24	67.06	6.54	1.37
KLFF2	2	88.46	5.61	1.50
	24	115.40	4.26	1.37
KLFF3	2	99.74	10.98	1.50
	24	123.64	6.30	1.37
KLFF4	2	113.34	5.80	1.50
	24	137.39	5.80	1.37
KLFF5	2	85.26	5.76	1.50
	24	110.21	2.60	1.37

OSB levhalarının su alma miktarı üzerine borlu bileşik kullanım oranı, tutkal türü ve suda bekletme sürelerinin etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın su alma miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	62326.82	1	62326.82	989.19	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	96475.97	4	24118.99	382.79	***
A*B(İnteraksiyon)	22652.42	4	5663.11	89.88	***
Hata	11971.50	190	63.01		

Buna göre, levhanın su alma miktarı üzerine, bor bileşiklerinin kullanım oranı, tutkal türü ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin %0.1 hata payı ile önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Levha tipleri arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla tutkal türü, suda bekletme sürelerine göre ayrı olarak basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 23 ve Tablo 24’de verilmiştir. Yapılan duncan testi sonuçlarına göre, %0.1 hata payı ile levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 23. FF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme süresince su alma miktarlarına ilişkin duncan test sonuçları

Levha Tipi	Su Alma Miktarı (%) (2 saat)	Su Alma Miktarı (%) (24 saat)
FF1	55,37 a	69.08a
FF2	57,85 a	75.94b
FF3	75,13 c	88.08c
FF4	76,45 c	99.08d
FF5	65,17 b	77.91b

Tablo 24. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme süresince su alma miktarlarına ilişkin duncan test sonuçları

Levha Tipi	Su Alma Miktarı (%) (2 saat)	Su Alma Miktarı (%) (24 saat)
KLFF1	49,23 a	67.06a
KLFF2	88,46 a	115.40b
KLFF3	99,74 c	123.64c
KLFF4	113,34 c	137.39d
KLFF5	85,26 b	110.21b

3.2.4. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlerdeki su alma miktarlarına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyans katsayısı değerleri Tablo 25’de verilmiştir. Denemeler 20 örnek üzerinde yürütülmüştür.

Tablo 25. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%)

Levha Tipi	Suda Bekletme Süresi (saat)	X	S	V
FF1	2	9.03	1.76	0.39
	24	12.10	2.00	0.45
FF2	2	11.14	3.38	0.76
	24	14.38	3.81	0.85
FF3	2	19.15	2.39	0.53
	24	24.80	2.51	0.56
FF4	2	26.01	1.68	0.38
	24	39.39	3.01	0.67
FF5	2	15.49	1.28	0.29
	24	20.23	3.25	0.73
KLFF1	2	11.40	2.17	0.49
	24	17.38	1.13	0.25
KLFF2	2	56.47	4.85	1.08
	24	93.97	24.86	5.56
KLFF3	2	78.84	9.36	2.09
	24	98.36	5.64	1.26
KLFF4	2	87.04	9.34	2.10
	24	102.56	6.88	1.54
KLFF5	2	51.26	4.69	1.05
	24	83.45	6.94	1.55

OSB levhalarının kalınlık artışı oranları üzerine borlu bileşik kullanım oranı, tutkal türü ve suda bekletme sürelerinin etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 26. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levha kalınlık artışı oranları üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	241987.62	1	241987.62	4367.00	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	121408.54	4	30352.13	547.75	***
A*B (İnteraksiyon)	56451.08	4	14112.77	254.68	***
Hata	10528.43	190	55.41		

Buna göre, levhanın kalınlık artışı oranları üzerine, bor bileşiklerinin kullanım oranı, tutkal türü ve bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin önemli olduğu %0.1 hata payı ile ortaya çıkmıştır.

Levha tipleri arasında, kalınlık artışı oranları bakımından homojenlik olup olmadığını belirlemek için tutkal türüne ve suda bekletme sürelerine göre ayrı olarak basit varyans analizi ve duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 27 ve Tablo 28'de verilmiştir. Yapılan duncan testi sonuçlarına göre, %0.1 hata payı ile levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 27. FF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı oranlarına ilişkin duncan test sonuçları

Levha Tipi	Kalınlık Artışı (%) (2 saat)	Kalınlık Artışı (%) (24 saat)
FF1	9.03 a	12.10 a
FF2	11.14 b	14.38 a
FF3	19.15 d	24.80 c
FF4	26.01 e	39.39 d
FF5	15.49 b	20.23 b

Tablo 28. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarının 2 saat ve 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışı oranlarına ilişkin duncan test sonuçları

Levha Tipi	Kalınlık Artışı (%) (2 saat)	Kalınlık Artışı (%) (24 saat)
KLFF1	11.40 a	17.38 a
KLFF2	56.47 c	93.97 c
KLFF3	78.84 d	98.36 c
KLFF4	87.04 e	102.56 c
KLFF5	51.26 b	83.45 b

3.2.5. Çürüklük Testi

Deneme levhalarının çürüklük testi sonrası meydana gelen ağırlık kayıpları Tablo 29'da verilmiştir. Denemeler 4 örnek üzerinde yürütülmüştür.

Tablo 29. Deneme levhalarının çürüklük testi sonrası meydana gelen ortalama ağırlık kaybı değerleri

Levha Tipi	X	S	V
FF1	16.03	3.95	1.97
FF2	2.44	0.15	0.07
FF3	1.91	0.11	0.06
FF4	1.39	0.71	0.36
FF5	2.03	0.30	0.15
KLFF1	12.75	0.55	0.28
KLFF2	2.54	1.38	0.69
KLFF3	1.11	0.25	0.12
KLFF4	0.59	0.52	0.26
KLFF5	2.04	1.99	1.00

Kullanılan tutkal türü ve bor bileşik kullanım oranının ağırlık kaybı üzerine etkisini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı(A)	26.49	3	8.831	10.31	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	0.04	1	0.04	0.04	ÖD
A*B(İnteraksiyon)	8.79	3	2.93	3.42	*
Hata	20.55	24	0.86		
Toplam	195.08	32			

OSB levhalarında ağırlık kaybı üzerine borlu bileşiklerin etkilerini belirlemek her iki tutkal türü için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 31 ve Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 31. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının çürüklük dayanımı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	646.35	4	161.59	49.89	***
Gruplar İçi	48,59	15	3.24		
Toplam	694.94	19			

Tablo 32. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının çürüklük dayanımı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	354.16	4	88.54	67.81	***
Gruplar İçi	19.59	15	1.31		
Toplam	373.75	19			

Borlu bileşiklerin ağırlık kaybı üzerine etkileri %0.1 hata payı ile anlamlı bulunmuştur. Buna takiben yapılan duncan testi sonuçları her iki levha grubunun kontrol örnekleri borlu bileşiklerle farklı grupta yer almıştır. Farklılığın çok büyük olması nedeniyle hangi levha tipinin daha etkin olduğunu belirlemek için kontrol örnekleri hariç tutularak tekrar duncan testi yapılmıştır. Sonuçları Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33. Borlu bileşikler kullanımının OSB levhaların ağırlık kayıplarına ilişkin duncan test sonuçları

FF		KLFF	
Levha Tipi	X (%)	Levha Tipi	X (%)
FF1	16.03	KLFF1	12.75
FF2	2.44 b	KLFF2	2.54 b
FF3	1.91 ab	KLFF3	1.11 a
FF4	1.39 a	KLFF4	0.59 a
FF5	2.03 b	KLFF5	2.04 b

3.3. Mekanik Özellikler

3.3.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 34’de verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 34. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
FF1	22.03	3.30	0.77
FF2	19.15	2.47	0.55
FF3	17.25	4.01	0.89
FF4	12.83	2.30	0.51
FF5	18.12	3.80	0.85
KLFF1	20.32	4.21	0.94
KLFF2	14.92	2.58	0.58
KLFF3	13.04	3.75	0.84
KLFF4	11.77	3.18	0.71
KLFF5	14.58	2.69	0.60

Levha eğilme direnci üzerine kullanılan tutkal türü ve borlu bileşiklerin kullanım oranlarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35. Borlu bileşiklerin kullanım oranları ve tutkal türünün OSB levhalarının eğilme direnci üzerinde etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	523.70	3	174.57	17.50	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	425.37	1	425.37	42.56	***
A*B (İnteraksiyon)	67.74	3	22.58	2.26	ÖD
Hata	1519.24	152	10.00		
Toplam	39540.60	160			

Buna göre, bor bileşiklerinin kullanım oranının ve tutkal türünün levhanın eğilme direnci üzerine etkileri %0.1 hata payı ile anlamlı, bu faktörlerin karşılıklı etkileri ise %5 hata payı ile anlamsız çıktığı belirlenmiştir.

Borlu bileşik kullanım oranının OSB levhalarının eğilme direnci özellikleri üzerine etkisinin önemli olup olmadığını belirlemek için tutkal türüne göre ayrı olarak yapılmış varyans analizi sonuçları Tablo 36 ve Tablo 37’de verilmiştir. Buna göre her iki tutkal türünde de borlu bileşik kullanım oranının levhanın eğilme direnci üzerine etkisi %0.1 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Tablo 36. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	896.30	4	224.07	21.21	***
Gruplar İçi	1003.80	95	10.57		
Toplam	1900.10	99			

Tablo 37. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranının eğilme direnci üzerine etkisine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	855,15	4	213,79	19,16	***
Gruplar İçi	1059,85	95	11,17		
Toplam	1914,10	99			

Levha tipleri arasında, eğilme direnci bakımından homojenlik olup olmadığını belirlemek için duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. Buna göre, %0.1 hata payı ile levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır.

Tablo 38. Borlu bileşik kullanımının tutkal türüne göre eğilme direnç özelliklerine ilişkin duncan test sonuçları

FF		KLFF	
Levha Tipi	X (N/mm ²)	Levha Tipi	X (N/mm ²)
FF1	22.03 a	KLFF1	20.32 a
FF2	19.15 b	KLFF2	14.92 b
FF3	17.25 b	KLFF3	13.04 b
FF4	12.83 c	KLFF4	11.77 c
FF5	18.12 b	KLFF5	14.58 b

3.3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 39’da verilmiştir. Denemeler 20 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 39. Deneme levhalarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
FF1	2400.75	408.58	91.36
FF2	2329.88	432.24	96.65
FF3	2209.08	363.25	81.23
FF4	1820.92	150.91	33.74
FF5	2397.17	327.01	73.12
KLFF1	2539.41	583.15	130.40
KLFF2	2301.19	647.59	144.81
KLFF3	2221.16	283.20	63.33
KLFF4	1984.88	546.16	122.13
KLFF5	2342.04	427.94	95.69

Levhanın eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine kullanılan tutkal türü ve borlu bileşiklerin kullanım oranlarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	5224440.70	3	1741480.23	9.75	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	21271.3	1	21271.13	0.12	ÖD
A*B(İnteraksiyon)	287630.50	3	95876.83	0.54	ÖD
Hata	27160169.55	152	178685.33		
Toplam	807651286.65	160			

Buna göre, bor bileşiklerinin kullanım oranının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi %0.1 hata payı ile anlamlı, tutkal türü ve bu faktörlerin birlikte etkilerinin ise %5 hata payı ile anlamsız çıktığı belirlenmiştir.

Borlu bileşik kullanım oranının OSB levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için tutkal türüne göre ayrı varyans analizleri yapılmış ve sonuçları Tablo 41 ve Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 41. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	4696993.21	4	1174248.30	9.54	***
Gruplar İçi	11693123.10	95	123085.51		
Toplam	16390116.31	99			

Buna göre FF ve KLFF tutkalı kullanılarak üretilen levha gruplarında, borlu bileşik kullanım oranının levhanın eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkisi %0.1 hata payı ile önemli bulunmuştur.

Tablo 42. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	3242441.60	4	810610.40	3.07	*
Gruplar İçi	25100193.62	95	264212.56		
Toplam	28342635.22	99			

Levha tipleri arasında, eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından homojenlik olup olmadığını belirlemek için duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 43’de verilmiştir. Buna göre, %5 hata payı ile levha tipleri her iki tutkal türünde de farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır.

Tablo 43. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ilişkin duncan test sonuçları

FF		KLFF	
Levha Tipi	X (N/mm ²)	Levha Tipi	X (N/mm ²)
FF1	2400.75 a	KLFF1	2539.41 a
FF2	2329.88 b	KLFF2	2301.19 ab
FF3	2209.08 b	KLFF3	2221.16 ab
FF4	1820.92 b	KLFF4	1984.88 b
FF5	2397.17 b	KLFF5	2342.04 ab

3.3.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 44’de verilmiştir. Denemeler 20 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 44. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
FF1	0.55	0.06	0.01
FF2	0.32	0.06	0.01
FF3	0.23	0.07	0.02
FF4	0.18	0.05	0.01
FF5	0.39	0.06	0.01
KLFF1	0.51	0.12	0.03
KLFF2	0.33	0.05	0.01
KLFF3	0.19	0.08	0.02
KLFF4	0.15	0.04	0.01
KLFF5	0.27	0.06	0.01

Levhanın yüzeye dik çekme direnç değerleri üzerine kullanılan tutkal türü ve borlu bileşiklerin kullanım oranlarının etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 45’de verilmiştir.

