



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LAMİNAT PARKELERDE BEKLEME SÜRESİNE BAĞLI OLARAK
SERBEST FORMALDEHİT DEĞİŞİMİ**

HAZIRLAYAN

HÜSEYİN SIRADAĞ

DANIŞMAN

PROF. DR. ABDULLAH İSTEK

BARTIN-2019



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**LAMİNAT PARKELERDE BEKLEME SÜRESİNE BAĞLI OLARAK SERBEST
FORMALDEHİT DEĞİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Hüseyin SIRADAĞ

JÜRİ ÜYELERİ

Danışman	: Prof. Dr. Abdullah İSTEK	- Bartın Üniversitesi
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI	- Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Murat ONAT	- Bartın Üniversitesi

BARTIN-2019

KABUL VE ONAY

Hüseyin SIRADAĞ tarafından hazırlanan “LAMİNAT PARKELERDE BEKLEME SÜRESİNE BAĞLI OLARAK SERBEST FORMALDEHİT DEĞİŞİMİ ” başlıklı bu çalışma, 06.09.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Adı SOYADI (Danışman)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi S. Murat ONAT

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Abdullah İSTEK danışmanlığında hazırlamış olduğum “LAMİNAT PARKELERDE BEKLEME SÜRESİNE BAĞLI OLARAK SERBEST FORMALDEHİT DEĞİŞİMİ ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

06.09.2019

Hüseyin SIRADAĞ



ÖNSÖZ

“Laminat Parkelerde Bekleme Süresine Bağlı Olarak Serbest Formaldehit Değişimi” isimli bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Abdullah İSTEK’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezimin düzeltilmesinde değerli katkılarını gördüğüm jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI, Dr. Öğr. Üyesi S. Murat ONAT’a ve Arş.Gör.İsmail ÖZLÜSOYLU’ya şükranlarımı sunarım.

Hayatımda her daim olduğu gibi, Yüksek Lisans eğitimim ve tez yazım süresince de desteğini eksik etmeyen sevgili eşim, hayat arkadaşım ve meslektaşım Burcu SIRADAĞ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen kıymetli aileme de ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

Ve son olarak, hazırladığım bu yüksek lisans tezimi başta yeni doğacak kızımız Alya’ya ve sevgili eşim Burcu SIRADAĞ’a ithaf etmekten büyük memnuniyet duyarım. Sevgiyle ve gülen yüzlerde hatırla(n)mak dileğiyle...

Hüseyin SIRADAĞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LAMİNAT PARKELERDE BEKLEME SÜRESİNE BAĞLI OLARAK SERBEST FORMALDEHİT DEĞİŞİMİ

Hüseyin SIRADAĞ

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah İSTEK

Bartın-2019, sayfa: 273

Tez çalışmasında laminat parkelerin formaldehit emisyonu üzerine bekleme süresinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla aynı şartlarda üretilmiş laminatlardan alınan deney örneklerinin 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 1. ay, 3. ay, 6. ay, 1. yıl ve 2. yıl sonundaki formaldehit emisyonları belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan yapraklı ve iğne yapraklı yonga karışımı kullanılmıştır. Liflerin elde edildiği yongaların karışım oranı; %30 iğne yapraklı ağaç yongaları (Çam), %70 yapraklı ağaç yongaları (Kayın) şeklindedir. Laminatların elde edildiği yüksek yoğunluklu lif levhalar (HDF), liflerin tam kuru lif ağırlığına oranla yaklaşık olarak %9-14 miktarında sentetik reçinelerle tutkalanıp, yaklaşık %8-12 rutubet miktarına kadar kurutularak elde edilen levha taslağının yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde bekleme süresi arttıkça formaldehit emisyonunda azalma olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Laminate; parquet; HDF; MDF, lif levha; formaldehyde; emission; UF

Bilim Alanı Kodu: 120502;120506

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

FREE FORMALDEHYDE CHANGE IN LAMINATE PARQUET DEPENDING ON THE WAITING TIME

Hüseyin SIRADAĞ

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Industry Engineering

Thesis Advisor: Prof. Abdullah İSTEK

Bartın-2019, pp: 273

In this thesis, the effect of waiting time on formaldehyde emission of laminate flooring was investigated. For this purpose, formaldehyde emissions of test samples taken from laminates produced under the same conditions were determined at the end of the 1 st day, 1 st week, 2 nd week, 1 st month, 3 rd month, 6 th month, 1 st year and 2 nd year. A mixture of pinus and coniferous chips used as raw material was used. The mixing ratio of the chips from which the fibers are obtained; 30% wood chips (Pine), 70% wood chips (Beech). High density fiber boards (HDF), where laminates are obtained, are obtained by gluing the fibers with synthetic resins in an amount of approximately 9-14% relative to the full dry fiber weight, and drying them to a moisture content of about 8-12%, and pressing the resulting mat draft under high temperature and pressure. When the results were evaluated, it was found that there was a decrease in formaldehyde emission as waiting time increased.

Keywords: Laminate, parquet; HDF; MDF; lif levha; formaldehyde; emission; UF

Scientific Field Code: 120502;120506

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	20
1.1 Kompozit ve Ahşap Esaslı Kompozit Malzemeler.....	20
1.1.1 Kompozit Malzemelerin Sağladığı Bazı Avantajlar	21
1.1.2 Kompozit Malzemelerin Dezavantajları	22
1.1.3 Ahşap Esaslı Kompozit Levhaların Sınıflandırılması.....	22
1.2 Lif Levha Endüstrisi	24
1.2.1 Lif Levhanın Tanımı	24
1.2.2 Lif Levhaların Sınıflandırılması.....	25
1.2.2.1 Yoğunluklarına Göre Sınıflandırılma.....	25
1.2.2.2 Üretim Yöntemine Göre Sınıflandırılma.....	26
1.2.2.3 Liflerin Yönlendirilmesine Göre Sınıflandırılma.....	28
1.2.2.4 Levhanın Yüzey Yapısına Göre Sınıflandırılma	28
1.2.2.5 Kullanılan Tutkal Tipine Göre Sınıflandırılma	29
1.2.3 Lif Levhaların Genel Özellikleri.....	29
1.2.4 Lif Levhaların Kullanım Alanları	30
1.2.5 Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi	35
1.2.5.1 Dünya’da Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi.....	35
1.2.5.2 Türkiye’de Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi.....	37
1.2.6 Lif ve Lif Üretim Yöntemleri.....	39

1.2.6.1 Mekanik Lif Üretim Yöntemleri	44
1.2.6.2 Kimyasal Mekanik Lif Üretim Yöntemleri.....	45
1.2.6.3 Termal Mekanik Lif Üretim Yöntemleri	46
1.2.7 Lif Levha Üretim Yöntemleri	57
1.2.7.1 Yaş Yöntemle Lif Levha Üretimi	58
1.2.7.2 Yarı Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi	58
1.2.7.3 Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi	58
1.2.8 Lif Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	58
1.2.8.1 Odun Hammaddesi ve Diğer Ligno-selülozik Hammaddeler	59
1.2.8.2 Yapıştırıcı Maddeler (Tutkallar)	77
1.2.8.3 Katkı Maddeleri	92
1.2.9 Lif Levha Üretim Teknolojisi	101
1.2.9.1 Odun Hammaddesinin Depolanması.....	102
1.2.9.2 Kabuk Soyma	105
1.2.9.3 Yongalama.....	111
1.2.9.4 Yongaların Depolanması.....	118
1.2.9.5 Eleme.....	120
1.2.9.6 Yıkama	122
1.2.9.7 Liflendirme	124
1.2.9.8 Tutkallama ve Diğer Kimyasal Maddelerin İlavesi	133
1.2.9.9 Kurutma.....	136
1.2.9.10 Lif Eleme (Havalı Ayırma)	139
1.2.9.11 Serme (Taslak Oluşturma).....	141
1.2.9.12 Ön Presleme	143
1.2.9.13 Sıcak Presleme	145
1.2.9.14 Ebatlama.....	154
1.2.9.15 Klimatizasyon (Soğutma).....	156
1.2.9.16 Yarı Mamül Depolama.....	158
1.2.9.17 Zımparalama.....	159
1.2.10 Lif Levha Üretiminde Dikkate Alınması Gereken Bazı Hususlar	160
1.3 Laminat Parke ve Yapısı.....	166
1.3.1 Laminat Parke Sınıflandırma Gerekleri ve Kullanım Seviyeleri	168
1.3.2 Laminat Parke Üretim Teknolojisi.....	170

1.4 Formaldehit.....	175
1.4.1 Formaldehit Emüsyonu ve Oluşumu.....	179
1.4.2 Formaldehit Emüsyonu Ölçüm Metotları	187
 BÖLÜM 2 LİTERATÜR ÖZETİ.....	 191
 BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT	 193
3.1 Materyal	193
3.1.1 HDF (Yüksek Yoğunluktaki Lif Levha).....	193
3.1.2 Yapıştırıcı Madde.....	193
3.1.3 Sertleştirici Maddeler.....	194
3.1.4 Hidrofobik Maddeler.....	194
3.1.5 HDF Levha (Taşıyıcı Malzeme)	195
3.1.6 Overlay Kâğıdı.....	195
3.1.7 Dekor Kâğıdı.....	196
3.1.8 Balans Kâğıdı.....	197
 3.2 Metot.....	 198
3.2.1 Yongalama	198
3.2.2 Eleme.....	199
3.2.3 Pişirme	199
3.2.4 Liflendirme.....	199
3.2.5 Kimyasalların İlave Edilmesi.....	199
3.2.5 Kurutma	200
3.2.5 Serme	200
3.2.5 Ön Pres	201
3.2.5 Sıcak Pres.....	201
3.2.5 Ebatlama-Soğutma-Zımparalama	203
3.2.5 Kâğıt Emprenyeleme.....	204
3.2.5 Kaplama (Melamin Pres)	204
3.2.5 Parke Elementi Oluşturma	206
3.2.5 Formaldehit Deney Numunelerinin Hazırlanması	207

3.3 Laminat Parke Test Metotları	208
3.3.1 Yoğunluk Tayini	209
3.3.2 Rutubet Tayini.....	210
3.3.3 Eğilme Mukavemeti.....	211
3.3.4 Elastikiyet Modülü	212
3.3.5 Çekme Mukavemeti	213
3.3.6 Yüzey Sağlamlığı.....	213
3.3.7 2 Saatlik Şişme Mukavemeti.....	215
3.3.8 24 Saatlik Şişme Mukavemeti.....	217
3.3.9 Kalınlık Kontrolü	217
3.3.10 Uzunluk Kontrolü	218
3.3.11 Genişlik Kontrolü.....	218
3.3.12 Gönyeden Sapma Kontrolü	219
3.3.13 Doğruluktan Sapma Kontrolü (Muzlanma-Kılıcına Dönme-Banana Effect).....	220
3.3.14 Genişlik Düzgünlüğü Kontrolü (Oluklaşma).....	221
3.3.15 Uzunluk Düzgünlüğü Kontrolü (Kamburluk).....	222
3.3.16 Elemanlar Arası Açıklık Kontrolü	223
3.3.17 Elemanlar Arası Yükseklik Farkı Kontrolü (Kot Farkı-Tırnak)	224
3.3.18 Renk ve Desen Kontrolü	224
3.3.19 Boyutsal Sapma Kontrolü	225
3.3.20 Aşınma Mukavemeti	227
3.3.21 Çarpma Mukavemeti.....	232
3.3.22 Leke Tutma Mukavemeti	234
3.3.23 Çatlamaya Karşı Dayanıklılık	236
3.3.24 Sıcak Kaplara Dayanıklılık	237
3.3.25 Sigara Ateşine Dayanıklılık	237
3.3.26 Mobilya Ayağına Dayanıklılık.....	238
3.3.27 Koltuk Tekerleğine Dayanıklılık.....	238
3.3.28 Statik Çukurlaşma	238
3.3.29 Işık Haslığı (Renk Solması)	239
3.3.30 Çizilme Mukavemeti.....	239
3.3.31 Clic Testi	239
3.3.32 Çember Testi	240

3.3.33 Cross-Cut (Çapraz Kesit) Testi	240
3.3.34 Sıcak-Soğuk Su Testi	241
3.3.35 Kaynatma Testi	242
3.3.36 Profil Kontrolü	242
3.3.37 Su Buharına Karşı Dayanım	243
3.3.38 Serbest Formaldehit Miktarı Tayini	243
 BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA	 247
4.1 Laminat Parkelerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri	247
4.1.1 Yoğunluk Tayini	247
4.1.2 Rutubet Oranı ve Şişme Tayini	248
4.1.3 Eğilme-Elastikiyet Modülü-Çekme ve Yüzey Sağlamlık Mukavemeti.....	249
4.1.4 Kalınlık-Uzunluk ve Genişlik Kontrolü.....	249
4.1.5 Gönyeden ve Doğruluktan Sapma Kontrolü	250
4.1.6 Genişlik ve Uzunluk Düzgünlüğü Kontrolü	251
4.1.7 Elemanlar Arası Açıklık ve Yükseklik Farkı Kontrolü.....	252
4.1.8 Aşınma ve Darbe Mukavemeti.....	252
4.1.9 Leke Tutma Mukavemeti	253
4.1.10 Çatlama-Sıcak Kaplara-Sigara Ateşine ve Çizilmeye Karşı Dayanıklılık	254
4.1.11 Click ve Çember Testi.....	255
4.1.12 Çapraz Kesit ve Sıcak-Soğuk Su Testi.....	255
4.1.13 Kaynatma ve Su Buharına Karşı Dayanım Testi	256
4.1.14 Profil Kontrolü	256
4.1.15 Serbest Formaldehit Miktarı Tayini	257
 BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	 259
 KAYNAKLAR.....	 262
ÖZGEÇMİŞ.....	271

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
No	No
1.1: Ahşap esaslı kompozit malzeme	20
1.2: Ahşap kompozit malzemelerin sınıflandırılması	23
1.3: Kompozit malzeme örnekleri	24
1.4: Farklı kalınlıklardaki lif levhalar	25
1.5: Lif levha kullanım örnekleri.....	30
1.6: Avrupa’da levha ürünleri endüstrisindeki alt sektörlerin üretimdeki payları.	36
1.7: Liflendirme ünitesi-Refiner.....	56
1.8: Liflendirme ünitesi-Refiner.....	57
1.9: Odun bileşenleri	66
1.10: Selüloz molekülünün kimyasal yapısı.....	68
1.11: β -D-Glukozun farklı formları.....	68
1.12: Selülozun bağ yapısı	69
1.13: Meyer ve Misch’e göre doğal selülozdaki hidrojen bağları.....	69
1.14: Selülozun bağ yapısı	70
1.15: Hemiselülozlarda bulunan şekerler	71
1.16: Ligninin Aromatik Yapı Birimleri	73
1.17: Lignin ünitesinin glukozdan biyosentezi.....	74
1.18: Lignin polimerinde bulunan bağların model görünümü	75
1.19: Üre/Formaldehit mol oranı.....	82
1.20: Üre/Formaldehit mol oranına bağlı sertleşme süresi	83
1.21: Monometil üre oluşumu	83
1.22: Monometil ürenin üre formaldehite dönüşmesi	84
1.23: Üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu mono metilol üre ve dimetilol üre oluşumu - Üre ile formaldehitin kondenzasyonu	84
1.24: Alkali Ortamda Üre Formaldehitin Reaksiyonu	85
1.25: Fenol ve formaldehidin birleşmesi sonucu Trimetilol-Fenol oluşması.....	87
1.26: Fenol formaldehit oluşumu	88
1.27: Fenol formaldehitin moleküler yapısı	88
1.28: İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler	91
1.29: Polimerik difenolmetan diizosiyanat tutkalının odun ile reaksiyonu	92

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Şekil	Sayfa
No	No
1.30: Parafin	94
1.31: Sertleştiriciler.....	95
1.32: Üre Formaldehit tutkalının sertleşmesi	97
1.33: Odun hammaddesinin depolanma süresine bağlı olarak değişken değerler.....	103
1.34: Odun hammaddesinin depolanması	105
1.35: Aşındırıcı kabuk soyma.....	109
1.36: Aşındırıcılı kabuk soyma aksamaları.....	110
1.37: Diskli yongalayıcı	114
1.38: Çevresel yongalayıcı	115
1.39: Çevresel yongalayıcı tambur.....	116
1.40: Kapalı yonga depolama alanı	119
1.41: Açık yonga depoalama	120
1.42: Sarsıntılı-Sarsak (Bezner) elek.....	121
1.43: Dynascreen (IMAL PAL) rulolu tarama sistemi.....	122
1.44: Rulolu tarama sistemindeki yonga hareketi	122
1.45: Yonga yıkama sistemi	123
1.46: Chip Bin (Ön Pişirme-Buharlama).....	125
1.47: Chip Bin	126
1.48: Refiner Plug Screw ünitesi.....	127
1.49: Plug Screw ve kovanı.....	127
1.50: Blowback valf-Mantarlaştırma pistonu.....	128
1.51: Pişirme kazanı	130
1.52: Defibratör	133
1.53: Siempelkamp Eco-resinatör tutkallama sistemi	135
1.54: Imal Pal tutkallama sistemi	136
1.55: Siklonlu lif kurutma sistemi	139
1.56: Lif kurutma sistemi	139
1.57: Havalı ayırıcı (Z Sifter).....	140
1.58: Serme ünitesi (Mat Former)	142
1.59: Serme hattı	143

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Şekil	Sayfa
No	No
1.60: Ön pres	145
1.61: Continue sıcak pres	154
1.62: Pres çıkışı yan-boy ebatlama (Daire ve Diagonal Testere)	155
1.63: Pres çıkışı diagonal testere kesimi	156
1.64: Yıldız soğutma ünitesi.....	157
1.65: Levha depolama alanı.....	158
1.66: Zımpara makinesi.....	160
1.67: Laminat parke katmanları.....	167
1.68: Serbest formaldehit perforatör test cihazı	188
1.69: Gaz analizi test cihazı.....	189
1.70: Şişe metodu test düzeneği	189
3.1: Universal test cihazı	210
3.2: Yüzey sağlamlığı test numunesi kesimi (TS EN 13329).....	214
3.3: Şişme test numunesi kesimi (TS EN 13329).....	215
3.4: Şişme numunesi ölçüm noktaları (TS EN 13329).....	216
3.5: Su tankındaki deney numuneleri (TS EN 13329)	216
3.6: Test numunesi kalınlık ölçüm noktaları (TS EN 13329)	218
3.7: Test numunesi uzunluk ölçüm noktaları (TS EN 13329).....	218
3.8: Test numunesi genişlik ölçüm noktaları (TS EN 13329).....	219
3.9: Gönyeden sapma kontrolü (TS EN 13329)	220
3.10: Doğruluktan sapma kontrolü (TS EN 13329)	221
3.11: Genişlik düzgünlüğü kontrolü (TS EN 13329)	222
3.12: Uzunluk düzgünlüğü kontrolü (TS EN 13329).....	223
3.13: Elementlerin dizilişi ve ölçüm sırası (TS EN 13329)	224
3.14: Işık kabini altında renk kontrolü	225
3.15: Spektrofotometrik renk ölçüm cihazı.....	225
3.16: Boyutsal sapma numune kesim planı (TS EN 13329)	226
3.17: Boyutsal sapma ölçüm noktaları (TS EN 13329)	227
3.18: Test cihaz ölçüleri (TS EN 13329).....	229
3.19: Test numunesi yerleşimi (TS EN 13329).....	229

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

Şekil	Sayfa
No	No
3.20: Aşınma test numunesi kesim planı (TS EN 13329)	230
3.21: Aşınma test bölgeleri.....	230
3.22: Aşınma sonuç değerlendirmesi (TS EN 13329).....	232
3.23: Aşınma test cihazı	232
3.24: Büyük ve küçük bilye test cihazları	234
3.25: Leke testi	236
3.26: Sigara testi	238
3.27: Çizilme test cihazı	239
4.1: Bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit miktarındaki ortalama değişim miktarı ve oranı.....	258

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
No	No
1.1: 2010-2016 Dönemine ait Türkiye lif Levha İhracatı	38
1.2: 2010-2016 Dönemine ait Türkiye lif Levha İthalatı	38
1.3: 2018 Verilerine göre Capital Dergisinin yapmış olduğu araştırma.....	39
1.4: Lif levha üretiminde kullanılan hammaddeler	59
1.5: Bazı ağaç türlerinin lif boyutları.....	63
1.6: Bazı ağaç türleri ve yıllık bitkilerin kimyasal bileşenleri ve lif özellikleri.....	65
1.7: Hücre çeperinin kimyasal bileşenleri ve oranları.....	67
1.8: İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları.....	72
1.9: Parke kullanım seviyeleri	170
1.10: İç ortam ve kirleticileri ile bunların kaynakları ve çeşitli formaldehit konsantrasyonlarının sağlık üzerine etkileri.....	182
3.1: Üre formaldehit tutkallarının özellikleri	194
3.2: UF tutkalı için sertleştirici madde olarak kullanılan amonyum sülfatın özellikleri...	194
3.3: HDF için hidrofobik madde olarak kullanılan parafinin özellikleri.....	195
3.4: HDF yapımında kullanılan lif ve kimyasal ile ilgili özellikleri	195
3.5: Overlay kağıdı emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları.....	196
3.6: Dekor kâğıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları.....	197
3.7: Balans kağıdının emprenyesi için kullanılan karışımın özellikleri	198
3.8: İlave kimyasal oranı	200
3.9: Sıcak pres elemanları	202
3.10: Deneme levhalarının üretimine ait veriler.....	203
3.11: Paket ve palet bilgileri.....	207
3.12: Leke tutma kimyasalları ve sınıfları.....	235
4.1: Yoğunluk test sonuçları.....	247
4.2: Rutubet ve şişme tayini test sonuçları	248
4.3: Eğilme, elastikiyet, çekme ve yüzey sağlamlığı test sonuçları	249
4.4: Kalınlık, uzunluk ve genişlik ölçüm sonuçları.....	250
4.5: Gönyeden ve doğruluktan sapma ölçüm sonuçları	251
4.6: Genişlik ve uzunluk düzgünlüğü kontrolü	251
4.7: Elemanlar arası açıklık ve yükseklik farkı kontrolü	252

TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Tablo	Sayfa
No	No
4.8: Aşınma ve darbe test sonuçları.....	253
4.9: Leke tutma test sonuçları	253
4.10: Çatlama, sıcak kaplara dayanım, sigara ateşi ve çizilme mukavemeti test sonuçları	254
4.11: Click ve çember test sonuçları	255
4.12: Çapraz kesit ve sıcak-soğuk su test sonuçları	256
4.13: Kaynatma ve su buharına karşı dayanım test sonuçları	256
4.14: Profil ölçüm sonuçları	257
4.15: Serbest formaldehit test sonuçları	257

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

gr/cm ³	: gram/santimetreküp
HCl	: Hidroklorik Asit
K	: Potasyum
kg	: kilogram
kg/m ³	: kilogram/metreküp
km	: kilometre
kp/cm ²	: kilopascal/santimetrekare
lt	: litre
m	: metre
m ²	: metrekare
m ³	: metreküp
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NH ₄ Cl	: Amonyum Klorür
(NH ₄) ₂ SO ₄	: Amonyum Sülfat
N/mm ²	: newton/milimetrekare
p	: olasılık değeri (anlamlılık değeri)
pH	: asitlik ve bazlık derecesi
r	: korelasyon katsayısı
sd	: serbestlik derecesi
°C	: santigrat derece
μ	: mikron

KISALTMALAR

CARB	: California Air Resources Board
dk	: dakika
DP	: Polimerleşme Derecesi
EN	: European Norm
FF	: Fenol Formaldehit
GLULAM	: Glued Laminated Timber
HDF	: High Density Fiberboard
LDF	: Light Density Fiberboard
LVL	: Laminated Veneer Lumber
MDF	: Medium Density Fiberboard
MF	: Melamin Formaldehit
MUF	: Melamin Üre Formaldehit
OSB	: Oriented Strand Board
UF	: Üre Formaldehit

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Kompozit ve Ahşap Esaslı Kompozit Malzemeler

Kompozit, iki veya daha fazla sayıda benzer veya farklı özellikteki malzemelerin, istenilen özelliklerini verecek şekilde ya da alternatif bir özellik elde etmek amacıyla birleştirilmesiyle elde edilen malzemelerdir. Kompozit malzemeler kendisini oluşturan malzemelerin zayıf yönleri düzeltilerek daha üstün ya da istenilen özellikte malzeme sunabilmektir.

Kompozit malzeme ifadesi, sadece levha ürünlerinin değil aynı zamanda kullanım amacına uygun kalıplarla şekillendirilmiş ürünleri ya da odun ve diğer malzemelerin kombinasyonu sonucu oluşturulan ürünleri de ifade etmektedir.

Ahşap esaslı kompozit malzeme ise; odun veya odunlaşmış diğer ligno-selülozik hammaddelerden üretilmiş olan ve en az iki malzemenin karışımıyla meydana gelen malzemedir.



Şekil 1.1: Ahşap Esaslı Kompozit Malzeme (URL-1, 2018)

1.1.1 Kompozit Malzemelerin Sağladığı Bazı Avantajlar

Yüksek Mukavemet: Kompozitler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir.

Hafiflik: Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadır.

Tasarım Esnekliği: Kompozitler bir tasarımcının aklına gelebilecek her türlü karmaşık, basit, geniş, küçük, yapısal, estetik, dekoratif ya da fonksiyonel amaçlı olarak tasarlanabilir.

Boyutsal Stabilité: Çeşitli mekanik, çevresel baskılar altında termoset kompozit ürünler şekillerini ve işlevselliklerini korumaktadır.

Yüksek Di-Elektrik Direnimi: Kompozitlerin göze çarpan elektrik yalıtım özellikleri, birçok komponentin üretimi konusunda açık bir tercih nedenidir.

Korozyon Dayanımı: Kompozitlerin antikorozyf özelliği, diğer üretim malzemelerinden üstün olan niteliklerinden biridir.

Kalıplama Kolaylığı: Kompozit ürünler, çelik türündeki geleneksel malzemelerde karşılaşılan birçok parçanın birleştirilmesi ve sonradan monte edilmesi işlemini tek parçada kalıplama olanağı ile ortadan kaldırmaktadır.

Yüzey Uygulamaları: Kompozit ürünlerde kullanılan polyester reçine, özel pigment katkıları ile renklendirilmek suretiyle, amaca uygun kendinden renkli olarak da üretilebilir.

Beton Yüzeylere Uygulama İmkânı: Beton yüzeylere, kompozitler mükemmel yapışır. Özellikle, betonun gözenekli olması nedeniyle, kompoziti oluşturan ana malzemelerden polyester reçinenin beton gözeneklerinden sızması ve beton kütle içinde sertleşmesinden dolayı mükemmel bir yapışma sağlanır.

Ahşap Yüzeylere Uygulama İmkânı: Kompozitler ahşap yüzeylere yapışma özelliğine sahiptir. Ancak ahşabın kuru olması ve polyester reçine ile iyi bir şekilde emdirilmesi gerekir.

Demir Yüzeylere Uygulama İmkânı: Demir yüzeydeki pas ve yağ kalıntıları temizlendikten sonra kompozitlerle kaplanabilir. Bu sayede demir ve çelik yüzeyler, kompozitlerle kaplanarak korozyon etkilerinden korunmaktadır.

Yanmazlık Özelliği: Kompozitlerin alev dayanımı, kullanılan polyesterin özelliğine bağlıdır. Alev dayanım özelliğinin arandığı yerlerde “Alev dayanımlı” polyester kullanılmalıdır.

Kompozitler İçine Farklı Malzemeler Görülebilir: Kompozitler içine, demir, ahşap, halat,

tel, mukavva, poliüretan sert köpük gibi malzemeler gömülerek mekanik özellikleri farklılaştırılabilir.

Tamir Edilebilirlik Özelliği: Tamir izlerinin görünmemesi için, onarım işleminin bir kalıp üzerinde yapılması ya da onarımdan sonra zımpara veya boya yapılması gerekir.

