



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



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ORTA TABAKASI KABA LİFTEN VE YÜZEYLERİ İNCE LİFTEN
OLUŞAN TABAKALI MDF'NİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Elif YURTTAŞ

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı

DANIŞMAN

Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Aralık, 2017

İSTANBUL

Bu çalışma,25.12.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafındanOrman Endüstri Mühendisliğı Anabilim Dalı,Odun Mekaniğı ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

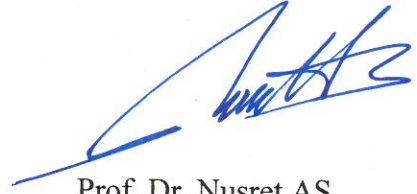
Tez Jürisi



Prof. Dr.Nadir AYRILMIŞ(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Turgay AKBULUT
İstanbul Üniversite
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Nusret AS
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Türker DÜNDAR
İstanbul Üniversitesi
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Münir TAŞDEMİR
Marmara Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

“Orta Tabakası Kaba Liftten ve Yüzeyleri İnce Liftten Oluşan MDF’nin Teknolojik Özellikleri” isimli bu çalışma İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Nadir Ayrılmış’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek Lisans tezimde her zaman kendi tecrübeleri doğrultusunda yardımcı olan sayın Prof. Dr. Turgay Akbulut’a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Odun liflerinin Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi/Gebze MDF fabrikasında üretiminde gerekli izin alınmasında Fabrika Müdürü Sayın Yusuf İleri’ye, liflerin üretiminde önemli katkılarından dolayı MDF İşletme sorumlusu Bülent Gülsar’a ve MDF vardiya mühendisi Sayın Samet Gürsoy’a şükranlarımı sunarım.

Bu Yüksek Lisans tezi TÜBİTAK tarafından desteklenen 114O263 nolu ve “Mobilya Endüstrisi İçin Orta Tabakası Kaba Liftten ve Yüzeyleri Kaliteli İnce Liftten Oluşan Katmanlı MDF Üretimi” adlı proje kapsamında hazırlanmıştır. TÜBİTAK’a vermiş olduğu destekten dolayı teşekkür ederim.

Son olarak beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

Aralık 2017

Elif YURTTAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iiiv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	iiix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. LEVHA ENDÜSTRİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE GENEL DURUMU.....	3
2.1.1. Dünyada Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu.....	3
2.1.1.1. Dünyada levha üretimi	3
2.1.2. Türkiye’de Levha Üretiminin Tarihsel Genel Durumu.....	5
2.2. LİFLEVHANIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI	8
2.2.1. Yoğunluklarına Göre Liflevhaların Sınıflandırılması (TS 3635 ve ISO 818).....	8
2.2.2. Üretim Yöntemine Göre Liflevhaların Sınıflandırılması	8
2.2.2.1. Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar	9
2.3. MDF’NİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI	9
2.4. MDF’NİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI.....	11
2.5. MDF ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER.....	12
2.5.1. Odun ve Diğer Ligno-Selülozik Lifli Maddeler	12
2.5.2. Yapıştırıcı Maddeler	13
2.5.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF)	14
2.5.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF)	14
2.5.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF)	15
2.5.2.4. İzosiyanat Tutkalı (İS).....	15
2.5.3. Katkı Maddeleri.....	16
2.5.4. Sertleştirici Maddeler	16
2.5.5. Hidrofobik Maddeler	16
2.5.6. Koruyucu Maddeler.....	17

2.5.7. Yanmayı Geciktirici Maddeler	17
2.6. MDF (ORTA YOĞUNLUKLU LİFLEVHA) ÜRETİMİ	18
2.6.1. Kabuk Soyma İşlemi	18
2.6.2. Yongalama.....	19
2.6.3. Yonga Depolama	20
2.6.4. Yongaların Elenmesi	21
2.6.5. Yongaların Yıkanması.....	22
2.6.6. Liflendirme İşlemi	22
2.6.7. Liflerin Tutkalllanması ve Kurutulması	25
2.6.8. Liflevha Taslağının Oluşturulması	26
2.6.9. Ön Presleme.....	27
2.6.10. Sıcak Presleme.....	29
2.6.11. Klimatize İşlemi	30
2.6.12. Zımparalama İşlemi.....	31
2.6.13. Boyutlandırma	31
2.6.14. Depolama.....	32
2.7. LİTERATÜR ÖZETİ.....	32
2.8. ARAŞTIRMANIN AMACI.....	35
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	36
3.1. MALZEME	36
3.1.1. Kullanılan Ağaç Türleri ve Özellikleri.....	36
3.1.1.1. <i>Sarı Çam (Pinussylvestris)</i> 'ın Özellikleri	36
3.1.1.2. <i>Doğu Kayını (Fagus Orientalis Lipsky)</i> 'nın Özellikleri	38
3.2. YÖNTEM.....	40
3.2.1. Hammadde.....	40
3.2.1.1. <i>MDF üretiminde kullanılan Odun Liflerinin Hazırlanması</i>	40
3.2.1.2. <i>Levha Üretiminde Kullanılan Yapıştırıcı</i>	43
3.2.2. Tabakalı MDF Levhaların Üretimi.....	44
3.2.3. Deneme Numunelerinin Klimatize Edilmesi ve Ölçümlerinin Yapılması	48
3.2.3.1. <i>Deney Numunelerine Uygulanacak Testler</i>	48
3.2.4. Fiziksel Özellikler	49
3.2.4.1. <i>Liflerin Morfolojik Analizi</i>	49
3.2.4.2. <i>Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk)</i>	49
3.2.4.3. <i>Rutubet Tayini</i>	50

3.2.4.4. Rutubet Değişimi ile Boyutlarda Meydana Gelen Değişim.....	51
3.2.4.5. 24 Saat Suda Bekleme Sonucu Kalınlığına Şişme Oranı.....	52
3.2.5. Mekanik Özellikler.....	53
3.2.5.1. Eğilme Direnci.....	53
3.2.5.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	55
3.2.5.3. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci	57
3.2.5.4. Vida Tutma Gücü.....	58
3.2.5. İstatistik Analiz.....	59
4. BULGULAR.....	60
4.1. LİF MORFOLOJİ ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR.....	60
4.1.1. Kayın Lif Demetlerine Ait Kaba Lif Uzunluğu ve Kalınlığı Ölçümü.....	60
4.2. MDF LEVHALARINA AİT BULGULAR.....	61
4.2.1. Fiziksel Özellikler	61
4.2.1.1. Orta Tabaka Lif Boyutları (Defibratör Disk Açıklığı) Değişiminin MDF'nin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi	61
4.2.1.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	63
4.2.1.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi	64
4.2.2. Mekanik Özellikler.....	66
4.2.2.1. Orta Tabaka Lif Boyutları (Defibratör Disk Açıklığı) Değişiminin MDF'nin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	66
4.2.2.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi.....	67
4.2.2.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	69
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	71
5.1. LİF MORFOLOJİSİNİN MDF'NİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	71
5.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR	72
5.2.1. Defibratör Disk Açıklığının (Orta Tabakada Kullanılan Kaba Lif Boyutlarının) MDF'nin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	72
5.2.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi.....	73
5.2.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi	73
5.3. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR.....	74

5.3.1. Defibratör Disk Açıklığı Değişiminin MDF'nin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	74
5.3.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	75
5.3.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi	76
5.4. SONUÇ	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ	84



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Dünya levha üretimi (FAOSTAT, 2014, OAİB Levha sektör raporu, 2015).	3
Şekil 2.2: MDF'nin mobilyadaki kullanım uygulamaları.	12
Şekil 2.3: MDF üretim şeması.	18
Şekil 2.4: Kabuk soyma makinası Siempelecamp.	19
Şekil 2.5: Yongalama makinası, Siempelecamp MDF tesisleri.	20
Şekil 2.6: Manyetik eleme makinesi, Siempelecamp MDF tesisleri.	21
Şekil 2.7: Yonga yıkama makinesi, Siempelecamp MDF tesisleri.	22
Şekil 2.8: Pişirme kazanı silosu, pişirme kazanı ve defibratörün genel görünümü.	24
Şekil 2.9: Defibratör bıçağı.	25
Şekil 2.10: Lif kurutma hattı, Siempelecamp MDF tesisleri.	26
Şekil 2.11: Levha taslağının oluşturulması.	27
Şekil 2.12: Sürekli Ön Pres.	28
Şekil 2.13: Sürekli Ön Pres, Siempelecamp MDF tesisleri.	28
Şekil 2.14: Sürekli presin genel görünüşü, Siempelecamp MDF tesisleri.	29
Şekil 2.15: Yıldız soğutucu ile yapılan klimatizasyon işlemi, Siempelecamp MDF tesisleri.	31
Şekil 3.1: Sarıçam (<i>Pinus Sylvestris</i>) ağacı görünümü (www.alamy.com).	36
Şekil 3.2: Sarıçam (<i>Pinus Sylvestris</i>) ağacının enine, radyal ve teğet kesit görünümleri (www.alamy.com).	37
Şekil 3.3: Doğu kayını (<i>Fagus Orientalis Lipsky.</i>) ağacı görünümü (www.alamy.com).	38
Şekil 3.4: Doğu kayını (<i>Fagus Orientalis Lipsky.</i>) ağacının enine, radyal ve teğet kesit görünümleri (www.alamy.com).	39
Şekil 3.5: 0,4 mm disk açıklığında elde edilen çam lifleri.	40
Şekil 3.6: 1.2 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.	41

Şekil 3.7: 1,0 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.....	41
Şekil 3.8: 0.8 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.....	42
Şekil 3.9: 0.6 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.....	42
Şekil 3.10: 0.4 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.....	43
Şekil 3.11: Laboratuarda MDF üretim safhasının önemli kısımları verilmiştir.....	45
Şekil 3.12: Birim hacim ağırlığı tayininde kullanılan numune üzerinde kalınlık ve genişlik ölçme yerleri (TS EN 323'den).	50
Şekil 3.13: Numune üzerinde kalınlık ölçüm noktaları (ölçüler mm).	52
Şekil 3.14: Kalınlık ve genişlik ölçme noktaları (ölçüler mm).	53
Şekil 3.15: A: Numunede kalınlık ölçüm noktası, B: Genişlik ölçüm yeri	54
Şekil 3.16: Eğilme Direnci Tayini.	54
Şekil 3.17: Eğilme Direnci Deneyi (Orman Fak. Mekanik lab.).	55
Şekil 3.18: Yük-deformasyon diyagramı içerisindeki deformasyon sınırı.	57
Şekil 3.19: Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci tayini (TS EN 319'dan).....	57
Şekil 4.1: Farklı defibratör disk açıklıklarında elde edilen liflerin ortalama uzunlukları (barlar standart sapmayı göstermektedir).	60
Şekil 4.2: Farklı defibratör disk açıklıklarında elde edilen liflerin ortalama kalınlıkları (barlar standart sapmayı göstermektedir).	61
Şekil 5.1: Çekme gerilimi altında lif bağları (Şematik) A: Maksimum direnç B: Düşük direnç (Sunchland and Woodson, 1991).	74

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Dünya ağaç ürünleri üretimi 2014-2015 (milyon m ³).....	4
Tablo 2.2: Dünya ahşap esaslı levha üretimi (m ³).....	4
Tablo 2.3: Türkiye’de kurulu levha fabrikalarının kapasiteleri.....	6
Tablo 3.1: Üre-formaldehit tutkalın teknik özellikleri.	43
Tablo 3.2: MDF levhalarının üretim şartları.....	46
Tablo 3.3: Orta tabaka için defibratör disk açıklığı değişimi	46
Tablo 3.4: MDF orta tabakada kullanılacak tutkal oranının değişimi	47
Tablo 3.5: MDF’de yüzey ve orta tabaka oranlarının değişimi.....	47
Tablo 3.6: Araştırma kapsamında hedeflenen testler ve kullanılacak standartlar	48
Tablo 4.1: Orta tabaka için defibratör disk açıklığı değişiminin levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi	62
Tablo 4.2: Orta tabakada kullanılacak tutkal oranının 3 tabakalı MDF levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi.....	63
Tablo 4.3: MDF’de yüzey/orta tabaka oranının 3 tabakalı MDF levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi	65
Tablo 4.4: Orta tabaka için lif boyutlarının(defibratör disk açıklığı) değişiminin levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi.....	66
Tablo 4.5: Orta tabakada kullanılan tutkal oranının 3 tabakalı MDF levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi.....	68
Tablo 4.6: Yüzey/orta tabaka oranının 3 tabakalı MDF levhaların mekanik özellikleri etkisi	69

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Numune kalınlığı
b	: Numune genişliği
Em	: Elastikiyet modülü
F	: Yükün uygulandığı yüzey alanı
gr	: Gram
L	: Yonga uzunluğu
L_s	: Dayanak açıklığı
m	: Ağırlık
r	: Rutubet
V	: Hacim

Kisaltmalar	Açıklama
EN	: European Norm
GA	: Genişlik artışı
GZ	: Genişlikteki azalma
HDF	: High density fiberboard
KA	: Kalınlık artışı
KZ	: Kalınlıktaki azalma
LSL	: Laminated strand lumber
LVL	: Laminated veneer lumber
MDF	: Medium density fiberboard
MF	: Melamin formaldehit tutkalı
OSB	: Oriented strand board
PSL	: Paralel strand lumber
TS	: Türk Standardı
USD	: Amerikan doları

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORTA TABAKASI KABA VE YÜZEYLERİ İNCE LİFTEN OLUŞAN MDF’NİN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Elif YURTTAŞ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr.Nadir AYRILMIŞ

Yongalevha ve MDF panel tipi mobilya endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahip ahşap esaslı levhalardır. Ülkemizde halihazırda 24 MDF fabrikası üretim yapmakta olup, kapasite bakımından Avrupa’da ilk 3’de bulunmaktadır. Bu çalışmada MDF üretiminde yongalevha’da olduğu gibi tabakalı bir yapı elde edilmesi hedeflenmiştir. Böylece levhanın yüzeyi ince liflerden elde edilirken orta tabakası yüzeye göre daha kaba liflerden oluşacaktır.

Araştırmanın temel amacı MDF’nin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilemeden maliyetini düşürmek ve üretim kapasitesini arttırmaktır. Bu amaçla, MDF fabrikasının liflendirme kapasitesinin arttırmak ve tutkal giderlerini düşürmek amacıyla orta tabaka yüzeye göre daha kaba liflerden hazırlanmıştır. Bu durumda levhanın yüzey pürüzlülüğü ve yüzey absorpsiyonu normal bir MDF levhasındaki gibi korunabilecektir. Orta tabakada daha kaba lif kullanımı ile yongalevha’da olduğu gibi yüzey tabakalarına oranla daha az tutkal kullanımı hedeflenmiştir

MDF üretim deseninde, defibratör disk açıklığı 0.4 mm’den 1.2 mm’ye kadar kademeli arttırılmış, orta tabaka oranı %30’dan %70’e kadar kademeli arttırılmış ve orta tabaka tutkal oranı %10.5’den 6.5’e kadar kademeli olarak düşürülmüştür. Tüm levha gruplarının fiziksel ve mekanik özellikleri ilgili standartlarına göre tespit edilmiştir. MDF levhaların fiziksel ve mekanik test sonuçlarına göre 3 tabakalı MDF üretiminde optimum kaba lif uzunluğu ve kalınlığı sırasıyla 11.5 mm ve 0.73 mm olarak tespit edilmiştir. Bunu takiben optimum kaba lif boyutu kullanılarak 3 tabakalı levha üretiminde orta tabaka tutkal oranı ve yüzey/orta tabaka oranı değiştirilerek farklı üretim desenleri içerisinde en iyi fiziksel ve mekanik özellikleri veren formülasyonlar belirlenmiştir. Test sonuçlarından orta tabakada belirli bir lif boyutuna (kaba lif uzunluk: 11.5 mm; kalınlık: 0.73 mm) kadar tabakalı MDF’nin tek tabakalı MDF’den daha iyi mekanik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Mekanik özellikler orta

tabakada tutkal oranının azalmasından olumsuz etkilenirken, yüzey tabaka artışından olumlu etkilenmiştir. MDF levhaların kalınlığına şişme oranı ve boyutsal değişimi azalan tutkal oranı, artan yüzey tabaka oranı ile artış göstermiştir.
Aralık 2017, 100 sayfa.

Anahtar kelimeler: Orta yoğunlukta liflevha (MDF), kaba lif, tabakalı MDF, teknolojik özellikler, defibratör



SUMMARY

M.Sc. THESIS

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LAYERED MDF CONSISTING OF COARSE FIBERS AND FINE FIBERS IN FACE LAYERS

Elif YURTTAS

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Particleboard and medium density fiberboard (MDF) are widely used in the furniture industry. There are 24 MDF companies in Turkey which is one of the top three countries regarding with MDF manufacturing capacity. In this study, it was aimed to produce three-layered MDF. The surface layers of the MDF were consist of fine fibers while the core layers were consist of coarse fibers. Three layered MDF panels can have similar surface roughness and surface absorption can be same with the traditional single-layer MDF panels. In the production of layered MDF, the advantages can be used in the MDF companies by changing mat forming system. In this technique, the fiber bundles can be used also in the core layer of the MDF. The fiber bundles are removed by using air remover at present technique (one layer technique). Turkey can be leader country using this new technique in Europe and can strengthen its position. The amounts of wood and adhesive can be decreased by using the coarse fibers use in the core layer of the MDF. The MDF density can decrease as the coarse fibers are used in the core layer like three layer particleboard. In addition the capacity of defibratör can be increased, which decrease the cost of the MDF panel.

The main objective of this research work is to increase production capacity of medium density fiberboard without decreasing its physical and mechanical performance. It is aimed to decrease the amount of wood and resin used in production of MDF by using coarse fibers in the core layer. In the experimental design, the defibrator discs distance was gradually increased from 0.4 mm to 1.2 mm. The shelling ratio of the MDF (core layer/face layer ratio) was gradually increased from 30 to 70%. The amount of the resin in the core layer was gradually decreased from 10.5 to 6.5%.

The results showed that the thickness swelling and dimensional stability of the MDF improved as the coarse fiber thickness and its length increased to 11.5 mm and 0.73 mm, respectively. The mechanical properties of the three-layered MDF specimens as compared to the single layered MDF improved as the fiber size in the core layer was increased until an optimum size depending on the property type. The mechanical properties were negatively affected by the decreased resin content while they improved as the density and shelling ratio were increased. The thickness swelling and dimensional stability of the MDF specimens were negatively affected by decreased resin content, increased density and shelling ratio.

December 2017, 100 pages.

Keywords: Medium density fiberboard (MDF), coarse fiber, layered MDF, technological properties, defibrator



1. GİRİŞ

Ahşap, tarihinden günümüze kadar olan süreçte kullanılan başlıca yapı malzemelerinden birisidir. Geçmişteki ahşap eserlere bakıldığında ahşabın büyük oranda masif olarak kullanıldığı görülmektedir. Günümüze doğru geline süreçte; gelişen teknoloji, azalan hammadde, masif ağaç malzemenin olumsuz yönlerini bertaraf etmek gibi nedenlerle mühendislik ürünü olan ahşap esaslı kompozit malzemelerin kullanımı artarak yaygınlaşmıştır.

Mühendislik ürünü ahşap kompozitler 3 başlık altında toplanmaktadır. Birincisi geleneksel ahşap esaslı kompozit levhalar; kontrplak, OSB (Oriented strand board), yongalevha ve liflevhalardır. İkincisi yapısal amaçlı kullanılan ahşap esaslı kompozit keresteler; Glulam, LVL (Laminated veneer lumber), PSL (Paralel strand lumber), LSL (Laminated strand lumber)'dir. Üçüncüsü ise ahşap- ahşap olmayan malzemeler ile üretilen kompozitler; bunlar inorganik bağ yapan kompozitler ve odun plastik kompozitlerdir. Mobilya endüstrisinde ise genellikle yongalevha ve orta yoğunluklu liflevha (MDF) tercih edilmektedir.

MDF levhalarının yongalevha'ya göre direnç değerlerinin yüksek oluşu, yüzey kalitesinin üstün oluşu, yapısının daha homojen olması, kenar işlemlerindeki kolaylık ve yongalevha, kontrplak ve kâğıt üretimi için uygun olmayan düşük yoğunluklu ağaç türleri ve atık odunların MDF üretiminde kullanılabilmesi son yıllarda MDF levhalarının önemini artırarak yongalevha'ya ikame olarak kullanılmasını sağlamıştır. Buna paralel olarak da MDF üretimi ani bir yükseliş göstermektedir (Woodson, 1977; Çehreli, 1983; Akbulut, 2001; Candan, 2007).

MDF üretiminde kullanılan lifler yongalevha'dan farklı olarak (yongalevha'da yüzeyde ince ortada kaba yongalar kullanılmaktadır.) levhanın her yerinde aynı özelliktedir. MDF'nin yüzey tabakaları ve orta tabakalarında kullanılan lifler aynı boyut ve yapıda olup, ince lif yapısındadır (disk açıklığı ağırlıklı olarak 0.4-0.6 mm arasındır.). Dolayısıyla bu özellikteki lifleri elde etmek için defibratör disk açıklığı az olduğundan liflendirmede harcanan enerji giderleri yüksek olmakta, defibratör diskleri daha kısa sürede aşınma ve bunun sonucu olarak da makine kapasitesi azalmaktadır. Bütün bu faktörler, MDF maliyetinin dolayısıyla panel tipi mobilya fiyatının artmasına neden olmaktadır. MDF'nin orta tabakasının ince liflerden

yapılması durumunda orta tabaka sıkı ve daha yoğun bir yapıya sahip olmaktadır. Bu durum kenar birleştirmelerde vidalama esnasında kenardan ayrılmalara sebep olmaktadır. Yongalevha'nın orta bölgesi kaba yongalardan oluştuğundan kenardan vidalama esnasında herhangi bir problem olmamaktadır. Levha orta bölgesinin ince liflerden yapılmasına özellikle boyalık MDF'lerde gerek duyulmamaktadır. İnce liflerin üretimi enerji, zaman, daha uzun yonga pişirme süresi ve defibratör disklerinin aşınması gibi üretimi zorlayan şartları da beraberinde getirmektedir.

Bu araştırmada temel amacı MDF'nin orta tabakasında yüzey liflerine göre daha kaba lifler kullanarak levha yoğunluğu standart MDF levhasına göre daha düşük, ancak fiziksel ve mekanik özellikleri tek tabakalı MDF'ye benzer levhalar üretilmesidir. Böylece, MDF üretiminde levha kalitesini düşürmeden üretim maliyeti azaltılabilecektir. MDF üretiminde yongalevha'da olduğu gibi tabakalı bir yapı elde edilmesi hedeflenmiştir. Böylece levhanın yüzeyi ince liflerden elde edilirken orta tabakası yüzeye göre daha kaba liflerden oluşacaktır. Bu durumda levhanın yüzey pürüzlülüğü ve yüzey absorpsiyonu normal bir MDF levhasındaki gibi korunabilecektir. Özellikle, yüzeyi melamin reçinesi emdirilmiş alfa selüloz esaslı dekor kağıtları ile kaplı MDF levhalarda orta tabakada kaba lif kullanımı yüzey kalitesi üzerine doğrudan etkisi olmadığından tabakalı MDF üretimi için uygundur. Ancak, profil açılacak MDF levhalarda orta tabakaya kadar CNC makineleri ile işleme yapıldığından bu tip levhalarda orta tabakada kaba lif kullanımı uygun değildir. Bu araştırmada defibratör disk açıklığının kademeli olarak arttırılarak tabakalı yapıya sahip levhalar farklı boyutlarda odun lifleri üretilmiştir. Deneme levhalarının üretiminde fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine orta tabakada farklı lif boyutlarının etkisi, orta tabaka tutkal oranının etkisi ve yüzey/orta tabaka oranının etkisi araştırılarak optimum üretim şartları tespit edilmiştir.

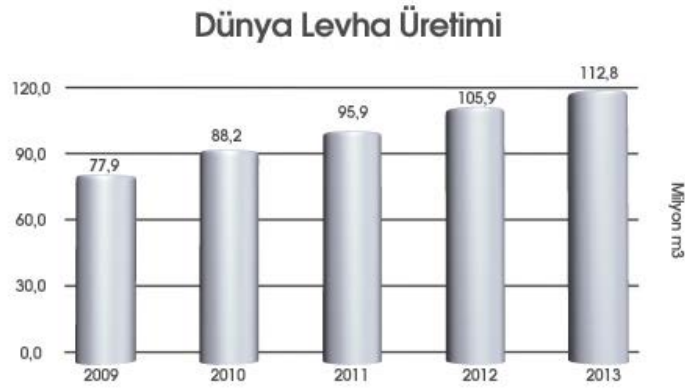
2. GENEL KISIMLAR

2.1. LEVHA ENDÜSTRİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE GENEL DURUMU

2.1.1. Dünyada Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi ve Genel Durumu

2.1.1.1. Dünyada levha üretimi

Dünya ahşap esaslı levha üretimi 2009-2013 yılları arasında sürekli artan bir eğilim göstermiştir. 2009 yılında 77,9 milyon m³ olan üretim miktarı 2013 yılında 112,8 milyon m³'e yükselmiştir (FAOSTAT, 2014, OAİB levha sektör raporu, 2015).



Şekil 2.1: Dünya levha üretimi (FAOSTAT, 2014, OAİB levha sektör raporu, 2015).

Dünyanın en büyük levha üreticisi Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Çin Halk Cumhuriyeti, dünya levha üretiminin %55'ini yapmaktadır. 2013 yılında 62,6 milyon m³ levha üreten Çin Halk Cumhuriyeti'ni sırasıyla ABD, Almanya, Brezilya ve Türkiye takip etmektedir. Türkiye, 2009 yılında 4. sırada yer alırken, 2013 yılında 5. sıraya gerilemiştir. Bu düşüşe rağmen Türkiye, dünyanın en büyük 5. levha üreticisi olarak sektör için önemli bir ülke olduğunu ortaya koymuştur (FAOSTAT, 2014, OAİB levha sektör raporu, 2015).

Tablo 2.1: Dünya ağaç ürünleri üretimi 2014-2015, milyon m³ (Food and agriculture organization of the UN).

