

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

**YOĞUNLUK FARKLILIĞININ VE DEĞİŞİK MELAMİN  
İÇERİKLİ ÜREFORMALDEHİT TUTKALININ  
YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHANIN (OSB) BAZI  
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**KADİR DOĞAN**

**Danışman  
Jüri Üyesi  
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ  
Doç. Dr. Saim ATEŞ  
Yrd. Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI**

**YÜKSEK LİSAN TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2015**

## TEZ ONAYI

Kadir DOĞAN tarafından hazırlanan “**Yoğunluk Farklılığının ve Değişik Melamin İçerikli Ürefoormaldehit Tutkalının Yönlendirilmiş Yongalevhanın (OSB) Bazı Özelliklerine Etkisi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oybirliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Doç. Dr. Saim ATEŞ  
Kastamonu Üniversitesi



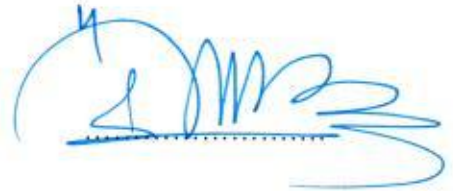
Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI  
Kastamonu Üniversitesi



06 / 02 / 2015

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK



## TAAHHÜTNAME

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



Kadir DOĞAN

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	iv
ÖZET.....	vii
ABSTRACT .....	ix
TEŞEKKÜR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ .....	xiv
TABLolar DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Genel Bilgiler .....	3
1.1.1. Yönlendirilmiş Yongalevhanın (OSB) Tanımı.....	3
1.1.2. OSB' nin Sınıflandırılması .....	3
1.2. Üretim Aşamaları .....	9
1.2.1. Hammadde.....	12
1.2.2. Kabukların soyulması .....	13
1.2.3. Odunun yongalama makinesine nakledilmesi ve yongalama.....	16
1.2.4. Elde edilen yongaların bunkerde depolanması.....	18
1.2.5. Kurutma .....	18
1.2.6. Eleme .....	20
1.2.7. Karıştırıcı içerisinde tutkal ve kimyasal ilavesi.....	21
1.2.8. Serme Sistemi .....	24
1.2.9. Presleme.....	25
1.2.10. Preslenen levhaların ağırlık, kalınlık ölçümü ve ebatlanması .....	27
1.2.11. Levhaların paketlenmesi ve sevke hazır hale getirilmesi .....	28
1.3. OSB Kullanım Alanları .....	29
1.4. Avrupa OSB Levha İmalatçıları.....	30
1.5. Dünya'da OSB Levha Üretim ve Pazar Verileri .....	31
1.6. Literatür Özeti .....	33
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	38

2.1. Kullanılan Ağaç Türleri.....	38
2.2. Kimyasallar .....	38
2.3. Levhaların Üretimi .....	44
2.4. Deneyler .....	45
2.4.1. Yoğunluk Tayini.....	46
2.4.2. Eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü deneyi.....	47
2.4.3. Levha yüzeyine dik çekme deneyi.....	48
2.4.4. Kalınlıkça şişme deneyi.....	49
2.4.5. Rutubet miktarının tayini.....	50
2.4.6. Rutubete karşı dayanıklılığın tayini.....	50
2.4.7. Formaldehit Miktarının Tayini .....	51
2.4.8. Elek analizi ile yonga ebat ve kalınlık tespiti .....	52
2.5. Yararlanılan İstatistiksel Yöntemler.....	52
3. BULGULAR.....	53
3.1. Yonga Analiz Sonuçları .....	53
3.2. Levha Rutubet Değeri .....	54
3.3. Fiziksel ve Mekanik Direnç Değerleri .....	54
3.3.1. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü .....	54
3.3.1.1. <i>Levha enine eğilme direnci</i> .....	54
3.3.1.2. <i>Enine elastikiyet modülü</i> .....	56
3.3.1.3. <i>Levha boyuna eğilme direnç değerleri</i> .....	59
3.3.1.4. <i>Boyuna elastikiyet modülü değerleri</i> .....	61
3.3.2. Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	63
3.3.3. Kalınlıkça Şişme Değeri .....	66
3.3.4. Levha Serbest Formaldehit Değeri .....	68
3.3.5. Rutubetlere Karşı Dayanıklılık Tayini Deney Sonuçları.....	68
4. TARTIŞMA .....	71
4.1. Enine Eğilme Direnç Değerleri .....	71
4.2. Enine Elastikiyet Modülü Değeri .....	72
4.3. Levha Boyuna Eğilme Direnç Değerleri .....	73
4.4. Boyuna Elastikiyet Modülü Değerleri.....	74
4.5. Yüzeye Dik Çekme Direnci .....	75

4.6. Kalınlıkça Şişme Değeri.....	76
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	86

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YOĞUNLUK FARKLILIĞININ VE DEĞİŞİK MELAMİN İÇERİKLİ ÜREFORMALDEHİT TUTKALININ YÖNLENDİRİLMİŞ YONGALEVHANIN (OSB) BAZI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Kadir DOĞAN  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ

Bu çalışmada; melamin içeriği %0 - 2,5 - 5 -15 - 20 ve katı madde oranı %65 olarak melamin üreformataldehyt (MUF) tutkalları hazırlanıp, kuru yonga miktarına oranla %9,5 oranında kullanılarak 550 - 570 - 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda, 2440 x 1220 x 11 mm ölçülerinde yönlendirilmiş yongalevha (OSB) levhaları üretilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel özelliklerden yoğunluk, kalınlıkça şişme ve rutubete karşı dayanıklılık tayini, formaldehit miktarı tayini ve elastikiyet modülü ile mekanik özelliklerden eğilme ve çekme direnci değerleri tespit edilerek istatistiksel analizleri yapılmıştır. Levhaların üretiminde % 80 Karaçam (*Pinus nigra* A.), %15 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ile %5 Gökmar (*Abies nordmanniana* L.) odunu karışım halinde kullanılmıştır. Her bir tutkal ve levha yoğunluğu için beşer adet deney levhası alınmış ve ilgili standartlara göre hazırlanan numuneler 20 ±2°C sıcaklık ve %65 ±5 bağıl nem koşullarında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletildikten sonra standartlara uygun olarak deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarını değerlendirmek için varyans analizi yapılmış ve gruplar arası ikili karşılaştırmalar için Duncan testinden yararlanılmıştır.

Deney sonuçlarına göre; enine eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri en yüksek 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda %15 melamin içeriğine sahip MUF tutkalında elde edilmiştir. Boyuna eğilme direnç değeri en yüksek 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilirken, tutkallar arasında boyuna eğilme direnci değerinde istatistiksel olarak fark çıkmamıştır. Boyuna elastikiyet değeri en yüksek 570 ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda, %5 ve %20 melamin içeriğine sahip MUF tutkallarında tespit edilmiştir. Yüze dik çekme direnci en yüksek 570 ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda ve %20 melamin içeriğine sahip MUF tutkalında elde edilmiştir. Kalınlıkça şişme değeri ise en düşük 550 ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda ve %20 melamin içeriğine sahip MUF tutkalında tespit edilmiştir. Rutubete karşı dayanıklılık tayini deneyi sonucunda en iyi sonuçlar %15 ve %20 melamin katkılı melamin üreformataldehyt tutkalında, en kötü sonuçlar ise %0 melamin katkılı üreformataldehyt tutkalında elde edilmiştir. Formaldehit miktarı tayini sonucuna göre; bütün yoğunluk değerlerinde melamin katkısı arttıkça formaldehit değeri düşmüştür. En yüksek serbest formaldehit değeri %0 melamin katkılı

üreformaldehit tutkalında elde edilirken, en düşük %20 melamin katkılı tutkalda elde edilmiştir.

Sonuç olarak; levha yoğunluğu arttıkça kalınlıkça şişme değeri hariç tüm direnç değerlerinde artış olmuştur. Melamin katılım oranının yükselmesi (%15 ve %20) yüzeye dik çekme direnç değerini artırmış, kalınlıkça şişme değerini de azaltmış olmasına karşılık, düşük melamin katılım oranları (%2,5 ve %5) ise etkili olmamıştır. Buna göre, rutubetli olmayan iç ortamlarda kullanım için melamin katkısı kullanılmayan üreformaldehit tutkalı, rutubetli dış ortam koşullarında kullanılacak levhalar için ise melamin katkı oranı %15'in üzerinde olan melamin üreformaldehit tutkalı tercih edilebilir.

**2015, 86 sayfa**

**Bilim Kodu: 1204**

**Anahtar Kelimeler:** Yönlendirilmiş yongalevha (OSB), fiziksel özellik, mekanik özellik, melamin oranı, melamin üreformaldehit tutkalı



## ABSTRACT

MSc. Thesis

### THE EFFECT ON SOME PROPERTIES OF ORIENTED STRAND BOARD (OSB) OF UREA-FORMALDEHYDE RESIN DIFFERENT MELAMINE CONTAINING AND DENSITY DIFFERENCES

Kadir DOĞAN

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Hakan AKYILDIZ

In this study, Oriented Strand Board (OSB) at density of 550 - 570 - 590 in size of 2440 x 1220 x 11 mm were manufactured using %9,5 solid resin to dry wood chip with melamine urea formaldehyde (MUF) resins prepared as 65% solid content and %0 - 2,5 - 5 - 15 - 20 melamine content. Statistical analysis of the boards produced were performed by determining density, thickness swelling, moisture resistance, formaldehyde content and elasticity modulus from physical properties together with bending and internal bond strength from mechanic properties.

As wood mixture; Black pine (*Pinus nigra* A.) by 80%, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by 15% whit Fir wood (*Abies nordmanniana* L.) by 5% was used. Test samples were taken by five for each resin and density of board and after samples prepared according to relevant standards were stayed until it reaches the constant mass in condition of temperature  $20^{\circ}\text{C} \pm 2$  and humidity  $65\% \pm 5$ , experiments were tested under proper standards. Analysis of variance was carried out to evaluate the test result and Duncan test was used for binary comparisons between groups

According to test results; maximum transversal bending strength and elasticity modulus value was observed in density  $590 \text{ kg/m}^3$ , in MUF resin 15% melamine content. While the maximum lengthwise bending strength value was observed in density  $590 \text{ kg/m}^3$  as statistical much difference in lengthwise bending strength value between resins was not observed. Maximum lengthwise bending elasticity value was observed in density 570 and  $590 \text{ kg/m}^3$  and MUF resins 5% and 20% melamine content. Maximum lengthwise internal bond strength value was obtained in density 570 and  $590 \text{ kg/m}^3$  and in MUF resin 20% melamine content. Minimum swelling of thickness value was observed in density 550 and  $590 \text{ kg/m}^3$  and in MUF resin 20% melamine content. As a result of determination of moisture content, the best results were seen in melamine ureaformaldehyde resin 15% and 20% melamine content, the worst results was seen in ureaformaldehyt resin 0% melamine content were obtained. According to result, determination of formaldehyde content; formaldehyde amount has been decreasing with increasing melamine contribution in values of all density of

board. Maximum formaldehyde amount was obtained in ureaformaldehyde resin 0% melamine contribution; minimum formaldehyde amount was obtained in ureaformaldehyde resin 20% melamine content. As a consequence, all values have been increasing with density increase, except thickness swelling. Participation rate of melamine content (15% and 20%) has increased with the internal bond strength value, also decreased thickness swelling value, whereas, low participation rates of melamine (2,5% and 5%) were not effective.

Accordingly, while urea formaldehyde resin which does not contain melamine content resin can be used for indoor purposes, melamine ureaformaldehyde resin which contains over than 15% melamine can be preferred for humid outdoor conditions.

**2015, 86 pages**

**Science Code: 1204**

**Key Words:** Oriented strand board (OSB), physical properties, mechanical properties, melamine rate, melamine urea formaldehyde resin

## TEŞEKKÜR

“Yoğunluk Farklılığının ve Değişik Melamin İçerikli Üreformatdehit Tutkalının Yönlendirilmiş Yongalevhanın (OSB) Bazı Özelliklerine Etkisi” isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma boyunca destek ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın hocam Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ’a ve deney sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirme ve yorumlanmasında desteğini esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Saim ATEŞ ve Yrd. Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI’ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen sayın Kimya Yüksek Mühendisi Bilal KARAKAYA (SFC Entegre Orman Ürünleri Tic. A.Ş. fabrika müdürü)’ya, deneme üretimi esnasındaki gayretlerinden dolayı üretim hattı çalışanlarına ve deneylerin yapılmasında emeği geçen laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmam esnasında manevi desteklerini, sevgilerini ve anlayışlarını hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli eşim ve çocuklarıma teşekkür eder, şükranlarımı sunarım. Bu çalışmanın OSB konusunda çalışacak ve OSB kullanacak herkese faydalı olması ve yapılacak yeni araştırmalara katkı sağlaması en büyük dileğimdir.

Kadir DOĞAN  
Kastamonu, Şubat 2015

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1 OSB oluşum tabakaları (a, b).....	4
Şekil 1.2. OSB üretim aşamaları.....	10
Şekil 1.3. OSB Fasıllı Üretim (Katlı pres) aşamalarının şematik gösterimi.....	11
Şekil 1.4. OSB Sürekli Üretim(Sürekli pres) aşamalarının şematik gösterimi...	11
Şekil 1.5. Döner tamburlu kabuk soyma makinesi (a), (b).....	15
Şekil 1.6. Bıçaklı ring kabuk soyucu (a), (b).....	15
Şekil 1.7. Disk yongalayıcı.....	17
Şekil 1.8. Yonga kurutma tipleri (a) ve farklı kurutma tipleri için 1kg suyun buharlaştırılabilmesi için gerekli olan enerji miktarı (b).....	19
Şekil 1.9. Üç geçişli döner kurutucu ve kurutma hattı.....	19
Şekil 1.10. Sarmal mekaniksel hareket ile sınıflandırma (a) ve dikey titreşim (yuvarlanma) ile sınıflandırma (b) Mekaniksel sınıflandırma.....	21
Şekil 1.11. Tutkal ve kimyasal hazırlama ve dozajlama ünitesi.....	23
Şekil 1.12. Yüzey tabakası yönlendirme diskleri ve orta tabaka yönlendirme çarkları.....	24
Şekil 1.13. Sürekli pres şematik görüntüsü (a) ve sürekli pres den görüntü (b)..	26
Şekil 1.14. OSB Levhası uygulama alanları.....	30
Şekil 1.15. Avrupa OSB imalatçılarının harita üzerinde dağılımı.....	31
Şekil 1.16. 2013 yılı MDF, YL, OSB, Laminat Parke, Kapı Paneli ağaç bazlı levha üretimi.....	32
Şekil 1.17. 2013 yılı Dünyada global olarak ağaç bazlı levha üretim oranları...	32
Şekil 1.18. 2013 yılı Türkiye’de ağaç bazlı levha üretim oranları.....	32
Şekil 2.1. Üre formaldehit tutkalı oluşum reaksiyonu 1.kademe Mono-Di ve Trimetilolüre oluşumu.....	39
Şekil 2.2. Üre formaldehit tutkalı oluşum reaksiyonu 2.kademe metilen-eter köprüleri oluşumu.....	40
Şekil 2.3. Üre formaldehit oluşumu reaksiyonu 3. kademe kondenzasyon reaksiyon sonucunda büyük moleküllerin oluşumu.....	41
Şekil 2.4. Melamin üre formaldehit tutkalı oluşumu birinci aşama metilizasyon..	41
Şekil 2.5. Melamin üre formaldehit tutkalı ikinci aşaması (kondensasyon).....	42
Şekil 2.6. Melamin ile üre formaldehitin reaksiyona girerek büyük molekül köprüler oluşturması.....	42
Şekil 2.7. OSB Deney numuneleri kesim şeması.....	46
Şekil 3.1. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda enine eğilme direncindeki değişim.....	55
Şekil 3.2. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda enine elastikiyet modülü değerindeki değişim.....	57
Şekil 3.3. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda boyuna eğilme direncindeki değişim.....	59
Şekil 3.4. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda boyuna elastikiyet modülü değerindeki değişim.....	62
Şekil 3.5. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda yüzeye dik çekme direnci değişimi.....	64

Şekil 3.6. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda kalınlıkça şişme değerindeki değişim..... 66

## FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Fotoğraf 1.1. OSB Yüzey ve Orta Tabakalarını oluşturan serme sistemi.....	4
Fotoğraf 1.2. Odunların fabrikaya girişi (a) ve kontrolü (b).....	13
Fotoğraf 1.3. Hammadde sahası ve odunların istif edilmesi (a, b, c, d).....	13
Fotoğraf 1.4. İstif sahasından alınan odunların paletli taşıyıcıya yüklenmesi.....	14
Fotoğraf 1.5. Döner tamburlu kabuk soyma makinesi (a,b,c,d ).....	15
Fotoğraf 1.6. Kabukların nakli (a), döner tambur tipi kabuk elek makinesi (b)...	16
Fotoğraf 1.7. Zincirli taşıyıcıdan gelen odunun paket haline getirilmesi ve itici ile yongalama makinesine verilmesi (a), (b).....	16
Fotoğraf 1.8. Bıçak ring yongalayıcı (a) ve iç kısmı (b), Odunun disk yongalayıcı da yongalanması (c), (d).....	17
Fotoğraf 1.9. Odunun disk yongalayıcı da yongalanması (a) ve elde edilen yongalar (b).....	18
Fotoğraf 1.10. Bunker (yonga deposu) ve yongaların kurutmadan önce depolanması.....	18
Fotoğraf 1.11. Üç geçişli döner kurutucu (a) ve kontrol merkezi (b).....	20
Fotoğraf 1.12. Tek geçişli döner kurutucu (a, b).....	20
Fotoğraf 1.13. Döner tip blender (a), (b) ve blender içi atomizerler (c).....	21
Fotoğraf 1.14. Disk şeklindeki atomizerleri (a), (b).....	22
Fotoğraf 1.15. Tutkal ve kimyasal hazırlama tankları (a) ve dozajlama ünitesi (b).....	23
Fotoğraf 1.16. Yüzey tabakası diskli serme (a) ve orta tabaka çarklı serme sistemi (b).....	24
Fotoğraf 1.17. Yonga keçesi boy ebatlama testeresi (a) ve yükleme asansörü (b)	25
Fotoğraf 1.18. Tek katlı pres (a), eşzamanlı katlı pres (b), pres sonrası boşaltma asansörü (c).....	26
Fotoğraf 1.19. Çok katlı preslerde pres sonrası kalınlık ölçümü (a) patlak sensörleri ile patlak tespiti (b).....	27
Fotoğraf 1.20. Levhaların ebatlanması (a), (b).....	27
Fotoğraf 1.21. Levhaların üretim bilgilerinin yazılması (a) paketlenmesi (b), (c)	28
Fotoğraf 1.22. Levhaların soğutulması (a) ve otomatik olarak b) ve iş makinesi ile sevkiyat birimine ulaştırılması.....	28
Fotoğraf 1.23. OSB levhaların demir yolu ile (a) ve kara yolu ile (b) sevk edilmesi.....	29
Fotoğraf 2.1. Deneyi makinesi, eğilme direnci deneyi.....	47
Fotoğraf 2.2. Deney makinesi, yüzeye dik çekme deneyi.....	48
Fotoğraf 2.3. Perforatör cihazı (a) ve spektrofotometrik cihaz (b) ile serbest formaldehit değerinin ölçülmesi.....	51
Fotoğraf 2.4. Yonga elek analiz cihazı (a) ve analizi yapılan yongalar (b).....	52

## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. OSB tiplerinin tamamı için genel gerekler .....	5
Tablo 1.2. Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan levhalar belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler.....	6
Tablo 1.3. Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar-belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler.....	6
Tablo 1.4. Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar - belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler.....	7
Tablo 1.5. Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar - rutubete mukavemet gerekleri.....	7
Tablo 1.6. Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalar - Belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler.....	8
Tablo 1.7. Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalar - Rutubete mukavemet değerleri.....	9
Tablo 1.8. Avrupa OSB imalatçı firma isimleri ve ülkeleri.....	31
Tablo 2.1. Üretimde kullanılan tutkal ve kimyasalların özellikleri.....	39
Tablo 2.2. Deneme Levhalarının Üretim Şartları.....	44
Tablo 3.1. %80 Karaçam, %15 Sarıçam ve %5 Gök nar odunu karışımından elde edilen yonga analizi sonuçları.....	53
Tablo 3.2. Pres sonrası ortalama levha rutubet değerleri.....	54
Tablo 3.3. Levha enine eğilme direnci değerleri.....	55
Tablo 3.4. Enine eğilme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	55
Tablo 3.5. Enine eğilme direnci için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	56
Tablo 3.6. Enine eğilme direnci için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları.....	56
Tablo 3.7. Levha enine elastikiyet modülü değerleri.....	57
Tablo 3.8. Enine elastikiyet modülü değerine ilişkin varyans analizi sonuçları..	58
Tablo 3.9. Enine elastikiyet değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	58
Tablo 3.10. Enine elastikiyet modülü değeri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları.....	58
Tablo 3.11. Levha boyuna eğilme direnci değerleri.....	59
Tablo 3.12. Boyuna eğilme direnç değerine ilişkin varyans analizi sonuçları....	60
Tablo 3.13. Boyuna eğilme direnç değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	60
Tablo 3.14. Boyuna eğilme direnç değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları.....	61
Tablo 3.15. Levha boyuna elastikiyet modülü değerleri.....	61
Tablo 3.16. Boyuna elastikiyet değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	62
Tablo 3.17. Boyuna elastikiyet modülü değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	62
Tablo 3.18. Boyuna elastikiyet değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları.....	63
Tablo 3.19. Yüze ye dik çekme direnci değerleri.....	64

Tablo 3.20. Yüzeye Dik Çekme Direnci değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 3.21. Yüzeye dik çekme direnci değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	65
Tablo 3.22. Yüzeye dik çekme direnci değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları.....	65
Tablo 3.23. Levha kalınlıkça şişme değeri.....	66
Tablo 3.24. Kalınlıkça şişme değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	67
Tablo 3.25. Kalınlıkça şişme değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları.....	67
Tablo 3.26. Kalınlıkça şişme değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına.....	67
Tablo 3.27. Levha serbest formaldehit ortalama değerleri.....	68
Tablo 3.28. Kaynatma deneyi sonrası yüzeye dik çekme direnci ortalama değerleri.....	69
Tablo 3.29. Kaynatma deneyi sonrası kalınlıkça şişme ortalama değerleri.....	69
Tablo 4.1. Levha enine eğilme direnci değerleri.....	71
Tablo 4.2. Levha enine elastikiyet değerleri.....	72
Tablo 4.3. Levha boyuna eğilme direnci değerleri.....	73
Tablo 4.4. Levha boyuna elastikiyet değerleri.....	74
Tablo 4.5. Yüzeye dik çekme direnci değerleri.....	75
Tablo 4.6. Levha kalınlıkça şişme değeri.....	76
Tablo 5.1. Melamin katkılı UF tutkalı ile üretilen OSB levhaların deney sonuçları.....	79



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>MUF</b>	Melamin Üre Formaldehit
<b>MUPF</b>	Melamin Üre Fenol Formaldehit
<b>OSB</b>	Oriented Strand Board (Yönlendirilmiş Yongalevha)
<b>PF</b>	Fenol Formaldehit
<b>PMDI</b>	Polimerik Metilen Diizosiyanat
<b>TS EN</b>	Türk Standartları Avrupa Normları
<b>UF</b>	Üreformaldehit

## 1. GİRİŞ

Dünya’da kontrplak yapımında kullanılan kalın çaplı soymalık ağaç kapasitesinin azalması, fiyatların artması ve bu tip ağaçların büyük bölümünün tropik ormanlardan elde edilmesi kontrplak’ın yerine geçebilecek bir levha arayışını getirmiştir. Kontrplak yapımında kullanılmayacak düşük kalitedeki ince çaplı tomruklardan üretilen yönlendirilmiş yonga levha (Oriented Strand Board; OSB), birçok alanda kullanılmaya başlanmış özellikle de kontrplağa rakip olmuştur (Ayla, 2001).

Yönlendirilmiş yongalardan levha yapımı, 1940’ların sonu ve 1950’lerin başlarında Amerika’da Armin Elmendorf’un ve Almanya’da Wilhelm Klauğitz’in çalışmalarına dayanmaktadır. A. Elmendorf’un 1946 yılında Kaliforniya’da başlattığı araştırmalarda çimento bağlantılı levhalar üretilirken şerit halindeki yollar kullanmıştır. W. Klauğitz ve arkadaşları ise Braunschweig’deki 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 üretim tesisinde yaptığı çalışmalar sonucu 1965 yılında bu konuda yeni bir patent almış ve ilk olarak “Synthetic Plywood” deyimini kullanmıştır Özen ve Kalaycıoğlu (2008). Avrupa’da ise ilk tesis 1978 yılında kurulmuştur (Thoemen et al., 2010).

OSB kontrplağa alternatif olarak geliştirilen ucuz bir malzemedir (Akbulut vd., 2002). OSB, kontrplak ile kıyaslanmakta ise de üretim yöntemi, kullanılan tutkal ve kimyasalların benzerliği ile yongalevha üretimine benzemektedir. Yönlendirilmiş yongalevha (OSB); özel hazırlanmış yongalara yön verilerek üretilen bir yongalevha türüdür (Ayla, 2001). Yönlendirilmiş yongalevha (OSB)’nın bilinen yongalevhalarından en önemli farkı, üretiminde yongalevhaya nazaran daha büyük ve özel olarak şekillendirilmiş yongalar (genel olarak, 15 - 25 mm genişliğinde, 75 - 150 mm uzunluğunda, 0,3 - 0,7 mm kalınlığında), farklı tutkal ve koruyucu kimyasallar ile farklı kazan içerisinde karıştırılıp, belirli doğrultulara yönlendirilmiş olarak serilip preslenmesidir (Thoemen et al, 2010). Yongalevhada odun hammaddesi olarak genellikle, bakım ve aralama kesimleri ve budanma sonucu elde edilen ince yuvarlak

odunlar, dal ve tepe uçları, ağaç endüstrisi atıkları ve zaman zaman yıllık bitkilerde kullanılmaktadır (Özen ve Kalaycıoğlu, 2008). Yönlendirilmiş yongalevhada ise çapları 6 - 30 cm arasında değişebilen düzgün, budaksız ve ağacın gövdesinden elde edilen, boyları 2 - 4 m arasında olan tomruk niteliğinde odunlar kullanılmaktadır.

Yongalevhalar özgül ağırlıkları bakımından  $0,59 \text{ g/cm}^3$ 'den az olan düşük özgül ağırlıklı yongalevhalar,  $0,59 - 0,80 \text{ g/cm}^3$  arasında olan orta derece özgül ağırlıktaki yongalevhalar ve  $0,80 \text{ g/cm}^3$  den yüksek olan ağır özgül ağırlıktaki yongalevhalar olarak üç grupta sınıflandırılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Bu sınıflandırmaya göre yönlendirilmiş yongalevha (OSB) ise orta derece özgül ağırlıklı yongalevha grubuna girmektedir. Yongalevha endüstrisinde genel olarak; ürefoformaldehit (UF) tutkalı kullanılmakta iken, yönlendirilmiş yongalevha (OSB) endüstrisinde ise; fenol formaldehit (PF), melamin ürefoformaldehit (MUF), melamin ürefenolformaldehit (MUPF) ve metilen diizosiyanat (MDI) tutkalları kullanılmaktadır (Thoemen et al., 2010).

Yönlendirilmiş yongalevha, iklim şartlarına karşı dayanıklı olması sebebiyle ağırlıklı olarak inşaat sektöründe, dış uygulamalarda, inşaat sektörü kadar yoğun olmasa da mobilya ve ambalaj sektöründe de kullanılmaktadır. Yönlendirilmiş yongalevha, inşaat sektöründe beton kalıbı, bölme, çatı, tavan ve döşeme, prefabrik yapı elemanı olarak, mobilya sektöründe koltuk ve kanepelerinde, ambalaj sektöründe ise ağır malzeme ambalajlarında dış ambalaj olarak kullanılmaktadır. OSB yurt dışında uzun bir süreden beri kullanılan bir üründür. Ülkemizde de fiyatının uygunluğu sebebiyle son yıllarda inşaatlarda giderek yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hodul, 2010).