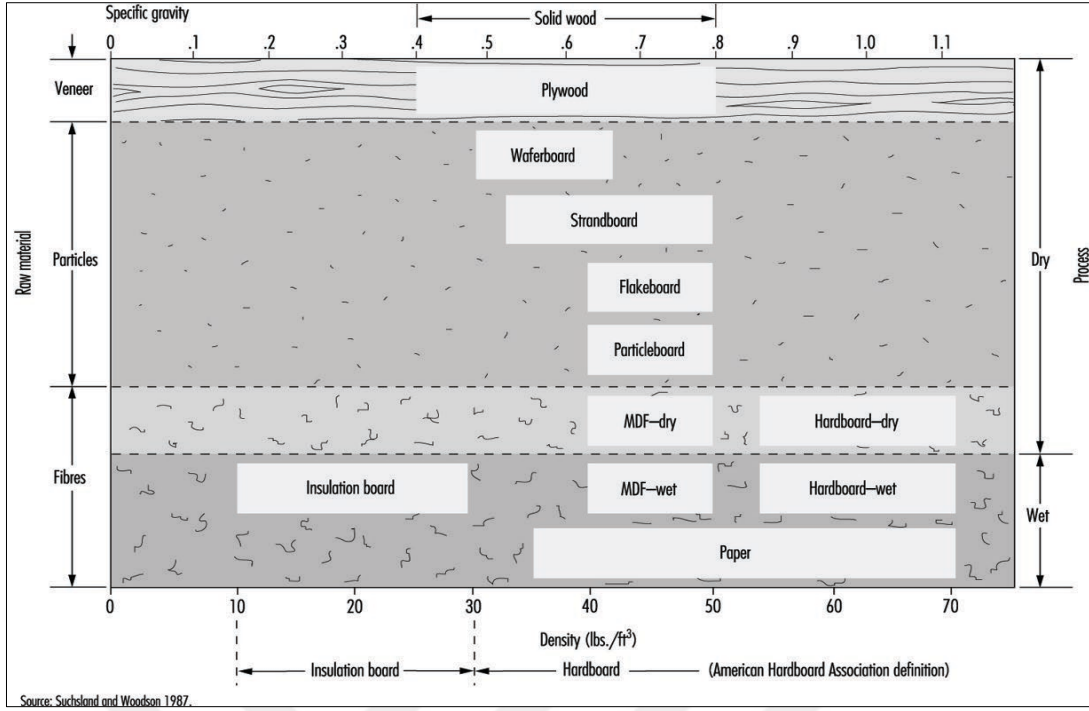
Kompozitler Kesilip Delinebilir: Kompozitler, tahta gibi kolayca kesilir, delinir, zımparalanır. Bu amaçla kullanılan aletlerin sert çelik veya elmas uçlu olması halinde daha iyi sonuç alınmaktadır. (URL-2, 2014)

1.1.2 Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

- Direnci yüksek olması istenen elemanlarda teknolojik özellikleri yüksek tutkalların kullanılması gerektiğinden, ek bir tutkal maliyeti getirmektedir.
- Yüksek kalitede üretim için, imalatın bütün aşamalarında yapılan işlemlerin özenle ve dikkatli bir şekilde uygulanması gerekir.
- Delik delme ve kesme türü işlemler liflerde açılmaya yol açmaktadır.
- Metallere yapışmazlar.
- Nem ve hava zerrecikleri, kompozitlerin mekanik ve yorulma özelliklerini olumsuz yönde etkiler.

1.1.3 Ahşap Esaslı Kompozit Levhaların Sınıflandırılması

Literatürde ahşap kompozit malzemeleri ile ilgili değişik sınıflandırmalar yapılmıştır. Genel olarak ahşap kompozit malzemeler, üretiminde kullanılan yonga boyutu, üretim tipi ve levha yoğunluğuna göre Şekil 1.2'deki gibi sınıflandırılmaktadır (Suchslandand ve Woodsoon,1986).



Şekil 1.2: Ahşap kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Güller (2001), tarafından yapılan diğer bir sınıflandırma şekli ise;

1- Levha Ürünleri: Kontrplak, Kontrtabla, Yonga Levha [Yongalevha (particleboard), Etiket Yonga Levha (Waferboard), Şerit Yongalı Levha (Flakeboard), OSB (Oriented Strand Board)], Lif Levha (MDF, HDF, İzolasyon levhası)

2- Yapısal Kompozitler: Yapısal Kompozit Keresteler [PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), OSL (Oriented Strand Lumber), LVL (Laminated Veneer Lumber), GLULAM (GluedLaminated Timber)], Yapısal Levha Ürünleri [Yapısal Kontrplaklar, Yapısal Flakeboardlar (Waferboard,OSB)], Ahşap I Kirişler, COM-PLY Keresteler

3- Mekanik Olarak Lamine Edilmiş Elemanlar

4- Kalıplanmış Ürünler (Molded Products)

5- Odun-Odun Dışı Ürün Kompozitleri: Bağlayıcı olarak inorganik maddelerin kullanıldığı kompozitler (Alçılı levhalar, Magnezyum çimentolu levhalar, Portland çimentolu levhalar), Odun lifi-termoplastik kompozitleri (Yüksek termoplastik içerikli kompozitler, düşük termoplastik içerikli kompozitler, dokunmamış tekstil tipi kompozitler) dir.



Şekil 1.3: Kompozit Malzeme Örnekleri (URL-3, 2019)

1.2 Lif Levha Endüstrisi

1.2.1 Lif Levhanın Tanımı

Liflevha bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ilave tutkal kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesi sonucu meydana gelen bir üründür. Kısaca, lignoselülozik maddelerin liflendirilmesi ile oluşan, lif ve lif demetlerinin yeniden şekillenmesi ile elde edilen bir levhadır (Eroğlu, 1988).

Lif levha yapımında liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanır. Fakat rutubete karşı direnci, sağlamlığı, ateşe ve çürümeye karşı dayanıklılığı artırmak için yapıştırıcı madde ile diğer bazı maddeler gerektiğinde katılabilir. ISO'nun teknik anlamdaki tarfına göre lif levha, doğal yapışma ve keçeleşme özelliğine sahip lignoselülozik liflerden üretilmiş, kalınlığı 1,5 mm. den fazla olan levhalardır. Yapıştırıcı madde veya katkı maddeleri kullanılmış olabilir. (Kollmann et al. 1975)

Bir diğerk ve daha güncel standarda göre (TS 3635 EN 316) lif levha; Isı ve/veya basınç uygulaması ile ligno-selülozik liflerden üretilmiş, kalınlığı 1,5 mm. ve daha büyük olan panel malzemesidir. Yapışma, hem liflerin keçeleşmesi ve tabii yapışma özellikleri ile hem de liflere paralel bir sentetik madde ilave edilmesiyle sağlanır. Yapıştırırmada başka bağlayıcılar da kullanılabilir.



Şekil 1.4: Farklı Kalınlıklardaki Lif Levhalar (URL-4, 2016)

1.2.2 Lif Levhaların Sınıflandırılması

Lif levhalar yoğunluk, üretim yöntemi, liflerin yönlendirilmesi, levhanın yüzey yapısına ve kullanılan tutkal tipine göre sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, TS 3635-EN 316 standardına göre de lif levhalar sınıflandırılmaktadır.

1.2.2.1 Yoğunluklarına Göre Sınıflandırma (TS 3635 ve ISO 818)

- Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası ($<0,35 \text{ gr/cm}^3$)
- Orta yoğunlukta lif levhalar ($0,35 \text{ gr/cm}^3$ - $0,80 \text{ gr/cm}^3$)
- Yüksek yoğunlukta lif levhalar-sert lif levhalar ($0,80 \text{ gr/cm}^3$ - $1,1 \text{ gr/cm}^3$)

Amerika Birleşik Devletleri'nde lif levhalar yoğunluklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Handbook of Wood and Wood Based Materials 1989).

- a) Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon levhası ($0,16 \text{ gr/cm}^3$ - $0,5 \text{ gr/cm}^3$)
- b) Orta yoğunlukta lif levhalar ($0,35 \text{ gr/cm}^3$ - $0,80 \text{ gr/cm}^3$)
- c) Sert lif levhalar ($0,5 \text{ gr/cm}^3$ - $1,45 \text{ gr/cm}^3$)
 - Orta yoğunlukta sert lif levhalar: ($0,5 \text{ gr/cm}^3$ - $0,8 \text{ gr/cm}^3$)
 - Yüksek yoğunlukta sert lif levhalar: ($0,8 \text{ gr/cm}^3$ - $1,28 \text{ gr/cm}^3$)
 - Özel yoğunlaştırılmış sert lif levhalar: ($1,35 \text{ gr/cm}^3$ - $1,45 \text{ gr/cm}^3$)

MDF; piyasada pazarlama amaçlı olarak kendi içinde, yoğunluklarına göre değişik sınıflara ayrılmaktadır.

- High Density MDF (HDF-Yüksek yoğunlukta MDF) $> 800 \text{ kg/m}^3$
- Low Density MDF (LDF-Düşük yoğunlukta MDF) $< 650 \text{ kg/m}^3$
- Ultra Low Density MDF (ULDF-Ultra düşük yoğunlukta MDF) $< 550 \text{ kg/m}^3$

Ekstra sert lif levhalar, açık havada kendiliğinden kuruyan yağlarla sert lif levhaların emprenye edilmesiyle elde edilir. Lif levhaların emprenye işlemi iki şekilde olmaktadır. Bunlardan birincisi; levhaların yağa daldırılması, ikincisi ise levhaların yüzeyine silindirler yardımı ile yağ sürülmesidir (Eroğlu ve Usta 2000).

1.2.2.2 Üretim Yöntemine Göre Sınıflandırma

a) Yaş yöntemle lif levha üretiminde; formasyon ortamı sulu lif süspansiyonudur. Kurutma veya sıcak preslemeye gitmeden önce elde edilen taslağın rutubeti %100'den fazladır. Bu özellik, yaş yöntemi diğer yöntemlerden ayıran temel farktır. %1–2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilmekte, mümkün olduğu oranda düzenli lif dağılımı sağlayarak lif keçesi haline getirilmektedir. Üniform bir levha taslağı elde etmek, buradaki en önemli sorundur. Çünkü lifler sürekli olarak topaklanıp demet oluşturmaya meyillidir. Bunu önlemek için düşük konsantrasyon ve mekanik karıştırma yapılır. Yaş yöntemle üretilen levhaların sadece bir yüzü düzdür (Smooth one surface – SIS). Diğer yüzünde ise elek izi bulunmaktadır. Çünkü oluşturulan lif keçesi preslerde sıcaklık ve basınç altında preslenerek kurutulur ve presin bir yüzünde de elek

bulunmaktadır (Eroğlu 1988).

Yaş yöntemde levha üretiminde genellikle ilave bir yapıştırıcı kullanılmaz. Yapışmayı sağlayan, orta lameldeki lignin ve hemiselülozların hidrolizi sonucu oluşan maddelerdir. Levhanın özelliklerini iyileştirmek için levha tipine göre isteğe bağlı olarak %1–3 oranında fenol formaldehit, kuruyan yağlar, termoplastikler, nişasta ve asfalt gibi maddeler katılabilmektedir. Üretilen levhanın rutubetli ortamlarda çalışmasını azaltmak amacıyla tam kuru lif ağırlığına oranla yaklaşık %1–2 oranında parafin (wax) ilave edilebilmektedir. Ayrıca sert levhaların yüzeyleri %7–12 oranında kuruyan ve sertleşen yağlar ile emprenye edilmek suretiyle ekstra sert lif levhalar elde edilmektedir (Akbulut 2001).

b) Yarı kuru yöntemle lif levha üretiminde; levha taslağının rutubeti %12–45 arasında olup, taslağın oluşturulmasında sulu ortamdan yararlanılmayıp hava veya mekanik araçlarla serme şeklinde yararlanılır. Yapıştırıcı olarak orta lameldeki ligninden ziyade sentetik yapıştırıcılarda faydalanılır. Bu yöntemle genellikle bir yüzü düzgün sert lif levhalar üretilmektedir (Eroğlu 1988).

c) Kuru yöntemle lif levha üretiminde; nem oranı %8-12 arasındadır. Elde edilen liflerin rutubetinin uzaklaştırılması için özel olarak kurutmaya tabii tutulur. Kurutulan lifler mekanik ve havalı serme yapılarak, levha taslağı oluşturulur. %8–11 oranındaki tutkal karışımından meydana gelen levha taslağı sıcak preslemeyle levha elde edilir.

Yalıtım lif levhaları, suya karşı dayanıklılık sağlamak veya mekanik sağlamlık kazandırmak için reçine, parafin veya bir kömür katranı ürünü olan kumaran reçinesiyle tutkallanır. Levha dışarıda kullanılacaksa asfalt veya asfalt emülsiyonları kullanılır. Yalıtım lif levhalarına presleme uygulanmaz.

Doğal olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninin oluşturduğu bağlar bulunmadığından %8– 11 oranında yapıştırıcı kullanılır. Yapıştırıcı olarak genellikle üre formaldehit kullanılır. Özgül ağırlıkları 600–850 kg/m³ arasında olup, son zamanlarda 1,5-40 mm. hatta 60 mm'ye kadar üretim yapılabilmektedir. Genelde masif malzeme gibi kolay işlenebilmesinden dolayı mobilya, dekorasyon işlerinde çok tercih edilmektedir. Yer kaplamaları (flooring) için üretilen parkeler de HDF yani yüksek yoğunlukta (850–1000 kg/m³) lif levha üretimi oldukça yaygınlaşmıştır. Ayrıca bunların E1 kalitede, aşınmaya ve

çizilmeye karşı mukavim, rutubete karşı dayanıklı (MR) ve yangına karşı dayanıklı (FR)'lık gibi özelliklerde olması söz konusudur (Eroğlu 1988).

1.2.2.3 Liflerin Yönlendirilmesine Göre Sınıflandırma

a) Lifleri yönlendirilmeden üretilen (rasgele yönlendirilmiş) lif levhalar; levha taslağı oluşturulurken lifler yönlendirilmeden rastgele olarak serme bandına yerleştirilir. Bu yüzden homojen yapıda levha üretilmekte ve genellikle lifler levhada rastgele yer almaktadır (Maloney 1993).

b) Lifleri yönlendirilerek üretilen lif levhalar; lifleri yönlendirilmemiş lif levha üretim prosesinde taslak oluşturulması işlemi sırasında, lifler serme bandı üzerine rasgele olarak değil de mekanik yöntemler veya elektriksel alan meydana getirmek suretiyle liflerin belirli bir açı ile düşmesi sağlanır. Bu suretle liflere yön verilmektedir. Yönlendirme yönünde hem fiziksel hem de mekanik özelliklerin yönlendirilmemiş lif levhadan daha yüksek olması, yönlendirilmiş lif levhaların en önemli özelliğidir. Yönlendirilmiş lif levhaların kullanım alanları daha çok yapı endüstrisi ve dış ortamlardır (Maloney 1993).

1.2.2.4 Yüzey Yapısına Göre Sınıflandırma

a) Bir yüzü düzgün lif levhalar (Smooth One Surface S1S); yaş proseste levha taslağı %100'ün üzerinde rutubete sahiptir. Elde edilen levha taslağının, sıcak presleme ile suyu uzaklaştırılırken sıcak presin alt kısmındaki elek, levhada iz meydana getirmektedir (Suchsland ve Woodson 1986).

b) İki yüzü düzgün lif levhalar (Smooth On Both Sides – S2S); yaş yöntem, yarı kuru yöntem ve kuru yöntem olmak üzere üç farklı şekilde üretilebilmektedir. Yaş proseste rutubeti %100'ün üzerinde olan levha taslağı ilk olarak ön preslemeye girer. Ondan sonra da kurutularak rutubet oranı düşürüldükten sonra pres süresini indirmek için yaklaşık 150°C'de bir ön ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Böylece levha rutubeti önemli ölçüde azaltılarak %1 ile %5 civarına düşürülür. Pres süresinin kısa olması bu yöntemin en önemli özelliğidir. Yaş yöntemle iki yüzü de düzgün lif levha üretiminde lignin sayesinde yapıştırma sağlanmasının yanında teknolojik özellikleri iyileştirmek için ilave olarak termoplastik tutkallar ve kuruyan yağlar kullanılabilmektedir. Yarı kuru ve kuru yöntemle

iki yüzü düzgün lif levha üretiminde ise taslak direkt olarak sıcak preslemeye girebilir. Çünkü burada levha taslağı yaş yöntemde olduğu gibi sulu ortamda hazırlanmadığından rutubet oranı çok düşüktür ve eleğe de ihtiyaç duyulmamaktadır (Suchsland ve Woodson 1986).

1.2.2.5 Kullanılan Tutkal Tipine Göre Sınıflandırma

a) Üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen lif levhalar; tutkal fiyatının ucuz oluşu, sertleşme süresinin kısa ve rengini beyaz olması ülkemizde ve dünyada levha sektöründe en çok tüketilen tutkallardan biridir. Bu tutkal ile üretilen levhalar, dış hava şartlarına ve rutubete karşı dayanıklı olmadığı için genellikle kapalı ortamlarda kullanılmaktadır.

b) Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen lif levhalar; rutubete dayanıklı oldukları için dış hava şartlarına maruz kalan yerlerde ya da yapılarda kullanılırlar.

c) İzosiyanat tutkalı kullanılarak üretilen lif levhalar; bu tutkal ile üretilen lif levhalar suya karşı çok dayanıklıdır. Fakat, pahalı olması ve sıcak pres platenlerine yapışmasından dolayı kullanımı sınırlıdır.

d) Melamin formaldehit ve üre formaldehit tutkallarının karışımından üretilen lif levhalar; rutubete karşı sadece üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan daha dayanıklıdır. Üre-melamin tutkalının kullanımı da izosiyanat tutkalında olduğu gibi sınırlıdır (Ayrılmış, 2000).

1.2.3 Lif Levhaların Genel Özellikleri

- Levha yüzeyleri yüzey işlemlerine uygun olup lake boya, PVC kaplama, zımparalayarak astarlık atılması gibi işlemlerde avantaj sağlanmaktadır.
- MDF'ler liflendirme işlemine tabi tutularak üretildiğinde yonga levha ve diğer panel levhalara kıyasla kalitesi daha düşük odunlardan üretilebilmektedir.
- Rutubete karşı dayanıklı, çivi ve vida tutma kabiliyeti iyi, kesilmesi kolaydır.
- Fiziksel özellikleri yükseklik göstermektedir.
- Levhanın mukavemet özelliği her yönde aynı olduğundan doğal oduna oranla daha geniş kullanım imkânı sağlar.

- Homojen yapıda olup doğal odun özelliğinde yapay bir üründür.
- Levha yüzeyleri yüzey işlemleri için daha uygundur.
- Farklı boy ve kalınlıklarda üretimi yapılabilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.2.4 Lif Levhaların Kullanım Alanları

Lif levhalar üretim yöntemlerine, kullanılan hammaddeye, yoğunluklarına göre çok farklı fiziksel ve mekanik dayanım özellikleri gösterirler. Genel olarak en belirleyici unsur üretilen levhaların yoğunluklarıdır. Lif levhalar kullanım alanlarına göre izolasyon lif levhaları, orta yoğunlukta lif levhalar ve sert lif levhalar olarak üç kısımda sınıflandırılabilir.



Şekil 1.5: Lif Levha Kullanım Örnekleri (URL-5, 2019)

a) İzolasyon Lif levhaların Kullanım Alanları: İzolasyon lif levhaları odun lif demeti haline dönüştürüldükten sonra yaş yöntemle elde edilir. Lifler bir karıştırma tankı

içerisinde yapıştırıcı ve köpük gibi tamamlayıcı maddelerin ilavesi ile karıştırılır, şekil verme ve süzme işleminin ardından pres işlemi yapılmadan veya çok düşük bir basınçta preslenerek kurutulur. İzolasyon levhaları düşük yoğunlukta ve gözenekli bir yapıya sahiptir. Mekanik ve fiziksel dayanım özellikleri diğer levha türlerine göre daha düşüktür. Bu levhalar genel olarak dayanımın gerekmediği bina içi bölme yapımı ve ses ve ısı yalıtımı amacı ile kullanılmaktadır.

İzolasyon levhalarının temel kullanım alanları aşağıda verilmiştir (Toker, 1959; Eroğlu ve Usta, 2000).

- **Ahşap Yapıların Dış Kaplamalarında:** Ahşap yapılar kolay ısı kaybettiklerinden bu olumsuz özelliği ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla izolasyon levhaları kullanılır.
- **Bina Bölmelerinin Yapımında:** Özellikle günümüzde işyerleri, tuvaletler ve binalarda oldukça sık kullanılan bölmelerin yapımında izolasyon levhaları kullanılmaktadır. En önemli avantajı kısa sürede, daha düşük maliyetli ve kolay bir bina içi bölmelerin yapılmasıdır.
- **Duvarlar Arası Ses İzolasyonu Amacıyla:** Duvarların her iki tarafına izolasyon levhalarının konulması ile çok gürültülü veya ekstra yalıtım istenen ortamlarda ses izolasyonu sağlanır.
- **Duvarlar Arası Isı İzolasyonu Amacıyla:** Isı kaybının yüksek olduğu veya hava koşulları nedeniyle ısı yalıtımı istenilen duvar ve bölmelerde izolasyon levhaları kullanılır. Özellikle ısı kaybının daha çok olduğu çatı katının duvar ve beton yüzeyleri ile kalorifer peteklerinin arka kısımları bu levhalar ile kaplanır.
- **Betonarme Tavanların Kaplanmasında:** Betonarme tavanlarda ısı ve ses iletimi çok yüksektir. Bunu engellemek için tavanlara izolasyon levhaları konulur.
- **Akustik Düzenlemelerde:** Sinema, tiyatro, konser salonu, dersane, toplantı odası, radyo kayıt odaları ve televizyon stüdyolarında akustik düzenlemeler için izolasyon levhaları kullanılır. Bu levhalar sesi emmesi, hafif olması, kolay işlenmesi, teknik ve mimari amaçlara uygun olması bakımından oldukça uygun malzemelerdir.
- **Diğer Kullanım Alanları:** Beton bina ve köprülerde boşlukların doldurulmasında, reklam panolarında, resim salonlarında, depo, su kulesi ve klima tesisatında

izolasyon amaçlı olarak; vitrinlerde, tiyatro sahneleri ve televizyon stüdyolarında dekor amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kuluçka ve kurutma makineleri ile arı kovani ve benzer alanlarda da kullanımı mevcuttur.

b) Orta Yoğunlukta Lif Levhaların Kullanım Alanları: Bu tür levhalar MDF (Medium Density Fiberboard) ve orta yoğunlukta lif levha olarak isimlendirilirler. Orta yoğunlukta lif levhalar yaş ve kuru yöntemle elde edilebilmesine rağmen dünya genelinde kuru yöntemle elde edilen levhalar bu isimle adlandırılırlar. Orta yoğunlukta lif levhalar masif ağaç özelliği gösterirler ve hemen hemen piyasadaki bir masif malzemenin kullanıldığı bütün alanlarda kullanılabilirler. Mekanik ve fiziksel dayanım özellikleri LDF'lere (düşük yoğunlukta lif levha) göre oldukça yüksektir ve dayanımın gerekli olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Dünya genelinde üretilen MDF'lerin % 70'i mobilya üretiminde, % 30'u ise diğer alanlarında kullanılmaktadır. (Toker, 1959; Haygreen and Bowyer, 1996; Eroğlu ve Usta, 2000; Çamsan, 2006)

Orta yoğunlukta lif levhalar, izolasyon lif levhalarının genel amaçlı kullanım yerlerinin yanı sıra aşağıdaki kullanım alanları için de uygundur (Toker, 1959; Haygreen and Bowyer, 1996; Eroğlu ve Usta, 2000; Çamsan, 2006).

- **İç Mekan Mobilyalarında:** Masif malzemenin mobilya olarak kullanılabildiği tüm alanlarda orta yoğunlukta lif levhadan da yararlanılabilmektedir. Mobilya imalatında hem ince MDF'lerden hem de kalın MDF'lerden yararlanılır. İnce MDF'ler (4, 6 ve 8 mm kalınlık) çekmece altlıkları, kapı yüzeyleri, mobilya ve kabin arkalıkları olarak kullanılır. Kalın MDF'ler ise en çok masa üst tablası, raf, sehpa, dolap ve merdiven basamağı imalinde kullanılır. Yüzeylerin boyanması halinde çatlama görülmemekte, baskı yapılabilir. Kenarlarına profil çekilebilir, kıvrangıç kuyruğu ve düz geçmeler yapılabilir. Mobilyacılıkta kullanılan oyma baskı yapılabilir.
- **Bükme Mobilya Üretiminde:** İnce MDF'ler (6 mm'ye kadar) özel kalıplarla bükülerek şekil verilebilir, kontrplak ve yonga levhanın kullanılmadığı bükme mobilya üretiminde değerlendirilebilir.
- **Mutfak Tezgahı:** Eğilme ve basınç dayanımının gerekli olduğu kadar suya karşı direncinde yüksek olması gereken bu kullanım alanında en uygun malzemelerden

birisi de MDF'dir. Mutfak tezgahları genellikle yüzeyi laminat kaplamalı ve 30 mm kalınlıkta MDF'lerden üretilir.

- **Banyo ve Mutfak Dolapları:** Rutubete karşı dayanım istenen mekanlarda gerek yüzeyi melamin reçinesi emdirilmiş kağıtlarla kaplanarak gerekse lake boya veya boya-vernük uygulaması sonucunda banyo ve mutfak dolapları ile bunların rafları ve arkalıklarında kullanılır.
- **Dekoratif Malzeme Üretiminde:** Orta yoğunlukta lif levhaların makinede işlenmesinin kolay oluşu ve form verilebilmesinin avantajı ile eğimli dekoratif malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Masif malzeme gibi kenarları frezede kesilebilir ve istenilen form verilebilir. Sonrasında hemen her çeşit lake, boya, vernük vb. üst yüzey malzemeleri yüzeyine tatbik edilerek nihai ürün elde edilir. Ahşap kaplama, PVC, kağıt, melamin gibi malzemelerle kaplanabilmesi, gerek iki yüzeyinden gerekse kenarlarından girecek vidaları mükemmel tutabilmesi (bu sonuç için, kullanılacak ağaç vidalarının paralel yivli olması ve vida yerlerinin önceden matkapla delinmesi gerekir) gibi özellikleriyle dekoratif malzeme üretiminde tercih edilir.
- **İnşaat Sektöründe:** Taban döşemeleri, tavanlar (üzeri kaplı olarak veya doğrudan doğruya), bina iç bölmeleri, kapı kasaları, kapılar, trabzanlar ve küpeşteler, gömme dolap, kapak, gövde ve arkalıkları, büro masaları, sehpa, bardo masaları, süpürgeliklerde de MDF kullanılır. İnşaat sektöründe mobilya üretiminde kullanılan 18 mm MDF den daha kalın levhalar kullanılır. Kalın MDF'lerin en büyük kullanım yeri binalarda sütun, plaster ve kemer gibi mimari amaçların yanında ağır döşeme ve raf, merdiven basamağı, çalışma tezgahı ve bank oturaklarıdır.
- **Dış Mekan Mobilyalarında:** Dış mekanda kullanılacak masa, masa tablası, bank, çit malzemesi, kapı, pergula gibi kısımlar ile sergi paneli, üzerine delikler açılarak dekoratif paneller ve kolayca bükülebildiklerinden dolayı eğik yüzeylerin oluşturulmasında kullanılır.
- **Dış Mekan Malzemelerinde:** Açık havaya dayanıklı şekilde kaplanmış olmaları nedeniyle reklam panoları, mağaza vitrinleri, bahçe mobilyaları, bot kabinleri ve açık havada kullanılan kapı panellerinde kullanılır. Alev almayı geciktiren tipleriyle duvar ve pano kaplamaları, gemilerde kabin ve bölme elemanlarının yanında bitişik yapılan ekipmanlarda kullanılırlar.

- **Diğer Kullanım Alanları:** MDF levhaları; televizyon ve radyo kasaları, oturma odası mobilyası, ayna çerçevesi, yuvarlak ve oval masalar, çeşitli endüstriyel amaçlı parçaların üretiminde kullanılmaktadır. İşlenme kolaylığı nedeniyle yapı sektöründe de kullanımı yayılmaktadır. Tavan ve taban döşemelerinde ve çatı kısımlarında kullanılmaktadır. Ayrıca, avantajları nedeniyle endüstriyel kalıp yapımında da tercih edilmektedir. İç dekorasyonda ve duvarların kaplanması uygun bir malzemedir. MDF levhalarına masif odundan yapılmış görünümü kazandırmak için kaplama, odun desenli kağıt ve yapay tabakalar kaplanmaktadır. Yüzeyde yonga parçacıkları olmadığından yonda izlerinin yüzeye çıkması tehlikesi olmamakta, dolayısıyla; daha ince kaplama ve kağıt kullanmak mümkün olmaktadır. Masif odunda olduğu gibi çeşitli formlar frezelenerek çıkarılmakta, yatak, perde, pencere, kapı pervazları, sandalye, koltuk elemanları, okul sıraları MDF levhalarından yapılabilmektedir. Ağaç malzemedan yapılması halinde bir çok ekleme ile gerçekleştirilen yuvarlak masa gibi büyük boyutlu ürünler tek parça halinde MDF kullanılarak yapılabilmektedir.

c) Sert Lif Levhaların Kullanım Alanları: Sert lif levhaların en önemli özellikleri ince kontrplaklar gibi işlenebilmesi yanında çatlamaması, kıymıklaşmaması ve dayanıklı olmasıdır. Sakıncaları ise başta birim hacim ağırlığının yüksek olması, bir tarafında elek izi olması, kalite düşüklüğü halinde üst yüzeyinin çabuk deforme olması ve aşınmasıdır. Sert lif levhalar doğal görünümün aranmadığı mobilya kısımlarında ve geniş yüzeyli inşaat malzemesi istenilen yerlerde kullanılır. Sert lif levhanın kullanım alanları maddeler halinde aşağıda verilmiştir (Toker, 1959; Eroğlu ve Usta, 2000).

- **İç Mekan Mobilyalarında:** Masa tablaları, çekmece altlıkları, mobilya, kapı ve kabin arkalıkları olarak kullanılır.
- **Karoser İmalinde:** Sert ve ekstra sert lif levhalar kaliteli ve ucuz olmalarından dolayı birim hacim ağırlığının pek önemli olmadığı vagon, römork, otomobil ve ulaşım araçlarına ait karoserlerin üretiminde kullanılmaktadır.
- **Taban Döşemelerinde:** Aşınma dayanımı kayın ve meşe ağacına göre daha yüksek olan ekstra sert lif levhalar parke yapımı için oldukça uygundur.
- **Dam Örtülerinde:** Su birikiminin olmadığı eğimli çatılar sert lif levhalar ile örtülebilir ve uzun süre dayanabilir. Sert lif levhaların dayanım süresi kiremit kadar

uzun olmamakla birlikte kullanılmadan önce mantar ve zararlılara karşı koruyucu maddelerle emprenye edilirse uzun yıllar rahatlıkla kullanılabilir.