ÜRÜN	2014	2015	DEĞİŞİM(%)
Endüstriyel Odun	1.818	1.848	1,6
Kereste	440	452	2,9
Kontrplak, Sunta, Kaplama, MDF	387	399	3
Kontrplak, Kaplama	161	171	6
Sunta, MDF	226	228	1

Ahşap panel üretimi 2015 yılında 399 milyon m³ olmuştur. 2014 yılındaki 388 milyon m³’lük üretime göre % 3’lük bir artış gerçekleşmiştir. Asya-Pasifik bölgesi üretimi 250 milyon m³’tür. Avrupa bölgesinin 2015 yılı üretimi 80 milyon m³, Kuzey Amerika üretimi ise 47 milyon m³’tür. Latin Amerika ve Karayipler’de 20 milyon m³, Afrika’da ise 3 milyon m³ ağaç panel üretilmiştir. En büyük beş ağaç panel üreticisi ülke ise Çin, ABD, Rusya, Kanada ve Almanya’dır. Bu beş ülke toplam üretimin % 68’i olan 273 milyon m³ ağaç panel imalatı yapmışlardır. Çin 2011 yılında 134 milyon m³ ağaç panel üretimi yapmışken 2015 yılında üretimi 201 milyon m³’e yükselmiştir. 2015 yılında dünya ağaç panel üretiminin % 50’sini tek başına Çin yapmıştır. En çok ağaç panel ihracatı yapan ilk 5 ülke; Çin, Kanada, Almanya, Malezya ve Rusya’dır. Bu beş ülkenin ihracatı 38 milyon m³’tür ve 2015 yılında yapılan toplam ihracatın % 45’i bu beş ülkeye aittir. Ağaç panel tüketici ülkelerinin başında aynı zamanda en çok üretim yapan Çin, ABD, Rusya ve Almanya gelmektedir. 5. sıraya Japonya’yı geçerek 2015 yılında oldukça dikkat çeken Türkiye yükselmiştir. Türkiye ağaç panel tüketimi 2011 yılında 8 milyon m³ iken 2015 yılında 9 milyon m³’e yükselmiştir (FAOSTAT, 2014, OAİB levha sektör raporu, 2015).

Tablo 2.2: Dünya ahşap esaslı levha üretimi (m³) (FAOSTAT, 20174; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

Ülke Adı	2009	2010	2011	2012	2013	2012-2013	%Pay
						Değişim(%)	
Çin	34.341.000	42.499.000	49.762.000	56.936.000	62.570.000	9,9	55,4
ABD	8.919.400	8.195.350	7.584.750	8.131.000	8.197.000	0,8	7,3
Almanya	4.259.480	4.575.040	4.747.530	5.062.870	5.070.810	0,2	4,5
Brezilya	2.794.540	3.416.410	3.402.000	4.043.000	4.365.000	8,0	3,9
Türkiye	2.950.000	3.300.000	3.585.000	3.915.000	4.300.000	9,8	3,8

Tablo 2.2 (devam): Dünya ahşap esaslı levha üretimi (m³) (FAOSTAT, 20174; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

Polonya	2.714.000	2.977.070	3.018.130	3.171.420	3.738.460	17,9	3,3
Tayland	1.944.900	2.494.900	2.494.900	2.494.900	3.494.900	0,0	2,2
Rusya Fed.	1.626.000	1.710.000	1.900.000	2.291.000	2.300.000	0,4	2,0
Kore Cum.	1.661.000	1.836.000	1.812.000	1.712.000	1.678.000	-2,0	1,5
Malezya	1.696.000	1.708.000	1.697.000	1.678.000	1.657.000	-1,3	1,5
Kanada	1.361.000	1.314.000	1.277.000	1.290.000	1.320.000	2,3	1,2
İspanya	1.024.600	1.027.810	999.468	984.387	1.228.730	24,8	1,1
Okyanusya	1,326.000	1.256.000	1.269.000	1.183.000	1.162.770	-1,7	1,0
Avustralya&Yeni Zellanda	1,326.000	1.256.000	1.269.000	1.183.000	1.162.770	-1,7	1,0
Fransa	960.000	1.054.200	1.070.610	1.070.610	1.070.610	0,0	0,9
Şili	831.690	955.970	1.003.000	1.006.000	998.000	-0,8	0,9
Japonya	682.000	771.000	834.000	824.000	851.000	3,3	0,3
İngiltere	660.000	776.000	759.000	788.000	756.000	-4,1	0,7
Avusturya	855.225	855.225	860.825	750.000	750.000	0,0	0,7
İtalya	800.000	800.000	760.000	730.000	708.000	-3,0	0,6
Diğerleri	5.123.375	5.377.625	5.784.787	6.605.813	6.462.950	-2,2	5,7
TOPLAM	77.856.300	88.155.600	95.890.000	105.850.000	112.842.00	6,6	100

FAOSTAT Database, 2014

2.1.2. Türkiye’de Levha Üretiminin Tarihsel Genel Durumu

Yaklaşık 400.000 kişiye doğrudan olmak üzere toplam 1 milyon kişiye (Nakliyat, satış, hizmet vs.) istihdam sağlayan levha sektörünün Türkiye’deki büyüklüğü 12 milyar USD civarındadır. 2023 yılı hedefi ise 25 milyar USD rakamını yakalamaktır. Sektörün 2013 yılı ihracatı 2,4 milyar USD olup, 2023 hedefi ise 8 milyar USD’ dir (FAOSTAT, 2014; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

Türkiye’de yonga ve liflevha sektöründe, son yıllarda artan yatırımlarla dünya standartlarında ileri teknolojiyle üretim yapan tesisler kurulmuş ve dünyada söz sahibi bir kapasite ve üretim teknolojisine ulaşmıştır.

Türkiye 2014 yılı verileriyle;

- Liflevha (MDF) üretiminde; Avrupa’da 1. dünyada 2.sırada,

- Yongalevha üretiminde; Avrupa’da 3. dünyada 5.sırada,
- Laminat parke üretiminde Avrupa’da 2. dünyada 3. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2014; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

Tablo 2.3: Türkiye’de Kurulu levha fabrikalarının kapasiteleri.

Türkiye’de Kurulu Bulunan OSB-Yongalevha-Liflevha Fabrikaları Kurulu Kapasiteleri			
Firma Adı	Fabrika Yeri	Kapasite M³/Gün	Ürün
1- AGT A.Ş.	Antalya	1325	MDF
2- Balkanlar MDF A.Ş.	Kırklareli	200	MDF
3- Beypan (Mehtap)	Kayseri	300	MDF
4- Çamsan Entegre A.Ş.	Adapazarı	700	MDF
5- Çamsan Entegre A.Ş. (yeni tesis)	Adapazarı	1300	MDF
6- Çamsan Poyraz A.Ş.	Ordu	820	MDF
7- Derya İnşaat Devrek	Zonguldak	340	Yongalevha
8- Divapan A.Ş.	Düzce	320	MDF
9- Divapan A.Ş. (yeni tesis)	Düzce	750	MDF
10-Gentaş A.Ş.	Bolu	96	Yongalevha
11- Kastamonu Entegre A.Ş.	Adana	1325	MDF
12- Kastamonu Entegre A.Ş.	Mersin	500	Yongalevha
13- Kastamonu Entegre A.Ş.	Balıkesir	1700	Yongalevha
14- Kastamonu Entegre A.Ş.	Gebze	1500	Yongalevha
15- Kastamonu Entegre A.Ş.	Gebze	1350	MDF
16- Kastamonu Entegre A.Ş.	Kastamonu	670	Yongalevha
17- Kastamonu Entegre A.Ş.	Kastamonu	1200	MDF
18- Kastamonu Entegre A.Ş.	Samsun	550	Yongalevha
19- Küpeliler A.Ş.	Eskişehir	300	Yongalevha
20- Küpeliler Simav	Kütahya	300	OSB
21- Orma A.Ş.	Isparta	600	Yongalevha
22- Orma A.Ş. (yeni tesis)	Isparta	1500	Yongalevha
23- SFC A.Ş.	Kastamonu	200	Yongalevha
24- SFC A.Ş.	Kastamonu	475	MDF
25-SFC A.Ş.	Kastamonu	300	OSB
26- SBS A.Ş.	Bursa	300	MDF
27- Selolit A.Ş.	Manisa	60	MDF
28- Starwood A.Ş.	Bursa	2850	Yongalevha
29- Starwood A.Ş.	Bursa	600	MDF

Tablo 2.3 (devam): Türkiye’de kurulu levha fabrikalarının kapasiteleri.

30- Sumaş A.Ş. (OSB Üretmekte)	Balıkesir	150	OSB
31- Teverpan MDF A.Ş.	Tekirdağ	600	MDF
32- Teverpan MDF A.Ş.	Tekirdağ	450	Yongalevha
33- Teverpan MDF A.Ş.	Tekirdağ	560	MDF
34- Teverpan MDF A.Ş.	Tekirdağ	175	MDF
35- Vezirağaç A.Ş.	Samsun	175	Yongalevha
36- Vezirağaç A.Ş.	Samsun	600	MDF
37- Yıldız Entegre A.Ş.	Bolu	1150	Yongalevha
38- Yıldız Entegre A.Ş.	İzmit	3600	MDF
39- Yıldız Entegre A.Ş.	Manisa	1700	Yongalevha
40- Yıldız Entegre A.Ş.	İzmit	175	MDF
41- Yıldız Entegre A.Ş.	Mersin	1325	MDF
42- Yıldız Sunta MDF A.Ş.	İzmit	1700	Yongalevha
43- Yıldız Sunta MDF A.Ş.	İzmit	1800	MDF
Ocak 2017 Kurulu Kapasite		15.981 m ³ /gün	Yongalevha
		5.113.920m ³ /yıl	
		750 m ³ /gün	OSB
		240.000 m ³ /yıl	
		21.185 m ³ /gün	MDF
		6.779.20 m ³ /yıl	

MDF ve yongalevha sanayicileri derneği, 2017

Türkiye’de üretim gerçekleştiren tüm şirketler Yonga-LifLevha Sanayicileri Derneği altında toplanmış bulunmaktadır.

Sektörün toplam kurulu kapasitesi 11.517.120 m³/yıl’dır (FAOSTAT, 2014; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

Yongalevha: 5.545.920 m³/yıl

LifLevha(MDF): 5.971.200 m³/yıl

Kapasite kullanım oranları %75-85 olarak değişmekle birlikte, Üretim kapasitesi 2014 Yılı sonu itibariyle 8.500.000-9.000.000 m³/yıl’dır.

Liflevha sektöründe de sürekli ve kesintili sistemle levha üretimi yapılmaktadır. Liflevha sektöründe yaş yöntemle ve kuru yöntemle üretim yapılmakta olup, yaş yöntemle çalışanlar

sert liflevha üretirken, kuru yöntemle çalışanlar hem sert (HDF) hem de orta sert liflevha (MDF) üretimi gerçekleştirmektedir. Liflevha sektörlerindeki tesislerin tamamında melamin kaplama hattı bulunmakta ve ürünlerinin büyük bir kısmını kapladıktan sonra pazarlamaktadırlar. Sektörde ana girdiler odun ve tutkal olup, diğerlerini katkı maddeleri, yakıt ve enerji oluşturmaktadır (FAOSTAT, 2014; OAİB, levha sektör raporu, 2015).

2.2. LİFLEVHANIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Liflevha “bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak ve özel yapıştırıcı madde kullanılarak biçimlendirilmesi sonucu oluşan levhalar” olarak tanımlanmaktadır. Kısaca, lignoselülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan lif ve lif demetlerinin yeniden şekillendirilmesi ile elde edilen bir levhadır. Liflevha sanayi, Türkiye’de ilk defa 1985 yılında Ordu’da kurulmuştur. Hammaddeye ait adhezyon kuvveti ile liflevha üretilebildiği gibi yapışmayı ve kaliteyi düzeltten kimyasal maddeler katılarak, ayrıca üretim sırasında uygulanacak basınç ve sıcaklığa etki edilerek levhaya istenilen özellikler kazandırılabilir (Eroğlu, 1988).

2.2.1. Yoğunluklarına Göre Liflevhaların Sınıflandırılması (TS 3635 ve ISO 818)

Yoğunluklarına göre liflevhaların sınıflandırılması şu şekildedir;

- Düşük yoğunlukta liflevhalar - izolasyon liflevhası ($<0.35 \text{ gr/cm}^3$)
- Orta yoğunlukta liflevhalar ($0.35 \text{ gr/cm}^3 - 0.80 \text{ gr/cm}^3$)
- Yüksek yoğunlukta liflevhalar – sert liflevhalar ($0.80 \text{ gr/cm}^3 - 1.1 \text{ gr/cm}^3$)

2.2.2. Üretim Yöntemine Göre Liflevhaların Sınıflandırılması

Liflevhalar genel olarak yoğunluklarına göre ya da üretim yöntemlerinin kuru ya da yaş olmasına göre sınıflandırılırlar. Kuru yöntem yüksek yoğunluklu ve orta yoğunluklu liflevhalar için uygundur, ıslak yöntem hem yüksek yoğunluklu hem de düşük yoğunluklu liflevhalar için uygundur (Eroğlu, 1988).

- Yaş yöntemle üretilen liflevhalar; yaş yöntemle liflevha üretiminin temel özellikleri, levha taslağı oluşumu sulu ortamda gerçekleşir ve liflerin birbirine yapışması sağlamak için ligninin yapıştırıcı görevi görmesidir.
- Yarı kuru yöntemle üretilen liflevhalar; Bu yöntemde levha taslağı su yerine hava veya mekanik araçlar ile oluşturulmaktadır. Taslağın tutkal ve diğer katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti %12-45 arasındadır (Ayrılmış, 2000).
- Kuru yöntemle üretilen liflevhalar.

2.2.2.1. Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar

Kuru yöntemde, odunun yongalanmasından defibratörde liflendirmeye kadar olan bölüm yaş yöntemle liflevha üretiminde, liflendirmeden levhanın zımparalanmasına kadar olan bölüm ise yongalevha üretiminde olduğu gibidir. Reçine olarak üre formaldehit ya da melamin-üre formaldehit (ÜF ya da ÜF-MF) ve diğer katkıları liflere kısa retansiyon karıştırıcılarında veya ıslak lifler olarak verilir. Rafinörden bir akış hattı kurutucuya beslenir. Püskürterek liflere uygulanır. Alternatif olarak, bazı liflevha fabrikaları rafinöre reçine ekler. Tutkal kaplı lifler daha sonra, yongalevha'da keçe oluşumu ile hemen hemen aynı şekilde sonradan presleme için havayla serilir ve taslak oluşur. Taslağın tutkal ve katkı maddeleri katıldıktan sonraki rutubeti %9-11 arasındadır. Tam kuru lif ağırlığına oranla %10 oranında sentetik tutkal katılmaktadır (Ergül, 2013).

Kuru yöntem ile üretilen ve kullanımı yaygın olan levha orta yoğunluklu liflevha (MDF) dır.

2.3. MDF'NİN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Endüstride kullanılan odun hammaddesinin gerek kullanım alanının çeşitlenmesi gerekse de hammadde bulmadaki güçlükler, endüstriyi masif ağaç malzemeye alternatif üretimler yapmaya zorlamıştır. MDF orta sertlikte bir liflevha olup, termomekanik olarak odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra yaklaşık %9-11 oranında sıcaklıkla sertleşen bir tutkal ile tutkallanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıda bir levhadır (Akbulut, 1999; Ayrılmış, 2000).

Orta yoğunlukta liflevha (MDF), masif ağaç malzemeye alternatif olarak geliştirilmiş levha ürünlerinin en önemlilerinden birisi olmuştur.

Dünya’da ilk MDF fabrikası 1965 yılında New York Deposit’te kurulmuştur. Bunu daha sonra 1966 yılında New York’ta AlliedChimal Corporation firması takip etmiştir. 1973 yılından itibaren çeşitli Avrupa ülkelerinde MDF üretilmeye başladığı bilinmektedir (Sunchland ve Woodson, 1991).

MDF levhaların hızla yükselmesinde etkili olan sebepler;

- Hammadde isteğinin yongalevha’dan daha geniş olması,
- Masif ağaç malzeme gibi işlenebilmesi,
- Başta mobilya endüstrisi olmak üzere birçok kullanım alanında yongalevha ve kontrplak yerine tercih edilmesi,
- Fiziksel özelliklerinin ve mekanik direnç değerlerinin iyi olmasıdır.

Liflevha en az %80 oranında bitkisel lif içerdiğinden mekanik ve teknolojik özellikleri istenildiği gibi ayarlanabilmektedir.

Liflevhaların mekanik ve teknolojik özellikleri;

- Levha yapımında kullanılacak olan liflerin özellikleri (lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı)
- Katkı maddelerinin miktarları ve
- Levhaların özgül ağırlıklarına bağlıdır. Bu özelliklere,
- Liflerin elde edilme yöntemleri,
- Levha yapım teknikleri,
- Levha taslaklarının hazırlanması,
- Pres basıncı,
- Pres süresi ve
- Pres sonrası işlemleri de eklemek mümkündür (İstek ve diğ., 2015).

MDF kuru yöntemle elde edilen en önemli levhadır. Yoğunluğu $0.35-0.65 \text{ gr/cm}^3$ arasında olan ağaç türleri MDF üretimi için uygundur. MDF üretiminde lif-yonga odunu, aralama kesimlerinden elde edilen odunlar, kereste endüstrisi artıkları, soyma kaplama artık silindiri, kesme kaplama artık tahtası, soyma ve kesme artık kaplamaları, testere ve planya talaşı, çeşitli odun işleyen fabrika artıkları ve levha üretimi için gerekli lif uzunluğuna sahip bitkisel

artıklar kullanılabilmektedir. Yuvarlak odunların çaplarının 6 cm ile 40 cm arasında olması, boylarının ise 2 m'den daha kısa olması aranan özelliklerdendir. Orman kaynakları yetersiz olan bölgelerde şeker kamışı, keten sapsarı, tahıl sapsarı, ayçiçeği sapsarı vb. yıllık bitkiler de hammadde olarak kullanılmaktadır (Güller, 2001).

Avrupa MDF üreticileri birliği (Euro MDF Board) MDF'yi yoğunluğu bakımından 3'e ayırmaktadır:

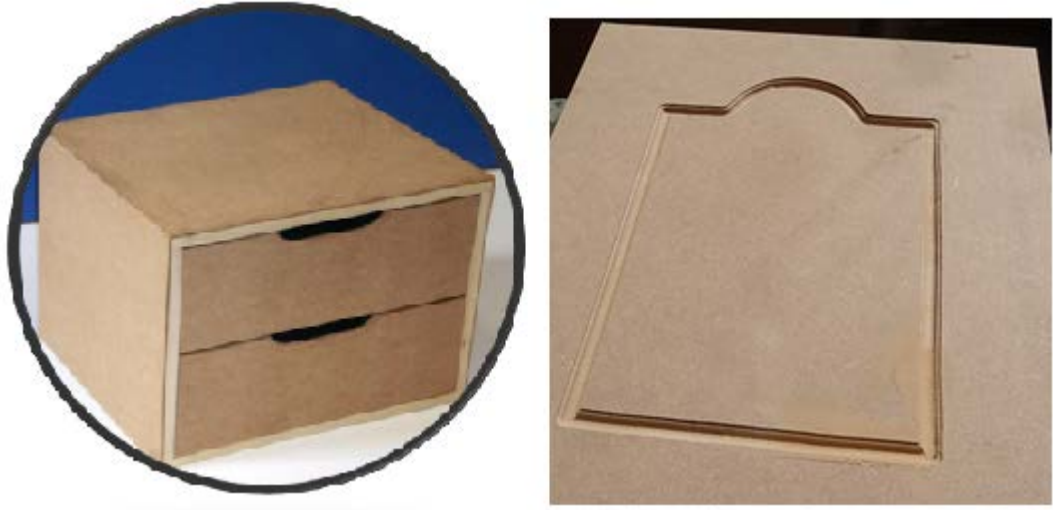
1. Standart MDF: $650 \text{ kg/m}^3 \leq \text{yoğunluk} < 800 \text{ kg/m}^3$
2. Hafif MDF: $550 \text{ kg/m}^3 \leq \text{yoğunluk} < 650 \text{ kg/m}^3$
3. Çok Hafif MDF: $450 \text{ kg/m}^3 \leq \text{yoğunluk} < 550 \text{ kg/m}^3$

2.4. MDF'NİN ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

MDF düzgün yüzeyli, üzeri kaplanabilen, baskı yapılabilen, boyanabilen ve ağaç işleyen makinelerle masif odun gibi işlenebilen bir malzemedir. Uygun kalınlıkta üretilebilmesi, makine ile işlenmeye elverişli olması ve sağlamlığı, MDF'nin çekmece yanları, ayna çerçeveleri ve pervazlar gibi uygulamalar için masif ahşaba alternatif olarak kullanılabilmesine olanak sağlar. MDF'nin her noktasında liflerin eşit dağılması ve çok yoğun bulunuşu levhanın her iki yüzünün olduğu kadar, kenarlarının da makineyle herhangi bir kırılma olmaksızın ya da malzeme parçacıkları arasında boşluklar ortaya çıkmaksızın işlenmesine imkân sağlamaktadır. MDF bu sayede masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahalı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde başarıyla kullanılabilir. Son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahip olan MDF gerek boyamada, gerekse dekoratif folyo veya ahşap kaplamada çok iyi bir taban oluşturur.

Makinede işlenmesinin kolay, stabilitesinin iyi oluşu, büyük boyutlarda üretilebilmesi, her iki yüzünün de zımparalanmış ve mastarlanmış oluşu, masif malzemenin aksine herhangi bir yerinde budak, çatlak gibi özürler görülmemesi, her noktasının aynı yoğunlukta bulunması, kullanıma hazır oluşu, herhangi bir hazırlık işlemi gerektirmeyişi, hemen her çeşit lake, boya, vernik vs.yi kabul etmesi, ahşap kaplama, PVC, kâğıt, melamin gibi malzemelerle kaplanabilmesi, gerek iki yüzeyinden gerekse kenarlarından girecek vidaları mükemmel tutabilmesi MDF'nin en önemli özelliklerini oluşturmaktadır (Güller, 2001).

MDF mobilya endüstrisinde (Mutfak, banyo, oturma gurupları, profil v.b.)çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca MDF bugün Türkiye ve dünya da ahşap kullanımının söz konusu olduğu pek çok yerde masifin yerini almaktadır. Yapı sektöründe MDF'nin kullanıldığı yerlerden bazıları şunlardır: Taban döşemeleri, tavanlar (üzeri kaplı olarak veya doğrudan doğruya), bina iç bölmeleri, kapı kasaları, trabzanlar ve küpeşteler, gömme dolap, kapak, büro masaları, sehpalar, bilardo masaları, süpürgelikler, mutfak ve banyo dolapları MDF inşaat sektöründe (Prefabrik yapılarda, parke olarak, kalıp olarak), makine sektöründe (Tabla, bölme, ambalaj v.b.) de kullanılmaktadır (Güller, 2001).



Şekil 2.2: MDF'nin mobilyadaki kullanım uygulamaları.

2.5. MDF ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

2.5.1. Odun ve Diğer Ligno-Selülozik Lifli Maddeler

Levha üretiminde odun hammaddesi dışında çeşitli malzemeler de hammadde olarak kullanılabilir. Bu malzemeler, biyo-lignoselülozik lifler (yıllık bitkiler) ve mineral liflerdir (taştan elde edilir). Çeltik atıkları, buğday sapı, bambu, mısır ve keten vb. maddeler yıllık bitkilere örnek olarak verilebilir.

MDF üretiminde kullanılacak ağaç türünün ekstraktif madde oranı fazla yüksek olmamalı, bunun yanı sıra budak, lif kıvrıklığı ve reaksiyon odunu gibi kusurlar fazla miktarda bulunmamalıdır. Odun hammaddesinin pH değeri de üretim prosesinde önemlidir. PH değeri 4–5 olan türler tercih edilmelidir. Koç (2002), asiditesi yüksek olan ağaç türlerinden (kestane)

elde edilen yongalar ile pH değeri daha düşük olan türlerden (kayın, kavak) elde edilen yongalarının pişirme kazanına birlikte verilmemesi gerektiğini belirtmektedir.

Kullanılacak odun hammaddesinin rutubetinin yüksek olması kurutma işlemlerinde maliyeti artıracığından dolayı ekonomik olmamaktadır. Aynı şekilde, rutubet türü çok düşük olduğunda ise yongalama ve liflendirme işlemlerinden toz oluşumu yüksek olmasından dolayı hammadde kayıpları fazla olacak ve tutkal sarfiyatında artış olacaktır. Rutubetin %70 – 90 arasında olması uygundur.

MDF üretiminde ağaç türlerinin lif boyutları, liflerin keçeleşme kabiliyeti açısından önemli bulunmaktadır. Yapraklı ağaç odunlarının lif boyutları 0.8–2 mm arasında değişirken, iğne yapraklı ağaçlar ise 3–7 mm lif uzunluklarına sahiptir. MDF üretim sürecinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlara göre tercih edilmektedir. İğne yapraklı ağaç türleri, yapraklı ağaç türlerine göre uzun lif yapısına sahip olduklarından dolayı MDF üretimi için daha uygundur (Candan, 2007).

2.5.2. Yapıştırıcı Maddeler

Liflevhanın mekanik özelliklerini artırmak, su alma kabiliyetini azaltmak ve kuru yöntemle MDF üretiminde liflerin birbirine yapışması ve levha formunu alması için yapıştırıcı maddeler (reçine – tutkal) kullanılmaktadır. Kuru yöntemde ve MDF üretiminde yaygın olarak kullanılan reçine üre formaldehit reçinesidir. Ayrıca levhaların kullanım yeri özelliklerine göre, fenol formaldehit ya da melamin form aldehit veya melamin-üre formaldehit kullanılmaktadır. Üretimde kullanılan tutkal oranı, kuru lif ağırlığına oranla %9-11 oranındadır.

Tutkal oranı; Tutkalın cinsi, levhanın cinsi, levha yoğunluğu vb. faktörlere göre değişiklik gösterebilir.