Bu çalışmanın amacı; OSB üretiminde yaygın olarak kullanılan tutkalların hem pahalı oluşu hem de tedarikinde yaşanan problemlerden dolayı, daha ucuz ve kolay temin edilebilen melamin ürefoformaldehit tutkalı ile farklı yoğunluklarda üretilen OSB levhaların bazı özelliklerini standartlara uygunluk açısından tespit etmektir. Böylece pahalı ve temini zor olan odun hammaddesinin daha verimli kullanılabilmesi için farklı yoğunlukta melamin ürefoformaldehit karışımı ile levhalar üretilerek, kullanım yerine uygun yoğunluk ve özelliklerde levhaların

üretilebilmesini sağlayacak melamin üreformaldehit karışımı tespit edilmiş olacaktır. Ayrıca, bu çalışmanın OSB kullanıcıları ve OSB teknolojisi ile ilgilenenler için faydalı bir kaynak olması hedeflenmiştir.

## **1.1. Genel Bilgiler**

### **1.1.1. Yönlendirilmiş Yongalevhanın (OSB) Tanımı**

Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB) açılımı; yönlendirilmiş (şerit şeklindeki yonga) levhanın İngilizce karşılığının baş harflerinden oluşmaktadır. **O**: Oriented (yönlendirilmiş) **S**: (şerit yongalar) **B**: Board (levha)

OSB'nin TS EN 300'e göre tanımı; Yönlendirilmiş Lif levha (OSB); esas itibariyle bağlayıcı (tutkal) ile birlikte ahşap liflerinden yapılan çok tabakalı levha. Dış tabakalardaki lifler, levhanın uzunluk veya genişliğine paralel olarak sıralanmışlardır. İçteki tabaka veya tabakalardaki lifler, genellikle dış tabakaların liflerine dik açı yapacak şekilde rastgele yönlendirilebilir, şekillendirilebilir veya sıralandırılabilir (Anonim, 2008).

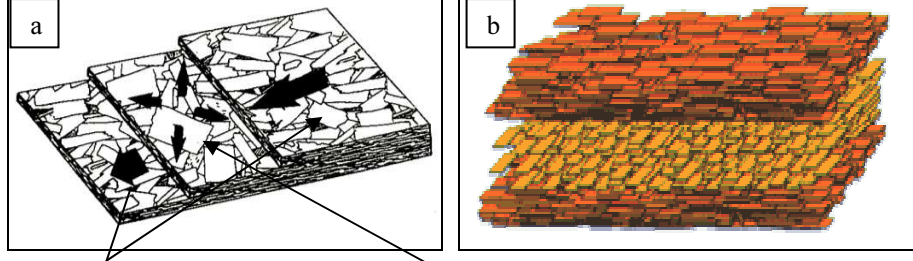
OSB; Sıcaklık ve basınç altında bir tutkal ile (sıklıkla suya dayanıklı) daha öncesinde şekillendirilmiş (tipik olarak, 15 - 25 mm genişlik, 75 - 150 mm uzunluk ve 0,3 - 0,7 mm kalınlık) şerit şeklindeki odun yongalarının yapıştırılarak çok katmanlı olarak elde edilen levhalardır (Thoemen et al., 2010).

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 (Akbulut vd., 2002).

### **1.1.2. OSB' nin Sınıflandırılması**

OSB; Sentetik reçinelerle birlikte yapıştırılan şerit şeklindeki odun yongalarından meydana gelen bir levhadır. Yongalar kat şeklinde preslenmektedir. Dış kattaki yongalar genellikle hat boyuna doğru yönlendirilirken orta kattaki yongalar

genellikle enine yönde serilir Şekil 1.1a (URL1, 2014) ve Şekil 1.1b’de (URL2, 2014) OSB oluşum tabakaları ile ilgili görsel verilmiş olup, Fotoğraf 1.1’de tabakaları oluşturan serme sistemi görülmektedir.



Yüzeyde levha boyuna paralel, ortada levha boyuna dik yönlendirilmiş yongalar ve rastgele yönlendirilmiş yongalar

Şekil 1.1 OSB oluşum tabakaları (a, b)



Fotoğraf 1.1. OSB Yüzey ve Orta Tabakalarını oluşturan serme sistemi

OSB Levhaları levha tipi olarak dört sınıfa ayrılmaktadır (Anonim, 2008)

- ◇ OSB/1 Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan levhalar, genel amaçlı levhalar ve kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhalar.
- ◇ OSB/2 Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar.
- ◇ OSB/3 Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar.
- ◇ OSB/4 Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalar.

Tablo 1.1, Tablo 1.2, Tablo 1.3, Tablo 1.4, Tablo 1.5, Tablo 1.6 ve Tablo 1.7’de TS EN 300 “Yönlendirilmiş Lif Levhalar (OSB) - Tarifler, Sınıflandırma ve Özellikler” standardına göre tüm OSB levhalar için gerekler verilmiştir (Anonim, 2008).

Tablo 1.1. OSB tiplerinin tamamı için genel gerekler

No	Özellik	Deney metodu	Gerekler
1 <sup>a b</sup>	Anma boyut toleransları: - Levhalar içinde ve levhalar arasındaki kalınlık (zımparalanmış) - Levhalar içinde ve levhalar arasındaki kalınlık (zımparalanmamış) - Uzunluk ve genişlik	EN 324-1	± 0,3 mm ± 0,8 mm ± 3,0 mm
2 <sup>a b</sup>	Kenar doğruluğu toleransı	EN 324-2	1,5 mm/m
3 <sup>a b</sup>	Gönyeden sapma toleransı	EN 324-2	2,0 mm/m
4 <sup>a</sup>	Rutubet muhtevası	EN 322	% 2 'den % 12'ye kadar
5 <sup>b</sup>	Bir levhanın ortalama yoğunluk toleransı	EN 323	% 15
6 <sup>c</sup>	EN 13986'ya göre formaldehid salınımı		
	- Sınıf E 1 Perforatör değeri <sup>f</sup> Denge durumu emisyon değeri <sup>c</sup>	120 EN 717-1	Muhteviyat ≤ 8 mg / 100 g fırın kurusu levha <sup>d</sup> Salınım ≤ 0,124 mg /m <sup>3</sup> hava
	- Sınıf E 2 Perforatör değeri <sup>f</sup> Denge durumu emisyon değeri <sup>c</sup>	120 EN 717-1	Muhteviyat > 8 mg / 100 g fırın kurusu levha <sup>d</sup> ≤ 30 mg / 100 g fırın kurusu levha Salınım > 0,124 mg/m <sup>3</sup> hava
<p>a) Yönlendirilmiş lif levhaların bazı kullanımları için, diğer toleranslar gerekli olabilir (ayrı performans standartları örneğin, EN 12871'de görülen).</p> <p>b) Bu değerler, % 65 nispi nem ve 20°C sıcaklığa karşılık gelen malzemedeki rutubet muhtevası ile karakterize edilmiştir.</p> <p>c) Deneyimler göstermiştir ki E 1'deki sınır değerlere uygunluğu sağlamak için yarım yılı aşkın bir süre zarfında fabrikada imalat kontrolünden bulunmuş EN 120 değerlerinin yuvarlanmış ortalamasının, 100 g OSB levha kütlesi için 6,5 mg formaldehid'i aşmamalıdır.</p> <p>d) Başlangıç tip deneyi, formaldehid sınıfı E 1 için (yalnızca tespit edilmiş mamuller), EN 120 ya da pr EN 717-1 deneye tâbi tutma esasına göre verilerden ya da fabrika imalat kontrolünden veya dış muayeneden gerçekleştirilebilir.</p> <p>e) Formaldehid sınıfları ve gereklerle dair daha fazla ayrıntı, EN 13986'da görülmektedir.</p> <p>f) Perforatör değerler, rutubet muhtevası H % 6,5 olan levhalara uygulanır. Levhaların farklı rutubet muhtevasına sahip olması durumunda (% 3 ≤ H ≤ % 10 aralığında) perforatör değeri, aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilecek F faktörü ile çarpılmalıdır.</p> <p>F = - 0,133 H + 1,86</p>			

Tablo 1.2. *Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan levhalar - belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler*

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/1 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler		
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)		
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	20	18	16
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	10	9	8
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	2500	2500	2500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1200	1200	1200
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,30	0,28	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	25	25	25

Tablo 1.3. *Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar-belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler*

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/2 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25	25<t≤32	32<t≤40
Eğilme mukavemeti Boyuna	B	N/mm <sup>2</sup>	22	20	18	16	14
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	11	10	9	8	7
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	3500	3500	3500	3500	3500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1400	1400	1400	1400	1400
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	20	20	20	20	20

Levhaların döşeme, duvar ve çatı yapımı gibi özel yerlerde kullanılacağı müşteri tarafından açıklanmışsa, bu durumda performans standardı EN 12871 dikkate alınacaktır. Bu durum ilâve gereklerle uygunluğu zorunlu kılar.

Tablo 1.4. Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar - belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/3 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25	25<t≤32	32<t≤40
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	22	20	18	16	14
Eğilme Mukavemeti Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	11	10	9	8	7
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	3500	3500	3500	3500	3500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1400	1400	1400	1400	1400
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	15	15	15	15	15

Tablo 1.5. Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar - rutubete mukavemet gerekleri

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/3 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6 <t≤10	10<t≤ 18	18 <t≤ 25	25 <t≤ 32	32 <t≤ 40
Seçenek 1 Alternatif A Yıpratma deneyinden sonra Dik çekme	EN 321 + EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,18	0,15	0,13	0,10	0,08
Seçenek 1 Alternatif B Yıpratma deneyinden sonra eğilme mukavemeti Boyuna	EN 321 + EN 310 a	N/mm <sup>2</sup>	9	8	7	6	6
Seçenek 2 Kaynatma deneyinden sonra Dik çekme	EN 1087-1 <sup>b</sup>	N/mm <sup>2</sup>	0,15	0,13	0,12	0,06	0,05

a Dikkate alınması gereken kalınlık, yıpratma deneyinden sonra ölçülen kalınlıktır.  
b EN 1087-1Ek A'da verilen tadil edilmiş işlemlerle birlikte uygulanmalıdır.



Tablo 1.6. Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalar - Belirli mekanik özellikler ve kalınlığına şişme için gerekler

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/4 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6 <t≤ 10	10 <t≤ 18	18<t≤ 25	25<t≤32	32 <t≤ 40
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	30	28	26	24	22
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	16	15	14	13	12
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	4800	4800	4800	4800	4 800
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1900	1900	1900	1900	1900
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	12	12	12	12	12

Levhaların döşeme, duvar ve çatı yapımı gibi özel yerlerde kullanılacağı müşteri tarafından açıklanmışsa, bu durumda performans standardı EN 12871 dikkate alınacaktır. Bu durum ilâve gereklerle uygunluğu zorunlu kılar.

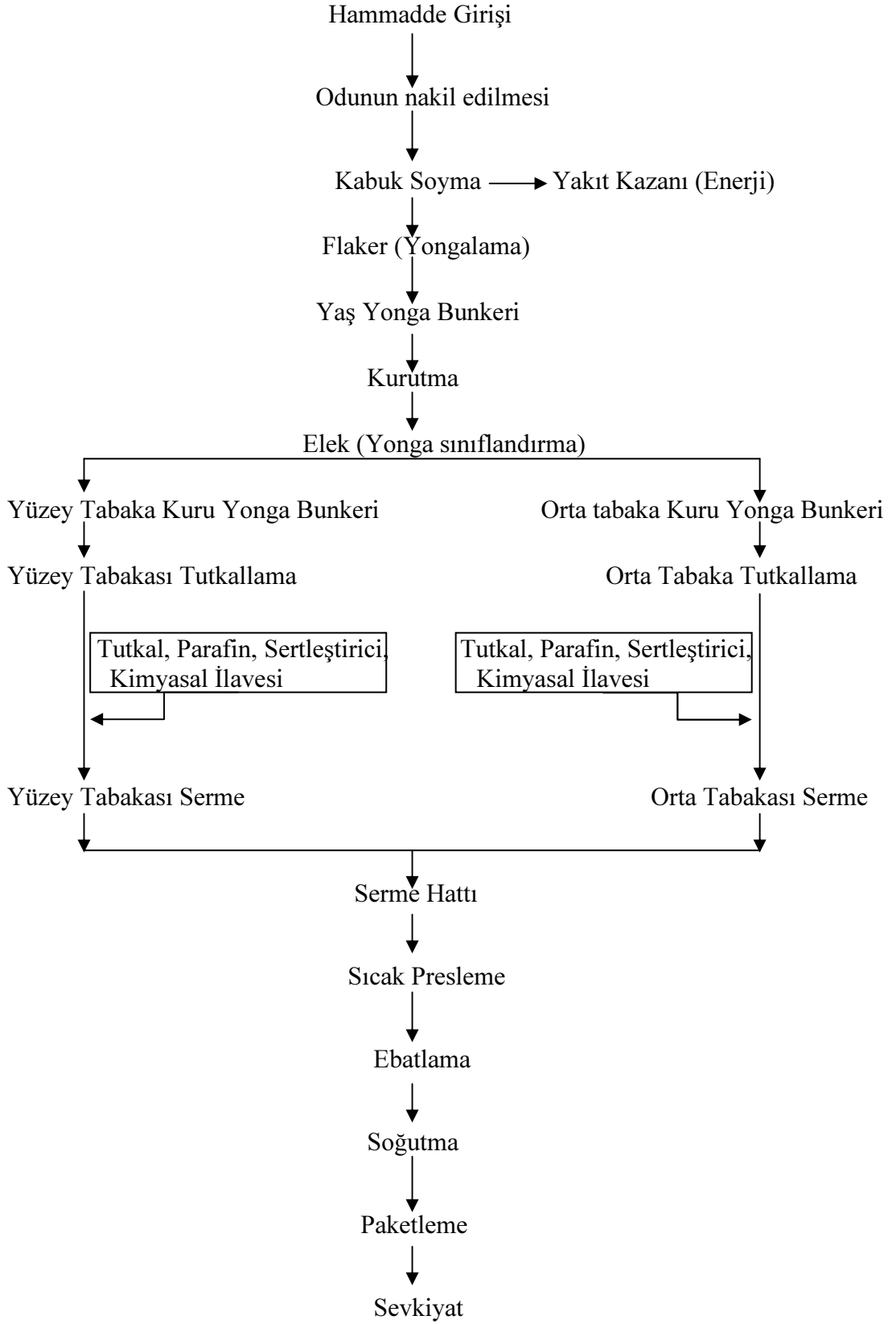
Tablo 1.7. Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalar - Rutubete mukavemet değerleri

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/3 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6 <t≤ 10	10 <t≤ 18	18 <t≤ 25	25 <t≤ 32	32 <t≤ 40
Seçenek 1 Alternatif A Yıpratma deneyinden sonra Dik çekme	EN 321 +	N/mm <sup>2</sup>	0,21	0,17	0,15	0,10	0,08
Seçenek 1 Alternatif B Yıpratma deneyinden sonra eğilme mukavemeti Boyuna	EN 321 +	N/mm <sup>2</sup>	15	14	13	6	6
Seçenek 2 Kaynatma deneyinden sonra Dik çekme	EN 1087-1 <sup>b</sup>	N/mm <sup>2</sup>	0,17	0,15	0,13	0,06	0,05

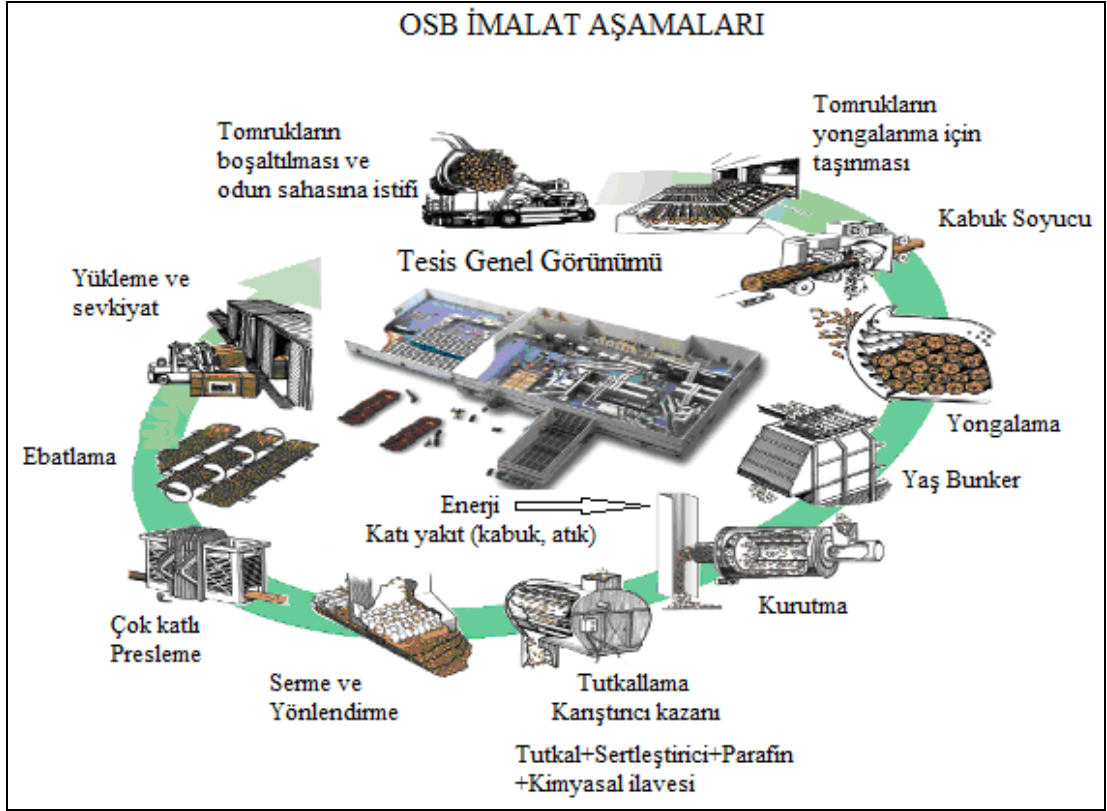
a Dikkate alınması gereken kalınlık, yıpratma deneyinden sonra ölçülen kalınlıktır.  
b EN 1087-1: 1995 Ek A`da verilen tadil edilmiş işlemlerle birlikte uygulanmalıdır.

## 1.2. Üretim Aşamaları

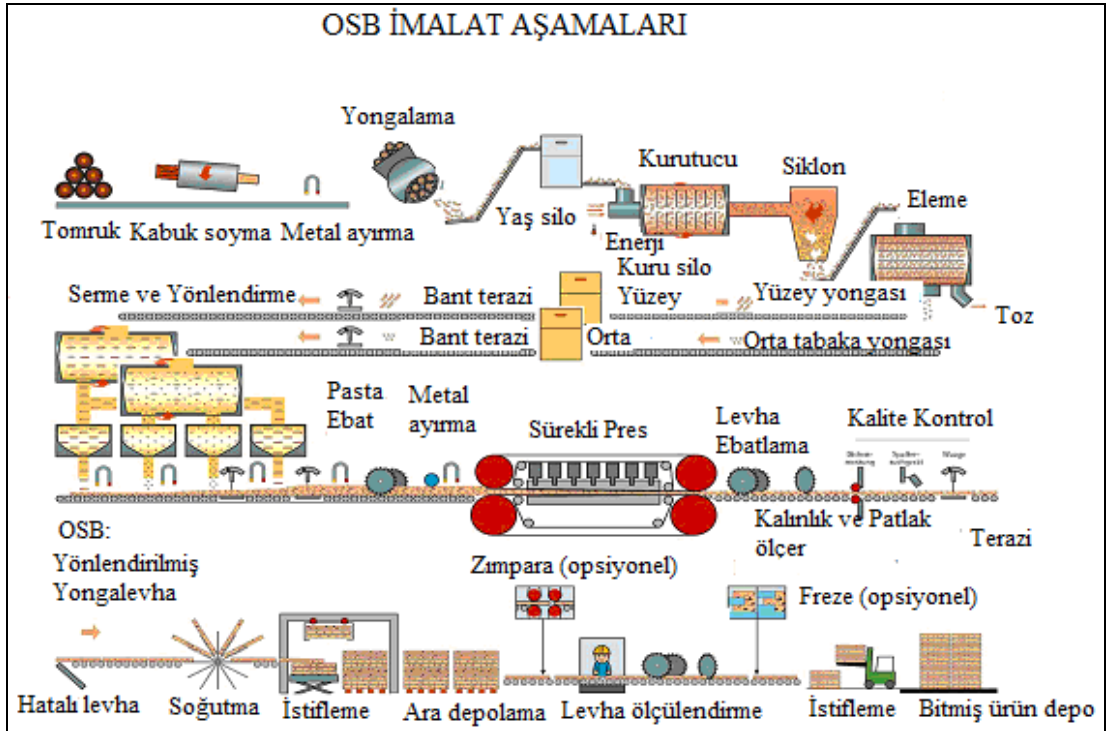
OSB üretimi iş akış şeması Şekil 1.2’te verilmiş olup, OSB üretiminin iki farklı şekilde yapılması durumunda çok katlı prese göre üretim şeması Şekil 1.3’te, sürekli prese göre üretim şeması ise Şekil 1.4’te verilmiştir.



Şekil 1.2. OSB üretim aşamaları (Güler, 2001)



Şekil 1.3. OSB Fasıllı Üretim (Katlı pres) aşamalarının şematik gösterimi (URL 2, 2015)



Şekil 1.4. OSB Sürekli Üretim(Sürekli pres) aşamalarının şematik gösterimi (URL-2, 2015)

### 1.2.1. Hammadde

OSB sadece taze odundan üretilebilir, orman atıkları kullanılamaz. Ağaç tepeleri, kaplamalık odundan arta kalan çekirdek vb gibi aralama formunda olan yumuşak odunlar odun kaynağının en yaygın olanlarıdır Thoemen et al. (2010). OSB imalatında genel olarak kullanılan odun türleri ibreli yumuşak ağaçlardan sarıçam, karaçam, kızılçam, sahil çamı ve yapraklı sert odun cinslerinden kayın, meşe, huş, ıhlamur, kavak odunu sayılabilir. Ayrıca OSB tesisinde kullanılmayıp atılan hatalı yongalar tekrar üretimde kullanılabilir.

OSB üretiminde kullanılan odunun cinsinin öneminin yanı sıra odunun çap ve boy ölçüsü, düzgünlüğü, budaksız olması, rutubet değeri çok önemlidir. Odun boyu kullanılan yongalama makinesine göre değişmekle beraber yongalama makinesi için ideal boy ölçüsü en az 2 - 4m arasındadır. Odun çapı 6 - 30 cm arasındadır. Odun çapı, elde edilen yonga ebatlarının istenilen kalitede olması ve yongalama kapasitesi için önemlidir.

Ülkemizde ormanlar devlete bağlı olduğu için odun, orman işletmelerinden tahsisat, ihale ve dikili kesim yöntemleriyle, ster usulü alınmaktadır. Avrupa'da ve Amerika'da özel orman işletmeciliği de yaygın olduğu için, odunlar özel işletmelerden karşılıklı hazırlanan şartnamelere bağlı olarak ağırlık usulü alınmaktadır.

Alınan odunların fabrika girişinde ağırlıkları, hacim ölçüleri (sterleri) ve rutubetleri ölçülerek kayıt altına alınmaktadır (Fotoğraf 1.2 a, b). Odunlar alınış tarihlerine ve rutubetlerine göre fabrika hammadde sahasına istif edilmektedir (Fotoğraf 1.3 a, b, c, d).



Fotoğraf 1.2. Odunların fabrikaya girişi (a) ve kontrolü (b)



Fotoğraf 1.3. Hammadde sahası ve odunların istif edilmesi (a, b, c, d)

### 1.2.2. Kabukların soyulması

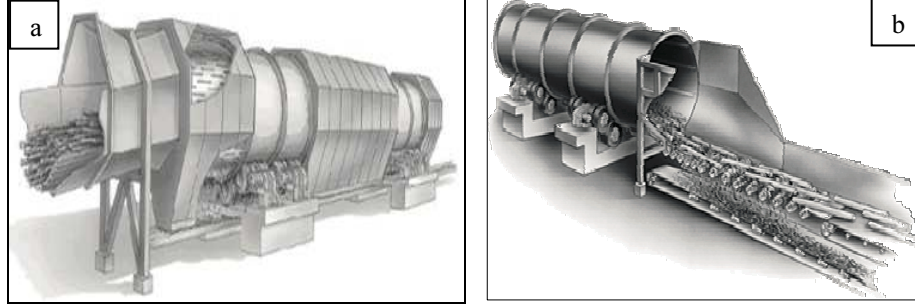
Odun, “ekskavatör” adı verilen boşaltma ve yükleme işini yapan iş makinesi ile hammadde sahasındaki istiftten alınarak zincirli konveyör üzerine istif edilmektedir (Fotoğraf 1.4 a, c). Odunun konveyör üzerinde kabuk soyma hattına taşınması, tırnaklı zincir palet konveyörler vasıtasıyla olmaktadır (Fotoğraf 1.4 b, d). Bu tırnaklar zincirlere bağlıdır ve zincir ile beraber hareket etmektedir ve odunun taşınma esnasında dökülmeden düzenli şekilde kabuk soyucuya gitmesini sağlamaktadır. Zincirin hareket etmesi hidrolik ve motor şanzıman aracılığıyla olmaktadır.



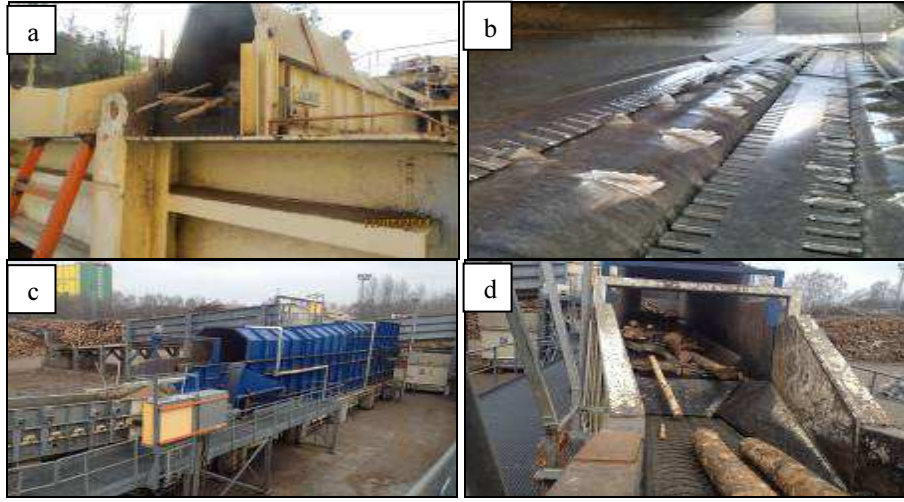
Fotoğraf 1.4. İstif sahasından alınan odunların paletli taşıyıcıya yüklenmesi

OSB üretiminde kabuk arzu edilmemekte olup yongalama öncesi tomrukların kabukları soyulmaktadır. Kabuk, levhanın direnç özelliklerini azalttığı gibi tutkal miktarını da değiştirebilmektedir. Bu amaçla kullanılan kabuk soyma makinelerinin genelde 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 etkiliisi “ Cambio Debarker ” olarak adlandırılan halkalı kabuk soyma makinesidir (Özen ve Kalaycıoğlu, 2008). Kabuk soyma makinesi iki adet döner tamburdan oluşmaktadır. Tambur üzerinde odunun kabukları soyulurken ilerlemesini sağlayan taşıyıcı bıçaklar ile odunun kabuklarının soyulmasını sağlayan kesici bıçaklar bulunmaktadır. Tamburun dönme hareketi ile odunlar birbirine ve bıçaklara çarparak kabukları soyulmaktadır. Kabuk soyma sırasında odunların su ile yıkanması ile kabuklar daha rahat soyulabilmekte, kabuk üzerindeki taş, toprak vb. yabancı materyallerin temizlenmesinden dolayı yongalama makinesinin bıçakları daha az körelmekte ve bıçak kesim süresi uzamaktadır. (Şekil 1,5 a, b)’de döner tamburlu kabuk soyma makinesinin resmi, (Fotoğraf 1.5 a, b, c,

d)'de döner tamburlu kabuk soyma makinesi görüntüleri, Şekil 1.6'da ise bıçaklı ring kabuk soyucu makine görüntüleri görülmektedir.