- **Resim Tuvallerinde:** Bu amaçla parafin ve su camı (sodyum silikat) içermeyen sert ve ekstra sert lif levhalar kullanılır. Lif levhanın parlak tarafı zımpara kağıdı ile kabartıldıktan sonra üzerine astar çekilerek kullanıma hazır hale getirilir.
- **Diğer Kullanım Alanları:** Kayık ve kotraların kamara vb. kısımlarında, televizyon mobilyalarında, kuluçka makinesinde, kurutma ve soğutma dolaplarında, arı kovanlarında, ses ve ısı geçirmeyen kapılarda, sandık yapımında, reklam panoları, ayna, kitaplık, profil kısımlarında, kalıp imalinde, şablonlar ve çeşitli yüzey kaplama işlerinde kullanılırlar.

1.2.5 Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi

1.2.5.1 Dünya’da Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi

Odun kökenli levha ürünlerinden, lif levhanın kullanımı M.Ö.6.yüzyıla kadar dayanmaktadır. 1901 yılında Minnesota’da binalarda ısı yalıtımı amacıyla lif levha üretilmiştir. 1931 yılında İsveçli mühendis Asplund odun yongalarının basınç altında sürekli liflendirme yöntemini geliştirmiştir.

MDF üretimi endüstriyel manada 1958 yılından itibaren ticari ve sınai bir malzeme olarak kullanılmaya başlamıştır. Odun veya lignoselülozik kökenli levha ürünleri (yongalevha, kontrplak, kontrtabla, sert lif levha, izolasyon levhası, waferboard, flakeboard, MDF, LVL and OSB) genel olarak 20.yy en önemli endüstriyel ürünüdür.

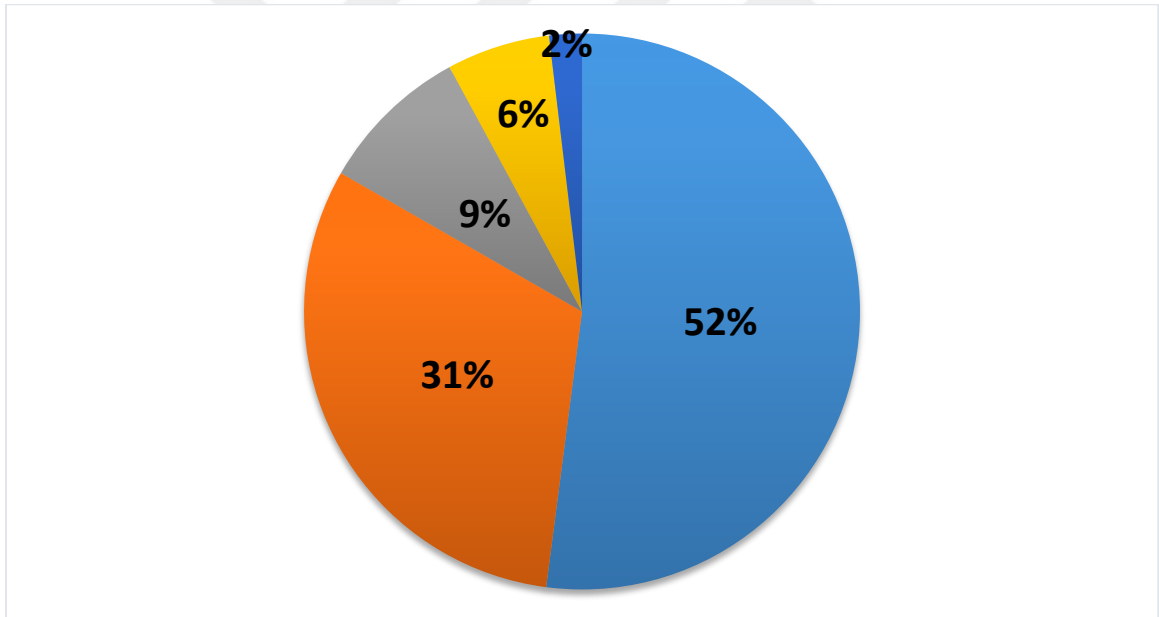
William H. Mason 1924’de yaş yöntem sert lif levha üretimi ile ilgili yeni bir yöntem geliştirmiş ve buluşu sert lif levha üretimi için “Masonite Process” olarak tanınmıştır. İlk Masonite yöntemiyle sert lif levha üreten fabrika (The Mason Fibre Company, şimdiki adıyla Masonite Corporation) 1926 yılında Laurel, Amerika’da tamamlanmıştır. Günümüzde bu fabrika, dünyadaki en büyük sert lif levha fabrikasıdır (Suchsland ve Woodson 1986).

MDF, yirminci yüzyılın 2. ve 3. çeyreğinde Amerika, Almanya, İngiltere, Fransa gibi ülkelerde gittikçe artan bir oranda üretilmeye başlamıştır. Dünyada ilk kuru yöntemle MDF

Üretim prosesi 1945 yılında USA’da geliştirilmiştir. İlk kuru yöntemle pilot tesis üretimi 1966 yılında USA New York’ta Allied Chemical Corporation firması üretime başlamıştır. Avrupa’da 1974 yılında Ribnitz-Damgarten, ex DDR, 1975 yılında Busovaca, BİH, ex YU (1978), yılında Illirska Bristica, Slevania, ex YU kuru yöntemle lif levha tesisleri kurulmuştur (Wood acamedy 2008).

Kompozit levha üretimine olan ihtiyaç, dünya nüfusunun artmasına paralel olarak, her geçen gün artmaktadır. Orman rnleri sektöründe ikinci en büyük endüstriyel rn MDF olarak yer almaktadır.

2013 yılı itibariyle Avrupa’da odun kökenli levha ürünleri üretimi, toplam 68,2 milyon m³ olarak gerçekleşmiş olup bunların toplam levha üretimindeki oranları ise Şekil 1.6’da verilmiştir.



Şekil 1.6: Avrupa’da levha ürünleri endüstrisindeki alt sektörlerin üretimdeki payları (UNECE/FAO, 2014).

MDF retiminde bağlayıcı olarak kullanılan üre formaldehit, melamin üre formaldehit tutkalı gibi kimyasalların kullanılması canlıların sağlığına zararlı etkileri göstermesi büyük bir sağlık sorunu meydana getirmektedir. Bunun sebebi bu tutkalların üretiminde kullanılan formaldehitin zamanla kanserojen etki göstermesidir. Özellikle kapalı ortamda, açığa çıkan serbest haldeki formaldehit miktarını sınırlandırmak için standartlar

getirilmiştir.

MDF sektöründe kullanılan üre formaldehit tutkalı üretiminde formaldehitin ve ürenin reaksiyona girmesi belirli koşullarda gerçekleşir. Mol oranına bağlı olarak reaksiyona girmeyen formaldehit serbest halde kalmaktadır. MDF üretimi sırasında pres aşamasında oluşan ikinci bir kondenzasyon reaksiyonu sırasında bağ oluşumu nedeniyle de bir miktar formaldehit serbest kalmaktadır. Bu iki nedenle üretilen MDF’lerde yapısında serbest halde bir miktar formaldehit kalmaktadır. MDF’lerde çıkan serbest formaldehit miktarı için insan ve canlı sağlığına etkisini en az olması için Avrupa Birliği ülkeleri serbest formaldehit miktarının sınırlandırılmasını öngörmüşlerdir. Bu miktar 2-8mg formaldehit/100gr levha olarak kabul etmişlerdir. Hatta E0 olarak kabul edilen 2mg formaldehit/100gr levha üretmek için çalışmalar yapılmaktadır.

Odun esaslı levha ürünlerinde formaldehit emisyonunu sınırlandırmak için E1 standardı geliştirilmiştir. 10 yıl öncesine kadar üre/formaldehit mol oranı 1/2 olan tutkallar kullanılmaktaydı. Günümüzde ise MDF ve yonga levha üretiminde ortalama formaldehit emisyonu düşük (1:1.1) üre formaldehit tutkalları tercih edilmektedir. Levha üretimini E1 özelliğinde olması için bazı kimyasallar hatta formaldehit tutucular tutkala karıştırılıp, mol oranları değiştirilerek tutkal üretilmesi yoluna gidilmiştir.

1.2.5.2 Türkiye’de Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi

MDF 1980’li yıllarda Dünyanın birçok ülkesinde yaygın şekilde üretilirken ülkemizde ilk MDF fabrikasının kurulumu 1985 yılında kısa adı Çamsan olan özel bir Şirket tarafından 62.000 m³/yıl kapasite ile Ordu ilimizde kurulmuştur. Ülkemiz MDF üretiminde Avrupa’da 1.Dünya’da ise 2.sırada yer almaktadır.

Ülkemizde faaliyet gösteren ahşap esaslı levha işletmelerinin büyük bir kısmı üretilen miktar ve ürün kalitesi olarak dünyada ve Avrupa’da önemli tesisler arasındadır. Türkiye üretim miktarları açısından MDF/HDF’de Avrupa’da ilk, dünyada ikinci sırada, laminat parkede Avrupa’da ikinci, dünyada üçüncü, yonga levhada ise Avrupa’da üç, dünyada beşinci sırada yer aldığı belirtilmektedir. Ayrıca ahşap bazlı levha üretim sektöründe ise dünyada beşinci, Avrupa’da ise ikinci sırada yer almaktadır (OAİB, 2015; İstek vd. 2017).

Tablo 1.1: 2010-2016 Dönemine Ait Türkiye Lif Levha İhracatı (TUIK, URL-6)

2010-2016 DÖNEMİNDE TÜRKİYE LİF LEVHA İHRACATI (\$)	
2010	283.127.072
2011	331.999.989
2012	341.219.560
2013	340.555.879
2014	384.062.544
2015	329.948.492
2016	318.335.830

Tablo 1.2: 2010-2016 Dönemine Ait Türkiye Lif Levha İthalatı (TUIK)

2010-2016 DÖNEMİNDE TÜRKİYE LİF LEVHA İTHALATI (\$)	
2010	266.505.334
2011	315.187.671
2012	345.176.795
2013	325.679.359
2014	223.355.771
2015	196.354.858
2016	161.588.534

Türkiye’de inşaat sektöründeki hızlanma ile birlikte Levha sektöründeki yatırımlar ve kazançlar da artış göstermiştir. Capital dergisinin 2019 yılında yayınlamış olduğu Capital-500 araştırmasına göre sektördeki öncü firmaların yıllık ciroları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1.3: 2018 Verilerine Göre Capital Dergisinin Yapmış Olduğu Araştırma (01.08.19, Capital Aylık Dergisi, Syf:130)

CAPİTAL 500 VERİLERİNE GÖRE SEKTÖRDEKİ FİRMALARIN YILLIK CİROLARI (TL.)	
Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş.	3.619.649.247
Yıldız Entegre A.Ş.	3.467.802.219
A.G.T A.Ş.	1.102.599.790

1.2.6 Lif ve Lif Üretim Yöntemleri

Lif terimi çok genel anlamda bir ifade olup, kağıt hamuru (selüloz) içerisinde bulunan tüm hücreleri kapsamaktadır. Bu hücrelerin çoğunluğunu; iğne yapraklı ağaçlarda traheidler, yapraklı ağaçlarda ise libriform lifleri, lif traheidleri, traheidler ve bazı uzun traheler meydana getirmektedir.

Odunsu liflerin elde edilmesinde iki faktör önemlidir. Bunlardan biri hacim ağırlık değeri, yani bir metreküp ıslak haldeki odunda bulunan lif ağırlığı, diğeri odundan elde olunan liflerin kalitesidir. Lif kalitesinin üretilcek kağıdın ya da levhanın özellikleri üzerinde önemli etkisi vardır. Bazı ağaçların lif yapıları hakkında;

Kızılcım: Traheidlerin boyu ortalama 4.5 mm. uzunlukta, çapları 40-50 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pinoid tipte, tek sırada 2-3 adettir.

Karaçam: Traheidler ortalama 4.0 mm. uzunlukta, traheid çapı ortalama 40-50 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde. 1-2 adettir.

Veymut Çamı: Traheidler ortalama 3.0 mm. uzunlukta, teğet çap ortalama 25-45 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde, tek sırada 1-2 adet (çoğunlukla 1 adet), karşılaşma yeri geçitlerinin bulunduğu kısımlar 150 μ . dan az yükseklikte.

Sarıçam: Traheidler ortalama 3.0 mm. uzunlukta, traheid çapı ortalama 40-45 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri pencere tipinde, tek yönde 1-2 adet, karşılaşma yerinin yüksekliği 120 μ . veya daha fazla olup, bu alanın yakınında küçük

kenarlı geçitler görülür.

Göknar: Traheidler ortalama 4.5 mm. uzunlukta, çaplar ortalama 35-45 μ . traheidlerde yatık spiral kalınlaşmalar var. kenarlı geçitler tek sıralı, geniş traheidlerde bazen iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri küçük, Piceoid tipte, tek sırada 1-3 adettir.

Ladin: Traheidler ortalama 2.88 mm. uzunlukta, teğet çap 20-30 μ . kenarlı geçitler tek sıralı, sadece çok geniş traheidlerde yer yer iki sıralı, karşılaşma yeri geçitleri piceoid tipte, enine yönde 1-3 sıralıdır.

Ak Meşe: Traheler 0.40 mm. uzunlukta, büyük çaplı (400 μ . na kadar) ve küçük çaplı (20-30 μ .) olmak ere iki tiptir. Yaz odunu traheleri ince çeperli, perferasyon basit, spiral kalınlaşma yok, kenarlı geçitler diyagonal sıralı, karşılaşma yeri geçitleri küçük, enine dar sıralı, lifler 0.9 mm. uzunlukta, libriform lifleri, lif traheidleri ve vasisentrik traheidler bulunur. Vasisentrik traheidlerde kenarlı geçitler vardır.

Kayın: Traheler 0.60 mm. uzunlukta, çapları 60-80 μ . perferasyon ilkbahar odununda basit, yaz odununda 20 bölmeye kadar merdivenimsi. spiral kalınlaşma yok, trahelerde kuyruk uzun değil, kenarlı geçitler oval ile yuvarlak şekilli, geniş aralıklı ve küçük çaplı, libriform lilleri ve lif traheidleri mevcut ve lifler ortalama 1.0 mm. uzunluktadır.

Lignoselülozik hammaddeler (odun ve diğer odunsu bitkiler), uygun liflendirme yöntemlerinden herhangi birine tabi tutulduklarında hücreleri bir arada tutan lignin ayrışarak hücreler bireysel hale getirilir. Elde edilen bu maddeye ise, genel anlamda lifsel madde adı verilir.

Lif levha üretimi, kğit ve karton üretiminin bir sonucu olarak gelişmiş olup teknik yönden kğit sanayi ile büyük bir benzerlik gösterir. Lif levha üretebilmek için ilk önce levha üretimine uygun bir lif hamuru elde edilmesi gereklidir. Lif levha endüstrisinde lif üretimi daha kaba yöntemlerle yapılmakta, ligninin uzaklaştırılması ya hiç olmamakta veya çok sınırlı kalmaktadır.

Bir lifsel maddenin lif levha yapımında kullanılmadan önce morfolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bir lifsel maddenin özellikleri; lif uzunluğu, lif genişliği, çeper

kalınlığı, lümen çapı, lif çeper alanı, lif enine kesit alanı gibi morfolojik özelliklerinin önceden bilinmesi ve kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bir fikir vermesi için ölçülmektedir. Bu sebeplerden lifler değişik yöntemler kullanılarak sınıflandırılmıştır (Bostancı 1987). Bunlar;

a) Keçeleşme Oranı: Lif uzunluğu / Lif genişliği şeklinde ifade edilen keçeleşme oranında lif uzunluğu bağıntıyı olumlu yönde etkilemektedir. Uzun liflerden elde edilecek lif levhaların keçeleşmeleri daha iyi olacaktır. Uzun lifler kağıt ve izolasyon lif levhalar için daha uygun, kısa lifler yüzey düzgünlüğü nedeniyle MDF üretimi için uygundur (Bostancı 1987).

b) Elastikiyet Katsayısı: Lümen çapı x 100 / lif genişliği eşitliğinden hesaplanmakta ve liflerin yassılaşması ve kaynaşması bakımından, eğilme için önemlidir. Lifler elastikiyetlik bakımından dört gruba ayrılır. Elastikiyet katsayısı 75'den büyük olan lifler, elastikiyet katsayısı 50-75 arasında olanlar, elastikiyet katsayısı 30-50 arasında olan lifler ve elastikiyet katsayısı 30'dan küçük olan liflerdir. Böylece bu sınıflama ile hangi liflerin hangi amaçlar için uygun olacağı tespit edilmektedir (Bostancı 1987).

c) Katılık Katsayısı: Lif çeper kalınlığı / Lif çapı şeklinde hesaplanır. Bu katsayı doğrudan hücre çepe kalınlığı ile ilgili olup orantı sonucunda elde edilecek rakamın büyüklüğü kağıdın fiziksel direnç niteliklerinin düşük olacağı, özellikle patlama ve kopma direncinin düşük olacağı anlamına gelir. Kağıt için yırtılma direnci, lif levha için yassılaşma özelliği bakımından önemlidir (Bostancı 1987).

d) Runkel sınıflaması: Lif çeper alanı x 2 / Lümen çapı bağıntısından elde edilir. Lifler çeper kalınlığına göre üçe ayrılır.

$2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} > 1$;kalın çeperli lifler. $2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} = 1$; orta kalın çeperli lifler.

$2 \times \text{Lif çeper kalınlığı} / \text{lümen çapı} < 1$; ince çeperli lifler. İnce çeperli lifler iyi yassılaşır ve kaynaşırlar, kalın çeperli lifler silindirde olduğu gibi yapışma yüzeyi azdır. İyi kollaps olamaz (Bostancı 1987).

e) Muhlstep Sınıflandırma: Lif çeper alanı x 100 / Lif enine kesit alanı olarak ifade edilmektedir. Bu Muhlstep oranı büyüdükçe liflerin yassılaşması kolaylaşır, temas alanı

artacağından dolayı direnç özelliklerine olumlu etki yapmaktadır (Bostancı 1987).

f) “F” Faktörü: Lif uzunluğu x100 / çeper kalınlığı şeklindeki ifadeye F faktörü denilmektedir. F faktörü yüksek olan liflerden elde edilen kâğıtların esnekliğinin iyi olacağı belirtilmiştir (Bostancı 1987).

Kâğıt ve lif levhanın çekme direncinin iyileşmesinde lif çekme direnci göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir. Bireysel liflerin çekme dayanımı çok yüksek olsa bile bir kâğıt safıhasının veya bir lif levhanın yapısal oluşumunda sadece küçük bir etkisi olmaktadır (Mark 1967).

Lifler arasındaki toplam yapışma alanının arttırılmasıyla yani liflerin uzunluğu boyunca birbiri üstüne binmesi (lifler arası temas yüzeyinin artması) lifler arası mukavemeti artırıcı yönde iyileşmektedir

Düşük ve orta yoğunluktaki lif levhalarda, lifler arasında üst üste binen lif uzunluğu az olduğundan dolayı mukavemet dirençleri düşük olmaktadır. Yüksek yoğunluktaki lif levhaların direnç değerlerinin yüksek olması liflerin bireysel özelliklerinden değil, lifler arasındaki temas alanının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Jones 1960).

Morfolojik yönden incelendiğinde; lif uzunluğunun kâğıdın yırtılma direncine etkisi çok büyüktür. Liflerin boyu uzadıkça yan yana gelen iki lif arasındaki yapışma alanının artması yırtılma direncini de arttırmaktadır (Dadwell ve Watson 1962).

Hücre çeper kalınlığı odunun spesifik yoğunluğu ile direk ilişkilidir. Eğer hücre çeperi ince ise kolaylıkla kollapsa uğramaktadır. Bu da esnekliğini arttırmaktadır. Katlanma direnci ve safıha yoğunluğu yüksek olur. Eğer hücre çeperi kalın ise lifler kolaylıkla kollapsa uğramaz, levha katlanma direnci azalır, levha yoğunluğu azalır (Jayme 1962).

Lifler bireysel hale getirildiklerinde henüz silindirik formlarını korumaktadır. Bu durumda tutkallanan lifler pres sırasında birbirine sıcaklık ve basınç altında yapıştırılmaktadır. Kollapsa uğramayan lifler birbirine iki silindirin yan yana getirildiğindeki temas alanı kadar yapışma yüzeyi oluşturmaktadır. Bu durum levha mukavemetini azaltır. Kolaylıkla kollapsa uğrayan liflerin silindirik formu yassılaşılarak temas yüzeyi artmaktadır. Toplam

yapışma alanı arttığından levha mukavemeti de artmaktadır. Yüksek yoğunluktaki ağaç odunları yüksek yoğunlukta hamur verirler. Düşük yoğunlukdaki ağaç odunları düşük yoğunlukta hamur verirler. Lif levha yoğunluğu pres sırasında keçenin sıkışık veya gevşek olmasıyla belirlenmektedir. Lif uzunluğu levha düzleminde su absorpsiyonu ve desarpsiyonu nedeniyle meydana gelen boyutsal değişmelere etki etmekte olup lif boyu uzadıkça azalır (Suchland ve Woodson 1986).

Lif levha endüstrisinde kullanılan lif hamuru üretim yöntemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

A. Mekanik liflendirme yöntemleri

- 1) Taş mekanik lif hamuru
- 2) Rafinör mekanik hamuru

B. Kimyasal–mekanik yöntemler

- 1) Bauer defibratörü
- 2) Biffar değirmeni
- 3) Boja–jung defibratörü

C. Termal mekanik yöntemler

- 1) Masonit yöntemi
- 2) Asplund defibratör yöntemi

MDF endüstrisinde yonga ve yonga parçalarını lif ve lif demetlerine ayrıştırmak için defibratör yöntemi kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

Genel olarak, hamur üretiminin amacı; yongaların orta lamelinde bulunan lignini mekanik etkilerle veya sıcaklık-basınç etkisiyle yumuşatarak ya da ısıнын ortak etkileriyle yumuşatarak lifleri serbest hale dönüştürmektir. Kullanılacak kimyasal, lignini çözecek dercede değil yumuşatacak derecede olmalıdır. Liflendirme işlemi iki kademe gerçekleştirilmektedir.

- 1) Hammaddenin yumuşatılması amacıyla su içinde bekletilmesi, yalnız sıcak su buharı ile pişirilmesi veya buharlanması, kimyasal maddelerle muamele edilmesi işlemeine yer verilir.
- 2) Yukarıdaki şekillerde yumuşatılan yonga ve tomrukların taşlı liflendiricilerde veya diskli rafinörlerde veya Masonit yönteminde olduğu gibi buhar patlaması yoluyla lif ve lif demetlerine ayrılması işlemeine yer verilir.

1.2.6.1 Mekanik Lif Üretim Yöntemleri

Mekanik hamur üretiminde verim %100 yakındır. Bu sayede daha fazla lif hamuru üretilmekte ve ekonomik yönden avantaj sağlamaktadır. Oysa kimyasal veya yarı kimyasal hamurlarda verim %40-85 arasında değişmektedir.

- **Taş mekanik hamuru üretiminin esas ilkesi;** yuvarlak odunları silikon karpit ve alüminyum oksitten yapılmış aşındırıcı taşlar üzerine bastırarak liflendirmektir. Taşın aşındırıcı yüzeyleri oduna nüfuz ederken meydana gelen vasinç ve yeniden gevşeme etkisidir. Deformasyon sırasında odunun oduna sürtünmesi ve taşın oduna sürtünmesi sonucu ısınma olmaktadır. Bu ısı, lifleri birbirine bağlayan lignini yumuşatır ve aynı zamanda bir buhar basıncı oluşturur. Bu da liflerin ayrışmasına yardımcı olmaktadır. Basıncı ve gevşeme etkisi suyu odun içine ve dışına hareket ettirerek lifleri bağlayıcı bazı maddeleri çözer. Bu da liflerin odundan ayrılmasına yardımcı olur. Yüksek sıcaklıktaki liflendirme daha az enerji ile daha kaliteli lif üretimi sağlar.

Bu yöntemde; hammadde olarak yoğunluğu az, uzun lifli göknar ve ladin gibi ibreli ağaclar ile yapraklı ağaclarıdan kavak en uygundur. Odunun rutubeti önemli olup %40 ve daha fazla nemdeki taze odunlar daha uygundur. Kullanılan enerji miktarı kaliteyi etkilemektedir. Taşın dönme hızının artması ile enerji tüketimi azalır.

- **Rafinör mekanik hamuru yöntemi;** taş mekanik hamurundan daha kaliteli lif hamuru üretmek için geliştirilmiş bir yöntem olup, dünyada mekanik hamur üretiminin %30'dan fazlası bu yöntemle üretilmektedir. Bu yöntemde, odunlar yongalandıktan sonra yıkanıp temizlenir. Bunu takiben yongalar diskli rafinörde 2-3 kademedede liflendirilip elemenden sonra istenen lif hamuru elde edilmektedir.

Bu yöntemde; her çeşit odun artığı kullanılabilir. İnsan gücü gereksinimi azdır. Elde

edilen hamurun direnç özellikleri daha iyidir. Hamur kalitesi daha homojendir. Ancak, kuruluş masrafları, enerji tüketimi bıçak masrafları yüksektir. Diskli rafinör tipleri;

- a) Biri döner, diğeri sabit iki diskli rafinör,
- b) İki diski de ters yönde dönen diskli rafinör,
- c) Biri döner ikisi sabit üç diskli rafinör

1.2.6.2 Kimyasal Mekanik Lif Üretim Yöntemleri

Odun ve diğer lignoselülozik hammadde yongalarını diskli rafinörlerde veya taşlı liflendiricilerde liflendirmeden önce kimyasal maddelerle muamele etmek yararlıdır. Biffar değirmeni, Bauer defibratörü gibi makinelere yongalar verilmeden önce nötral sülfat, sodyum hidroksit veya kireç gibi kimyasallarla muamele edilir. Kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu tam pişirme için kullanılan miktarın 1/10 veya 1/5 i kadar olup, verim %70-85 arasında değişmektedir.

İlk aşamada silodan alınan yongalar döner küresel kazanlarda buharlanır ve pişirilir. Yapısı buharla yumuşatılan yongalar daha sonraki aşamada Condux değirmeni, Biffar değirmeni, Bauer Defibratörü Boija Jung Defibratörü gibi aletlerde liflendirilir. Bu yöntemlerde az da olsa kimyasal maddeler kullanıldığından bunlara kimyasal mekanik yöntemler denilmektedir. Bu yöntemde korozyon etkisini azaltmak için kazana az miktarda alkali madde ilave edilmektedir.

- **Bauer defibratörü;** diskleri ter yönde dönen iki diskli bir rafinör olup yongalar defibratöre gelmeden önce yalnız su, kireç kaymağı katılmış su veya alkali katılmış su ile kaynatılır. Pişirilen yongalar kazandan kanallara boşaltılır ve orada su ilave edilerek Bauer defibratörüne sevk edilir. Bauer defibratörü ile 24 saatte 9-15 ton lif üretilir. Otomatik olarak çalışan ve buharla yongalara ön işlem uygulayan bir pişirme kazanı bulunmaktadır. Bu ön işlem sisteminde yongalar üstten, buhar veya sıvı yandan kazan içersine verilmekte olup yongalar belirli süre kazan içinde kaldıktan sonra kazanın tabanındaki boşaltma vanasından dışarı atılmaktadır (Suchsland and Woodson 1986, Textor 1958).

- **Biffar değirmeni;** bu yöntemde elenmiş yongalar kazan içinde 5-6 atm. Basınç altında sodyum hidroksit çözeltisi ile 6-8 saat pişirilir. Yongaların kimyasal maddelerle

pişirilmesindeki amaç; ligninin bir kısmını çözerek liflendirmeyi kolaylaştırmak, böylece hem liflendirmede kullanılan enerjiyi azaltmak hem de daha kaliteli lif elde etmektir. Lignin uzaklaştırılması kâğıt hamuru üretimindeki kadar ileri gitmemektedir. Biffar değirmeni bir tanesi sabit, diğeri döner; birisi geniş, diğeri dar halka şeklinde bazalt lava taşından yapılmış 2 adet öğütücü bilezik şeklindeki taştan oluşmaktadır. İki öğütme taşından geniş olanı sabit, dar olanı ise yatay bir eksen üzerinde dönmektedir (Kollmann et al. 1975, Çehreli 1982).

- **Boja jung defibratörü;** Biffar değirmeninin daha geliştirilmiş şeklidir. Burada yongalara uygulanan ön işleme liflendirme kısmen birleştirilmiştir. Boja Jung defibratöründe yongalar silodan kaynatma kazanına fasıllı veya fasılsız olarak gönderilir. Yongalar kaynatma kazanında sıcaklığı 80-90 °C olan suda bekletilir. Kazanın altında bulunan ve hızları ayarlanabilen iki adet yatay sonsuz vida vardır. Bunlar aracılığıyla yongalar kazandan defibratöre meyilli olarak uzanan sabit devirli iki adet vidaya verilir. Bunlar kazanda yumuşamış olan yongaların sürekli olarak defibratöre verirler. Bu yöntem sayesinde liflendirme sürekli olarak yapılabilir. Rafinörlerde yongalar atmosferik basınç altında ve mekanik olarak liflendirilir.