Yaş yöntemle levha üretiminde ise daha önce bahsedildiği üzere yapıştırıcı madde olarak ligninden faydalanılır. MDF üretiminde kullanılan sentetik reçineler termoset özellikli oldukları için gerçekleşen sertleşme reaksiyonu geri dönüşümsüzdür (Candan, 2007; Ergül, 2013).

MDF üretiminde fabrikalarda genellikle kullanılan yapıştırıcı üre formaldehit (ÜF) tutkalıdır.

2.5.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı (ÜF)

Üre formaldehit (ÜF) tutkalı üre ve formaldehitin kondenzasyonu ile elde edilmektedir. Bu kondenzasyon reaksiyonu ile iki bileşiğin bir araya gelmesi sonucu lineer ve dallanmış bir yapı gösteren bir polimer oluşur ve tutkal sertleşir. Kondenzasyon reaksiyonu, üredeki 4, formaldehitteki 2 hidrojen atomunu aracılığı ile gerçekleşmekte olup elde edilen ürünün özellikleri, üre ile formaldehitin mol oranına, reaksiyon sıcaklığına, reaksiyon pH'sına bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla bu faktörler tutkalın molekül ağırlığı artışını etkilemektedir. Molekül ağırlığı da, tutkalın çözünürlüğünü, viskozitesini, su tutma yeteneğini ve sertleşmesini etkilemektedir.

Üre formaldehit reçinesinin depolama süresi değişik faktörlere bağlı olarak 3 ile 6 ay arasında değişmektedir. Depolama ortamının pH' değeri 7.5-8.0 arasında olmalıdır. Üre formaldehit tutkalı genel olarak levha üretiminde en çok tercih edilen reçinedir. Çünkü fiyatı melamin formaldehit, fenol-formaldehit gibi diğer tutkallara göre daha ucuz, sıcak preste sertleşme süresi daha kısa, rengi şeffaf ve elde edilen levhaların performans özellikleri standartlarda verilen değerleri karşılamaktadır. ÜF tutkalı iç ortamlarda kullanılacak ürünlerde kullanılır çünkü rutubetli koşullara dayanıklı değildir. Üretilen ÜF tutkalında formaldehit oranı azaltılarak üretilen levhalarda formaldehit emisyonu azaltılabilir. Fakat bu durumda, tutkalın sıcak preste sertleşme süresi uzamakta ve fabrika kapasitesi düşmektedir. Levhaların formaldehit emisyonlarının yüksek olması ise sağlık açısından zararlı bulunmaktadır. Genel olarak E1, E2 ve E3 sınıfları bulunmaktadır.

ÜF tutkalı ile birlikte sertleştirici kullanılması gerekli olup, genelde amonyum klorür (NH_4Cl) ve amonyum sülfat (NH_4SO_4) kullanılmaktadır. Üre formaldehitin sertleşmesi neticesinde geri dönüşümü olmayan reçine oluşmaktadır (Tank, 1997; Candan, 2007).

2.5.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF)

Fenol formaldehit tutkalı, fenol ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu ile elde edilen bir reçinedir. Ahşap kompozit levha üretiminde üre formaldehit tutkalından sonra en fazla tercih edilen tutkaldır. Fenol tutkalı suya, mantar ve böcek zararlarına, asit, yağ ve organik çözücülerin etkilerine karşı dayanıklıdır. Tutkallama amacıyla genellikle resol kullanılır. Fenol renksiz ve aşırı zehirli bir kimyasal maddedir. Fakat FF tutkalının rengi şarap rengine (koyu) benzemektedir. FF tutkalı suya ve kaynatma işlemine karşı oldukça dayanıklıdır. Bu

nedenle FF kullanılarak elde edilen kompozit levha ürünleri dış hava şartlarına karşı oldukça dayanıklıdır. İlave bir sertleştirici katılmaksızın 135 – 155 °C arasında sertleşmektedir. Sertleşme süresi melamin ve üreye göre daha uzun olduğu için sıcak preslemede daha yüksek sıcaklık ve süre uygulanmalıdır. Potasyum karbonat kullanımı da bazı olumsuz etkilere sahiptir. Örneğin, sıcak presleme sonrasında levha yüzeylerinde bazı lekelenmelere sebep olmaktadır (Koç, 2002; Candan, 2007).

2.5.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı (MF)

Melamin formaldehit tutkalı melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu ile elde edilmektedir. Melamin formaldehit tutkalının bazı özellikleri üre formaldehit tutkalına benzemektedir. Melamin formaldehit tutkalı, suya karşı dayanıklı olması nedeniyle MDF ve diğer ahşap kompozit levhaların (kontrplak, yongalevha, OSB) üretiminde suya karşı direnç istenen ürünler için kullanılmaktadır. Melamin formaldehit tutkalı 90 – 140°C sıcaklıklarında herhangi bir sertleştirici kimyasal madde ilave etmeden sertleşebilmektedir. Rutubetli ortamlara, suya karşı ve ışığa karşı daha dayanıklıdır. Diğer tutkallar (ÜF, PVAc) ile belirli oranlarla karıştırılmak suretiyle kullanılabilir. Bu şekilde maliyeti düşürülmektedir. %50 oranında üre formaldehit tutkalı ile karıştırılarak elde edilen tutkal ile %100 melamin formaldehit tutkalının direnç değerleri aynı olmaktadır. Böylece maliyet değerleri yarı yarıya azalmaktadır. Melamin ile üre kullanılarak hazırlanan karışım, üç hafta süreyle bozulmadan kullanılabilir. Bu özellikler melamin formaldehit tutkalının, üre formaldehit tutkalına göre üstünlükleridir (Koç, 2002). Melamin formaldehit ile beraber tamponlayıcı olarak amonyak kullanılmaktadır.

Melamin sadece sıcak suda çözünürken üre soğuk suda çok iyi çözünür. Bu nedenle, ÜF iç ortamlarda kullanılacak ürünlerin eldesinde kullanılırken, MF ve melamin-üre formaldehit reçineleri dış hava koşullarında kullanılacak ürünlerin elde edilmesinde tercih edilir.

2.5.2.4. İzosiyanat Tutkalı (İS)

Pahalı ve yapıştırma gücü yüksek bir tutkal türüdür. Suya ve bazı zayıf asit türlerine karşı iyi bir dirence sahiptir. Rutubete dayanıklılığı bakımından fenol formaldehit tutkalına eşdeğer, yapışma direnci bakımından ondan daha yüksektir. En büyük özelliği içerisinde su bulundurmamasıdır (Günsel, 2004; Avcı, 2007).

Diğer yapıştırıcılara kıyasla maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle kullanımı dardır. Yapısal yongalevha, film laminasyonu ve montajda sınırlı kullanılır (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2000; Avcı, 2007).

2.5.3. Katkı Maddeleri

Liflevha üretiminde, tutkalın sertleşmesini sağlamak ve levhaya bazı özellikler kazandırmak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Sentetik tutkala ilave edilen katkı maddelerinin görevleri sırasıyla (Kalaycıoğlu, 1991; Ergül, 2013);

- Plastikleştirme
- Stabilite sağlaması
- Tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi
- Tutkalın dağılma özelliğinin iyileştirilmesi
- Yanmayı geciktirmesi
- Malzeme yüzeyinde toz birikmesini engelleme
- Sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme
- Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilmesidir.

2.5.4. Sertleştirici Maddeler

MDF üretiminde liflere belirli oranda sertleştirici maddeler ilave edilmektedir. Bu kimyasal maddeler, tutkalın sertleşme süresini kısaltmaktadır. Sertleştirici maddeler fabrikalarda genellikle defibratör çıkışında tutkal ile birlikte liflere uygulanmaktadır. Uygulamada üre formaldehit tutkalı için genelde amonyum klorür veya amonyum sülfat kullanılmaktadır. Rengi, beyaz ile açık gri arasında değişmektedir (Ergül, 2013).

2.5.5. Hidrofobik Maddeler

Liflevha üretiminde boyut stabilitesini sağlamak ve levhanın bir dereceye kadar su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Hidrofobik maddeler levhanın su

almasını tamamen önlemezler, ancak su alam hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süreli su veya yüksek rutubet etkisinde kaldığında bundan etkilenmez. Hidrofobik madde olarak silikon ve metol sabunları gibi maddeler kullanılabilirse de, en önemli hidrofobik madde parafinik mumdur. Çünkü parafinin su itici etkisi yüksek, ergime noktası uygun ve diğer hidrofobik maddelere göre daha ucuzdur (Akbulut,1991; Ergül, 2013).

2.5.6. Koruyucu Maddeler

MDF ve diğer ahşap kompozit levha ürünlerinin mantar (fungi), böcek (insect), termit vb. organizmalara karşı koruma sağlamak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Genellikle koruyucu madde olarak pentaklorfenol kullanılır.

Koruyucu kimyasal maddeler; tutkalın sertleşmesini etkileyecek (olumlu veya olumsuz yönde) kadar pH değerini değiştirmemeli, pres süresini ve reçinenin sertleşme süresini etkilememelidir. Ayrıca kompozit levhanın performans özelliklerini azaltıcı etki yapmamalı ve malzemeye hoş olmayan bir koku kazandırmamalıdır (Akbulut, 2001; Ergül, 2013).

2.5.7. Yanmayı Geciktirici Maddeler

Ahşap malzeme yapısı itibariyle yanıcı özellik göstermektedir. Bu yüzden hem masif ahşap malzeme hem de ahşap esaslı kompozit ürünlerin belirli kullanım yerlerinde güvenle uygulanabilmesi için yanmaya karşı dirençli hale getirilmesi gerekmektedir. Günümüzde birçok yanmayı geciktirici kimyasal madde çeşidi kullanılmaktadır. Yanmayı geciktiren maddeler, daha az alevlenebilen gazlar ve katran oluşturmak suretiyle veya daha çok kömür ve su oluşturarak malzemenin piroliz reaksiyonunu değiştirmektedirler. Yanmayı geciktirici maddelerden yaygın olarak kullanılan boraks ve borik asittir. Bu maddeler, tutkal içerisine katılarak kullanılabileceği gibi üretimden sonra kompozit levhanın yüzeylerine sürülerek de kullanılabilmektedir (Akbulut, 2001; Ergül, 2013).

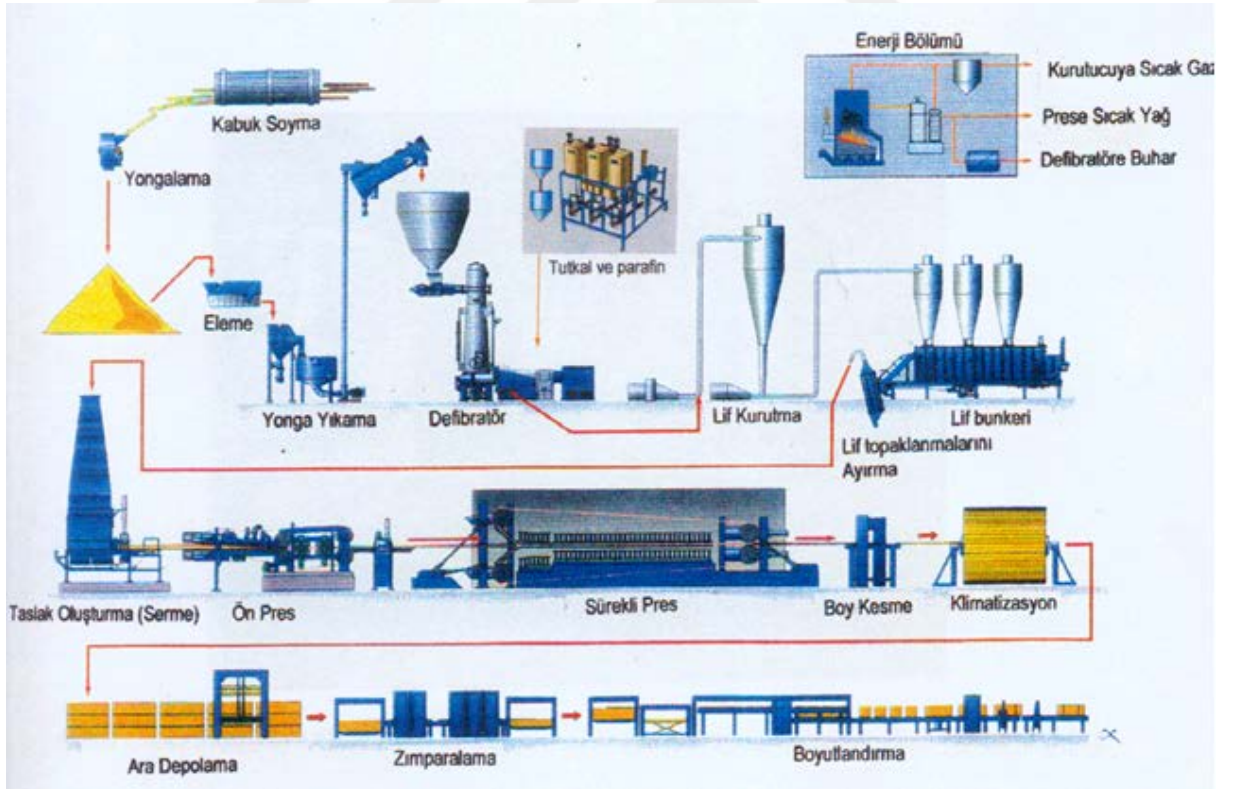
Levhalara uygulanan bazı kimyasallar levhanın yanmaya karşı dayanımını arttırmasına karşın, fiziksel ve mekanik özelliklerini olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Birçok yanmayı geciktirici kimyasal madde (özellikle suda çözünen kimyasallar) yapıda özellikle çatı kaplaması olarak kullanılan ahşap malzemelerin direnç özelliklerini, görünümünü, asiditesini, korozyon etkisini, malzemenin higroskopisitesini dolayısıyla da denge rutubet oranını ve tutkallanmasını az veya çok oranda etkilemektedir. Dolayısıyla, kullanılacak yanmayı

geciktirici maddelerin, yanmaya karşı yeterli dayanım sağlamalarının yanı sıra levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilememesi büyük önem taşımaktadır (Ayrılmış 2006; Ergül, 2013).

2.6. MDF (ORTA YOĞUNLUKLU LİFLEVHA) ÜRETİMİ

MDF (**M**edium **D**ensity **F**iberboard = Orta Yoğunlukta Liflevha), termomekanik olarak odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden elde edilen liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra ya da önce kuru lif ağırlığının yaklaşık %10'u oranında sıcakta sertleşen bir tutkal ile karıştırılarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle oluşan homojen yapıda düzgün yüzeyli bir levhadır. MDF'nin kalınlığı 1.8-60 mm, yoğunluğu ise 450 – 800 kg/m³ arasında değişmekte olup, çoğunlukla 700 – 800 kg/m³ arasında üretilmektedir (Akbulut, 2001).

MDF üretim akışı Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3: MDF üretim şeması.

2.6.1. Kabuk Soyma İşlemi

Yüksek rutubetteki dal ve gövde odunları yongalama işlemine tabi tutulmadan önce kabuklarından arındırılmaktadır. Kabuk kısımları kısa lifli olmaları, direnç değerlerini

olumsuz etkilemeleri ve estetik olarak levha yüzeylerinde kusur oluşturmaları nedeniyle istenmemektedir. Döner tipte tamburlu kabuk soyma makinesi en yaygın kullanılanıdır (Ergül, 2013).



Şekil 2.4: Kabuk soyma makinası, Siemplkamp.

2.6.2. Yongalama

Sıvı hareketini etkileyen en önemli etken yonga kalınlığı ve odunun nem oranıdır. Bu nedenle pişirmeden önce odunların yongalanması gerekir. Lif veriminin yüksek olması için en önemli husus düzenli yongalamadır. Bunun için yongalama sırasında liflerin ezilmemesi zedelenmemesi ve özellikle yonga kalınlığının düzenli olması gerekmektedir. Yongalamada bıçak kesme kuvveti odun direncinden büyük olmalıdır. Hammadde özellikleri yonga veriminde büyük rol oynar. Özgül ağırlık arttıkça kesme kuvveti ihtiyacı artar. Kesme işlemi liflere dik yapılırsa kesme kuvveti fazla liflere paralel yapılırsa kesme kuvveti azdır. Genellikle yonga kalınlığı yonga uzunluğunun %15-20 si kadardır. Serbest açı küçülürse yonga boyu kısalmır. Serbest açı sabit kalmak şartıyla; tamamlayıcı açı artarsa yongalar daha ince olur, sırt açısı azalınca da yongalar inceler ve kırıntı miktarı azalır ancak yonga yoğunluğu artar yonga zararı fazlalaşır ve aynı çap için kesme yüzeyi artar. Optimum sırt açısı yongadan istenen özelliğe göre değişir. Bıçak açısının azalması yonga kalitesi için iyidir ancak bıçak keskinlik ve dayanıklılığını olumsuz etkiler. Açı arttıkça bıçak daha uzun süre dayanır. Genellikle 30-35° uygundur. Yongalamanın asıl amacı pişirme çözeltisinin yonga içine nüfuzunun her tarafta aynı olmasını sağlamaktır. Ortalama olarak yonga uzunluğu 15-25 mm kalınlığı ise 2-4 mm arasındadır. İdeal yonga uzunluğu 20-25 mm ve standart sapması 5 mm den az olmalıdır.

Yonga kalitesi $= L + [1/(L+1)]$ dir.

L = yonga uzunluğu (mm).

Kullanılan yongalama makinelerinin genel olarak dört gruba ayırmaktadır. Bunlar; çok bıçaklı diskli yongalayıcılar, çevresel yongalayıcılar, konik diskli yongalayıcılar ve çift konik diskli yongalama makineleridir. Buna ilaveten dünyada çeşitli ülkelerde orman için yongalama yapan mobil yongalayıcılar kullanılmaktadır (Eroğlu, 1988; Ergül, 2013).



Şekil 2.5: Yongalama makinesi, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

2.6.3. Yonga Depolama

Yongalama makinesinden sonra ağaç türleri bakımından istenilen oranda bir dozajlama yapabilmek için iğne yapraklı ve yapraklı ağaç yongaları transportörlerle ayrı ayrı çelik veya betondan yapılan silolara alınırlar. Böylece levhanın en iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmasını sağlayan ağaç türü karışım oranları önceden belirlenebilmektedir. Aksi takdirde liflevhadaki karışım oranları bilinmeyecek ve levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri istenilen düzeyin altında olacaktır. Yongaların silodan boşaltılması şineke veya hidrolik boşaltma sisteminden herhangi biri ile olmaktadır. Levhalardaki iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türü karışım oranları şinekenin dakikada devir sayısının arttırılıp azaltılmasıyla sağlanır (Ayrılmış, 2000).

Yonga silosunda yongaların bekleme süreleri, 10 – 15 günden fazla olmamalıdır. Bu süre aşılsa yongaların rengi koyulaşmakta ve bakteri vb. canlılar yongalara hasıl olmaktadır. Dolayısıyla yonganın kalitesi düşecek ve bundan elde edilecek lif kalitesi de azalacaktır. Buna

ilaveten bu canlılarla odun yongaları arasındaki birtakım kimyasal reaksiyonların sebep olduğu sıcaklık yükselmesi, yangın çıkmasını meydana getirebilir. Kimyasal faaliyetler neticesinde ayda %15 oranında kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle yongalar siloda fazla bekletilmemelidir. Üretime bir gün süre ile yetecek kadar yonga depolanması idealdir (Suchsland ve Woodson, 1986; Candan, 2007).

2.6.4. Yongaların Elenmesi

Eleme işlemi aşırı iri yongaları, kırıntı ve tozları ayırmak için yapılır. İri yonga oranı %20 kadar olabilir. Aşırı büyük yongalara çözelti nüfuzu zor olduğundan kırıcılara gönderilir. Kayıp meydana gelmez toz oranı %1-3 olup yıkamaya gönderilir. Kırılmış yongadan elek artığı daha fazladır ve verim %2-5 artar. Yongalayıcıdan çıkan yongaların içinde %1,5-3 arası odun kırıntıları bulunur. Eleme normal boyuttaki yongaları aşırı boyutlu yongalardan ve ince materyalden ayırmak için yapılır. Elekler iki kattır. Üstte kalın yongalar kalır ve bunlar kırıcılara gönderilir. Altta normal boyutta yongalar vardır bunlarda siklona gönderilir. Alttaki eleği geçen materyal ise bir tekneye alınarak yanmaya gönderilir.



Şekil 2.6: Manyetik eleme makinesi, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

2.6.5. Yongaların Yıkılması

Yonga eleklerinde elenen yongalar, aralarında bulunabilecek kum, ufak taş parçaları gibi istenmeyen inorganik maddelerden temizlenmek üzere trasnportör vasıtasıyla yonga yıkama makinesine gönderilmektedir. Yongalar yıkanmadığı taktirde, liflendirme sırasında diskler üzerindeki segmentler bu maddelerden (kum, ufak taş parçaları vb.) dolayı aşınabilmekte ve çalışma süreleri kısalmakta, süreç içindeki defibratör besleme şinekesi gibi üretimde kullanılan makineleri aşındırmakta ve ağaç işleme makinelerinde levha kesilirken daire testerelerin daha kısa sürede körelmesine ve dişlerinin kırılmasına neden olmaktadır (Ayrılmış, 1999).



Şekil 2.7: Yonga yıkama makinesi, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

2.6.6. Liflendirme İşlemi

Liflevha endüstrisinde genel olarak üç farklı liflendirme (fiber preperation) yöntemi kullanılmaktadır. Lif hamuru üretim yöntemleri aşağıda sınıflandırılmıştır (Eroğlu ve Usta, 2000).

1. Mekanik liflendirme yöntemleri

- a. Taş mekanik lif hamuru.
- b. Refinör mekanik hamuru.

2. Kimyasal – mekanik yöntemler

- a. Biffar değirmeni.
- b. Boja–jung defibratörü.

3. Termal mekanik yöntemler.

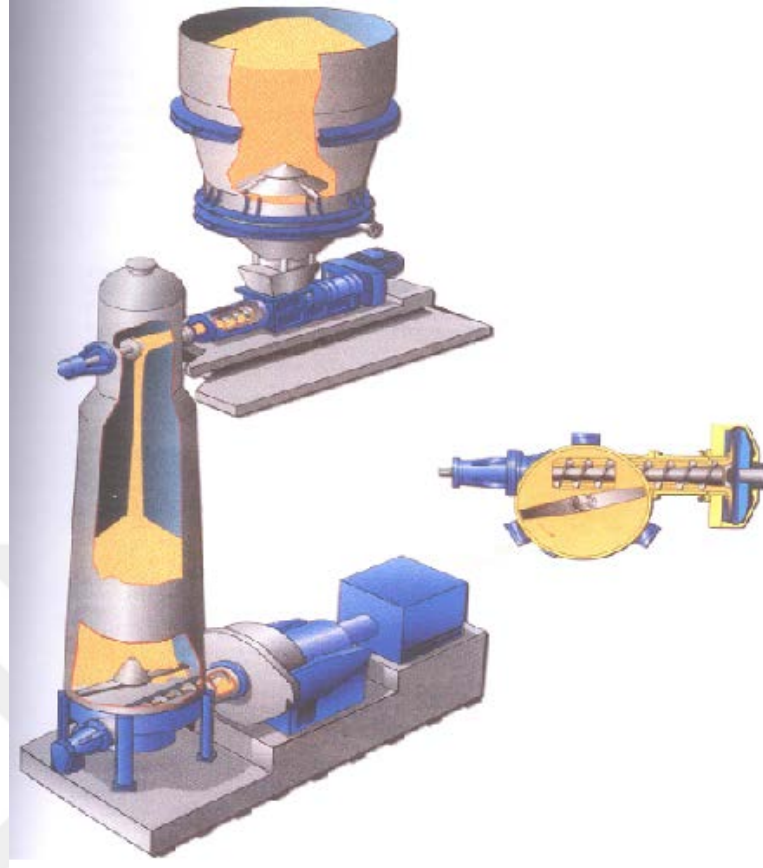
- a. Masonit yöntemi
- b. Asplund defibratör yöntemi

En çok kullanılan liflendirme, termal mekanik ana ilkeli Asplund defibratör yöntemidir.

Bu üretim yönteminde kimyasal madde kullanılmayıp, odunsu hücreleri bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165-200°C sıcaklıkta erimesini sağlayarak liflerin mekanik ovama ile zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır.

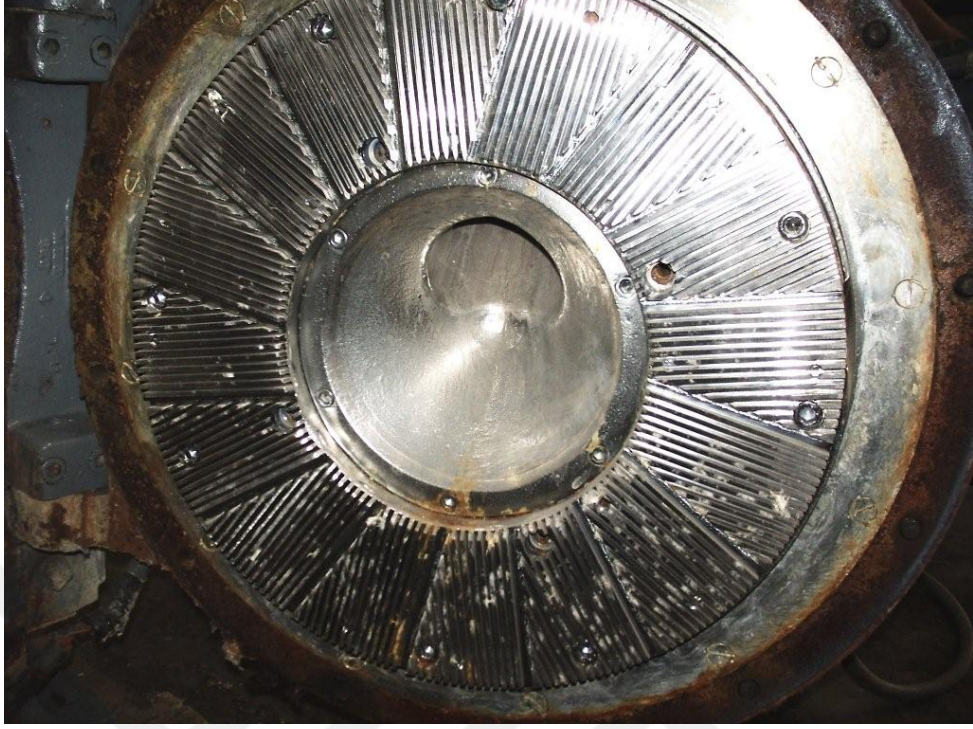
Yöntemin tercih edilmesini sağlayan diğer avantajlar ise, lif üretiminin sürekli ve kesintisiz olması, enerji tüketiminin daha az olması, lif veriminin %90 – 95 civarında gerçekleşmesi ve kullanılabilecek odun hammaddesinin çeşitliliğinin fazla olması en önemli avantajlarıdır. (Eroğlu ve Usta, 2000).