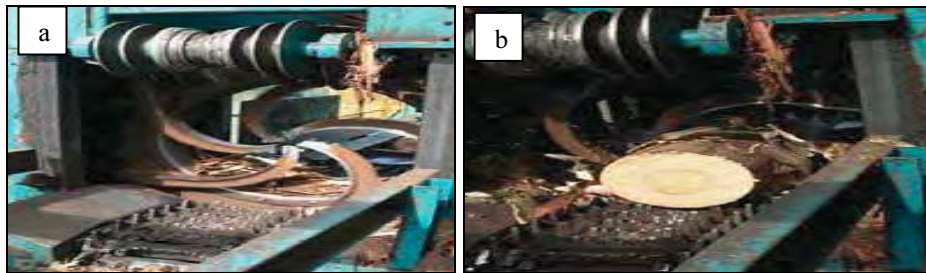


Şekil 1.5. Döner tamburlu kabuk soyma makinesi (a), (b) (Thoemen et al., 2010)



Fotoğraf 1.5. Döner tamburlu kabuk soyma makinesi (a,b,c,d)

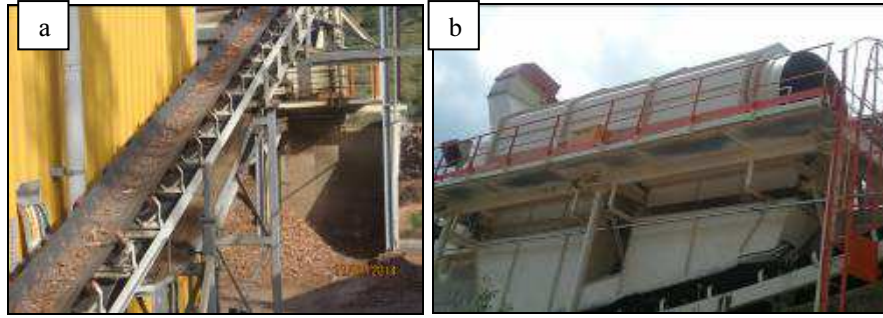
Şekil (a) ve (c) de tamburlu kabuk soyma makinesinin uzaktan görüntüsü, Şekil (b)'de döner tamburlar ve üzerindeki taşıyıcı ve soyucu bıçaklar, Şekil (d)'de soyma makinesinde kabukları soyulan odunların taşıyıcı banta aktarılması görülmektedir.



Şekil 1.6. Bıçaklı ring kabuk soyucu (a), (b) (Thoemen et al., 2010)



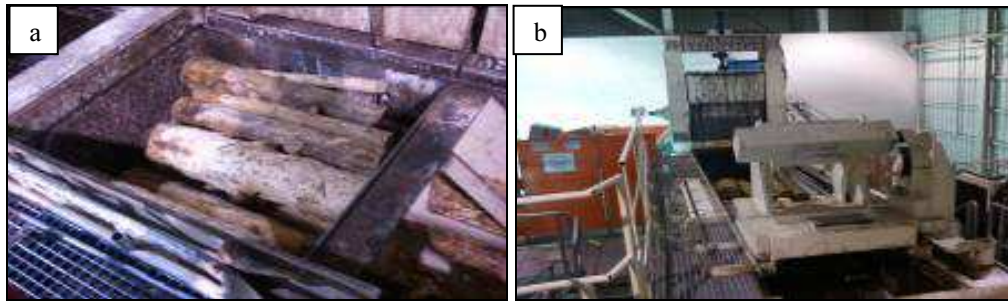
Soyulan kabuklar, büyük parçalardan ve odun parçalarından arındırılmak üzere bantlı taşıyıcılar Fotoğraf 1. 6a ile döner tamburlu veya sallantılı çalışma sistemine sahip, içerisinde çeşitli ebatlarda elek bulunan kabuk eleme makinesine gelmektedir Fotoğraf 1. 6b. Bu eleme sonucu uygun nitelikteki kabuklar yakılması amacıyla kabuk silolarına gönderilmektedir. Kabuklar silodan paletli taşıyıcı ile katı yakıt kazanına gönderilerek burada değerlendirilmektedir.



Fotoğraf 1.6. Kabukların nakli (a), döner tambur tipi kabuk elek makinesi (b)

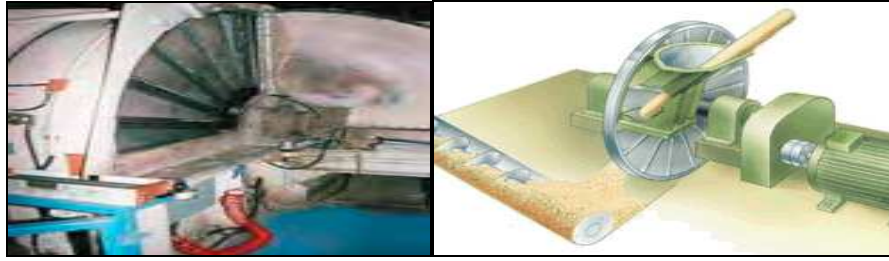
### 1.2.3. Odunun yongalama makinesine nakledilmesi ve yongalama

Kabukları soyulan odunlar bantlı taşıyıcı ile yongalayıcı haznesine taşınmadan önce metal detektöründen geçmektedir. Metal detektörü metal uyarısı verirse hidrolik pistonlu klape metal içeren odunu ayırmaktadır. Herhangi bir metal uyarısı gelmediğinde, pistonlu klape odunu zincirli taşıma haznesine atmaktadır. Zincirli taşıma haznesi kullanılacak odunun boyuna göre ayarlanabilmektedir. Odunlar zincirli taşıyıcıdan sonra paket haline getirilip, itici vasıtasıyla yongalayıcı odun yongalama makinesine verilmektedir (Fotoğraf 1.7 a, b).

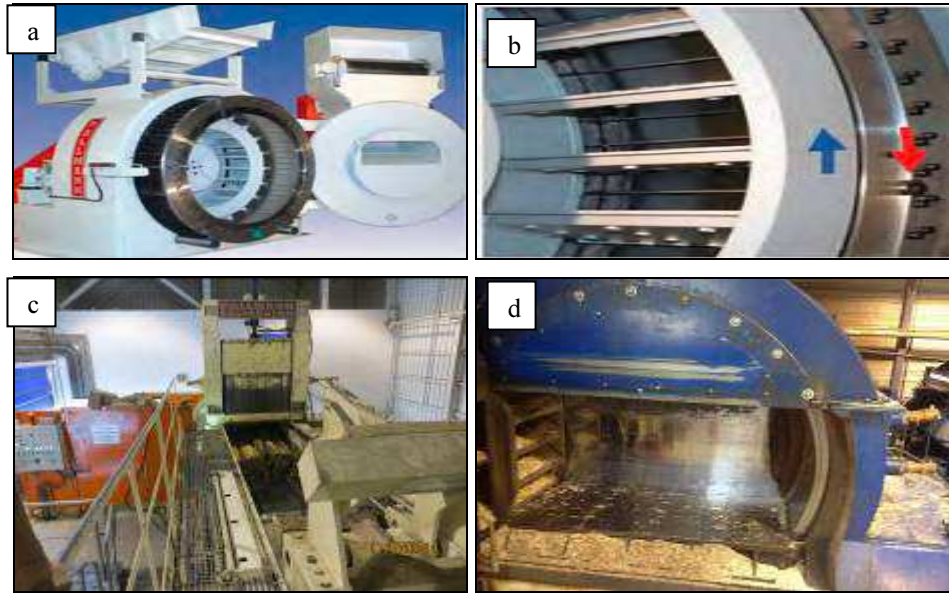


Fotoğraf 1.7. Zincirli taşıyıcıdan gelen odunun paket haline getirilmesi ve itici ile Yongalama makinesine verilmesi (a), (b)

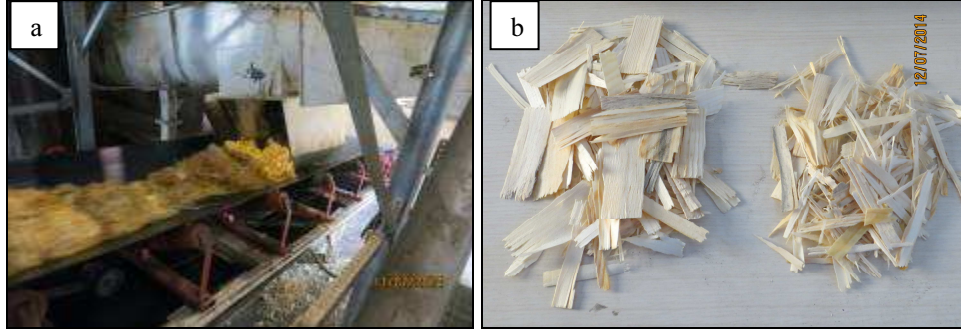
Kabukları soyulan, boyları 1 - 4 m, çapları 8 - 35 cm arasındaki odunlar, bir ringin etrafında sıralanmış bıçak yapısına sahip “Flaker” adı verilen özel yongalama makinesi kalemin ucunun açılmasına benzer bir şekilde, kesme ve soyma arası bir hareket yaparak belirli ebatlarda yongalar elde edilmektedir. Kabukları soyulan odunlardan yonga elde edilmesi, bir disk yongalayıcı (Şekil 1.7) veya bıçak ring yongalayıcı (Fotoğraf 1.8 a, b, c, d) ile tek kademedeyle yapılmaktadır. Elde edilen yongaların (Fotoğraf 1.9 a, b), kalınlıkları 0,5 - 1,0 mm genişlikleri 15,0 - 25 mm uzunlukları 65 - 85 mm arasında değişmektedir. Yonga ebatları serme hattında yongaların istenilen şekilde yönlendirilmesi, levha yüzey görüntüsü ve levha direnç özellikleri için önemlidir. Levha direnç özellikleri, yonga geometrisi ve levha fiziksel görüntüsü için ideal yonga boyutları şu şekildedir; yonga kalınlık 0,5 - 0,8 mm, genişlik 20 - 25 mm, uzunluk 75 - 85 mm dir.



Şekil 1.7. Disk yongalayıcı



Fotoğraf 1.8. Bıçak ring yongalayıcı (a) ve iç kısmı (b), Odunun disk yongalayıcıda yongalanması (c), (d)



Fotoğraf 1.9. Odunun disk yongalayıcı da yongalanması (a) ve elde edilen yongalar (b)

#### 1.2.4. Elde edilen yongaların bunkerde depolanması

Odunun yongalanması ile elde edilen ve odunun cinsine ve mevsime göre %80 ile %100 üzerinde rutubete sahip yongalar “Bunker” olarak adlandırılan ve (Fotoğraf 1.10)’da gösterilen siloda depolanmaktadır. Bu siloların üst kısmında sürekli dönen tırnaklı tarayıcılar, yongalar silo içerisinde biriktikçe silonun arka tarafına doğru yaymaktadır. Silonun taban kısmında bulunan paletli bant yongaların boşaltma bandına doğru iletilmesini sağlamaktadır.









Fotoğraf 1.10. Bunker (yonga deposu) ve yongaların kurutmadan önce depolanması

#### 1.2.5. Kurutma

Belirli bir rutubet değerine sahip yongalar kurutma çıkışında %2 - 5 rutubete kadar kurutulmaktadır. Yonga rutubet değeri levha direnç özelliklerine, levha presleme faktörüne, tutkal tüketim miktarına ve levhanın fiziksel özelliklerine etki etmektedir. OSB tesislerinde kullanılan kurutma tipleri (Şekil 1.8a), genel de tek geçişli (Fotoğraf 1.11a) veya üç geçişli döner tambur tip kurutmadır (Şekil 1.9). Üretim

kapasitesine göre kurutucunun uzunluğu ve çapı değişmektedir. Yonga rutubetini ayarlama, fırın içi ve çıkışı sıcaklık, kurutma girişi, kurutma içi ve kurutma çıkışı sıcaklığın çok önemi vardır (Şekil 1.8a). Kurutma için gerekli olan sıcaklıklar kazan (fırın)'lar da katı atıklar, levhadan ve elemenden çıkan ve kullanılamayacak nitelikteki toz şeklindeki yongalar ve bazı tesislerde de doğal gaz veya bu yakıtların hepsi belirli oranlarda bir arada kullanılarak elde edilmektedir.

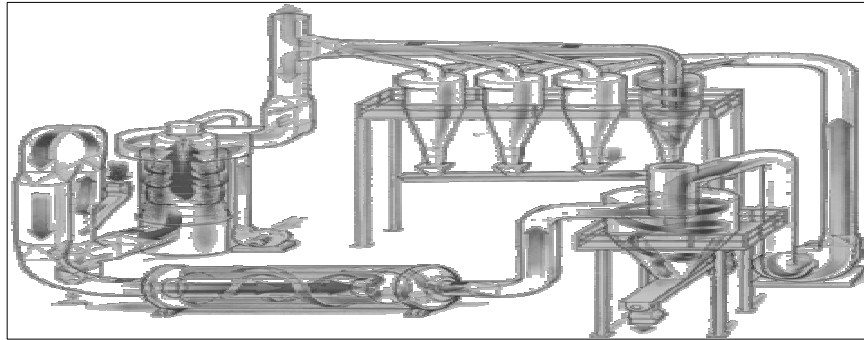
Kurutucu tipi	Şekil	Sıcaklık aralığı	Kurutma zamanı	Kurutma kapasitesi
Döner Demet Kurutucu		200 C <sup>0</sup> ye kadar	≤ 20 dk	1.....9 t/h
Tüp Demet Kurutucu		160 C <sup>0</sup> ye kadar	na	10.....18 t/h
Tek - geçişli davul kurutma		450 C <sup>0</sup> ye kadar	20 - 30 dk	≤ 40 t/h
Üç-geçişli kurutma		600 C <sup>0</sup> ye kadar	5 - 7 dk	≤ 25 t/h
Akış tüp ön kurutucu		500 C <sup>0</sup> ye kadar	20 s	2.....14 t/h
Jet tüp kurutucu		yaklaşık 500 C	0,5 - 3 dk	≤ 10 t/h

a

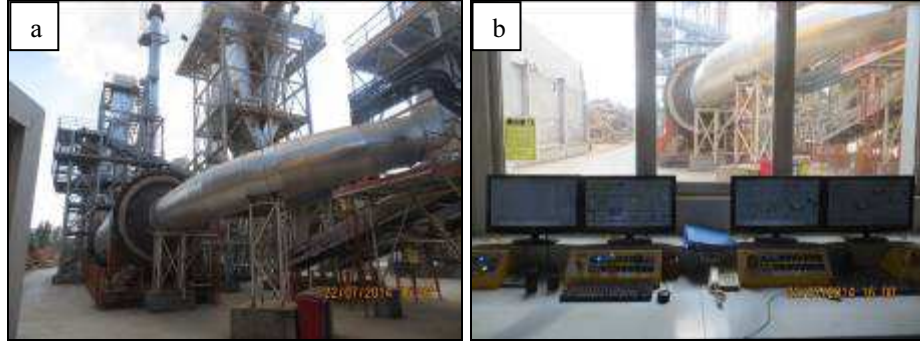
Farklı kurutma tiplerinde 1kg suyun buharlaşması için gereken spesifik enerji	
Kurutma Tipi	buharlaşmış (kJ/kgH <sub>2</sub> O)
Üç geçiş	3350 - 3875
Tek geçiş	3255 - 3550
Kontakt kurutucu	3150

b

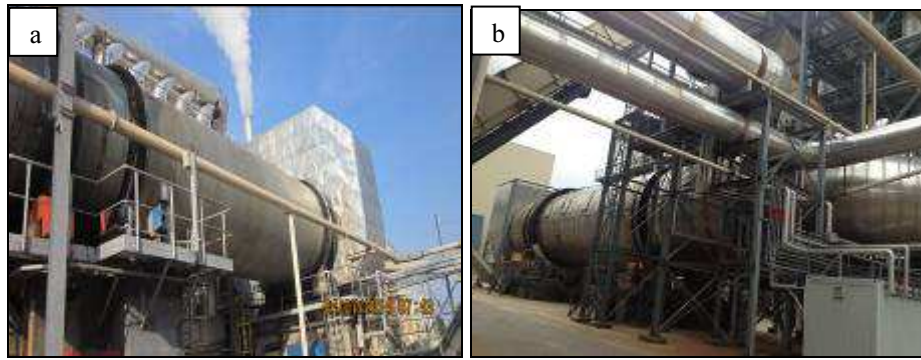
Şekil 1.8. Yonga kurutma tipleri (a) ve farklı kurutma tipleri için 1kg suyun buharlaştırılabilmesi için gerekli olan enerji miktarı (b) (Thoemen et al., 2010)



Şekil 1.9. Üç geçişli döner kurutucu ve kurutma hattı (Thoemen et al., 2010)



Fotoğraf 1.11. Üç geçişli döner kurutucu (a) ve kontrol merkezi (b)

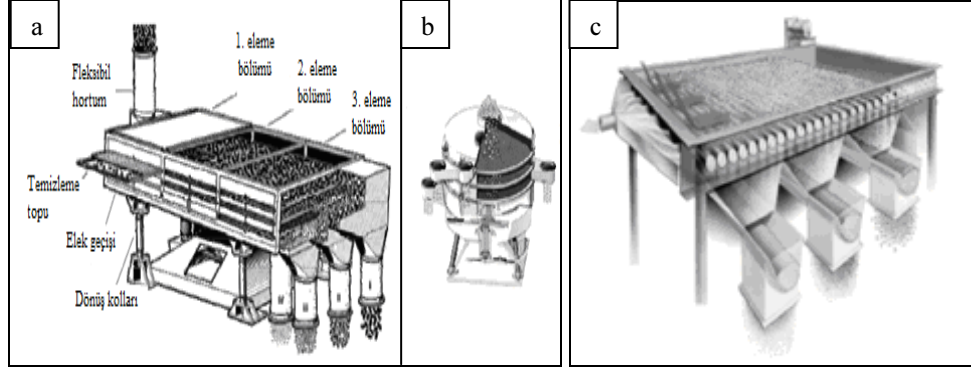


Fotoğraf 1.12. Tek geçişli döner kurutucu (a, b)

### 1.2.6. Eleme

%2-5 rutubet aralığında kurutulan yongalar eleme makinesinde elenerek sınıflandırılmakta olup, kullanıma uygun olmayan 1 mm den daha ince olan yonga ve tozlar kazanda yakılarak enerji olarak değerlendirilmektedir. Elek sistemine ve kullanılan elek ölçülerine göre değişmekle beraber 1mm ve 3mm arasındaki yongalar Yonga levha tesisinde değerlendirilirler. 3mm ve üzerindeki yongalar ise yüzey tabakalarında kullanılacak yongalar ve orta tabakada kullanılacak yongalar olarak ayrılmaktadır. Genişlikleri 15 - 25 mm, uzunlukları 65 - 85 mm arasında olan yongalar yüzey tabakaları için, daha küçük boyutlu yongalar ise orta tabaka için sınıflandırılır. Yongalar mekanik eleme ve havalı sınıflandırma yöntemleriyle sınıflandırılmaktadır. (Şekil 1.10 a, b, c)'de görüleceği üzere mekanik eleme yöntemleri; eğimli (dikey) titreşimli elek, yatay titreşimli elek, sarmal hareketli elek ve silindir (rulo) sistemi olmak üzere dört çeşittir. Eleme sistemleri yonga sınıflandırmanın yanı sıra yakıt malzemesi içerisinde istenmeyen malzemeleri

ayırmada da kullanılmaktadır. Elekler tesis durumuna göre farklı yapı, büyüklük ve sayıda kullanılmaktadır.

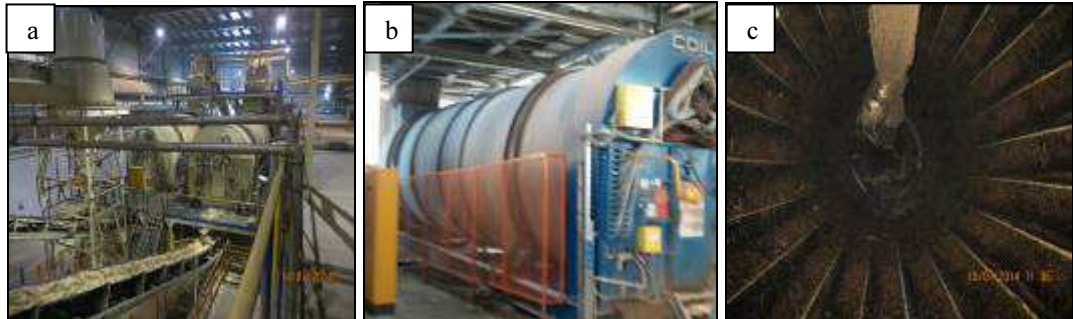


Şekil 1.10. Sarmal mekaniksel hareket ile sınıflandırma (a) ve dikey titreşim(yuvarlanma) ile sınıflandırma (b) Mekaniksel sınıflandırma (Thoemen et al., 2010)

Eleme makinesinde sınıflandırılarak elenen yongalar, tutkallama için dozajlanmak üzere yüzey tabakaları ve orta tabaka kuru yonga silolarına bantlı taşıyıcılar aracılığı ile sevk edilmektedir.

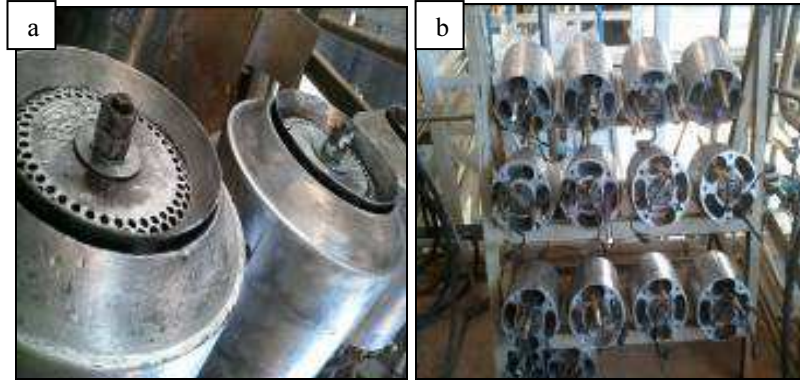
### 1.2.7. Karıştırıcı içerisinde tutkal ve kimyasal ilavesi

Yonga ile tutkal ve kimyasalların karıştırılması için çapları 2,5 m'den uzunlukları 8 m'den büyük silindirik (Thoemen et al., 2010) "Blender" olarak adlandırılan tutkallama makinesi kullanılmaktadır (Fotoğraf 1.13).



Fotoğraf 1.13. Döner tip blender (a), (b) ve blender içi atomizerlerin görüntüsü (c)

Tutkallama makinesi gövdesi ile beraber dönme hareketi yapmaktadır. Tutkallama makinesinin üst kısmında kuru silolarda sürekli ve düzenli olarak gelen yonganın ağırlığını ölçen bantlı teraziler vardır. Tutkal ve diğer kimyasallar bantlı terazilerde sürekli olarak ölçülen yongaların üzerine, tutkallama makinesi içerisinde sabitlenmiş bir platform üzerinde bulunan ve “Atomizer” olarak adlandırılan, disk şeklindeki spreyleme kafası ile dairesel bir hareketle püskürtülmektedir (Fotoğraf 1.14).

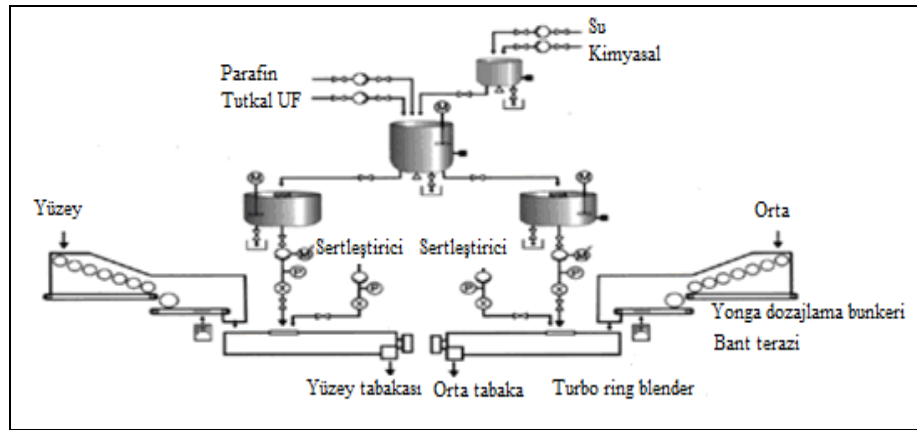


Fotoğraf 1.14. Disk şeklindeki atomizerleri (a), (b)

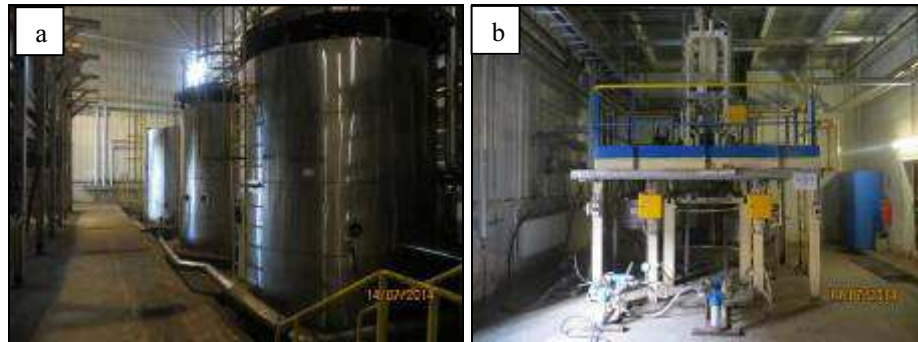
Atomizerlerin blender içerisinde diziliş sıraları önemli olup, yonga üzerine önce parafin emülsiyonu daha sonra tutkal ve en son sertleştirici püskürtülmektedir. Ayrıca, kimyasallı yonganın rutubet dengesinin sağlanması için atomizerlerden su ilavesi de yapılabilmektedir. Tutkal ve parafin dozaj miktarı, tutkal ve parafin katı miktarının kuru yongaya oranlanmasına göre, sertleştirici miktarı ise sertleştirici katı madde miktarının tutkal katı madde miktarına oranlanmasına göre pompalar vasıtasıyla tutkallama makinesi içerisindeki atomizlere gönderilmektedir. Tutkal oranları kullanılan tutkal cinsine göre değişmektedir. Polimerik metilen diizosiyanat (PMDI) tutkalında oran %2 - 4 arasında iken MUF tutkalında %9 - 11 oranında değişmektedir. Yüzey tabakası ve orta tabaka için ayrı olarak iki adet tutkallama makinesi kullanılmaktadır. Tutkallanan yongalar bantlı taşıyıcılar aracılığıyla serme istasyonuna taşınmaktadır.

Yüzey tabakası ve orta tabaka için aynı tutkal veya farklı tutkallarda kullanılabilir. Kullanılan tutkal ve kimyasallar ayrı tanklarda depolanır. OSB tesislerinde kullanılan tutkallar; melamin üre formaldehit (MUF), fenol formaldehit

(PF), melamin üre fenol formaldehit (MUPF), polimer metilen diizosiyanat (PMDI) ve üre formaldehit vb. PVA kökenli termosetlik özellikte tutkallardır. Katkı maddesi olarak tutkalın presleme esnasında sertleşmesini sağlamak amacıyla genelde kullanılan sertleştiriciler arasında, amonyum sülfat, amonyum klorür, üre amonyum nitrat gösterilebilir. Levhanın rutubetli şartlarda su almasını engellemek amacıyla hidrofobik özellikte olan Parafin emülsiyonu kullanılmaktadır. Ayrıca, levhaların rutubete, yangına, böcek ve mantarlara dayanımı arttırmak amacıyla tutkal içerisine koruyucu kimyasallar katılabilmektedir. Tutkal, depolama tanklarından harcama tanklarına tutkal seviyesine göre otomatik olarak alınmaktadır. Harcama tankında tutkal ve diğer kimyasallar istenilen oranda karıştırılabilmektedir. Tutkal ve kimyasal karışımı hazırlanan reçeteye göre pompa vasıtasıyla otomatik olarak ve blender içerisinde bulunan atomizörlere gönderilmektedir (Şekil 1.11), (Fotoğraf 1.15 a, b).