1.2.6.3 Termal Mekanik Lif Üretim Yöntemleri

Termal mekanik lif üretim yöntemlerinde kimyasal madde kullanılmayıp yongalar mekanik olarak rafinörde liflendirilmeden veya buhar patlaması ile dağıtılmadan önce belirli sıcaklıkta muamele edilir. Bu ön işlemin amacı hem lif kalitesini artırmak hem de enerji tüketimini azaltmaktadır. Bu yöntemlerde suda bekletme, buharlama veya buharlama ile ılımlı kimyasal işlem birlikte kullanılabilir (Kollmann et al. 1975). Lifler aşağıdaki özellikleri kazanır.

- a) Daha az kırık lif ve kaba lif demetleri oluşur.
- b) Lifler daha esnektir.
- c) Liflerin keçeleşme özelliği daha iyi olduğundan daha sağlam levha verir.

Liflendirmede yongaların nem oranı oldukça önemlidir. Taze odun ve suda bekletilmiş odun %40-60 rutubette olduğundan liflendirme için uygundur. Eğer, yongaların nem oranı %35 den az ise liflendirme sırasında hammaddeye veya prosese su ilave edilmelidir. Ön

ısıtma düşey veya yatay tüp şeklindeki kazanlarda yapılmakta, besleme piston veya konik vidalarla sağlanmaktadır.

Termomekanik lif üretim yöntemleri uygun nemdeki yongaların 150-180 °C ye kadar ısıtılması sonucu odunda ve diğer lignoselülozik maddelerde meydana gelen yumuşama etkisi esasına dayanmaktadır. 150 °C de büyük çoğunluğu lignin olan orta lamel yumuşamakta ve 160-180 °C de eriyerek bağlanma etkisini kaybederek lifler üzerinde plastik olarak kayarak onların ayrılmasını sağlamaktadır. Buharlama etkisi yapraklı ağaçlarda ibrelilerden daha iyi olmakta ve güç tüketimi azalmaktadır. Lif üretiminde verim %90-95 olmaktadır. Liflerin orijinal yapısı ve kimyasal bileşimi pratik olarak aynı kalmaktadır.

- **Masonit yöntem;** esas ilkesi 1858'de ABD'de Lyman tarafından bulunmuş olup yine ABD'li William Horatio MASON tarafından alınan yaklaşık 75 adet patentten sonra 1926 yılında endüstriyel olarak uygulanmıştır. Yöntemin ana ilkesi, buharın patlama gücünden yararlanarak odun yongalarını lif demetlerine ayırmaktır. Uygulanan basınç ve sıcaklık nedeniyle odun plastikleşir. Kısmen de olsa odunun hidrolizi sonucu asetik asit, formik asitler oluşur. Hemiselüloz en fazla etkilenen fraksiyon olup heksoz ve pentozlara dönüşerek yıkama sırasında büyük ölçüde odundan ayrılır. Hidroliz derecesine bağlı olarak lignin depolimerizasyona uğrar ve liflerin bağlanmasına iştirak eder.

Mason topu; çelikten yapılmış ve silindir gövdeli olup, çapı 50-60 cm., yüksekliği 150-180 cm., hacmi 0,28-0,50 m³ ve yaklaşık 120 kg. yonga almaktadır. Mason topunun üst kısmında yongaların doldurulmasıyla açılıp kapanan bir kapak vardır. Kapak yongalar doldurulduktan sonra içten dışa doğru kapatılır. Silindirik gövdenin alt tarafındaki silindirik kapak çıkış deliğini hidrolik basınç yardımıyla sıkı bir şekilde kapsar. Su buharı ve yoğunlaşan suyun çıkabilmesi için bu kapak hızlı açılıp kapanabilir. Mason topu aralıklı olarak odun yongaları ve yan taraftan bir veya iki buhar girişi yardımıyla buharla doldurulur. (Kollmann et al. 1975, Suchsland and Woodson 1986).

Basınç ve zaman diyagramına uygun olarak 30 sn. süre ile masonit topu içindeki basınç 40 kg/cm² ve sıcaklığı 210°C de olacak şekilde sistem içine buhar sevk edilir. 30 sn. lik buharlama devresinden sonra basınç 70-80 kg/cm² ye çıkarılır. Sıcaklık ise 285 °C olur. Bu durumda, yongalar buhar doygunluğu ve basınç yönünden denge oluşuncaya kadar 5 sn.

bekletilir. Bu süre, çok önemli olup ağaç türü, yonga büyüklüğü ve nem miktarına bağlı olarak değiştirilebilir. Sürenin 0,5 sn. değişmesi bile sonucu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu aşamadan sonra, alttaki kapak ani olarak açılarak ve çok şiddetli bir patalamayla silindirin boşalması sağlanır. Silindirin boşalması, üzerinde genişliği yonga boyundan dar olan dikdörtgen şeklindeki yarıkları bulunan ızgara levhalar aracılığıyla olur. Buharla doygun hale gelen yongalar 1000-1200 m/sn. lik bir hızla dışarı çıkarken çıkış levhasının kenarlarına çarparak lif ve lif demetlerine ayrılırlar. (Kollmann et al. 1975, Atchison 1962, Huş 1969, Özen 1979, Çehreli 1982).

Masonit yönteminin en belirgin özelliği yüksek basınç farkının hızlı dengelenmesi sonucu boru şeklinde olan liflerin deforme olarak band şeklini almasıdır. Bu özelliklerinden dolayı diğer yöntemlerden daha üstün kabul edilir. Sıcaklık ve basınç etkisiyle hemizselülozlar çözülür, liflerin primer çeperi soyulur, aktif yüzeyi artar ve lignin depolimerizasyonu sonucu yapıştırma etkisi artar. Bu sayede, yapıştırıcı kullanmadan liflerin yapıştırılması mümkün olmaktadır. Liflerin doğal uzunluklarının korunması diğer avantajlı yöndür.

Formik asit, asetik asit gibi organik asitler daha sonraki yüksek sıcaklıklarda odunun hidrolizini artırır. Yüksek sıcaklık lignini yumuşatmakta ve bir ölçüde oluşan metanol içinde çözünmekte, buhar basıncının ani olarak düşürülmesi sonucunda da lifler birbirinden ayrılmaktadırlar. Çok az lif kırılması meydana gelir. Oysa rafinörlerde liflendirme sırasında lifler çok daha fazla zarar görmektedir. Mason topunu terk eden liflerin su buharı siklon yardımıyla emildikten sonra lifler altta bir tekne içinde toplanırlar. Burada su ile karıştırılarak %3 konsantrasyonda lif hamuru elde edilir. Süspansiyonun pH 1 oluşan organik asitlerin miktarına bağlı olarak 4,5 dolayındadır. Lif hamuru, içindeki kum ve yabancı maddelerden temizlendikten sonra lif demetlerinden oluşan hamur liflendirilmek üzere rafinörlere gönderilir.

Masonit yöntemle elde edilen liflevhaları %30 lignin içerdiği halde diğer yöntemlerde bu oran %18-22 ve ibreli ağaç türleri kullanılması halinde bile %26 dır. Bir mason topu, saatte 20-25 patlama yapabildiğinden 1,5-2 ton kuru lif üretebilir.

- **Defibratör yöntemi;** 1926 yılında ABD’de Mason yöntemiyle lif hamuru üretimine başlanmasından bir müddet sonra İsveçli mühendis Arne Asplund tavan döşemelerinde kullanılan paçavra hammaddesi yerine yeni bir hammadde ararken 1931 yılında Asplund

defibratör yöntemini geliştirmiştir. Bu buluş odunsu hücrelerin orta lamelini bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165-200°C sıcaklıkta eriyerek liflerin mekanik ovma ile zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Yöntem kısa zamanda Avrupa’ da ve dünyada geniş çapta kullanılmaya başlanmış ve halen en yaygın olarak kullanılan lif üretim yöntemidir. Yöntemin ana ilkesi termomekanik liflendirmedir. Hammaddenin buharlanmasından sonra defibratör denen diskli rafinörde mekanik liflendirme yapılmaktadır. Uygulanan basınç ve sıcaklık Mason yönteminden daha düşük olduğundan hidroliz ile hammadde kaybı daha az olmakta ve lifler daha açık renkli olmaktadır (Kollmann et al. 1975, Atchison 1962).

Defibratör yönteminde her türlü yapraklı ve ibrelili odunu, endüstri artıkları, şeker kamışı, saman, keten, kenevir, pamuk sapı, bambu gibi lignoselülozik hammaddeler kullanılabilir. Defibratör yöntemiyle elde edilen lifler yalıtım levhaları, sert liflevha, taban ve tavan döşemeleri ile bazı kağıt çeşitlerinde kullanılabilir. Yöntem diğerlerine oranla aşağıdaki avantajlara sahiptir (Kollmann et al. 1975).

- 1- Lif üretimi sürekli, kesintisiz çalışır ve süre kısadır.
- 2- Bir ton kuru lif üretimi için 125-175 kws enerji tüketilmekte olup enerji tüketimi azdır ve aynı şekilde 640-770 kg/ton buhar tüketildiğinden buhar tüketimi de azdır. İşlem tam otomatik olduğu için bir kişi iki makineye nezaret edebilir.
- 3- Lif verimi %90-95 arasındadır.
- 4- Lif hamuru daha düzenli ve serbestlik derecesi yüksektir, dolayısıyla; kolay süzülür.
- 5- Pratik olarak her türlü hammadde rahatlıkla kullanılabilir.

Defibratör sistemi aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır.

- 1- Yonga teknesi,
- 2- Besleme düzeni,
- 3- Sıkıştırma borusu ve mantarlaşma kısmı,
- 4- Buharlama (Pişirme) kazanı,
- 5- Transport sonsuz vidası,
- 6- Diskli rafinör,
- 7- Boşaltma düzeni,

- 8- Siklon,
- 9- Buhar geri kazanma,

Defibratörler çeşitli büyüklüklerde yapılır. L tipindeki bir rafinör 24 saatte 22,5 ton, L ve P tipi bir rafinör 24 saatte 35 ton üretebilmektedir.

1- Yonga Teknesi: Yongalayıcıdan gelen normal boyutlu yongalar defibratörün üstündeki bir siloda toplanırlar. Buradan, tarak şeklindeki bir düzenele defibratörün yonga teknesine itilir. Fazla gelen yongalar siloya geri çevrilir. Yongaların nem oranı lif doygunluğunun üzerinde yaklaşık %45-50 olmalıdır. Rutubeti %60 kadar olan yongalar kurutulmadan kullanılabilir, ancak besleyicide sıkma ile bu oran %45-50'ye iner. Nem oranı %35'in altında ise yongalar nemlendirilmeli ve buhar kazanına su pompalanmalıdır. Buhar yoğunlaşması nem oranını kazanda biraz artırır ise de rafinör diskleri arasındaki sürtünme ile sıcaklık arttığından buharlaşma olur. Zaten, rafinörde ısıyı absorbe edecek yeterli su olmazsa ekstrem hallerde lifler karbonlaşarak rafinör bıçaklarını tıkar, liflendirme etkisi düşer ve üretim azalır (Kollmann et al. 1975, Atchison 1962, Çehreli 1982).

Yongaların siloda ıslatılarak nemlendirilmeleri mümkün ise de su ile yıkanmaları daha uygundur. Böylece, kum çakıl gibi pisliklerden arındıkları gibi düzenli bir şekilde nemlenme de sağlanmış olur. Buhar kazanına su verilmesi teknik olarak mümkün ise de ısı bilançosu yönünden ekonomik değildir.

2- Besleme Düzeni: Yongaların buharlama kazanına düzenli bir şekilde verilmesi helozon taşıyıcı yardımıyla yapılmaktadır. Bunların yapısı çok farklı olabilir. İlk konstrüksiyonlarda piston ve kepçeli çark kullanılmaktaydı. Son zamanlarda yapılan defibratörlerde sonsuz vida kullanılmaktadır. Yongaların buharlama kazanına nakledilirken yonga miktarını ayarlama sonsuz vidanın devir sayısı ile yapılır. Her bir devir için iletilecek yonga miktarı sonsuz vidanın çapına göre 0.65-1.00 kg arasında değişmektedir. Devir sayısı dakikada 12-45 arasında ayarlanabilir (Özen 1979, Çehreli 1982).

3- Sıkıştırma Borusu ve Mantarlaşma Kısımı: Yongalar buharlama kazanına doğru ilerledikçe 2 birim hacimdeki yonga bir birime düşürülerek basınçla sıkıştırma sağlanmış olur. Samanda bu oran 3/1 kadardır. Fazla aşınmayı önlemek amacıyla yongaların sıkıştırılması buharın kazandan çıkışını önleyecek şekilde olmalıdır; daha fazla

olmamalıdır. Bu nedenle, sıkıştırma borusunun konikliği ve sonsuz vidanın meyli iyi hesaplanmalıdır. Sıkıştırma borusunda yongaların kolay ilerlemesine yarayan uzunluğuna profiller vardır. Sıkıştırma nedeniyle mantar haline gelen yongaların fazla suyu sonsuz vida bölümünde bulunan deliklerden aşağıda bulunan biriktirme kaplarına alınır ve oradan dışarı atılır. Böylece, yongalardan süzülen soğuk suyun buharlama kazanına girmesi ve ısı kaybına neden olması önlenir.

4- Buharlama kazanı: Sıkıştırma borusunun kazana açılan uç kısmında hava basıncı ile çalışan bir emniyet vanası vardır. Herhangi bir nedenle, kazana yonga girişi durur ve kazandaki buharın yonga ile birlikte patlama tehlikesi belirirse emniyet supabı otomatik olarak açılarak sıkıştırma borusunu tıkar. Bu supap aynı zamanda kazana düşen sıkıştırılmış yongaların mekanik olarak dağılmalarını da sağlar(Özen 1979, Çehreli 1982).

Dağılarak buharlama kazanına düşen yongalar burada 8-12 atmosfer basınç, 160-185°C de doymuş kuru buharla karşılaşır. Bu şartlar altında yongalar şişer ve yumuşar. Hammaddeye bağlı olarak seçilen buhar basıncı, buhar sıcaklığı ve buharlama süresi defibratörün verimini ve lif kalitesini belirler. Buharlama kazanında sıcaklık ve basınç etkisi sonucu oluşan hidroliz ile formik asit, asetik asit gibi organik asitler oluşur. Bunlar, hemiselülozları hidrolizleyerek pentozanları çözmekte ve yıkama ile bir kısmının uzaklaşmasına neden olmaktadır. Böylece, lif verimi %90-98 arasında değişir. Bu nedenle, hidroliz süresinin iyi ayarlanması gerekir(Çehreli 1982, Atchison 1962).

Yongalar yavaş yavaş alttaki transport sonsuz vidasının helezonları arasında hareket eder. Kazanda yongaların bekleme süresi duruma göre 3-6 dakika olarak seçilir. Çeşitli kapasite ve boyutlarda buharlama kazanları yapılmaktadır. Değişik kazanların hacimleri ve yükseklikleri aşağıda verilmiştir.

Kazan hacmi (m ³)	:	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75
Kazan yüksekliği (mm)	:	1800	2300	2800	3300	3800

5- Transport Sonsuz Vidası: Buharlanmış yongaları düzenli bir şekilde defibratörün diskleri arasına göndermeye yarar. Transport sonsuz vidasının hızları L ve P tipi defibratörlerde 6-20 devir/dakika olup kademesiz olarak ayarlanabilir.

6- Diskli Rafinör: Yumuşamış yongalar transport sonsuz vidasıyla rafinörün diskleri arasına getirilir. Yongaların liflendirilmesi diskler arasında mekanik olarak gerçekleşir. Rafinör bıçakları arasındaki mekanik etkiler şunlardır:

- Yongaların uzunluğuna yarılarak bölünmesi,
- Lif demetlerinin ligninin yumuşaması sonucu daha küçük lif demetleri ve liflere ayrılması,
- Lif demetlerinin uzunluğuna yarılarak liflere ayrılması,
- Lif yüzeylerinin aktifleşmesi.

İki farklı defibratör dizaynından söz etmek mümkündür. Bunlardan biri iki diskli olup disklerden biri sabit diğeri hareketlidir. Diğer düzenlemede ise defibratörün yine iki diski bulunmakta ve diskler ters yönde dönmektedir. Defibratörün disklerinden biri diğerine yaklaştırılıp uzaklaştırılabilir. Diskler arasındaki açıklık 0.1-0.4 mm.dir. diskler üzerinde değişik bıçak profilleri vardır. Ağaç türüne ve istenen liflendirme derecesine göre bıçakların şekli ve dizilişi değişir (Suchsland and Woodson 1986).

Diskli rafinörlerin bıçak çeşidi çok olup 1000'i bulmaktadır. Hammadde özelliklerine göre uygun rafinör bıçaklarının kullanılması gerekir. Bu bıçaklar dökme demirden yapılır. Dayanma süresi 1000-2000 saat arasında değişir. Bıçaklar ya bütün bir disk halinde ya da 3 parça olup montajla birleştirilebilir. Bıçaklar vidalar yardımıyla kolayca sökülüp takılabilir. Disklerin çapları 600-900 mm. arasında ve dönme hızı 500-600 devir/dak. arasındadır.

Transport sonsuz vidası ile disklerin ortasına iletilen yongalar burada merkezkaç kuvvetinin etkisiyle ve arkadan gelen yongaların baskısıyla disklerin çevresine doğru spiral bir yol izlerler. İlk kademede yongalar uzunluğuna yarılarak önce ince yongalara ve kaba lif demetlerine ayrılır. Rafinör disklerinin iç kısmında daha seyrek ve ince bıçaklar bulunur. Bunlar yongaları daha küçük yonga ve lif demetlerine ayırır. Çevreye yakın kısımlarda ise ince ve daha sık bıçaklar bulunur bunlarda liflendirme ve lif yüzeylerini aktif hale getirme ve saçaklandırma görevi yaparlar.

Liflerin kalitesi kullanılan yongaların rutubetine bağlı olup nem az ise lifler kırılıp kısalmakta, enerji tüketimi artmaktadır. Rutubet fazla ise lifler uzun olmakta ve enerji tüketimi azalmaktadır. Liflendirme sırasında nem %50-60 olmalıdır. Liflendirme sırasında %30 nem kaybı olur, daha sonra sıcaklık nedeniyle %4-7'ye kadar iner. %60 nemde çam

ve ladinden uzun ve keçeleşmiş lif elde edilir. Kayın kısa ve keeleşmeyen lif verir. Ancak, levha yüzeyi daha düzgündür (zen 1979).

Yongalar çok kuru olursa kıymık miktarı artar. Fibrillenme gerçekleşmeyip, aktif lif yüzeyleri artmaz. Ayrıca, disklerin fazla ısınması sonucu kömürleşme meydana gelir, bıçakların arası dolar. Liflendirme sırasında öğütmeden ve buhar basıncından dolayı diskleri birbirinden uzaklaştırmaya çalışan bir basınç meydana gelir. Bu basına “liflendirme basıncı” denir. Bu basınç rafinör kapasitesi, yonga rutubeti, öğütme derecesi, buhar basıncı ve hammadde türüne bağlı olarak 2-5 kp/cm² arasında değişir. Disk bıçaklarının aşınmasıyla verim ve lif kalitesinde düşme görülür. Bu azalma %30’u bulunca disklerin veya bıçakların değiştirilmesi gerekir.

Defibratörler, liflendirme ve dövme amaçlı kullanılmaktadır. Lif retim amaçlı kullanımlarda daha fazla enerji tüketilmekte olup makine dizaynı daha yüksek güç ihtiyacını karşılayacak şekilde seçilir. Oysa dövme amaçlı defibratör kullanımları için ihtiyaç duyulan g liflendirme amaçlı tüketilen gücün 1/10’u kadardır. Ayrıca, rafinrler atfosferik basınçla veya basınç altında çalışacak şekilde dizayn edilmiş de olabilirler. Basınç altında çalışan rafinrlerden elde edilen lifler çok daha iyi bireysel hale gelmiş olup lif kalitesi düzelmiştir.

7- Boşaltma düzeni: Defibratör disklerinden dışarıya fırlatılan lifler periyodik olarak açılıp kapanan iki supap ve bunların arasında bulunan S şeklindeki bir borudan meydana gelmiş olan boşaltma düzeniyle siklona ulaşır. Supapların görevi buhar kaçmasını önlemektir. Bu nedenle, birinci supap açılınca ikinci, ikinci supap açılınca birincisi kapanır. Periyot sayısı, makine tipine göre dakikada 35-50 arasında değişir. Supapların açılıp kapanmasıyla liflerle birlikte dışarıya çıkan buharın yeniden buharlama kazanına gönderilmesi için ayrı bir boru bağlantısı ilave edilmiştir.

8- Siklon: Buraya gelen lifler atmosferik ortamla karşılaşırlar ve seperatör yardımıyla buhardan ayrılırlar. Lifler lif levha üretimi için diğer işlemlere uğramak üzere su ile karıştırılarak süspansiyon haline getirilir.

9- Buhar geri kazanma: Buhar değiştirici ile geri kazanılan temiz buhar kurutma amaçıyla kullanılabilir.

Defibratörlerde Liflendirmeye ve Lif Kalitesine Etki Eden Faktörler

a) Buhar Basıncı ve Pişirme Süresi

Defibratörlerde buhar basıncı 8-12 atmosfer arasında değişir. Basıncın artması pişirme süresini kısaltabilir. Pişirme süresi; basınç, sıcaklık ve ağaç türüne bağlı olarak 3-6 dak. arasında değişir. Pişirme sırasında yongaların ağırlıkça %10 kadarlık bir kısmı kaybolmaktadır. Enerji tüketimi minimum ve pişirme yeterli olacak şekilde faktörler ayarlanmalıdır.

b) Yonga Rutubeti

Yongaların nem oranı düşük ise buharlama kazanında da yeterince nem alamazlar ve lifler arasındaki bağ gevşemez. Bu haliyle defibratöre gelen yongalar ufalanarak çöp şeklini alır. Ayrıca; lifler kararır, defibratör disklerinin fazla ısınmasına, bıçakların arasının dolmasına neden olur. Bunu önlemek için nem oranı %35'den az olan yongalar nemlendirilmelidir. Defibratöre alınacak yongaların rutubeti ortalama %40-45 olmalıdır. Bu yongalar daha kolay şişerek defibratörde iyi liflenirler. Nem oranı %50'den fazla olan yongalar kışın buzlandığından kazandaki ısıyı düşürmekte olup bunların kazana verilmesi sakıncalıdır.

c) Yonga Cinsi, Boyutları ve Karışım Oranları

Defibratöre verilecek yongaların cinsleri ve karışım oranları sık sık değiştirilmemelidir. Çünkü pişirme süresi, sıcaklık ve buhar basıncının her seferinde ayarlanması gerekir. Yonga boyutları mümkün olduğu kadar homojen olmalıdır. İri ve uzun yongaların pişirme süreleri farklı olacağından liflendirmede farklılıklar meydana gelir. Bazı yongalar fazla pişerek ufalanabilir, bazıları da az pişerek, liflendirmede istenilen kalite elde edilemez. Enerji tüketimi artar, rafinör bıçakları çabuk körelir.

d) Disklerin Karşılıklı Konumu

Defibratörün sabit diski ile döner diskinin yüzeyleri tam paralel olmalıdır. Bu çok önemli olup diskleri birbirine paralel olmayan defibratörden lif elde etmek mümkün değildir.

e) Boşaltma Valfinin Açılıp Kapanma Hızı

Defibratörde liflendirme hücresinden liflerin dışarı alınmasını sağlayan boşaltma valfinin açılmasıyla hücrede meydana gelen basınç düşmesi 0,20-0,35 atmosferden fazla olmamalıdır. Bu farkın büyümesi ile yongalar disklerin arasından liflendirilmeden çıkmaya başlar. Liflere liflendirilmemiş yongalar karışmaya başlar. Hücre basıncının fazla düşmemesi için dakikadaki açılıp kapanma sayısı azaltılır.

Valfin açılıp kapanma sayısının fazla düşürülmesi halinde ise liflerin kırılması ve kararması sorunu olur. Kömürleşme sonucu disklerin fazla ısınması motoru da zorlar. Diskler arasında biriken lif ve yongalar kapasitenin düşmesine neden olur. Pratikte dakikadaki boşaltma sayısı 40-60 arasında değişmektedir.

f) Bıçaklar Arası Mesafe

Lif kalitesinin belirlenmesinde defibratör bıçakları arasındaki mesafe çok önemlidir. Uygun ve kaliteli lif üretmek için bu mesafenin iyi ayarlanması gerekmektedir. Bıçaklar arasındaki mesafenin çok azalması liflerin çok incelmesine, boylarının aşırı kısalmasına neden olmaktadır. Gereğinden fazla açık olması halinde ise liflendirme kaba olma yeteri liflendirme sağlanamamaktadır. Bu nedenle, diskler arası mesafe 0,10-0,15 mm. arasında olması halinde kaliteli lifler üretilebilmektedir.

g) Bıçakların Çalışma Süresi

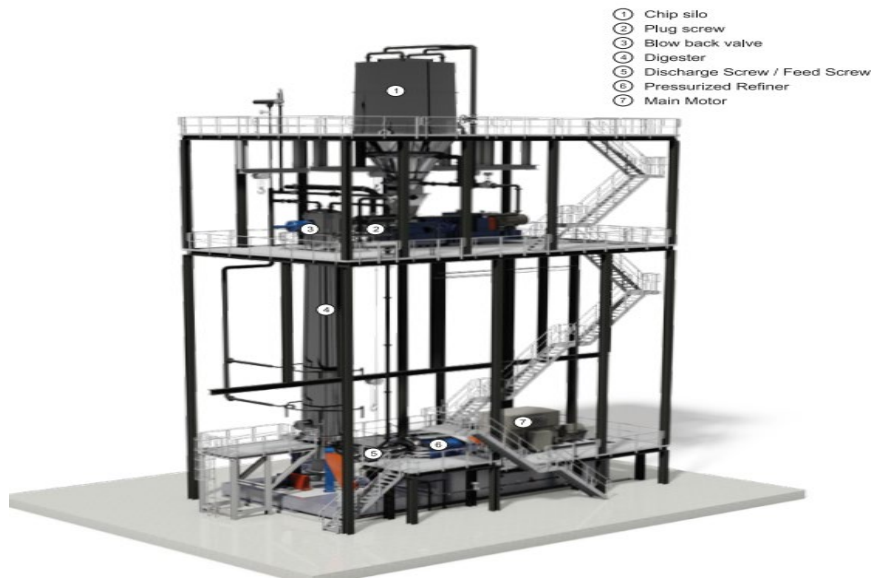
Defibratör diskleri 3000-5000 saat kadar çalıştıktan sonra ömürlerini tamamlarlar. Eğer, lif hamuru içinde toprak, kum, metal gibi yabancı maddeler varsa aşınma daha da kısa sürede olur. Bu durumda, defibratörün etkinliği azalır. Liflendirme etkisi yavaşlar. Bu durumda, bıçakların değiştirilmesi gerekir. Yeni ve keskin bıçaklarla üretilen lifler

ile kör bıçaklarla üretilen liflerin kalitesi birbirinden farklıdır. Lif üretim durumu bir defter tutularak kontrol edilmeli, bıçaklar ekonomik olarak etkisizleşmeye başlayınca değiştirilmelidir. Aksi halde, enerji tüketiminden doğan kayıplar daha büyük olacaktır.

h) Defibratörün Alt Besleme Helezonunun Hızı

Defibratörün alt besleme helezonunun hızı liflendirme hücreesine girecek yonga miktarını belirler. Hızın düşük olması halinde hücreye az yonga gelir, buna bağlı olarak liflendirme kalitesi düşer. Böylece defibratörün çalışma süresini azaltacağından enerji kaybına neden olur. Helezonun hızlı çalıştırılması durumunda diskler arasına fazla miktarda yonga geleceğinden liflendirme kalitesi düşer. Alt besleme helezonu ve motor fazla yüklenir, dolayısıyla enerji tüketimi artar, fazla akım çekmesi nedeniyle termik olarak motorun ampermetreleri izlenerek lif kalitesi ve aşırı yüklenme kontrol altında tutulur, gerekli müdahaleler yapılır.

Liflendirmenin uygun olup olmadığını kontrol etmek için liflendirme derecesinin belirlenmesi veya liflerin tasnif edilmesi gerekir. Lif levha üretimine uygun hale getirilmesi için genellikle liflerin ayrıca diskli rafinörde dövülmesi gerekir. Sert lif levha üretimi için liflerin serbestlik derecesinin 11-12 SR°, yalıtım levhaları için ise 14-17 SR° olması gerekir. Defibratörden çıkan liflerin serbestlik derecesi ise 8-11 SR° veya 12-22 defibratör saniyesidir.