Defibratörle liflendirme üretim sisteminde üç temel kısım bulunmaktadır. Bunlar; yonga silosu (pişirme kazanı için), yonga pişirme kazanı ve defibratör (refiner)'dür.



Şekil 2.8: Pişirme kazanı silosu, pişirme kazanı ve defibratörün genel görünümü.

Yongaların hazırlanmasından sonra uygun boyuttaki yongalar defibratör ünitesinin besleme kısmına gelir ve buradan pişirme kazanına aktarılır. Pişirme kazanına taşınan yongaların rutubeti %40-45 arasında olup yongalar buharlama kazanında 170-180°C’de 8-10 atm basıncında pişirilir. Pişirilen yongalar bir helezon yardımıyla defibratöre gelir. Parafin ilavesi yongalara defibratöre girmeden önce parafin verilir. Bunun nedeni ise; defibratör disklerini koruması, liflerin kararmasını önlemesidir. Pişirme kazanında yumuşatılan yongalar, kazanın altında bulunan besleme helezonu ile defibratörün segmentleri arasına gelmektedir. Yongaların diskler arasından geçmesi ile mekanik olarak lif elde edilmektedir.



Şekil 2.9: Defibratör bıçağı.

Defibratörde elde edilen lif boyutlarının üretime uygun olup olmadığını saptamak için lif – elek analizleri yapılmaktadır. Elde edilen lif kalitesini; ağacın türü, yoğunluğu pH değeri, yonga rutubeti, pişirme basıncı, süresi ve sıcaklığı vb. etkileyen faktörlerdir (Candan, 2007).

2.6.7. Liflerin Tutkallanması ve Kurutulması

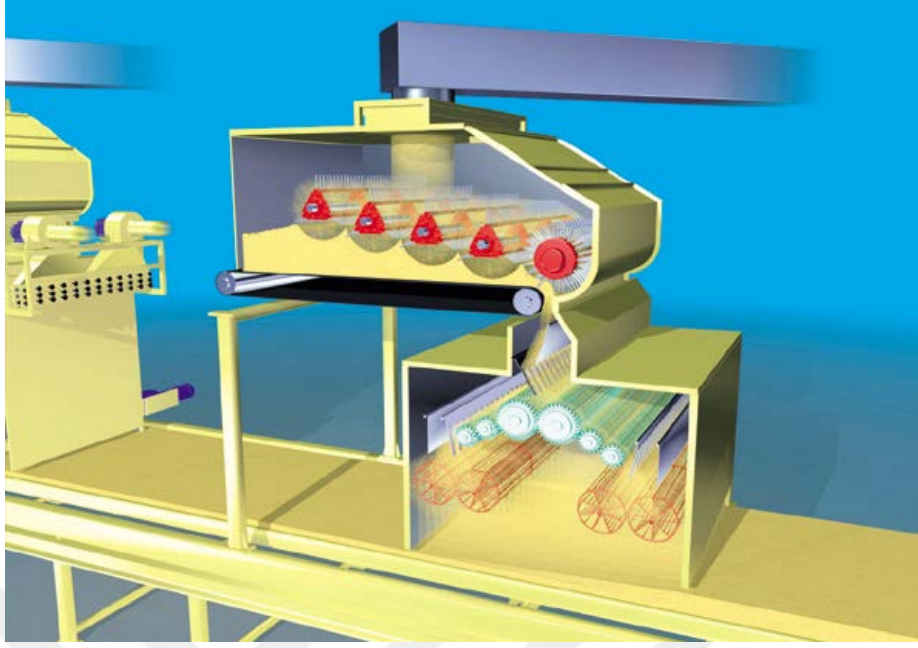
Defibratörden liflerine ayrılmış olarak çıkan liflere tutkal ve sertleştirici madde ilave edilerek levha yapımına uygun hale getirilen lifler, rutubet oranının yüksek olması nedeniyle buhar basıncı yardımıyla pnömatik olarak kurutucuya gönderilir. Kurutma ünitesinde lifler sıcak hava akımı ile karşılaşan lifler siklona ulaşınca kadar kururlar ve kuru lif siklonuna taşınırlar. Kurutma sonunda liflerin rutubet oranları yaklaşık %10'a düşmektedir (Ayrılmış, 2000).



Şekil 2.10: Lif kurutma hattı, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

2.6.8. Liflevha Taslağının Oluşturulması

Lif deposunda taşıyıcı helezonlar yardımıyla lifler serme istasyonunun giriş kısmına getirilir. Levha taslağının oluşturulması liflevha üretiminin en önemli noktasını oluşturur. Levha taslağının homojen olarak serilmesi birincil faktör olup, liflerin homojen bir şekilde serilmemesi sonucu meydana gelen yoğunluktaki ve mekanik özelliklerde değişimler meydana getirmektedir. Bunu yanı sıra, levha yoğunluğunun homojen olmaması levhada çarpılmalar (şekil değişimleri) meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Liflerin serilmesinde amaç, mümkün olduğunca uniform bir taslak elde etmektir. Yani levha alanının bir tarafından diğer tarafına kadar uniform bir taslak elde edilmesidir (Ayrılmış, 2000).



Şekil 2.11: Levha taslağının oluşturulması.

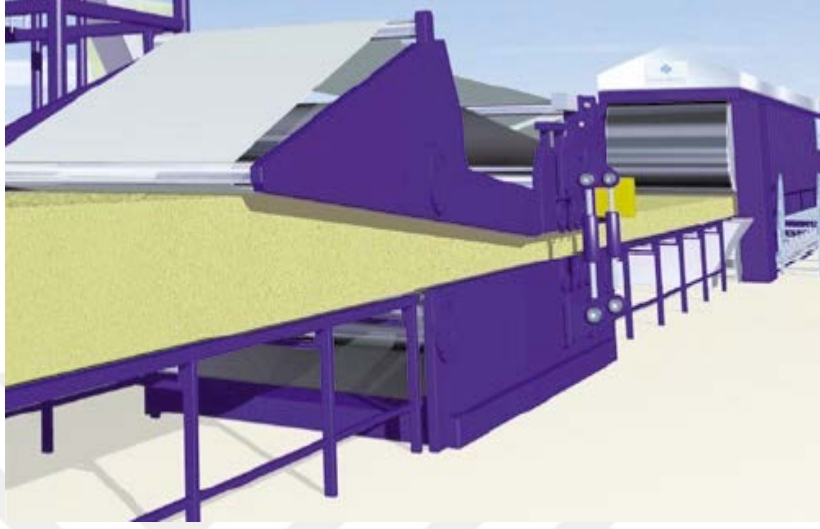
2.6.9. Ön Presleme

Levha taslağı form istasyonundan çıktığında normal levha kalınlığının 20 katıdır. Ön presin avantajları; Taşıma için yeterli sağlamlığı kazanması, taslağı sıkıştırarak yan alma işlemi sırasında lif kaybını en aza indirmesi, taslağın sıcak prese kadar dağılıp, bozulmadan gidebilmesi, sıcak pres plakları kapanırken oluşan hava akımı ile yüzeydeki liflerin uçmasına engel olması ve pres plaklarının daha az açılmasına imkan vermesi ön presleme işleminin uygulanması ile sağlanmaktadır.

Levha taslak kalınlığı ise; yonganın cinsine, liflerin serbestlik derecesine ve liflerin %5 oranındaki elastik davranışına bağlıdır. Ön pres sonucunda taslak kalınlığı 1/3'üne düşer. Preste taslağın yanlara kaymasını önlemek için sınır lataları kullanılır (Ergül, 2013).

Liflevha üretiminde üretim sürecinin kesintisiz sağlanması için sürekli ön presler kullanılmaktadır. Taslak, serme bandı üzerindeki çift taraflı basınç silindirleri arasından geçerken ön presleme işlemi yapılmaktadır. Silindirlerin en üst kısmında delikli bir bant bulunur. Delikli olmasının temel amacı; silindirlerin basınç uygulaması sırasında taslaktaki sıkışan havayı atarak yüzeyin düzgünlüğünü sağlamaktır. Bu özellikle yüksek serme bandı hızında (ince levha üretiminde) ve geniş taslaklarda önemlidir. Aksi taktirde, ön prese girişte taslak yüzeyinde veya birinci sıkıştırma silindirinden önce taslak kenarlarında sıkışan havanın

ani çıkışından dolayı hava delikleri oluşabilmektedir. İçteki bant ise taslağı sıkıştırma silindiri arasından taşımaktadır (Ayrılmış, 1999).



Şekil 2.12: Sürekli ön pres.



Şekil 2.13: Sürekli ön pres, Siempelkamp, MDF üretim tesisleri.

Levha taslağı sürekli ön pres bandına serilmeden önce bandın üstüne su ile kimyasal madde karışımı püskürtülmektedir. Bu işlemin amacı, üst tabakalardan orta tabakaya ısı transferini hızlandırarak plastikleştirmeyi sağlamaktır.

2.6.10. Sıcak Presleme

Ön pres işlemleri yapılmış levha taslağı, sıcak presleme aşamasına gelerek, burada sıcaklık ve basınç etkisiyle nihai levha ürünü halini alması için presleme işlemine tabi tutulacaktır.

Sıcak presleme işlemi için Dünya’da çeşitli pres teknolojileri geliştirilmiştir. İlk önceleri tek katlı aç – kapa presler (statik pres) kullanılırken kapasite artırmak için çok katlı presler geliştirilmiş ve bunların kat sayıları artırılmıştır. Daha sonraları levha ürünlerine olan talep artışından dolayı sürekli pres teknolojisi geliştirmiştir. Dünya’daki ilk sürekli pres Siempelkamp şirketi tarafından 1985 yılında Almanya’da üretilmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan sürekli pres sistemlerinin temeli “Mende Pres” sistemlerine dayanmaktadır. Mende presleri ince levhaların ekonomik olarak üretilmesi amaçlanmış ve bu amaç doğrultusunda kullanılmıştır (Candan, 2007).



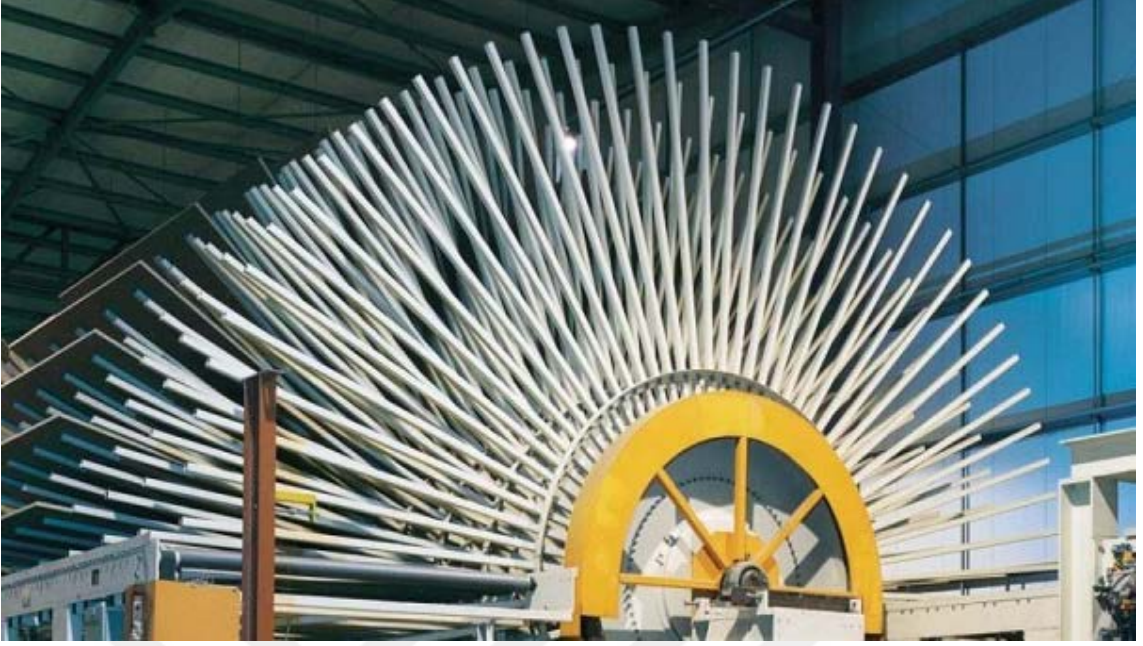
Şekil 2.14: Sürekli presin genel görünüşü, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

Ülkemizde, gelişen teknoloji ve artan pazar ihtiyacının yanında boşa tüketilen zaman ve enerjiden tasarruf etmek için liflevha ve yongalevha üretiminde sürekli pres kullanmayı gerektirmiştir. Levha üreten şirketler üretimlerinde çoğunlukla sürekli pres kullanmaktadırlar.

Sürekli preste presleme işlemi genel olarak üç ayrı bölümü içermektedir. Bu üç ayrı bölümde levha taslağı farklı sıcaklık ve basınç değerlerine maruz kalmaktadır. Taslak prese girdikten sonra ilk olarak, levha taslağının yüksek basınca maruz bırakılarak istenen nihai kalınlığa ulaşmasını sağlamak, ikinci aşamada ise neredeyse basınç uygulanmaksızın taslak içindeki buhar ve gazın atılmasını sağlayarak, tutkalın yapışma reaksiyonunu tamamlaması amaçlanmaktadır. Son olarak, levhanın kalınlık ayarına uygun basınç uygulanır. Presteki sıcaklığa bakıldığında ise ilk bölgede uygulanan sıcaklık ikinci bölgedeki sıcaklığa göre daha düşüktür olarak uygulanır. Bunun nedeni ise, tutkalın sertleşmesinin ikinci aşamada gerçekleşmesi sağlamaktır. Son bölgenin sıcaklığı ise, levhanın patlamaması ve yüzeylerinin koyulaşmaması amacıyla diğer iki aşamadan biraz daha düşüktür. Sıcak presten çıkan levhanın her iki yanında bulunan testere ile yandaki fazlalıklar alınmaktadır ve daha sonra diyagonal testere ile levha enine olarak boyutlandırılmaktadır (Ergül, 2013).

2.6.11. Klimatize İşlemi

Sıcak presten çıkan levhaların yüzeylerinde sıcaklık farkları oluşmasını önlemek için istiflenmeden önce klimatize edilmesi gerekmektedir. Bu işlemde levhaların soğuması sağlanarak, sıcaklığın levhanın her tarafında eşit olması amaçlanmaktadır. Aksi takdirde, levhalarda çarpılmalar (boyut değişimleri) meydana gelmektedir. Bu işlem fabrikalarda “Yıldız Soğutucu” adı verilen sistemlerde yapılmaktadır. Bu sistemde levhalar yıldız soğutucunun kolları arasına girmesi sağlandıktan sonra burada belirli süre dönerek levha sıcaklığının dengelenmesi amaçlanmıştır (Ayrılmış, 2000; Ergül, 2013).



Şekil 2.15: Yıldız soğutucu ile yapılan klimatizasyon işlemi, Siempelkamp MDF üretim tesisleri.

2.6.12. Zımparalama İşlemi

Yıldız soğutuculardan çıkan levhalar, tutkalın yapışma reaksiyonunu tam olarak tamamlaması ve yapışma direncinin artması amacıyla 3 – 4 gün süreyle istif halde bekletilmektedir. Bekleme süresini tamamlayan levhalar, yüzey düzgünlüğü sağlanması ve levhadaki kalınlık farklılıklarını giderilmesi amacıyla amacı ile zımparalama işlemine tabi tutulurlar.

Zımpara makinesinde hem alt hem de üst yüzeylerde silindirler bulunmakta ve zımpara bandı bunlar etrafında dönmektedir. Liflevha endüstrisinde genellikle zımpara hattında sırasıyla levhalar kalın zımparadan ince zımparaya doğru üç ayrı zımpara bantlarıyla zımparalanırlar. MDF endüstrisinde genellikle zımpara hattında sırasıyla 60 – 120 – 150 numara zımpara bantları kullanılmaktadır.

Zımparalama işleminden geçen levhaların tasnif işlemleri de yapıldıktan sonra ürün ambarlarına giderek satışa hazır hale gelmektedir (Ayrılmış,2000; Ergül, 2013).

2.6.13. Boyutlandırma

Zımparalama işleminden sonra levhaların boyutlandırılması aşamasına geçilir. Fasilalı çalışan pres (tek ve çok katlı pres) kullanan fabrikalarda boyutlandırma zımparalamadan önce yapılırken, sürekli preslerde ebatlandırma zımparalamadan sonra yapılmaktadır. MDF üretiminde zımparalama işleminden sonra pres çıkışında boyu kesilmiş olan levhaların

genişlikleri de net ölçüye getirilir ve nihai ürünün ebatlanması tamamlanmış olur. Kesim esnasında çıkan atıklar toplanarak kazan dairesine gönderilir (Balkız, 2006).

2.6.14. Depolama

Diğer odun esaslı levhalar gibi MDF’de higroskopik (rutubet alan ve veren) bir malzeme olup, ortamın rutubet miktarına göre boyutlarını değiştirebilmektedir. MDF’nin rutubet miktarı % 1 değiştiğinde, uzunluğu ve genişliği her metrede ortalama 0.4 mm değişmektedir. Depo hava şartları levhaların rutubet miktarı üzerinde çok etkilidir. Bir tarafı açık havaya maruz kalan levha depolarında hava akımı etkisiyle levhaların rutubet miktarı artabilmektedir. Levhalar depolama veya işleme esnasında ıslanmadan özellikle korunmalıdır. Herhangi bir kaynaktan levha yüzeyine su damlarsa o bölgedeki lifler şişecek ve kabarcaktır. Bu durum üst yüzey işlemlerinde problem oluşturmaktadır.

Depolama sırasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar; MDF levhaları tercihen yatay olarak temiz bir zemine karşı takozlar kullanılarak depolanır. Rutubetli zemine karşı ise polietilen şilte konularak rutubetten korunabilir. Takozlar eşit kalınlıkta olmalı aradaki açıklıklar 80 cm’den daha fazla olmamalıdır. İnce levhalarda levha kalınlığının 50 katından daha fazla olmamalıdır. Dikine istifler düzgün olmalı ve takozlarda aynı hizada olmalıdır. Paketlerden tasan takoz çıkıntılar minimum olmalıdır. Az sayıda levha iyi yerleştirilir ve desteklenirse dikine istif edilebilir. Depolama alanı iyi havalandırılmalıdır. Depolama alanında hava bağıl nemi%50 levha rutubet miktarı %7-9’da olmalıdır. Ekstrem rutubetten dolayı her bir paketin etrafı plastik ile ambalajı yapılmalıdır. Levhalar transportu tek tek hava şartlarına uygun olarak yapılmalıdır. Paketlerin altına ve üstüne koruyucu levhalar konmalıdır. Uzun süreli depolamada çevreden gelebilecek kısa süreli değişik zarar verebilecek nesneler ortadan kaldırılmalıdır (Maloney, 1993; Çamlıbel, 2006).

2.7. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde tabakalı MDF üretim tekniği üzerine kapsamlı bir araştırma tespit edilememiştir. MDF’nin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yüzey/orta tabakada farklı lif boyutlarının etkisinden ziyade hammadde tipi ve oranları ile üretim şartlarının etkisi araştırılmıştır (Woodson, 1987; Park ve diğ., 2001; Gillah ve diğ., 2000; Ayrılmış, 2002; Ayrılmış, 2003; Ganev ve vd., 2005; İstek, 2006; Benthien ve diğ., 2014).

Önceki bir çalışmada Gillah ve diğ. (2000) orta tabakası odun lifleri ve yüzey tabakaları sisal liflerinden oluşan tabakalı MDF levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dik çekme direncinin standart tek tabakalı odun liflevhalardan daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada odun lifi boyutlarının tek tabakalı MDF'nin mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Benthien ve diğ., 2014). Aynı çalışmada 3 farklı lif uzunluğundan ürettikleri MDF levhaların mekanik özelliklerini tespit edilmiş olup, 19.8 mm uzunluğuna sahip kaba liflerden üretilen MDF levhaların levha yüzeyine dik yönde çekme direnci, eğilmede elastikiyet modülü en yüksek bulunurken 15.8 mm uzunluğa sahip liflerden üretilen MDF levhaları düşük mekanik değerler vermiştir.

Literatürde çoğunlukla mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 3 tabakalı yongalevha üzerine araştırmalar yapılmıştır. Örneğin, Hrázský ve Král (2003) yaptıkları bir çalışmada yongalevha'nın orta tabakasına %25 oranında testere talaşı ilavesi ile standart üzerinde levha kalitesi elde edildiğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Warmbier ve diğ. (2010) tarafından da tespit edilmiştir.

Hızıroğlu(2013) bambu liflerinden hazırladığı levha taslağın orta bölgesine %20 ve %50 pirinç sapı lifleri koyarak sandviç levha üretmiş olup, levhaların eğilmede elastikiyet modülünü 1700 N/mm^2 ve eğilme direncini 22 N/mm^2 olarak tespit etmiştir. Sadece bambu liflerinden yapılan levhalarda ise eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü ise 2273 N/mm^2 ve 28.66 N/mm^2 olarak bulmuştur.

Ayrılmış (2000) tarafından yapılan bir çalışmada aynı yoğunlukta ve kalınlıkta üretilen çam, meşe ve kayın odunlarının liflerinden üretilen ticari MDF levhaları arasında karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre çam odunu liflerinden üretilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri meşe ve kayın odunu liflerinden üretilen levhalardan daha iyi bulunmuştur. Bu durum düşük yoğunluktaki çam odunu liflerinden yapılan levhaların sıcak preste kolay sıkıştırabilmesi yani sıkıştırılma oranının daha yüksek olması ve lif uzunluğu ile açıklanmıştır.

MDF'nin yüzey tabakalarının yumuşak ağaç türlerinin lifleriyle orta tabakanın ise sert ağaç odun lifleriyle üretilmesi durumunda basınç ve çekme gerilmelerinin olduğu yüzeyler daha sıkı ve yoğun olacaktır.

Miyamoto ve diğ. (2002) tarafından yapılan araştırmada aynı yoğunlukta küçük boyutlu yongalardan üretilen yongalevha'lar daha büyük boyutlu yongalardan üretilen levhalara göre daha fazla uzama gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuç García-Ortuño ve diğ. (2011) tarafından yongalevha üzerine yapılan bir çalışmada tespit edilmiştir.

Saffari (2011) Yongalevha üretiminde yonga büyüklüğü optimum seviyenin üzerine çıktığında kalınlığına şişme oranında artış tespit edilmiştir. Levha yoğunluğunun yüksek olmasıyla kalınlık yönündeki bu gerilme artış göstereceğinden özellikle kalınlığına şişme oranı daha yüksek olacaktır. Benzer sonuçlar MDF ve yongalevha üzerine yapılan önceki çalışmalarda tespit edilmiştir (Ganev ve diğ.,2005; Ayrılmış, 2007; Rofii ve diğ., 2013; Benthien ve Ohlmeyer, 2017). Örneğin, Ayrılmış (2007) yaptığı bir çalışmada artan MDF yoğunluğu ile %65-35 ve %65-85 bağıl nemler arasında boyutsal değişimin arttığı tespit etmiştir.

Literatürde yongalevha'nın yüzey tabaka oranının artmasıyla vida tutma gücünün iyileştiği belirtilmiştir (Akbulut, 1998; İstek ve diğ., 2017). García-Ortuño ve diğ. (2011) yongalevha üretiminde yonga büyüklüğü optimum seviyenin üzerine çıktığında yüzey ve kenar vida tutma gücünde azalma tespit edilmiştir.

Ahşap esaslı levhalarda eğilme özelliklerinin yüzey tabaka oranından artışıyla iyileştiği belirtilmiştir (Nemli, 2003;H`ng ve diğ., 2012; İstek ve diğ., 2017). MDF, yongalevha, OSB gibi ahşap esaslı levhaların eğilme direnci üzerine alt ve üst yüzey tabakaların etkisi orta tabakadan daha yüksektir. Eğilme yükü altında üst tabakada basınç gerilmesi alt tabakada ise çekme gerilmesi oluşmaktadır. Orta tabakada ise makaslama gerilmesi oluşmaktadır. Dolayısıyla, tabakalı levhaların tek tabakalı levhalara göre önemli avantajlardan birisi eğilme yüklerine karşı mukavemetinin daha yüksek olmasıdır.

Yongalevha'nın yüzey tabakalarında %8-14 oranında üre-formaldehit tutkalı kullanılırken orta tabakada ise %4-8 oranında üre-formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. MDF'de üretiminde ise yongalevha'nın yüzey tabakalarında olduğu gibi bütün liflere (blowline sistemi kullanarak) %8-14 üre-formaldehit tutkalı uygulanmaktadır (Heiko ve diğ., 2010).

2.8. ARAŞTIRMANIN AMACI

Gelişmiş ülkelerde yongalevha’da olduğu gibi farklı tabakalar kullanılarak MDF levhaların özelliklerini iyileştirmeye yönelik çalışmalara doğru bir yönelim beklenilmektedir. Bu araştırmada da MDF üretiminde yongalevha’da olduğu gibi 3-tabakalı bir yapı elde edilmesi hedeflenmiştir. Böylece levhanın yüzeyi ince liflerden elde edilirken orta tabakası yüzeye göre daha kaba liflerden oluşacaktır. Defibratör disk açıklığının kademeli olarak artırılmasıyla tabakalı bir yapıya ilave olarak yüzey/orta tabakalar arasında ve orta tabaka tutkal oranında tedrici geçişin olduğu levha tipleri de üretilecektir. Tez kapsamında 3 tabakalı MDF’nin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bu üretim parametrelerinin etkisi araştırılmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. MALZEME

3.1.1. Kullanılan Ağaç Türleri ve Özellikleri

Deneme levhalarının üretiminde odun hammaddesi olarak yüzey tabakalarında sarıçam ve orta tabakada ise doğu kayını odunu lifleri kullanılacaktır. Odun hammaddesi olarak MDF üretiminde kullanılan yuvarlak kabukları soyulmuş lif-yonga odunları kullanılmıştır. Ağaç türlerinin özellikleri aşağıda verilmiştir.