Şekil 1.11. Tutkal ve kimyasal hazırlama ve dozajlama ünitesi (Thoeme et al., 2010)

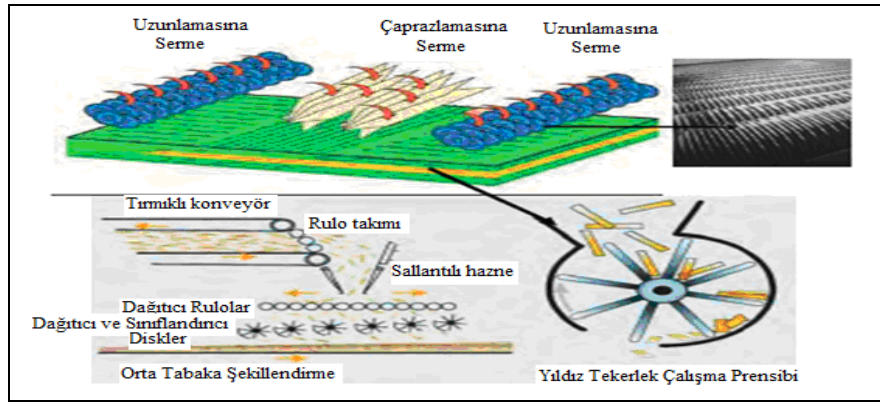


Fotoğraf 1.15. Tutkal ve kimyasal hazırlama tankları (a) ve dozajlama Ünitesi (b)

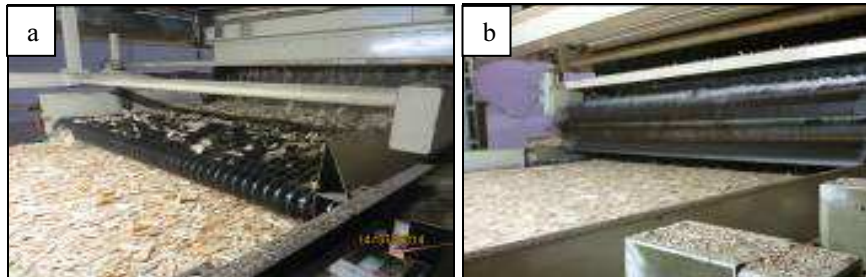


### 1.2.8. Serme Sistemi

OSB üretimi ile diğer levha ürünleri üretimi arasındaki önemli farklardan bir tanesi yonganın şekillendirildiği serme (form) istasyonu olup, OSB levhalarına özelliğini kazandıran en önemli yerlerin başında gelmektedir. Serme işlemi yüzey tabaka yongaları ve orta tabaka yongaları için iki ayrı serme istasyonunda gerçekleşmektedir. Yüzey tabakası serme istasyonunda bantlı dozaj silosu ve diskli yönlendirme ünitesi vardır. Yongalar üretim yönüne doğru diskler arasından geçerek levha boyuna doğru yönlendirilirler. Orta tabaka serme istasyonunda bantlı dozaj silosu ve çarklı (paletli) yönlendirme ünitesi vardır (Şekil 1.12), (Fotoğraf 1.16 a, b). Yongalar üretim yönüne dik veya belirli açılarla rastgele yönlendirilirler. Sadece yüzey tabaka yongaları ile de levha üretmek mümkündür. Yongaların yönlendirilmesinin levhanın fiziksel ve mekanik direnç özelliklerine önemli derecede etkisi vardır. Özellikle yüzey tabaka yongalarının yönlendirme açıları levha boyuna ve enine eğilme direnci ve elastikiyet modülünü etkilemektedir.

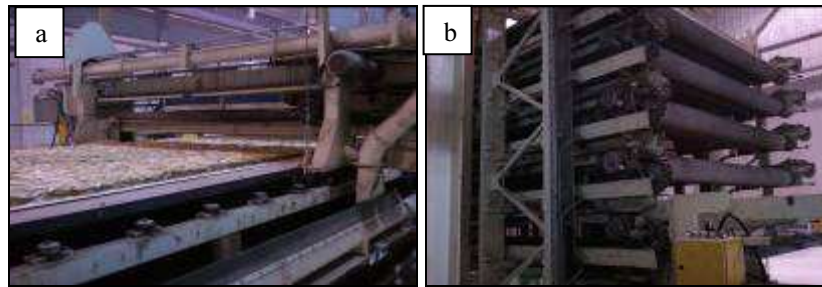


Şekil 1.12. Yüzey tabakası yönlendirme diskleri ve orta tabaka yönlendirme çarkları (Thoemen et al., 2010)



Fotoğraf 1.16. Yüzey tabakası diskli serme (a) ve orta tabaka çarklı serme sistemi (b)

Yüzey tabakası ve orta tabaka serme silo seviyeleri yongaların sürekli ve homojen olarak dozajlanması için belirli oranların üzerinde bulundurulur. Seviyelerdeki değişimlere göre dozaj bantlarının hızları otomatik olarak ayarlanmaktadır. Böylelikle üretim kesintiye uğramadan ve yonga keçesi ağırlığı tolerans değerlerinde olacak şekilde çalışılmaktadır. Presleme sonrası levhanın ağırlığını tolerans değerlerde ayarlamak amacıyla yüzey tabakası ve orta tabaka yonga keçelerinin ağırlıkları serme hattındaki terazilerde sürekli olarak tartılarak üretilen levha ağırlıklarının sabit olması sağlanmaktadır. Serme hattı hızı ürün çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Serme hattında yongaların rutubetleri otomatik cihazlarla ölçülerek levha direnç değerlerine göre kurutma çıkışı rutubet değerleri ve tutkallama makinesi içi rutubet dengesi ayarlanmaktadır. Sürekli pres sistemi ile çalışan tesislerde serme hattında boy kesme yapılmaz ve yonga keçesi sürekli olarak preslenir, fasılalı preslerde ise pres boyuna göre serme hattında hareketli boy kesme testeresi ile yonga keçesinin boyu ebatlandıktan sonra tek katlı preslerde yonga keçesi doğrudan preslenir. Çok katlı eşzamanlı pres sistemine sahip tesislerde ise yonga keçesi ebatlandıktan sonra pres öncesi pres kat sayısı kadar göze sahip yükleme asansörüne doldurulur (Fotoğraf 17 a, b). Yükleme asansörü tüm katları dolduktan sonra katlar aynı anda pres içerine alındıktan sonra presleme işlemi gerçekleştirilir.



Fotoğraf 1.17. Yonga keçesi boy ebatlama testeresi (a) ve yükleme asansörü (b)

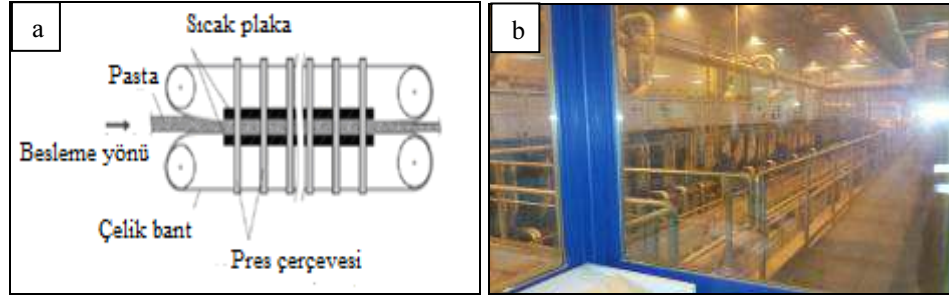
### 1.2.9. Presleme

OSB tesislerinde presleme, diğer levha tesislerinde olduğu gibi tek katlı ve çok katlı (Fotoğraf 1.18 a, b) veya sürekli preslerde (Şekil 1.13a) yapılmaktadır. Katlı presler tek katlı veya çok katlı eşzamanlı preslerdir. Presin ebatları hedeflenen üretim

kapasitesine ve piyasanın genel olarak tercih ettiği levha ebatlarına göre değişmektedir.



Fotoğraf 1.18. Tek katlı pres (a), eşzamanlı katlı pres (b), pres sonrası boşaltma asansörü (c)

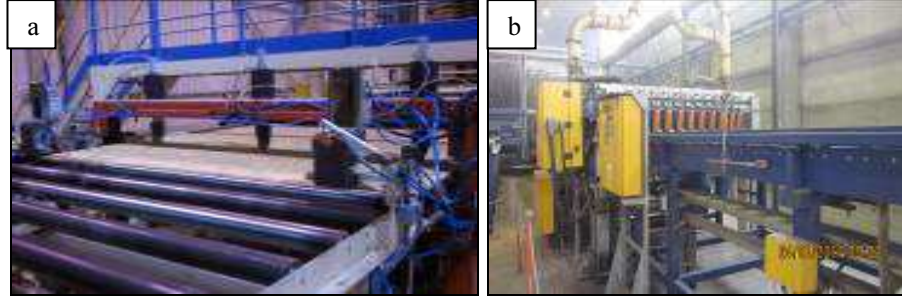


Şekil 1.13. Sürekli pres şematik görüntüsü (a) ve sürekli pres den bir görüntü (b)

Pres sıcaklıkları katlı preslerde üretime göre değişmekle beraber 170 - 190°C arasında, sürekli preslerde ise yine üretime göre değişmekle beraber 200 - 240°C arasındadır. Pres sistemleri pres sıcaklıkları arasında bu kadar fark olmasının nedeni presleme sürelerinin çok farklı olmasındandır. Yonga keçesinin basınç altında pres de kaldığı sürenin pres çıkışı levha kalınlığına oranlanmasına ısıtma faktörü denilmektedir. Isıtma faktörü katlı preslerde 9 - 14 s/mm iken sürekli preslerde 5 - 7 s/mm arasındadır. Preslenen levhalar çok katlı eşzamanlı preslerde pres çıkışındaki boşaltma asansörüne (Fotoğraf 1.18c) alındıktan sonra levhalar asansörden sırası ile rulolu taşıyıcı üzerine alınıp burada bulunan terazi ile ağırlıkları tartılmaktadır. Terazide okunan ağırlık değerine göre serme yonga keçesi ağırlık set değeri ayarlanmaktadır. Sürekli preslerde ise levhalar pres çıkışından sonra soğutma ünitesinde soğutulduktan sonra ebatlama ünitesine gitmektedir. Bu arada sürekli olarak levhanın ağırlıkları ve kalınlıkları ölçülerek, serme hattında yonga keçesinin ağırlıkları ve pres çıkışı levha kalınlıkları otomatik olarak ayarlanmaktadır.

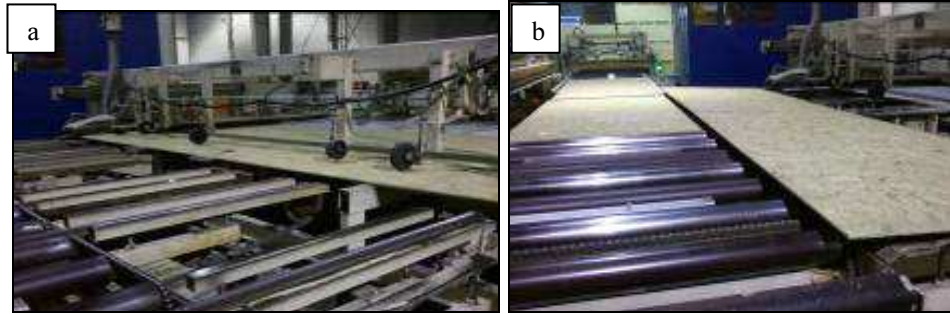
### 1.2.10. Preslenen levhaların ağırlık, kalınlık ölçümü ve ebatlanması

Preslenen levhalar, pres sonrasında bulunan terazi üzerinde ağırlıkları ölçüldükten sonra otomatik kalınlık ölçüm cihazlarıyla kalınlıkları ve patlak sensörleriyle levhanın sağlamlığı ölçülmektedir (Fotoğraf 1.19 a,b).



Fotoğraf 1.19. Çok katlı preslerde pres sonrası kalınlık ölçümü (a) patlak sensörleri ile patlak tespiti (b)

Levhalar presleme sonrası soğutma ünitesinden geçtikten sonra veya farklı bir üniteye müşterinin istediği ölçülere göre ebatlanmaktadır (Fotoğraf 1.20 a, b).

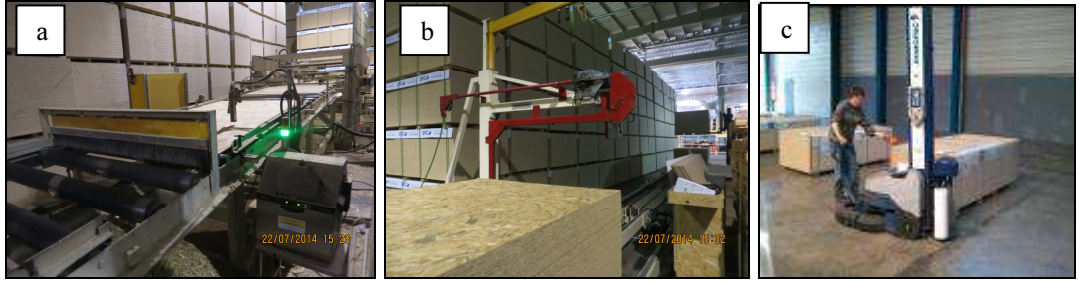


Fotoğraf 1.20. Levhaların ebatlanması (a), (b)

Sürekli preslerde ise preslenen levhalar hiç ara vermeksizin prestten çıktıktan sonra ağırlıkları tartılıp, otomatik kalınlık ölçüm cihazlarıyla kalınlıkları ve patlak sensörleriyle levhanın sağlamlığı ölçülmektedir. Daha sonra levhalar soğutma ünitesinden geçtikten sonra müşterinin istediği ölçülere ebatlanmaktadır. Piyasa şartlarında en çok tercih edilen OSB ebatları 1220 x 2440 mm olup, levha kalınlıkları ise 8 - 22 mm arasında değişmekte iken kullanım yerlerine uygun olarak farklı ebat ve kalınlıklarda OSB levhası üretilebilmektedir.

### 1.2.11. Levhaların paketlenmesi ve sevke hazır hale getirilmesi

Levhalar ebatlama işleminden sonra kalite sınıflandırmasına göre ayrı asansörlerde istiflenmektedir. Üretilen OSB sınıfına göre levha yüzeylerine veya kenarlarına üretim bilgileri ve levha sınıfı lazer yazıcı makinesi ile otomatik olarak yazılmaktadır (Fotoğraf 1.21a). Asansörden alınan levhalar, üretim bilgilerinin yazılı olduğu barkot ve ambalaj kâğıdı ile birlikte çemberlenerek paketlenmektedir (Fotoğraf 1.21 b, c).



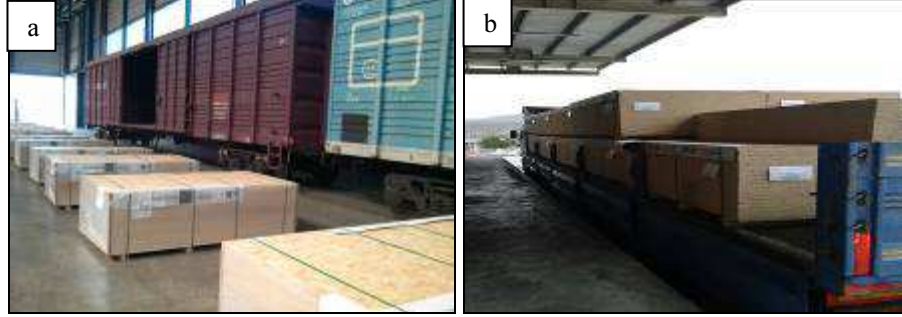
Fotoğraf 1.21. Levhaların üretim bilgilerinin yazılması (a) paketlenmesi (b), (c)

Bazı OSB tesislerinde müşterilerin taleplerine uygun olarak zımparalama yapılabilmektedir. Fakat OSB levhaları genellikle yapı malzemesi olarak kullanıldığı için zımpara yapılmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Avrupada'ki bazı tesislerde müşterilerin talebi doğrultusunda bina ve çatı yapımı uygulamalarında ebatlama işleminden sonra ve ayrı bir ünite de levhanın boyuna ve genişliğine kenarlarına doğru parke levhası kilit sistemine benzer erkek ve dişili kanallar açılmaktadır. Bu işlemlerden sonra levhalar satışa hazır duruma getirilmiş olup, levhalar paketlenmiş olarak sevkiyat bölümüne otomatik istif ve taşıma sistemi ile (Fotoğraf 1.22 a, b) veya iş makineleri ile ulaştırılmaktadır (Fotoğraf 1.22c).



Fotoğraf 1.22. Levhaların soğutulması (a) ve otomatik olarak b) ve iş makinesi ile sevkiyat birimine ulaştırılması

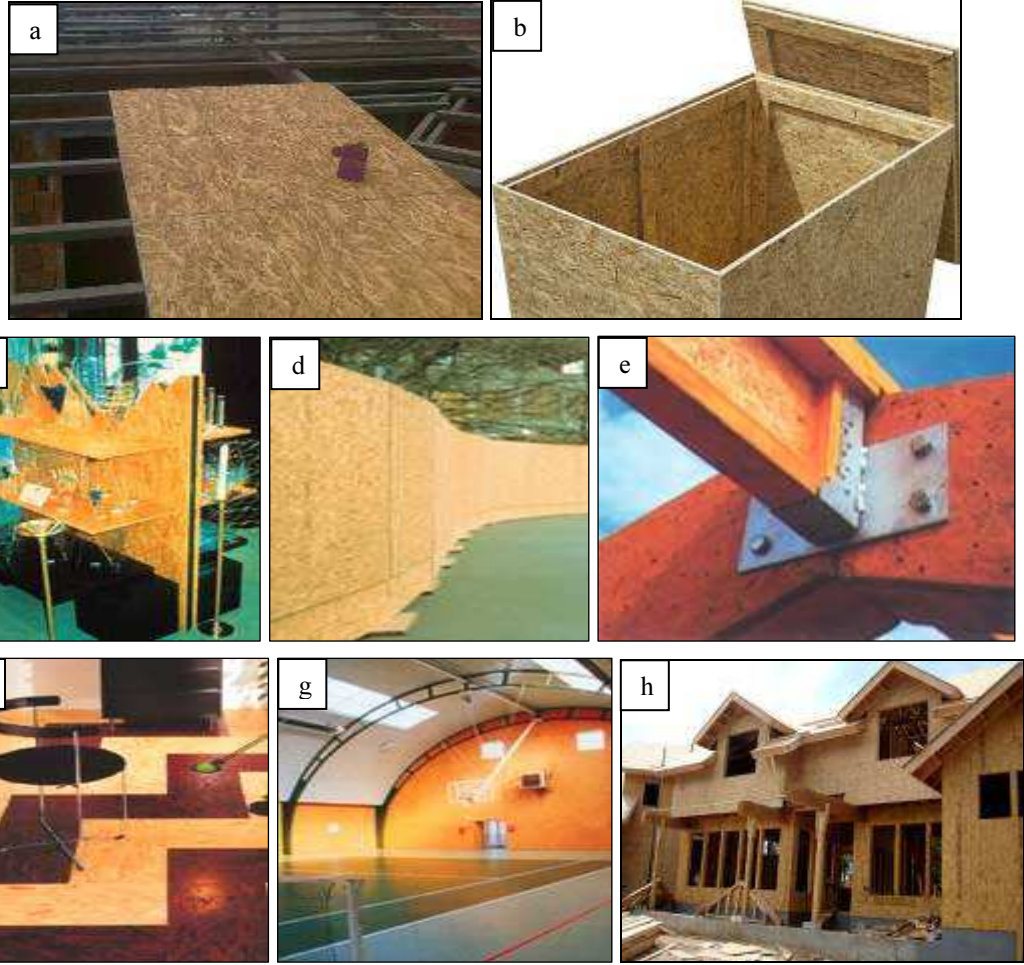
Levhaların müşterilere sevk edilmesi karayolu, demir yolu ve deniz yolu yapılabilmektedir (Fotoğraf 1.23 a, b).



Fotoğraf 1.23. OSB levhaların demir yolu ile (a) ve kara yolu ile (b) sevk edilmesi

### 1.3. OSB Kullanım Alanları

OSB'nin yaklaşık %75'i inşaatlarda, %20'si paketlenmede geri kalanı ise dekoratif ve diğer uygulamalarda kullanılmaktadır (Thoemen et al., 2010). Şekil 1.14'de görüldüğü gibi OSB iklim şartlarına karşı dayanıklı olması sebebiyle ağırlıklı olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca, inşaat sektörü kadar yoğun olmasa da mobilya ve ambalaj sektöründe de kullanılmaktadır. OSB inşaat sektöründe beton kalıbı, bölme, çatı, tavan ve döşeme, prefabrik yapı elemanı olarak, mobilya sektöründe koltuk ve kanepeler arkalarında, ambalaj sektöründe ise ağır malzeme ambalajlarında dış ambalaj olarak kullanılmaktadır. Bileşenleri ve üretim metodu açısından yonga levhaya, bazı özellikleri sebebiyle ise masife benzeyen yönlendirilmiş yonga levha, yurt dışında uzun bir süreden beri kullanılan bir üründür. Ülkemizde de fiyatının uygunluğu sebebiyle son yıllarda inşaatlarda giderek yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hodul, 2010).

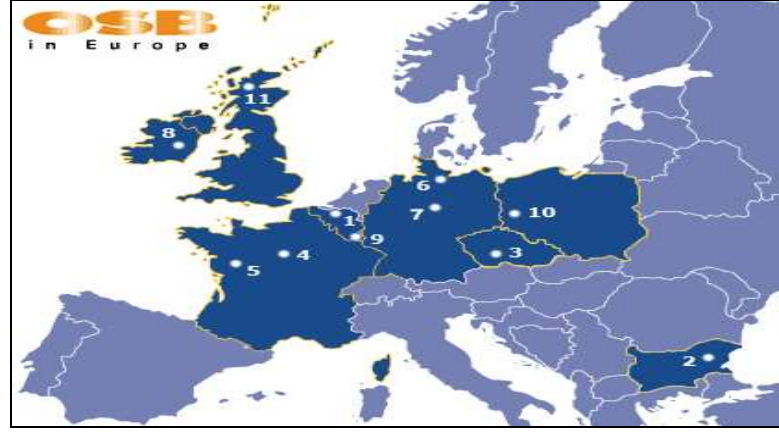


(a) İnşaat sektöründe çatı malzemesi olarak, (b) Ambalaj ve Taşımacılıkta, (c) Mobilyada , (d) Duvar yerine alan çevrilmesinde, (e) Çatı Taşıyıcılarında, (f) Taban döşemelerinde, (g) Spor Salonlarında ve (h) Ev yapımında kullanılması

Şekil 1.14. OSB Levhası uygulama alanları (URL-2, 2015)

#### 1.4. Avrupa OSB Levha İmalatçıları

Avrupa OSB imalatçılarının ülkeler bazında dağılımını gösteren harita Şekil 1.15’de verilmiş olup, Avrupa genelinde üretim yapan 11 adet firma bulunmaktadır. Bu firmaların ülkeleri ve buldukları bölge ile isimleri Tablo 1.8’de verilmiştir.



Şekil 1.15. Avrupa OSB imalatçıların harita üzerinde dağılımı (URL2, 2015)

Tablo 1.8. Avrupa OSB imalatçı firma isimleri ve ülkeleri

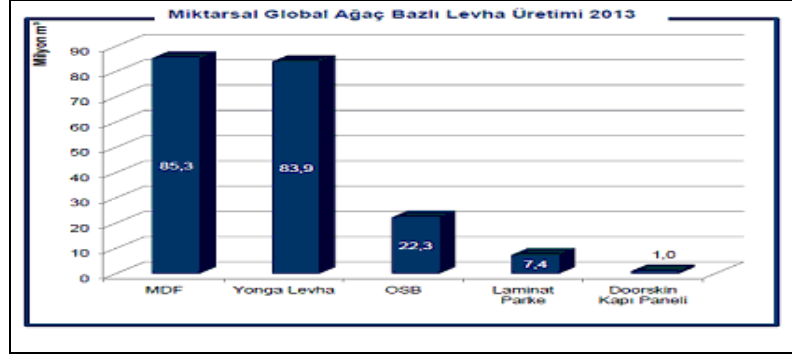
Sıra	Firma ismi	Ülkesi	Bulunduğu yer
1	Norbord	Belçika	Genk
2	Kronospan	Bulgaristan	Bourgaz
3	Krono Cr. Spol	Çek Cumhuriyeti	Jihlava
4	Sonay Endüstri	Fransa	Chatellerault
5	KronoFrance	Fransa	Sully Sur loire
6	Fritz Egger	Almanya	Wismar
7	Glunz /Sonay	Almanya	Nettgau
8	Smart Ply Europa	İrlanda	Waterford
9	Kronospan	Lüksemburg	Sanem
10	Kronopol	Polonya	Zary
11	Norbord	İngiltere	Inverness

### 1.5. Dünya’da OSB Levha Üretim ve Pazar Verileri

Ticari olarak ilk yönlendirilmiş yongalevha (OSB)’nin pazara girişi 1981 yılında gerçekleşmiş, tesis kurma ve geliştirmeler hızla tamamlanmıştır. OSB üretimi 1997 yılının sonunda 57 (38’i Amerika, 19’u Kanada’da) fabrikada (Özen ve Kalaycıoğlu, 2009) Amerika’da 8 milyon m<sup>3</sup>, Kanada’da 6 milyon m<sup>3</sup> kapasiteye, Avrupa’da ise 1997 de İrlanda, Lüksemburg ve Polonya’da kurulan fabrikalarla 800 bin m<sup>3</sup>’e ulaşmıştır (Anonim, 2001).

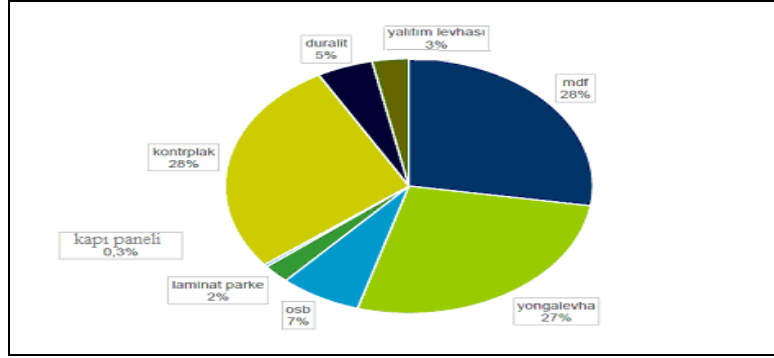
2013 yılı itibariyle dünya genelinde ağaç bazlı levha üretim miktarlarının (milyon metreküp) MDF, Yongalevha, OSB, Laminat parke ve kapı paneli arasındaki paylaşımı Şekil 1.16’da grafik olarak verilmiştir (Anonim, 2014).





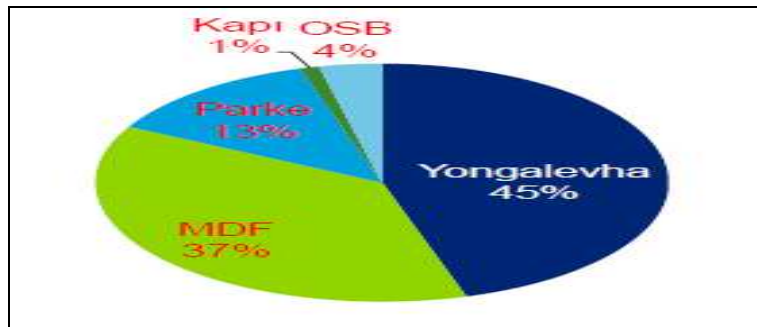
Şekil 1.16. 2013 yılı MDF, YL, OSB, Laminat Parke, Kapı Paneli ağaç bazlı levha üretimi

Şekil 1.17’de 2013 yılı itibariyle, ağaç bazlı levha üretim miktarlarının yüzde dağılımını pasta grafik üzerinde gösterilmiştir (Anonim, 2014).



Şekil 1.17. 2013 yılı Dünyada global olarak ağaç bazlı levha üretim oranları

Şekil 1.17’de görüldüğü gibi %7 lik oran ile OSB üretimi MDF ve yongalevhadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Şekil 1.18’ de ise 2013 yılı itibariyle Türkiye’de ağaç bazlı levha üretim oranları pasta grafik olarak gösterilmiştir (Anonim, 2014).