Şekil 1.7: Liflendirme Ünitesi-Refiner (URL-7, 2018)



Şekil 1.8: Liflendirme Ünitesi-Refiner (URL-8, 2018)

1.2.7 Lif Levha Üretim Yöntemleri

Lif elde edildikten sonra üç farklı lif levha elde etme yöntemi vardır. Bunlar yaş, kuru ve yarı kuru yöntemler olup yöntemleri birbirinden ayıran en önemli özellik levha taslağının oluşumu esnasındaki liflerin içerdiği rutubet oranıdır. Bu oran; yaş yöntemde % 100 veya daha fazla iken yarı kuru yöntemde % 12-45 arasında, kuru yöntemde ise % 5-10

arasındadır. Diğer bir etken ise, liflerin taşınmasını ve levha taslağının oluşmasını sağlayan ortamdır. Yaş yöntemde liflerin taşınmasını ve levha taslağının oluşması su aracılığı ile sağlanırken yarı kuru ve kuru yöntemlerde ise bu işler hava ve mekanik araçlarla sağlanır. Ayrıca yapıştırıcı kullanılıp kullanılmama durumu da yöntemleri birbirinden ayıran özelliklerdendir. Yarı kuru ve kuru yöntemlerde yapıştırıcı kullanımı gerekirken yaş yöntemde ise özel durumlar dışında gerekmez veya çok az oranda gerekir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.2.7.1 Yaş Yöntemle Lif Levha Üretimi

Bu yöntemde liflerin serme işlemi sulu olup % 1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu gözenekli bir elek üzerine verilmekte ve olabildiğince homojen dağılım sağlanarak keçe haline getirilmektedir. Yaş yöntemle elde edilen levhaların bir yüzü düzgün iken, diğer yüzünde elek izi bulunmaktadır.

1.2.7.2 Yarı Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi

Bu yöntemde, taslak oluşumu esnasında rutubet oranı % 12-45 arasında olup, taslağın oluşturulmasında sulu ortam yerine hava veya mekanik araçlardan yararlanılmaktadır. Ayrıca, liflerin doğal keçeleşme özelliklerinden daha çok kimyasal yapıştırıcılar yardımıyla lif levhalar üretilmektedir.

1.2.7.3 Kuru Yöntemle Lif Levha Üretimi

Bu yüksek lisans çalışmasında kuru yöntemle HDF üretim yöntemi kullanılmıştır. Üretim teknolojisi hakkında detaylı bilgiler aşağıda yer almaktadır.

1.2.8 Lif Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Lif levha üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Üretim yöntemine göre çok farklı oranlarda kullanılmakla birlikte günümüzde girdi maliyetlerinin artması nedeniyle ve ekonomik üretim gerçekleştirebilmek için atık kağıtlar, yıllık bitkiler, ligno-selülozik lifli maddeler de gittikçe artan oranlarda kullanılmaya başlamıştır. Üretim yöntemine ve üretilecek levhada istenilen özelliklere göre çeşitli yapıştırıcı, bağlayıcı, yangın geciktirici, sertleştirici ve hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Örneğin, yaş

yöntemle levha üretiminde hemen hemen hiç yapıştırıcı madde kullanılmazken kuru yöntemle levha üretiminde ortalama % 6-% 13 arasında yapıştırıcı madde kullanılmaktadır. Ayrıca levhanın suya, yangına, böcek ve mantara karşı dayanımını arttırmak amacıyla parafin, amonyum tuzları, pentaklorofenol gibi çok çeşitli maddeler levha üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. Lif levha üretiminde kullanılan hammaddeler Tablo 1.4’de ana hatları ile verilmiştir.

Tablo 1.4: Lif Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Ana Hammadde	Yapıştırıcılar	Katkı Maddeleri
Odun - İğne Yapraklı Ağaç Odunu - Yapraklı Ağaç Odunu	Formaldehit Esaslı Yapıştırıcılar - Üre Formaldehit - Melamin Formaldehit - Melamin Üre Formaldehit - Fenol Formaldehit - Rezorsin Formaldehit	Sertleştirici - Amonyum Klorür - Amonyum Sülfat - Paraformaldehit - Potasyum Karbonat - Potasyum Persülfat
Kabuk	Doğal Yapıştırıcılar - Hayvansal Yapıştırıcılar - Bitkisel Yapıştırıcılar	Hidrofobik Maddeler - Parafin - Kolofan - Alkil Keten Dimer
Yıllık Bitkiler	Diğer Yapıştırıcılar - Anorganik Yapıştırıcılar	Koruyucu Maddeler - Yangına Karşı Koruyucu - Böceğe Karşı Koruyucu - Mantara Karşı Koruyucu
Atık Kâğıtlar		

1.2.8.1 Odun Hammaddesi ve Diğer Lignoselülozik Hammaddeler

Lif levha üretimi ve fabrikasyonu orman ürünleri sanayinde çok önemli bir yere sahip olup, teknik ve mühendislik bilgisi gerektirmektedir. Her şeyden önce kullanılan odun hammaddesinin anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Ağaçlar temelde iğne yapraklı ve yapraklı olmak üzere iki ana grup altında incelenmektedir. Bu esas gruplar ise binlerce tür ve çeşit ağacı kapsamaktadır. Ahşap kompozit levha üretiminde çok çeşitli ağaç türleri kullanılmaktadır. Bunların başında iğne yapraklı ağaç türlerinden çam, ladin, göknar, geniş yapraklı ağaç türlerinden ise kavak, kızılâğaç, söğüt, kayın, huş yaygın olarak kullanılmaktadır (Güler, 2001).

MDF üretiminde kullanılan ağaç türleri sayısı fazladır. Ayrıca bu hammaddelerin düşük değerli olanları da kullanılabilir. Bu yüzden yongalevhaya göre avantajlı bulunmaktadır. Suchsland ve Woodson (1986) tarafından odun hammaddesi dışında iki tür hammadde, MDF üretiminde kullanılabilir. Bunlardan birincisi, biyolojik lignoselülozik lifler (yıllık bitkiler); ikincisi ise mineral liflerdir. Şeker kamışı atıkları (bagasse), buğday sapı (wheat straw), bambu (bamboo), mısır ve diğer tahıl sapları (corn stalks) ve keten (flax shives) bunlara örnek verilebilir. Şeker kamışı genelde Amerika'da izolasyon liflevhası yapımında kullanılmaktadır. Mineral lifler izolasyon liflevhası üretiminde değerlendirilmektedir. Mineral lifler, biyolojik olarak bozunabilen materyallerden üretilmemektedir. Bu yüzden atık suları ayrıştırmak çok pahalıdır. Ayrıca mineral liflerden üretilen liflevhalar, yüksek oranda yanmaya karşı dirençlidirler. Bu nedenlerden dolayı, izolasyon levhası üreten bazı fabrikalar mineral liflevhası (mineral fiberboard) üreten tesislere dönüştürülmüştür. METSO Corporation şirketi tarafından yapılan bir araştırmada, Dünya'da 1998 yılı itibarıyla MDF üretimi yapan tesislerin %7'sinin yıllık bitkileri hammadde olarak kullandığı belirtilmektedir.

MDF üretiminde kullanılacak ağaç türünün $0.35-0.65 \text{ g/cm}^3$ (orta yoğunlukta) olması istenmektedir. Ekstraktif madde oranı fazla yüksek olmamalı, budak, lif kıvrıklığı ve reaksiyon odunu gibi kusurlar fazla miktarda bulunmamalıdır. Odun hammaddesinin pH değeri de üretim prosesinde önemlidir. Ph değeri düşük (asiditesi yüksek) ağaç türü odunlarından (meşe, kestane vb.) elde edilen liflerden taslak hazırlandığında, sıcak preslemeye önce ön sertleşme görülebilir. Bu durum özellikle yapışma direncini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden 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. Ph değerleri farklı türler birarada kazana verildiğinde, üretilen liflerin pH değerleri de farklı olacak, bu durumda özellikle sıcak presleme esnasında çeşitli problemlerin oluşmasına neden olacağı ifade edilmektedir.

Bunun önlemek için sadece tek tip ağaç türü pişirme kazanına verilmeli ya da pH değerleri nispeten birbirine yakın olan türler işleme alınmalıdır. Farklı pH değerlerine sahip liflerin tamponlama kapasiteleri de farklı olmakta ve sertleştirici ilave edildiğinde sıcak preste her bir tür farklı yapışma eğilimi gösterecek ve üretilen levhanın içinde yapışma direnci değerleri de farklı olacaktır.

Kullanılacak odun hammaddesinin rutubetinin yüksek olması kurutma işlemlerinde maliyeti artıracığından dolayı ekonomik olmamaktadır. Aksine, rutubet türü çok düşük olduğunda da gerek yongalama gerekse liflendirme işlemlerinden toz oluşumu yüksek olmasından dolayı hammadde kayıpları olacak, tutkal sarfiyatında artış olacaktır. Rutubetin %70-90 arasında olması uygundur. Yongalama sırasında enerji tüketimini düşürmek, yüzeyleri düzgün yongalar elde etmek ve hammadde kaybını en aza indirmek için yukarıda belirtilen rutubet değerlerine sahip odun hammaddesi kullanılması uygundur. Odunun rutubet değerinin lif doygunluğu noktasından daha az olduğu takdirde yongalama makinesinde arzu edilen yonga boyutu ve yonga kalitesi sağlanamamakta, kuru odunların ise yongalamada toz miktarını artırmaktadır.

TS 1351 (1974)'te liflevha üretiminde kullanılacak odun hammaddesi için kabuk ve budak oranı açısından bir sınır yoktur. Çürüklük vb. bulunmamalıdır. Fakat budak oranı fazla olduğunda yongalama makinesinin (chipper) bıçakları daha hızlı körelecek ve kapasitesi düşecektir. Aynı şekilde kabuk oranı %15-20'yi aştığında, liflendirme esnasında refiner disklerinin aşınması artacak, kabuktan elde edilen lifler tutkalı fazla absorbe edeceğinden dolayı tutkal tüketimi artacak ve iyi bir yapışma sağlanamayacaktır. Ayrıca kabuk oranı yüksek olan odundan üretilen MDF'nin yüzey kalitesi düşük olacak, yüzeyi daha emici (yüzey absorpsiyon değeri yüksek) olacağından boyama ve kaplama işlemlerinde problemlere neden olacak ve yüzeyi daha koyu renkte olacağından ötürü üzeri dekor kâğıtları ile kaplandığında veya direkt boyama yapıldığında yüzeylerde kabuktan dolayı koyu bölgeler oluşacaktır. Kabuk, budak vb. kusurlar içeren odun hammaddesi liflerinden üretilen MDF'nin performans özelliklerinde azalma olmaktadır. Bu yüzden Amerika ve Avrupa ülkelerinde odunhammaddesinin kabukları çeşitli makinelerle soyularak kullanılmakta, fakat ülkemizde fazla uygulama imkânı bulmamaktadır.

Kabuk genellikle fabrikalarda enerji üretimine yardımcı olmak için yakılmaktadır. Ancak bu durumda rutubet oranı %60'ın altında olmalıdır. Normal olarak, lif levha endüstrisinde

kabuğu soyulmuş odun kabuklu oduna tercih edilir. Kabuğun lif levha üretim yöntemine ve elde edilecek lif levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz etki yaptığı bilinmektedir. Ancak, lif levha endüstrisinde duruma göre kullanılan hammadde üzerinde belli bir miktar kabuk bulunmasına müsaade edilebilir. İskandinav ülkelerinde lif levhanın birim hacim ağırlığına bağlı olarak sert lif levhalarda %10-15 kabuk bulunmasına izin verilmekte olup izolasyon levhalarında ise kabuk kullanılamamaktadır. %15-30 kabuk içeren kereste fabrikası atıklarından uygun özellikte lif levha üretilebilmesine rağmen verim oranı %89,5'ten %82'ye düşmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Yapılan bir çalışmada ladin kabuklarının su emmeyi arttırdığı, buna karşın çam kabuklarının ise azalttığı görülmüştür. Bu nedenle her ağaç türü odun kabuğu için bağımsız çalışmalar yapılmalı, çıkan sonuçlara göre ağaç kabukları lif levha endüstrisinde değerlendirilmelidir (Taşkın, 1973). Ağaç kabuklarında ortalama %18-23 selüloz, %17-43 lignin ve %15-35 hemiselüloz bulunmaktadır. Genellikle kuru ve yarı kuru yöntemle lif levha üretiminde %30-50 oranında kabuğu soyulmuş odun kullanılmaktadır. (Nikitin, 1966; Eroğlu'ndan, 1994).

Atık kâğıtların en iyi kullanılabildiği alan lif levha endüstrisidir. Çünkü atık kâğıtlar bünyesinde yapıştırıcı, boya, mürekkep ihtiva ettikleri gibi plastik, metal folyolar ve ev atıkları gibi yabancı maddelerle de beraber bulunmaktadır. Bu yabancı maddeler, kâğıt üretiminde atık kâğıtlardan temizlenmelidirler. Bu, üretime artı bir maliyet getirmektedir. Atık kâğıtların lif levha üretiminde kullanılmasında böyle bir ihtiyaç yoktur. Atık kâğıtların liflendirmeye enerjisi çok düşük olduğundan işleme maliyeti daha azdır ve ayrıca, hammadde maliyeti daha düşük olduğundan lif levha endüstrisine uygun bir hammadde. Atık kâğıtların MDF üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili bir çalışmada atık kâğıtlar ile MDF üretilmiş ve yapılan çalışmalar sonucunda, atık kâğıtların ve düşük kaliteli mekanik hamur atık kâğıtlarının MDF üretimi için pratik ve uygun olduğu belirtilmiştir.

MDF üretiminde kullanılacak 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 prosesinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlara göre tercih edilmektedir. Genel olarak iğne yapraklı ağaç türleri, yapraklı ağaç türlerine göre uzun lif yapısına sahip olduklarından dolayı MDF üretimi için daha uygundur. Fakat belirli oranlarda yapraklı ağaç türleri de

kullanılabilir. Keçeleşmenin iyi derecede meydana gelmesi için %70 iğne yapraklı ağaç, %30 ise yapraklı ağaç karışımları tercih edilmektedir. Bu karışımdan elde edilen MDF'nin teknolojik özellikleri yüksek değerler vermektedir (Eroğlu, 1988).

Günümüzde ülkemizde odun hammaddesi darboğazından dolayı yukarıda ağaç türü ile ilgili belirtilen nitelikleri tamamen sağlamak neredeyse imkânsız gözükmektedir. MDF üreten tesislerin büyük çoğu yurt dışından odun hammaddesi getirmekte hatta kapasitesi çok yüksek olan birkaç fabrika da özellikle Amerika'dan yonga (chips) ithal etmektedir. Genel olarak sektör dışa bağımlı bir haldedir. Dolayısıyla hem ekonomik açıdan hem de performans özellikleri açısından kaliteli MDF üretmek için eldeki mevcut hammaddenin nispeten uyumlu ve bilinçli olarak kullanılması gerekmektedir.

Maloney (1993), bir ağaç türünün levha üretimine uygun olup olmadığını saptanması için birtakım kriterler öne sürmektedir. Bunlar; ağaç türü, yetişme yeri, meşcere şartları, tomruğun kesildiği ağacın kısmı, çürüklük-mantar-yangın etkisinin olup olmaması durumu, hammaddenin kabuklu-kabuksuz-endüstri artığı-yarma odun olma durumu, lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu, budak vb. kusurların miktarı şeklinde sıralanmaktadır. Bazı ağaç türlerinin lif boyutları Tablo 1.5 'de verilmiştir.

Tablo 1.5: Bazı ağaç türlerinin lif boyutları

Ağaç Türü	Lif Boyu (mm.)
Abies alba	3,4 – 4,6
Acer pseudoplatanus	0,67 – 1,08
Betula verrucosa	0,34 – 1,7
Fagus orientalis L.	0,5 – 1,7
Picea abies	1,3 – 4,3
Pinus sylvestris	1,8 – 4,5
Populus nigra	0,3 – 2,0
Quercus robur L.	0,28 – 1,6
Tilia pltyphylla	0,5 – 1,4
Şeker Kamışı	1 - 4
Keten	9 - 70
Kenevir	5 - 55
Saman	0,5 - 2

Endüstriyel odun fiyatlarındaki dalgalanmalar ve alternatif kaynak arayışları lif levha üretiminde yeni hammaddelerin kullanılmasını gündeme getirmiştir. Bu konuda uzun

yıllardır çalışmalar yapılmakta ve dünyanın bazı bölgelerinde yüksek oranda yıllık bitkiler levha endüstrisinde kullanılmaktadır. Özellikle Çin’de son yıllarda açılan lif levha fabrikalarının önemli bir kısmının yıllık bitkileri kullanarak üretim yapması bunun bir göstergesidir.

Odunsu ve otsu bitkisel kaynaklardan, oduna alternatif olarak benzer performans özelliklere sahip malzeme üretilebilmesi, temel olarak kimyasal yapılarının, hücrelerin morfolojik ve fiziksel özelliklerinin odunlara benzer olması ile mümkündür.

Odunlara göre kimyasal içerik bakımından daha heterojen özellik gösteren bitkisel materyalin kimyasal kompozisyonunu etkileyen önemli bir faktör bitkinin yetiştirme koşullarıdır (Han, 1998). Genel olarak bir ligno-selülozik bitki hücresi %65-70 karbonhidratlardan oluşmaktadır. Bazı istisnai durumlar bulunmakla birlikte bitki hücrelerinin yaklaşık %50’sinin selülozdan oluştuğu söylenebilir. Fakat pamukta bu oran %90’nın üstüne çıkabilmekte, bazı tarımsal sap liflerinde ise %30’un altına düşebilmektedir (Rowell vd., 2000).

Bitkisel materyalin, kompozit panel ürünleri üretilebilmesi için diğer önemli kriter ise hücre boyutlarıdır. Hücre boyutları, hücre çeper kalınlığı, uzunluğu, lümen açıklığı gibi özellikler, nihai ürünün (kompozit) performans özelliklerini direkt olarak etkilemektedir (Arslan, M.B. 2007).

Yıllık bitkilerin toplanma, taşıma, depolama ve işlenmelerinde çeşitli problemler meydana gelebilmektedir. Bu nedenle üretim için seçilecek yıllık bitkilerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. MDF üretiminde kapak tahtaları ve testere talaşları hammadde olarak kullanılabilir. Ucuz olmaları, miktarlarının fazla olması ve kolay temin edilebilmeleri bu hammaddelerin avantajlarıdır. Ancak testere talaşı liflerinin kısa olması ve farklı lif morfolojisine sahip olması nedeniyle üretilen MDF’lerin, normal odundan üretilen MDF’lere göre mukavemet özellikleri daha düşük olmaktadır (Kastamonu Entegre, 2007; Akbulut, 2001). Ayrıca atık kâğıtlar da liflevha üretiminde değerlendirilebilmektedir (İstek, 1998).

Yaptıkları göreve ve türlerine göre, odunsu hücreler farklı yapı gösterirler. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının destek, iletim ve depolama görevi yapan elemanları

bulunmaktadır. Hücrelerin bu farklı özelliklerinden dolayı bazı türler bazı kullanım yerlerinde ön plana çıkmaktadır. Uzun lif yapısına sahip ağaç türleri MDF ve kâğıt yapımı için daha uygundur. Yapraklı ağaç odunları anatomik yapı bakımından iğne yapraklı ağaç odunlarına göre daha karmaşık bir yapı gösterirler. İğne yapraklı ağaçlar büyük oranda traheidlerden oluşmakta, odununun yapısına %4–10 oranında paranşim hücreleriyle çok az oranda da reçine kanalları katılmaktadır. Yapraklı ağaç odunları ise genellikle lifler ve traheidlerden oluşmakta, türlere göre buna paranşim hücreleri çok az veya çok fazla miktarda katılmaktadır. Benzer şekilde türlere göre öz ışınlarının oranı %30’a kadar yükselmektedir. Traheler genişlikleri fazla, buna karşılık boyları kısa olan hücrelerdir. Traheidler, lümenleri dar, özellikle ilkbahar odunlarında çeperleri ince, boyları uzun hücrelerdir. Paranşim hücreleri MDF ve kâğıt üretimine pek uygun olmayan, boyları çok kısa hücreler olup, kırıntı materyal miktarını yükselterek yaş yöntemde elekleri tıkamak suretiyle süzülmeyi zorlaştırmaktadır (Akbulut, 2001).

Bazı ağaç türleri ve yıllık bitkilerin kimyasal bileşenleri ve lif özellikleri Tablo 1.6 ‘da verilmiştir.

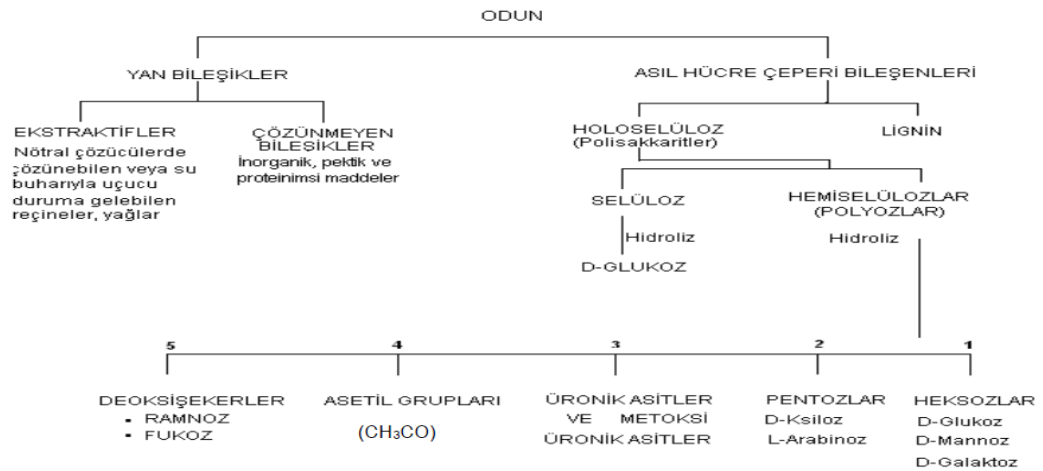
Tablo 1.6 Bazı ağaç türleri ve yıllık bitkilerin kimyasal bileşenleri ve lif özellikleri

Kimyasal Bileşenler (%)	Bazı Ağaç Türleri ve Yıllık Bitkilerin Kimyasal Bileşenleri ve Lif Özellikleri									
	İğne Yapraklı	Yapraklı	Doğu Kayını	Sarıçam	Şeker Kamışı	Pamuk Sapi	Buğday Sapi	Ayçiçeği Sapi	Ormangülü	
									Bolu	Giresun
Holoselüloz (Kül Hariç)	-	-	78,9	69,8	-	77,6	73,9	74-76	71,86	72,52
Selüloz (Kül Hariç)	55-61	58-64	41,5	-	50-59	50,9	48,0	46-49	-	-
Alfa-selüloz	-	-	-	56,0	32-40	-	38,9	37,5	-	-
Lignin (Kül Hariç)	25-32	17-26	22,6	25,8	23,3	21-25	15,7	17-19	26,88	26,47
Kül	0,2-1	0,2-1	0,6	0,3	2-6	1-4	4,4	7-10	0,38	0,45
Pentozan	8-13	18-25	25,2	10,9	27-33	-	30,7	18,9	21,28	23,59
Keçeleşme Oranı	75-90	<50	60	73-90	85	30-50	76	52-62	46,69	44,46
ÇÖZÜNÜRLÜKLER (%)										
Alkol-Benzen	2-8	2-6	1,5	4,1	2-10	3,0	5,3	7,0	2,94	3,40
%1’lik NaOH	9-16	14-20	15,6	14,2	32-40	16-22	40,1	28-31	2,22	1,98
Sıcak Suda	3-6	2-5	1,9	3,0	4-11	0,1	10,5	16,7	4,82	4,86
LİF ÖZELLİKLERİ										
Lif Uzunluğu (mm)	3-7	0,7-2	1,2	2,9	1,7	1,0	1,2	1,2	0,817	0,809
Lif Genişliği (µm)	-	-	5-6	22,0	-	11-23	5,8	14-16	17,5	18,2
Lümen Çapı (µm)	32-43	20-40	18-21	36,7	20,0	21,29	15,5	17-20	9,342	9,305
Hacim Yoğunluk Değeri (kg/m³)	400-600	400-700	420-580	430	-	-	0,17-0,2	0,15	535	525
Referans	Rydholm (1965)	Rydholm (1965)	Tank (1978)	Akkayan (1983)	İbrahim (1975)	Eroğlu (1979)	Eroğlu (1980)	Bostancı (1980)	Taşkın (1977)	

Yapraklı ağaç odunlarından elde edilen liflerin boyları kısa olduğu için yaş yöntemle lif levha üretiminde yüzeylerde daha az yoğun bölgeler oluştururlar. Bu, iğne yapraklı ağaçlarla karşılaştırıldıklarında bir avantajdır. İğne yapraklı ağaç türlerinin ise uzun liflerinden dolayı yaş yöntemle izolasyon liflevhası üretiminde daha iyi bir drenaj sağlamaları ve dolayısıyla daha sağlam bir levha taslağı elde edildiğinden, yapraklı ağaçlara göre avantaj olarak değerlendirilebilir (Suchsland ve Woodson 1986).

Yaş yöntemle liflevha üretiminde yapraklı ağaç odunlarından genellikle iyi özelliklere sahip sert liflevha, iğne yapraklı ağaç odunlarından ise iyi kalitede izolasyon liflevhası üretilmektedir. İğne yapraklı ağaç odunlarını liflendirmek için gerekli enerji, yapraklı ağaç odunlarına göre daha fazladır. İğne yapraklı ağaç odunlarından elde edilen yongaların pişirme süreleri yapraklı ağaç odunlarından elde edilen yongalardan daha uzundur. Ağaç türünün yoğunluğu ne kadar yüksek ise elde edilecek yongaların pişirme süreleri o kadar kısadır. Bu nedenle iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinden elde edilen yongalar aynı anda pişirilmemelidir. Buna ilaveten iğne yapraklı ağaç türlerindeki uçucu madde oranı yapraklı ağaç odunlarından daha fazladır (Akbulut, 2001).

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarının kimyasal içerikleri benzer bileşiklerden oluşmaktadır. Esas kimyasal bileşik olarak selüloz, hemiselüloz, lignin, ekstraktif maddeler bulunmaktadır. Bu bileşiklerin oranı ağaç türüne hatta aynı tür içinde dahi yetiştirme yerine göre belli oranlarda farklılıklar göstermektedir. Şekil 1.9'da odun bileşenleri görülmektedir.



Şekil 1.9: Odun bileşenleri

Odunsu bir hücre çeperinin kimyasal bileşenleri ve bunların yaklaşık değerleri şu şekildedir: (Bozkurt Y. ; Göker Y.)

Tablo 1.7: Hücre çeperinin kimyasal bileşenleri ve oranları

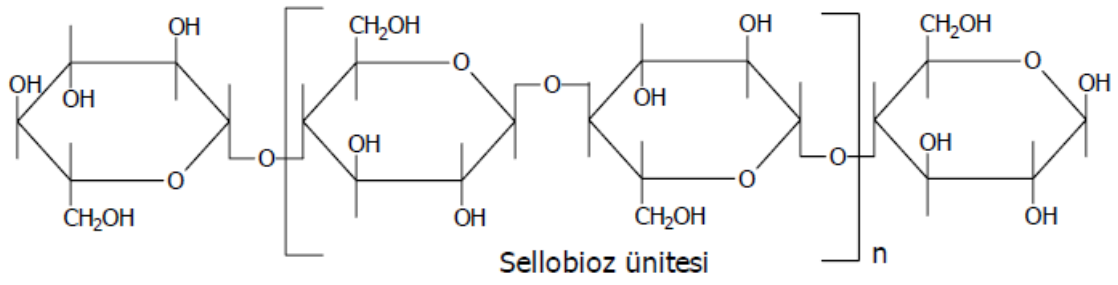
1)Selüloz	% 50
2) Hemiselüloz	% 20 – 35
3) Lignin	% 15 – 25
4) Yabancı Maddeler (Ekstraktif vb.)	% 0 - 25

Selüloz: Hücre çeperinin en önemli maddesi olup, çeperindeki maddelerin yaklaşık yarısı oranındadır. Aynı zamanda ağacın da en önemli hammaddesidir. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlardaki selüloz oranı % 42 ± 2 kadar bulunmaktadır. (Bozkurt, Y.)

Selüloz, genellikle lifsel yapı oluşturan bileşiklerde olduğu gibi, molekül yapısı bakımından lineer bir polimerdir. Zincir biçimindeki moleküllerden oluşmaktadır. Selüloz molekülünün yapı taşları glukoz anhidrit birimleridir. Bu birimler birbirlerine 1,4 – β – glikozidik bağlarla birleşmiştir.