Tablo 45. Borlu bileşiklerin kullanım oranları ve tutkal türünün OSB levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkisine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım oranı(A)	0.81	3	0.27	79,05	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	0.08	1	0.08	24,80	***
A*B(İnteraksiyon)	0.11	3	0.04	10,28	***
Hata	0.52	152	0.00		
Toplam	12.08	160			

Buna göre, bor bileşiklerinin kullanım oranının, tutkal türünün ve bu faktörlerin birlikte etkilerinin yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkisinin %0.1 hata payı ile anlamlı bulunmuştur.

Borlu bileşik kullanım oranının OSB levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için tutkal türüne göre ayrı çoğul varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 46 ve Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 46. FF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	1.67	4	0.41	120.93	***
Gruplar İçi	0.33	95	0.00		
Toplam	1.98	99			

Tablo 47. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda borlu bileşiklerin kullanım oranlarının OSB levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F - Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	1.64	4	0.41	75.61	***
Gruplar İçi	0.51	95	0.01		
Toplam	2.15	99			

Buna göre borlu bileşiklerin kullanım oranlarının her iki tutkal için yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine %0.1 hata payı ile önemli çıkmıştır.

Levha tipleri arasında, yüzeye dik çekme direnci değerleri bakımından homojenlik olup olmadığını belirlemek için duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 48’de verilmiştir. Buna göre, %0.1 levha tipleri her iki tutkal türü için de farklı homojenlik gruplarında yer almışlardır.

Tablo 48. Levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin duncan test sonuçları

FF		KLFF	
Levha Tipi	X (N/mm ²)	Levha Tipi	X (N/mm ²)
FF1	0.55 a	KLFF1	0.51 a
FF2	0.32 c	KLFF2	0.33 b
FF3	0.23 d	KLFF3	0.19 d
FF4	0.18 e	KLFF4	0.15 d
FF5	0.39 b	KLFF5	0.27 c

3.4. Yanma Mukavemeti

Borlu bileşiklerle muamele edilmiş iki farklı tutkal türü ile üretilen deneme levhalarının yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı, sıcaklık değerleri ve açığa çıkan CO gaz miktarına ilişkin ortalama değerler Tablo 49'da verilmiştir. Denemeler 3 örnek üzerinden yapılmıştır.

Tablo 49. Yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı, sıcaklık ve CO gazı ortalama değerleri

Levha tipi	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	CO (ppm)
FF1	65.63	393.44	2363.30
FF2	48.85	298.49	1582.20
FF3	38.48	289.60	1071.40
FF4	37.38	240.18	1035.95
FF5	63.29	292.68	1017.15
KLFF1	64.52	363.72	1349.60
KLFF2	58.03	245.08	922.60
KLFF3	56.08	236.16	885.50
KLFF4	37.35	188.72	701.30
KLFF5	62.68	226.89	806.60

Yanma sonucu oluşan ağırlık kaybı üzerine borlu bileşik kullanım oranının ve tutkal türünün etkisi belirlemek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarının yanma sonucu ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı(A)	20898.71	4	5224.68	6.34	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	1253.85	1	1253.85	1.52	ÖD
A*B(İnteraksiyon)	2705.91	4	676.48	0.82	ÖD
Hata	156552.47	190	823.96		
Toplam	748053.87	200			

Buna göre, ağırlık kaybı üzerine borlu bileşik kullanım oranının etkisi %0.1 hata payı ile anlamlı, tutkal türü ve bu faktörlerin birlikte etkileri ise %5 hata payı ile anlamsız çıktığı belirlenmiştir.

Yanma sonucu oluşan sıcaklık değerleri üzerine borlu bileşik kullanım oranının ve tutkal türünün etkisi belirlemek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 51’de verilmiştir.

Tablo 51. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarında yanma esnasındaki sıcaklık değerleri üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı (A)	590131.59	4	147532.90	3.12	*
Tutkal Türünün Etkisi (B)	128833.96	1	128833.96	2.72	ÖD
A*B (İnteraksiyon)	6832.17	4	1708.04	0.04	ÖD
Hata	8999487.39	190	47365.72		
Toplam	25125813.61	200			

Buna göre, sıcaklık değeri üzerine borlu bileşik kullanım oranının etkisi %0.1 hata payı ile anlamlı, tutkal türü ve bu faktörlerin birlikte etkileri ise %5 hata payı ile anlamsız çıktığı belirlenmiştir.

Yanma sonucu oluşan CO gaz miktarı değerleri üzerine borlu bileşik kullanım oranı ve tutkal türünün etkisi belirlemek amacıyla yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 52’de verilmiştir.

Tablo 52. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının ve tutkal türünün OSB levhalarının CO gaz miktarı değerleri üzerine etkilerine ilişkin çoğul varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Bor Bileşiklerinin Kullanım Oranı(A)	26883472.13	4	6720868.03	5.57	***
Tutkal Türünün Etkisi (B)	11562278.72	1	11562278.72	9.59	**
A*B (İnteraksiyon)	4973127.13	4	1243281.78	1.03	ÖD
Hata	229166071.30	190	1206137.22		
Toplam	548033564.00	200			

Buna göre, CO gaz miktarı değerleri üzerine borlu bileşik kullanım oranı %0.1 hata payı ile, tutkal türünün etkileri %1 hata payı ile anlamlı ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri ise %5 hata payı ile anlamsız çıktığı belirlenmiştir.

Levha tipleri arasında, yanma özellikleri (ağırlık kaybı, sıcaklık, CO miktarı) bakımından homojenlik olup olmadığını ve aralarında fark varsa, farkın hangi düzeyde önemli olduğunu belirlemek için her iki tutkal türünde 0.05 hata payı ile duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 53’de verilmiştir.

Tablo 53. Levhanın yanma özelliklerine ilişkin duncan testi sonuçları

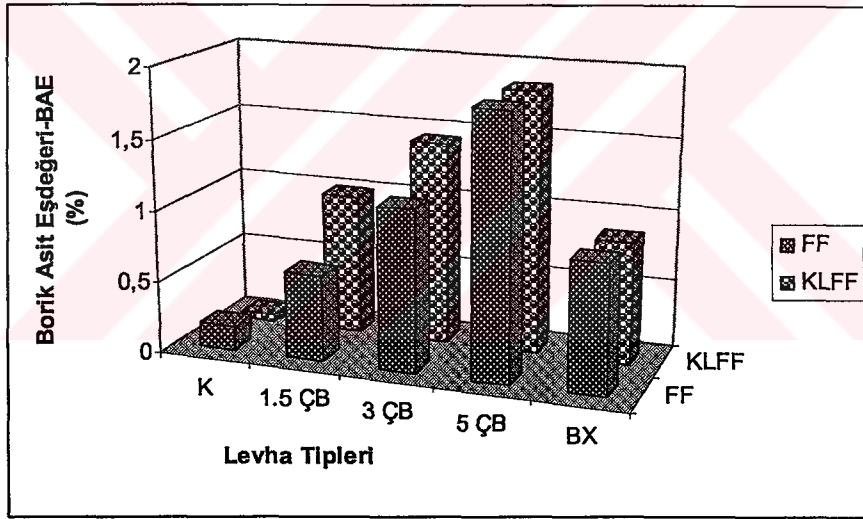
FF			
Levha tipi	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	CO (ppm)
FF1	65.63 b	393.44 b	2363.30 b
FF2	48.85 ab	298.49 ab	1582.20 ab
FF3	38.48 a	289.60 ab	1071.40 a
FF4	37.38 a	240.18 a	1035.95 a
FF5	63.29 b	292.68 ab	1017.15 a
KLFF			
Levha tipi	Ağırlık kaybı (%)	Sıcaklık (°C)	CO (ppm)
KLFF1	64.52 b	363.72 b	1349.60 b
KLFF2	58.03 b	245.08 ab	922.60 ab
KLFF3	56.08 ab	236.16 ab	885.50 ab
KLFF4	37.35 a	188.72 a	701.30 a
KLFF5	62.68 b	226.89 ab	806.60 ab

Buna göre, levha tipleri yanma sırasında oluşan ağırlık kaybı, sıcaklık ve açığa çıkan CO gazı miktarı değerlerine göre %5 hata payı ile bazı levha tipleri farklı homojenlik gruplarında, bazı levha tipleri ise aynı homojenlik gruplarında yer almıştır.

4. İRDELEME

4.1. Bor Analizi

Borik Asit Eşdeğerleri boraks ve çinko borat miktarının artmasına bağlı olarak değişiklikleri göstermektedir. En yüksek BAE değeri; %5 çinko borat kullanılarak üretilen FF4 ve KLFF4 levha tiplerinden (%1.85 BAE), en düşük BAE değerleri borlu bileşik kullanılmadan üretilen kontrol örneklerinden (FF1, %0.17 BAE, KLFF1, %0.05 BAE) elde edilmiştir. Üretilen levhaların bor analizi sonucu elde edilen BAE değerleri Şekil 24'te gösterilmiştir.



Şekil 24. Deneme levhalarının tutkal türüne göre BAE değerleri

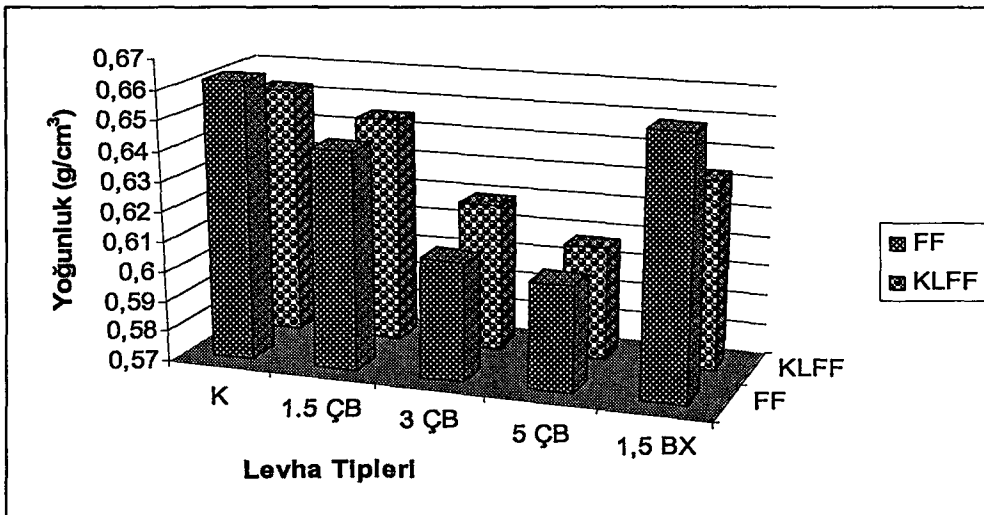
Bor analizi sonucunda elde edilen BAE değerleri kullanılan çinko borat miktarı arttıkça yükselmiştir. Kontrol örneklerinde borlu bileşik kullanılmadığı halde %0.05-0.17 arasında BAE değeri elde edilmiştir. Bunun sebebi; kullanılan ağaç malzemenin elementel düzeyde çinko ve bor ihtiva etmesi olabilir. Zira, kullanılan ağaç malzemenin yetiştiği toprakta bor ve çinko elementel düzeyde bulunabilir. Şekil 24'ten görüldüğü üzere tutkal türü BAE değeri üzerinde önemli bir etki yapmamıştır. Görülen küçük farklılıkların ise üretimden kaynaklandığı söylenebilir.

4.2. Fiziksel Özellikler

4.2.1. Yoğunluk

En yüksek yoğunluk değeri borlu bileşik kullanılmadan üretilen kontrol grubu levhalarından (FF1, $0,66 \text{ g/cm}^3$; KLFF1, $0,65 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir. En düşük yoğunluk değeri ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha gruplarından (FF4, $0,61 \text{ g/cm}^3$; KLFF4, $0,61 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir.

Yapılan deneyler ve elde edilen istatistiksel analizler sonucu; borlu bileşik kullanım oranının levhanın yoğunluğu üzerinde etkili olduğu, tutkal türünün ise etkili olmadığı belirlenmiştir. Denemelerde elde edilen yoğunluk değerleri genel olarak ($0,60\text{--}0,66 \text{ g/cm}^3$) ile öngörülen yoğunluk değeri ($0,65 \text{ g/cm}^3$) arasındaki farklılık $\pm 6\%$ lık sınır içerisinde kalmıştır. Ancak, çinko borat ile üretilen levhalarda çinko borat miktarı arttıkça levha yoğunluk değerlerinde yaklaşık %7'lik bir azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın nedeni, levha üretiminde hammadde miktarı hesabının yapılması sırasında tam kuru yonga miktarı kullanılan tam kuru çinko miktarı kadar azaltılmaktadır. Öte yandan çinko borat yongalar üzerine toz halde ilave edildiği için tutkallama makinesinin alt kısmına yığılmış olabileceğinden, serme sırasında doğrudan levha üretimine katılmamış olabilir. Her iki tutkal türüne göre borlu bileşik kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerine etkisi Şekil 25'te gösterilmiştir.