3.1.1.1. Sarı Çam (*Pinus Sylvestris*)'ın Özellikleri

Botanik Özellikleri

Yetiştirme ortamına göre 20-45 m'ye kadar boylanır. Narin ve silindirik gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı yahut dolgun gövdeli yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Genç gövdelerde, yaşlı ağaçların yukarı kısımlarında, kalın dallarda "tilki sarısı" rengindeki kabuk gayet ince levhalar halinde ayrılır. Yaşlı gövdeler ise gri kahverengi, kalın ve çatlaklıdır (Berkel 1970; Bozkurt ve Erdin 1997).



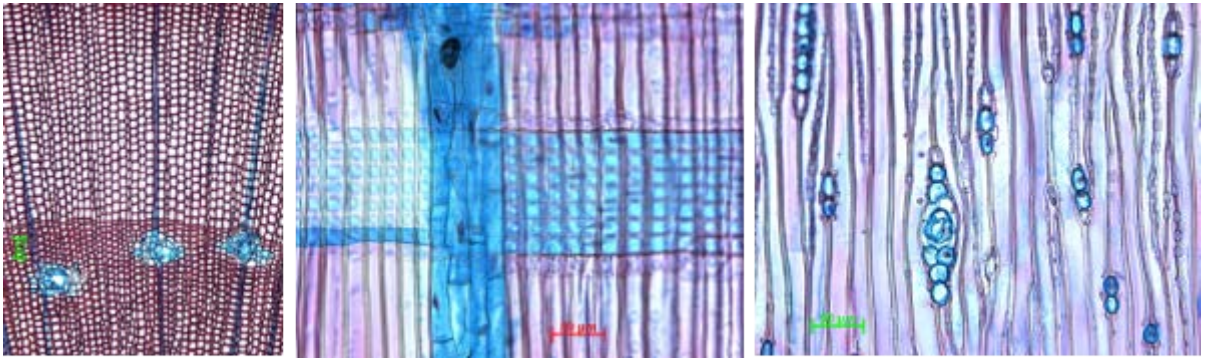
Şekil 3.1: Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ağacı görünümü (www.alamy.com).

Anatomik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Sarıçam odununun yıllık halka sınırları belirgin olup, yaz odunu traheidleri radyal yönde yassılaştırmış, kalın çeperli, dar lümenlidir. İlkbahar odununda traheidler geniş lümenli ve ince çeperlidir. Traheidlerin teğet çapı, 10-50µ dur. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça hızlıdır. İlkbahar odunu traheidlerinin radyal geçitlerinde kenarlı geçitler büyük ve tek sıralıdır. Öz ışınları tek sıralıdır. Reçine kanalı bulunan öz ışınları orta kısımda 2-5 9 sıralıdır. Özışınları çoğunlukla 1-12 bazen ise 15'den fazla hücrelidir. Özışını paranşim hücrelerinin çeperleri ince olup enine ve uç çeperlerde geçitler az sayıdadır. Karşılaşma yeri geçitleri 1-2 adet pencere tipindedir. Boyuna paranşim hücreleri bulunmamaktadır (Berkel 1970; Bozkurt ve Erdin 1997).

Değerli bir oduna sahip olan sarıçamda diri odun sarımsı soluk kahverenginde, özodunu ise belirgin kırmızıdır. Özellikle öz odunlarında çok sayıda reçine kanalı mevcuttur. Ticarete kırmızı odun olarak bilinen odunlarından, telgraf ve telefon direkleri, demiryolu traversleri olmak üzere inşaat alanında, döşemecilikte, çatı ve döşeme kirişi, marangoz ve doğramacılıkta, kâğıtçılıkta yararlanılmaktadır. (Berkel 1970; Bozkurt ve Erdin 1997; Anşin 1999).

Sarıçam diri odunu hafif ve yumuşak olup, işlemesi kolaydır. Çivi, vida tutma kabiliyeti orta derecededir. Sarıçam odunu, eğilme ve basınç direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi ve düzgün yüzey vermesi nedeniyle mobilya üretiminde tercih edilmektedir. (Hammond et al., 1969; Dönmez, 2010).



Şekil 3.2: Sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ağacının enine, radyal ve teğet kesit görünüşleri (www.alamy.com).

3.1.1.2. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis Lipsky*)'nın Özellikleri

Botanik Özellikleri

Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky.*), sistematikte *Fagales* takımı, *Fagaceae* familyası, *Fagus* cinsinin türü olarak verilmektedir. Kışın yapraklarını döker, 35-50 metreye kadar boylanabilir, 1 metrenin üzerinde çap yapabilir. Doğu kayını, dolgun ve düzgün gövdeli olup birinci sınıf orman ağaçlarından. Bu türün kabuğu açık kül renginde olup, ağacın tüm hayatı boyunca çatlamadan düz ve pürüzsüz olarak kalır (Gökmen 1973; Anon. 1985; Yaltırık 1993).

Yaprakları eliptik veya ters yumurta biçiminde, tam kenarlı veya hafifçe dalgalı kenarları olan; üst yüzleri çıplak, alt yüzleri damarlar boyunca beyaz ipeksi tüylü; uç kısmı sivri, dip tarafı yuvarlakça veya kama biçimindedir. Yan damarlar yaprak kenarına ulaşmadan uç kısımlarından kıvrılır. Kulakçıklar 3-5 mm boyundadır. Yaprak uçları sivri, uzun veya kısa saplı olup, 6-12 cm uzunluğunda, kenarları körpe iken kirpiklidir (Anon. 1985; Yaltırık, 1993; Kara, 2011).

Kayın, genç yaşlardan itibaren ince tali kökçükler meydana getirerek kalp kökü geliştirir ve bu kök sistemi oldukça derine gider. Buna rağmen kayın ağacı, tamamen derin köklülerden olmayıp entansif köklenmiş grubuna girer. Sürekli fakat orta derecede nemli madensel besin maddelerince ve humusça zengin toprakları sever. Don ve kuraklık en büyük düşmanıdır. (2013, OGM, orman atlası).



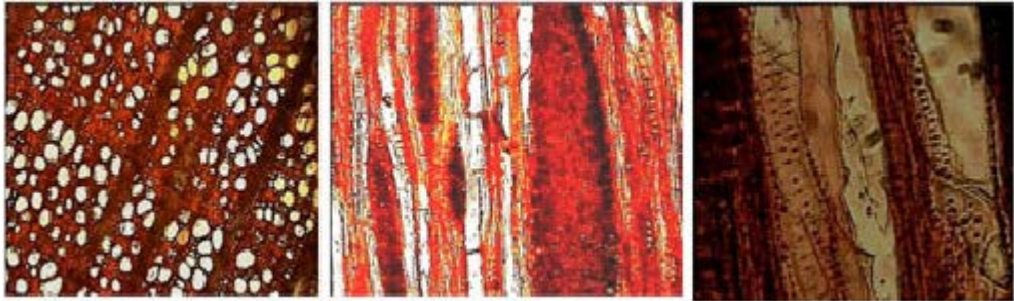
Şekil 3.3: Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky.*) ağacı görünümü (www.alamy.com).

Anatomik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Odunu doğal halde kırmızımsı beyaz, su buharı ile muamele edilmiş (buharlanmış) halinde daha koyu kırmızımsı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Yıllık halka sınırları belirgindir, yaz odunu ilkbahar odununa nazaran daha koyu renktedir. Kalın ve parlak öz ışınları, teğet kesitte iğ şeklinde, kırmızımsı kahve renkli çizgiler halinde yüzeye dağılmış durumdadır (Berkel 1970).

Öz odunundaki traheler içerisinde nispeten kireç oluşumu ve tül teşekkülü vardır. Paranşim hücrelerinin teşkil ettiği öz ışınları çok sıralı olarak teğet kesitte görülebilir. Radyal kesitte öz ışınları homojen ve heterojen bir yapı göstermektedir. Ayrıca, öz ışını demetleri yıllık halka sınırında genişleme yaparlar. Doğu kayını odununda traheler % 31, lifler % 37,4, öz ışınları % 16,2, boyuna paranşimler % 4,5 gibi bir oranda bulunurlar (Berkel 1970; Doğanay 1995).

Odunu orta sertlikte ve orta ağırlıktadır. Buharlama yöntemiyle kolaylıkla bükülebilir. Kurutmada özen gösterilmesi gereken bir ağaç türüdür. Fazla çalışır, kolay yarılr. İşlenmesi kolaydır ve düzgün yüzey verir. Soyulabilir, kesilebilir, yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük göstermez. İyi boyanır ve cilalanır. Böcek ve mantarlara karşı çok hassas olup dayanıksızdır. Çabuk ardaklanır. Diri odunu kolay emprenye edilebilir fakat öz odunda tül oluşumu emprenyeyi güçleştirir. Orman ürünleri endüstrisinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif ve bükme mobilya, spor aletleri, tornacılıkta, levha ürünlerinde, kaplama levha, fiçı sanayisinde, karoser yapımında, emprenyeli olarak travers yapımında ve ayrıca odun kömürü yapımında değerlendirilmektedir (2013, OGM, Orman Atlası).



Şekil 3.4: Doğu kayını (*Fagus Orientalis Lipsky.*) ağacının enine, radyal ve teğet kesit görüntüleri (www.alamy.com).

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Hammadde

3.2.1.1. *MDF üretiminde kullanılan Odun Liflerinin Hazırlanması*

Deney levhalarının üretiminde kullanılacak odun liflerinin üretimi Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi Gebze fabrikası tarafından sağlanmıştır. Odun hammaddesinin yongalanması, elenmesi ve liflendirilmesi disk açıklığı esas alınarak Kastamonu Entegre Gebze tesislerinde yapılmıştır. İ.Ü. Orman Fakültesi, Ahşap levha pilot üretim laboratuvarına getirilen lifler %10 rutubete kadar kurutulduktan sonra eleme işlemi yapılmıştır. Yüzey tabaka liflerinin üretiminde ülkemizde ağırlıklı olarak kullanılan 0.4 mm disk açıklığındaki çam lifleri kullanılmış olup eleme işlemi yapılmamıştır. Orta tabaka kayın kaba liflerinin üretiminde ise farklı boyutlarda kullanılan elekler ile 0.4 mm, 0.6 mm, 0.8 mm, 1.0 mm, 1.2 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece geniş bir çalışma aralığında kayın kaba lif boyutunun etkisi araştırılmıştır. Kaba lif üretimi *Pallmann* marka defibratörde gerçekleştirilmiştir. MDF levhaların yüzey tabakalarında normal MDF üretiminde kullanılan yumuşak ağaç lifleri (0.4 mm disk açıklığından geçen) çam odunu lifleri kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan kayın odunu lifleri (uzun lifler) levha tabakasının orta kısmında direnç özelliklerini iyileştirmek için kullanılmıştır, aynı şekilde yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacıyla da çam odunu lifleri (kısa lifler) kullanılmıştır.



Şekil 3.5: 0.4 mm disk açıklığında elde edilen çam lifleri.

MDF orta tabakası için elemeye tabi tutulan doğu kayını lifleri sınıfları Şekil 3.6'dan Şekil 3.10'a kadar verilmiştir.



Şekil 3.6: 1.2 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.



Şekil 3.7: 1.0 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.



Şekil 3.8: 0.8 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.



Şekil 3.9: 0.6 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.



Şekil 3.10: 0.4 mm disk açıklığında elde edilen kayın lifleri.

3.2.1.2. Levha Üretiminde Kullanılan Yapıştırıcı

Deneme levhalarının üretiminde E1 sınıfı üre-formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılmıştır. Üre-formaldehit tutkalının teknik özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Üre-formaldehit tutkalına sertleştirici olarak tam kuru tutkal ağırlığının %1’i oranında amonyum klorür çözeltisi (%20’lik) katılmıştır. Sıvı üre-formaldehit tutkalına ağırlıkça %10 sertleştirici (amonyum klorür %20’lik çözeltisi) katılmıştır. Odun, tutkal ve diğer katkı maddeleri fabrikadan karşılıksız hibe olarak tedarik edilmiştir.

Tablo 3.1: Üre-formaldehit tutkalının teknik özellikleri.

Özellik	Birim	Sonuç
Katı madde (120 °C’de 2 saat)	(%)	50.62
Yoğunluk	(g/cm ³)	1.208
Viskozite	(cps, 20 °C)	26
Akma zamanı	(sn, 20 °C)	
pH (20°’de)	-	8.60
Serbest formaldehit	(%)	0.10
Jelleşme zamanı (100 °C de)	s	55

3.2.2. Tabakalı MDF Levhaların Üretimi

Odun Mekanik ve Teknolojisi Anabilim Dalında bulunan pilot ölçekli ahşap kompozit levha üretim laboratuvarında Tablo 3.3'den Tablo 3.5'e kadar verilen MDF üretim desenleri başarıyla üretilmiştir. Tez çalışması kapsamında 3 farklı MDF üretim deseni gerçekleştirilmiştir. Bunlar;

1. Disk açıklığının 0.4 – 1.2 mm arasında kademeli değiştirilmesi,
2. Orta tabaka oranının %30-70 arasında kademeli değiştirilmesi,
3. Orta tabaka tutkal oranının %10.5'den 6.5'ye kademeli düşürülmesidir.

Yukarıda verilen her bir üretim deseni detaylı olarak Tablo 3.3'den Tablo 3.5'ye kadar verilmiştir. Tez çalışması kapsamında üretilen MDF levhaları yongalevha'da olduğu gibi tabakalı yapıya sahip olduğundan yüzey tabaka lifleri ve orta tabaka lifleri ayrı ayrı tutkallanmıştır. Tablo 3.3'de verilen tüm MDF gruplarında levhaların orta tabakası %50 ve yüzey tabakası %50 olacak şekilde üretim yapılmıştır. Bu maksatla ilk olarak yüzey tabaka lifleri tutkallama makinasına koyulduktan sonra sabit devirde dönmekte olan tamburlu tutkallama makinesine tutkallama tabancasıyla üre-formaldehit tutkalı tanecikli olacak şekilde püskürtülmüştür. Bu işlem yaklaşık 3-4 dakika sürmüştür. Tutkal miktarı tam kuru lif ağırlığına göre hesaplanmıştır. Yüzey tabakalarının tutkal oranı %10.5 olarak sabit tutulurken, orta tabaka için ise her bir levha grubu için kullanılan tutkal miktarı Tablo 3.3'den Tablo 3.5'e kadar verilmiştir. Tutkallama işlemi tamamlandıktan sonra tutkallı lifler karıştırma kolları bulunan tutkallama makinesi içerisinde 2 dakika daha karıştırılmıştır. Tutkallı yüzey tabaka lifleri hassas terazide ikiye bölünerek levhanın alt ve üst tabakası olarak ikiye ayrılmıştır. Levhanın orta tabakasında kullanılan kaba lifler de yüzey tabaka liflerine benzer şekilde tutkallanmıştır.

Taslak oluşturma işlemi 500 mm x 500 mm ölçülerine sahip taslak çerçevesinin içerisinde yapılmıştır. Taslak kutusu şeffaf plastik malzemeden yapılmış olup, üzerine taslak yüksekliğinin homojen olmasını sağlamak amacıyla 2 cm yüksekliklerle referans çizgileri çizilmiştir. İlk olarak alüminyum taslak sacı üzerine yapışmaz ve ısıya dayanıklı kağıt serilmiştir. Bunun üzerine şeffaf taslak kutusu yerleştirilmiştir. Önce alt tabaka ince yüzey lifleri el ile homojen bir şekilde serilmiştir. Serilme işlemi yapılırken referans çizgileri kullanılarak taslak yüksekliğinin her bölgede aynı olması sağlanmıştır. Daha sonra orta tabaka

kaba lifleri ve en üste de üst tabaka yüzey lifleri serilmiştir. Taslak oluşturma kutusuna homojen bir şekilde soğuk presleme yapılarak içindeki hava alınmıştır. Bu şekilde taslak yüksekliği sıcak prese girmeden önce azaltılmıştır. Bu işlemi takiben en üst tabakaya yine ısıya dayanıklı yapışmaz kağıt ve bunun üzerine alüminyum sac konduktan sonra taslak otomatik kontrollü laboratuvar tipi sıcak prese verilmiştir. Sıcak preslemede pres sıcaklığı 190 °C, pres süresi 7 dakika ve maksimum pres basıncı 3.5 N/mm²'dir. Sıcak presten çıkan MDF levhaları bekletilmeksizin hemen istiflenerek soğutulmuş ve %65 bağıl nem ve 20 °C sahip klima odasına rutubet bakımından değişmez ağırlığa gelinceye kadar kondisyonlanmışlardır. Laboratuvarıda MDF üretiminde liflerin tutkalllanması, taslak ve sıcak presleme ile nihai levha örneği Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11: Laboratuvarıda MDF üretim safhasının önemli kısımları verilmiştir.

Araştırmada yüzey tabaka lifleri sadece ince (0.4 mm disk açıklığı) çam liflerinden oluşurken orta tabaka lifleri ise kayın kaba lifleri (0.4 mm-0.6 mm-0.8 mm-1 mm-1.2 mm disk açıklıkları) ile üretilmiştir. Levhaların üretim şartları aşağıda verilen tablodaki gibi olup her bir levha tipi için 3'er levha üretilmiştir. MDF levhalarından standart ölçülerdeki deney numuneleri hazırlanmıştır. Numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek amacıyla standartlarda belirtilen testler uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklere ait testlerden

önce örnekler klima odasında %65 bağıl nem ve 20°C sıcaklıkta değişmez ağırlığa kadar kondisyonlanmıştır. Tablo3.2’deMDF üretim şartları verilmiştir.

Tablo 3.2: MDF levhalarının üretim şartları.

Üretim Şartları	Değer
Levha Boyutları	10mm x 400mm x 400 mm
Sertleştirici – NH ₄ Cl (Katı tutkala oranla)	%1
Pres Sıcaklığı	190 °C
Maksimum Pres Basıncı	3.5 N/mm ²
Pres Süresi	7 dakika

Bir üretim parametresinin etkisini incelemek amacıyla levha grupları üretilirken, diğer bütün faktörler sabit tutulmuş, yalnızca o değişkene göre levha üretilmiştir. Tez kapsamında üretilen bütün levha gruplarının özellikleri Tablo 3.3-3.5’de ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Tablo 3.3: Orta tabaka için defibratör disk açıklığı değişimi.

Levha kodu	Yüzey tabaka oranı(%) (Çam lifleri)	Orta tabaka oranı(%) (Kayın lifleri)	Orta tabaka Defibratör disk açıklığı(mm)	Yüzey tabaka tutkal oranı(%)	Orta tabaka tutkal oranı(%)
A	50	50	0.4	10.5	10.5
B	50	50	0.6	10.5	10.5
C	50	50	0.8	10.5	10.5
D	50	50	1.0	10.5	10.5
E	50	50	1.2	10.5	10.5

Tablo 3.4: MDF Orta tabakasında kullanılan tutkal oranının değişimi.

Levha kodu	Yüzey tabaka oranı(%) (Çam lifleri)	Orta tabaka oranı(%) (Kayın lifleri)	Orta tabaka Defibratör disk açıklığı(mm)	Yüzey tabaka tutkal oranı(%)	Orta tabaka tutkal oranı(%)
F	50	50	Tablo3.3'e göre belirlenmiştir	10.5	10.5
G	50	50		10.5	9.5
H	50	50		10.5	8.5
I	50	50		10.5	7.5
J	50	50		10.5	6.5

Tablo 3.4'te orta tabaka defibratör disk açıklığı, Tablo 3.3'teki desene göre yapılan üretiminden sonra belirlenen optimum disk açıklığına göre uygulanacaktır.

Tablo 3.5: MDF'de yüzey ve orta tabaka oranlarının değişimi.

Levha kodu	Yüzey tabaka oranı(%) (Çam lifleri)	Orta tabaka oranı(%) (Kayın lifleri)	Orta tabaka Defibratör disk açıklığı(mm)	Yüzey tabaka tutkal oranı(%)	Orta tabaka tutkal oranı(%)
K	30	70	Tablo 3.3'e göre belirlenmiştir.	10.5	10.5
L	40	60		10.5	10.5
M	50	50		10.5	10.5
N	60	40		10.5	10.5
O	70	30		10.5	10.5

Tablo 3.5'te orta tabaka defibratör disk açıklığı, Tablo 3.3'teki desene göre yapılan üretiminden sonra belirlenen optimum disk açıklığına göre uygulanacaktır.

3.2.3. Deneme Numunelerinin Klimatize Edilmesi ve Ölçümlerinin Yapılması

Klimatize edilmesi gereken levhalar $20 \pm 2^\circ\text{C}$ derecede ve $\%65 \pm 5$ rutubette değişmez ağırlık elde edilinceye kadar klima odasında kondisyonlaşmıştır. 24 saat aralıklarla yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartı arasındaki farkın $\%0.1$ veya daha az olduğu anda örneklerin değişmez ağırlığa ulaştığı kabul edilmiştir. Böylece levhaların kapsadığı rutubet miktarının yaklaşık $\%12$ olduğu gözlenmiştir. Klimatize edilen levhalardan hazırlanan standart boyutlardaki numunelerin ölçülmesi ve tartılması TS EN 325'e göre yapılmıştır. Buna göre, numune kalınlıkları 0.001 mm hassasiyetli dijital mikrometreyle, genişlik ve uzunlukları 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpasla, ağırlıkları ise 0.01 gr hassasiyetli dijital terazi ile tartılmıştır. Uzunluğun ve genişliğin ölçülmesinde, kumpas ayakları ile deney numunesi yüzeyi arasında yaklaşık 45° 'lik bir açı oluşacak biçimde kumpasın ayakları deney parçasına yavaşça ve fazla bir basınç yapmaksızın uygulanmıştır.

3.2.3.1. Deney Numunelerine Uygulanacak Testler

Deneme levhalarından standart ölçülerdeki deney numuneleri hazırlanarak bunlar üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek amacıyla standartlarda belirtilen testler uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklere ait testlerden önce örnekler klima odasında $20 \pm 2^\circ\text{C}$ derecede ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde değişmez ağırlığa kadar kondisyonlanmıştır.

Tablo 3.6: Araştırma kapsamında hedeflenen testler ve kullanılacak standartlar.

Uygulanan testler	Standart no	Numune boyutu(mm)	Numune sayısı
Liflerin morfolojik analizi	Brinell mikroskobu altında liflerin boyutlarının ölçümü		
Yoğunluk (Birim hacim ağırlığı)	TS EN 323	50 x 50	10
Kalınlığına şişme oranı (24 saat)	TS EN 317	50 x 50	10
Eğilme direnci	TS EN 310	250 x 50	10
Eğilmede elastikiyet modülü	TS EN 310	250 x 50	10
Levha yüzeyine dikyönde çekme direnci	TS EN 319	50 x 50	10
Vida tutma gücü (kenar ve yüzey)	TS EN 320	50 x 50	10

3.2.4. Fiziksel Özellikler

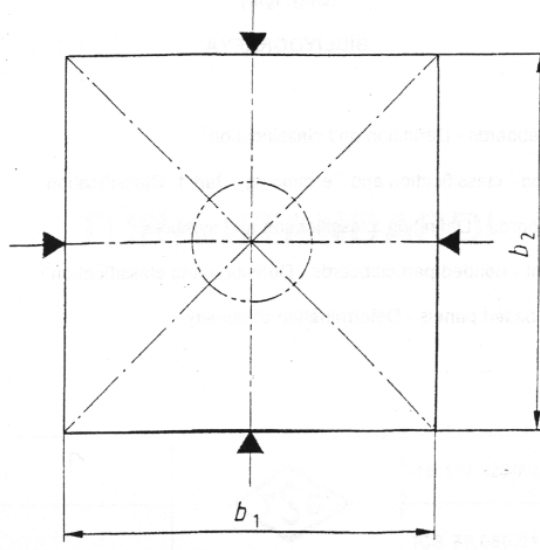
3.2.4.1. Liflerin Morfolojik Analizi

Lif morfolojisi bir lifin şeklini ve yapısını (boyutsal özellikleri) ifade etmektedir. Lif morfolojisi lifin mekanik özelliklerinden çok taslağın özelliklerinin geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir. Lif morfolojisi levhanın direnç özellikleri ve homojen yapıda bir taslak oluşumu bakımından önemlidir. Uzun lifler levhanın direnç özellikleri olumlu yönde etkilerken kısa lifler yüzey pürüzlülüğüne olumlu sonuçlar vermektedir (Akbulut ve Ayrılmış, 2001).

3.2.4.2. Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk)

Liflevhaların birim hacim ağırlığı, levha kullanımını etkileyen önemli bir özelliktir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan levhalar tercih edilmektedir. Birim hacim ağırlığı tayini TS EN 323'e göre yapılmıştır.

Deney, 50 mm x 50 mm x 10 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmış ve levhalar $20 \pm 2^\circ\text{C}$ derecede ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde değişmez ağırlık elde edilinceye kadar kondisyonlanmış kare şeklindeki numuneler üzerinde yapılmıştır. Her bir deney numunesin ağırlığı (m) en az 0.01 g hassasiyetle tartılmıştır. Deney numunelerinin kalınlıkları, 16 ± 1 mm çapa kadar düz, paralel ve dairesel yüzeyleri ölçebilen 0.001 mm hassasiyetli dijital mikrometre ölçülmüştür. Numune uzunluk ve genişlikleri ise 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüştür. Ölçme aleti, deney parçalarının yüzeylerine yavaş yavaş uygulanarak, numunenin kalınlığı, t, en az 0.05 mm yaklaşımla ve Şekil 3.12'de gösterilen köşegenlerin kesiştiği noktadan ölçülmüştür.



Şekil 3.12: Birim hacim ağırlığı tayininde kullanılan numune üzerinde kalınlık ve genişlik ölçme yerleri (TS EN 323'den).