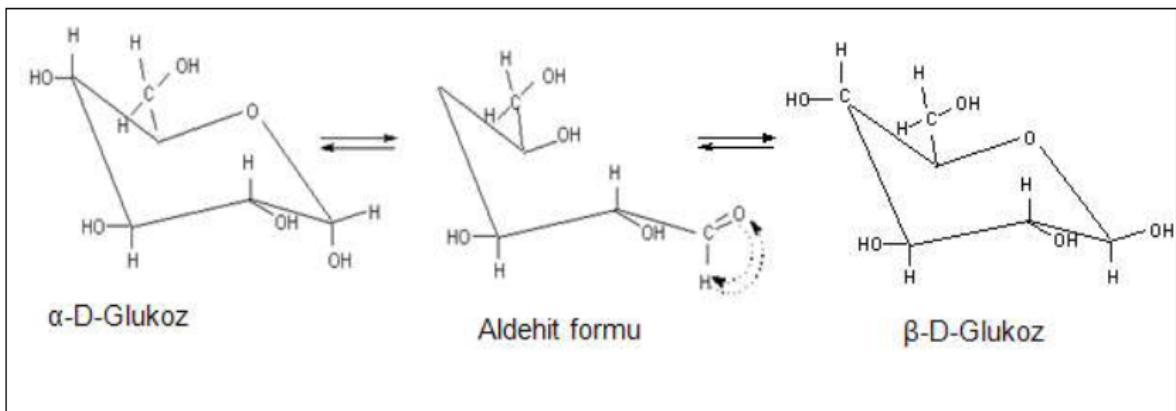
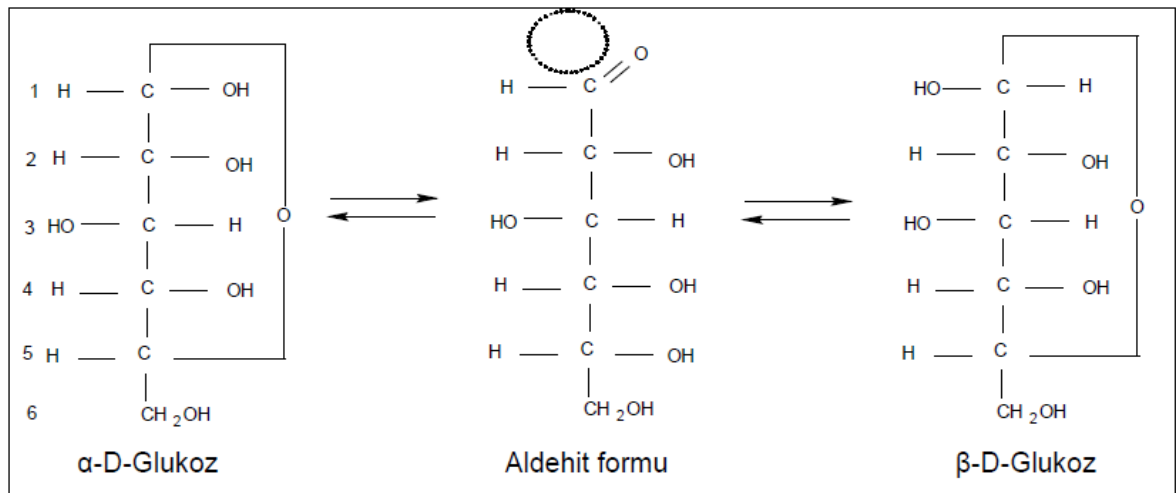
Doğal selüloz molekülünde yapı taşlarının sayısı (Polimerleşme Derecesi – DP) 10.000'e kadar ulaşmakta ve böylece doğal selülozun molekül ağırlığı da 1.500.000'i aşmaktadır. Bir anhidro glukoz biriminin uzunluğu 0,515 mμ. (5.15 Å) olduğu için doğal selüloz molekülünün uzunluğu 5 mikronu geçecektir. (Deniz, İ., 2010)

Selülozu oluşturan her anhidrit glukoz 180° dönmüş diğer bir anhidrit glukoz ile bağlıdır. Bunların her birinde primer ve sekonder hidroksil grupları vardır. Su, hidroksil gruplarına hidrojen köprüleri ile bağlanmakta, bitişik zincirler arasına girerek onları birbirinden ayırmaktadır. Böylece hücre çeperinde daralma ve genişlemeler meydana gelmektedir. (Bozkurt, Y.)

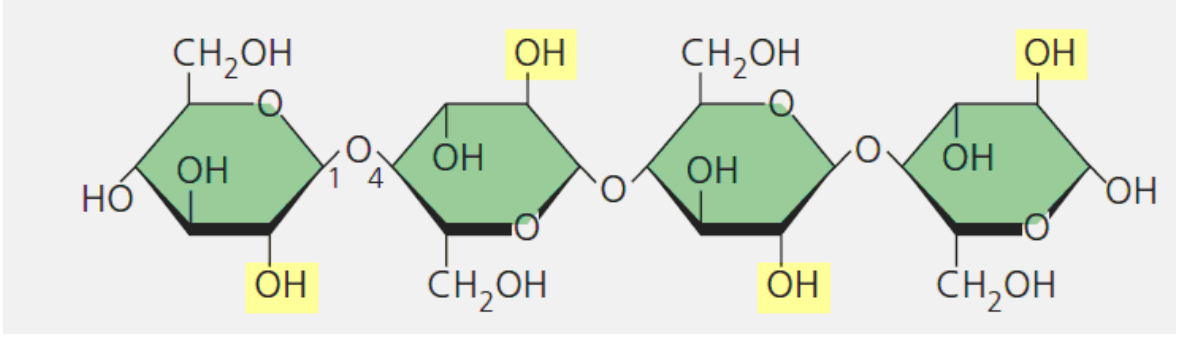


Şekil 1.10: Selüloz Molekülünün Kimyasal Yapısı (Kırcı, H.; Ateş, S.; Akgül, M. 2001)

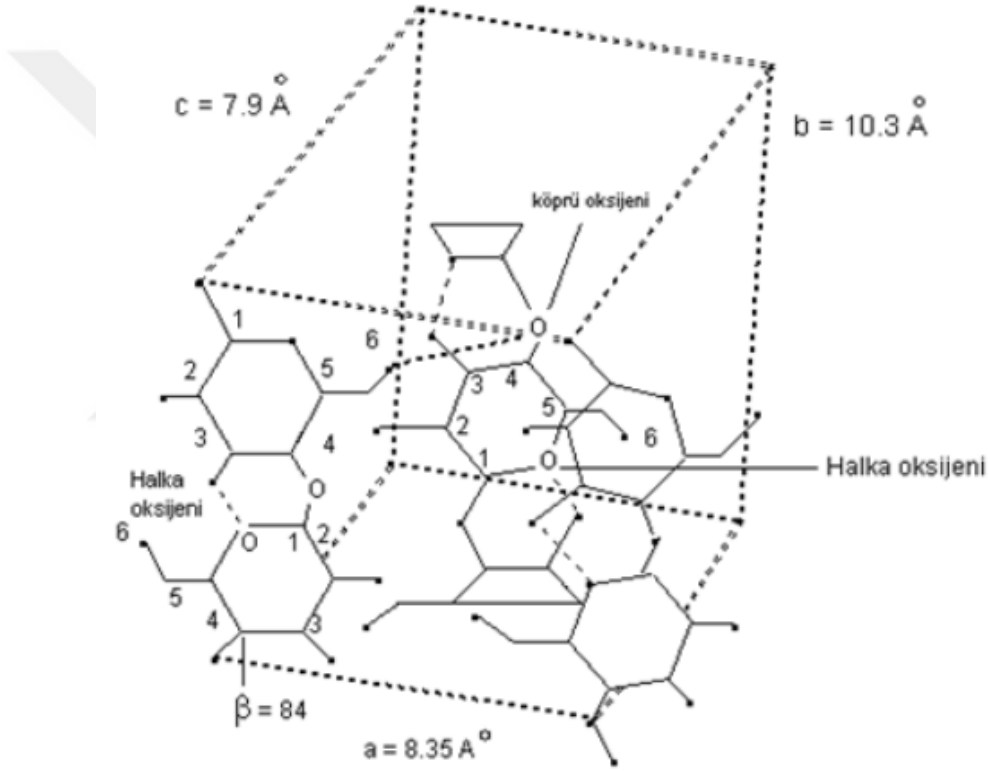
Selüloz molekülündeki tüm yapı taşlarının birbirine 1-4- β -glikozidik bağlarla birleştiği uzun araştırmalar sonucu ortaya çıkarılabilmektedir. Bu nedenle, uygulanan asidik hidroliz sonucu reaksiyon ürünü olarak sadece glukoz ortaya çıkmaktadır. Ara ürünler olarak da β -glukozidik, glukoz polimerleri oluşur. (Sellobioz, Sellotrioz, vb.)



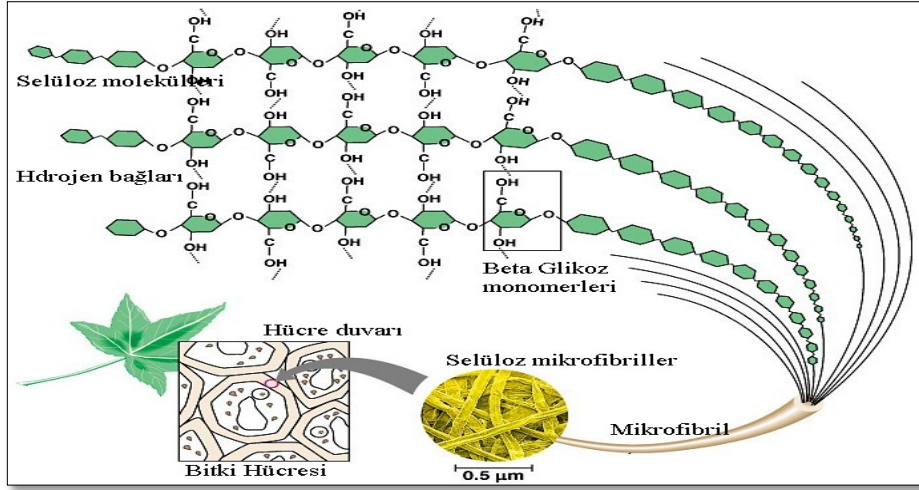
Şekil 1.11: β -D-Glukozun farklı formları (Deniz, İ., 2012)



Şekil 1.12: Selülozun bağ yapısı (URL-9, 2018)



Şekil 1.13: Meyer ve Misch'e göre doğal selülozdaki hidrojen bağları (Hafızoğlu, H.; Deniz, İ., 2012)



Şekil 1.14: Selülozun bağ yapısı (URL-10, 2012).

Hemiselülozlar: Odun hammaddesi ve diğer bitki türleri selülozdan başka polyoz veya hemiselüloz denen farklı polisakkaritler içerir. Polisakkaritler, hem aynı monosakkarit birimlerinin oluşturduğu homo-polisakkaritlerden hem de farklı monosakkaritlerin oluşturduğu hetero polisakkaritlerden olabilir. Geleneksel olarak polisakkaritler selüloz ve hemiselüloza bölünmektedir. Polyozlar ve kısa zincirli selülozları içeren kimyasal hamurlardan çözünerek alkali çözeltide bulunan ekstraktiflere hemiselülozlar denir. Yani, hemiselülozlar düşük molekül ağırlığındaki selülozu ve polyozları içerir. Polyozlar ise, tanım olarak hücre çeperinde ve alkali çözeltide bulunan selülozik olmayan polisakkaritlerdir. (Deniz, İ.)

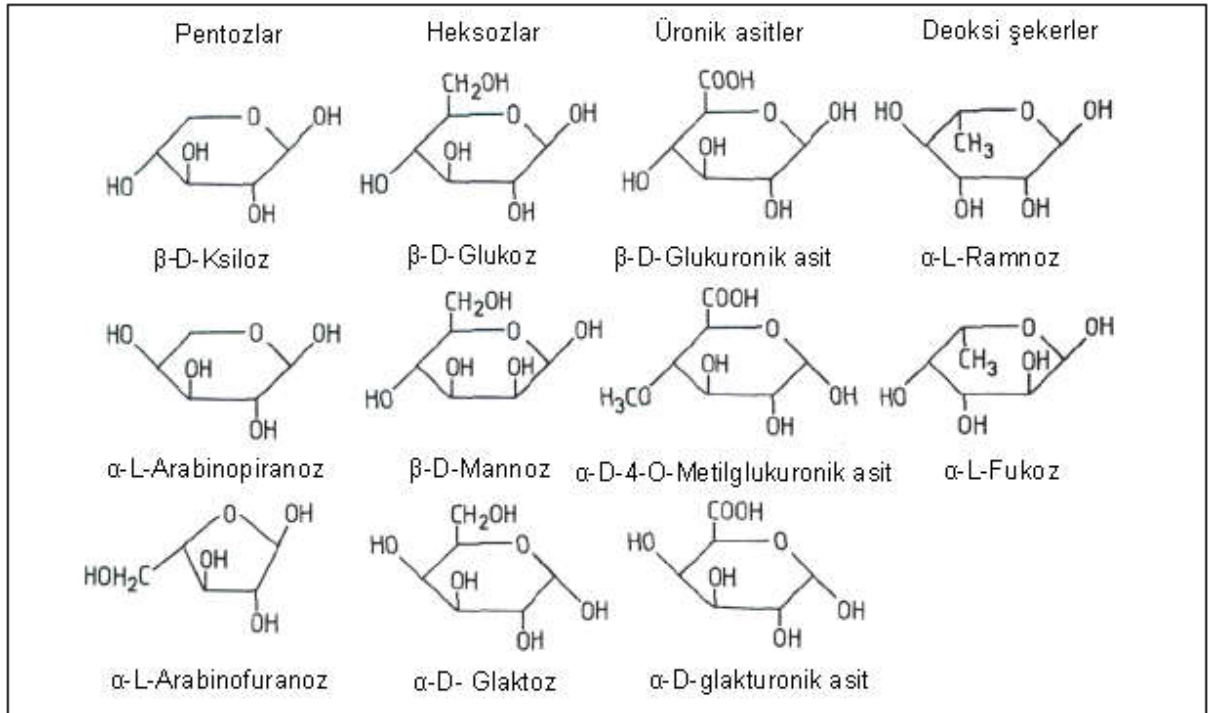
Beş ve altı karbonlu şekerlerin birbirleriyle değişik tip ve şekillerde bağ yapmasıyla oluşan, selüloza göre daha kısa, dallanmış zincir yapısındaki hemiselülozlar, heterojen doğal polimerlerdir. Genel olarak iğne yapraklı ağaçların esas hemiselüloz bileşeni galaktaglukomannan ile az oranda arabinoglukoksilan ve arabinogalakattan oluşurmaktadır. Yapraklı ağaçlarda ise esas hemiselüloz ksilandır ve az oranda glukomannan bulunmaktadır. Hemiselülozların bir kısmı suda dahi çözünebilmektedir (Fengel ve Wegener, 1984; Sjostrom, 1993).

İğne yapraklı ve yapraklı odunlar sadece toplam hemiselüloz yüzdesinde değil aynı zamanda her bir hemiselülozun oranları bakımından da farklılık gösterir. İğne yapraklı ağaçlar yapraklı ağaçlardan daha fazla mannoz ve glaktoz üniteleri içerirken, yapraklı ağaçlar daha fazla ksiloz ve asetil grupları içerirler. Odun polisakkaritleri hücrelerin

yapısal maddesini meydana getirdiği gibi, hemiselülozların birçoğu da nişasta gibi rezerv maddesi olarak odunda yer alır.

Hemiselülozlar tüm odun türlerinde odun kuru ağırlığının % 20–30 ‘unu meydana getirir. İğne yapraklı ağaçların hemiselüloz bileşimi yapraklı ağaç hemiselülozlarının bileşiminden oldukça farklıdır. Önemli farklar ağacın gövdesi, dalları, kökleri veya kabuğu söz konusu olduğunda da ortaya çıkmaktadır. (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ., 2010)

Hemiselülozların sulandırılmış asitlerle hidrolize olarak meydana getirdikleri şeker ve şeker asitleri, çeşitli maddelerle reaksiyona girerek yaş yöntemle liflevha üretiminde lifler arasındaki bağ oluşumuna destek olmaktadır (Akbulut, 2001).



Şekil 1.15: Hemiselülozlarda bulunan şekerler (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ. 2010)

Tablo 1.8’de İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları (%) verilmiştir (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ. 2010).

Tablo 1.8: İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları

	Şeker Türü	İğne Yapraklı	Yapraklı
1.	D – Glukoz	61 –65	53 - 73
2.	D – Mannoz	7 - 16	0.4 -4
3.	D – Galaktoz	6 - 17	1 –4
4.	D – Ksiloz	9 - 13	20 –39
5.	L – Arabinoz	< 3.5	≤ 1.0
6.	L - Rhamnoz	≤ 1.0	+
7.	L – Fukoz	+	
8.	3-0-Metil-L-rhmnoz	+	
9.	4-0-Metil-D-glukuronikasit	+	+
10.	D-Galakturnik asit (pektinden)	+	
11.	D-Glukuronik asit		+

Lignin: Üç boyutlu fenilpropan ünitelerinden oluşmuş polimerlerdir. İğne yapraklı ağaçlarda % 30±4, yapraklı ağaçlarda ise % 25±3 lignin vardır. Ligninler p-coumarly (p-kumaril), coniferyl (koniferil) ve snapyl (sinapil) alkollerinin polimerizasyon ürünleridir. (Bozkurt, Y. 1992)

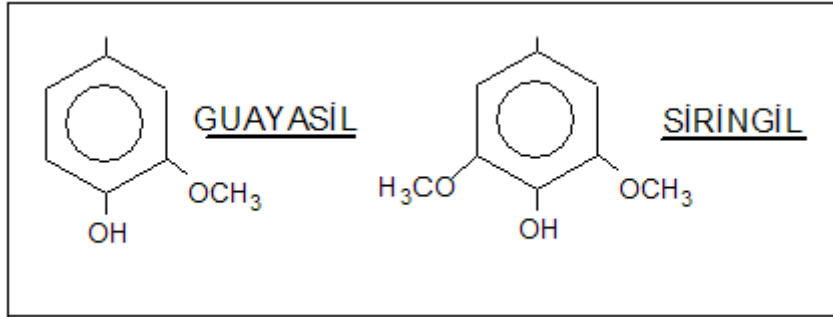
Odunun diğer esas bileşenlerin olan lignin, üç boyutlu, oldukça karmaşık fenolikdoğal polimeridir. Yapıştırıcı etkisinden dolayı, hücre çeperinde selüloz liflerini birarada tutarak, sert ve dayanıklı olmasını sağlar. (Arslan, M.B.)

İğne yapraklı ağaçların hepsi guaiacyl lignini, yapraklı ağaçlar ise hem guaiacyl hem de syringyl lignini ünitelerini ihtiva ederler. Ligninde higrokopisite azdır. Çünkü hidroksil gruplarının tümü su ile bağ teşkil etmemektedir. Esas itibariyle selüloz ve özellikle hemiselülozlar ligninden çok daha fazla higroskopiktirler. (Bozkurt, Y. 1992)

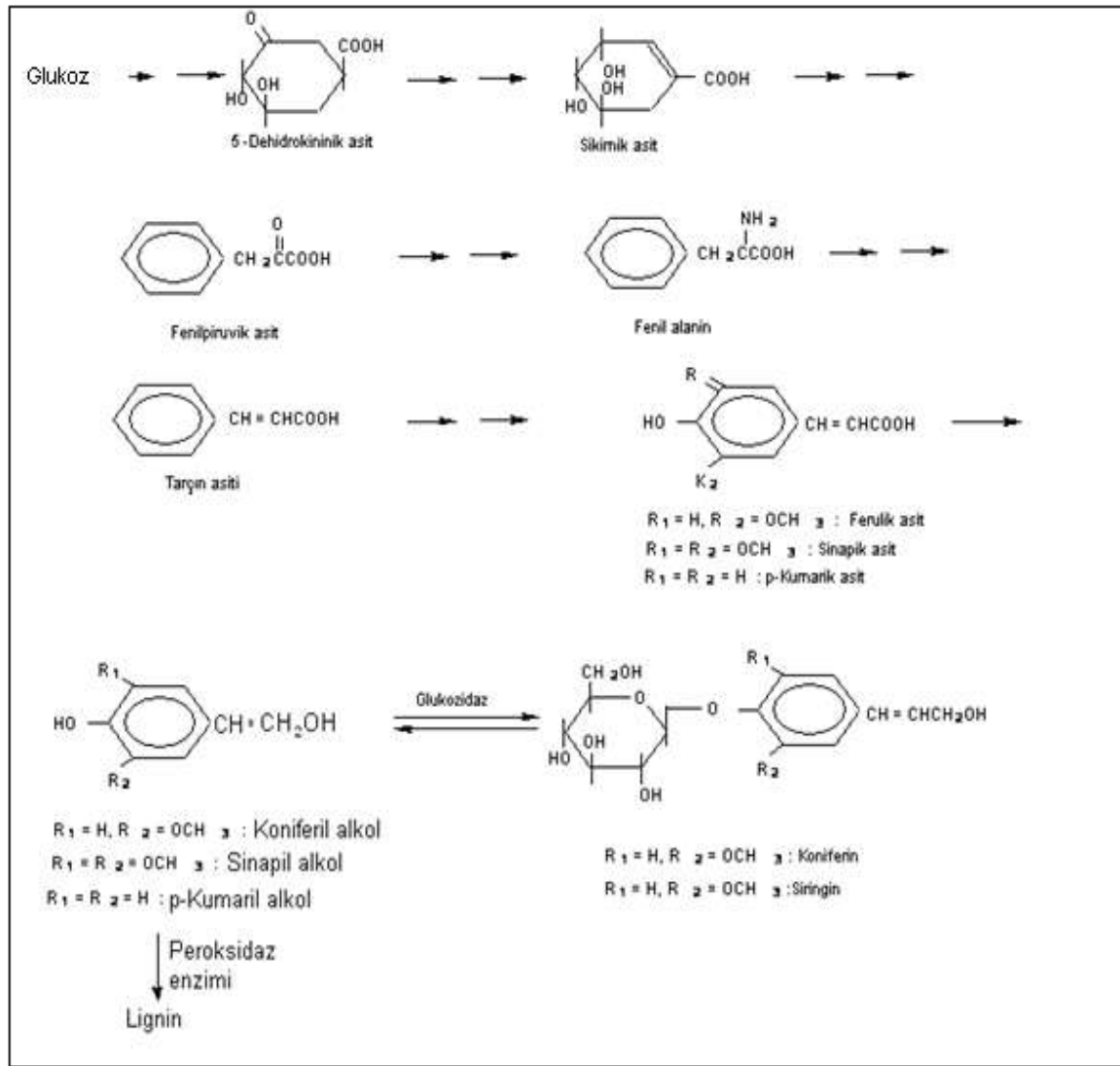
Her ne kadar, ligninin polimerik yapısını oluşturan yapıtaşları, fonksiyonel grupları ve bağlanma şekilleri büyük ölçüde açıklanabilmiş olsa da tüm odunsu ve otsu bitkilerdeki lignini kapsayacak kimyasal formül henüz tam olarak yazılamamaktadır (Fengel ve Wegener, 1984; Sjostrom, 1993).

Lignin genellikle bitki dünyasında yaygın bir maddedir. İğne yapraklı ağaçlarda lignin %24-33 (Klason Lignini) oranında yer alır. Bu bir guayasil lignini olup metoksil oranı %15-16 dır. Bir fenilpropan birimine 0,9-1,0 metoksil karşılık gelmektedir. Yapraklı ağaçlarda guayasil siringil lignini yer alır. Lignin oranı ibreli ağaçlardakinden daha az olup %16-24 arasında değişir (tiyoglikolik asit lignini). Metoksil oranı %17-22 kadardır. Bir fenilpropan birimine karşılık olan metoksil oranı 1,2-1,5 kadardır. Guayasilsiringil lignini kamışımsı bitkilerde de yer alır. (Deniz, İ.)

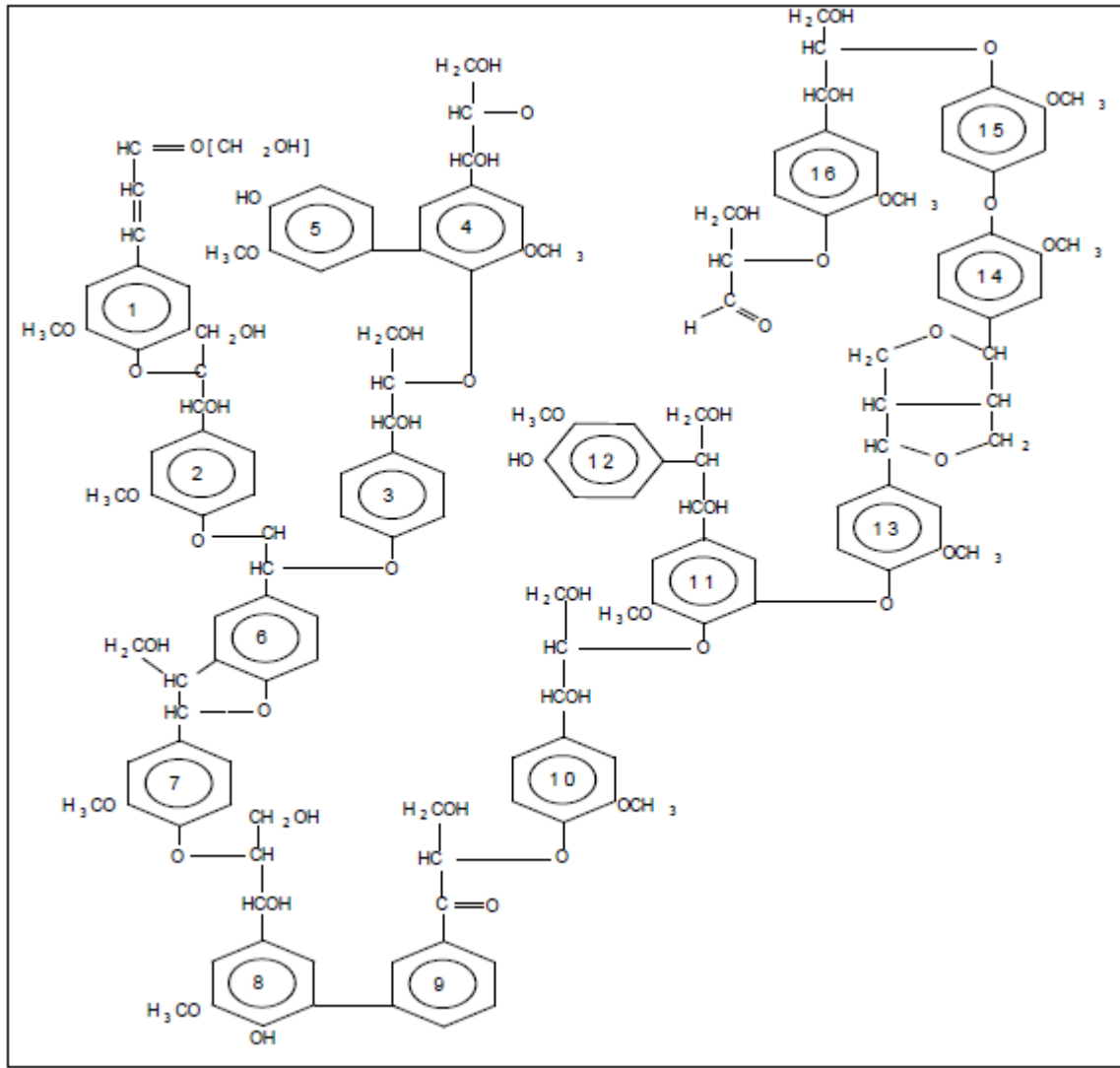
Hücre çeperinde hücreye sertlik ve sağlamlık kazandıran, hücreler arasında birleşme rolü oynayan bir maddedir. Ayrıca, basıncı stabilize eden, rutubet karşısında şişmeyi ve boyutsal uzamayı düşüren bir maddedir. Bunun yanında lignin çürümeye ve böcek zararına karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Lignin miktar olarak ağaç türlerine göre farklılık gösterse de odunun yaklaşık olarak çeyrek kısmını oluşturur. Termoplastik (sıcakta yumuşayan, soğukta sertleşen) bir özelliğe sahip olduğundan dolayı yaş yöntemle liflevha ve kompreg (compreg) gibi diğer yoğunlaştırılmış ahşap ürünlerinin imalatında yararlanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996).



Şekil 1.16: Ligninin Aromatik Yapı Birimleri (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ. 2012)



Şekil 1.17: Lignin ünitesinin glukozdan biyosentezi (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ. 2010)



Şekil 1.18: Lignin polimerinde bulunan bağların model görünümü (Hafizoğlu, H.; Deniz, İ. 2012)

Odundaki yabancı maddeler inorganik maddeler, suda çözünen maddeler ve ekstraktif maddeler olarak 3 başlık altında incelenebilir;

a) İnorganik Maddeler

Odun hammaddesinde bulunan mineral maddelerin tamamı organik maddenin yakılmasından geri kalan kül içerisinde bulunur. Mineral maddelerin miktarı ılıman kuşakta yetişen odunlarda % 0.1-1.0, tropikal ve tropikal altı kuşakta % 5'e kadar çıkabilir. Tüm ağaçta en fazla inorganik bileşen içeriği iğne yapraklarda veya yapraklardadır. Kül içeriğinde azalan miktarıyla kabuk, ince kökler, ince dallar, kökler, dallar ve gövde

gelmektedir. Külün ana içeriği kalsiyum, potasyum ve magnezyumdur. Odun küllerindeki toplam elementlerin % 50'den fazlası kalsiyumdur. Potasyum (K) ve magnezyum (Mg) ikinci ve üçüncü sırada gelir.

b) Suda Çözünen Maddeler ve pH

pH, çözeltildeki hidrojen veya hidroksil iyonları konsantrasyonu olarak ölçülür ve çözeltinin asidik, nötral veya alkali özelliği belirlenir. Rutubetli odun bünyesindeki sulu çözeltinin pH'sı odunun pek çok yerde kullanımı açısından önemlidir. Odunla metallerin temasında korozyon, tutkalların yapıştırma gücü, odun koruyucuların tutunması etkilenebilir. Odunun pH'sı kağıt hamuru, lif, yonga levha üretimi ve plastikleştirme açısından da önemlidir.

Öz odun ve diri odun farklılığı, ayrıca kesim sezonuna değişikliği, pH değerinde sadece küçük bir etkiye bulunmaktadır. Yüksek sıcaklıkta ve rutubetli ortamda odunun depolanması sırasında pH değerinde artış görülmektedir. Odunun pH'sı 5,5 – 8 arasında değişmektedir.

c) Ekstraktif Maddeler

Bu maddeler hücre çeperinde ve hücre lümeninde bulunan, fakat hücre yapısının esas kısmını teşkil etmeyen maddelerdir. Ekstraktif maddeler, ya hücre çeperine tamamen nüfuz etmişlerdir ya da yüzeysel olarak yerleşmiş veya hücre lümenini doldurmuşlardır. En önemlileri ve ekonomik bakımdan değerli olanları polifenoller ve reçinelerdir. Reçineler iğne yapraklı ağaçlarda bulunurlar ve odunun su buharı ile destilasyonu sonucu terebantın yağı, tall oil ve kolofan elde edilmesinde kullanılır.