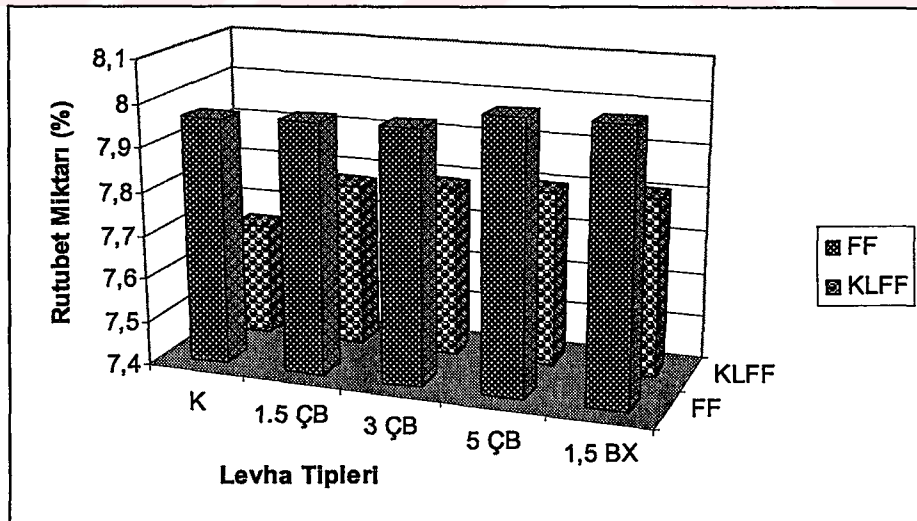
Şekil 25. Borlu bileşik kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerine etkisi

4.2.2. Rutubet Miktarı

En yüksek rutubet miktarı %8.02 ile FF5 levha tipinde, en düşük rutubet miktarı ise %7.66 ile KLFF tutkalı ile üretilmiş kontrol levhası örneklerinde elde edilmiştir.

Borlu bileşik kullanımının, Şekil 26'da görüldüğü gibi levhanın rutubet miktarında önemli bir değişiklik yapmadığı belirlenmiştir. Çinko borat kullanımı, kontrol örneklerine oranla rutubet üzerinde sadece küçük bir artışa neden olmuştur. Buradan, çinko boratın yongaya toz halinde karıştırılarak muamele edilmesinden tutkallama öncesi taslak rutubetini artışta neden olmamıştır. Dolayısıyla levha rutubetinde de önemli bir değişikliğe neden olmadığı söylenebilir.

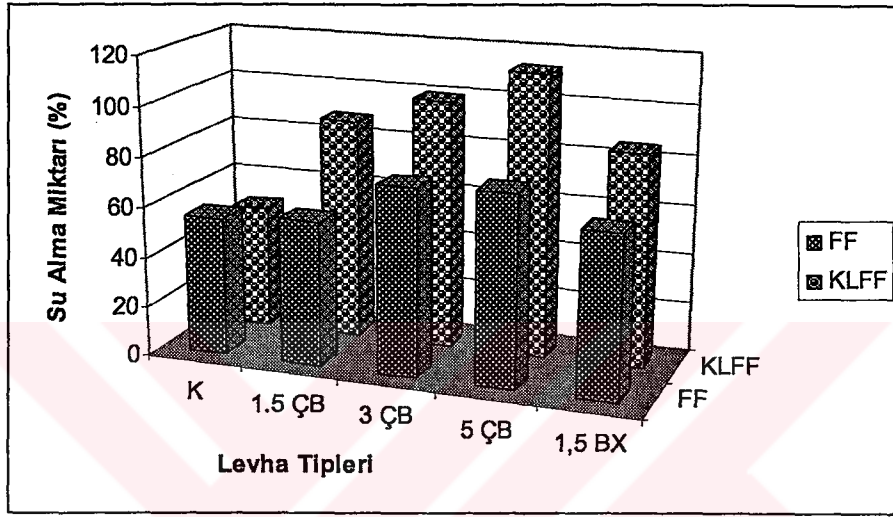
Deneme levhalarının rutubet miktarları %7.66-%8.02 arasında bulunmuştur. EN 312 (1996) nolu standarda göre yongalevhaların rutubet miktarlarının $\%9 \pm 4$ olması öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlar standartlara uygundur [134]. Borlu bileşik kullanım oranlarının kullanılan tutkal türüne bağlı olarak levha rutubet oranının değişimi miktarı üzerine etkisi Şekil 23'te verilmiştir. Bor kullanım oranı; FF tutkalı ile üretilen levhalarda rutubet miktarını %0.7 oranında, KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda ise rutubet miktarını %2 oranında artırmıştır.



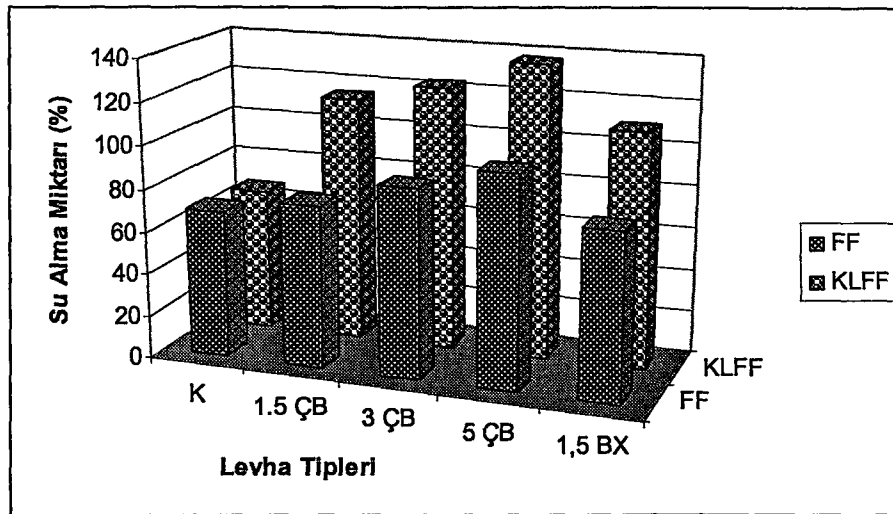
Şekil 26. Borlu bileşik kullanım oranlarının tutkal türüne göre levhanın rutubet miktarı üzerine etkisi

4.2.3. Su Alma Miktarı

Suda bekletme süresi 2 saatten 24 saate çıkarıldığında Şekil 27 ve 28'in birlikte incelenmesinden de anlaşılacağı gibi tüm levha gruplarında su alma miktarı artmıştır. Çinko borat kullanım oranının artışı, su alma miktarlarında artışa neden olmuştur.



Şekil 27. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 2 saatlik su alma miktarları üzerine etkisi



Şekil 28. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 24 saatlik su alma miktarları üzerine etkisi

2 saatlik suda bekletme süresinde en düşük su alma miktarı KLFF1 tipi kontrol levhalarından (%49.23) elde edilirken, en yüksek su alma miktarı %5 çinko borat kullanılarak üretilen KLFF4 tipi levhalardan (%113.34) elde edilmiştir. 2 saatlik suda bekletme süresinde levhada çinko borat kullanım oranı %5 olduğunda su alma miktarında %130'luk bir artış olmuştur.

24 saatlik suda bekletme süresinde en düşük değer KLFF1 tipi kontrol levhalarında (%67.06) elde edilirken, en yüksek su alma miktarı yine %5 çinko borat kullanılarak üretilen KLFF grubunda levha örneklerinden (%137.40) elde edilmiştir. 24 saat suda bekletme süresinde KLFF tutkalı ile üretilen levhada çinko borat kullanım oranı %5 olduğunda su alma miktarında %104'lük bir artış olurken; FF tutkalı ile üretilen levhada borat miktarının artmasıyla %43'lük bir artış gözlenmiştir.

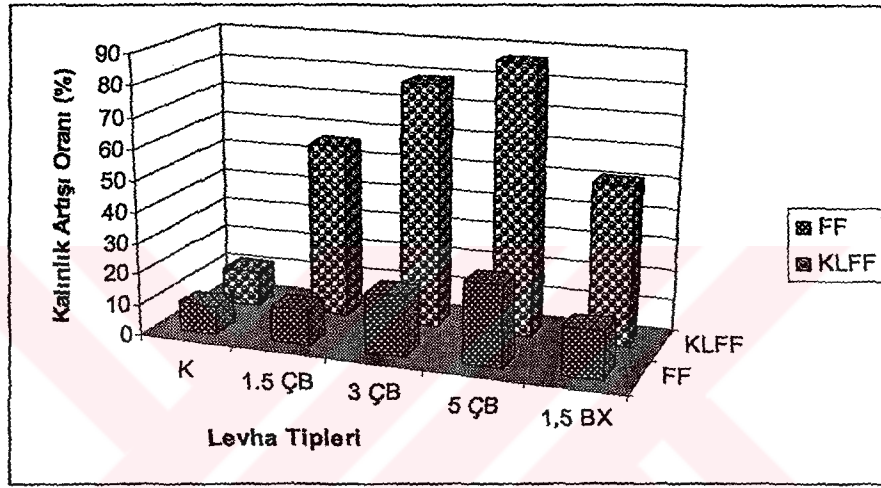
KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda, çinko borat oranı arttıkça levhanın su alma miktarı yükselmiştir. KLFF ile üretilen kontrol levhalarının suda bekletme süresi 2 saatten 24 saate çıkarıldığında su alma miktarlarında %36'lık artış gözlenirken, %5 ÇB kullanılarak KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda %21'lik bir artış gözlenmiştir. Bu durum, KLFF tutkalının üretimi esnasında lignini çözmek için kullanılan NaOH oranının yüksek olmasına bağlanabilir. İnorganik bir tuz olan çinko boratın kullanım oranındaki artış, levhanın su alma miktarını arttırmıştır.

%1.5 boraks kullanılarak üretilen levhalar kontrol levhalarıyla karşılaştırıldığında; 2 saatlik suda bekletme süresinde su alma miktarlarında FF tutkalı ile üretilen levhalarda %17.7'lik, KLFF tutkal ile üretilen levhalarda ise %77'lik bir artış gözlenmiştir. 24 saatlik suda bekletme sonrasında ise; kontrol levhalarına göre boraksla üretilen levhalarda FF tutkalında %13'lük, KLFF tutkalında ise %64'lük bir artış gözlenmiştir.

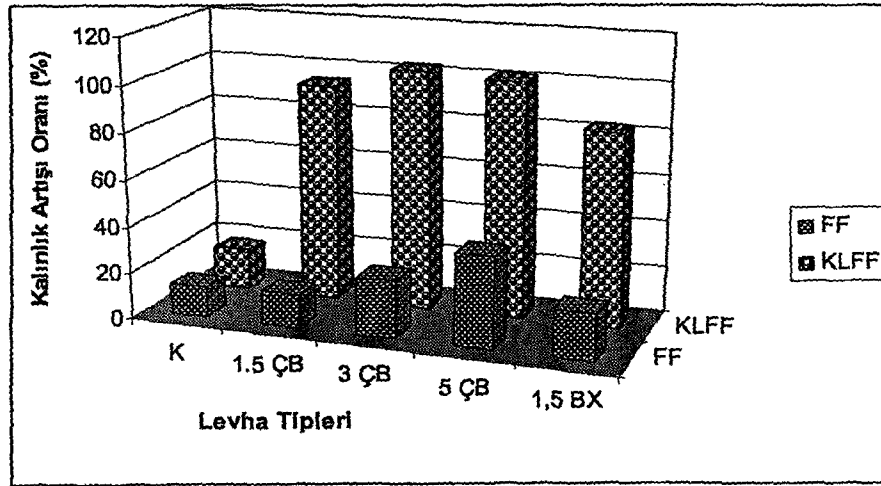
Su alma miktarının çinko borat ve boraks kullanımı ile artması, bor iyonlarının tutkalın metoksil (CH_2OH) gruplarıyla reaksiyona girerek, tutkalın yonga yüzeyinde tutunmasını engellemesine bağlanabilir [88,135]. Ayrıca çinko boratın içerisinde bulunan çinko iyonlarının selülozu şişirici özelliklerinden dolayı su alma miktarı artmış olabilir.

4.2.4. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Kalınlık artışı, suda bekletme süresi uzadıkça tüm levha gruplarında artmıştır. Kontrol levhaları ile karşılaştırıldığında, süreye bağlı olarak, çinko borat kullanım oranı arttıkça kalınlık artışlarında yükselme gözlenmiştir. Borlu bileşiklerin tutkal türüne bağlı olarak levhanın 2 ve 24 saat kalınlık artışı üzerine etkileri Şekil 29 ve Şekil 30'da görülmektedir.



Şekil 29. Borlu bileşik kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 2 saatlik kalınlık artışı üzerine etkisi



Şekil 30. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın 24 saatlik kalınlık artışı üzerine etkisi

2 saat suda bekletme süresinde kalınlık artış değeri, en düşük FF1 tipi kontrol levhalarında (%9.03) elde edilirken, en yüksek KLFF4 tipi %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha örneklerinde (%87.34) elde edilmiştir. Üretimde çinko borat kullanım oranı %5 olduğunda kalınlık artışı kontrol levhalarına oranla KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda %663'lük, FF tutkalı ile üretilen levhalarda ise %188'lik bir artış olmuştur. %1.5 boraks kullanılarak üretilen levhalarda, 2 saatlik süre sonunda kalınlık artışı kontrol levhalarına oranla FF tutkalı için %71'lik, KLFF tutkalı için ise %349'lük bir artış gözlenmiştir

24 saatlik suda bekletme süresinde en düşük kalınlık artışı değeri FF tipi kontrol levhalarında (%12.10) elde edilirken, en yüksek ise KLFF4 tipi %5 çinko borat kullanılarak üretilen levhalardan (%102.56) elde edilmiştir. Üretimde levhada çinko borat kullanım oranı %5 olduğunda kontrol levhalarına oranla, KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda %490'lık, FF tutkalı ile üretilen levhalarda ise %225'lik bir artış meydana gelmiştir. Boraks ile üretilen levhalarda ise kontrol levhalarına oranla FF tutkalı ile %67'lük, KLFF tutkalı ile ise %380'lük bir artış gözlenmiştir.