Daha sonra deney örneğinin hacmi hesaplanmıştır. Deney numunelerinin hava kurusu yani %12 rutubetteki yoğunlukları (D_{12}), aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D_{12} = \frac{m}{V}$$

(3.1)

Burada;

D_{12} : %12 rutubetteki yoğunluk, (g/cm^3)

m : Ağırlık, (g)

V : Hacim, (cm^3)'dir.

Her levhanın deney numuneleri için bulunan değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların yoğunluk değeri bulunmuştur.

3.2.4.3. Rutubet Tayini

Rutubet miktarı TS EN 322 (1999)'de belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Rutubet miktarının belirlenmesinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan yararlanılmıştır. 50 mm x 50 mm boyutlarında hazırlanan 20 adet örneğin ağırlıkları analitik terazide ± 0.01 g duyarlılıkta tartılmıştır ve $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta

değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Rutubetin belirlenmesinde;

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (3.2)$$

Formülü kullanılmıştır. Burada;

r: rutubet (%)

m: klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m₀: tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

3.2.4.4. Rutubet Değişimi ile Boyutlarda Meydana Gelen Değişim

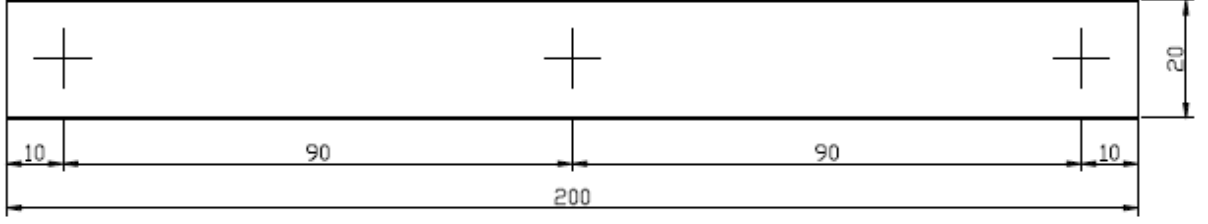
Çalışma miktarı tayini testleri, TS EN 318 (31) esaslarına göre yapılmıştır. Bu amaçla 200 x 20 mm ölçülerinde hazırlanan örneklerin kalınlık ölçüm noktaları işaretlenmiştir (Şekil 3.13). Daha sonra örnekler 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarında iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletildikten sonra işaretli bölgelerden ±0,01 mm duyarlıklı mikrometre ile kalınlıkları (k₆₅) ve ±0,01 mm duyarlıklı dijital kumpasla genişlikleri (g₆₅) ölçülmüştür. Daha sonra sıcaklık 20 ±2’de sabit kalmak üzere ortamın bağıl nemi %35 ± 5’e ayarlanmış ve örnekler değişmez ağırlığa ulaştığında k₃₅ ve g₃₅ değerleri belirlenmiştir. Aynı işlemler 20±2 sıcaklık ve %85±5 bağıl nemdeki ortamda tekrarlanarak k₈₅ ve g₈₅ değerleri belirlenmiştir. Bu değerlere göre kalınlıktaki azalma (KZ) ve genişlikteki azalma (GZ) miktarları ise;

$$KZ = \frac{k_{65} - k_{35}}{k_{35}} * 100 \quad (\%) \quad GZ = \frac{g_{65} - g_{35}}{g_{35}} * 100 \quad (\%) \quad (3.3), (3.4)$$

Eşitliklerinden, kalınlık artışı (KA) ve genişlik artışı (GA) miktarı;

$$KA = \frac{k_{85} - k_{65}}{k_{65}} * 100 \quad (\%) \quad GA = \frac{g_{85} - g_{65}}{g_{65}} * 100 \quad (\%) \quad (3.5), (3.6)$$

Eşitliklerinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.13: Numune üzerinde kalınlık ölçüm noktaları (ölçüler: mm).

3.2.4.5. 24 Saat Suda Bekleme Sonucu Kalınlığına Şişme Oranı

Su alma miktarı ve kalınlığına şişme oranının belirlenmesinde TS EN 317 (30) standardında belirtilen esaslara uygun olarak 50 mm x 50 mm boyutlarında kesilen örnekler hazırlanmıştır. Her deney parçasının ağırlıkları hassas terazide (± 0.01) ve kalınlıkları ise dijital kumpasla (± 0.1) ölçülmüştür ve deney örnekleri 20 ± 2 sıcaklıkta temiz suya 24 saatlik süreyle su yüzeyinden 25 mm daha altta olmak üzere batırılmıştır. Deney örnekleri birbirine ve kaba değmeyecek şekilde üst taraftan suyun içine bastırılmıştır. 24 saat sonra sudan dışarı alınıp bir bez ile fazla suyu alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları hassas terazide ve kalınlıkları ise dijital kumpasla ölçülmüştür. Buna göre kalınlık artışı ve su alma miktarı;

$$KA = \frac{k_2 - k_1}{k_1} * 100 \quad (\%) \quad (3.7)$$

k_1 = İlk ölçülen kalınlık (mm)

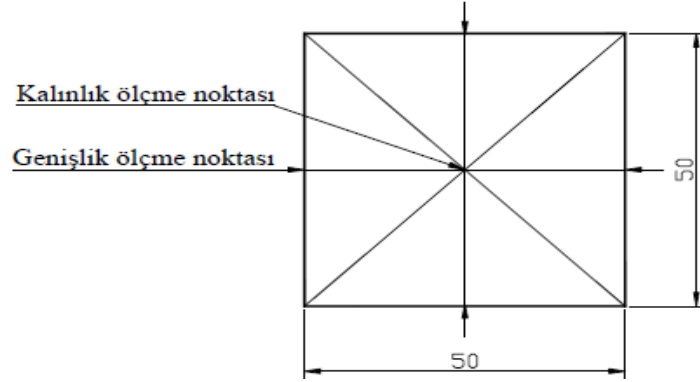
k_2 = Suda bekletildikten sonraki kalınlık (mm)

$$SA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \quad (\%) \quad (3.8)$$

m_1 = İlk ağırlık (g)

m_2 = Suda bekletildikten sonraki ağırlık (g)

Eşitliklerinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.14: Kalınlık ve genişlik ölçme noktaları (ölçüler mm).

Her levhanın deney numuneleri için bulunan değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların kalınlığına şişme değeri bulunmuştur.

3.2.5. Mekanik Özellikler

3.2.5.1. Eğilme Direnci

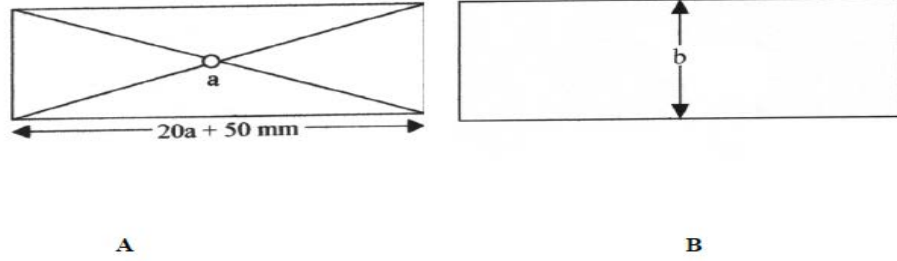
Deney TS EN 310 (1999) standardında belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. İki mesnet üzerine serbest olarak yerleştirilen bir deney parçasına, orta yerden bir kuvvet uygulanarak, eğilme direnci ve eğilmede elâstikiyet modülü tayin edilir. Eğilme direnci; her bir deney parçasının eğilme dayanımı, en büyük kuvvet “ F_{max} ” anındaki momentin “ M ”, toplam en kesit alanına oranı yoluyla hesap edilir. Deneyler, bir ton kapasiteli üniversal ağaç malzeme test makinasında yapılmış ve basınç silindirinin çapının 30 ± 0.5 mm olmasına, dayanak silindirlerinin ise 15 ± 0.5 mm çapında olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan numune boyutları aşağıdaki gibidir.

Numunelerin;

- Uzunluğu (L) = $L_s + 50$ (mm)’dir.
 L_s : Dayanak açıklığı (mm)
- Genişliği (b) = 50 ± 1 (mm),
- Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı (mm),
- Dayanak açıklığı (L_s) = $20 \times a$ (mm)’dir.

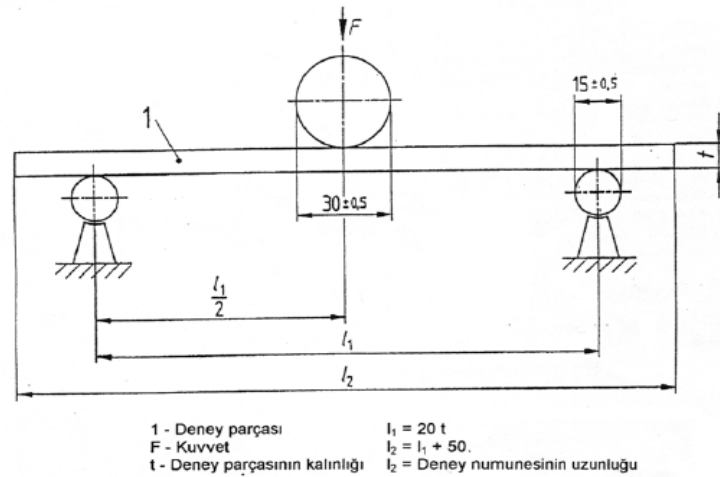
Deney parçasının kalınlığı (a), ± 0.001 mm hassasiyetli dijital mikrometre ile köşegenlerin kesişme noktasından ölçülmüştür. Genişlik (b) Şekil B’de gösterildiği gibi aynı eksen

üzerinde numune uzunluğunun ortasından $\pm 0.01\text{mm}$ hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülmüştür.



Şekil 3.15: A: Numunede kalınlık ölçüm noktası, B: Genişlik ölçüm yeri.

Numuneler, 1 ton yük uygulayabilen universal ağaç malzeme test makinasında, çapları 15 mm olan silindirik dayanaklara boyuna eksenini, dayanak silindirleri eksenlerine dik olacak biçimde serbest olarak yerleştirilmiştir. Böylece deney numunesinin enine eksenini ile yük uygulama başlığının düşey eksenini aynı düzlemde olmaktadır (Şekil 3.16). Dayanak açıklığı (L_s) levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanmıştır. Yük, çapı 30 mm olan basınç silindiriyle orta yerden olmak ve numunenin bütün genişliğine yayılmak üzere numunelerin yarısına üst yüzden, diğer yarısına ise alt yüzden uygulanmıştır.



Şekil 3.16: Eğilme direnci tayini.



Şekil 3.17: Eğilme direnci deneyi (İ.Ü. Orman Fak. Mekanik lab.).

Yük deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve basınç silindirin hızı en büyük yüke (60 ± 30) saniyede ulaşılacak şekilde ayarlanmıştır. Numunenin kırılmasında uygulanan en büyük yük ($F_{\max}$) 1 N yaklaşımla deneme makinasının dijital ekranından okunarak kaydedilmiş ve eğilme direnci 0.01 N/mm^2 yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$f_m = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot L_s}{2 \cdot b \cdot a^2}$$

Burada;

$$f_m = \text{Eğilme Direnci (N/mm}^2\text{)}$$

(3.9)

$F_{\max}$: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L_s : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b: Numune genişliği (mm)

a: Numune kalınlığı (mm)

3.2.5.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elâstikiyet modülü; kuvvet (yük)-sehim diyagramının doğru oranlılık bölgesi içinde kalmak kaydıyla deney parçasına giderek artan bir kuvvet uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sehim ölçülmek suretiyle tayin edilmiştir. Deney, TS EN 310'da belirtilen esaslara göre her bir deneme levhasından yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı levha uzunluğuna dik olarak kesilmiş kondisyonlanmış numuneler üzerinde yapılmıştır. Her gruba ait olan numunelerin yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı ise levha uzunluğuna dik

olacak şekilde alınmıştır. Numuneler üzerine yük uygulanırken levha yüzeyine paralel olan numunelerin yarısına üst yüzünden diğer yarısına ise alt yüzünden uygulanmıştır. Aynı işlem levha yüzeyine dik olan numuneler üzerinde de yapılmıştır. Deney bir ton güçlü universal ağaç malzeme test makinasında yapılmış ve basınç silindirin çapının 30 ± 0.5 mm olmasına, dayanak silindirlerinin ise 15 ± 0.5 mm olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan numune boyutları aşağıdaki gibidir.

Numunelerin;

- Uzunluğu (L) = L_s + yaklaşık 50 mm'dir.
- L_s : Dayanak açıklığı (mm)
- Genişliği (b) = 50 ± 1 mm
- Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı, mm
- Dayanak açıklığı (L_s) = $20 \times a$ mm'dir.

Numune üzerine yük uygulayan basınç silindiri numune üzerine temas ettiği anda makinenin dijital ekranında yük ve deformasyonu (eğilme) gösteren yerler sıfırlanmıştır. Daha sonra numuneye yük uygulanmaya başlanmıştır. Test makinesi değişmez bir hızla numuneye yük uygulamaya başladıktan sonra maksimum yükün %10'unda ve %40'ında numune ortasında meydana gelen sehimler, makinenin dijital ekranından 0.01 mm duyarlılıkla okunmuştur. Böylece, yük-sehim diyagramının doğru orantılılık bölgesindeki yük artışı ($F_2 - F_1$) ve bu yük artışlarına karşılık gelen sehim artışı ($c_2 - c_1$) formülde yerine konarak eğilmede elastikiyet modülü hesaplanmıştır. Bu işlemler, yük uygulamasının başlamasından itibaren $1,5 \pm 0.5$ dakikalık zaman içinde tamamlanmıştır. Her deney numunesinin eğilmede elastikiyet modülü (E_m) 0.01 N/mm^2 yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

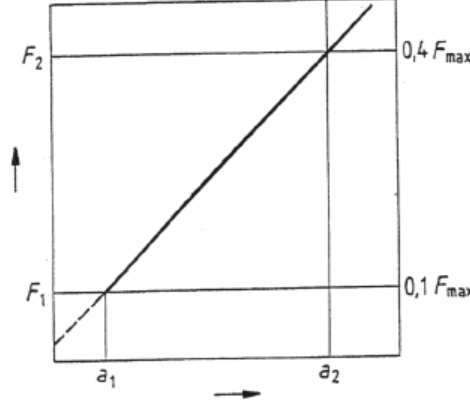
$$E_m = \frac{(F_2 - F_1) \cdot L_s^3}{4 \cdot b \cdot a^3 \cdot (c_2 - c_1)}$$

(3.10)

Burada;

- E_m = Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm^2)
- L_s = Dayanak açıklığı (mm)
- b = Numune genişliği (mm)
- a = Numune kalınlığı (mm)
- $F_2 - F_1$ = Yük-sehim diyagramı orantılılık bölgesindeki yük artışı, (N)

- $c_2 - c_1 = F_2 - F_1$ yük artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışı (mm).

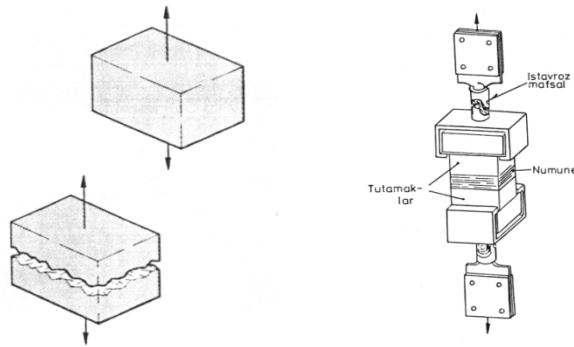


Şekil 3.18: Yük-deformasyon diyagramı içerisindeki deformasyon sınırı.

3.2.5.3. Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik yönde çekme direnci, tutkal ve tutkallama kalitesini belirleyen en önemli özelliktir. Deney, TS EN 319'e göre, her bir deneme levhasından, kalınlığı levha kalınlığında olan ve 50 ± 0.1 mm x 50 ± 0.1 mm x 10 mm boyutlarında kesilmiş ve kondisyonlanmış numuneler üzerinde yapılmıştır. Klimatize edilen numunelerin eni ve boyu, çekme yüzeyinin (kopma alanı) hesaplanabilmesi için 0.01 mm duyarlılıklı dijital kumpas ile ölçülmüştür.

Numuneler boyutları 50 mm x 50 mm x 30 mm olan metal başlıklı iki tutamak arasına hot-melt (sıcakta eriyen) yapıştırılmış ve bu işlemten sonra 1 gün süre ile klima odasında kondisyonlanmıştır. Denemeler 1 ton yük uygulayabilen ağaç malzeme test makinesinde yapılmıştır.



Şekil 3.19: Levhayüzeyinedikyöndeçekmedirencitayini (TS EN 319'dan).

Her bir numune kendisine yapıştırılmış metal tutamaklarla birlikte, Şekil 3.19’da görüldüğü gibi 1 tanesi kendi eksenini etrafında hareketli kavrama çenelerine takılarak yüzeye dik iki zıt yönde değişmez bir yük uygulanarak koparılmıştır. Kopma anında meydana gelen maksimum yük (F_{max}) makinenin dijital ekranından okunarak tespit edilmiştir. Yük, deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükün uygulanmasıyla deney parçasının kopması arasındaki sürenin 60 ± 30 sn içinde olmasına dikkat edilmiştir. Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci 0.01 N/mm^2 yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_{cd} = \frac{F_{max}}{A} \quad (3.11)$$

Burada;

σ_{cd} = Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci (N/mm^2)

F_{max} = Kopma anındaki yük (N)

A = Yükün uygulandığı yüzey alanı (mm^2)

Levha yüzeyine dik yönde çekilen numunelerde kopmanın numunenin orta bölgesinden olduğu gözlenmiştir. Levha yüzeyine çok yakın bir yerden veya metal tutamakla numune arasındaki tutkal hattından olan kopmalar hesaplamaya dahil edilmemiştir.

3.2.5.4. Vida Tutma Gücü

MDF levhalarında yüzeye ve kenara dik vida tutma gücü EN 320 (2011) standardına göre tespit edilmiştir. Bu deneyde $75 \text{ mm} \times 75 \text{ mm} \times$ levha kalınlığında (mm), 15 adet test örneği hazırlanmıştır. Deney örnekleri değişmez ağırlığa ulaşınca kadar klima odasında kondisyonlanmışlardır. Örneklerin köşegenleri çizilerek orta noktaları tespit edilmiştir. Daha sonra bu noktalardan kılavuz delikleri açılmıştır. Deneyde kullanılan vidalar yıldız başlıklı olup, 38 mm uzunluğunda ve 4.2 mm çapındadır. Vidalar, levhanın bir yüzeyine ve iki komşu kenarına dik gelecek şekilde kılavuz deliklerine yerleştirilmiştir. Deney örnekleri vida tamamen çıkıncaya kadar test makinasında 10 mm/dak. hızında çekme kuvveti uygulanmıştır. Deney sonunda ekranda okunan maksimum kuvvet, örneğin yüzeye dik yöndeki vida tutma mukavemet değeri olarak alınır ve 1 N hassasiyetle kaydedilmiştir.

3.2.5. İstatistik Analiz

MDF levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerine ait bulgular istatistik analiz yapılarak değerlendirilmiştir. 3-tabakalı MDF levhaları üzerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen sayısal veriler, SPSS istatistik programı kullanılarak bilgisayar ortamında çözümlenmiş ve yorumları yapılmıştır.

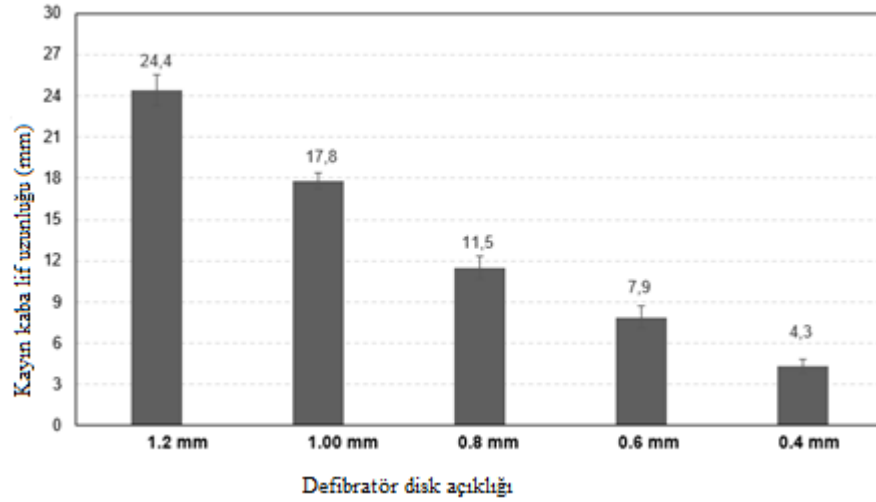
Her bir MDF grubunun fiziksel ve mekanik özelliklerine ait verilere Varyans analizi ve Duncan'ın çoğul varyans analizi ile değerlendirilmiştir. MDF gruplarının her bir deney için istatistik anlamada farklılık gösterip göstermediği (%95 güven düzeyinde) varyans analizi ile tespit edilmiş olup, farklılık çıkması durumunda hangi MDF levha gruplarının farklılık gösterdiği Duncan'ın çoğul varyans analizi ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR

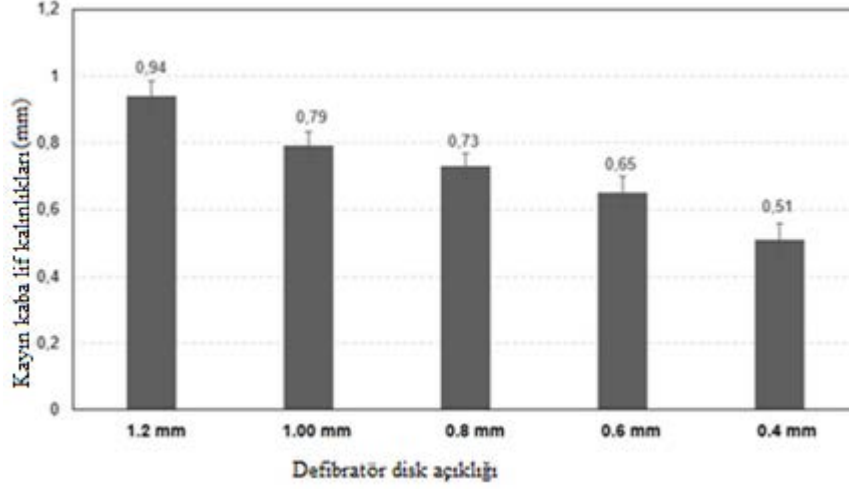
4.1. LİF MORFOLOJİ ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

4.1.1. Kayın Lif Demetlerine Ait Kaba Lif Uzunluğu ve Kalınlığı Ölçümü

Farklı defibratör disk açıklıklarında elde edilen lif demetlerinin uzunluk ve kalınlıkları Brinell mikroskobu ile hassas bir şekilde ölçülmüştür. Lif demetlerinin uzunluklarının ve kalınlıklarının tespitinde her bir disk açıklığı için ortalama 100'er adet lif üzerinde ölçüm yapılarak lif demetlerinin ortalama uzunlukları/kalınlıkları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Kaba lif demetlerinin uzunlukları Şekil 4.1'de kaba lif demetlerinin kalınlıkları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil4.1: Farklı defibratör disk açıklıklarında elde edilen kayın lif demetlerinin ortalama uzunlukları (barlar standart sapmayı göstermektedir).



Şekil4.2: Farklı defibratör disk açıklıklarında elde edilen kayın lif demetlerinin ortalama kalınlıkları (barlar standart sapmayı göstermektedir).

Şekil 4.1 ve 4.2’de görüldüğü üzere defibratör disk açıklığı artışına bağlı olarak lif demetlerinin uzunlukları ve kalınlıklarında belirgin artış tespit edilmiştir.

4.2. MDF LEVHALARINA AİT BULGULAR

4.2.1. Fiziksel Özellikler

4.2.1.1. Orta Tabaka Lif Boyutları (Defibratör Disk Açıklığı) Değişiminin MDF’nin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

MDF orta tabakasında kaba lif kullanımının levhanın fiziksel özellikleri üzerine etkisi Tablo 4.1’de verilmiştir. İstatistik analiz sonuçlarına (%95 güven düzeyi) göre homojenlik grupları küçük harflerle verilmiştir. Tablo 4.1’ de görüldüğü üzere defibratör disk açıklığı 0.4 mm den 0.8 mm’e kadar arttıkça diğer bir ifadeyle orta tabakada kaba lif uzunluğu 11.5 mm ve kalınlığı 0.73 mm’e kadar arttıkça MDF levhaların 24 saat kalınlığına şişme değerinde azalma (%36.8’den %34.2) tespit edilmiştir. Ancak bu azalma istatistik analiz sonucuna göre (%95 güven düzeyinde) anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 4.1: Orta tabaka için defibratör disk açıklığı değişiminin levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi.

Levha kodu	Yoğunluk (kg/m ³)	24-saat suda bekletme ile kalınlığına şişme oranı (%)	Boyutsal değişim (20 °C de)			
			Bağıl nem %65’den %30’e düştüğünde uzunluk ve kalınlıkta azalma		Bağıl nem %65’den %85’e çıktığında uzunluk ve kalınlıkta artma	
			Uzunluk (%)	Kalınlık (%)	Uzunluk (%)	Kalınlık (%)
A	698 (13)	36.8 (2.6) ab	0.18 (0.02) ab	2.88 (0.4) a	0.16 (0.02) a	2.80 (0.4) ab
B	701 (22)	35.6 (2.2) ab	0.16 (0.02) ab	2.73 (0.3) ab	0.15 (0.01) a	2.64 (0.3) a
C	696 (21)	34.2 (1.8) b	0.15 (0.01) a	2.36 (0.2) b	0.14 (0.02) ad	2.25 (0.2) a
D	700 (20)	37.7 (2.3) ad	0.17 (0.03) ab	3.05 (0.5) a	0.17 (0.03) a	2.89 (0.4) ab
E	696 (18)	39.6 (2.3) ade	0.19 (0.02) b	3.15 (0.5) ac	0.18 (0.03) ac	3.10 (0.3) bd

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan’s multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

Defibratör disk açıklığı 0.8 mm’in üzerine çıktığında yani kaba lif uzunluğu 11.5 mm ve kalınlığı 0.73 mm üzerinde olduğunda kalınlığına şişme değerlerinde artış belirlenmiştir. Örneğin, defibratör disk açıklığı 0.8 mm den 1.2 mm’e çıktığında kalınlığına şişme oranı %34.2’den %39.6’a çıkmıştır. Bu sonuç istatistiksel (%95 güven düzeyinde) anlamlı bulunmuştur.