Şekil 1.18. 2013 yılı Türkiye’de ağaç bazlı levha üretim oranları

Şekil 1.18’ de görüldüğü gibi Türkiye’de OSB üretimi ağaç bazlı toplam üretimin %4 olarak laminat parke üretiminden sonra gelmektedir. Bu verilere göre Türkiye’de OSB levha üretimi dünya OSB levha üretim miktarının gerisinde kalmıştır. Türkiye orman ürünleri sektöründe OSB levha tüketim miktarının Avrupa ve Amerika seviyesine ulaşabilmesi için daha çok tanıtılması, kullanım alanlarının genişletilmesi gerekmektedir. Böylelikle ülke ekonomisine ve istihdama katkı sağlanmış olacaktır.

## **1.6. Literatür Özeti**

Yongalevha ile ilgili yapılan bir çalışmada özgül kütle, yongalevhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini en çok etkileyen faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir. Levhanın özgül kütlesinin artması ile kalınlığına şişme ve boyut stabilitesi hariç olmak üzere diğer bütün özellikler iyileşmektedir (Göker, 1978).

Üç tabakalı yonga levhada yapılan bir araştırmada özgül ağırlık arttıkça eğilme direncinin arttığını, yonga geometrisine bağlı olarak, yapıştırıcının ve yonga ağırlığının aynı kalması durumunda kısa ve kalın yongalardan yapılmış levhaların eğilme direncinin uzun ve ince yongalardan yapılmış levhaların eğilme direncinden daha az olduğunu belirtilmiştir. Yonga levhaların elastikiyet modülü değeri tutkalin miktarına, yonga uzunluğuna levhanın özgül ağırlığına bağlı olarak artmaktadır (Göker, 1984).

Stavroz and Leonard (1989), laboratuarda elde ettikleri OSB numunelerinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine, yüzey-orta tabaka oranının ve farklı tutkal miktarlarının etkisi üzerine çalışmışlardır. Sonuçlar, yüzey ve orta tabaka oranlarının ve tutkal miktarının artışının OSB numunelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir.

Zhou (1990) hızlı büyüyen hibrid kavak ağacı türü ile yaptıkları OSB’nin bazı fiziksel ve mekanik değerleri üzerine yaptıkları araştırmada, levha yoğunluğunun eğilme direnci, elastikiyet modülü, çekme direnci, çivi ve vida tutma direnci gibi levha mekanik özelliklerine çok kuvvetli bir şekilde etkili olduğunu tespit etmiştir. Levha yoğunu arttıkça mekanik özelliklerin de iyileştiğini, kalınlıkça şişme ve su

alma değerinin arttığını tespit etmiştir. Bu çalışmada, yonga yönlendirilmesinin iyileştirilmesi ile levha boyuna paralel yönde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerinin iyileştiğini tespit etmiştir.

Göker ve Akbulut (1992)'e göre dış hava koşullarına maruz kalan yerlerde kullanılacak yonga levhalar için fenolik tutkallar ile izosiyanat tutkalı, iç kısımlarda ve kapalı meknlarda kullanılacak genel amaçlı yonga levhalarda ise; üre formaldehit tutkalı kullanılmalıdır. Kullanılan tutkal miktarının artmasıyla levhanın bütün direnç özellikleri ve boyutsal kararlılığı iyileşmektedir.

Yongalevhaların özelliklerini ağaç türü, ağaç malzemenin özgül kütlesi, yonga geometrisi, tutkal türü, presleme şartları, tutkal miktarı, levhanın özgül kütlesi ve taslak yapısı gibi birçok faktör etkilemekte olup, kullanım yerlerinin isteklerine uygun kalitede levha üretilmesi için bu faktörlerin levha özellikleri üzerine olan etkisinin bilinmesinin büyük önem taşıdığı Göker vd. (1993) tarafından tespit edilmiştir.

Akbulut (1999)'a göre yongalevhada kullanılan tutkalın türü, miktarı, uygulama şekli gibi pek çok faktör levha kalitesini etkilemektedir. Eğilme direnci bakımından orta tabakanın fazla bir etkisi olmazken, yüzey tabakalarının yapısı önemli bir rol oynamaktadır. Yüzeye dik çekme direnci birim yonga yüzeyine sürülen tutkal miktarıyla doğrudan ilişkili olduğundan, tutkal miktarının artmasıyla yüzeye dik çekme direnci önemli lde artmıştır.

Suzuki and Takeda (1999) tarafından Japon Sugi (*Cryptomoria japonica* D.) odunu ile yapılan OSB'nin özelliklerine yonga boyu ve yönlendirmesinin etkisi çalışmada, OSB' de mekanik özelliklere yonga boyu ve tabaka yapısının etkili olduğu ve çekme direncinde ise önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Yonga levhalarda mekanik dirençleri yükseltmek için formaldehit oranı yüksek tutkal kullanılabilceği ve levhanın özgül ağırlığının yükseltilebileceği belirtilmiştir (Nemli 2002; Nemli, 2003)

Akbulut vd. (2002) çalışmalarında; endüstriyel kökenli OSB ve Kontrplak levhalarının fiziksel ve mekaniksel özelliklerini tespit ederek, OSB levhalarının kontrplak yerine kullanılabilirliğini araştırmaya çalışmışlardır. Yapılan araştırmada, OSB levhalarının direnç değerleri kontrplak levhalarından düşük çıkmasına rağmen, ambalaj sandığı, döşeme, döşeme altı, çatı kaplama ve duvar bölmesi gibi kullanım alanlarında yapısal kontrplak yerine kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Nemli ve Akbulut (2004) yongalevha üzerine yaptıkları araştırmada üreformataldehyt tutkalına melamin formaldehit ilavesi ile yongalevhanın kalınlıkça şişme ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemişler, araştırma sonucunda melamin formaldehitin yongalevhanın mekanik özelliklerine etki etmediği fakat kalınlıkça şişme değerini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Brochmann et al. (2004) OSB de boyutsal kararlılığı iyileştirmek için yonga kalınlığı ve tutkal cinsi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Elde edilen mekanik özelliklerin sonuçlarına göre çekme değeri için orta ve yüzey tabakadaki yonga kalınlığı ve orta ve yüzey tabakada kullanılan tutkal çeşidinin her biri önemli olurken, tutkal cinsinin levhanın çekme değerinin yüksek olması için etkili olduğu tespit edilmiştir. Fenol tutkalı da özellikle yüzeylerde güçlü bir etki göstermiştir. Panel boyunca daha kalın yonga kullanımıyla en yüksek çekme değeri elde edilmiştir. Yoğunluğu daha fazla olan levhalarda çekme değeri artmıştır.

Young and Kim (2007) yongalevhada melamin üreformataldehyt ve üreformataldehyt tutkalı ile yaptıkları çalışmada melamin üreformataldehyt tutkalında daha iyi mekanik değerler, daha iyi suya dayanım ve daha düşük serbest formaldehit değeri tespit etmişlerdir.

Jaroslav and Pavel (2009) yaptıkları çalışmada OSB levhalarının mekanik özellikleri üzerinde, tutkal miktarı ve yoğunluktaki değişimlerin etkisini araştırmışlardır. Denemenin ilk aşamasında, üretimde aynı tutkal miktarı ile levha yoğunluğu düşürülüp, ikinci aşamada yoğunluk sabit tutularak tutkal miktarı değiştirilmiştir. Dene sonuçlarına göre, levha yoğunluğunun düşürülmesinin eğilme direncinin ve elastikiyet modülü değerinin azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Saldanha and Iwakiri (2009) *pinus taeda* odunu yongasından, fenol formaldehit tutkalı (FF), melamin üre formaldehit tutkalı (MUF), fenol melamin üre formaldehit tutkalı (PMUF) ile levhalar üretmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucuna göre levha yoğunluğunun artırılması ile eğilme direnci (MOR), elastikiyet modülü (MOE), çekme ve su emme değerlerinde daha iyi sonuçlar alınmıştır. Dik eğilme ve elastikiyet haricinde özelliklerin hepsinde fenol formaldehit ile üretilen levhalar daha iyi sonuç göstermiştir.

Febrianto et al. (2010) yaptıkları çalışmada düşük yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu odun yongaları karıştırılıp üretilen OSB levhaların kalınlıkça şişme ve su alma değerlerinin iyileştiğini tespit etmişlerdir. Yüksek yoğunluklu odun ile üretilen OSB'lerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerinin daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tür odunların yongaları, daha düşük yoğunluklu odun yongaları ile karıştırıldığında eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri artmıştır.

Gündüz vd. (2011) yaptıkları çalışmada; sarıçam (*pinus sylvestris* L.)' dan 80 mm olarak elde ettikleri yongaları, yongalar birbirine çapraz olacak şekilde farklı oranlarda fenol formaldehit tutkalı ile bir araya getirip farklı pres zamanları uygulayarak levhalar elde etmişlerdir. Levhaların deney sonuçlarına göre pres zamanı ve tutkal oranı arttıkça çekme (IB), eğilme modülü (MOR), elastikiyet modülü (MOE) değerlerinde artış tespit edilmiştir.

Barbuta et al. (2012) yaptıkları çalışmada; levha yoğunluğunun OSB levhalarının mekanik özelliklerine olumlu olarak etki eden kritik bir parametre olduğunu, OSB levhası özelliklerine yoğunluğun etkisi üzerine değişik araştırmalar yapıldığını bildirmişlerdir. Bütün çalışmaların OSB yoğunluğu ve mekanik özellikler arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır.

Veigel et al (2012) laboratuvar ortamında UF ve MUF tutkalını nanoselüloz lifleri ile güçlendirip ürettikleri OSB ve Yongalevhanın mekanik mukavemet özelliklerini incelemişlerdir. Nanoselüloz lifleri ile güçlendirilen UF tutkalı ile üretilen OSB ve Yongalevhaların mekanik mukavemet değerlerinin önemli oranda iyileştiği, özellikle OSB numunesi mukavemet değerlerinin %16 oranında iyileştiği tespit edilmiştir.

Moena and Sandoval (2013) yaptıkları çalışmada Şili yerli odunu ile fenolik tutkal ve monoetilen diizosiyanat (MDI) tutkalı kullanarak  $700 \text{ kg/m}^3$  ve  $640 \text{ kg/m}^3$  yoğunluklarda OSB levhaları elde etmişlerdir. Elde edilen levhaların fiziksel ve mekanik mukavemet değerleri, kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında levhalar arasında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Esen vd. (2013) Sarıçamdan elde edilen 80 mm uzunluğunda yongaları fenol formaldehit tutkalı ile çapraz hizalanmış üç kat olarak üretilen OSB numunelerinin vida tutma özelliklerine pres basıncının ve pres zamanının etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucuna göre; elastikiyet modülüne pres zamanı ve pres basıncının önemli bir etkisinin olmadığı, sadece vida tutma direncine olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Düşük oranda melamin katılmış üreformaldehit tutkalı, melamin katılmamış üreformaldehit tutkalı ile üretilen kontrplaklara göre daha yüksek yapışma direnci gösterirken aynı zamanda daha düşük serbest formaldehit değeri elde edilmiştir. Üreformaldehit (UF) tutkalı ile karşılaştırıldığında özellikle daha sertleşme süresi ve viskozite değeri yüksek melamin üreformaldehit (MUF) tutkalında daha geniş sıcaklık aralıklarında sertleşme süreci daha yüksek değere doğru kaymıştır (Zhang et al. 2013).

Yapıcı vd. (2013) sarıçam odunundan elde ettikleri yongaları fenol formaldehit tutkalı ile bir araya getirip ürettikleri OSB levhaların elastikiyet modülü ve eğilme direncine pres basıncının ve pres zamanının etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, tutkal cinsi, tutkal oranı, pres zamanı ve pres basıncının etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Sumardi and Suziki (2014) Bamboo'dan yapılan yongalevhanın mekanik özellikleri ve boyutsal durağanlığı üzerine çeşitli levha yoğunluğunda ve levha tipinde yaptıkları çalışmada Bamboo yongalevhalarının yapışma sağlamlığı ve boyutsal sabitliği arasındaki ilişkiyi tespit etmek için çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda; levha yoğunluğunun ve levha tipinin kalınlıkça şişme ve su almaya etkili olduğunu ve düşük levha yoğunluğundaki levhalarda yüksek yoğunluktaki levhalardan daha kolay şişme olduğunu tespit etmişlerdir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Kullanılan Ağaç Türleri

Bu çalışmada, OSB üretimi için %80 Karaçam (*Pinus nigra* A.), %15 Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) ve %5 Gökmar (*Abies nordmanniana* L.) odunu kullanılmıştır. Odunların çapları 10 - 30 cm arasında, boyları ise 2 m olup, Kastamonu orman işletme şefliklerinden tedarik edilmiştir.

### 2.2. Kimyasallar

Levhaların üretiminde SFC Entegre Orman Ürünleri (Kastamonu) firması tutkal fabrikasından temin edilen %65'lik üreformaldehit (UF) tutkalı ve %2,5 - 5 - 15 ve %20 melamin içeriğine sahip melamin üreformaldehit (MUF) tutkalları kullanılmıştır. Her bir tutkal çeşidi için tutkal; katı tutkal miktarı kuru yonganın %9,5'i olacak şekilde, %65 konsantrasyonda sıvı olarak atomizerler ile karıştırıcı kazan içerisine püskürtülerek yonga ile tutkalın karışması sağlanmıştır.

Sertleştirici olarak %10'luk amonyum sülfat çözeltisi tutkaldan ayrı olarak yine atomizer vasıtasıyla tutkal karıştırıcı kazan içerisine, yüzey tabaka için tutkal katı miktarının %2,2'si, orta tabaka için tutkal katı miktarının %2,6'sı oranında katı amonyum sülfat sertleştiricisi verilmiştir. Levhanın rutubete ve suya karşı direncini artırmak için su itici kimyasal madde olarak parafin kullanılmış olup, parafin; katı parafin miktarı kuru yongaya oranla %0,6 olacak şekilde %40 konsantrasyonda sıvı olarak atomizer ile karıştırıcı kazan içinde yonga üzerine püskürtülerek parafin ile yonganın karışması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan tutkal ve kimyasalların değerleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

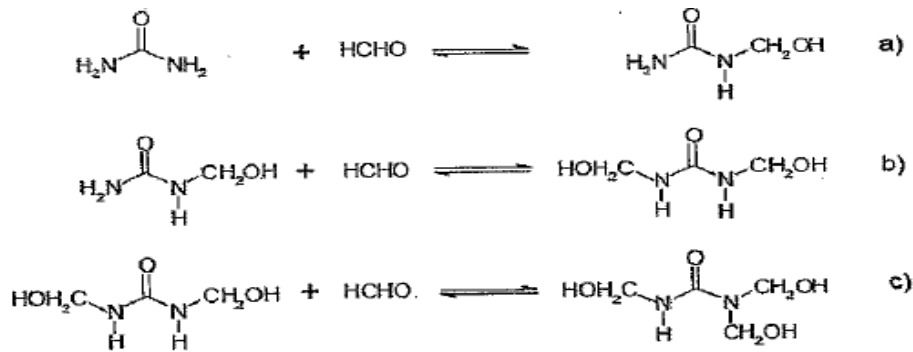
Tablo 2.1. Üretimde kullanılan tutkal ve kimyasalların özellikleri

Kimyasal	Katı madde (%)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Vizkozite (cP)	pH	Mol oranı (MR)	Akma zamanı (sn)	Jel süresi (sn)
<b>Tutkal</b>							
UF (M:%0)	65	1,3	430	8,2	1,30	75	43
MUF(M:%2,5)	65	1,290	420	8,6	1,13	82	59
MUF(M:%5,0)	65	1,287	493	8,5	1,13	105	50
MUF(M:%15)	65	1,290	484	9,0	1,23	84	65
MUF(M:%20)	65	1,305	253	9,2	1,13	50	80
Parafin	40	0,93	46	8,0	-	12	-
Amonyum Sülfat	10	1,10	7,0	8,2	-	-	-

### 2.2.1. Üreformaldehit Tutkalı

“Ucuzluğu, kullanım teknolojisinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeniyle Avrupa’da kullanılan tutkalların %90’ını oluşturur. Üreformaldehit tutkalı; üre ile formaldehitin kademeli bir şekilde kondensasyonu sonucunda üç kademeli bir reaksiyon sonucunda oluşmaktadır” (Özen ve Kalaycıoğlu, 2012).

1. Kademe; formaldehit ile üre bir kondenzasyon reaksiyonu sonucunda birleşmekte ve metilol üretilmektedir. Üre 3 molekül formaldehit ile reaksiyona girmektedir. Birinci monomer; Mono-, Di ve Trimetilölüre oluşur (a, b ve c formu). Şekil 2.1’de Mono, Di ve Trimetilölüre oluşumu görülmektedir.



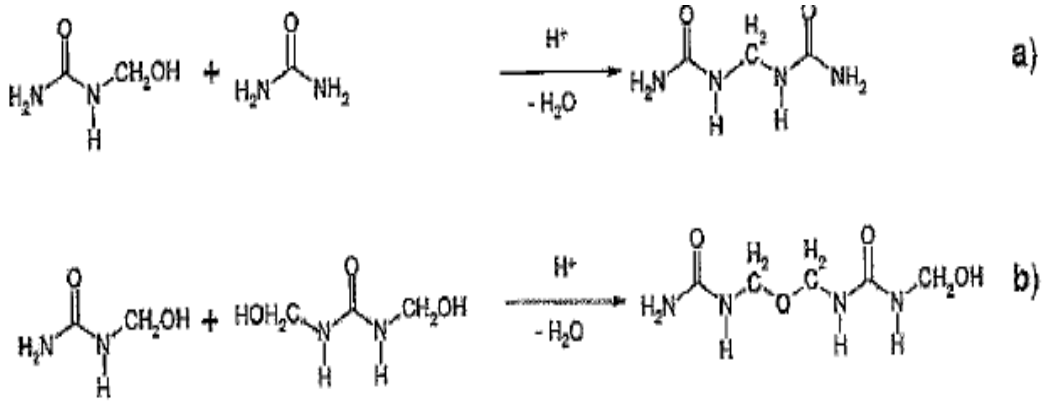
Şekil 2.1. Üreformaldehit tutkalı oluşum reaksiyonu 1.kademe Mono-Di ve Trimetilölüre oluşumu



2. Kademe; sertleştirici maddeler ile sıcaklığın etkisi sonucunda meydana gelen üre ve formaldehit birbiri ile kondense olur.

İkinci aşama = Kondensasyon

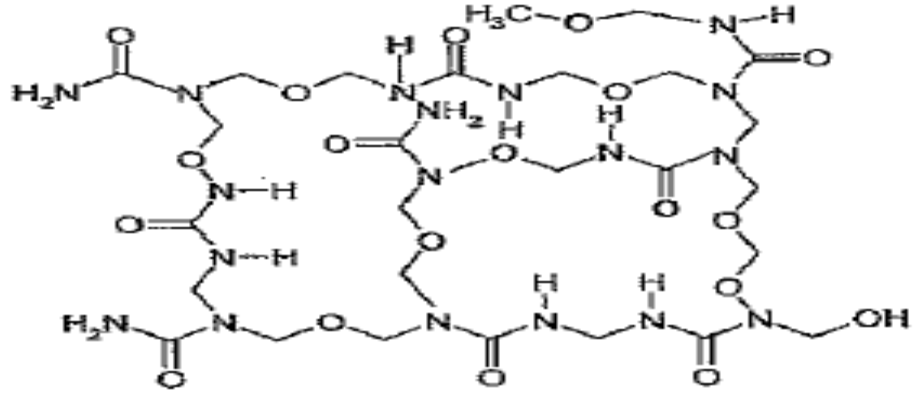
Metiloleşmiş üre birbirine etki ederek metilen (a) veya metilen-eter köprüleri oluşur (b).



Şekil 2.2. Üre formaldehit tutkalı oluşum reaksiyonu 2.kademe metilen-eter köprüleri oluşumu

3. Kademe; sertleştirici maddenin alkali ile nötrleşmesi yoluyla kondenzasyon reaksiyonu durdurulur. Bu işlem pH'yı 7 - 7,5 arasında tutmak suretiyle yapılır. Böylece meydana gelen sulu dispersiyondaki katı madde miktarı %65 - 72 arasındadır.

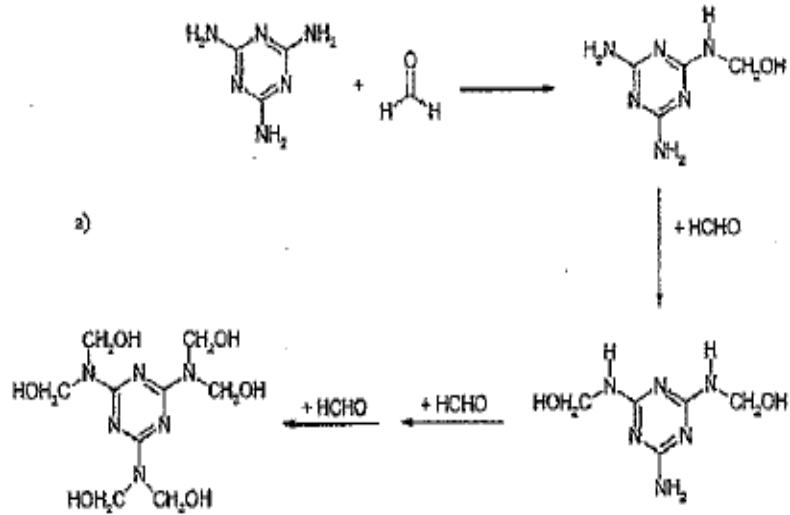
Şekil 2.3'de görüldüğü gibi kondenzasyon reaksiyonu boyunca büyük moleküller oluşur. Bu aşamada son üre ilavesi gerçekleşir. Bu son ürede; mol oranı, serbest formaldehit, vizkozite, formaldehit emisyonu azalır.



Şekil 2.3. Üre formaldehit oluşumu reaksiyonu 3. kademe kondenzasyon reaksiyon sonucunda büyük moleküllerin oluşumu

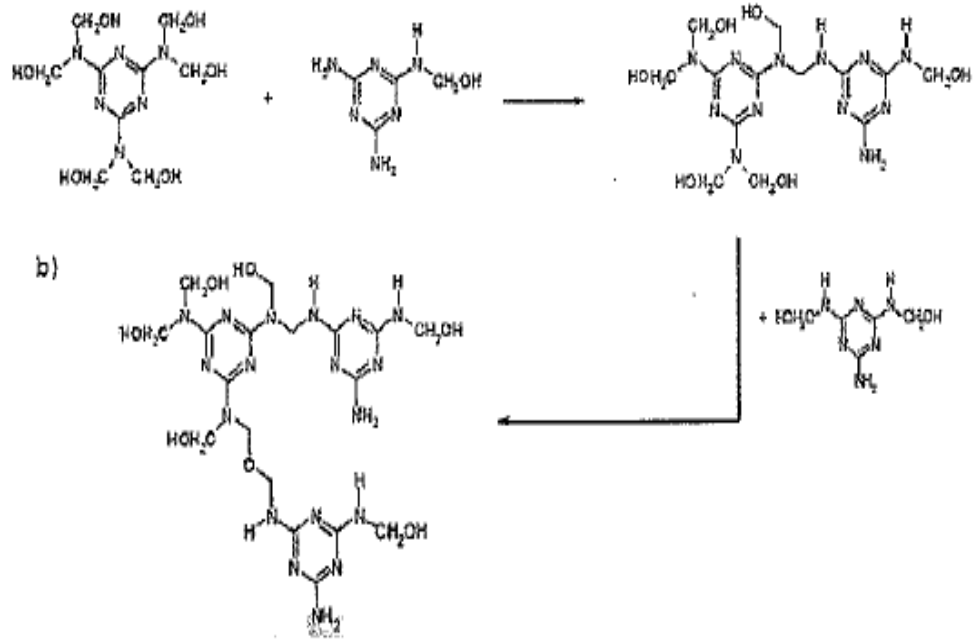
### 2.2.2. Melamin Üreformaldehit Tutkalı

Melamin üreformaldehit (MUF) tutkalı üretiminde birinci aşama; metilizasyon melamin 6 mol formaldehit ile reaksiyona girer, birinci monomerler; mono- di hexametilmelamin oluşur (a). Reaksiyon şekil 2.4'de gösterilmiştir (Özen ve Kalaycıoğlu, 2012).



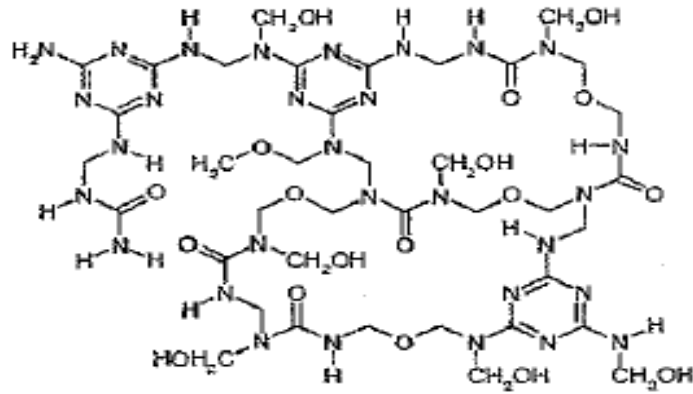
Şekil 2.4. Melamin üreformaldehit tutkalı oluşumu birinci aşama metilizasyon

Melamin üreformaldehit tutkalı üretimi ikinci aşaması kondensasyondur. Metilenlendirilmiş melamin metilen veya metil-eter köprüleriyle reaksiyona girer (b) MUF tutkalı üretilir. Reaksiyon Şekil 2.5'de gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Melamin üre formaldehit tutkalı ikinci aşaması (kondensasyon)

Melaminin, üre formaldehit tutkalı ile reaksiyona girerek büyük moleküllü köprüler oluşturulması Şekil 2.6’da görülmektedir.



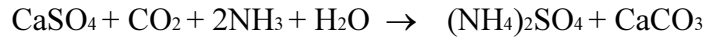
Şekil 2.6. Melamin ile üre formaldehitin reaksiyona girerek büyük moleküllü köprüler oluşturması

Üçüncü aşamada son kez üre ilavesi yapılır. Tutkal üre formaldehit’e benzer. Son ürenin ilave edilmesiyle molar oranı, serbest formaldehit miktarı, viskozite ve

formaldehit emisyonu azalır. Melamin üreformaldehit tutkalının (MUF) formaldehit emisyonu üreformaldehit (UF) tutkalından daha düşüktür.

### 2.2.3. Sertleştirici (Amonyum Sülfat)

Doğadan ve ucuz olarak karşılanan kalsiyum sülfatın amonyak ve karbondioksit ile tepkimeye girmesi sonucunda amonyum sülfat elde edilir (Anonim, 2008b). Aşağı'da amonyum Sülfatın kimyasal reaksiyonu görülmektedir.



“Üretimde tutkal çözeltisi, hazırlanışından preslenmeye kadar sertleşmemeli; fakat preste hızla sertleşmelidir. Bu çelişkili problem çözelti içine sertleştirici ve engelleyici maddeler karıştırmakla önlenir. Levha üretiminde en çok amonyum klorürü veya amonyum sülfat kullanılır. Pres sıcaklığının etkisi ile amonyum klorür formaldehit ile reaksiyona girer ve heksametil tetraamin, tuz asidi ve su oluşur. Oluşan asit tutkalın sertleşmesini hızlandırır (Özen ve Kalaycıoğlu, 2012)”.

### 2.2.4. Parafin

Parafin vaks, ince madeni yağı damıtma işlemi sırasında yan ürün olarak elde edilen organik bir maddedir. Parafin, ortalama zincir uzunluğu 20 - 30 karbon atomundan oluşan hidrokarbonların kompleks bir karışımıdır.  $C_nH_{2n+2}$  dir. Bileşiminde %80 - 90 oranında düz zincirli hidrokarbonlar olan normal parafinler bulunur. Geri kalan kısmı ise dallanmış ve halka yapılı parafinler oluşturur. Parafin wax'ların en önemli özellikleri reaksiyon hızının çok düşük olması ve suya karşı son derece ilgisiz olmalarıdır (URL-3, 2015).

Yongalevhanın su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Bunlar levhanın su almasını tamamen önlemezler. Ancak su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su ve yüksek neme maruz kalırsa, bundan etkilenmez. Hidrofobik maddelerin başında parafin gelmektedir. Parafin sıvı veya dispersiyon

halinde yongalar üzerine püskürtülür. Son yıllarda sulu dispersiyonu tutkal çözeltisine karıştırılmaktadır.