Kalınlık artış oranının; çinko borat ve boraks gibi borlu bileşikler kullanılarak üretilen levhalarda oldukça yüksek bulunması, bor iyonlarının tutkalın metoksil (CH_2OH) gruplarıyla reaksiyona girerek, tutkalın yonga yüzeyinde tutunmasını engellemesine bağlanabilir [88, 124, 135].

Her ne kadar FF suya karşı dirençli ise de pres şartları levha kalitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir. FF tutkalı ile gerçekleştirilen üretimlerde pres plakalarının 220-230 °C levha ortasında geçen simetri ekseninin ise en az 140 °C'ye ulaşması ve tutkal sertleşene kadar bu sıcaklıkta tutulması gerektiği literatür bilgileri ile sabittir. Oysa deneme levhalarının üretiminde kullanılan presin yapısı gereği 150 °C'den yukarı bir sıcaklık uygulanması mümkün olmamıştır. Bu açık levhaları 9 dakika gibi uzun presleme süresi kullanılarak çözülmeye çalışılmıştır. Ayrıca yonga kurutma sıcaklığı da levhanın su alma ve kalınlık artışı değerleri üzerinde önemli derece de etkiye sahiptir ve sanayide 200-220 °C gibi yüksek sıcaklık uygulanmaktadır. Bu şartlar da göz önüne alındığında üretim sanayi boyutunda gerçekleştirilmesiyle levhaların su alma ve kalınlık artışı değerlerinde önemli şekilde iyileşmeler elde edilmektedir.

Elde edilen sonuç değerler literatürle kıyaslandığında kontrol levhaları EN 300 standartlarına uygun sonuç vermiştir [18]. Kalaycıoğlu tarafından yapılan bir çalışmada aynı üretim şartları altında FF tutkalı kullanılarak üretilen yongalevhaların kalınlık artışı oranından ise yüksek çıkmıştır (2 saat-%20.14, 24 saat-%22.34) [43].

4.2.5. Çürüklük Testi

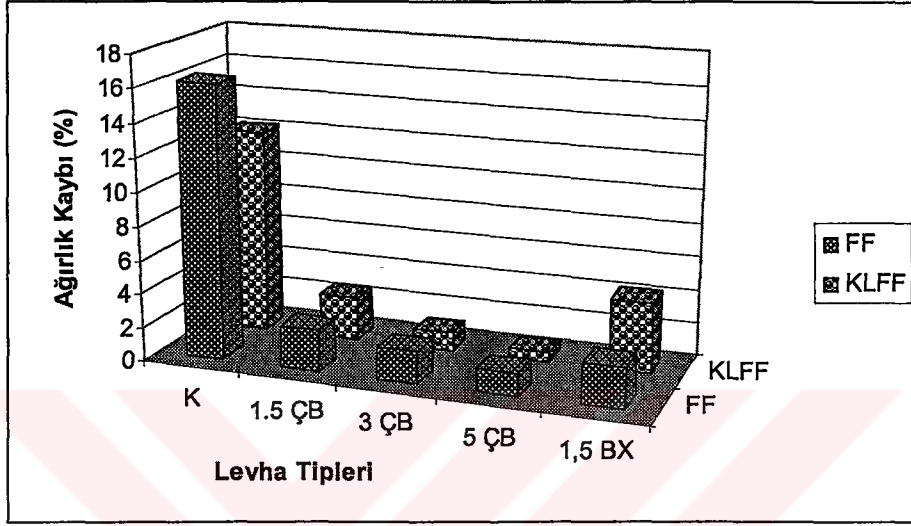
Deneme levhalarının borlu bileşiklerle muamele edilmesiyle kullanım oranına bağlı olarak ağırlık kaybı değerlerinde Şekil 31’de görüldüğü gibi belirgin bir azalma kaydedilmiştir.

En düşük ağırlık kaybı değerleri %5 çinko borat kullanılarak kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levha tipinden (%0.59), en yüksek ağırlık kaybı değeri fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrol levhalarından (%16.23) elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde literatür ile uyum sağladığı görülmektedir. Ayrılmış ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında, OSB levhalarının borlu bileşikler ile muamele edilmesiyle çürümeye karşı (*T. versicolor*) direncini belirlemişler, en yüksek ağırlık kaybını kontrol örneklerinde %16.23 olarak elde etmişlerdir. Borlu bileşiklerde ise önemli bir ağırlık kaybı olmadığını belirtmişlerdir [79].

Tsunoda ve arkadaşları çalışmalarında çinko borat ile muamele edilmiş pinus radiatadan üretilen MDF levhalarının çürümeye karşı direnç özellikleri belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda; *Trametes versicolor* ve *Fomitopsis palustris* mantarlarına maruz bırakılan örneklerinde, en yüksek ağırlık kaybı *Fomitopsis palustris* mantarı için hazırlanan kontrol örneklerinden elde edilmiştir. Çinko borat miktarı arttıkça ağırlık kaybı oranı azalmıştır ve sağlanan koruma oranı %97’lere kadar ulaştığı belirlenmiştir. *Trametes versicolor* mantarı için hazırlanan kontrol örneklerinde %4.7’lik bir ağırlık kaybının meydana geldiğini belirtmişlerdir. Muamele edilmemiş MDF kontrol örneklerinde ciddi bir ağırlık kaybının olmamasının kullanılan tutkal türünün mantara karşı dirençli olmasından kaynaklanmış olduğu kanısına varmışlardır [91].

Lloyd’a göre bor bileşikleri mantarlarda hüf ve sporların anormal gelişimine ve üreme sırasında gametlerin ayrılmasında başarısızlığa neden olarak mantar gelişmesini durdurmaktadır. Aynı zamanda oksit formunda ko-enzimler bor iyonlarının hedefi olarak mantar organizmasının metabolik sistemini de bozmaktadırlar [75]. Yamaguciye göre bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinden kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik özellik kazanmaktadır [76]. Denenme levhalarında çinko borat kullanım oranı arttıkça kontrol örneklerine oranla fenol formaldehit ile üretilen levhalarda %92’lere varan, kraft lignin fenol formaldehit ile üretilen levhalarda ise %96’ya varan bir koruma sağlanmıştır. Bu durum literatür ile de desteklenmektedir.

Lignin içerikli bir tutkal olan KLFF tutkalı, lignini tahrip eden bir mantar olan *T. Versicolor*' a karşı FF tutkalından %25 daha iyi koruma sağlamıştır. Bu durum, KLFF tutkalı üretimi sırasında ligninin kimyasal yapısındaki değişiklikler nedeniyle mantarın degradasyonuna karşı koruma sağlamış olabilir.



Şekil 31. Borlu bileşiklerin kullanım oranlarının tutkal türüne göre çürüklük testi sonrası meydana gelen ağırlık kaybı üzerine etkisi

4.3. Mekanik Özellikler

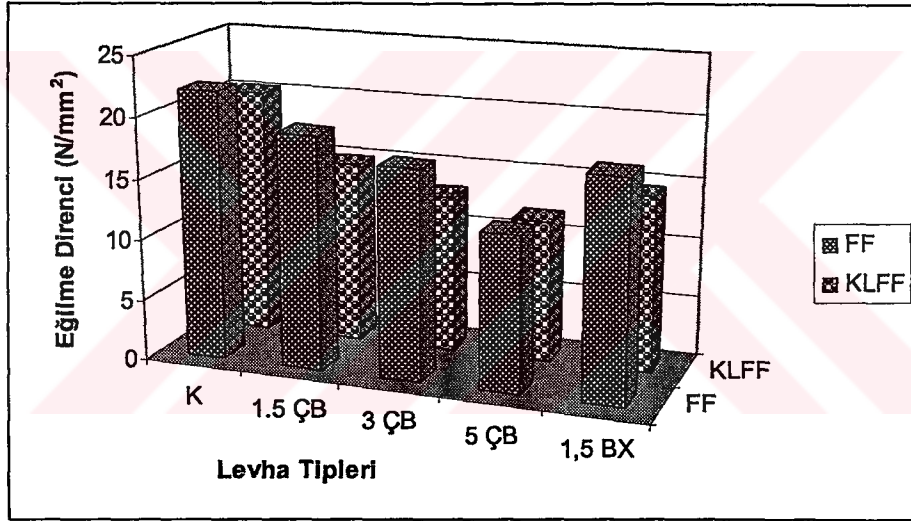
4.3.1. Eğilme Direnci

Genel olarak ortalama direnç değerleri Şekil 32'de görüldüğü gibi, kontrol örneklerine göre borlu bileşiklerle muamele edilen levhalarda daha düşük çıkmıştır. En yüksek eğilme direnç değerleri kontrol grubu levhalarından (FF1, 22.03 N/mm², KLFF1, 20.32 N/mm²) elde edilmiştir. En düşük eğilme direnç değerleri, %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubundan (FF4, 12.83 N/mm², KLFF4, 11.77 N/mm²) elde edilmiştir.

Kontrol levhaları dikkate alındığında FF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnç değerlerinin, KLFF tutkalı ile üretilen levhalara göre %8 daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çinko borat kullanım oranının artmasıyla levhanın eğilme direnç özelliklerinde hissedilir bir azalma gözlenmiştir. Bu düşüşün; FF tutkalı ile üretilen levhalarda %3 çinko borat kullanımından sonra oldukça yüksek olduğu, KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda daha yavaş seyrettiği gözlenmiştir. FF tutkalı ile üretilen levha tiplerinde çinko borat miktarı %1.5, 3 ve 5 kullanım oranlarına göre; eğilme direnç değerlerini sırasıyla %15, %21 ve %71 oranında azaltmıştır. KLFF tutkalı ile üretilen levha tiplerinde ise çinko borat miktarı %1.5, 3 ve 5 kullanım oranlarına göre; eğilme direnç değerlerini sırasıyla, %36, %56 ve %72 oranında azalmaya neden olmuştur.

Boraks kullanımı ise eğilme direncini FF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda %21, KLFF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda ise %36 oranında azaltmıştır.



Şekil 32. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın eğilme direnci üzerine etkisi

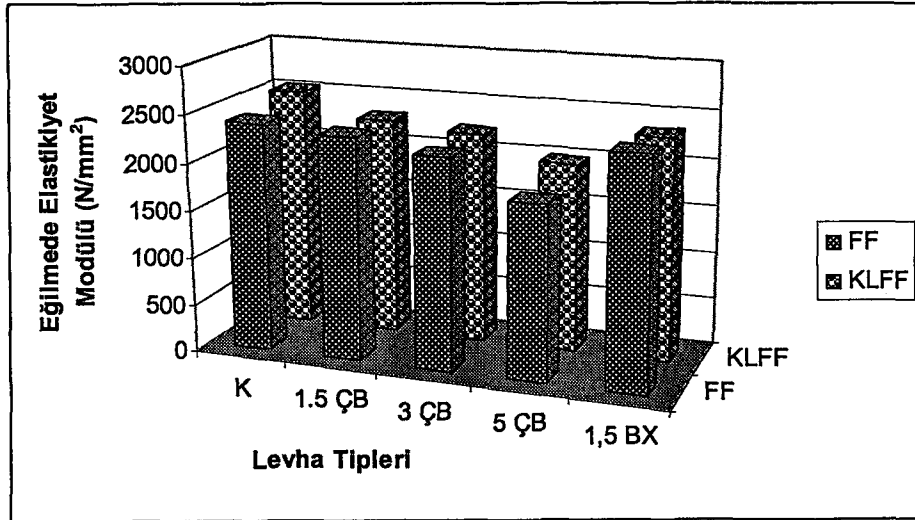
Eğilme direncindeki bu azalış, borlu bileşiklerin levhanın yoğunluğunu düşürmesinden ileri gelmiş olabilir. Halligan'a göre, eğilme direnciyle yoğunluk arasında yakın bir ilişki bulunduğu için, yoğunluğun azalmasıyla eğilme direncinde azalış görülmektedir [136].

Deneme levhalarının eğilme direnç değerleri EN 300 OSB standardında verilen OSB değerleri ile kıyaslandığında %5 çinko borat kullanılarak üretilen levhalar hariç diğer levha tipleri için standartlara yakın sonuçlar vermiştir. Yongalevha standartları EN 312 ye göre ise sonuçlar yüksek bulunmuştur [134].

Boraks ve çinko borat kullanımı arttıkça, eğilme direnç değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Bunun sebebinin, bor iyonları ile tutkal moleküllerinde bulunan fonksiyonel metilol grupları (CH₂OH) arasında oluşan interaksiyon sonucu tutkal, presleme sırasında istenilenden önce sertleşmiş olabileceğinden, böylece sıcaklığın levha orta tabakasına ulaşmasının engellenmiş olabileceği düşünülebilir [88, 135]. Zira, erken sertleşme sonucu üretilen malzemelerin mekanik direnci düşmektedir [137]. Lee çalışmasında çinko boratla çeşitli ağaç türlerini muamele ederek ürettiği OSB levhalarının özelliklerini incelemiş, mekanik özelliklerde çinko borat miktarının artışına paralel olarak yongalar arası yapışma direncinin, buna bağlı olarak da levhanın eğilme direnci değerlerinin azaldığı sonucuna varmıştır [124].

4.3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Borlu bileşiklerle üretilen OSB levhaları Şekil 33'de görüldüğü gibi, kontrol levhalarına göre daha düşük elastikiyet modülü değeri vermiştir. En yüksek değer KLFF1 tipi kontrol örneklerinden (2539.41 N/mm²) elde edilirken, en düşük değer %5 çinko borat kullanılarak üretilen FF4 levha tipi örneklerinden (1820.92 N/mm²) elde edilmiştir.