Benzer sonuç yongalevha üzerine yapılan önceki çalışmalarda da tespit edilmiştir. García-Ortuño ve vd. (2011) yongalevha üretiminde yonga büyüklüğü optimum seviyenin üzerine çıktığında kalınlığına şişme oranında artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kalınlığına şişme oranları incelendiğinde 0.8 mm disk açıklığında elde edilen kaba liflerle üretilen MDF levhaların kalınlığına şişme oranları daha yüksek disk açıklığında elde edilen kaba liflerle üretilen levhaların şişme değerleri ile anlamlı farklılık göstermiştir.

Kalınlığına şişme değerlerine benzer durum rutubet farklılığı ile meydana gelen boyutsal değişim değerlerinde de tespit edilmiştir. Defibratör disk açıklığı 0.4 mm’den 0.8 mm’e çıktığında %85-65 bağıl nem aralığında MDF numuneleri uzunluk ve kalınlıkta azalma göstermiştir (Tablo 4.1). Ancak, defibratör disk açıklığı 0.8 mm üzerine çıktığında uzama oranı artış göstermiş, dolayısıyla boyutsal stabilite olumsuz yönde etkilenmiştir. Örneğin, defibratör disk açıklığı 0.8 mm’den % 1.2 mm’e çıktığında %65-30 rutubet aralığında kalınlık

%2.36'dan %3.15'e, uzunluk ise %0.15'den %0.19'a artış göstermiştir ve bu değerler anlamlı farklılık göstermiştir. Benzer durum %65-85 rutubet artımında meydana gelen boyutsal değişimlerde de tespit edilmiştir. Kalınlıktaki artış uzunluktaki artıştan daha fazla olmuştur. Önceki bir araştırmada aynı yoğunluğa sahip iki yongalevha'da küçük boyutlu yongalardan üretilen yongalevha'lar daha büyük boyutlu yongalardan üretilen levhalara göre rutubet artışıyla daha fazla uzama gösterdiği tespit edilmiştir (Miyamoto ve vd., 2002).

4.2.1.2.Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Orta tabaka tutkal miktarının MDF'nin fiziksel özellikleri üzerine etkisi Tablo 4.2' de verilmiştir. Tablo 4.2'deki levhaların üretiminde, levhaların orta tabakasında aynı kaba lif boyutu (0.8mm-C levha grubu)kullanılmıştır. İstatistik analiz sonuçlarına (%95 güven düzeyi) göre homojenlik grupları küçük harflerle Tablo4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2: Orta tabakada kullanılacak tutkal oranının 3 tabakalı MDF levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi.

Levha kodu	Yoğunluk (kg/m ³)	24-saat suda bekletme ile kalınlığına şişme oranı (%)	Boyutsal değişim (20 °C de)			
			Bağıl nem %65'den %30'e düştüğündeuzunluk ve kalınlıkta azalma		Bağıl nem %65'den %85'e çıktığındauzunluk ve kalınlıkta artma	
			Uzunluk (%)	Kalınlık (%)	Uzunluk (%)	Kalınlık (%)
F	696 (21)	34.2 (1.8) a	0.15 (0.01) a	2.36 (0.2) a	0.14 (0.02) a	2.25 (0.2) a
G	698 (17)	36.7 (2.4) ab	0.18 (0.03) a	2.85 (0.2) ab	0.17 (0.03) ab	2.54 (0.3) ab
H	695 (13)	40.8 (3.0) bc	0.22 (0.02) b	3.15 (0.4) b	0.19 (0.02) b	3.01 (0.4) b
I	697 (20)	43.4 (2.7) cd	0.27 (0.03) c	3.94 (0.3) c	0.25 (0.03) c	3.78 (0.2) c
J	700 (24)	49.2 (3.2) d	0.33 (0.04) d	4.36 (0.5) c	0.30 (0.04) d	4.20 (0.3) d

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan's multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

MDF'nin orta tabakasında tutkal miktarı %10.5'den %6.5'a kadar %1 oranında azaltılmıştır. Orta tabakada kullanılan tutkal %1 azaldığında kalınlığına şişme değerlerinde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Ancak, tutkal miktarındaki azalma oranı %2 ve üzerine çıktığında kalınlığına şişme oranlarında anlamlı bir artış tespit edilmiştir.%10.5'den %6.5'a düştüğünde kalınlığına şişme oranı %34.2'den %49.2'e artmıştır. Levha grupları arasında kalınlığına şişme oranı bakımından %95 güven düzeyinde farklılık ve benzerlik gösteren gruplar küçük

harflerle Tablo 4.2' de verilmiştir. Örneğin, Tablo 4.2' de görüldüğü gibi aynı yoğunluğa sahip 5 farklı taslakta orta tabaka tutkal oranı F nolu levha grubundan J nolu grubuna doğru %1 azaldığında kalınlığına şişme oranındaki artma taslak içerisinde birim lif yüzeyine isabet eden tutkal miktarının azalması ile açıklanabilir. Böylece, levhanın suyla temas etmesi durumunda orta tabakada lifler arasında yapışma bağı zayıflayacağından lifler arasına suyun girmesi kolaylaşmakta ve kalınlık artışı daha fazla olmaktadır. MDF levhaların ortam rutubetine bağlı olarak boyutsal değişimi kalınlığına şişme sonuçlarına benzerlik göstermiştir. Orta tabakadaki tutkal miktarındaki azalma MDF'nin uzunluk ve kalınlığındaki değişimi %95 güven düzeyinde anlamlı bir şekilde arttırmıştır. Tablo 4.2' de görüldüğü üzere MDF orta tabakasındaki tutkal miktarı %10.5'dan %6.5'e düştüğünde uzunluktaki kısalma (%65-30 bağıl nemde) iki kat artarak %0.15 den %0.33'e yükselmiştir. Orta tabakada tutkal miktarının %10.5'dan %9.5'a düşmesi durumunda uzunluk ve kalınlıkta %95 güven düzeyinde anlamlı bir azalma tespit edilmemiştir.

MDF levhaların %65-85 bağıl nem arasında uzunluk ve kalınlık değerlerindeki artışlar Tablo 4.2'de verilmiştir. Orta tabakada tutkal miktarı azaldığında yüksek rutubetli ortamlarda MDF levhaların daha fazla çalıştığı tespit edilmiştir. Tutkal miktarı %10.5'dan %9.5'a düştüğünde %65-85 bağıl nem ortamında levhaların uzunluk ve kalınlıklarındaki artış %95 güven düzeyinde farklılık göstermemiştir. Ancak tutkal oranı %9.5'un altına düştüğünde levha gruplarının boyuna ve kalınlık artışı anlamlı bir farklılık göstermiştir. Levhaların yüksek bağıl nemlerdeki uzama ve kalınlık artış oranları, düşük bağıl nemlerdeki kısalma ve kalınlık azalış oranlarından daha düşük bulunmuştur.

4.2.1.3.Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

MDF'nin fiziksel özellikleri üzerine yüzey/orta tabaka oranının etkisi Tablo 4.3'de verilmiştir. Tablo 4.3'deki levhaların üretiminde, levhaların orta tabakasinda aynı kaba lif boyutu (0.8mm-C levha grubu) kullanılmıştır. Tabloda görüldüğü üzere yüzey tabaka oranının %30'dan %70'e artmasıyla MDF'nin 24 saat suda bekletme sonucu kalınlığına şişme oranı ve boyutsal değişim olumsuz yönde etkilenmiştir.

İstatistik analiz sonuçlarına göre yüzey tabaka oranı %30'dan %40'a çıktığında kalınlığına şişme oranında ve boyutsal değişimde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak yüzey

tabaka oranının %30'dan %70'e artırılmasıyla kalınlığına şişme oranı ve boyutsal değişim %95 güven düzeyinde farklılık göstermiştir.

Tablo 4.3: MDF'de yüzey/orta tabaka oranının 3 tabakalı MDF levhaların fiziksel özellikleri üzerine etkisi.

Levha kodu	Yoğunluk (kg/m ³)	24-saat suda bekletme ile kalınlığına şişme oranı (%)	Boyutsal değişim (20 °C de)			
			Bağıl nem %65'den %30'e düştüğünde uzunluk ve kalınlıkta azalma		Bağıl nem %65'den %85'e çıktığında uzunluk ve kalınlıkta artma	
			Uzunluk (%)	Kalınlık (%)	Uzunluk (%)	Kalınlık (%)
K	694 (18)	29.2 (1.7) a	0.11 (0.01) a	1.96 (0.1) a	0.10 (0.01) a	1.91 (0.2) a
L	699 (15)	31.8 (2.6) ab	0.12 (0.02) a	2.15 (0.3) ab	0.11 (0.01) ab	2.12 (0.1) a
M	696 (21)	34.2 (1.8) b	0.15 (0.01) b	2.36 (0.2) b	0.14 (0.02) bc	2.25 (0.2) a
N	695 (24)	40.6 (3.4) c	0.18 (0.01) b	3.14 (0.3) c	0.16 (0.01) c	3.10 (0.3) b
O	698 (13)	46.7 (2.9) d	0.22 (0.03) c	3.47 (0.2) c	0.21 (0.02) d	3.39 (0.4) b

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan's multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

Levha yüzey tabaka oranı %30'dan %70'e arttığında kalınlığına şişme oranı %29.2'den %46.7'ye yükselmiştir. Özellikle, yüzey tabaka oranı %50'nin üzerine çıktığında %95 güven düzeyinde levha gruplarının kalınlığına şişme oranında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. MDF levhaların farklı rutubet ortamlarında boyutsal değişimi artan yüzey tabaka oranı ile daha fazla çalışma göstermiştir.

Düşük bağıl nemde (%65'den %30'a) yüzey tabaka oranı %30'dan %70'e çıktığında numunedeki kısılma oranı iki kat artış göstermiştir. Benzer durum yüksek bağıl nem ortamında da tespit edilmiştir. Bağıl nemin %65'den %85'e yükseldiğinde MDF'nin uzunluk ve kalınlık artışı yüzey tabaka oranına bağlı olarak artış göstermiştir. Dolayısıyla, boyutsal stabilizasyon yüzey tabaka artışından olumsuz yönde etkilenmiştir.

4.2.2. Mekanik Özellikler

4.2.2.1. Orta Tabaka Lif Boyutları (Defibratör Disk Açıklığı) Değişiminin MDF'nin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Defibratör disk açıklığının dolayısıyla MDF'nin orta tabakasında kullanılan lif boyutlarının (defibratör disk açıklığı) mekanik özelliklerine üzerine etkisi Tablo 4.4'de verilmiştir. Defibratör disk açıklığının MDF'nin mekanik özellikleri üzerine belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerde farklılık gösteren (%95 güven düzeyinde) levha grupları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4: Orta tabaka için lif boyutlarının (defibratör disk açıklığı) değişiminin levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi.

Levha kodu	Eğilme direnci	Eğilmede elastikiyet modülü	Çekme direnci	Vida tutma gücü	
			Levha yüzeyine dik yönde	Yüzey vida tutma gücü	Kenar vida tutma gücü
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N	N
A	15.18 (1.02) a	1884.6 (125.6) ad	0.49 (0.06) a	652 (34) ac	490(36) a
B	15.90 (1.14) ab	1969.0 (131.5) ab	0.52 (0.05) ac	674 (46) ab	527(20) ab
C	17.25 (1.09) bc	2149.4 (134.7) bc	0.56 (0.06) ab	719 (41) b	558 (32) bc
D	14.54 (1.24) a	1802.3 (125.9) ad	0.61 (0.07) b	703 (38) bc	575 (33) c
E	13.75 (1.18) ad	1745.9 (99.4) ade	0.58 (0.05) bc	687 (44) ab	522 (46) ab

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan's multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

MDF'nin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü defibratör disk açıklığı 0.8 mm'e kadar arttıkça iyileşme göstermiştir. Ancak, disk açıklığı 0.8 mm'in üzerine çıktığında eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalma trendi görülmüştür. İstatistik analiz sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir. Disk açıklığının 0.4 mm'den 0.6 mm'e çıkmasıyla eğilme özelliklerinde %95 güven düzeyinde anlamlı bir artış olmazken, disk açıklığı 0.8 mm'ye çıktığında 0.4 mm disk açıklığı ile farklılık göstermiştir.

En yüksek eğilme direnci (17.25 N/mm²) ve elastikiyet modülü (2149.4N/mm²) ile 0.8 mm disk açıklığında (kaba lif uzunluğu: 11.5 mm, kaba lif kalınlığı: 0.73 mm) C grubu levhalarda elde edilirken en düşük eğilme direnci (13.75 N/mm²) ve elastikiyet modülü (1745.9N/mm²) ile 1.2 mm disk açıklığında E grubu levhalarda elde edilmiştir.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci değerleri incelendiğinde disk açıklığı 0.4 mm'den 1.0 mm ye kadar arttığında dik çekme direnci 0.49 N/mm^2 'den 0.61 N/mm^2 'ye yükselmiştir. Disk açıklığı 1.0 mm'den 1.2 mm çıktığında ise dik çekme direnci azalma eğilimi göstermiştir. Ancak yine de 0.4 mm disk açıklığından (tek tabakalı MDF) daha yüksek değerler elde edilmiştir. Test sonuçlarından gerek eğilme direnci ve elastikiyet modülü ve gerekse dik yönde çekme direnci belirli bir disk açıklığına kadar diğer bir ifadeyle optimum kaba lif uzunluğuna kadar iyileşme göstermiş, optimum noktanın üzerinde ise azalma göstermiştir. İstatistik analiz sonuçlarına göre anlamlı farklılık gösteren levha grupları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Vida tutma gücü test sonuçları incelendiğinde MDF yüzey ve kenar vida tutma gücünün defibratör disk açıklığından anlamlı bir şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Orta tabakada kaba lif boyutlarının değişiminin vida tutma gücü üzerine etkisi Tablo 4.4'de verilmiştir. Defibratör disk açıklığı 0.4 mm'den 0.8 mm'e çıktığında levha yüzeyine dik yönde vida tutma gücü artış göstermiştir (652 N ' dan 719 N 'a kadar). Levha yüzeyine paralel yönde vida tutma gücü (kenar vida tutma gücü) ise disk açıklığı 0.4 mm'den 1.0 mm ye kadar iyileşme (490 N 'dan 575 N 'a kadar) göstermiştir. Disk açıklığı daha fazla açıldığında ise vida tutma gücü azalma eğilimi göstermiştir. İstatistik analiz sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kenardan vida tutma gücü deneyinde tek tabakalı levha olan A grubu levha, B nolu levha ile farklılık göstermezken C ve D nolu levhalarda (orta tabakada kaba lif içeren) farklılık göstermiştir.

Tablo 4.5 ve 4.6'da belirtilen levha tiplerinin üretiminde orta tabakada kullanılacak optimum kaba lif boyutları için Tablo 4.1'da verilen fiziksel özellikler ve Tablo 4.4'de verilen mekanik özelliklere ait sonuçlar değerlendirilmiş olup, MDF levhaların orta tabakasında lif boyutu olarak 0.8 mm disk açıklığında elde edilen lif boyutları kullanılmıştır (lif uzunluğu: 11.5 mm, lif kalınlığı: 0.73 mm).

4.2.2.2.Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Orta tabaka tutkal oranının MDF'nin mekanik özellikleri üzerine etkisi Tablo 4.5'de verilmiştir. Tablo 4.5'deki levhaların üretiminde, levhaların orta tabakasında aynı kaba lif boyutu (0.8mm-C levha grubu) kullanılmıştır. Tutkal oranı %10.5'dan %6.5'a azaldığında

tüm levha gruplarının mekanik özellikleri azalma göstermiştir. Yüzey ve kenar vida tutma gücü direncinde farklılık gösteren (%95 güven düzeyinde) levha grupları Tablo 4.5’de verilmiştir. Tutkal oranındaki %1’lik azalma istatistik olarak (%95 güven düzeyinde) anlamlı bulunmazken, tutkal oranının %2’lik ve daha üzerinde azalması istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.5: Orta tabakada kullanılan tutkal oranının 3 tabakalı MDF levhaların mekanik özellikleri üzerine etkisi.

Levha kodu	Eğilme direnci	Eğilmede elastikiyet modülü	Çekme direnci	Vida tutma gücü	
			Levha yüzeyine dik yönde	Yüzey vida tutma gücü	Kenar vida tutma gücü
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N	N
F	17.25 (1.09) a	2149.4 (134.7) a	0.56 (0.06) a	719 (41) a	558 (32) a
G	17.01 (0.92) a	2085.6 (126.5) ab	0.54 (0.06) ab	694 (34) ab	530 (24) ab
H	16.62 (1.02) ab	2012.0 (102.8) ab	0.50 (0.04) bc	672 (28) b	485 (36) bc
I	15.82(0.71) b	1882.8 (116.1) b	0.47 (0.03) c	640(35) bc	463 (25) cd
J	14.31 (0.74) b	1740.5 (98.5) c	0.41 (0.04) d	618(30) c	421(31) d

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan’s multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

En yüksek eğilme direnci (17.25 N/mm²) ve elastikiyet modülü (2194.4N/mm²) orta tabakada %10.5 tutkal kullanım oranı verirken en düşük eğilme direnci (14.31 N/mm²) ve elastikiyet modülü (1740.5 N/mm²) ise %6.5 tutkal oranında elde edilmiştir. İstatistik analiz sonuçları Tablo 4.5’de verilmiş olup, homojenlik grupları küçük harflerle gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre orta tabakada tutkal oranı %10.5’den %8.5’a düştüğünde eğilme direnci ve elastikiyet modülünde anlamlı bir farklılık (%95 güven düzeyinde) tespit edilmemiştir. Tutkal oranı %10.5’den %6.5’a düştüğünde dik çekme direnci azalma oranı sırasıyla %26.8 olarak tespit edilmiştir.

Tutkal oranındaki azalmanın %2’ye çıkmasıyla anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Önceki bir çalışmada, 3 tabakalı yongalevha’da orta tabakada tutkal miktarında azalma ile levha

yüzeyine dik yönde çekme direncinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Benthien ve Ohlmeyer, 2017).

Deneme levhalarının yüzey ve kenar vida tutma gücü tutkal oranındaki azalmadan olumsuz etkilenmiştir. Tutkal oranı orta tabakada %10.5’den %6.5’a düştüğünde yüzey ve kenardan vida tutma gücü sırasıyla %16.3 ve %24.5 oranlarında azalma göstermiştir. Kenar vida tutma gücü tutkal oranındaki azalmadan daha fazla etkilenmiştir. Zira levhanın yüzey tabakalarındaki tutkal oranı %10.5 sabit tutulurken orta tabakada tutkal oranı kademeli olarak azaltılmıştır.

4.2.2.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

3 tabakalı MDF’nin mekanik özellikleri üzerine yüzey/orta tabaka oranının etkisi Tablo 4.6’da verilmiştir. Tablo 4.6’daki levhaların üretiminde, levhaların orta tabakasında aynı kaba lif boyutu (0.8mm-C levha grubu) kullanılmıştır. MDF’nin mekanik özellikleri yüzey tabaka oranının artmasıyla iyileşme göstermiştir. Mekanik özelliklerde farklılık gösteren (%95 güven düzeyinde) levha grupları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: Yüzey/orta tabaka oranının 3 tabakalı MDF levhaların mekanik özellikleri etkisi.

Levha kodu	Eğilme direnci	Eğilmede elastikiyet modülü	Çekme direnci	Vida tutma gücü	
			Levha yüzeyine dik yönde	Yüzey vida tutma gücü	Kenar vida tutma gücü
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N	N
K	14.82 (1.01) a	1913.8 (105.7) ab	0.53 (0.07) a	675(36) a	515(29) a
L	15.57 (1.14) ab	2044.3 (86.9) bc	0.55 (0.05) ab	701(45) ab	526(33) ab
M	17.25 (1.09) bc	2149.4 (134.7) bc	0.56 (0.06) abc	719 (41) b	558 (32) bc
N	18.42 (0.85) c	2200.7 (110.4) bc	0.58 (0.06) bc	744(26) bc	575(38) c
O	18.88 (1.28) c	2278.4 (105.9) c	0.60 (0.08) c	791(41) c	584(34) c

Parantez içindeki değerler standart sapmadır.

Her bir sütundaki aynı harfler %95 güven düzeyinde Duncan testi sonucuna göre (Duncan’s multiple range test) bir farklılık göstermediğini ifade etmektedir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün yüzey/orta tabaka oranından istatistik analiz sonuçlarına göre anlamlı olarak etkilendiği tespit edilmiştir.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir. Yüzey tabaka/orta tabaka oranı dik yönde çekme direncini anlamlı bir şekilde etkilediği tespit edilmiştir. Orta tabaka oranı %70'den %30'a düştüğünde levha yüzeyine dik yönde çekme direnci 0.53 N/mm^2 'den 0.60 N/mm^2 'ye artmıştır.

Levha yüzey ve kenar vida tutma gücü artan yüzey tabakası oranı ile iyileşme göstermiştir. Literatürde ahşap esaslı levhaların yüzey tabaka oranının artmasıyla vida tutma gücünün iyileştiği belirtilmektedir (Akbulut, 1998; İstek ve vd., 2017). Benzer sonuç çalışmada da bulunmuştur. Levha yüzey tabaka oranının %30'dan %70'e kadar artmasıyla yüzey vida tutma gücü 675 N'dan 791 N'a, kenar vida tutma gücü ise 515 N'dan 584 N'a artmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tabakalı MDF'nin levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisinin tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışmada laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar literatür bilgileri ve ilgili standartlarla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

5.1.LİF MORFOLOJİSİNİN MDF'NİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Defibratör disk açıklığına bağlı olarak kaba lif boyutlarındaki belirgin artış görsel incelemelerde de tespit edilmiştir. Defibratör disk açıklığının artması ile kaba liflerin içerisinde lif demetleri, henüz lif haline dönüşmemiş kıymık şeklindeki parçacıklar tespit edilmiştir. Bu durum defibratör disk aralığı açıldığında pişirme kazanında yumuşamış yongaların diskler üzerindeki segmentlerin yivleri arasına girmeden (özellikle diskin kenarlarındaki ince yivlere girmeden) kaba lifler olarak uzaklaşması ile açıklanabilir. Bilindiği gibi defibratör disklerinde yer alan segmentlerin üzerindeki yivler merkezden kenarlara doğru daha sık aralıklı olmaktadır. Pişirme kazanında yumuşayan yongalar diskin merkezinden kenarlara doğru merkezkaç kuvveti ile hızla ilerlerken mekanik olarak liflere ayrılmaktadır. Disk açıklığı arttıkça disk yüzeyindeki segment yüzey alanında birim yüzeye düşen yonga miktarı artacağından liflendirme için gerekli kuvvetin azalmasına neden olmaktadır. Bu da kaba lif oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca, disk açıklığı arttıkça segmentlerin arasına gelen yonga miktarı artış göstereceğinden aynı miktarda buhar daha çok yongaya temas edeceği için kaba liflerin oluşumuna sebep olmaktadır. Defibratör disk açıklığının artmasıyla defibratör içindeki buhar basıncının da bir miktar düşmesi kaba lif oluşumuna etki etmektedir.

Fiziksel ve mekanik özelliklere ait test sonuçlarına göre tabakalı MDF üretiminde orta tabaka için optimum kaba lif uzunluğu 11.5 mm ve kaba lif kalınlığı 0.73 mm olarak ölçülmüştür.

5.2. FİZİKSEL ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR

5.2.1. Defibratör Disk Açıklığının (Orta Tabakada Kullanılan Kaba Lif Boyutlarının) MDF'nin Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Defibratör disk açıklığı ile MDF'nin fiziksel özelliklerindeki değişim lif boyutlarının levha özelliklerine etkisi ile açıklanabilir. MDF levhalarının orta tabakasında lif uzunluğu ve kalınlığının belli bir dereceye kadar artmasıyla kalınlığına şişme değerlerindeki azalma ve boyutsal stabilizasyondaki iyileşme birden fazla nedenle açıklanabilir. Bu nedenlerin başında lif yüzey alanı ve tutkal oranı arasındaki ilişki gelmektedir. Aynı levha yoğunluğu ve tutkal miktarı esas alındığında, lif boyutu azaldıkça birim hacimdeki tutkallanacak lif yüzey alanı artmakta ve birim alana isabet eden tutkal miktarı azalmaktadır. Bu da lifler arasında yapışma direncinin azalmasına dolayısıyla kalınlığına şişme oranının artmasına ve boyutsal stabilitesinin olumsuz etkilenmesine neden olacaktır. Benzer durum yongalevha orta tabakasında kullanılan yonga boyutları için de geçerlidir (Kasım ve vd., 2001). Defibratör disk açıklığının 0.8 mm'nin üzerine çıkarılmasıyla elde edilen kaba liflerden üretilen MDF levhalarında boyutsal stabilizasyonun kötüleşmesine neden olarak lifler arasında boşluk oranının artması gösterilebilir. Lif boyutları arttıkça taslak orta bölgesinin sıkıştırılabilirliği zorlaşmaktadır. Bu nedenle, kaba lif boyutlarının artışı ile suyun levha içerisine kenarlardan nüfuz edebileceği porozite artabilecektir. Tutkalın liflerin yüzeyini ince bir film tabakası halinde kaplamasıyla suyun liflere nüfuzu azalmakta ve kalınlığına şişme değerini azaltmaktadır. Ayrıca, sıcak preste sağlanan basıncın levhanın suyla teması sonucu azalması kalınlığına şişmenin önemli nedenlerinden biridir. Örneğin orta tabakası 1.2 mm defibratör disk açıklığında elde edilen liflerden üretilen levhaların kalınlığına şişme oranının yüksek olması sıcak preste taslağın basınç altında sıkıştırılabilirliğinin 0.8 mm defibratör disk açıklığında elde edilen liflerden hazırlanan taslaktan daha az olması gösterilebilir. Bunun yanı sıra, defibratör disk açıklığının 0.8 mm'nin üzerine çıkmasıyla kaba lif kalınlığının hacimsel çalışma oranının arttığı ve rutubet etkisiyle kalınlığına yönde şişmeyi arttığı sonucu çıkarılmıştır.