### 2.3. Levhaların Üretimi

Deneme levhaları aynı üretim şartlarında, farklı melamin içeriğine sahip tutkallar ile üç farklı levha yoğunluğunda yapılmıştır. Levha üretim şartları Tablo 2.2'de verilmektedir.

Tablo 2.2. Deneme Levhalarının Üretim Şartları

Üretim Şartları	Levha Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	Melamin katılım oranı				
		% 0	% 2,5	% 5	%15	%20
Pres Sıcaklığı (C°)				180		
Presleme Süresi (s)	550			200		
Presleme Faktörü (s/mm)	570			11,5		
Katı tutkal / Kuru yonga (%)	590			9,6		

Odunun kabukları iki adet döner tamburu olan kabuk soyucuda soyulmuştur. Kabukları soyulan odunlar hareketli disk yongalayıcıda kalınlıkları 0,5 - 1,0 mm genişlikleri 15 - 25 mm ve uzunlukları 65 - 85 mm olan yongalar elde edilmiştir.

Yongalar üç geçişli döner tip tambur kurutucuda, kurutma çıkış rutubeti %3 - 5 olacak şekilde kurutulmuştur. Kurutulan yongalara tutkal ve kimyasallar, döner tambur tip tutkal karıştırıcı kazan içerisinde atomizerler ile parafin, tutkal, sertleştirici sıralamasıyla püskürtülmüştür.

Tutkallanan yongalar yüzey tabakalar için biri serme hattının başında diğeri de sonunda olmak üzere iki adet serme başlığında diskli yönlendiriciler ile serilerek önce levhanın alt yüzeyi, orta tabaka oluşumundan sonra ise üst yüzeyi oluşturulmuştur. Orta tabaka oluşumu için yongalar, iki yüzey serme başlığının ortasında yer alan bir adet serme başlığında, çarklı yönlendiriciler ile üretim yönüne dik serilerek levha orta tabakası oluşturulmuştur.

Serme hattında oluşturulan yonga keçesi (yonga pastası), altı katlı eşzamanlı pres de 180 °C sıcaklık altında 11,5 s/mm ısıtma faktörü ile preslenerek  $11,0 \pm 0,8$  mm kalınlığında 1220 x 2440 mm ebatlarında levhalar oluşturulmuştur. Üretilen levhalardan 5 adedi deney levhaları olarak alınmıştır.

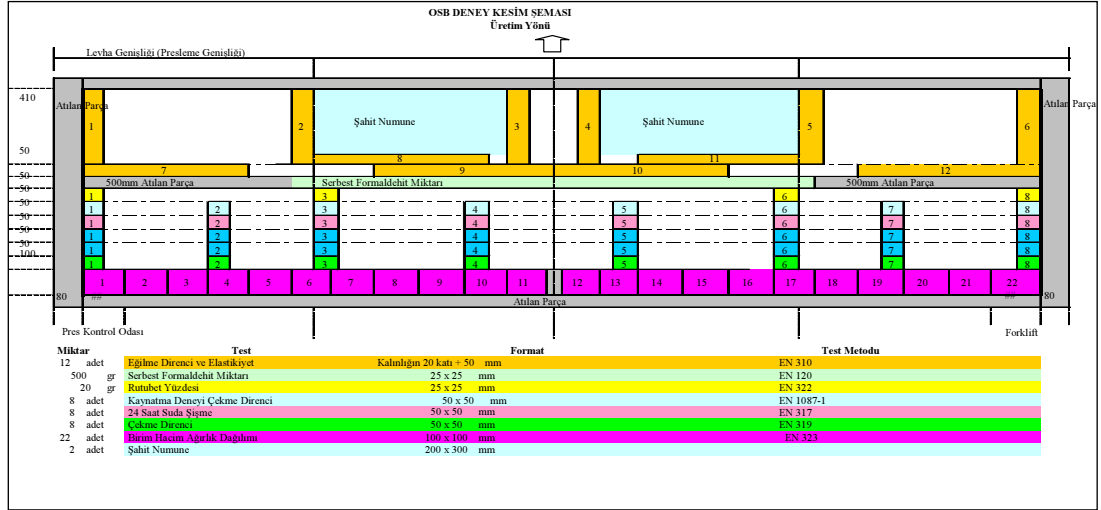
Tablo 2.2’de verilen her bir deneme şartları için yapılan presleme de elde edilen beş adet levhadan deney numuneleri kesilmiştir. Hazırlanan numunelerden ilk olarak serbest formaldehit deneyi numuneleri  $\%45 \pm 5$  bağıl nem ve  $23 \pm 1$  C° sıcaklık şartlarında sabit kütleye ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Diğer deneyler için ise numuneler kondisyonlama şartlarının yerine getirilmesi amacıyla iklimlendirme kabininde  $\%65 \pm 5$  bağıl nem ve  $20 \pm 2$  C° sıcaklık değerlerinde değişmez ağırlığa kadar bekletildikten sonra Türk Standartlarına göre deneyleri yapılmıştır.

#### **2.4. Deneyler**

Üretilen levhalar için yapılacak deneyler aşağıdaki gibi olup, ilgili standartları belirtilmiştir;

- TS EN 323 Birim Hacim Ağırlığının Tayini (Anonim, 1999a)
- TS EN 310 Eğilme Direnci ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini (Anonim 199b)
- TS EN 319 Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci Tayini (Anonim, 1999c)
- TS EN 317 Su içerisinde Daldırma İşleminde Sonra Kalınlıkça Şişme Tayini (Anonim, 1999d)
- TS EN 322 Rutubet Miktarının Tayini (Anonim, 1999e)
- TS EN 1087-1 Rutubete Karşı Dayanıklılığın Tayini-Bölüm:1 Kaynatma Deneyi (Anonim, 1999f)
- TS 4894 EN 120 Formaldehit Miktarının Tayini- Ekstraksiyon Metodu ile Ayırma (Anonim, 1999g)

Deney numunelerinin üretilen levhalardan kesimi; TS EN standartları ve daha önceki edinilen tecrübelerle ilgili olarak Şekil 2.7’de verildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 2.7. OSB Deney numuneleri kesim şeması

### 2.4.1. Yoğunluk Tayini

TS EN 323 (Anonim, 1999a) standardına göre hesaplanmaktadır. Numune ağırlıkları ve ebatları otomatik olarak bilgisayardaki deney programına kaydedilir. Otomatik olarak ölçülen numune ağırlığını (g), numunenin eni, boyu ve kalınlığı (mm) olarak bilgisayara kaydedilir. Bilgisayar tarafından ağırlık (kg)'a çevrilip en, boy, kalınlık çarpımına (m<sup>3</sup>) olarak oranlanmasıyla bilgisayar tarafından numune yoğunluk değeri (kg/m<sup>3</sup>) olarak hesaplanır.

Ağırlık ölçümü için, Europa 1700 marka hassas terazi ve numune ebatlarının hassas ve otomatik ölçümü için IMAL IB 600 marka deney makinesi kullanılmıştır.

$$P = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Burada;

$p$  = Her deney parçasının yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>)

$m$  = Numune ağırlığı (g)

$b_1$  = Numune parçasının eni (mm)

$b_2$  = Numune parçasının eni (mm)

$t$  = Numune parçasının kalınlığı (mm)

#### 2.4.2. Eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü deneyi

Deney, TS EN 310 standardına göre yapılmıştır. Deney için Fotoğraf 2.1'deki deney makinesi kullanılmıştır.



Fotoğraf 2.1. Deneyi makinesi, eğilme direnci deneyi

Deney için kullanılacak numune ebatları numune eni 50 mm, boyu: levha kalınlığı x 20 + 50 mm yani 270 mm olarak alınmıştır. Numune üzerine uygulanacak sabit bir kuvvet ile numunenin kırıldığı yük değerinde eğilme kuvveti ve elastikiyet modülü aşağıdaki formüller ile bilgisayar tarafından otomatik hesaplanmaktadır.

Eğilme Direnci:

$$E_d = \frac{3F \max l_1}{2bt^2} \quad (N/mm^2) \quad (2.2a)$$

Burada;

$E_d$  = Eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$F \max$  = En büyük kuvvet (Newton)

$l_1$  = Dayanak (destek) lerin eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

$b$  = Deney parçasının genişliği (mm)

$t$  = Deney parçasının kalınlığı (mm)



Elastikiyet Modülü

$$Em = \frac{l_1^3 (F_2 - F_1)}{4bt^3 (a_2 - a_1)} \quad (N/mm^2) \quad (2.2b)$$

Burada;

$Em$  = Elastikiyet modülü

$l_1$  = Dayanak (destek) lerin eksenleri arasındaki uzaklık (mesafe) mm

$b$  = Deneş parçasının genişliği: mm

$t$  = Deneş parçasının kalınlığı: mm

$(F_2 - F_1)$  = yüksek-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı: Newton

$F_1$  = Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin %10 u,  $F_2$  maksimum yükün %40 olmalıdır.

$a_2 - a_1 = (F_2 - F_1)$  kuvvet artışı nedeniyle deneş parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (Anonim, 1999b).

### 2.4.3. Levha yüzeyine dik çekme deneş

Deneş, TS EN 319 (Anonim, 1999c) standardına göre yapılmıştır. Deneş için Fotoğraf 2.2'deki IMAL IB 600 Deneş makinesi kullanılmıştır.



Fotoğraf 2.2. Deneş makinesi, yüzeye dik çekme deneş

Yüzeye dik çekme direnci deneş için hazırlanan 50 x 50 mm ebatında numuneler deneş makinesinin iki kavrama çenesi arasına tutturabilmek için metal bloklara tutkal ile yapıştırılır. Makine sabit bir çekme yükü uygulayarak deneş tabi tutulan

numuneyi maksimum kuvvete ulaşıldığında ortadan ayırmaktadır. Numunenin ayrıldığı maksimum kuvvet makine tarafından otomatik olarak ölçülür ve aşağıdaki formüle göre yüzeye dik çekme mukavemeti belirlenir.

$$\zeta_d = \frac{F_{\max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (3.3)$$

Burada;

$\zeta_d$  = Yüzeye dik çekme mukavemeti

$F_{\max}$  = Max Yük (kuvvet) (Newton)

$a$  = Deney numunesinin eni (mm)

$b$  = Deney numunesinin boyu (mm)

#### 2.4.4. Kalınlıkça şişme deneyi

Deney, TS EN 317 (Anonim, 1999d) standardına göre yapılmıştır. Deney için kullanılan deney makinesi su sirkülasyonlu, soğutmalı Nüve marka BS 402 su banyosu cihazıdır. Deney numune ebatları 50 x 50 mm dir. Numunelerin ilk kalınlıkları ölçüldükten sonra 20°C sabit sıcaklıktaki suya dik olarak suyun tabanından enaz 15 mm yukarıda kalacak şekilde yerleştirilir ve 24 saat bekletilir. Sudan çıkarılan numunelerin üzerindeki fazla su bir peçete veya bezle alınarak numunenin son kalınlığı ölçülür ve aşağıdaki formül yardımıyla 24 saat lik kalınlığa şişme değeri bulunur.

$$\text{Şişme} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \text{ (\%)} \quad (3.4)$$

Burada;

$t_1$  = deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

$t_2$  = deney parçasının suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)

#### 2.4.5. Rutubet miktarının tayini

Levhaların rutubet ölçümleri numuneler kondisyonlanmadan önce TS EN 322 (Anonim, 1999) standardına göre yapılmıştır. Rutubet miktarı tayini için kurutma fırını (Etüv) ve numunelerin soğutulması için desikatör kullanılmıştır. Deney numunesi rutubetli ağırlığı minimum 20 gr olacak şekilde alınmaktadır. Numunelerin dış ortamdan rutubet almamasına dikkat edilerek, her deney için numune ağırlıkları 0,01 gr hassasiyetle tartılır. İlk tartım numune alınır alınmaz yapılmaktadır. Numuneler, kurutma fırını cihazında  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşınca kadar kurutulur. Numuneler kurutma fırınından çıkartılarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 gr hassasiyetle tartılır. Numunenin rutubet miktarı (r), yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (\%) \quad (3.5)$$

Burada;

$m_r$  = Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki kütlesi (gr)

$m_0$  = Deney parçasının kurutmadan sonraki kütlesi (gr)

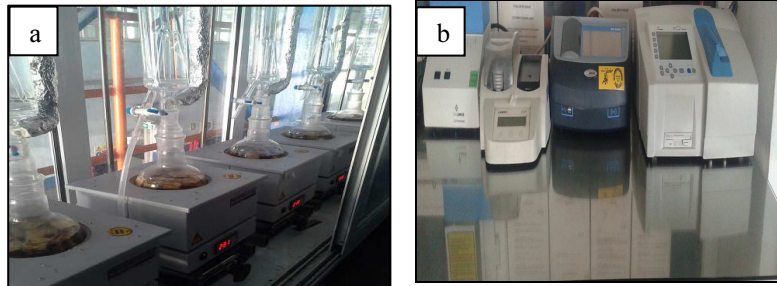
#### 2.4.6. Rutubete karşı dayanıklılığın tayini

Deney TS EN 1087-1 (Anonim, 1999f) standardına göre yapılmıştır. Numune ebatları 50 x 50 mm olup, her bir deneme levhası için sekiz adet deney numunesi kullanılmıştır. Kaynatma deneyindeki amaç TS EN rutubetli ortamlara karşı yıpranma deneyleri için belirlenen iki seçenekten biri olan bu deneyin deney süresinin hızlandırılması için ağır şartlarda yapılmasıdır. Deney sonrası numuneler bloklara tutkal ile yapıştırılarak TS EN 319 (Anonim, 1999c)'e göre levha yüzeyine dik çekme deneyi yapılmaktadır. Çekme deneyi sonuçları TS EN 300 (Anonim, 2008) standardında verilen ve Tablo 1.4'de (Nemli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhalar) seçenek 2' de belirtilen sınır değerlere göre karşılaştırılır. Ayrıca, kaynatma deneyinden sonra numunelerin kalınlıklarındaki şişme oranı levhanın teknik özelliklerini karşılaştırmada yardımcı olmaktadır.

#### 2.4.7. Formaldehit Miktarının Tayini

Formaldehit miktarının tayini TS 4894 EN 120 (Anonim, 1999g) standartlarına göre, ekstraksiyon (perforatör) metodu ile yapılmaktadır. Standart'a göre her bir deneyden 500 gr gelecek şekilde 2,5 x 2,5 cm boyutlarında numune alınmıştır. Alınan bu numunelerin 110 gram deney numunesi standardın belirlediği süre ve sıcaklıklarda toluen kimyasalı içerisinde kaynatılarak numune içerisindeki formaldehitin Fotoğraf 2.3a'da görülen perforatör aleti ile ayrışması sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu numunelerden TS EN 322 (Anonim, 1999e) standardına göre rutubet miktarı tayini yapılmaktadır. Perforatör cihazı ile ayrıştırılan formaldehit standardın belirlediği oranlarda özel kimyasal ile karıştırılıp belirli bir süre bekletildikten sonra Fotoğraf 2.3b'de görülen spektrofotometrik cihazla formaldehitin mg/l cinsinden değeri bulunmaktadır. Tablo 1' de OSB tiplerinin tamamı için genel gerekler perforatör değeri bölümü f maddesinde geçen, perforatör değerleri, rutubet miktarı (r) % 6,5 olan levhalara uygulanmaktadır. Levhaların farklı rutubet miktarına sahip olması durumunda ( $3 \leq r \leq 10$  aralığında) perforatör değeri, hesaplanacak F faktörü ile çarpılmalıdır.  $F = -0,133 r + 1,86$  rutubet tayini metodu ile elde edilen rutubet değeri (r) F formülünde yerine yerleştirilerek F faktörü bulunur.

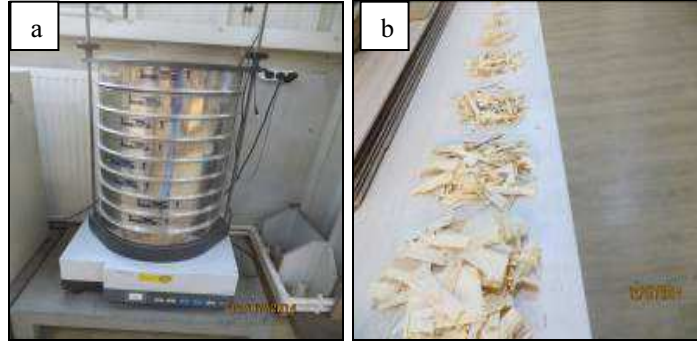
Elde edilen değer 100 gram numune içerisinde serbest halde bulunan formaldehit miktarını mg cinsinden vermektedir. Bu değer ile levhanın E sınıfı belirlenir. Tablo 1.1'de standardın belirttiği üzere muhteviyat  $\leq 8$  mg/100g E1 sınıfı, muhteviyat  $> 8$  mg/100 g E2 sınıfı olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 1999).



Fotoğraf 2.3. Perforatör cihazı (a) ve spektrofotometrik cihaz (b) ile serbest formaldehit değerinin ölçülmesi

#### 2.4.8. Elek analizi ile yonga ebat ve kalınlık tespiti

Elek analizi (Fotoğraf 2.4a)' da görülen yatay dairesel sallantı hareketi yapan eleme cihazında toplam 200 gr yonga ile yapılmıştır. Her bir elek ölçüsü için elekte kalan yonga ağırlığı ölçülmüş ve toplam miktara oranlanarak, elek ölçüsü için ölçüm aralığının yüzde oranı hesaplanmıştır (Fotoğraf 2.4b). Ayrıca, 22 mm, 16 mm ve 11,2 mm elek gözlerinde kalan yongaların kalınlık ve ebatları dijital kumpas ile ölçülmüştür. 5,6 mm, 4,0 mm, 2,0 mm, 1,0 mm ve 0,4 mm eleklerde kalan yongalarda ebat ölçümü gerçekçi olmadığı için bu eleklerde kalan yongaların sadece ağırlıkları ölçülmüş ve yüzde oranları tespit edilmiştir.



Fotoğraf 2.4. Yonga elek analiz cihazı (a) ve analizi yapılan yongalar (b)

#### 2.5. Yararlanılan İstatistiksel Yöntemler

Bu çalışmada, levhanın eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci ve 24 saat kalınlık şişme değerleri üzerine farklı levha yoğunluklarının (550, 570 ve 590 kg/m<sup>3</sup>) ve UF tutkalı içerisine katılan melamin oranlarının (%0 - 2,5 - 5 - 15 - 20) etkileri Varyans Analizi yardımıyla belirlenmeye çalışılmış ve ikili karşılaştırmalar için de Duncan Testi kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin örnek sayısı (n), aritmetik ortalaması ( $\bar{x}$ ) ve standart sapma (S) değerleri hesaplanmış ve tablolar halinde her bir deney için gösterilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Yonga Analiz Sonuçları

Bu çalışmada, odun hammaddesi olarak Karaçam (*Pinus nigra* A.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Gökmar (*Abies nordmanniana* L.) odunlarından yongalama makinesi ile elde edilen yongaların sırasıyla %85, %15 ve %5 oranında karıştırılması ile levhalar elde edilmiştir. Üretimde kullanılan yongaların elek analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. %80 Karaçam, %15 Sarıçam ve %5 Gökmar odunu karışımından elde edilen yonga analizi sonuçları

Elek Ölçüleri mm	Ölçülen ağırlık gr	Oran %	Yonga En mm	Yonga Boy mm	Yonga Kalınlık mm
> 22 mm	102,78	51,81	28,57	73,19	0,58
> 16 mm	35,98	18,15	12,70	69,48	0,57
> 11,2 mm	23,69	11,95	8,67	60,41	0,59
> 5,6 mm	17,98	9,07			
> 4,0 mm	8,96	4,52			
> 2,0 mm	4,64	2,34			
> 1,0 mm	1,98	1,00			
> 0,4 mm	1,4	0,71			
< 0,4 mm	0,91	0,46			
<b>Ortalama</b>			<b>16,65</b>	<b>67,69</b>	<b>0,58</b>

Tablo 3.1’deki yonga analizinin ortalama sonuçlarına göre; levhanın alt ve üst yüzey tabakası için kullanılması amaçlanan ve elek analizinde 11,2 mm ile 22 mm ölçülerindeki elek üzerinde kalan yongaların enleri 8,67 mm ile 28,57 mm arasında; boyları 60,41 mm ile 73,19 mm arasında ve kalınlıkları ise 0,57 mm ile 0,59 mm arasında ölçülmüştür. 5,6 mm ve 4,0 mm arasındaki eleklerden geçen daha küçük yongalar levha orta tabakasında kullanılmıştır ve bu yongaların ebatları ölçüm aletli ile ölçülebilecek ebatlarda olmadığı için Tablo 3.1’de 5,6 mm ve altında kalan eleklerden geçen yongaların ebatları verilmemiş sadece ağırlık olarak yüzde oranları gösterilmiştir.

### 3.2. Levha Rutubet Değeri

Üretim sonrası pres çıkışı her bir tutkal ve yoğunluk grubu için levha rutubet değeri ortalama sonuçları Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. *Pres sonrası ortalama levha rutubet değerleri*

Tutkal Cinsi	Levha Rutubet Değerleri (%)		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	3,8	5,0	4,0
MUF (M:%2,5)	3,9	4,5	4,1
MUF (M:%5,0)	3,5	4,3	3,7
MUF (M:%15)	3,6	4,7	4,7
MUF (M:%20)	3,9	4,0	4,1

Levha rutubet değeri; yaş yonga rutubetine, kurutma çıkışı rutubetine, tutkallama karıştırıcı kazan içerisinde verilen tutkal ve kimyasal miktarlarından kaynaklanan tutkallı yonga rutubetine, presleme sıcaklığı ve süresi ile ortam sıcaklığı ve nem değişimine göre değişebilmektedir.

### 3.3. Fiziksel ve Mekanik Direnç Değerleri

#### 3.3.1. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Deneyle sonuçunda yongaların üretim yönüne paralel (boyuna) ve üretim yönüne dik (enine) olarak serilme şekline göre eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri her bir yoğunluk grubu ve tutkal cinsine göre ayrı ayrı tespit edilmiştir. Elde edilen direnç değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

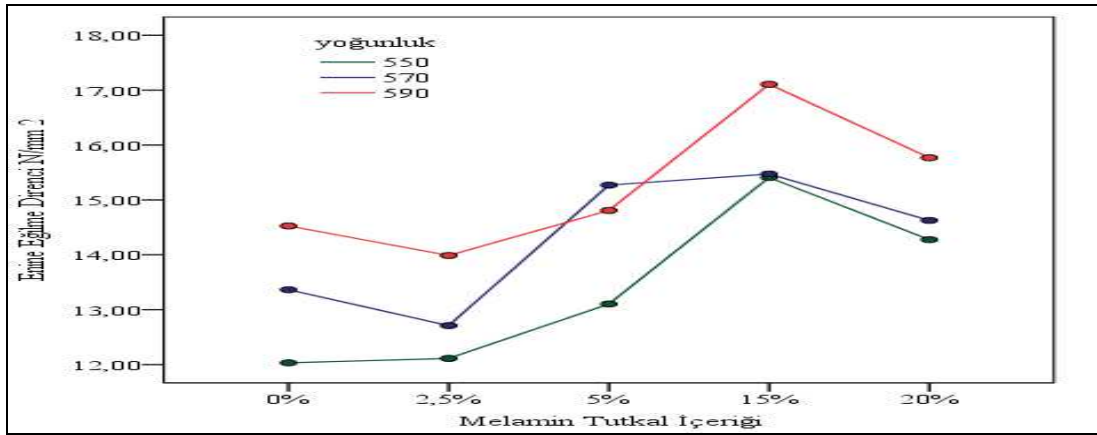
##### 3.3.1.1. Levha enine eğilme direnci

Melamin içeriği (%M) farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelere, levha üretim yönüne dik doğrultuda (enine) yapılan eğilme deneyi sonucunda elde edilen ortalama direnç değerleri Tablo 3.3’de

verilmiş ve her bir yoğunluk değeri için farklı melamin içeriği (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Levha enine eğilme direnci değerleri

Tutkal Cinsi	n	Enine Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )								
		Levha yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	
UF (M:%0)	5	12,0	0,78	0,6	13,0	0,93	0,9	15,0	0,87	0,8
MUF (M:%2,5)	5	12,0	1,29	1,7	13,0	0,72	0,5	14,0	0,60	0,4
MUF (M:%5,0)	5	13,1	1,83	3,3	15,2	1,20	1,4	14,8	1,32	1,7
MUF (M:%15)	5	15,4	1,30	1,7	15,4	0,97	0,9	17,0	1,90	3,6
MUF (M:%20)	5	14,2	1,39	1,9	14,6	1,20	1,4	15,7	1,08	1,2



Şekil 3.1. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda enine eğilme direncindeki değişim

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının enine eğilme direnci üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Enine eğilme direncine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	42,921	2	21,460	14,599	0,000*
Melamin Oranı	91,126	4	22,781	15,498	0,000*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı



Tablo 3.4'e göre enine eğilme direnci değerleri levha yoğunluklarına ve tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p<0,05$ ). Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.5. *Enine eğilme direnci için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları*

Yoğunluk (Kg/m <sup>3</sup> )	N	Enine Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar		
			1	2	3
550	25	13,4	*		
570	25	14,3		*	
590	25	15,2			*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.5), her üç yoğunluk değeri arasında enine eğilme direnci bakımından anlamlı farklılıklar bulunmakta olup, en düşük enine eğilme direnci 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta elde edilirken en yüksek enine eğilme direnci 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta elde edilmiştir. Yoğunluk arttıkça enine eğilme direnci artmıştır.

Tablo 3.6. *Enine eğilme direnci için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları*

Melamin Oranı	N	Enine Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar		
			1	2	3
2,5%	15	12,9	*		
0%	15	13,3	*		
5%	15	14,4		*	
20%	15	14,9		*	
15%	15	16,0			*

Tablo 3.6 incelendiğinde tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre üç homojen grup oluşmuş ve en düşük enine eğilme direncine sahip olan grupta %0 ve %2.5 melamin oranına sahip tutkallar ile üretilen levhalar yer alırken, en yüksek enine eğilme direncine sahip grupta ise %15 melamin oranına sahip OSB grubu yer almıştır.

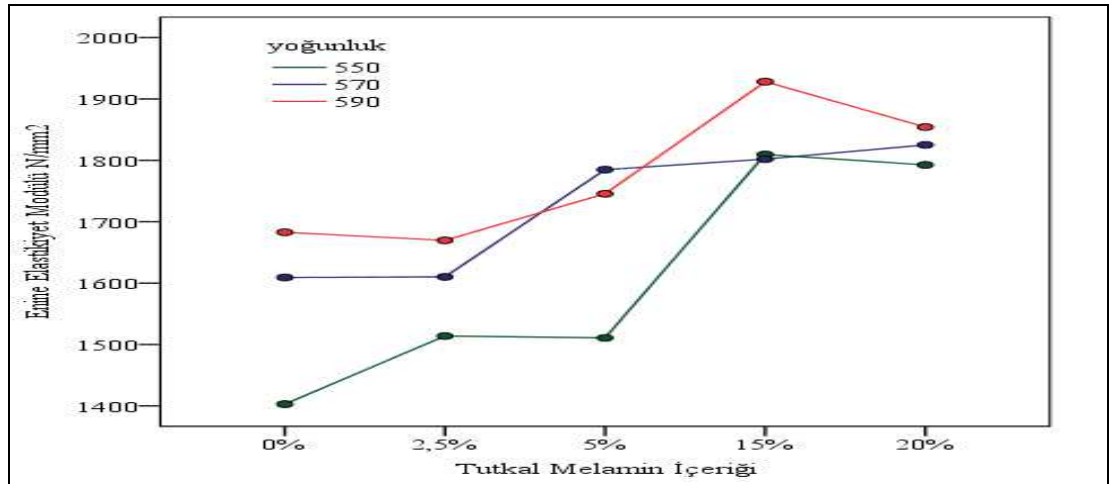
### 3.3.1.2. *Enine elastikiyet modülü*

Melamin (%M) içeriği farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelere, levha üretim yönüne dik doğrultuda yapılan

(enine) eğilme deneyi ile beraber hesaplanan Elastikiyet Modülü değerleri Tablo 3.7’de verilmiş ve her bir yoğunluk değeri için farklı (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Levha enine elastikiyet modülü değerleri

Tutkal Cinsi	Enine Elastikiyet Modülü Değeri (N/mm <sup>2</sup> )									
	n	Levha yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	
UF (M:%0)	5	1403	35	1212	1609	103	10514	1683	60	3628
MUF (M:%2,5)	5	1514	100	9992	1610	108	11640	1670	98	9521
MUF (M:%5,0)	5	1511	176	31008	1785	155	23927	1746	102	10393
MUF (M:%15)	5	1810	139	19455	1802	117	13718	1928	111	12290
MUF (M:%20)	5	1793	58	3343	1825	128	16328	1854	102	10357



Şekil 3.2. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda enine elastikiyet modülü değerindeki değişim

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının enine elastikiyet modülü değeri üzerindeki etkisini belirlemek üzere göre yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. *Enine elastikiyet modülü değerine ilişkin varyans analizi sonuçları*

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	382674,960	2	191337,480	15,316	0,000*
Melamin Oranı	988317,813	4	247079,453	19,778	0,000*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

Tablo 3.8'e göre enine elastikiyet modülü değerleri levha yoğunluklarına ve tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p < 0,05$ ). Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.9. *Enine elastikiyet değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları*

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	N	Enine Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar	
			1	2
550	25	1606	*	
570	25	1726		*
590	25	1776		*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.9), iki homojen grup oluşmuş ve en düşük enine elastikiyet değeri 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta elde edilmiştir. En yüksek elastikiyet modülü değeri 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta elde edilmiş olmakla beraber 570 kg/m<sup>3</sup> ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk değerine sahip levhalar aynı grupta yer almış olup, istatistiksel olarak aralarında bir farklılık yoktur. Ancak yoğunluk artışı ile elastikiyet modülü değeri artmıştır.