Şekil 33. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisi

Tutkal türüne bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülü değerleri göz önüne alındığında, KLFF tutkalı kullanılarak üretilen levhaların elastikiyet modülü değerleri, FF tutkalı kullanılarak üretilen levhalara oranla %6 daha yüksek çıktığı Şekil 24'te görülmektedir. Bunun nedeni ligninin elastik yapıda olması ve KLFF tutkalı ile üretilen toplam levha ağırlığına oranla daha fazla lignin içermesi olabilir. Bu durum literatür ile kıyaslandığında benzer sonuçlara rastlanmıştır. Kalaycıoğlu ve arkadaşlarının çalışmalarında kavak yongalarından, FF tutkalına %10 ve %20 fındıkkaşu lignini ilave ederek ürettikleri yongalevhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin fenol formaldehit ile üretilen kontrol levhalarına göre daha yüksek çıktığını gözlemişlerdir [59]. Doğal yapıştırıcı özelliği olan ligninin tutkal olarak kullanıldığında levhanın elastikiyetini arttırdığı söylenebilir. Ayrıca preslemede ligninin plastikleşmesi yüzey kapallığı ve ağırlık profilinden kaynaklanabilir.

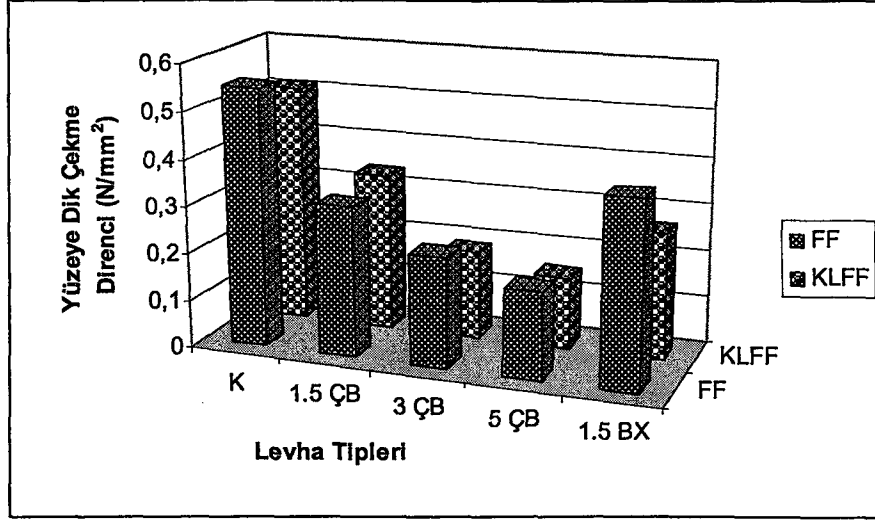
FF tutkalı ile üretilen levhalarda çinko borat kullanım oranları, eğilmede elastikiyet modülü değerlerini sırasıyla %3, %9 ve %32 oranları azaltmıştır. KLFF tutkalı ile üretilen levha tiplerinde ise çinko borat kullanım oranları, eğilmede elastikiyet modülü değerlerini sırasıyla %10, %14 ve %28 oranında azaltmıştır.

Elde edilen sonuç literatürle de uyum sağlamaktadır [124]. Sean OSB levhalarının üretiminde %5 ve daha yüksek oranlarda çinko borat kullanımının eğilmede elastikiyet modülü üzerinde olumsuz etki yaptığını belirtmektedir [88]. Halligan'ın çalışmasında da eğilmede elastikiyet modülündeki değişimin levhanın eğilme direnci ve yoğunluğundaki değişimlere orantılı sonuçlar verdiği belirtmektedir [137].

Suda çözünen emprenye maddelerinden olan boraksın, %1.5 oranında kullanılarak üretilmiş deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde, FF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda %0.2, KLFF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda ise %8 düşüş gözlenmiştir.

4.3.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Genel olarak çinko borat ve boraks kullanımı Şekil 34'de görüldüğü gibi levha yüzüne dik çekme direnç değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek levha yüzüne dik çekme direnci değerleri kontrol levhalarından (FF1, 0.548 N/mm², KLFF1, 0.512 N/mm²) elde edilirken, en düşük değerler %5 çinko borat kullanılarak üretilen levhalardan (FF4, 0.182 N/mm², KLFF4, 0.151 N/mm²) elde edilmiştir.



Şekil 34. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türünün levhanın yüzeye dik çekme direnci üzerine etkisi

Sonuçlar literatürle de uygun sonuçlar vermiştir. Manning tarafından çinko boratın levhanın yüzeye dik çekme direnci üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, %0, 0.5, 1, 2, 5 ve 8 oranında çinko borat ile üretilen OSB levhalarında izosiyanat ve fenol formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Her iki tutkal kullanımında da çinko borat kullanım oranı arttıkça yapışma direncinde azalma gözlemlendiği, en yüksek düşüş %5 ve 8 oranında çinko borat kullanımında gerçekleştiği belirtilmiştir. Bor bileşiğinin tutkal ile bağ yapması, sertleşme süresinin istenilenden önce gerçekleşmesine ve yapışma direncini olumsuz yönde etkilenmesine neden olduğunu belirtmiştir [122]. Benzer şekilde levhalar üretilirken preste yüzey tabakalar erken sertleşmiş olabilir. Ayrıca preslemede kullanılan sıcaklığın düşük olması levhanın simetri eksenindeki sertleşmenin yeterli olmasını engellemiş olabilir. Bu da orta kısımda yongaların birbirine bağlanma oranını yetersiz kılmış ve adezyon-kohezyon kuvvetlerini azaltmış olabilir.

Çinko borat kullanımının artmasıyla levhanın yüzeye dik çekme direnci özelliklerinde önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin, bor iyonları ile tutkal moleküllerinde bulunan fonksiyonel metilol grupları (CH_2OH) arasında oluşan interaksiyon sonucu tutkalın, presleme sırasında istenilenden önce sertleşmesi sonucu yonga ile tutkalın yüzey oluşturmasını engelleyerek yapışma direncini düşürmesine bağlanabilir [88, 124, 135]. Bu düşüş her iki tutkal türünde özellikle %1.5 çinko borat kullanımından sonra önemli oranda artmıştır. FF tutkalı ile üretilen levhalarda çinko borat miktarı %1.5, 3 ve 5 kullanım oranlarına göre sırasıyla, levhanın yüzeye dik çekme direnci

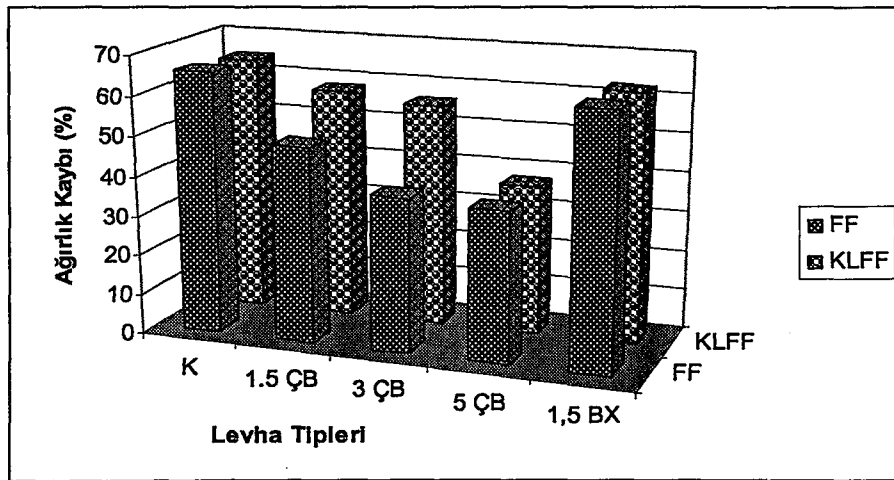
değerlerini %72, %139 ve %205 oranında azaltmıştır. KLFF tutkalı ile üretilen levhalarda ise çinko borat miktarı %1.5, 3 ve 5 kullanım oranlarına göre sırasıyla, eğilme direnç değerlerini %55, %168 ve %240 oranında azaltmıştır.

Boraks kullanımı levhanın yüzeye dik çekme direncini FF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda %41, KLFF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda ise %88 oranında azaltmıştır.

KLFF tutkalı kullanılarak çinko borat ile üretilen levhaların, boraks ile üretilen levhalara göre yapışma direnç değerleri %120 daha yüksek bulunurken, bu durum FF tutkalında boraks ile üretilen levhalarda çinko boratla üretilen levhalara oranla %22 daha yüksek bulunmuştur. Levha üretiminde kullanılan hammaddelerin pH değerlerinin kullanılan tutkal ile pres sırasında sertleşmenin gerçekleşebilmesi için birbirleriyle uyumlu olması gerekmektedir. Boraksın alkali özelliğe ($pH > 7$) olmasından dolayı tutkalla uyum sağlaması sonucu çinko borata göre daha iyi yapışma sağladığı söylenebilir.

4.4. Yanma Mukavemeti

Yanma sonucu meydana gelen ağırlık kaybı, sıcaklık değerleri ve açığa çıkan CO gazı değerleri için Şekil 37, Şekil 36 ve Şekil 37'de görüldüğü üzere en yüksek değerler kontrol levhalarından, en düşük değerler ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubundan elde edilmiştir.

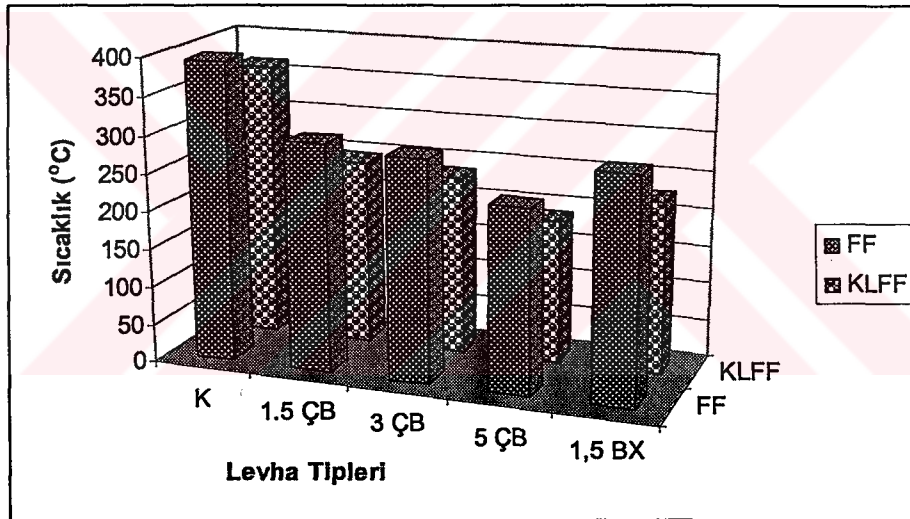


Şekil 35. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre yanmada meydana gelen ağırlık kaybı

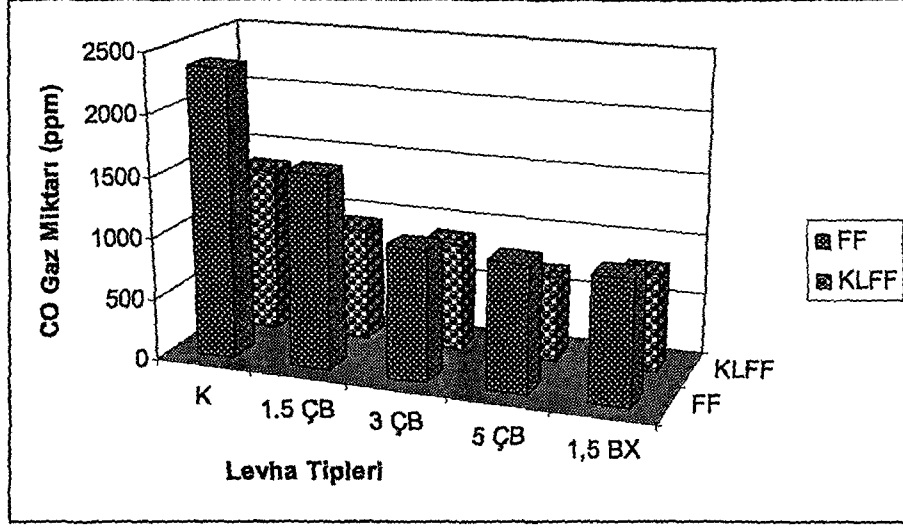
Yanma sonucu oluşan en yüksek ağırlık kaybı kontrol grubundan (FF1, %65.63, KLFF1, %64.52), en düşük ağırlık kaybı değeri ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubundan (FF4, %37.38, KLFF4, %37.35) elde edilmiştir.

Deneme levhalarının yanması esnasında oluşan en yüksek sıcaklık değeri kontrol grubundan (FF1, 393.44 °C, KLFF1, 363.72 °C), en düşük sıcaklık değeri ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubundan (FF4, 240.18 °C, KLFF4, 188.72 °C) elde edilmiştir.

Deneme levhalarının yanması sonucu açığa çıkan en yüksek CO miktarı kontrol grubundan (FF1, 2363.3 ppm, KLFF1, 1349.6 ppm), en düşük CO miktarı ise %5 çinko borat ve %1.5 boraks kullanılarak üretilen levha grubundan (FF5, 1017.15 ppm, KLFF4, 806.6 ppm) elde edilmiştir.