Ekstraktif maddeler odunun birçok özelliğine etki yaparlar. Öz odununun koku ve rengini ekstraktif maddeler oluşturmaktadır. Mantar ve böceklerle karşı koruyucu etki yapan zehirli organik maddeler yine ekstraktif maddelerdir.

Selüloz, hemiselüloz ve lignin, odunun temel hücre çeperi bileşenleri olarak ifade edilmektedir. Odunda az miktarda Pektin de bulunmaktadır. C (Karbon), H (Hidrojen) ve O (Oksijen), odun hammaddesinin kimyasal yapısını oluşturan elementlerdir. N (Azot) ise

çok az miktarda bulunmaktadır. Selüloz, odunun ağırlıkça yaklaşık olarak yarısını oluşturmaktadır. Bu yüzden, odunun kimyasal yapısındaki en önemli bileşiktir. Hemiselüloz ve lignin miktarları ağaç türleri arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Temel bileşenlerin dışından odunun yapısında bulunan diğer bir yapı ise ekstraktif maddelerdir. Bunlar organik veya inorganik olabilir. Selüloz, gerek masif ahşap malzemede gerekse kompozit levhalarda performans özellikleri üzerine etki eden en önemli kimyasal bileşendir (Bozkurt, 1992; Akbulut, 2001).

1.2.8.2 Yapıştırıcı Maddeler (Tutkallar)

1930 yılından önce odun endüstrisinde kullanılan tutkallar, bitkisel ve hayvansal olup aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktaydı (Göker, 1978) ;

- *Hayvan ve Jelâtin Tutkalları*: Deri, kemik ve balık atıklarından elde edilir.
- *Kan ve Kan Albümini*: Hammaddesi olan kan mezbahalarından temin edilir. Bazı zamanlar kazein ile karıştırılmaktadır.
- *Kazein*: Sütten elde edilen bir hayvansal proteindir.
- *Soya*: Soya fasulyesi ve yer fıstığından elde edilen bitkisel proteindir.
- *Niştasta veya Bitkisel Tutkallar*: Meyveler, tohumlar veya köklerden elde edilirler.

Kan albümini, kan serumu içinde çözülmüş durumda bulunan bir proteindir. Bu tutkalın hammadde kaynağı mezbahalardır. Açık, esmer ve siyah renkte olmak üzere üç çeşit kan albümini vardır. Bunlardan açık ve esmer renkte olanı gıda, deri ve kâğıt endüstrisinde, siyah renkte olanı ise kontrplak endüstrisinde yapıştırıcı olarak değerlendirilmektedir.

Kazein tutkalı, sütteki proteinlerin pıhtılaşmış halidir. Kazein tutkalına küf ve mikroorganizmalar meydana getirdiği bozulmayı önlemek için %3 Thymol katılır ve özellikle kaplama levhaların yapıştırılmasında kullanılır.

Soya fasulyesi tutkalı, soya fasulyesinden yağın ekstraksiyon yolu ile çıkarılmasından elde edilmektedir. Kontrplak endüstrisinde yapılan bir araştırmada pirinç çeltiğinden elde edilen tutkalın polimerik metilen difenildiizosiyanat ile birlikte yongalevha üretiminde kullanılabilir bir özellik taşıdığı saptanmıştır (Baharoğlu, 2010).

Yapıştırıcı madde, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır (Vick, 1999). Yapıştırıcılar, yongalevha ve kontrplak gibilevha ürünlerinin üretiminde ve çeşitli konstrüksiyonların birleştirilmesinde oldukça önemlidir. Orman ürünleri sanayisinin gelişmesinde yapıştırıcıların büyük etkisi olmuştur (Aydın vd., 2010). Üretilen ahşap kompozit malzemelerin kalitesi ve tutkallı birleştirmelerin performansı oluşan tutkal bağına bağlıdır (Chen, 1970).

Lif levhanın mekanik özelliklerini artırmak ve su almalarını azaltmak için fenol, kresol, melamin ve üre esaslı bazı yapay reçineler kullanılmaktadır. Kuru yöntemde lif levha üretiminde ve MDF üretiminde yoğun olarak üre formaldehit reçinesi kullanılmaktadır.

Yaş lif levha üretimi, yapıştırıcı madde kullanılmaksızın olabilse de genellikle hidrofobik maddelerle birlikte az miktarda (%1–3) yapıştırıcı madde kullanılır. Kuru yöntemde sulu ortam olmadığından lifler arasındaki bağlantıyı sonradan ilave olarak kullanılan tutkallar sağlar. Yonga levha üretim teknolojisine benzer bir durum olup genellikle %9–11 oranında yapıştırıcı madde kullanılır. Yapıştırıcı miktarı levhanın cinsine göre değişir. Yalıtım levhalarda yapıştırıcı kullanılmaz. Sentetik tutkallar bir katalizör ve ısı yardımıyla belirli bir sürede katı ve çözünmez bir duruma gelir. Reaksiyon sonucunda sertleşme olduktan sonra geri dönüşümü olmaz.

a) Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı nispeten ucuzluğu nedeniyle, özellikle kaplamalı işler, prese kapı, yonga levha, MDF ve kontrplak üretimi olmak üzere, ağaç işlerinde en çok kullanılan yapıştırıcıdan biridir.

Formaldehit metanolden, metanol de maden kömürü, oksijen ve hidrojenle elde olunmaktadır. Formaldehit ise, metanolün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu yolu ile elde olunmaktadır.

Üre renksiz, kokusuz ve suda kolaylıkla çözünebilen kristal halinde bir madde olup, Amonyak ve Karbondioksitin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak Amonyum Karbaminat meydana gelmekte, buna amonyak ilave edildiği takdirde su ve üre maddeleri oluşmaktadır. (Bozkurt, Y.)

Üre formaldehit tutkalı, üre ile formaldehitin sulu bir çözeltide kondenze olmasıyla elde olunur. Hem kuru hem de sıvı hallerde elde edilebilmektedir. Her iki bileşen dimetil ve monometilol ürenin teşekkülü altında, hafif alkali ortamda reaksiyona girer, oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondenze olurlar. Bu ön kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilen bileşikler olup reaksiyona 3 boyutlu ağlar oluşturacak şekilde devam ederler. Arzu edilen kondenzasyon derecesine ulaşmasından sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötralleşme ile kesilir. Elde edilecek tutkalın özelliklerini; sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve üreformaldehitin molar oranı etkilemektedir (Çolakoğlu, 2001).

Farklı yollarla üretilebilen üre formaldehit tutkalının örnek bir üretim akışı aşağıda belirtildiği gibi özetlenebilir;

- 1- Formaldehitin reaktöre verilmesi
- 2- pH'ın nötr veya alkali olacak şekilde ayarlanması (pH 8 – 8,6)
- 3- Motife edici maddelerin ilavesi
- 4- Arzu edilen reaksiyon mol oranına göre üre ilave edilmesi
- 5- Reaksiyonun başlaması ve hızlandırılması için sıcaklığın artırılması (90 C°)
- 6- Alkali ortamda sıcaklığın 90 C° de tutulması
- 7- pH'ın asidik ortama ayarlanması
- 8- İstenilen molekül ağırlığını elde etmek üzere kondenzasyon reaksiyonu için asidik pH'ın korunması ve artırılması
- 9- Reaksiyonu durdurmak için pH'ın 7 üzerine çıkartılarak nötralize edilmesi
- 10- Gerekirse fazla suyun vakum ile uzaklaştırılması
- 11- Arzu edilirse üre ilavesi
- 12- İlave kimyasal maddelerin katılması
- 13- 25 C° ye kadar soğutma

Daha önceleri ürenin formaldehite mol oranı 1.0, 1.5-2.0 iken, günümüzde bu oran 1, 1.25-1.15'e kadar düşürülmüştür. Formaldehit oranının azaltılması, serbest formaldehit ayrışmasını düşürmekte fakat sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Amaca uygun olarak alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile Monometilol-Üre, daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir (Alvur, 2001).

Üre- formaldehit reçineleri, termosetting bir yapıya sahiptir. Yani sadece bir kere sertleşir. Sertleştikten sonra ısıtılarak veya kimyasal bir çözücü kullanılarak yeniden yumuşatılamaz (Alvur, 2001). Daha hızlı bir sertleşme sağlayabilmek için ise bir katalizöre ihtiyaç vardır. Sıcak preslemede sertleştirici madde olarak Amonyum klorür (NH_4Cl) veya Amonyum sülfat kullanılır. Üre formaldehit piyasada % 55'lik veya % 65'lik sıvı halde yada toz olarak satılmaktadır. Toz halde olanı, depoda 1 yıl bozulmadan saklanabildiği halde sıvı haldeki tutkal birkaç ay dayanabilir. Ancak piyasada sıvı halde bulunmaktadır. Sulu haldeki katı madde miktarı genellikle % 65 dir. Viskozite tutkalın kullanım amacına göre 200-300 (cps) dür. Pres basıncı levhanın özgül ağırlığına bağlı olarak 1.0-3.0 N/mm² arasında değişir. Presleme süresi ise kullanılan katalizörün tepkisi, presleme sıcaklığı ve levha kalınlığına bağlıdır (Güler, 2001).

Tutkalların sertleşmesi için mutlaka sertleştirici gerekir. Sertleşme esnasında ısı katalizör görevi görerek sertleşme hızlanmaktadır. Bütün asitler ve tuzlar tutkalları sertleştirici görevi görür. Tutkal ilave edilen sertleştirici oranına göre 80–110°C gibi sıcaklıkta polikondenzasyon sağlanabilir. Sertleştiricinin tutkal içindeki yüzdesi azaldıkça ve daha az etkili olanlar kullanıldığında sertleşme süresi ve sıcaklık ihtiyacı artarak 140–170°C olmalıdır. Düşük sıcaklıklar polikondenzasyonu geciktirirken çok yüksek sıcaklıklarda da başarısızlığa sebep olur. Çünkü 160–170°C'den yüksek sıcaklıklarda odunun hidroksil grubu (OH^-) sertleşir ve reçineyle bağ oluşturamaz ve daha yüksek sıcaklıklarda ise karbonlaşma eğilimi gösterir (Tank 1997).

Sertleştirici olarak asit kullanma durumunda sertleşme o kadar çabuklaşmaktadır ki, tutkalın birleşme yüzeylerine sürülmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle daima tamponlanmış karışımlar kullanılır. Özellikle amonyum klorür/amonyak tampon sistemi çok etkilidir ve daima akışkandır. Günümüzde sertleştirici olarak amonyum klorür (NH_4Cl) ve $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ tercih edilir. MDF taslağı içindeki tutkal sıcak prese gelmeden sertleşme olmamalıdır ki bu yüzden tamponlanmış karışımlar kullanılır. Amonyum klorür oranının artması sertleşmeyi hızlandırır ve amonyak oranının artırılması yavaşlatıcı etki gösterir. Sertleştiricide NH_4Cl oranının %15, %25 ile amonyak oranının ise %30'u geçmemesi istenmektedir (Eroğlu 1988).

Amonyak düşük sıcaklıklarda yani sıcak prese gelmeden önce oluşan asidi etkisizleştirmek suretiyle tutkalın sertleşmesini durdurmaktadır. Sıcak presde ise amonyak hızlı bir şekilde

buharlaşarak dışarı çıkar ve böylece çözeltide amonyak kalmayınca oluşan asit tutkalın sertleşmesini gerçekleştirir. Sertleştirici olarak hegزامetilen tedramin de kullanılabilmektedir. Az miktardaki amonyum klorür ile kombinasyonu ise daha iyi sonuçlar vermektedir. Hegزامetilen tedramin sıcak presde sıcaklığın etkisiyle amonyak ve formaldehite ayrışır. Amonyak buharlaşarak levhayı terk eder, formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturur. Hekزامetilen tedraminin dezavantajı oldukça pahalı olmasıdır (Akbulut 1991).

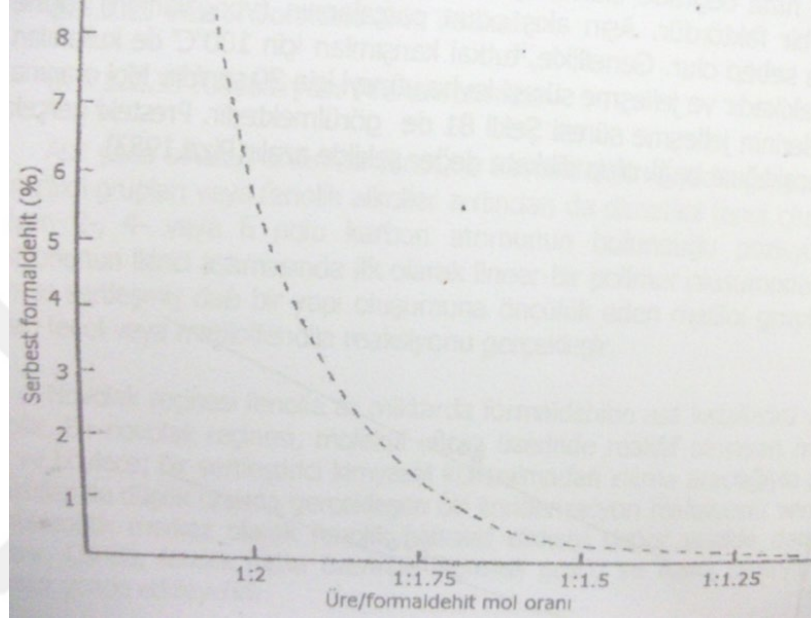
Yonga levha ve lif levha üretiminde sertleştirici olarak amonyum klorürün kullanımı amonyum sülfattan daha yaygındır. Çünkü amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl)'nin uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafına homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H₂SO₄) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur. Ürenin o hali olduğundan, tampon maddesi olarak çoğunlukla amonyak tek başına kullanılmaktadır.

Levha retiminde kullanılan ağaç türlerinin pH değerine göre tutkal içindeki sertleştirici oranı belirlenmektedir. Eğer ağaç türünün pH değeri düşük (asidik) ise sertleştirici oranı azaltılır. Üre-formaldehit tutkalı kullanıldığında son sertleşme için taslak orta kısmının 100 C olması gerekmektedir.

.F. tutkalı kullanılarak üretilen panel ürünler, dış hava koşullarına, neme, rutubete, sıcaklığa, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı diğersentetik tutkallar (PF, MF vb.) kadar dirençli değildir (Gillespie vd., 1978; Dinwoodie, 1983; Bozkurt ve Göker, 1986; Bozkurt ve Göker, 1990; Tank, 1993).

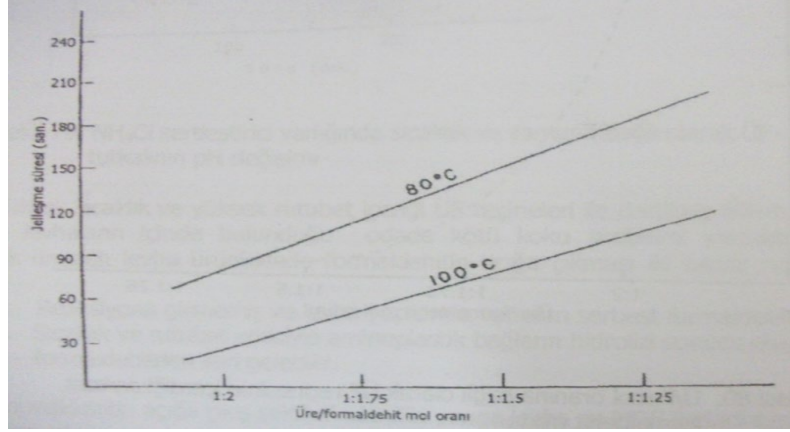
Üre formaldehit tutkalında karşılaşılan sıkıntılardan en önemlisi formaldehit emsyonudur. Formaldehitin açığa çıkış şekillerinden ilki yonga levha ve MDF üretildikten sonra kısa bir süre içerisinde söz konusu olurken, ikinci tip formaldehit açığa çıkması levhaların kullanıldığı yerlerde kullanım süresi boyunca söz konusu olabilir. Ö.F tutkalı kullanılarak üretilen yonga levha ve MDF' lerde formaldehit emisyonunu birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri üre ile formaldehitin mol oranı, pres sıcaklığı, evre sıcaklığı ve kullanım yerindeki rutubet içeriğidir. (Pizzi 1983).

Yapılan araştırmalara göre üre formaldehitin mol oranı 1:1.45 iken serbest formaldehit oranı % 0.8, 1:1.32 iken % 0.3 ve 1:1.25 iken % 0.2'den azdır. Üre formaldehit mol oranı 1:1.3 ve daha az olan üre formaldehit reçinelerinin kullanımı konusunda uluslararası bir eğilim olmasına rağmen bu tip reçineler yonga levha üretiminde çok iyi sonuç vermezler. Ayrıca, daha yüksek formaldehit/üre mol oranlı reçineler yonga levha ve MDF  retiminde daha fazla esnekliğe müsaade etmez. (Eroğlu, H. ; Usta, M.)



Şekil 1.19: Üre/Formaldehit mol oranı

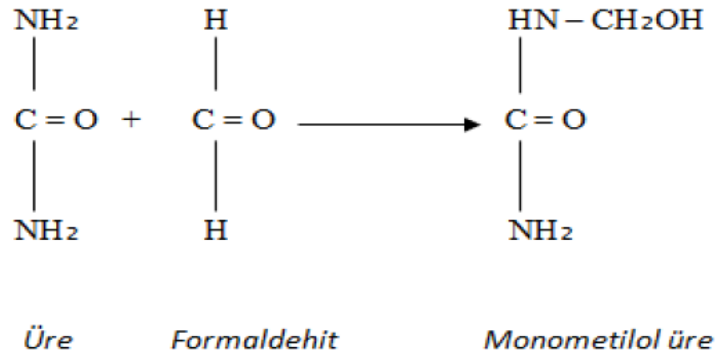
Daha düşük formaldehit/üre mol oranlı  .F reçineleri ile çalışırken daha fazla sertleştirici kullanmak gereklidir. Çünkü reçinenin jelleşme süresi kısılanır.  retimden hemen sonra bitmiş levhadaki serbest formaldehitin başlangıç miktarı ile presleme sırasında açığa çıkan formaldehitin miktarını azaltmak için tutkal karışımı içerisine bazen % 5'e kadar üre ilave edilebilir. Daha yeni bir gelişme ise üretimden sonra hem levhada var olan serbest formaldehitin miktarını azaltmak hem de üretim sırasında levhadan açığa çıkan formaldehitin miktarını azaltmak için % 1-2 kadar tanen ekstraktı kullanılmasıdır. (Eroğlu, H. ; Usta, M.)



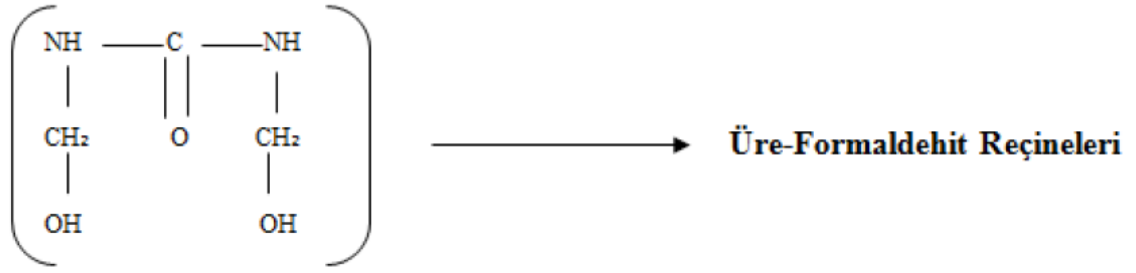
Şekil 1.20: Üre/Formaldehit mol oranına bağlı sertleşme süresi

Üre formaldehit tutkalının avantaj ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır:

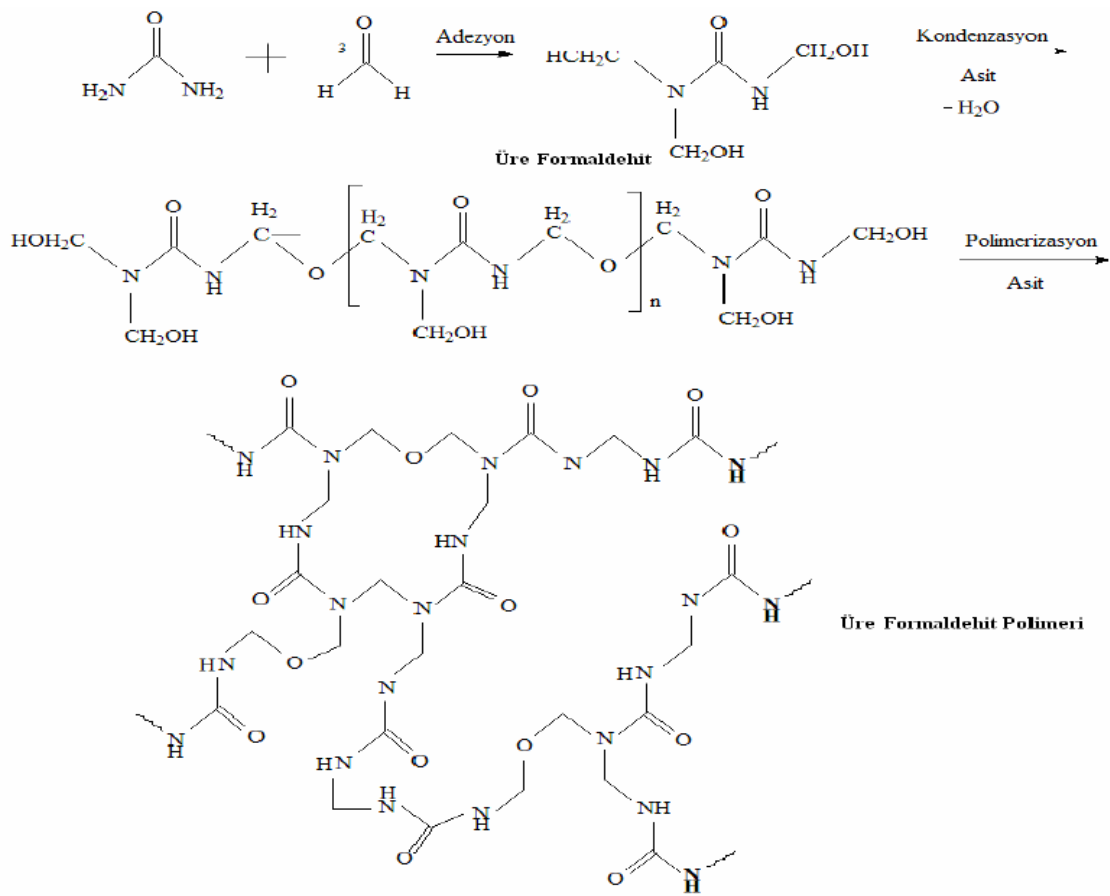
- Güçlü adhezyon özelliğine sahiptir.
- Düşük sıcaklıklarda hızla sertleşmektedir.
- Suda çözünebilir.
- Kokusuzdur.
- Tutuşmaz.
- Kısmen opak bir özellik arz etmektedir.
- Fiyat ucuzdur.
- Çok iyi termal özelliklere sahiptir.
- Sertleşmiş tutkal filmi renksizdir.
- Rutubet ve suya karşı dayanıksızdır.
- Formaldehit emisyonu yüksektir.



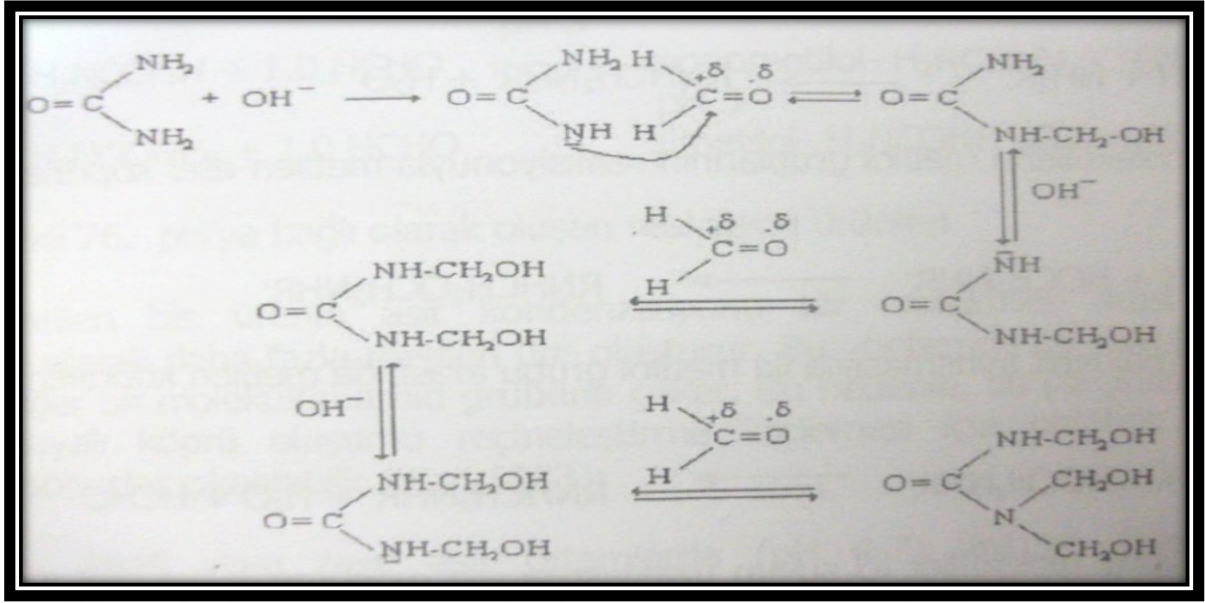
Şekil 1.21: Monometil üre oluşumu



Şekil 1.22: Monometil ürenin üre formaldehite dönüşmesi



Şekil 1.23: Üre ile formaldehitin reaksiyonu sonucu mono metilol üre ve dimetilol üre oluşumu - Üre ile formaldehitin kondenzasyonu (Frihart, 2005)



Şekil 1.24: Alkali Ortamda Üre Formaldehitin Reaksiyonu

b) Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehitin (FF) temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol hampetrolde elde edilir. Fenol'ün temel bileşenleri tolüen ve benzendir. Tolüen, benzoikasitten dönüştürülür, benzen ise propilen ve cumenin karışımıdır. Benzoik asit ile birlikte fenolü oluşturur. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir. Bu sıvı, kokusuz, koyu kahverengi ve kesinlikle yanmazdır. İşlem esnasında FF reçinesi, üre formaldehit reçinesi gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiştir. FF çözeltisi, fenol ve formaldehitin 2,2 mol oranlarında formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapıştırılır. Serbest formaldehit, üre formaldehitin pres esnasında bırakılması gibi, aynı şekilde pres esnasında bırakılır (Uysal,2005).

Fenol formaldehit reçineleri de diğer formaldehit reçineleri gibi termoset bir yapıdadır. Dolayısıyla kullanıldığı yerde sertleştikten sonra yeniden yumuşayıp (reaksiyonun geri dönmesi ile) bozunması durumu olmamaktadır. Suya ve diğer dış etmenlere karşı (basınç, sıcaklık) oldukça dayanıklıdır. Bu bakımdan üre formaldehit reçinelerine göre üstün özellikler taşır. Diğer reçinelerden daha pahalıdır. İçerdiği fenol miktarı azaltılarak, fenol yerine alternatif başka bileşikler kullanarak ya da farklı kimyasal katkıları eklenerek üretimde ekonomi sağlanmaya çalışılır. En tehlikeli polimerizasyon reaksiyonu fenol formaldehit reçinelerinde görülür. Fenol çok aktif bir bileşik olduğu için reaksiyon hızı

kontrol edilemeyip reaktörde patlamalara yol açabilir.

Fenol yapay reçinesinden üretilir. Fenol yapay reçine ise, taş kömürü, su ve havadan kimyasal yollarla üretilir. Toz şeklinde olanı, çoğunlukla alkol ve su ile karıştırılır. Oda sıcaklığında uygulanır. Sıvı şeklinde olanlara, bazı kimyasal maddeler ve dolgu maddeleri katılabilir (Yeniocak, 2008).

Fenol reçineler üreden daha yavaş ve daha yüksek sıcaklıklarda sertleşirler. Fenol reçineler oldukça yüksek molekül ağırlıktadırlar. Dayanıklı ve serttir. Yongalar arasında güçlü ve suya karşı dirençli yapışmalar sağlamaktadır (Huş, 1977). Aynı zamanda F.F tutkalı yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğundan; rutubet, yağ, organik çözücüler, birçok asit, mantar ve bakterilere karşı çok dayanıklı bir tutkal çeşididir.