Araştırmada üretilen levhaların orta tabakasında, optimum fiziksel sonuçları gösteren 0.8mm defibratör disk açıklığındaki kaba lifler kullanılmıştır.

5.2.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Ahşap esaslı levhaların üretimde tutkal miktarının azalmasına bağlı olarak kalınlığına şişme oranındaki artışı ile ilgili literatürde çok sayıda bilimsel makale bulunmaktadır. Tutkal azalmasına bağlı olarak levhanın kalınlığına şişme oranında artış beklenen bir durumdur. Zira, tutkal lifler arasında yapışmayı sağlayan ve onları bir arada tutan bir bağlayıcıdır.

Orta tabakada kullanılan tutkal oranındaki değişimleri belirlemek için üretilen levhalarda 0.8mm disk açıklığındaki kayın kaba lifleri kullanılmıştır. Tutkal miktarı %10.5'dan %9.5'a düştüğünde %65-85 bağıl nem ortamında levhaların uzunluk ve kalınlıklarındaki artış %95 güven düzeyinde farklılık göstermemiştir. Ancak tutkal oranı %9.5'un altına düştüğünde levha gruplarının boyuna ve kalınlık artışı anlamlı bir farklılık göstermiştir. Levhaların yüksek bağıl nemlerdeki uzama ve kalınlık artış oranları, düşük bağıl nemlerdeki kısalma ve kalınlık azalış oranlarından daha düşük bulunmuştur.

5.2.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

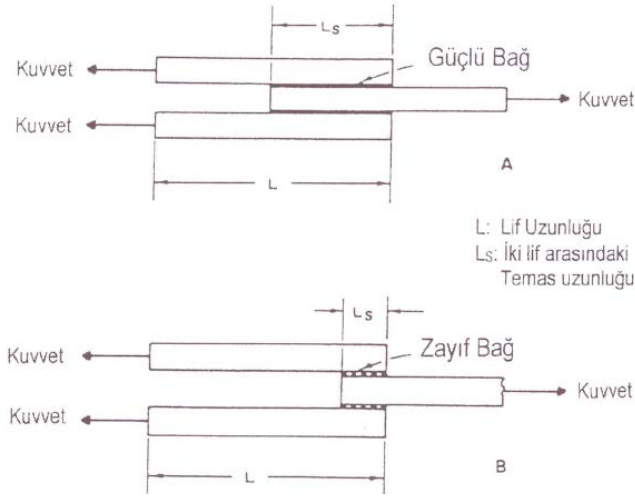
Yüzey/orta tabaka oranındaki değişimleri belirlemek için üretilen levhaların orta tabakasında 0.8mm defibratör disk açıklığındaki kayın kaba lifleri kullanılmıştır. Levhalarda aynı tutkal miktarının (%10.5) kullanılması ve yüzey tabaka oranının %30'dan %70'e tedrici olarak arttırılmasıyla, birim hacimdeki lif miktarı artış göstereceğinden yüzey alanı daha fazla olacaktır. Böylece yeterli tutkala sahip olmayan lifler arasında iyi bir yapışma sağlanamayacağı gibi levhaların suyla teması veya rutubete maruzu sonucu sıcak preste sağlanan basıncın etkisi de azalarak daha fazla şişme gösterecektir (Suchsland ve Woodson, 1987). Oysaki orta tabakada kaba lif kullanıldığında bu tabakanın artış oranı tutkalın lif yüzeyinde daha etkin kullanımı sağlanabilmektedir. Zira, aynı tutkal miktarında kaba lif kullanımı ile birim hacimdeki lif yüzey alanı azalacağından liflerin yüzeylerinin tutkallanma oranı da fazla olacaktır. Bu durumda levha taslağının sıcak preste basıncın etkisiyle iyi bir yapışma göstererek levhanın fiziksel özelliklerini iyileştireceği literatürde belirtilmektedir (Halligan, 1970). Bu durum bu araştırma da görülmüştür.

5.3. MEKANİK ÖZELLİKLERE AİT SONUÇLAR

5.3.1. Defibratör Disk Açıklığı Değişiminin MDF'nin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Literatürde lif boyutlarının MDF'nin mekanik özellikleri üzerine etkisi üzerine araştırmalar mevcuttur. Benthien ve vd. (2014) farklı lif uzunluklarından ürettikleri MDF levhaların mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre 19.8 mm uzunluğundaki liflerden üretilen MDF levhaların levha yüzeyine dik yönde çekme direnci, eğilmede elastikiyet modülü en yüksek bulunurken 15.8 mm uzunluğundaki liflerden üretilen MDF levhalar ise en düşük kalınlığına şişme oranını vermiştir.

Şekilde görüldüğü gibi iki lif arasındaki üst üste binme uzunluğu (L_s) kısalırsa, bağ kalitesi azalmakta ve uygulanan çekme kuvvetleri sonucu meydana gelen kopma lif direncinden bağımsız olarak liflerden ziyade meydana gelen bağdan olmaktadır.



Şekil 5.1: Çekme gerilimi altında lif bağları (Şematik) A: Maksimum direnç B: Düşük direnç (Suchland and Woodson 1991).

Ancak, araştırma sonuçlarına göre kaba lif uzunluğu ve kalınlığının optimum noktanın üzerinde olması durumunda mekanik özelliklerde azalma tespit edilmiştir. Özellikle 1 mm ve daha üzeri disk açıklığında elde edilen kaba liflerin levha orta tabakasında kullanılması durumunda sıcak preste taslağın basınç altında sıkıştırılmasının daha zor olması ve dolayısıyla

lifler arası bağlantının daha kısa ve ince liflere göre nispeten daha zayıf olması direnç değerlerinin düşmesine sebep olabilmektedir.

Tüm levha gruplarında yüzey tabakaları 0.4 mm disk açıklığında üretildiğinden A grubu levhaların her iki tabakasında aynı boyutta lifler kullanılmıştır. Test sonuçlarından belirli bir lif boyutuna kadar C tabakalı (0.8mm disk açıklığı) MDF levhaların mekanik özellikleri tek tabakalı MDF levhalardan daha iyi olduğu tespit edilmiştir. B (0.6mm disk açıklığı), C (0.8mm disk açıklığı), D (1mm disk açıklığı) ve E (1.2mm disk açıklığı) grubu levha gruplarının vida tutma gücü, levha yüzeyine dik yönde çekme direnci tek tabakalı olan A grubu levha grubundan daha iyi özellik göstermişlerdir. Ancak, eğilme direnci ve elastikiyet modülü bakımından sadece B ve C grubu levha grupları A grubu levha grubundan daha yüksek değerler vermiştir. Önceki bir çalışmada Gillah ve vd. (2000) orta tabakası odun lifleri ve yüzey tabakaları sisal bitkisi liflerinden oluşan tabakalı MDF levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve dik çekme direncinin standart tek tabakalı odun lifi levhalardan daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Deney sonuçlarından orta tabakada lif uzunluğu ve kalınlığının belirli bir noktaya kadar artışı ile vida tutma gücündeki iyileşme liflerin vidayı sarmasıyla vidanın test esnasında çıkmasına karşı direnç gösterdiği düşünülmektedir. García-Ortuño ve vd. (2011) yongalevha üretiminde yonga büyüklüğü optimum seviyenin üzerine çıktığında yüzey ve kenar vida tutma gücünde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Kaba lif boyutunun daha da artmasıyla kenar vida tutma gücünün azalması ise orta tabakanın sıcak preste sıkıştırılabilirliğinin daha zor olması ve nispeten daha zayıf bir orta tabakaya sahip olmasından kaynaklandığı sonucu çıkarılmıştır. Kaba lif uzunluk ve kalınlığının optimum seviyenin üzerine çıkmasıyla MDF'nin kenar vida tutma gücündeki azalma orta tabakadaki sıkı yapının azalması ile de açıklanabilir.

5.3.2. Orta Tabakada Kullanılan Tutkal Oranının 3 tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Orta tabakada kullanılan tutkal oranındaki değişimleri belirlemek için üretilen levhaların orta tabakasında 0.8mm defibratör disk açıklığındaki kayın kaba lifleri kullanılmıştır. Genel olarak tutkal oranındaki %1 azalma dik çekme direncini istatistik analiz sonuçlarına göre etkilememiştir (%6.5 tutkal oranı hariç). Tutkal azalma oranı %2'ye çıktığında ise anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Tutkal oranı %10.5'dan %9.5'a düştüğünde levha yüzeyine dik

yönde çekme direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve vida tutma gücünde (yüzey ve kenar) sonuçlarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak tutkal oranındaki azalma %2 ve üzerinde olduğunda bu direnç değerlerindeki azalma anlamlı bulunmuştur. Tutkal, odun lifleri bir arada tutan bağlayıcı görevi gördüğünden tutkal oranının azalmasıyla liflerin birbirinden ayrılması daha kolay olmaktadır (Akbulut, 1998).

5.3.3. Yüzey/Orta Tabaka Oranının 3 Tabakalı MDF Levhaların Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi

Yüzey/orta tabaka oranındaki değişimleri belirlemek için üretilen levhaların orta tabakasında 0.8mm defibratör disk açıklığındaki kayın kaba lifleri kullanılmıştır. Ahşap esaslı levhalarda eğilme özelliklerinin yüzey tabaka oranının artışıyla iyileştiği literatürde belirtilmiştir (Nemli, 2003; H'ng ve vd. 2012; İstek ve vd., 2017). Benzer sonuç bu araştırmada da tespit edilmiştir. MDF, yongalevha, OSB gibi ahşap esaslı levhaların eğilme direnci üzerine alt ve üst yüzey tabakaların etkisi orta tabakadan daha yüksektir. Eğilme yükü altında üst tabakada basınç gerilmesi alt tabakada ise çekme gerilmesi oluşmaktadır. Orta tabakada ise makaslama gerilmesi oluşmaktadır. Dolayısıyla yüzey tabakalarının artmasıyla eğilmeye karşı daha yüksek mukavemet elde edilmektedir.

Levhanın yüzey tabakalarında kaba lif yerine ince liflerin kullanılmasıyla sıcak preste yüzey tabakaların sıkıştırılabilirliği, daha sıkı bir yapı oluşturduğu ve bunun sonucu olarak da liflerin birbirileri ile temasını daha da arttırdığı literatürde belirtilmektedir (Suchsland and Woodson, 1987; Akbulut ve Ayrılmış, 2001). Bu durum lifler arasında tutkalın yapışma dayanımının artmasını dolayısıyla levhanın dik yönde çekme direncini iyileştirmektedir. Benzer sonuçlar önceki çalışmalarda da tespit edilmiştir.(Akbulut 1998, Gillah ve vd. 2000, Nemli 2003, İstek ve vd., 2017). Literatürde ahşap esaslı levhaların yüzey tabaka oranının artmasıyla vida tutma gücünün iyileştiği belirtilmektedir (Akbulut, 1998;İstek ve vd., 2017).Araştırmada da benzer sonuç gözlenmiştir.

5.4. SONUÇ

Araştırma kapsamında üretilen tüm levha gruplarında yüzey tabakaları 0.4 mm disk açıklığındaki çam liflerinden, orta tabakaları da 0.4mm disk açıklığındaki kayın liflerinden üretildiğinden A nolu levha grubu, kontrol grubu olarak üretilmiştir. Dolayısıyla tek tabakalı levha yapısındadır. Levha tipi A den E'ye doğru gidildikçe orta tabaka kayın liflerinin boyutları arttığından yongalevha'da olduğu gibi bir yapı vardır. Test sonuçlarında, 3-tabakalı MDF levhaların (levha tipleri A ve B) fiziksel özelliklerinin tek tabakalı MDF levhalardan (Levha tipi A) daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

3 tabakalı MDF levhaların orta tabaka oranının ve orta tabakasinda kullanılan tutkal miktarının belli bir dereceye kadar düşürülmesi ile tek tabakalı levhalardan (levha tipi A) daha iyi mekanik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durum levhanın üretim maliyetinde önemli bir avantaj sağlayacaktır. Ayrıca, odun ve tutkal tüketiminde de önemli bir tasarrufa gidilebilecektir.

3 Tabakalı MDF üretiminde farklı deneme desenlerine ait fiziksel ve mekanik özellikler istatistik analiz ile değerlendirildiğinde panel tipi mobilya üretiminde (yüzeyi melamin kağıt ile kaplanan);

- Orta tabaka kaba lif uzunluğunun 11.5 mm ve kaba lif kalınlığının 0.73 mm (0.8mm disk defibratör disk açıklığı),
- Levha yoğunluğunun 0.70 g/cm^3 ,
- Orta tabaka tutkal oranının tam kuru lif ağırlığına oranla %9.5,
- Yüzey/orta tabaka oranının 40/60 olması önerilmektedir.

Tez çalışması sonucunda yukarıda belirlenen parametreler ile yapılan üretimde sağlanacak kazanımlar maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Yongalevha'da olduğu gibi orta tabakanın yüzeye göre daha kaba liflerden oluşmasıyla liflendirmede gerekli enerji tüketimi azalacak ve birim zamanda üretilen lif miktarı arttırılacaktır,
2. Disk açıklığının az olduğu durumunda defibratör üzerindeki segmentler daha kısa sürede aşındığından dolayı üretimde hem duraksamalara neden olmakta hem de

kapasiteyi düşürmektedir. Kaba lif elde etmek için disk açıklığının artırılmasıyla defibratör disklerinin aşınma sonucu sık sık değiştirilmesi ve ömrünün ksalmasının önüne geçilecektir.

3. MDF üretiminde orta tabakanın mevcut MDF levhalardan farklı olarak daha kaba liflerden oluşması halinde tutkal tüketiminde azalma sağlanabilecektir. Tutkal miktarını %10.5'den %9.5'e düşürdüğümüzde elde edeceğimiz kâr hesaplandığında;
 - Fabrikalarda üretilen MDF levha boyutunu baz aldığımızda, 2800 x 2100 x10 (mm),
 - Levha yoğunluğu 0.70 g/cm³,
 - 1 ton üre formaldehit tutkalı 211€, (14.01.2018 döviz kuru ile)
 - Tez kapsamında üretilen levha sayısı (45 levha) üzerinden hesaplandığında;
 - Elde edilen tutkal miktarı kârı = 17.018 TL olmaktadır.
4. Orta ve yüzey tabakada kullanılacak ince ve kaba lif oranlarının değişimi (%40 yüzey-%60 orta tabaka) ile farklı kullanım yerinin isteklerine uygun levhalar üretilir.
5. Reçine emdirilmiş dekor kağıtları ile kaplanacak MDF levhalarının üretiminde tek tabakalı levha yerine 0.70 g/cm³ yoğunluktaki orta tabakası kaba liflerden oluşan 3 tabakalı MDF üretimi değerlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T., 1991, *Orüs Vezirköprü yongalevha fabrikasında üretilen levhaların teknolojik özellikleri*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akbulut, T. 1998, *Çeşitli üretim değişkenlerinin yongalevhanın teknolojik özellikleri üzerine etkisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 48, 91-116.
- Alamy, *The world's most diverse stock photo collection*, (<http://www.alamy.com/>)[Ziyaret Tarihi: 10 Ocak 2018].
- Anşın, R. 1999, *21 Mart Dünya Ormancılık Günü Nedeniyle Ülkemiz Orman ve Florası Üzerine Genel Bir Bakış Ve Bazı Öneriler*, Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı 6, 4- 8s., Ankara
- Akbulut, T., 2001, *Liflevha endüstrisi ders notu*, İ.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul (Basılmamıştır).
- Ayrılmış, N., 2000, *MDF'nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayrılmış, N., 2002, *Effect of tree species on some mechanical properties of MDF*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 52(1), 125-46.
- Ayrılmış, N., 2003, *Effect of tree species on some physical properties of MDF*, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 53(2), 57-73.
- Ayrılmış, N., 2006, *Çeşitli kimyasalların bazı ahşap levha ürünlerinde yanma ve teknolojik özellikler etkisi*, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayrılmış, N., 2007, *Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fiberboards*, Journal of Material Science, October 2007, Volume 42, Issue 20, pp 8551–8557.
- Avcı, E., 2007, *Türkiye’de Üretilen Yonga ve Liflevhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin TS EN Standartlarına Uygunluğunun ve Tutarlılığının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi.
- Balkız, Ö., D., 2006, *Ormangülünün (rhododendron ponticum l.) lifleri kullanılarak orta yoğunlukta liflevha (MDF) üretimi*, Doktora tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Benthien J.T., Bahnisch, C., Heldner, S., Ohlmeyer, M., 2014, *Effect of fiber size distribution on medium-density fiberboard properties caused by varied steaming time and temperature of defibration process*, Wood and Fiber Science, 46(2), 175-185.

- Benthien, J.T., Ohlmeyer, M., 2017, *Influence of face-to-core layer ratio and core layer resin content on the properties of density-decreased particleboards*, European Journal of Wood and Wood Products 75, 55–62.
- Berkel, A ., 1970., *Ağaç malzeme teknolojisi*, Cilt 1. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 147, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1997, *Ağaç teknolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1998, *Ticarete önemli yabancı ağaçlar*, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul, No: 3572, FBE Yayın No: 4.
- Candan, Z., 2007, *Bazı üretim değişkenlerinin MDF'nin dikey yoğunluk profili ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çamlıbel, O., 2006, *Ormangülü biyokütlesinden (Rhododendron Ponticum L.) MDF (orta yoğunlukta lif levha) üretimi olanaklarının araştırılması*, Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü.
- Çehreli, H.T., 1983, *Orta sert lif levhaları – medium density fiberboard: MDF*, 24 sayfa.
- Doğanay, S., 1995, *Mobilya endüstrisi'nde kullanılan ahşap malzemenin vida tutma direncinin belirlenmesi*” Yüksek Lisans Tez, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dönmez, İ. E., 2010, *Yükselti farkına göre sarıçamın (PinusSylvestris L.) anatomik ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimler*, Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ergül, E., 2013, *Yonga istif beklemeye şartlarının liflevhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eroğlu, H., 1988, *Liflevha endüstrisi ders notu*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Eroğlu, H., USTA, M., 2000, *Lif levha üretim teknolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, Genel Yayın No:200, Yayın No:30.
- Faostat Database, 2014 (www.fao.org) [Ziyaret Tarihi: 10 Eylül 2017].
- Ganev S., Cloutier, A., Beauregard, R., Gendron, G., 2005, *Linear expansion and thickness swell of MDF as a function of panel density and sorption state*, Wood Fiber Science, 37(2), 327–36.
- García-ortuño, T., Andréu-rodríguez, J., Ferrández-garcía, M.T., Ferrández-villena, M., Ferrández-garcía, C.E., 2011, *Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from giant reed (Arundo donax l.)*, BioResources, 6(1), 477-86.

- Gillah, P.R., Irle, M.A., Maher, K., 2000, *Properties of a novel three-layer MDF panel made with wood and sisal non-woven mattresses*, The International Forestry Review, 2(2), 90-6.
- Gökmen, H., 1973, *Kapalı tohumlular Angiospermae*, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Güller, B., 2001 *Odun Kompozitleri*, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2001, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 135-160.
- Günsel, U., 2004, *Türkiye mobilya endüstrisinde kullanılan bazı yonga levhaların temel fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Halligan, A.F., 1970. *A review of thickness swelling in particleboard*, Wood Science and Technology, 4, 301-12.
- Heiko, T., Irle, M., Sernek, M., 2010, *Wood-based panels – an introduction for specialists*, Brunel University Press, United Kingdom.
- Hiziroglu, S., 2013, *Composite panels from underutilized wood and agricultural fiber resources*, Advanced Materials Research 747, 391-4.
- Hrázský J., ve Král P., 2003, *A contribution to the properties of combined plywood materials*, Journal of Forest Science, 53, 2007 (10): 483–490.
- H`ng, P.S., Lee, S.H., Loh, Y.W., Lum, W.C., Tan, B.H., 2012, *Production of low formaldehyde emission particleboard by using new formulated formaldehyde based resin*, European International Journal of Science and Technology, 1(1), 54-60.
- İstek, A., Muğla, K., Yazıcı, H., 2015, *Mobilya üretiminde kullanılan ticari MDF levhaların özellikleri*, Selçuk teknik dergisi, ISSN:1302-6178
- İstek, A., Kurşun, C., Aydemir, D., Köksal, S.E., Kelleci, O., 2017, *Tabaka yonga oranının yonga levha özelliklerine etkisi*, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1), 182-6.
- Kalaycıoğlu, H., 1991, *Sahil çamı (pinus pinaster) odunlarının yongalevha üretiminde kullanılması imkânları*, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kara, M.E., 2011, *Tutkal miktarı ve levha yoğunluğunun mdf'nin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi*, Yüksek Lisans tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, E., 2002, *MDF'de profilli yüzeylerin kaplanması bazı faktörlerin görünüm özelliklerine etkisi*, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Maloney, T.M., 1993, *Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing*, Miller Freeman Publications, California, USA.
- MDF ve Yongalevha Sanayicileri Derneği, 2017

- Miyamoto, K., Nakahara, S., Suzuki, S., 2002, *Effect of particle shape on linear expansion of particleboard*, Journal of Wood Science, 48, 185-90.
- Nemli G., 2003, *Effects of some manufacturing factors on the properties of particleboard manufactured from alder (Alnus glutinosa subsp. Barbata)*, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27, 99-104.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. 2000, *Yonga levha teknolojisi*, Laminart, (7) : 120-126
- Orman Genel Müdürlüğü, 2013, *Orman Atlası*, (www.ogm.gov.tr), [Ziyaret Tarihi: 15Ekim 2017].
- Orta Anadolu İhracatçılar Birliği, 2015, *Sektör raporu*, (www.oaib.gov.tr) [Ziyaret Tarihi: 10 Kasım 2017].
- Park, B.,D., Kim, Y.S., Riedl, B., 2001, *Effect of wood-fiber characteristics on medium density fiberboard (MDF) performance*, Journal of the Korean Wood Science and Technology, 29(3), 27-35.
- Rofii, M.N., Yumigeta, S., Suzuki, S., Prayitno, T.A, 2013, *Effects of shelling ratio and particle characteristic on physical properties of three-layered particleboard made from different wood species*, Wood Research Journal, 4(1), 25-30.
- Saffari M., 2011, *Effects of hardener type and particles size on formaldehyde emission pollution*, International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE vol.8, IACSIT Press, Singapore, sayfa. 242-4.
- Siempelkamp, Fiberboard production, <http://www.siempelkamp.com>[Ziyaret Tarihi: 17Eylül 2017].
- Suchsland, O.,Woodson, G.E. 1987. “Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Madison WI, USA.
- Suchsland, O., Woodson, G.E., 1986, *Fiberboard manufacturing practices in the United States*, Agric. Handb. 640, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA.
- Suchsland, O., Woodson, G.E., 1991, *Fiberboard manufacturing practices in the United States*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service No:640, Louisiana USA.
- TANK, T., 1997, *Tutkallar ve yapıştırma tekniği*, Yüksek lisans ders notu, İstanbul Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul (Basılmamıştır).
- TS EN 310. 1999, *Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve elastikiyet modülünü tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 317. 1996, *Yongalevhalar ve liflevhalar; suya yatırıldıktan sonra kalınlığına şişme tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 319, 1999, *Yongalevhalar ve liflevhalar-yüzeylere dik yönde yapışma dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 320. 2011, *Yonga levhalar ve lif levhalar-vida tutma mukavemetinin tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 323. 1996, *Ahşap esaslı levhalar; yoğunluk tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 325, 1999, *Ahşap esaslı levhalar – Deney numunelerinin boyutlarının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TÜİK verileri, 2015
- Ulusoy, H., 2011, *Bazı ağaç türü odunlarının anatomik yapıları ve işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Warmbier, K., Wilczyński, A., Danecki, L., *Particle size dependent properties of three-layer particleboards with the core layer made from willow (Salix viminalis)*, Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology No 72, 2010: 405-409 (Ann. WULS - SGGW, For. and Wood Technol. 72, 2010).
- Woodson, G.E., 1977, *Density profile and fiber alignment in fiberboard from three southern hardwoods*, Forest products journal, 27 (8), 29 – 34.
- Yaltırık, F., Efe, A., 1994, *Dendroloji ders kitabı*, İstanbul Üniversitesi yayın No: 3836, Orman Fakültesi Yayın No: 431, ISBN: 975-404-363-9, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Elif Yurttaş
Doğum Yeri	Antakya
Doğum Tarihi	26.07.1989
Uyruğu	☒T.C.☐ Diğer:
Telefon	0544 202 75 61
E-Posta Adresi	yurttas.e@hotmail.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Endüstri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	04.06.2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
Programı	Odun Mekaniği ve Teknolojisi
Mezuniyet Tarihi	25.12.2017

Makale ve Bildiriler
Ayrilmis, N., Akbulut, T., Yurttaş, E. 2017. Effect of core layer fine size and face-to-core layer ratio on the properties of three-layered fiberboard. <i>Bioresources</i> 12(4),7964-7974.
M.Sc. Yurttaş, E., Prof. Dr. Ayrilmis, N., Prof. Dr. Akbulut, T. “Production of layered MDF panel having fine fibers in face layers and coarse fibers in core layer for furniture industry” XIII International Scientific Congress Machines. Technologies. Materials. 16-19 March 2016, Borovets, Bulgaria. Volume II Section “Materials” ISSN 1310-3946, pp. 62-63.
Elif Yurttaş and Nadir AYRILMIS, “Production of Polymeric Composites Reinforced with Waste Lignocellulosic Fibers and Ecological Approach to These Products” <i>International Forestry & Environment Symposium</i> , 7/10 November 2017, Trabzon/Turkey.
Elif Yurttaş, Nadir Ayrilmis, and Turgay Akbulut “Structure and use of reinforced wood based composite panels”, IMSTEC, Cappadocia/Turkey, 6/8 April 2016.