Şekil 36. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre oluşan sıcaklık değeri



Şekil 37. Borlu bileşiklerin kullanım oranı ve tutkal türüne göre açığa çıkan CO miktarı

Yanma sıcaklığı, ağırlık kaybı ve ortaya çıkan CO gazındaki azalmalar, denemelerde kullanılan borlu bileşiklerin yanmayı önleyici etki yaptıklarını, dolayısı ile OSB levhasının yanma mukavemetinin iyileştiğini göstermektedir.

Yanma sonucu oluşan CO gazının canlılar üzerine olumsuz etkileri bilinen bir gerçektir. Yangın esnasında açığa çıkan CO gazı insan sağlığını tehdit eder. Borlu bileşiklerle muamele edilmiş OSB levhalarının kullanılması bu noktada ayrı bir önem kazanmaktadır [139]. Bu nedenle yanma sırasında CO gazı oluşumundaki azalma kişinin yangın ortamında kalması durumunda dayanma süresini uzatacak ve ona zaman kazandıracaktır. Bu da yangından kurtulma şansını arttıracaktır.

5. SONUÇLAR

5.1. Bor Analizi

1. Üretilen deneme levhalarının içerdiği bor ve çinko element yüzdelerini ve Borik Asit Eşdeğerini belirlemek amacıyla yapılan bor analizi sonucunda, en yüksek değerler tam kuru yonga miktarına göre %5 oranında çinko borat kullanılarak üretilmiş levha tiplerinden elde edilmiştir.

2. Genel olarak, kullanılan tutkallarının BAE değerleri üzerine etkileri aynı çıkmıştır. Ancak, %1.5 çinko borat ile FF tutkalı kullanılarak üretilen levha tipinde BAE değeri, %1.5 çinko borat ve KLFF tutkalı ile üretilen levha tipinden daha düşük çıkmıştır.

5.2. Fiziksel Özellikler

5.2.1. Yoğunluk

1. Gerçekleşen yoğunluk değerleri planlanan yoğunluk değerlerine uygun çıkmıştır. En yüksek yoğunluk değeri fenol formaldehit tutkalı ile borlu bileşiklerle muamele edilmeyen FF1 levhalardan, en düşük değer ise %5 (tam kuru yongaya oranla) çinko borat kullanılarak fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan elde edilmiştir.

2. Tutkal türünün OSB levhalarının yoğunluğu üzerine etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

3. %1.5 oranında çinko borat ve boraks kullanılarak üretilen levhaların yoğunluk değerleri arasında belirgin bir farklılık bulunmamıştır.

4. Çinko borat kullanım oranının yükseltilmesi yoğunluk değerlerini az da olsa etkilemiştir.

5.2.2. Rutubet Miktarı

1. Levhaların rutubet miktarları %7.66-8.02 arasında değişim göstermiştir. Bu değerler TS EN 322 ve EN 312de verilen sınırlar içinde kaldığı gibi, literatür sonuçları ile de uyum sağlamaktadır [126, 134].

2. En yüksek rutubet miktarı %5 (tam kuru yongaya oranla) çinko borat kullanılarak fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda, en düşük değer ise KLFF tutkalı ile üretilen kontrol levhalarında elde edilmiştir.

3. Borlu bileşik kullanımının levha rutubet miktarına etki etmediği belirlenmiştir.

4. Tutkal türünün, OSB levhalarının rutubet miktarı üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir.

5.2.3. Su Alma Miktarı

1. En yüksek su alma miktarı %5 (tam kuru yongaya oranla) çinko borat kullanılarak kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda, en düşük değer ise KLFF tutkalı ile üretilen kontrol levhalarında elde edilmiştir.

2. Borlu bileşik kullanımının levhanın 2 ve 24 saatte su alma miktarına önemli oranda etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

3. Kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların su alma miktarları FF tutkalı ile üretilen levhalara oranla daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni ise KLFF kullanımında, sistem pH'ını ayarlamak için kullanılan NaOH'un -OH gruplarının su moleküllerini çekmesi olabilir.

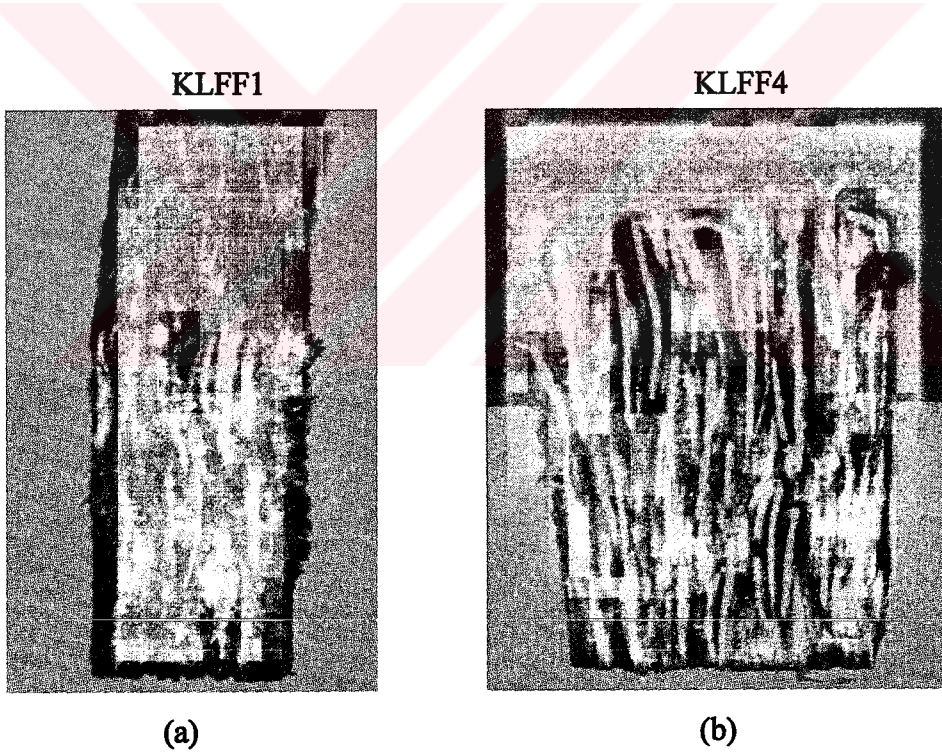
5.2.4. Kalınlık Artışı

1. En yüksek kalınlık artışı oranı %5 (tam kuru yongaya oranla) çinko borat kullanılarak kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda, en düşük ise fenol formaldehit tutkalı ile üretilen kontrol levhalarında elde edilmiştir.

2. Borlu bileşik kullanımının levhanın 2 ve 24 saatte kalınlık artışı oranlarında önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

3. Elde edilen sonuçlarda KLFF tutkalı ile borlu bileşiklerin özellikle çinko boratın levhanın 2 ve 24 saatlik sürelerde kalınlık artışı üzerine olumsuz etki yaptığı ve levhada ayrılmalara neden olduğu gözlenmiştir. Bu durum Şekil 38'de çok net bir şekilde görülmektedir.

4. Boraks ve çinko borat levhanın kalınlık artışı değerleri önemli oranda arttırmıştır. Bunun nedeni boraksın zamanla suda çözünmesine bağlı olarak, yongaların ıslanması ve levhanın geçirgenliğini artırması sonucu suyun levhaya daha kolay girmesi olabilir. Çinko borat inorganik bir tuz olmasına rağmen oluşumunda borik asit bulunmaktadır. Çinko borat, üretim sırasında içerisinde az da olsa suda kolayca çözünebilen borik asit içeriyor olabilir. Ayrıca yonganın kurutulma sıcaklığının ve preslenme şartlarının etkisiyle, levha içerisindeki iç bağlanmanın yetersiz olması ve bunun da kalınlık artışı değerlerini artırması söz konusu olabilir



Şekil 38. (a) ve (b) OSB- KLFF levha grubuna ait kontrol ve 5 ÇB tipi levhaların 24 saat suda bekletme süresi sonunda meydana gelen kalınlık artışları.

5.2.5. Çürüklük Testi

1. *Trametes versicolor* mantar kültürleri kullanılarak yapılan çürüklük testi sonucunda, deneme levhalarında en yüksek ağırlık kaybı değerleri kontrol örneklerinde, en düşük ağırlık kaybı değeri ise %5 çinko borat kullanılan levha örneklerinde belirlenmiştir.
2. Çinko borat kullanım oranı arttıkça ağırlık kaybı oranı azalmıştır.
3. Borlu bileşiklerin kullanımı levhalarda %90'lara varan koruma sağlanmıştır.
4. Boraksa göre çinko borat %4 daha iyi koruma sağlamıştır.

5.3. Mekanik Özellikler

5.3.1. Eğilme Direnci

1. En yüksek eğilme direnç değerleri kontrol grubu levhalarından elde edilirken, en düşük değerler %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubundan elde edilmiştir.
2. Borlu bileşiklerin eğilme direncini önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Çinko borat miktarı arttıkça eğilme direnç değerlerinde, %13.07–42.08 arasında azalma gözlenmiştir. Bu düşüş FF tutkalı ile üretilen levhalarda %3 çinko borat kullanımından sonra oldukça yüksek iken, KLFF grubu levhalarında daha yavaş seyretmiştir.
3. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların eğilme dirençleriyle kraft lignin fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların eğilme dirençleri arasında istatistiksel anlamda fark bulunmamıştır.
4. Çinko borat ve boraksın eğilme direnci üzerine etkileri arasında fark bulunmamıştır.
5. Elde edilen değerlerde FF4 ve KLFF4 levha tipleri hariç, kontrol levha tipi FF1 ve KLFF1 levha tiplerinde EN 300 standardından yüksek, FF2 ve KLFF2 levha tiplerinde standarda uygun, FF3 ve KLFF3 levha tiplerinde standarttan düşük değerler elde edilmiştir [18].

5.3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

1. En yüksek elastikiyet modülü değeri kontrol levhalarında elde edilirken, en düşük değer %5 çinko borat kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir. Genel olarak borlu bileşiklerle üretilen levhalar da, kontrol levhalarından daha düşük elastikiyet modülü değeri elde edilmiştir.

2. Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri 2539.41–1820.92 N/mm² arasında bulunmuştur. Kontrol örneklerinde EN 300 standardına yakın sonuçlar elde edilmiştir.

3. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine borlu bileşiklerin etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Çinko borat kullanım oranı arttıkça, levhanın elastikiyet modülü % 2.95–24.15 oranında azalmıştır.

4. KLFF tutkalı ile üretilen levhalar ile fenol formaldehit ile üretilen levhaların elastikiyet değerleri arasında istatistiksel anlamda farklılık çıkmamasına rağmen, KLFF ile üretilen levhalar daha yüksek elastikiyet modülü değerleri vermiştir.

5. Çinko borat ve boraks kullanımının levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerinde etkileri istatistiksel olarak farksız çıkmıştır. Ancak ÇB kullanım oranının artışı eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin %31 oranında düşmesine neden olduğu da bir gerçektir.

5.3.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

1. En yüksek levha yüzüne dik çekme direnci değerleri kontrol gruplarında elde edilirken, en düşük direnç değerleri %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha gruplarında elde edilmiştir.

2. Borlu bileşiklerin yüzeye dik çekme direnci üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Çinko borat kullanım oranı arttıkça yüzeye dik çekme direnç değerlerinde % 35.29 – 70.59 arasında azalma gözlenmiştir. %1.5 Boraks ile üretilen levhalarda kontrol örneklerine göre %29.09–47.06 oranında azalma gözlenmiştir. Bunun nedeni fenol formaldehitin borlu bileşiklerle reaksiyona girerek sertleşme süresini kısaltması, sıcaklığın levhanın orta tabakasına ulaşma süresi ile buhar difüzyonu yetersizliği ve bu yüzden tutkalın yonga yüzeylerine yeterince tutunamaması olabilir.

3. KLFF tutkalı ile üretilen levhaların direnç değerleri ile FF tutkalı ile üretilen levhaların direnç değerleri arasında fark istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

4. Levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri 0.55–0.15 N/mm² arasında belirlenmiştir. Bu değerlerden kontrol örnekleri ile %1.5 ÇB ve %1,5 boraks kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnç değerleri EN 300 standardından yüksek, %3 ÇB kullanılarak üretilen levha örnekleri standarda uygun, %5 ÇB kullanılarak üretilen levhaların değerleri ise standarttan düşük sonuçlar vermiştir [18].

5.4. Yanma Mukavemeti

1. Yanma sonucu meydana gelen en yüksek ağırlık kaybı her iki levha grubunun kontrol örneklerinde elde edilmiştir. En düşük ağırlık kaybı değeri ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levhalarda elde edilmiştir.

2. Deneme levhalarının yanması esnasında en yüksek sıcaklık değeri kontrol grubu, en düşük sıcaklık değeri ise %5 çinko borat kullanılarak üretilen levha grubu levhalarda gözlenmiştir.

3. Deneme levhalarının yanması sonucu açığa çıkan en yüksek CO miktarı kontrol grubu, en düşük CO miktarı ise %5 çinko borat ve %1.5 boraks kullanılarak üretilen levha grubunda elde edilmiştir.

4. Çinko boratla üretilen levhalarda, boraks ile üretilenlere oranla daha az ağırlık kaybı meydana gelmiştir.