Tablo 3.10. *Enine elastikiyet modülü değeri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları*

Melamin Oranı	N	Enine Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar		
			1	2	3
0%	15	1565	*		
2,5%	15	1598	*		
5%	15	1680		*	
20%	15	1824			*
15%	15	1847			*

Tablo 3.10 incelendiğinde ise; tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre üç homojen grup oluşmuş ve en düşük enine elastikiyet

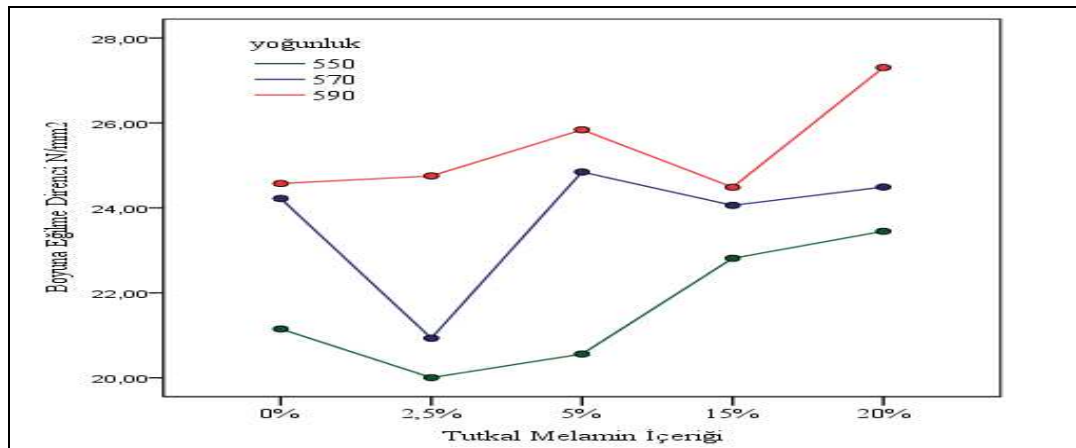
modülü değerine sahip olan grupta %0 ve %2.5 melamin oranına sahip tutkallar yer alırken, en yüksek enine elastikiyet modülü değerine sahip grupta ise %15 ve %20 melamin oranına sahip tutkal yer almıştır. En yüksek enine elastikiyet modülü değerini %15 melamin katkılı tutkal verirken %20 melamin katkılı tutkal ile aynı homojenlik grubunda yer almıştır. Melamin katılım oranı artışı enine elastikiyet modülü değerini artmıştır.

### 3.3.1.3. Levha boyuna eğilme direnç değerleri

Melamin (%M) içeriği farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelere, levha üretim yönüne paralel doğrultuda (boyuna) yapılan eğilme deneyi sonucunda elde edilen direnç değerleri Tablo 3.11’de ve her bir yoğunluk değeri için farklı (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Levha boyuna eğilme direnci değerleri

Tutkal Cinsi	n	Boyuna Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )								
		Yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	
UF (M:%0)	5	21,0	1,37	1,9	24,0	3,08	9,5	25,0	3,03	9,2
MUF (M:%2,5)	5	20,0	2,46	6,1	21,0	2,60	6,7	25,0	1,15	1,3
MUF (M:%5,0)	5	20,5	3,63	13,2	24,8	2,42	5,8	25,8	2,69	7,2
MUF (M:%15)	5	22,8	2,34	5,5	24,0	2,02	4,1	24,0	2,59	6,7
MUF (M:%20)	5	23,4	1,65	2,7	24,4	2,22	4,9	27,3	2,24	5,0



Şekil 3.3. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda boyuna eğilme direncindeki değişim

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının boyuna eğilme direnci üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. *Boyuna eğilme direnç değerine ilişkin varyans analizi sonuçları*

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	180,867	2	90,434	15,076	0,000*
Melamin Oranı	78,481	4	19,620	3,271	0,017*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

Tablo 3.12’de göre boyuna eğilme direnç değerleri levha yoğunluklarına ve tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p < 0,05$ ). Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.13 ve Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.13. *Boyuna eğilme direnç değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi Sonuçları*

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	N	Boyuna Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar		
			1	2	3
550	25	21,6	*		
570	25	23,7		*	
590	25	25,4			*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.13) her üç yoğunluk değeri arasında boyuna eğilme direnç değeri bakımından anlamlı farklılıklar bulunduğu ve en düşük boyuna eğilme direnç değeri 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda iken en yüksek boyuna eğilme direnç değerinin ise 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir. Boyuna eğilme direnci değerleri ile enine eğilme direnci değerleri göstermiştir. Ancak değerleri daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3.14. *Boyuna eğilme direnç değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları*

Melamin Oranı	N	Boyuna Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar	
			1	2
2,5%	15	21,9	*	
0%	15	23,3	*	*
5%	15	23,7	*	*
15%	15	23,8	*	*
20%	15	25,1		*

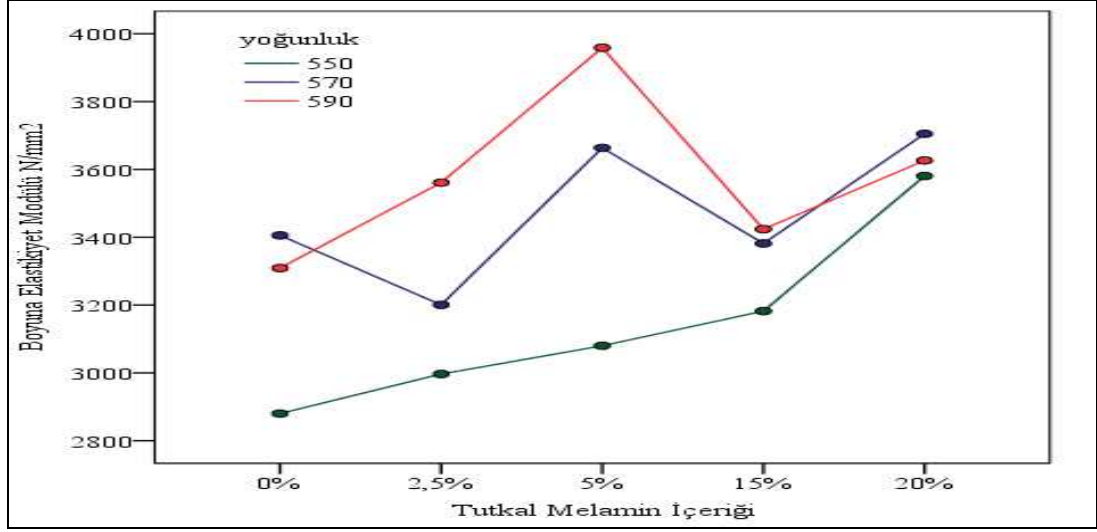
Tablo 3.14 incelendiğinde ise; tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre iki homojen grup oluşmuş ve en düşük boyuna eğilme direnci değerine sahip olan grupta yer alan %2.5 melamin oranına sahip tutkal iken, en yüksek boyuna eğilme direnci değerine sahip grupta ise %20 melamin oranına sahip tutkal yer almıştır. %0, %5 ve %15 melamin oranına sahip tutkallar ise %2,5 ve %20 melamin oranına sahip tutkallara ait olan değerler arasında yer alır iken boyuna eğilme direnç değerlerinin bir birine yakın değerler gösterdiği anlaşılmıştır.

### 3.3.1.4. *Boyuna elastikiyet modülü değerleri*

Melamin (%M) içeriği farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelere, levha üretim yönüne paralel doğrultuda (boyuna) yapılan eğilme deneyi ile beraber hesaplanan Elastikiyet Modülü değerleri Tablo 3.15’de ve her bir yoğunluk değeri için farklı (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.15. *Levha boyuna elastikiyet modülü değerleri*

Tutkal Cinsi	n	Boyuna Elastikiyet Modülü Değeri (N/mm <sup>2</sup> )								
		Levha yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
		$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>
UF (M:%0)	5	2880	126	15975	3405	267	71318	3309	306	93915
MUF (M:%2,5)	5	2997	279	77929	3201	225	50586	3561	100	10090
MUF (M:%5,0)	5	3080	403	162727	3663	247	61101	3959	319	101500
MUF (M:%15)	5	3182	255	65031	3382	161	26005	3424	270	73153
MUF (M:%20)	5	3580	246	60532	3705	150	22414	3626	232	53716



Şekil 3.4. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda boyuna elastikiyet modülü değerindeki değişim

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının boyuna elastikiyet modülü değeri üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. Boyuna elastikiyet değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	2539126,427	2	1269563,213	20,146	0,000*
Melamin Oranı	2276361,387	4	569090,347	9,030	0,000*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

Tablo 3.16'a göre boyuna elastikiyet modülü değerleri levha yoğunluklarına ve tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p < 0,05$ ). Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.17 ve Tablo 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.17. Boyuna elastikiyet modülü değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi Sonuçları

Yoğunluk (kg/m³)	N	Boyuna Elastikiyet Modülü (N/mm²)	Homojen Gruplar	
			1	2
550	25	3144	*	
570	25	3471		*
590	25	3576		*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.17), iki homejen grup oluşmuş en düşük boyuna elastikiyet modülü değeri 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda iken en yüksek boyuna elastikiyet modülü değerinin ise 570 kg/m<sup>3</sup> ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir. Sonuçlar enine elastikiyet modülü değerlerinden yüksek çıkmış olup benzer etki göstermiştir.

Tablo 3.18. *Boyuna elastikiyet değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları*

Melamin Oranı	N	Boyuna Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar	
			1	2
0%	15	3198	*	
2,5%	15	3253	*	
15%	15	3329	*	
5%	15	3567		*
20%	15	3637		*

Tablo 3.18 incelendiğinde ise; tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre iki homojen grup oluşmuş ve en düşük boyuna elastikiyet modülü değerine sahip olan grupta %0, %2,5 ve %15 melamin oranına sahip tutkallar yer alır iken, en yüksek boyuna eğilme direnci değerine sahip grupta ise %5 ve %20 melamin oranına sahip tutkallar yer almıştır. Değerler enine elastikiyet modülü değerlerinden yüksek olmakla birlikte etkisi farklıdır.

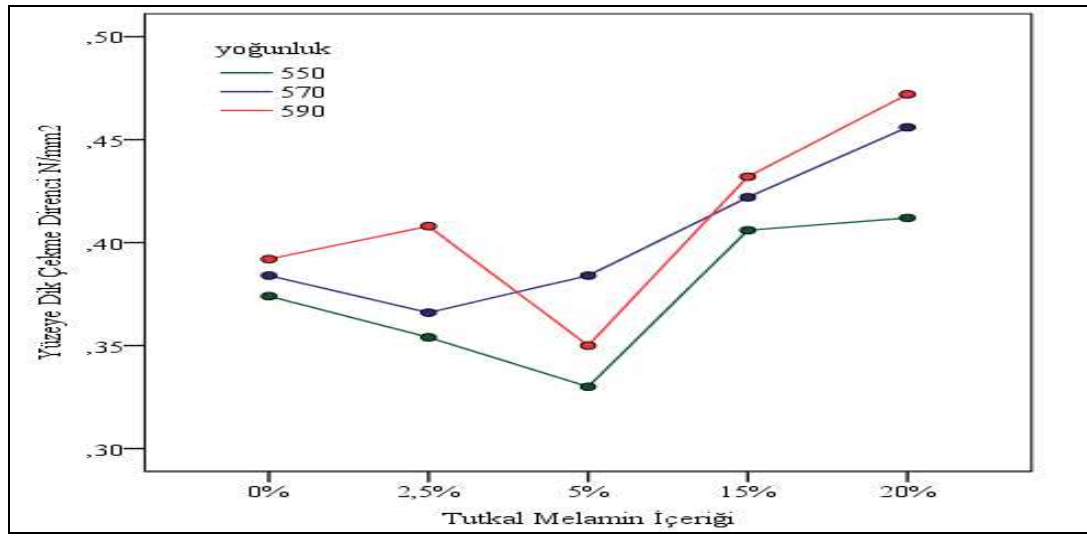
### 3.3.2. Yüzeye Dik ekme Direnci

Melamin (%M) içeriği farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelere uygulanan yüzeye dik çekme kuvveti değerleri Tablo 3.19’da ve her bir yoğunluk değeri için farklı (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.5’de verilmiştir.



Tablo 3.19. Yüzeye dik çekme direnci değerleri

Tutkal Cinsi	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )									
	n	Levha yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
		$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>
UF (M:%0)	5	0,37	0,01	0,00	0,38	0,02	0,00	0,39	0,03	0,00
MUF M:%2,5)	5	0,35	0,03	0,00	0,37	0,02	0,00	0,41	0,02	0,00
MUF(M:%5,0)	5	0,33	0,03	0,00	0,38	0,06	0,00	0,35	0,02	0,00
MUF (M:%15)	5	0,41	0,02	0,00	0,42	0,02	0,00	0,43	0,03	0,00
MUF (M:%20)	5	0,41	0,03	0,00	0,46	0,05	0,00	0,47	0,05	0,00



Şekil 3.5. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda yüzeye dik çekme direnci değişimi

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının yüzeye dik çekme direnci üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.20'de verilmiştir.

Tablo 3.20. Yüzeye Dik Çekme Direnci değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	0,017	2	0,009	8,443	0,001*
Melamin Oranı	0,081	4	0,020	19,793	0,000*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

Tablo 3.20'e göre yüzeye dik çekme direnci değerleri levha yoğunluklarına ve tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p < 0,05$ ). Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.21 ve Tablo 3.22'de verilmiştir.

Tablo 3.21. *Yüzeye dik çekme direnci değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi Sonuçları*

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	N	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar	
			1	2
550	25	0,38	*	
570	25	0,40		*
590	25	0,41		*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.21), iki homejen grup oluşmuş en düşük yüzeye dik çekme direnci değeri 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda iken en yüksek yüzeye dik çekme direnci değerinin ise 570 kg/m<sup>3</sup> ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülün de olduğu gibi yoğunlukla birlikte çekme direncide yükselmiştir.

Tablo 3.22. *Yüzeye dik çekme direnci değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçları*

Melamin Oranı	N	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Homojen Gruplar			
			1	2	3	4
5%	15	0,35	*			
2,5%	15	0,37	*	*		
0%	15	0,38		*		
15%	15	0,42			*	
20%	15	0,45				*

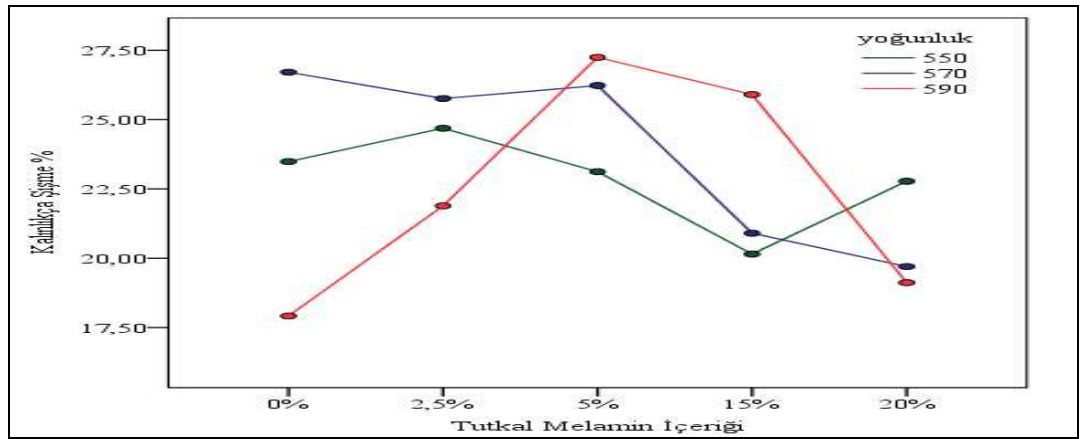
Tablo 3.22 incelendiğinde ise; tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre dört homojen grup oluştuğu görülmektedir. Burada en düşük yüzeye dik çekme direnci değerine sahip olan grupta %2,5 ve %5 melamin oranına sahip tutkallar yer alır iken, en yüksek yüzeye dik çekme direnci değerine sahip grupta ise %20 melamin oranına sahip tutkal yer almıştır. Katılım oranının yükselmesi (özellikle %15 ve %20) çekme direncini yükseltmiştir.

### 3.3.3. Kalınlıkça Şişme Değeri

Melamin (%M) içeriği farklı üre formaldehit tutkalı (UF) ile üç farklı yoğunlukta üretilen levhalara ait numunelerin, 24 saat su içerisinde bekletildikten sonra hesaplanan kalınlıkça şişme değerleri Tablo 3.23’de ve her bir yoğunluk değeri için farklı (%M) değerlerine göre elde edilen direnç değerlerinin değişimleri Şekil 3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.23. Levha kalınlıkça şişme değeri

Tutkal Cinsi	n	Kalınlıkça Şişme Değeri (%)								
		Levha yoğunluk								
		550 kg/m <sup>3</sup>			570 kg/m <sup>3</sup>			590 kg/m <sup>3</sup>		
$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>	$\bar{x}$	S	S <sup>2</sup>		
UF (M:%0)	5	23,4	0,78	0,6	26,7	2,29	5,2	17,9	1,99	3,9
MUF (M:%2,5)	5	24,6	4,17	17,3	25,7	1,97	3,8	21,8	2,62	6,8
MUF (M:%5,0)	5	23,1	1,92	3,6	26,2	1,17	1,3	27,2	1,57	2,4
MUF (M:%15)	5	20,1	0,96	0,9	20,9	1,65	2,7	25,9	2,03	4,1
MUF (M:%20)	5	22,7	1,61	2,5	19,7	1,37	1,8	19,1	1,70	2,8



Şekil 3.6. Farklı levha yoğunluklarında ve melamin içeriği farklı tutkallarda kalınlıkça şişme değerindeki değişim

Levha yoğunluğu ve tutkal içerisinde bulunan melamin oranlarının Kalınlık şişme değeri üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 3.24’ de verilmiştir. Buna göre; kalınlıkça şişme değerleri levha yoğunluklarına ve

tutkal içerisindeki melamin oranlarına göre anlamlı farklılıklar göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Tablo 3.24. Kalınlıkça şişme değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Yoğunluk	27,555	2	13,777	3,415	0,039*
Melamin Oranı	214,188	4	53,547	13,273	0,000*

\*: 0,05 önem düzeyinde anlamlı

Levha yoğunluğu ve melamin katılım yüzdelerinin etkilerini belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3.25 ve Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.25. Kalınlıkça şişme değeri için levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçları

Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	N	Kalınlıkça Şişme Değeri (%)	Homojen Gruplar	
			1	2
590	25	22,4	*	
550	25	22,8	*	*
570	25	23,9		*

Levha yoğunluğuna ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3.25), iki homejen grup oluşmuş en düşük kalınlıkça şişme değeri 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda iken en yüksek kalınlıkça şişme değerleri ise 570 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir.

Tablo 3.26. Kalınlıkça şişme değerleri için tutkal içerisindeki melamin oranlarına

Melamin Oranı	N	Kalınlıkça Şişme Değeri (%)	Homojen Gruplar			
			1	2	3	4
20%	15	20,5	*			
15%	15	22,3		*		
0%	15	22,7		*	*	
2,5%	15	24,1			*	*
5%	15	25,6				*

Tablo 3.26 incelendiğinde ise; tutkal içerisindeki melamin oranlarına ilişkin Duncan testi sonuçlarına göre dört homejen grup oluştuğu görülmektedir. En düşük kalınlık şişme değerine sahip olan grupta %20 melamin oranına sahip tutkal yer alır iken, en yüksek kalınlık şişme değerine sahip grupta ise %2,5 ve %5 melamin oranına sahip

tutkallar yer almıştır. Melamin katılım oranı kalınlıkça şişme değerinde iyileşme sağlamıştır (özellikle %15 ve %20 katılım oranı).

### 3.3.4. Levha Serbest Formaldehit Değeri

Her bir tutkal ve yoğunluk grubu için birer adet alınan serbest formaldehit değeri ortalama sonuçları Tablo 3.27’de gösterilmiştir.

Tablo 3.27. Levha serbest formaldehit ortalama değerleri

Tutkal Cinsi	Levha Serbest Formaldehit Değeri (mg/100g)		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	9,2	11,3	8,1
MUF (M:%2,5)	6,1	7,2	5,8
MUF (M:%5,0)	8,0	9,5	7,3
MUF (M:%15)	6,9	7,0	6,2
MUF (M:%20)	4,3	5,4	4,0

TS EN 300 (Anonim, 2008) standardına göre (Tablo 1.1)’de görülebileceği üzere 8 mg/100 g ve üzerindeki değerler E2 sınıfına girmekte iken 8mg/100g altındaki değerler E1 sınıfına girmektedir. Tablo 3.10’da melamin katkı oranı %15 ve %20 olan melamin üreformaldehit tutkalında elde edilen serbest formaldehit değerlerinden görüleceği üzere bu tutkallar ile üretilen levhalar E1 sınıfına girmektedir. Tablo 3.10’daki serbest formaldehit değerlerinden melamin içeriği arttıkça levha serbest formaldehit değerinin düştüğü görülmektedir.

### 3.3.5. Rutubetlere Karşı Dayanıklılık Tayini Deney Sonuçları

Rutubete karşı dayanıklılık tayini için standartlarda belirlenen seçeneklerden biri olan kaynatma testinden sonra yüzeye dik çekme direnci deneyi tercih edilmiş ve her bir tutkal ve yoğunluk grubu için birer adet alınan kaynatma deneyi sonrası yüzeye dik çekme direnci ortalama sonuçları Tablo 3.28’de gösterilmiştir. Ayrıca numuneler kaynatma deneyi sırasında etüv şartlarında bekletilmeden önce ıslak ortamda kalınlıkça şişme performanslarının karşılaştırılması amacıyla kalınlıkça şişme değeri

ölçülmüştür. Hesaplanan kalınlıkça şişme değeri ortalama sonuçları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.28. Kaynatma deneyi sonrası yüzeye dik çekme direnci ortalama değerleri

Tutkal Cinsi	Yüzeye dik çekme direnci değeri (N/mm <sup>2</sup> )		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	0,00	0,00	0,00
MUF (M:%2,5)	0,00	0,00	0,00
MUF (M:%5,0)	0,00	0,00	0,00
MUF (M:%15)	0,04	0,03	0,00
MUF (M:%20)	0,00	0,03	0,03

TS EN 300 (Anonim, 2008) standardına göre (Tablo 1.5)’de görüleceği üzere kaynatma deneyi sonrası yüzeye dik çekme standart değeri 0,13 N/mm<sup>2</sup> dir. Tablo 3.28’deki kaynatma deneyi sonrası yüzeye dik çekme direnci değerlerine göre; standart değerlerde herhangi bir değer elde edilemezken, en yüksek değer %15 melamin katkılı melamin ürefoaldehyit tutkalında 550 kg/m<sup>3</sup> levha yoğunluğunda 0,04 N/mm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir. Sadece %15 ve %20 melamin katkılı melamin ürefoaldehyit tutkalı ile üretilen levhaların kaynatma deneyi sonrasında yüzeye dik çekme direncinde değer elde edilmiştir. %0 melamin katkılı ürefoaldehyit tutkalı ile üretilen levhalar kaynatma deneyi esnasında dağılmış herhangi bir değer elde edilememiştir.

Tablo 3.29. Kaynatma deneyi sonrası kalınlıkça şişme ortalama değerleri

Tutkal Cinsi	Kalınlıkça şişme değerleri (%)		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	-	-	-
MUF (M:%2,5)	120,4	111,9	122,2
MUF (M:%5,0)	138,9	178,6	178,9
MUF (M:%15)	39,4	41,6	53,1
MUF (M:%20)	78,4	71,3	64,1

Tablo 3.29’de kaynatma deneyi sonrasında ölçülen kalınlıkça şişme değerine göre %15 ve %20 melamin katkılı melamin ürefoaldehyit tutkalı ile üretilen levhaların kalınlıkça şişme değerleri düşük çıkmış, numuneler de fiziksel olarak sağlam

görülmektedir. Diğer tutkallar ile üretilen levhaların numuneleri ise fiziksel olarak çok zayıf görülmektedir. Kaynatma deneyi sırasında ıslak ortamda ölçülen kalınlıkça şişme değerlerinde, kaynatma deneyinde elde edilen yüzeye dik çekme direnci değerleri ile aynı sonuçlar elde edilmiştir.

## 4. TARTIŞMA

### 4.1. Enine Eğilme Direnç Değerleri

Fiziksel ve mekanik direnç değerlerindeki değişmeler % 0 melamin katkılı (UF) tutkalın sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirilmeler yapılmıştır.

Melamin içeriği farklı MUF tutkalları ile farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama enine eğilme direnci değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Levha enine eğilme direnci değerleri*

Tutkal Cinsi	Enine Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	12,0	13,0	15,0
MUF (M:%2,5)	12,0	13,0	14,0
MUF (M:%5,0)	13,1	15,2	14,8
MUF (M:%15)	15,4	15,4	17,0
MUF (M:%20)	14,2	14,6	15,7

TS EN 300 (Anonim, 2008) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart enine eğilme direnci değeri (Tablo 1.3) 10 N/mm<sup>2</sup> dir. Burada; tüm tutkal türleri ve yoğunluklarda enine eğilme direnci değerlerinin standardın belirlediği değer üzerinde olduğu görülmektedir. Buna göre enine eğilme direnç değerleri baz alındığında melamin içeriği %0 ve yoğunluk değeri 550 olan levhalarında standard değerlere uygun olduğu anlaşılmaktadır. Levha yoğunluk değeri arttıkça enine eğilme direnci değerinin de arttığı en yüksek değer ise 590 yoğunluğunda ve 590 yoğunluk içinde de %15 melamin katkılı tutkalda elde edildiği görülmektedir. Enine eğilme direnç değeri ile levha yoğunluğu ve melamin miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Fakat %20 melamin katkılı tutkalda enine eğilme direnci değerinde tüm yoğunluk grupları için bir düşme olduğu görülmektedir. Bu düşüş yonga geometrisindeki farklılaşma, odun karışımındaki değişmeler veya yonga rutubetlerindeki olumsuz değişmelerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Özgül kütleinin, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini en çok etkileyen faktörlerden biri olduğunu, yonga levhanın özgül kütleinin artması ile eğilme direncinin arttığını, kalınlığına şişme ve boyutsal kararlılığı hariç olmak üzere diğer bütün özelliklerinde iyileştiğini belirtilmiştir (Göker 1978; Göker, 1984).