6. ÖNERİLER

Ağaç malzemenin emprenyesi amacıyla geniş spektrumlu biyositlerin kullanımının sınırlanması ve ağır metaller içeren kimyasal maddelerin oluşturduğu çevresel sorunlar nedeniyle, bor esaslı koruyucu emprenye maddeleri son yıllarda büyük önem kazanmaktadır.

Ağaç malzeme organik bir madde olduğundan, birçok biyotik ve abiyotik faktörler tarafından degradasyona uğratılmaktadır. Yangın, çürüme ve biyolojik zararlılara karşı direnç sağlayan borlu bileşiklerin aynı zamanda, levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri olumsuz etki yapması söz konusudur. Bu bakımdan borlu bileşiklerin levhadaki kullanım oranı oldukça önemlidir. Bu araştırmada çinko borat bileşiğinin, hem koruma sağlayacağı ve hem de levhanın fiziksel ve mekanik direnç özelliklerini kötü yönde etkilemeyeceği optimum kullanım oranı araştırılmıştır.

Borlu bileşik kullanımı yoğunluk ve mekanik özellikleri düşürmekle birlikte, levhanın su alma ve kalınlık artımı değerlerini yükseltmiştir. Bu olumsuz etki %3 oranında çinko borat kullanımına kadar ılımlı bir düşüş gösterirken %5 oranına çıkarıldığında hızlı bir düşüş görülmektedir. Yapılan yanma mukavemeti ve çürüklük testlerinde ise çinko borat ile üretilen levhalar kontrol ve boraks ile üretilen levhalara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu sebeple, üretilen levhaların özellikleri göz önüne alındığında;borlu bileşiklerin yüksek direnç özellikleri gerektiren kullanım yerlerinde %5 ve daha yüksek oranlarda kullanılması önerilmemektedir.

Borlu bileşikler tutkalın yapışma direnci üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için polietilen glikol (PEG) ile birlikte kullanılabilir.

Bu çalışma da önemli olan diğer bir konu ise kraft lignininden üretilen fenolik tutkalın OSB levhalarının direnç özellikleri üzerine etkisi ve kullanılan borlu bileşikler ile etkileşimidir. FF tutkalının yapısında bulunan formaldehitin insan sağlığına zararı bilinen bir gerçektir. Bu zararlılık sadece levha preste iken değil, kullanım yerinde de geçerliliğini sürdürmektedir. Amacın FF kullanım oranının azaltılması olduğu bu çalışmada %50 kraft lignini kullanılarak üretilen KLFF tutkalının insan ve çevre sağlığı açısından saf FF tutkalından daha zararsız olduğu bir gerçektir.

KLFF tutkalı ve borlu bileşikler kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özellikleri, FF tutkalı ve borlu bileşikler kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özelliklerinden daha

kötü sonuçlar vermiştir. Borlu bileşiklerin KLFF tutkalının yapışmasını engelleyici bir etki yapmış olması nedeniyle % 1.5 oranından daha fazla kullanılması önerilemez.

KLFF tutkalı ile üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin FF tutkalı ile üretilen levhalara benzer sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

Ayrıca, yapılan çalışmalar sırasında ki pres süresi (9 dak) ve pres basıncı (24-26 kp/cm²), pres sıcaklığı (149 °C) daha yüksek tutulmak suretiyle, üretim koşulları iyileştirilerek levha direnç özelliklerinin artırılması yönünde uygulamalar yapılabilir.



6. KAYNAKLAR

1. Özen, R., Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No:30, Trabzon, 1980.
2. Danielson, B., Kraft Lignin in Phenol Formaldehyde Resin, Licentiate Thesis, Department of Forest Products and Chemical Engineering, Chalmers University of Technology, S-412 96 Göteborg, Sweden, 1998.
3. Özen, R., Waferboard-Etiket Yongalı Levha Üretimi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 5(1), (1982), 135-150.
4. Özen, R., Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yongalevha (Waferboard) Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları, KTÜ Basımevi, Trabzon, 1981.
5. Dönmez, A.ve Kalaycıoğlu, H., Mechanical and Physical Properties of Particleboard Produced from Aspen Strands Treated with Boric Acid and Borax, 2nd International Boron Symposium, 23-25 September, Eskişehir 2004, Proceeding of Symposium, 351-356,.
6. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3614/413, İstanbul, 1990.
7. TS 3482, Yongalevhalar (Dik Yongalı), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
8. Çehreli, H.T., Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların (Oriented Structural Board: OSB) Üretimi, Teknolojik Özellikleri ve Kullanma Yerleri, Orman Fakültesi Dergisi, 4(1), (1981), 71-88.
9. Kalaycıoğlu, H., OSB Levhaları (Yönlendirilmiş Yongalevhalar), K.T.Ü. Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Seminer Serisi No: 4, 120-124, 1997.
10. Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G., Nemli, G., Orman Ürünleri Endüstrisine Giriş Ders Notları, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:73, Trabzon, 2003.
11. TS 4616, Yongalevhaları-Kalıp Preste Biçimlendirilmiş ve Kalıplanmış Elamanlar, Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara, 1988.
12. Nemli, G., Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 182 s.Trabzon, 2000.
13. TS 1351, Lif, Yonga ve Talaş Yapımında Kullanılan Odun, Ankara, 1974.
14. Akbulut, T., OSB Levhalarının Kontrplak Yerine Kullanımı, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 52(1), (2002).

15. URL-1, <http://www.sba-osb.com>, 12.05.2005.
16. URL-2, <http://cwc.ca/products/osb/uses.php.html>, 12.05.2005.
17. URL-3, <http://online.anu.edu.au/Forestry/wood/osb/2.html>, 12.05.2005.
18. EN 300, Oriented Strand Boards (OSB) - Definitions, Classification and Specification, 1997.
19. URL-4, www.osbguide.com/osbfacts.html, 10.04.2005.
20. Irvine, D. ve Flett BS, EPPS 6, Atlantic Crossings, A history of Oriented Strand Board, European Panel Products Symposium, October 2002, England, Proceeding of Symposium, E141-147.
21. Wu, Q., In Plane Dimensional Stability of Oriented Strand Board Effects of Processing Variables, Forest Product Journal, 39(5), (1999), 29-33.
22. Lee, N.J. ve Wu, Q., In Plane Dimensional Stability of Three Layer Oriented Strand Board. Wood and Fiber Science. 34(1), (2002), 77-95.
23. Wang, S.Y., Chen, B.J., The Flake's Alignment Efficiency and Orthotropic Properties of Oriented Strand Board , Holzforshung, 55(1), 2001, 97-103.
24. Najere, J. ve Spelter, H., Wood Based Panels – Supply, Trade, and Consumption in UN- ECE/FAO Forest Products Annual Market Review, 2000-2001, Geneva, Switzerland United Nations Publications, 83-100, 2001.
25. Maloney T.M., The Development of the United States and Canada: Waferboard, Oriented Strand Board, and Medium Density Board the Year 1984, Holz als Roh- und Werkstoff, Vol:42, 361-365, 1984.
26. Kalaycıoğlu, H., Neden OSB, Laminart Mobilya, Dekorasyon, Sanat ve Tasarım, İstanbul, 12, (2001), 136-138.
27. Anonim 1, Wood Handbook, Insulation Board, Hardboard, MDF and Laminated Paperboards, Forest Products Laboratory, Washington, USA, 1972.
28. Kruse, K., Dai, C. ve Pielasch, A., An Analysis of Strand and Density Distributions in Oriented Strand Board. Holz als Roh- Und Werkstoff, 58(4), (2000), 270-277.
29. Yin S, A Study of the Technology and Properties of Oriented Strand Board. Journal of Nanjing Forestry University, 3, (1987), 65-72.
30. Güller, B., Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, (2001), 135-160.
31. Mistepe, M.U., Gelişmekte Olan Bir Ürün: Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB). Orman Teknikerleri Dergisi, 2, (1989), 18-19.

32. Papadopoulos, A.N. ve Traboulay, E., Dimensional Stability of OSB Made From Acetylated Fir Strands, Holz als Roh- Und Werkstoff, 60, (2002), 84-87.
33. Kalaycıoğlu H, Sahil amı (Pinus pinaster Ail) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 136 s.Trabzon,1991.
34. Avramidis, S. ve Smith, L., The Effect of Resin Content and Face-to-Core Ratio on Some Properties of Oriented Strand Board, Holzforshung, 43(2), (1989), 131-133.
35. Skinner, C., Kaufmann, R., Watt, C., Lauwers, J.P.R., Tilt, M.V., ve Salani, A., Novel Fast Cure Technology for the Production of OSB with MDI based Binders, European Panel Products Symposium, October 2000, Bangor, Proceedings of Symposium, 1-29.
36. Sellers, T., Plywood Adhesive Technology, Forest Products, Utilization Laboratory, Marcel Decker Inc. New York, 1985.
37. Coplugil, E., Formaldehit ve Formaldehit Reçineleri, II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, ORENKO 93, 6-9 Ekim 1993, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 83-94.
38. Anonim 2, Adhesive in Building Construction, Forest Service, US Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No:516, Washington, 1978.
39. Maloney, T.M., Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing, USA, 1977.
40. Davis, C.R., Phenol-Formaldehyde-Bonded Boards Can Compete with Isocyanates, Structural Wood Composites: New Technologies for Expanding Markets, Forest Product Society, Tennessee, November, 1987, Proceedings of Symposium, 18-20.
41. PIZZI, A., Advanced Wood Adhesives Technology, Chapter 6: Lignin-Based Wood Adhesives, Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, H.K., 1989.
42. Nimz, H., Wood Adhesives: Chemistry and Technology; Marcel Dekker Inc.: New York, NY, 247-288, 1983.
43. Kalaycıoğlu, H, Amonyum Lignosülfonat Ve Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 63 s, Trabzon, 1987.
44. Adler, E., Lignin Chemistry-Past, Present, Future, Wood Science Technology, 11, (1977), 169-218.
45. Sarkanen, K.V. ve Ludwig,C.H., 1971, Lignins Occurance,Formation, Structure and Reactions, Wiley-Interscience, New York, 1971.
46. Sjöström, E., Wood Chemistry Fundamentals and Applications, Academic Pres, New York, 1981.

47. Lindholm,C.A., *Pulping Technology Lecture Notes, Vol:1, Helsinki University, Otoniemi, Finland, 1993.*
48. Lara, M.A., Rodriguez –Malaver,A.J., Rojas O.J., Holmquist, O., Gonzalez, A.M., Bullon, J., Penaloza, ve Araujo, E., *Black Liquor Lignin Biodegradation by Trametes Elegans, International Biodeterioration & Biodegradation, 52, (1993), 167-173.*
49. Abreu, H.S., Nascimento, A.M., Maria, A.M., *Lignin Structure and Wood Properties, Wood and Fiber Science, 31(4), (1999), 426-433.*
50. Lindholm,C.A., *Pulping Technology Lecture Notes, Vol:2, Helsinki University, Otoniemi, Finland., 1993.*
51. Kırıcı, H., *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, No:72, Trabzon, 2003*
52. Olivers, M., Guzmán, J.A., Natho, A., Saavedra, *Kraft Lignin Utilization in Adhesives, Wood Science and Technology, 22, (1988), 157-165.*
53. Koch, G.S., Klareich, F., Exstrum, *Adhesives for the Wood Panel Industry, Noyes Data Corporation, Park Ridge, N.J., 1987.*
54. Örs,Y., Kalaycıoğlu, H.,1987, Yongalevha Tutkalı Olarak Sülfite Lignini, DOĞA-Türk., *Journal of Agriculture and Forestry, 11, (1987), 588-594.*
55. Barry, A.O., Peng, W., Riedl, B., *The effect of Lignin Content on the Cure Properties of Phenol-Formaldehyde Resin as Determined by Differential Scanning Calorimetry, Holzforshung, 47, (1993), 247-252.*
56. Çetin, N.S., Özmen, N., *Use of Organosolv Lignin Phenol-Formaldehyde Resins for Particleboard Production, I. Organosolv Lignin Modified Resins, International Journal of Adhesion & Adhesives, 22, (2002), 477-480.*
57. Çetin, N.S., Özmen, N., *Use of Organosolv Lignin Phenol-Formaldehyde Resins for Particleboard Production, II. Particleboard Production and Properties, International Journal of Adhesion & Adhesives, 22, 2002, 481-486.*
58. Çetin, N.S., Özmen, N., *Studies on Lignin-Based Adhesives for Particleboard Panels, Turk Journal Agricultural Forestry, 27, 2003, 183-189.*
59. Kalaycıoğlu, H., Dönmez, A., Kırıcı, H. ve Peşman, E., *Some Mechanical Properties of Particleboards Produced with Phenol Formaldehyde Added Hazelnut-shell Lignin, Eight European Panel Products Symposium, 3, 13-15 October, England, 2004, Proceedings of Symposium, 60-64.*
60. Kazayawoko, J.-S.M., Riedl, B., Poliquin, J., *A Lignin-Phenol-Formaldehyde Binder for Particleboard, Part 1. Termal Characteristics, Holzforshung, 46, (1992), 257-262.*

61. Kazayawoko, J.-S.M., Riedl, B. ve Poliquin, J., A Lignin-Phenol-Formaldehyde Binder for Particleboard, Part 2. Physico-Mechanical Properties, Holzforshung, 46, (1992), 349-354.
62. TS 344, Ahşap Koruma Genel Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
63. DPT, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Orman Ürünleri Sanayi, Yayın No: Dpt: 2376-ÖİK:445, Ankara, 1995.
64. Berkel, A., Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 1745/183, İstanbul, 1972.
65. Çetin, Y., Emprenyenin Önemi ve Ekonomik Analizi, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayınları No:338, Ankara, 1985.
66. Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., Emprenye Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul, 1993.
67. Bozkurt, Y.; Erdin, Ağaç Malzemenin Korunması ve Önemi, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayınları No:338, Ankara, 1985.
68. Hafizoğlu, H., Yalınkılıç, K.M., Yıldız, C., Baysal, E., Peker, H., Demirci, Z., Türkiye’de Bor Kaynaklarının Odun Koruma Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, TOAG Projesi, Proje No: 875, Trabzon, 1994.
69. Sümer, G., Boron Compounds, 2nd International Boron Symposium, 23-25 September, Eskişehir, 2004, Proceedings of Symposium, 153-164.
70. Lloyd, J.D., International Status of Borate Preservative Systems, The Second International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives and Pesticides, Forest Products Society, Madison, WI, 1997, Proceedings of Symposium, 41-54.
71. Anonim 3, Roskill Information Services, Economics of Boron, 1999.
72. Altun, F., Bor, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü Yayınları, ISBN: 975-8964-23-2, 2005.
73. Anonim 4, Roskill Information Services, Economics of Boron, 1999, Anonim, Roskill Information Services, Economics of Boron, 2002.
74. Kartal, S.N. ve Imamura, Y., The Use of Boron as Wood Preservative Systems for Wood and Wood-Based Composites, 2nd International Boron Symposium, 23-25 September, Eskişehir, 2004, Proceedings of Symposium, 153-164.
75. Lloyd, J.D., Borates and Their Biological Applications, The International Research Group on Wood Preservation 29th Annual Meeting, Maastricht, Netherlands, June 1998, Proceedings of Symposium, 14-19.

76. Yamaguchi, H., Silicic Acid: Boric Acid Complex as Wood Preservatives. Wood Science Technology, 37, (2003), 287-297.
77. Kartal S.N. ve Gren, F., Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-containing Compounds, Forest Products Journal, 52(6): 75-79, 2002.
78. Kartal, S.N., Hwang, W.J., Shinoda, K., Imamura, Y., Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Boron-containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoraborate (DBF) Incorporated with Acryl-silicon Type Resin. The International Research Group on Wood Preservation 35th Annual Meeting, Ljubljana, Slovenia, 6-10 June 2004.
79. Ayırlım, N., Kartal, S.N., Laufenberg, T.L., Winandy, J.E., White, R.H., Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard. Forest Product Journal. 55(5), (2005), 74-81.
80. Dönmez, A., Kalaycıoğlu, H., , Mechanical and Physical Properties of Particleboard Produced from Aspen Strands Treated with Boric Acid and Borax, 2nd International Boron Symposium, 23-25 September, Eskişehir, 2004, Proceedings of Symposium, 351-356.
81. Laks, P.E., Palardy, R.D., Properties and Process Considerations for Preservative-containing Waferboards. International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) Symposium on The Protection of Wood-Based Composite Products, Forest Product Society, May 1993, Orlando, Proceedings of Symposium, 12-17.
82. DeHoop, N., Dunn, M., Shupe, T., Smith R., Vlosky, R. ve Wu, Q., Value-added Forest Products: Opportunities for Growth, The Magazine of Louisiana Agricultural Experiment Station, 45(4),(2002), 25-44.
83. Wu, Q., ve Lian, K., Durability Analysis of Structural Oriented Strandboard Made with Borate-Modified Wood Flakes, Louisiana State University's Agricultural Center, 2004.
84. Dönmez, A., Duman, H. ve Kömürçü, İ., Formosan Subterranean Termitlerinin OSB Üzerine Etkileri ve Korunma Yolları, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, 29 Nisan-01 Mayıs, , Trabzon, 2004, Kongre Kitabı, 2. Cilt, 114-118.
85. Anonim 5, Smart Guard Borate-Treated Wood Products Introduced, Environmental Buildings News, 9(9) 2000.
86. Williams, L.H., Amburgey, T.L. ve Parresol B.R., Toxic Thresholds of the Borates and Percent Wood Weight Loss for Two Subterranean Termite Species When Feeding on Treated Wood. Conference. on Wood Protection with Diffusible Preservatives, Forest Products. Research. Society, Madison, WI., 1990, In Proceedings First International, 129-133.

87. Grace, J.K., Yamamoto, R.T. and Tamashiro, M., Resistance of borate-treated Douglas-fir to the Formosan Subterranean Termite, Forest Product Journal, 42(2), (1992), 61-65,.
88. Sean, T., Brunnette, G., and Cote, F., Protection of Oriented Strandboard with Borate. Forest Product Journal. 49(6), (1999), 47-51.
89. Laks, P.E., Quan, X., ve Haataja, B.A., The Effects of Sodium Octaborate Tetrahydrate and Zinc Borate on Properties of Isocyanate-bonded Waferboard. Adhesive and Bonded Wood Symposium, September 1991, In Proceedings Forest Product Society, 144-157.
90. Fogel, J.L., and Lloyd, J.D., Mold Performance of Some Construction Products With and Without Borates, Forest Products Journal, 52(2), (2002), 38-43.
91. Tsunoda, K., Watanabe, H., Fukuda, K., and Hagio, K., Effects of Zinc Borate on the Properties of Medium Density Fiberboard. Forest Products Journal, 52(11/12), (2002), 62-65.
92. Dönmez, A. ve Kalaycıoğlu, H., Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılan Yönlendirilmiş Yongalevhalarda (OSB) Çinko Borat Kullanımı, I. Ulusal Bor Çalıştayı, 28-29 Nisan, Ankara, 2005, Bildiriler Kitabı, 27-31.
93. Fogel, J.L. ve Lloyd, J.D., Mold Performance of Some Construction Products with and without Borates, ESP Environment Sensitive Pest Control, 2004.
94. Bond, C., Deaver, M. ve Wagoner, B., Solutions to the Problem of Low Density Edges in OSB, Wood Products Processing: Facilities and Infrastructure, November 27, 2001.
95. URL-5, <http://online.norbord.com/norbord-orientedstrandboard.htm>, Oriented Strand Board, 12.05.2005
96. Anonim 6, Wood-Based Panel Products Technology Roadmap: IV. Oriented Strandboard (OSB), Canada, 2003.
97. URL-6, <http://online.anu.edu.au/Forestry/wood/osb/Products.html>, The Process of Producing Oriented Strand Board, 12.05.2005.
98. Ellis, S., Effect of Resin Particle Size on Waferboard Adhesive Efficiency, Wood and Fiber Science, 25(3), (1993), 214-219.
99. Haupe, R., Sellers, T., Kim, M., Miller, G., ve Strickland, R., Comparisons of Strandboard Made with Phenol-formaldehyde Resin and Resins Modified with TVA Acid-hydrolysis Lignin, Forest Products Journal, 44(4), (1994), 63-68
100. URL-7, <http://fraxinus.for.ulaval.ca/osb>, 25.12.2004
101. Alain, C., OSB: Raw Material, Manufacturing, Process, Properties and Uses, 2000.

102. Ayla, C., OSB Üretim Teknolojisi, Laminart Mobilya ve Dekorasyon Dergisi, 12(2), (2001) 34-38.
103. URL-8, <http://sba-osb.com>, OSB Production, 25.12.2004.
104. Sellers, T., Resin Supply and Economics. In: Processes of Structural Board Association's Market Support Committee Meeting, September 1994, SBA, Willowdale, Ontario, Canada, 22.
105. Albeeth, J.W., The use of Wax Emulsion in Particleboard Production, Proceedings of the Washington State University Particleboard Symposium, No.2, Pulman, Washington State University, 1968.
106. Shaler, S., Comparing to Measures of Flake Alignment, Wood Science and Technology, 26, (1991), 53-61.
107. Kubler, H., Wood as a Building and Hobby Material. Wiley and Sons, Inc., Canada, 1980.
108. Deppe, H.J., Zum Stand der Erzeugung von Platten mit Spanorientierung, Holz-Zentralblatt, 84, (1979), 88-95.
109. Hutshneker, K., Untersuchungen über die Orientierung von Spänen im elektrischen Feld, Holz als Roh- und Werkstoff, 10, (1979), 367-372.
110. Anonim 7, Wood Handbook, Wood as an Engineering Material Gen. Tek. Rep. FPL-GTR-113, Madison, WI:U.S.Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999, 463.
111. URL-9, <http://online.anu.edu.au/Forestry/wood/osb/Product.html>, About The Product Oriented Strand Board (OSB), 21.04.2005.
112. URL-10, <http://bbacerts.co.uk.html>, 25.12.2005.
113. Sarıbaş, M., Uludağ, S., Kavak Ağaçlandırmalarında Erken Yaşlarda Budama Olanaklarının Araştırılması, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Dergisi, 24, (1997), 11-15.
114. Yıldız, Ü.C., Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun-Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 295 s, Trabzon, 1994.
115. URL-11, <http://kavak.gov.tr.html>, Melez kavak ağaçlandırma tekniği, Kavakçılık Araştırma Enstitüsü , 2004.
116. Sönmez, A., Atar, M., Peker, H., Çeşitli Maddelerle Emprenye Edilmiş Melez Kavak Odununun Yanma Özellikleri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(1), (2002), 24-35.

117. Acar, O., Saribaş, M., Ercan, M., *Populus euroamericana* cv. I-214 Odununda Zamana Bağlı Olarak Yoğunluk Değişimi Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Dergisi, 18, (1982), 35-44.
118. Sertmehmetoğlu, Z., Acar, O., Birler, A.S., Bir Endüstri Ağacı Olarak I-214 İşaretli Melez Kavak Odununun Mekanik Dirençleri Konusunda Araştırmalar, TÜBİTAK 1.Bilim Kongresi, Ankara, 1967, Bildiriler Kitabı, 132-166,.
119. Sachsse, H. ve Mohrdiek, O., Vergleichende Untersuchung Technologisch Wichtiger Holzeigenschaften der Schwarzpappelhybriden "Tannenhoeft", "I 45/51" und "Htarf", Holz als Roh-und Werkstoff, 38, (1980), 285-296
120. Messeri, A., Dimensions and Structures of Fibres in Tension Wood From a Sample of *P. Euroamericana* Clone 214, Cellula e Carta, 5, (1954), 8-10.
121. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, 394, İstanbul, 1989.
122. Manning, M, Wood Protection Processes for Engineered Wood Products, Enhancing the Durability Lumber and Engineered Wood Products, February,2002, Orlando, Florida, Proceedings of Symposium, 11-13.
123. TS 642, Kondisyonlama ve/veya Deney için Standard Referans Atmosferleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1968.
124. Lee, S., Fundamental Properties of Borate-Modified Oriented Strandboard Manufactured from Southern Wood Species, Doctor of Philosophy in The School of Renewable Natural Resources, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 2003.
125. TS EN 323/1, Ahşap Esaslı Levhalar, Birim Hacim Ağırlığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.
126. EN 322, Wood Based Panels, Determination of Moisture Content, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
127. ASTM D 37, Evaluation the Properties of Wood Based Fiber and Particle Panel Materials, ASTM, Philadelphia, 1978.
128. EN 317, Particleboard and Fiberboards, Determination of Swelling in the Thickness After Immersion, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
129. EN 113, Methods of the Test for Determining the Protective Effectiveness Against Wood Rotting Basidiomycetes, Determination of Toxic Values, Brussels, 1997.

130. Nemli, G., Gezer, E.D., Yıldız, S. ve Temiz, A., Yüzey ve Kenar Kaplama Malzemeleri ile Bazı Emprenye Maddelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, KTÜ, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje Kod No: 21.113.002.4, Trabzon, 2005.
131. EN 310, Wood Based Panels, Determination of Modulus of Elasticity in Bending and Bending Strength, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
132. EN 319, Particleboards and Fiberboards, Determination of Tensile Strength Perpendicular to the Plane of the Board, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
133. ASTM – E 69, Standard Test Method for Combustible of Treated Wood by the Fire Apparatus, ASTM, Philadelphia, 2005.
134. EN 312, Particleboards-spesification: Requirements for General-Purpose boards for Use in Dry Conditions, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1996.
135. Lee, S., Wu, Q., Strickland, B., The Influence of Flake Chemical Properties and Zinc Borate on The Gel Time of Phenolic Resin for Oriented Strandboard. Wood Fiber Science. 33(3), (2001), 425-436.
136. Halligan, A.F., Schiewind, A.P., Prediction of Particleboard Mechanical Properties at Various Moisture Content, Wood Science Technology, 8, (1974), 68-78.
137. Haygreen, J.G. ve Bowyer, J.L., Forest Products and Wood Science and Introduction, Jawa State University Pres, 1985.
138. Hall, J.H., Preservative Treatment Effects on Mechanical and Thickness Swelling Properties of Apsen Waferboard, Forest Products Journal, 32(11/12), (1982), 19-26.
139. URL-12, <http://aksam.com.tr/arsiv/aksam/2001/12/06/inci/inci5.html>, 15.05.2005.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Malatya ilinde doğan AYFER DÖNMEZ, ilk ve orta öğrenimini Fırat İlk Okulu ve Atatürk Orta Okulu'nda, lise öğrenimini ise Malatya Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırdı ve lisans öğrenimini 2001 yılında tamamladı. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği anabilimdalında yüksek lisans öğrenimine başlayarak Aralık 2002'de K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından araştırma görevlisi olarak atandı.

Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmekte ve İngilizce bilmektedir.