Bu konuda yapılan başka bir çalışmada da yonga boyu ve tabaka yapısının OSB'nin mekanik özelliklerine etkili olduğunu tespit edilmiştir (Suzuki and Takeda, 1999). Jaroslav and Pavel (2009) levha yoğunluğunun düşürülmesinin eğilme direncinin ve elastikiyet modülü değerinin azalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir.

#### 4.2. Enine Elastikiyet Modülü Değeri

Melamin Üre Formaldehit (MUF) tutkalı melamin içeriği farklı tutkallar ve farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama enine elastikiyet değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Levha enine elastikiyet değerleri

Tutkal Cinsi	Enine Elastikiyet Modülü Değeri (N/mm <sup>2</sup> )		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	1403	1609	1683
MUF (M:%2,5)	1514	1610	1670
MUF (M:%5,0)	1511	1785	1746
MUF (M:%15)	1810	1802	1928
MUF (M:%20)	1793	1825	1854

TS EN 300 (Anonim, 2008) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart enine elastikiyet modülü değeri (Tablo 1.3), 1400 N/mm<sup>2</sup> dir. Burada; tüm tutkal türleri ve yoğunluklarda enine elastikiyet modülü değerinin standardın belirlediği değeri karşıladığı görülmektedir. Buna göre enine elastikiyet modülü değerleri baz alındığında melamin içeriği %0 ve yoğunluk değeri 550 olan levhalarında standard değerlere uygun olduğu anlaşılmaktadır. Levha yoğunluk değeri arttıkça enine elastikiyet modülü değerinin de arttığı, en yüksek değerlerin ise 590 yoğunluğunda ve %15 melamin katkılı tutkalda elde edildiği görülmektedir. Enine elastikiyet

modülü değeri ile levha yoğunluğu ve melamin miktarı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Literatürde benzer sonuçlar elde edilmiştir (Nemli, 2003).

### 4.3. Levha Boyuna Eğilme Direnç Değerleri

Melamin içeriği farklı MUF tutkalları ile farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama boyuna eğilme direnci değerleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Levha boyuna eğilme direnci değerleri

Tutkal Cinsi	Boyuna Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	21,0	24,0	25,0
MUF (M:%2,5)	20,0	21,0	25,0
MUF (M:%5,0)	20,5	24,8	25,8
MUF (M:%15)	22,8	24,0	24,0
MUF (M:%20)	23,4	24,4	27,3

TS EN 300 (Anonim, 2008a) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart boyuna eğilme direnci değeri (Tablo 1.3), 20 N/mm<sup>2</sup> dir. Burada; tüm tutkal türleri ve yoğunluklarda boyuna eğilme direnci değerlerinin standardın belirlediği değere eşit veya üzerinde olduğu görülmektedir. Buna göre boyuna eğilme direnç değerleri baz alındığında melamin içeriği %0 ve yoğunluk değeri 550 olan levhalarında standard değerlere uygun olduğu anlaşılmaktadır. Boyuna eğilme direnci %2,5 melamin katkılı tutkalda, %0 melamin katkılı tutkala göre, 550 ve 570 yoğunluk değeri için düşerken, %5 melamin katkılı tutkalda 550’de düşüş göstermiştir. %20 melamin katkılı tutkalda tüm yoğunluk değerleri için artış göstermiş, %15 melamin katkılı tutkalda ise 550 yoğunluğunda artış, 570 ve 590 yoğunluğunda azalış göstermiştir. Buradan, boyuna eğilme direnç değerlerinin melamin miktarı ve yoğunluk değeri ile doğrudan bir artış veya azalış göstermediği anlaşılmaktadır. Bunun yonga ebatları özellikle yonga boyu ve levha alt ve üst yüzeyinde kullanılan yongaların serme ünitesinde yönlendirme şekilleriyle doğrudan ilişkili olduğu düşünülmektedir (Göker vd., 1993).

Yonga levhaların özelliklerini ağaç türü, ağaç malzemenin özgül kütlesi, yonga geometrisi, tutkal türü, presleme şartları, tutkal miktarı, levhanın özgül kütlesi ve taslak yapısı gibi birçok faktörün etkilediği belirtilmiştir (Gündüz ve Masraf, 2005). Saldanha and Iwakiri (2009) levha yoğunluğunun artırılması ile eğilme direnci değerlerinde daha iyi sonuçlar alındığını tespit etmiştir. Literatürdeki diğer bir çalışmada levha yoğunluğunun OSB levhalarının mekanik özelliklerine olumlu etki yaptığını tespit edilmiş, OSB yoğunluğu ve mekanik özellikler arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır (Barbuta et al., 2012).

#### 4.4. Boyuna Elastikiyet Modülü Değerleri

Melamin içeriği farklı MUF tutkalları ve farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama boyuna elastikiyet modülü değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Levha boyuna elastikiyet değerleri

Tutkal Cinsi	Boyuna Elastikiyet Modülü Değeri (N/mm <sup>2</sup> )		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	2880	3405	3309
MUF (M:%2,5)	2997	3201	3561
MUF (M:%5,0)	3080	3663	3959
MUF (M:%15)	3182	3382	3424
MUF (M:%20)	3580	3705	3626

TS EN 300 (Anonim, 2008a) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart enine elastikiyet değeri (Tablo 1.3), 3500 N/mm<sup>2</sup> dir. Burada; boyuna elastikiyet modülü değerinin 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda melamin oranı arttıkça arttığı, 570 yoğunluğunda %2,5 ve %15 melamin katkılı tutkalda azaldığı, %5 melamin katkılı tutkalda ise arttığı görülmektedir. 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda sadece %15 melamin katkılı tutkalda azalış gösterirken diğerlerinde artış göstermiştir. 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda boyuna elastikiyet değeri sadece %20 melamin katkılı tutkalda standart değer üzerinde iken 570 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda %5 ve %20 melamin katkılı tutkalda, 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda ise %2,5, %5 ve %20 melamin katkılı tutkalda standart değer üzerinde görülmektedir.

Boyuna elastikiyet modülü değerlerinde yoğunluk artışı ile orantılı olarak artış olduğu görülmekle birlikte (iki değer hariç), melamin katkısının belirgin ve düzenli bir etkisi yoktur. Bunun özellikle levha yüzeyinde üretim yönünde serilen yonganın boyutunun ve yongaların levha yüzeyinde dağılım şeklinin etkili olduğu ayrıca, yoğunluk artışı ile oluşan yonga sıklığının eğilme ve elastikiyet deneyinde uygulanan sabit kuvvete gösterdiği dirençten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatürde yapılan çalışmada da yongaların levha boyuna paralel yönde serilme şeklinin iyileştirilmesi ile levhanın boyuna yönde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerinde iyileşme olduğunu tespit edilmiştir ( Zhou, 1990). Saldanha and Iwakiri (2009) yaptıkları çalışmada levha yoğunluğunun artırılması ile elastikiyet modülü değerinde daha iyi sonuçlar alındığını tespit etmişlerdir. Yapıcı vd. (2013) yaptıkları araştırmada elastikiyet modülü ve eğilme direncine tutkal cinsi, tutkal oranı, pres zamanı ve pres basıncının etkili olduğunu belirtmişlerdir.

#### 4.5. Yüze Dik Çekme Direnci

Melamin içeriği farklı MUF tutkalları ile farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama yüze dik çekme direnci değerleri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. *Yüze dik çekme direnci değerleri*

Tutkal Cinsi	Yüze Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		
	Levha yoğunluk		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	0,37	0,38	0,39
MUF (M:%2,5)	0,35	0,37	0,41
MUF (M:%5,0)	0,33	0,38	0,35
MUF (M:%15)	0,41	0,42	0,43
MUF (M:%20)	0,41	0,46	0,47

TS EN 300 (Anonim, 2008a) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart yüze dik çekme direnci değeri (Tablo 1. 3), 0,32 N/mm<sup>2</sup> dir. Burada; tüm tutkal grupları ve yoğunluk değerleri için standardın istediği değerleri karşılandığı görülmektedir. Yüze dik çekme direnci değeri esas alındığında melamin katkısı

%0 ve 550 kg/m<sup>3</sup> levha yoğunluğunda standart değerlerin sağlanabildiği görülmektedir. En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri %20 melamin katkı tutkalda, 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir.

Bu çalışmada; 550, 570 ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluk değerlerinde yüzeye dik çekme direnci değeri için %0, %2,5 ve %5 melamin katkı oranının önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Fakat %15 ve %20 gibi yüksek melamin katkı oranlarının ise yüzeye dik çekme direncine önemli derecede olumlu etki yaptığını göstermektedir.

Nemli ve Akbulut (2004)'un yaptıkları çalışmada ürefoormaldehit'e melamin formaldehit katkısının istatistiksel olarak mekanik özellikleri iyileştirmediği tespit edilmiştir. Brochmann et al (2002) yaptıkları çalışmada çekme değeri için orta ve yüzey tabakadaki yonga kalınlığı, orta ve yüzey tabakada kullanılan tutkal çeşidinin her birinin çok önemli olduğunu, tutkal cinsinin levhanın çekme değerinin yüksek olması için etkin olduğunu tespit etmişlerdir. Yoğunluğu daha fazla olan levhalarda çekme değerinin arttığı tespit edilmiştir (Saldanha and Iwakiri, 2009).

#### 4.6. Kalınlıkça Şişme Değeri

Melamin içeriği farklı MUF tutkalları ve farklı levha yoğunluklarında elde edilen ortalama kalınlık şişme değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. *Levha kalınlıkça şişme değeri*

Tutkal Cinsi	Kalınlıkça Şişme Değeri (%)		
	550 kg/m <sup>3</sup>	570 kg/m <sup>3</sup>	590 kg/m <sup>3</sup>
UF (M:%0)	23,49	26,71	17,92
MUF (M:%2,5)	24,69	25,76	21,89
MUF (M:%5,0)	23,12	26,23	27,25
MUF (M:%15)	20,15	20,90	25,90
MUF (M:%20)	22,78	19,70	19,12

TS EN 300 (Anonim, 2008a) standardına göre; 11 mm OSB 2 üretimi için standart kalınlıkça şişme değeri (Tablo 1.3), %20 dir. Burada; 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda %2,5 melamin katkılı tutkalda kalınlık şişme değerinde artış varken, %5 ve %15 melamin katkılı tutkalda azalış olduğu görülmektedir. %20 melamin katkılı tutkalda ise düşme varken %15 melamin katkılı tutkalın değerine göre bir artış görülmektedir. 570 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda %0, %2,5 ve %5 melamin katkılı tutkalda kalınlıkça şişme değerinde önemli bir değişme olmadığı fakat %15 ve %20 melamin katkılı tutkalda kalınlıkça şişme değerinde önemli oranda azalma olduğu görülmektedir. %20 melamin katkısı kalınlıkça şişme değerini standart değer altına düşürmüştür. En düşük kalınlık şişme değeri %0 melamin katkılı tutkalda görülmektedir.

Nemli and Akbulut (2004) yaptıkları çalışmada üreformaldehitteki amino metilen bağlarının hidroliz için duyarlı olduğunu yani suyun üreformaldehit tutkalı kimyasal reaksiyonunda bağ yapısının bozulmasına neden olduğunu, üreformaldehit tutkalına %5 oranında melamin formaldehit katkısının kalınlıkça şişme değerine etkisi olmadığı, melamin formaldehit katkısı %5 den %50'ye kadar artırıldıkça kalınlıkça şişme oranının azaldığını %95 güven seviyesinde istatistiksel olarak tespit etmişlerdir. Bunun nedeni melamin üreformaldehit reaksiyonunda (Şekil 2.6) hidroksil grupların üreformaldehit reaksiyonunda (Şekil 2.3) oluşan hidroksil gruplardan çok daha fazla olması özellikle melaminin bünyesine suyu daha fazla alabilme özelliğinden dolayı melamin üreformaldehit reaksiyonunda oluşan melamin içerikli bağlar nedeniyle suyun daha fazlaca emilebilmesindedir..Ayrıca melamin reçinesinin kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı formaldehit bağlanmakta dolayısı ile açığa çıkabilecek formaldehit azaldığı için serbest formaldehit değeri azalmaktadır. Tablo 3.27'de görülebileceği üzere melamin katılım oranı arttıkça serbest formaldehit ortalama değerleri düşmektedir. Melamin üreformaldehit tutkalı kimyasal reaksiyonunda bağ yapısı güçlendiği için melamin oranı arttıkça mukavemet değeri artmaktadır. Tablo 3.19'da melamin katılım oranı arttıkça yüzeye dik çekme direnci değerinin arttığı görülmektedir.

Young and Kim (2007) yonga levhada melamin üreformaldehit ve üreformaldehit ile ilgili yaptıkları çalışmada, melamin üre formaldehit tutkalında üreformaldehit tutkalına göre daha iyi mekanik değer elde edildiğini ve suya dayanımının arttığını

tespit etmişlerdir. Ayrıca, melamin üreformaldehit tutkalı ile üretilen yongalevhaların serbest formaldehit değeri düşmektedir. Saldanha and Iwakiri (2009) yaptıkları çalışmada levha yoğunluğunun artırılması ile su emme değerlerinde daha iyi sonuçlar alındığını belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada ise kalınlıkça şişme değerinin levha yoğunluğu ile direkt bir ilişkisi olmadığı, kullanılan tutkal çeşidi ile bağlantısı olduğu tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; melamin katkı oranı %0-2,5-5-15-20 olan melamin ürefoformaldehit (MUF) tutkalı ile farklı yoğunluklarda (550-570-590 kg/m<sup>3</sup>) üretilen OSB levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ortalama değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Melamin katkılı UF tutkalı ile üretilen OSB levhaların deney sonuçları

Tutkal Cinsi	Levha Yoğunluk	Enine Eğilme (N/mm <sup>2</sup> )	Enine Elastikiyet (N/mm <sup>2</sup> )	Boyuna Eğilme (N/mm <sup>2</sup> )	Boyuna Elastikiyet (N/mm <sup>2</sup> )	Yüzeye Dik Çekme (N/mm <sup>2</sup> )	Kalınlıkça Şişme (%)
MUF (M:%0)	550	12,0	1403	21,1	2880	0,37	23,5
	570	13,3	1609	24,0	3405	0,38	26,7
	590	14,5	1683	25,0	3309	0,39	17,9
MUF (M:%2,5)	550	12,1	1514	20,0	2997	0,35	24,7
	570	12,7	1610	20,9	3201	0,37	25,8
	590	13,9	1670	25,0	3561	0,41	21,9
MUF (M:%5,0)	550	13,1	1511	20,5	3080	0,33	23,1
	570	15,2	1785	24,8	3663	0,38	26,2
	590	14,8	1746	25,8	3959	0,35	27,3
MUF (M:%15)	550	15,4	1810	22,8	3182	0,41	20,2
	570	15,4	1802	24,0	3381	0,42	20,9
	590	17,1	1928	24,0	3424	0,43	25,9
MUF (M:%20)	550	14,2	1793	23,4	3580	0,41	22,8
	570	14,6	1825	24,4	3705	0,46	19,7
	590	15,7	1854	27,3	3626	0,47	19,1

Tablo 5.1’de, en yüksek mekanik mukavemet değerlerinin; enine eğilme direnci (17,1 N/mm<sup>2</sup>) ve elastikiyet modülü (1928 N/mm<sup>2</sup>) için %15 melamin katkılı tutkaldaki, boyuna eğilme direnci (27,3 N/mm<sup>2</sup>) için %20 melamin katkılı tutkaldaki, boyuna elastikiyet modülü (3969 N/mm<sup>2</sup>) için %5 melamin katkılı tutkaldaki, yüzeye dik çekme direnci (0,47) için %20 melamin katkılı tutkaldaki ve hepsinde 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edildiği görülmektedir. En düşük kalınlıkça şişme değeri (% 17,92) olarak % 0 melamin katkılı tutkaldaki ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda elde edilmiştir. Buna göre en iyi değerler yoğunluk olarak 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta ve genel olarak %15 melamin katkısı ile elde edilmiştir. Sadece fiziksel özelliklerden olan kalınlıkça şişme %0 melamin katkılı UF tutkalında 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta elde edilmiştir. Nemli ve Akbulut (2007) yongalevhada yaptıkları çalışmada



üreformaldehit tutkalına melamin üreformaldehit tutkalı ilavesi yongalevhanın kalınlıkça şişme değerlerinin iyileştiğini tespit etmişlerdir. Young ve Kim (2007) yongalevhada melamin üreformaldehit ve üreformaldehit ile yaptıkları çalışmada üreformaldehit tutkalı ile üretilen yongalevhaların daha iyi suya dayanım özelliği gösterdiğini tespit etmişlerdir. Belirtilen bu çalışmalara göre ve yonga levha ve OSB üretim hattındaki tecrübelerle dayanarak melamin katkısı %0 olan üreformaldehit tutkalında kalınlıkça şişme değerinin daha iyi sonuç vermesi beklenmemektedir. Dolayısı ile melamin üreformaldehit ve üreformaldehit tutkalı ile yapılacak levhalarda deney için alınacak numune sayısı artırılarak yeniden çalışma yapılabilir. Melamin katkısı kalınlıkça şişme üzerinde olumlu etki yaptığı tespit edilmiştir.

OSB 2 tipi levha üretimi için standardın öngördüğü mekanik mukavemet değerlerinin boyuna elastikiyet değeri haricinde her tutkal cinsi ve yoğunluk değerinde sağlanabildiği görülmektedir. Boyuna elastikiyet değerinin bazı tutkal ve yoğunluk değerlerinde standardın öngördüğü değerde sağlanamamasındaki etkenlerin özellikle yonga boyundan, serme hattında yongaların yönlendirilmesinden ve yonga ağırlık dağılımında (yoğunluk farkı) meydana gelen farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Levha yoğunluk değeri arttıkça boyuna elastikiyet modülü değerinde artış görülmektedir. %20 melamin katkılı tutkalda her yoğunluk grubu için boyuna elastikiyet değeri standart değerden yüksek çıkmıştır. Melamin katkı oranı %15 olan melamin üreformaldehit tutkalında 550 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğu için (%20,1), 570 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda (%20,9) olarak, melamin katkı oranı %20'de 570 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğu için (%19,7) ve 590 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda (%19,1) olarak elde edilmiştir.

Düşük levha yoğunluğunda standardın öngördüğü değerlere uygun levhalar ve üretim şartlarında yapılacak iyileştirmelerle yüksek yoğunluklu levha değerlerine yakın kalitede levhalar elde edilebilir. Düşük levha yoğunluğunda odun tüketim miktarı daha az olacağından hem kaynaklar daha verimli kullanılmış olacak hem de levha üretim maliyetleri azaltılarak milli ekonomiye katkı sağlanmış olacaktır. Aynı zamanda kullanılan tutkal miktarı da daha az olacağından üretim maliyetlerinin azalmasına katkı sağlayacaktır. Böylelikle çok pahalı tutkallar ile yüksek yoğunluklarda levhalar üretilerek levha üretim maliyetlerinin ve kaynakların gereksiz

tüketilmesinin önüne geçilerek hem üreticiye, hem kullanıcıya katkı sağlanarak ülke kaynakları daha verimli kullanılmış olacaktır.

Sonuç olarak; bu çalışma ile düşük levha yoğunluklarında, temini ve üretimi diğer tutkallara göre daha kolay olan melamin katkılı tutkallar ile kullanım yerine uygun levhalar elde edilebileceği tespit edilmiştir. Levha yoğunluğu arttıkça kalınlıkça şişme değeri haricindeki tüm mukavemet değerlerinde artış olduğu, kalınlıkça şişme değerinin levha yoğunluğundan değil tutkal farklılığından doğrudan etkilendiği istatistiksel olarak da ortaya konmuştur. Kalınlıkça şişme değerini en çok etkileyen faktörler, kullanılan su itici özelliğe sahip kimyasalın (genellikle parafin emülsiyonu) miktarı ve kalitesi, kullanılan tutkalın cinsi, kalitesi ve miktarı olduğu öngörülmektedir. Kalınlıkça şişme değeri için bu faktörler göz önünde bulundurularak çalışmalar derinleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, A. (1999). Çeşitli Üretim Değişkenlerinin Yongalevhanın Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Doktora tezi, *Fen bilimleri enstitüsü*. İstanbul.
- Akbulut, T., Göker, Y., ve Ayrılmış, N. (2002). OSB Levhalarının Kontrplak Yerine Kullanılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 52, (1), 65-79.
- Ayla, C. (2001). OSB Üretim Teknolojisi, *Laminart Mobilya, Dekorasyon, Sanat ve Tasarım Dergisi*, 12.
- Anonim (2014). Dünya ve Türkiye Ağaç Bazlı Levha Endüstrisi Sektör Değerlendirmesi. Yonga Levha Sanayiciler Derneği.
- Anonim (2008a). TS EN 300 Yönlendirilmiş Yonga Levha Sınıflandırma ve Tarifler.
- Anonim (1999a). TS EN 323 Ahşap Esaslı Levhalar - Birim Hacim Ağırlığı Tayini.
- Anonim (1999b). TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar – Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini.
- Anonim (1999c). TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini.
- Anonim (1999d). TS EN 317 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Su içerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini.
- Anonim (1999e). TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar - Rutubet Miktarının Tayini.
- Anonim (1999f). TS EN 1087-1 Yonga Levhalar – Rutubete Karşı Dayanıklılığın Tayini Bölüm 1: Kaynatma Deneyi.
- Anonim (1999g). TS 4894 EN 120 Ahşap Esaslı Levhalar - Formaldehit Miktarının Tayini Ekstraksiyon Metodu ile Ayırma.
- Anonim (2001). Levha Sanayii Sektör Raporu. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği.
- Anonim (2008a). TS EN 300 Yönlendirilmiş Yonga Levha Sınıflandırma ve Tarifler.
- Anonim (2008b). MEGEP Kimya Teknolojisi İnorganik Maddeler 2. Ankara
- Bozkurt, Y., ve Göker, Y. (1990). *Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Barbuta, C., Blanchet, P., and Cloutier, A. (2012). Mechanical Properties of Unidirectional Strand Board (USB) with Flat Vertical Density Profile. *Journal of Materials Science Research*, 1 (3).

- Brochmann, J., Edwardson, C., and Shmulsky, R. (2004). Influence of Resin Type and Flake Thickness on Properties. *Forest Product Journal*, 54 (3), 51
- Esen, R., Yapıcı, F., and Yörür, H. (2013). The Effect of Pres Time and Pres Pressure on the Screw Strength Properties of Oriented Strand Board (OSB) Manufactured from Scots Pine. *Pro Ligno*, 4, 456-459.
- Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T.P., Lin, H.C., and Soong, H.P. (2010). Effect of Strand Combination on Dimensional Stability and Mechanical Properties of Oriented Strand Board Made from Tropical Fast Growing Tree Species. *Journal of Biological Science*, 10 (3), 267 - 272.
- Göker, Y. (1978). *Türkiye'de Kontrplak, Kontratabla ve Yongalevhaları Sanayii, Gelişme Olanakları, Bu Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Hakkında Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi.
- Göker, Y., Kantay, R., ve Kurtoğlu, A. (1984). *Üç Tabakalı ve Okal Tipi Yongalevhaların Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar*. İstanbul Üniversitesi.
- Göker, Y., Akbulut, T. (1992). Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler. *Orenko '92: 1.Ulusal orman ürünleri endüstri kongresi*, (s.269 - 287). Trabzon.
- Göker, Y., As, N., Akbulut, T. (1993). Kalitesiz Orman Emvalinin Yonga Levha ve Kontrplak Üretiminde Kullanılmasının Sakıncaları ve Levha Kalitesi Üzerine Etkileri. *1. Ormancılık Şurası*, (III. Cilt, s.392 - 398). Ankara.
- Güler, B. (2001). Odun Kompozitleri. *S.D.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 135-160.
- Gündüz, G., ve Masraf, Y. (2005). Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (8), 59 - 61.
- Gündüz, G., Yapıcı, F., Özçiftçi, A., and Kalaycıoğlu, H. (2011). The Effects of Adhesive Ratio on Pressure Time on Some Properties of Oriented Strand Board. *Bioresources*, 6, (2), 2118 - 2124.
- Harazsky, J., and Kral, P. (2009). Determination of Relationships Between Density, Amount of Glue and Mechanical Properties of OSB. *DRVNA Industrija*, 60 (1), 7 - 14.
- Hodul, Y. (2010). Yönlendirilmiş Yongalevha Üretimi Sanayi Profili Raporu. *T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü*. Ankara.

- Moena, R., and Sandoval, F. (2013). Effect of Board Density and Adhesive Combination on Physical and Mechanical Critical Properties of OSB Made With Chilean Native Wood. *BOSQUE* 34, (1), 13-22.
- Nemli, G. (2002). Factors Affecting the Production of E 1 Type Particleboard. *TÜBİTAK*, 26, 31-36.
- Nemli, G. (2003) Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured from Adler. *TÜBİTAK Turk J Agric For*, 27, 99-104.
- Nemli, G., ve Akbulut, T. (2004). Üreformatdehit Tutkalına Melamin Formaldehit İlavesinin Yongalevhanın Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54, (1), 42 - 44.
- Özen, R., ve Kalaycıoğlu, H. (2008). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*. Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Özen, R., ve Kalaycıoğlu, H. (2012). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*. Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Stavroz, A., and Leonard, A.S. (1989). The effect of ResinContent and Face-to-Core Ratio on Some Properties of Oriented Strand Board. *University of British Columbia, Faculty of Forestry, Department of Harvesting and Wood Science*, 43(2), 131-133.
- Suziki, S.,and Takeda, K. (1999). Production and Properties of Japanese Oriented Strand Board I: Effect of Strand Length and Orientation on Strength Properties of Sugi Oriented Strand Board. *J wood sci* (2000), 46, 289-295.
- Saldanha, L., and Iwakiri, S. (2009). Effects of Density and Kind of Resin in the Properties of OSB of Pinus taeda L. *Journal floresta*, 39 (3), 571-576.
- Sumardi, I., and Suziki, S. (2014). Dimensional Stability and Mechanical Properties of Strandboard Made from Bamboo. *BioResources* 9, (1), 1159 - 1167.
- Thoemen, H., Irle, M., and Sernek, M. (2010). Wood Based Panel An Introduction for Specialists. *Published by Brunel University Press*, 55 - 56.
- URL-1. University of Bristish Columbia. Wood-474 wood properties and Products ManufacturingLecture,23/09/2014tarihinde <http://www.wood474.forestry.ubc.ca> adresinden alınmıştır.
- URL-2. EPF Eurapan Panel Fedaration. Technical Information Sheet Oriented Strand Board, 28/02/2014 tarihinde [www.osb-info.org](http://www.osb-info.org) adresinden alınmıştır.
- URL-3. TMMBO Kimya Mühendisleri Odası. 01/02/2014 tarihinde [www.kimyaendustri.com](http://www.kimyaendustri.com) adresinden alınmıştır.

- Veigel, S., Rathke, J., Weigl, M., and Gindl, W. (2012). Particle Board and Oriented Strand Board Prepared With Nanocellulose-Reinforced Adhesive. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials*, ID158503, 8
- Young, B., and Kim, Moon G. (2007). Evaluation of Melamine Modified Urea formaldehyde Resin As Particleboard Binders. *Journal of Applied Polymer Science*.106, (6), 4148 - 4156.
- Yapıcı, F., Esen, R., and Yörür, H. (2013). The Effects of Pres Time and Pres Pressure on the Modulus of Repture and Modulus of Elasticity Properties of Oriented Strand Board (OSB) Manufactured From Scots Pine. *Pro Ligno*, 9 (4), 532 - 535.
- Zhou, D (1990). *A study of oriented structural board made from hybrid poplar*. Holz als roh-und werkstoff. New York: Springer.
- Zhang, J., Wang, X., Zhang, S., Gao, Q., Li, J. (2013). Effects of Melamine Addition Stage on the Performance and Curing Behavior of Melamine-Urea-Formaldehyde (MUF) Resin. *BioResources*, 8 (4), 5500 - 5514.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kadir DOĞAN  
Doğum Yeri ve Yılı : Kırıkkale - 21. 03. 1976  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : kadir.dogan7137@gmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Kırıkkale Lisesi  
Lisans : İ.Ü Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği  
Lisans : Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi

### Mesleki Deneyim

Kaya Ltd. Şti. İstanbul 1998 - 2000  
SFC Entegre Orman Ürünleri Sanayi Tic. A.Ş. 2000 - (halen)