Fenol formaldehit tutkalı rutubete, suya ve atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağladığı için açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Ancak, koyu renkli oldukları için levhalarda koyurenk söz konusu olmakta veya küçük kırmızı lekeler şeklinde görüntüler oluşturmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Fenol formaldehitin sertleşmesi için gerekli olan sıcaklık üre formaldehit tutkalından daha fazladır. Levhanın orta kısmındaki pres sıcaklığı 120-150°C olmalı ve preslevhalarının sıcaklığı ise 200°C' ye ulaşmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Genel olarak fenolik tutkallar her türlü koşullar altında yüksek mukavemet özelliğine sahip bulunmaktadır. Uzun zaman açık hava şartlarına maruz kalmaları halinde dahi gözle görülen herhangi bir bozulma ve değişiklik meydana gelmemektedir. Ancak fenolik tutkallar üre reçinelerinden daha pahalıdırlar (Güler, 2001).

Fenol formaldehit tutkalı 2 farklı metotla üretilmektedir. Bunlar novalak ve resoldür.

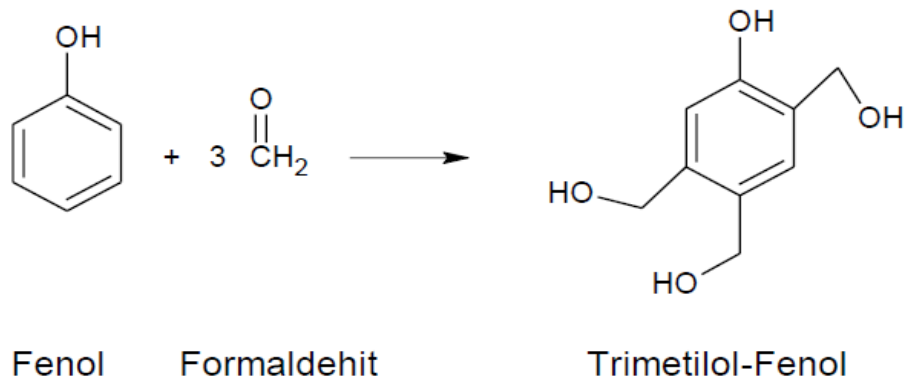
Resol: a. A durumunda Resol b.B durumunda Resol (Resitol) c.C durumunda Resol (Resit) olmak üzere üç durumda bulunur. Resol alkali şartlar altında üretilen fenolik bir reçinedir. (PH 7 den büyük) formaldehit mol oranı fenole göre daha çoktur. Resol novalaktan oldukça farklıdır. Yüksek sıcaklıkta bir sertleştirici ilave edilmeden geri dönüşü

olmayan sertleşme sağlanır. Bu nedenle bu tür yapıştırıcılar termosetting olarak adlandırılır. Resollerde fenolün formaldehite oranı; 1:1.8-1:2.2 arasında değişmektedir. Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. Yüksek alkali miktarı, kullanım yerinde daha fazla su absorbe etmesine neden olur (Çolakoğlu, 2001).

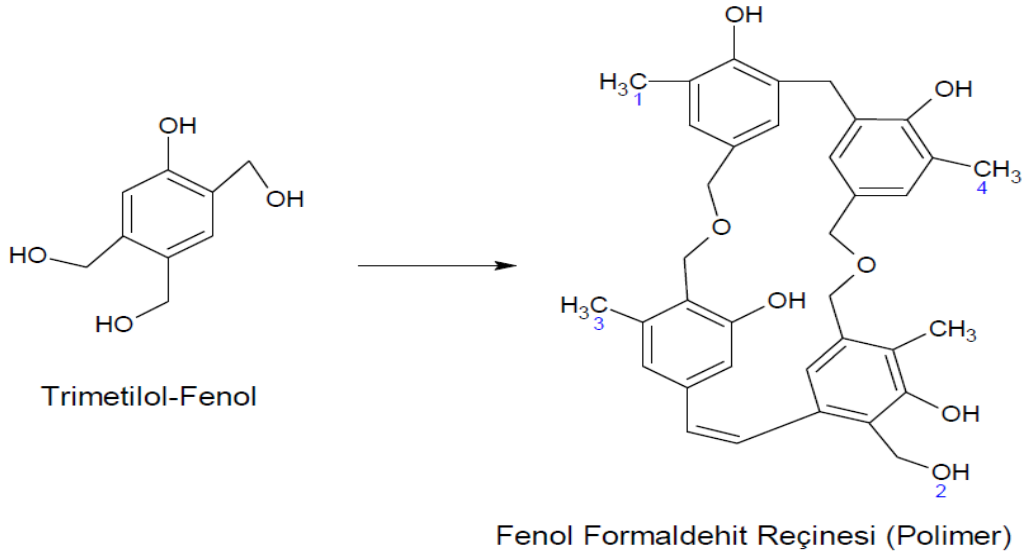
Novalak: Asit ortamda (PH 7 den daha az) fenol ve formaldehitten üretilir. Bu tür reçinede fenol mol oranı formaldehite göre daha fazladır. Bunlarda ise fenolün formaldehite oranı; 1:0, 8-1:1 arasında değişmektedir (Çolakoğlu, 2001). Hava şartlarına karşı dayanıklı oluşu nedeniyle daha çok açık hava ve klimatize edilemeyecek yerlerde kullanılacak levhaların üretiminde kullanılır. Tutkalın kırmızımtırak kahverengi oluşu nedeniyle, bazen levha yüzeyinde lekelenmeler görülebilir. % 12-15 oranında tam kuru tutkal miktarı suya karşı yeterli direnç sağlayabilmektedir. Yonga rutubetinin ise tutkallama sırasında % 4-8 olması gerekir.(Karakuş, B.)

Orman ürünleri endüstrisi için novalak üretimi çok fazla önem arz etmez. Oduna dayalı endüstrilerde kullanılan novalak tutkalı metilol grupları bloklaşarak değişime uğratılmış fenol-formaldehit resol tutkalıdır. Sertleştirme için bir sertleştirici olarak paraformaldehit ilavesine ihtiyaç duyulur.

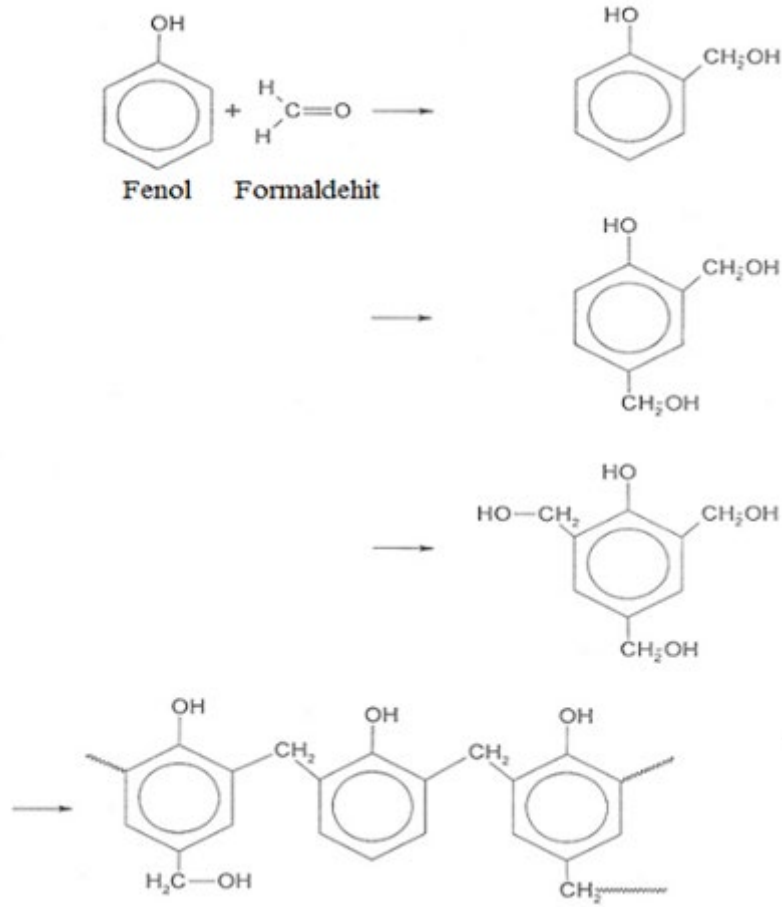
Dış ortamlarda kullanılacak yonga levha ve MDF üretiminde fenolik yapıştırıcıların tercih edilmesi durumunda en büyük dikkat tutkalın formülasyonundan çok tutkalın uygulanmasına verilmelidir. Levhanın presleme süresi; tutkalın tipine, reaktifliğine ve rutubet içeriğine bağlı olarak değişir. (Eroğlu, H. ; Usta, M.)



Şekil 1.25: Fenol ve formaldehidin birleşmesi sonucu Trimetilol-Fenol oluşması



Şekil 1.26: Fenol formaldehit oluşumu



Şekil 1.27: Fenol formaldehitin moleküler yapısı (Sellers, 1985)

c) Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu üre ile formaldehitin reaksiyonuna benzer. Formaldehit ilk olarak metilol bileşiklerini oluşturmak için melaminin amino grupları ile reaksiyon verir. Formaldehitin melamine ilavesi üreden daha kolay olmaktadır. Melamindeki amino grubu kolayca ikiden fazla formaldehit molekülünü kendine bağlayabilir. Böylece, altıdan fazla formaldehit molekülü bir melamin molekülünü çekebilir. (Eroğlu, H. ; Usta, M.)

Melamin formaldehit tutkalı, melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu elde olunmaktadır. Melamin formaldehit üretiminde; reaksiyon pH'ı 5-6 ortamında, 1 mol melaminin 6 mol formaldehit ile karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. Reaksiyonun sonu beklenmeden, kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile yarıda durdurulur. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edildiği takdirde toz halindeki reçine bir yıl dayanabilmektedir (Huş, 1977).

Melamin formaldehit tutkalı, ÜF tutkalına benzemekle birlikte bazı avantajlı yanları vardır. Bu avantajlar; suya karşı daha dirençlidir, ısı stabilitesi daha yüksektir, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmektedirler (Huş, 1977).

Melamin reçinesi çözeltisi üre reçinesi kadar depolamaya elverişli değildir. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edildiği takdirde toz halindeki tutkal bir yıl dayanabilmektedir. % 50 oranında üre formaldehit katılmak suretiyle elde edilen melamin + üre formaldehit reçinesi yeterli fiziksel ve sertleştirme özelliklerine sahip olup, bu karışımdaki bir tutkal üç haftalık bir süre içerisinde bozulmadan kalabilmektedir (Göker ve Yener, 1990). Melamin reçineleri 90-140 °C arasında herhangi bir sertleştirici madde katılmaksızın sertleşebilmektedir.

Melamin reçinesinin imalatında en önemli nokta, karışımın en kısa süre sonunda 90°C'ye gelmesi ve renginin saydamlaşmasıdır. Bu süre yaklaşık olarak bir saattir. İmalat süresince istenilen reçine cinsine göre katkı maddeleri verilmektedir. Boraks, kaprolaktam, dietilen glikol, polietilen glikol, belirtilen katkı maddeleri arasındadır. Reaksiyonun tamamlanma süresi, su toleransı miktarına göre yapılmaktadır ve ayarlanmaktadır. İmalatı gerçekleşen melamin reçinesi sevk edilmeden önce yoğunluk, pH, katı madde yüzdesi, su toleransı

tayinleri yapılmaktadır.

Melamin reçinesi maliyeti pahalı olduğu için üre formaldehit kadar kullanılmaz. Ancak melamin reçinesine üre katılıp ucuzlatabilir. Sulu çözeltinin ömrü çok az olup 3 hafta dayanabilir. Melamin reçinesi daha çok kat ve tabakalar halinde yapıştırılan ve kaynatmaya karşı dayanıklılık isteyen ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılır (Güler, 2001).

d) Melamin Üre Formaldehit Tutkalı

Günümüzde laminat üretiminde melamin tutkalları önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte bazı durumlarda, üre veya üre+melamin karışımı tutkallarda kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkallarının laminat endüstrisinde kullanılması bazı problemleri beraberinde getirmektedir. Üre formaldehit tutkalları, süreklilik arz eden ıslanma ve kurutma periyotlarına karşı dayanıklı olmayıp 60°C ve %60 bağıl nem koşullarında bozunmaya başlamaktadır. %15-20'lik odun rutubeti 60°C'nin altında üre formaldehit tutkalının degradasyonunu hızlandırmaktadır. Fenolik veya polifenolik tutkalların aksine aminoplastik tutkallar genellikle sertleşmeden sonra açık renkli, görünmeyen bir tutkal hattı oluştururlar. Bununla birlikte asidik sertleştiriciler tutkal hattında açık sarıdan koyu kırmızıya kadar değişen renk bozukluklarına yol açabilirler. Bu sakıncalı durumu ortadan kaldırmak için sertleştirici ya tutkaldan önce püskürtülmeli veya malzeme yüzeyine daha sonra uygulanmalıdır. Goncalves, Lelis ve Oliveria'a (2008) göre, üre formaldehit tutkalına %10, %15 ve %30 oranında tanen karıştırılması durumunda yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkilenmediğini tespit etmişlerdir (Atar, 2012).

e) Resorsin Formaldehit Tutkalı (RF)

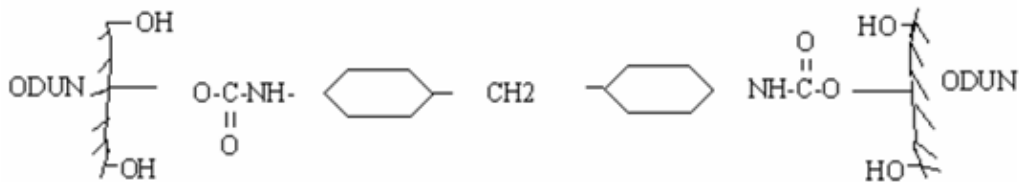
Resorsin formaldehit tutkalı resorsinin formaldehit ile reaksiyonu sonucu elde edilen sentetik tutkallardır. Üretim sırasında katılan formaldehit miktarı reaksiyonun sonuna kadar gitmesini sağlayacak miktarda değildir. Kondenzasyon olayı pH 3.5-4.5 arasında yavaş yavaş yürür, alkali veya asit ortamda ise hızlanır. Kullanımdan önce tutkalın karıştırılması basitçe reaksiyonu tamamlayacak olan formaldehit ilave edilmesinden ibarettir (Tank 1997).

f) İzosiyanat Tutkalı (İS)

İzosiyanat tutkallar, polimerik difenilmetan (PMDİ) diizosiyanat tutkalı ve emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Polimerik difenilmetan diizosiyanat tutkalı, II. Dünya savaşı boyunca geliştirilmiştir. Ancak ilk kullanımı 1960'lı yıllarda, yaygın kullanımı ise 1980'li yıllarda olmuştur. Bu tutkal rutubete karşı yüksek direnç göstermesi, düşük presleme süresi ve FF tutkalının çok üstünde direnç özelliklerine sahip olması gibi bir çok avantajının yanı sıra kullanımının ilk yıllarında özellikle yonga levhanın pres plakalarına yapışması, fiyatının yüksek olması gibi dezavantajları da vardır (Schmidt, 1998).

Diizosiyanat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır. Tutkal su ihtiva etmemektedir. Rutubete dayanıklılığı bakımından FF tutkalı ile eşdeğerdir. Normal hava şartlarında ise yapışma direnci FF tutkalından daha fazladır. İçerisinde su ve organik çözücü olmadığından tutkallama yonga rutubetini arttırmaz. Difenilmetan diizosiyanat odunun (OH)- gruplarıyla birleştiği için higroskopisitesini azaltır. Bu nedenle aynı iklim koşullarında, izosiyanat ile yapıştırılmış odun levhanın denge rutubeti, masif odunun denge rutubetinden daha azdır (Özen, 1980).

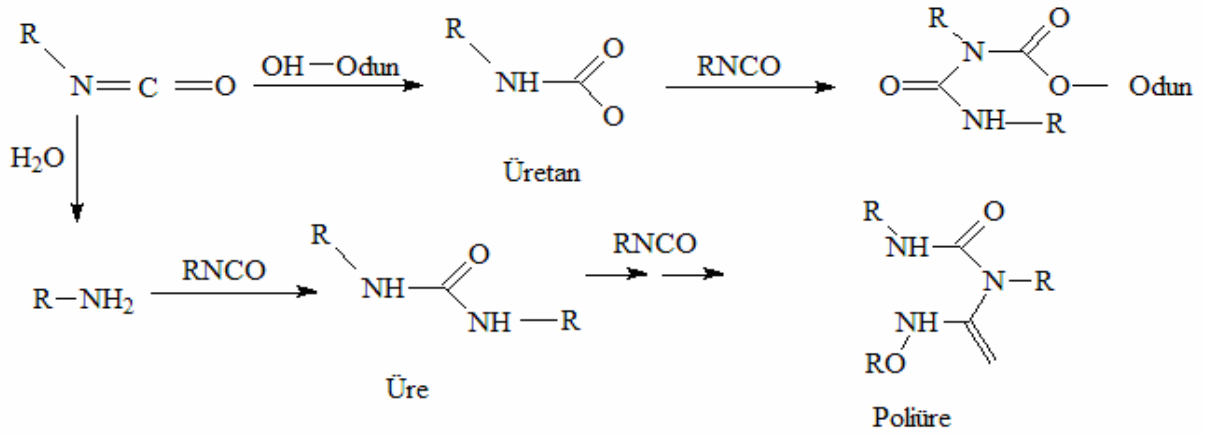
İzosiyanat tutkalı olarak bilinen difenilmetan-diizosiyanatın özelliği her iki ucunda bulunan izosiyanat (NCO) grupları vasıtasıyla odundaki hidroksil (OH⁻) grupları ile reaksiyona girerek üretan zincirleri oluşturmaktadır. Amino ve fenoplast tutkallarda yapışma spesifik adezyonla gerçekleşirken, izosiyanat tutkalında gerçek kimyasal bağ oluşmaktadır. İzosiyanat tutkalı su içermediğinden ve kullanılan tutkalın tümü bağlayıcılık görevini yapmasından dolayı iyi bir yapışma sağlar. Tutkallamada yonga rutubeti artmaz ve presleme süresini olumlu yönde etkiler. İzosiyanat tutkalı sulu çözelti halinde de kullanılabilir (Özen 1980).



Şekil 1.28: İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler

İzosiyanat tutkalının dezavantajı ise fiyatının yüksek olması ve metallerle yapışmaya meyilli olması nedeniyle pres plakalarına yapışarak problemler çıkarmasıdır. Buna engel olmak için pres saclarında yağ, gliserin gibi yapışmayı önleyici maddeler kullanılmalıdır (Maloney1977). İzosiyanat tutkalının insan sağlığına zararı olması nedeniyle kullanımı sırasında dikkat etmek gerekmektedir. Yüksek reaktivite özelliğine sahip izosiyanat atomları ya da izosiyanatkaplı odun tozları solunması durumunda akciğerlerdeki su ile reaksiyona girebilir. Reçinenin uygulanmasından preslemeye kadar geçen süre içerisinde büyük bir tehlike oluşturması nedeniyle bu arada uygulanan işlemler esnasında gerekli tedbirler alınmalı, yeterli havalandırma sağlanmalıdır (Wilson 1981).

Emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı genellikle ahşap üzerine plastik yapıştırma, panel yapıştırma, OSB üretimi ve I-kiriş üretiminde kullanılan bir tutkal türüdür. Bu tutkalda pahalı olması dezavantajının yanı sıra yüksek derecede rutubet direncine sahip olması ve plastik veya diğer odun dışı malzemelerin oduna yapıştırılması gibi avantajları da vardır (Frihart,2005).



Şekil 1.29: Polimerik difenolmetan diizosiyanat tutkalının odun ile reaksiyonu (Das vd,2007)

1.2.8.3 Katkı Maddeleri

Levhaların suya ve rutubete karşı dayanımını arttırmak ve mantar ve böceklerle karşı korumak için, liflere katkı maddeleri ilave edilir. Lif levhanın özelliklerini iyileştirmek amacıyla sentetik tutkala ilaveten bazı katkı maddeleri de ilave edilmektedir. Bu katkı maddelerinin görevleri şöyle sıralanabilir;

- Plastikleştirme,
- Stabilite sağlanması,
- Tutkal sürme niteliklerinde reçinenin yapısal olarak iyileştirilmesi,
- Tutkal dağılma özelliğinin iyileştirilmesi,
- Yanmayı geciktirmesi,
- Koku gidermesi,
- Malzeme yüzeyine toz birikmesini önleme,
- Sıcak preste tutkaldan gaz çıkışını dengeleme,
- Bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilmesidir (Karakuş, 2007).

a) Hidrofobik Maddeler

Lif levhalarda boyut stabilizasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bunu temin etmek üzere hidrofobik maddeler usulüne uygun bir şekilde kullanılmış olmalıdır. Bu taktirde levhalarda şişme, çanaklaşma veya çarpılma hemen hemen görülmemektedir. Özellikle mobilya endüstrisinde kullanılan lif levhalarda hidrofobik maddelerin kullanılması ile bu sakıncalar ortadan kaldırılmaktadır.

Lif levhanın su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Bunlar levhanın su almasını tamamen önleyemezler. Ancak su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su veya yüksek miktarda rutubete maruz kalırsa, bundan etkilenmez.

Lif levhalarda tutkal dışında boyutsal stabilite sağlamak ve levhanın su alarak şişmesini önlemek için çeşitli mumlar ve parafin kullanılmaktadır. En çok kullanılan hidrofobik madde parafindir. Mumlar, nispeten düşük molekül ağırlığında, basit yapıda, kristalleri iğne şeklinde ve yassı olan maddelerdir. Ticari parafin mumları C_nH_{2n+2} formülünde düz zincirli hidrokarbonlar olup, erime dereceleri 50–100°C arasında değişmektedir. Parafin ve mumlar pola rolmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir. Hidrofobik etkileri, liflerin kılcal boşluklarına girerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engelleme şeklindedir (Eroğlu ve Usta, 2000).



Şekil 1.30: Parafin (URL-11, 2014)

Parafinin genellikle iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla %0.3–0.5, yapraklı ağaçlarda ise %0,5–1 oranında uygulanmaktadır. Ancak, parafinin %1-2'nin üzerinde kullanılması halinde tutkallamayı olumsuz etkilemekte ve levhanın direnç özelliklerini düşürmektedir (Özen 1979, Eroğlu ve Usta 2000).

Ticarete kullanılan parafinin ergime derecesi 48-56° C arasında değişmektedir. Yonga levha endüstrisinde hidrofobik maddelerin kullanılış nedenleri:

- 1) Yüksek derecede su itici etkiye sahip olma
- 2) Ergime noktasının uygun bulunması
- 3) Diğer hidrofobik maddelerle karşılaştırıldığında ekonomik olması

Parafinler, emülsiyon halinde hazırlanarak süspansiyona katılırlar. Parafinler önce eritilir, sonra içerisinde emülsiyon yapıcı maddeler bulunan su ile karıştırılır. Ayrıca, su fazına sodyum veya potasyum hidroksit katılarak şiddetli karıştırmaya tabii tutulur. Parafin emülsiyonunun hazırlanma aşamaları aşağıda gösterilmektedir;

- 1- Tanka en fazla 65°C sıcaklıkta 500 litre kadar su dökülür. Ardından, üzerine 10 litre olein, %25 konsantrasyonlu 10 litre amonyaklı su eklenir ve daha sonra 5 dakika iyice karıştırılır.
- 2- 100 kg. parafin kazana ilave edilerek 60-65°C de 2 saat süre ile karıştırılır ve karışım emülsiyona hazır hale getirilir.
- 3- Hazırlanan emülsiyona 60°C sıcaklıktaki sudan tank doluncaya kadar ilave edilerek 20-30 dk. daha karıştırılır.
- 4- Emülsiyon depolama tankına pompalanır.

Parafin emülsiyonunda maksimum katı parafin miktarı ağırlık bakımından % 65'dir. Emülsiyonların homojen olması halinde parafin parçacıklarının çapı takriben 1,5 mikrondur. Lif levha yapımında kullanılan parafin homojen olmalı, tutkal, sertleştirici, su ve emprenye maddeleri ile uyumlu bulunmalı, dozajı elverişli olmalıdır.

b) Sertleştirici Maddeler

Lif levha üretiminde tutkal çözeltisinin ve tutkallanmış liflerin dayanma sürelerinin mümkün olduğu kadar uzun olması istenir. Diğer taraftan sıcak presleme sırasında üretim kapasitesinin yüksek olması için sertleşmenin kısa sürede tamamlanması arzu edilir. Bu iki isteğin gerçekleştirilmesi için çoğunlukla bir sertleştirici ile birlikte bir tamponlayıcı madde kullanılmaktadır.

Ahşap kompozit levha üretiminde sertleştiriciler kullanılan tutkalın türüne ve özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Bazı tutkallarla birlikte sertleştirici kullanılması zorunlu olmasına rağmen bazı tutkallarda ise sertleştiriciye ihtiyaç duyulmamaktadır.

Lif levha üretiminde tutkal, hazırlama işleminden presleme zamanına kadar herhangi bir sertleşme göstermemelidir. Ancak presleme sırasında tutkalın kısa süre içerisinde sertleşmesi gerekmektedir. Bunun için de üre formaldehit tutkalında sertleştirici olarak amonyum klorür ve amonyum sülfattan yararlanılmaktadır. Ancak amonyum klorür, amonyum sülfata göre daha çok tercih edilir, bunun tercih sebebi ise; Amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafında homojen bir şekilde yayılır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit (H_2SO_4) uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler olur (Bozkurt ve Göker,1990).



Şekil 1.31: Sertleştiriciler a)Amonyum klorür (URL-12, 2019) b) Amonyum sülfat (URL-13, 2019)

Presleme sırasında sıcaklık etkisi ile amonyum klorür ve formaldehit reaksiyona girerek, hidroklorik asit, hekzametilentetraamin ve su açığa çıkar. Ortaya çıkan hidroklorik asit sayesinde tutkal hızlı bir şekilde sertleşir. Fakat daha presleme işlemine geçmeden düşük sıcaklıkta sertleşmenin olmaması için, tutkal çözeltisinin içerisine amonyak veya üre ilavesi yapılmalıdır. Amonyak düşük sıcaklıklarda hidroklorik asidi nötrleştirerek, pres sıcaklığına kadar sertleşmeyi durdurur. Pres sıcaklığında amonyanın buharlaşmasıyla asit tekrar ortaya çıkarak sertleşmeyi gerçekleştirir. Düşük maliyeti nedeni ile üreden çok amonyak kullanılmaktadır. (Günsel, U.)

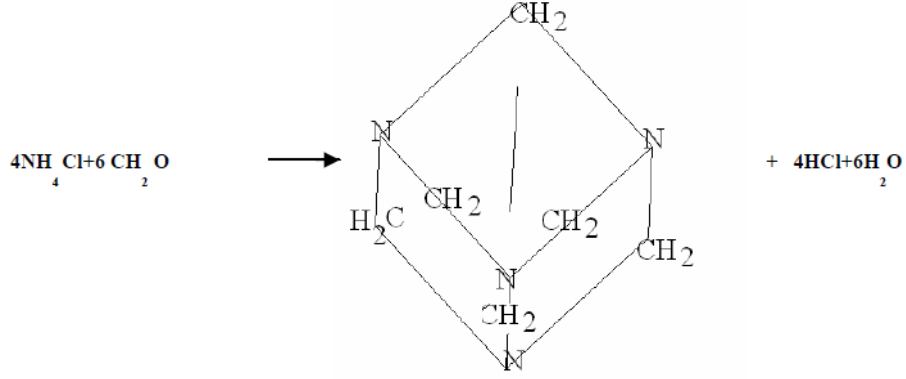
Sertleştirici olarak hekzametilentetramin de kullanılabilmektedir. Hekzametilentetramin sıcak preste sıcaklığın etkisiyle amonyak ve formaldehite ayrışır. Amonyak buharlaşarak levhayı terk eder. Formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturur. Hekzametilentetramin oldukça pahalıdır. Bu sebeple şu durumda kullanılır;

- Amonyum tuzları ile optimal sonuç alınmaması halinde,
- Tutkallanmış lif levhaların nispeten daha sıcak bir ortamda bekletilmesi zorunlu ise.
- Levhanın dış tabakalarının ısıma yoluyla ön sertleşmesi söz konusu ise,
- Sıcak pres plakalarının basınç uygulamadan levha taslağı ile teması halinde sertleşme oluyorsa,

Fenol formaldehit tutkalı, herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın, yalnızca sıcaklık etkisiyle sertleştirilebilir. Bu durumda, sıcaklığın 135–155°C arasında olması gerekmektedir. Fakat sertleştirici kullanılarak sertleşme hızlandırılabilirdiği gibi, sıcaklığın düşürülmesi de mümkün olmaktadır. Bu maksatla, paraformaldehit veya potasyumkarbonat kullanılabilir (Baharoğlu, M.).

Paraformaldehit kullanılması ile sertleşme sıcaklığı 110-125°C'ye indirilebilmektedir. Daha düşük sıcaklıklara ise rezorsin kullanılmak suretiyle ulaşılabilir. Paraformaldehit ile birlikte rezorsin kullanılması halinde 90-110°C'de iyi bir sertleşme elde edilebilir. Sertleştirici olarak ayrıca potasyum karbonat da tutkal katı maddesinin %5'i kadar kullanılabilir. Ancak potasyum karbonat daha sonra levha yüzeylerinde lekeler oluşmasına neden olabilir (Ayrılmış, 2000).

Melamin formaldehit, herhangi bir sertleştirici katılmaksızın 90–140 °C'de ki sıcaklıklarda sertleşebilmektedir. Sertleşmenin hızlandırılabilmesi için amonyum klorür veya potasyum persülfat gibi tuzlar kullanılabilir.



Şekil-1.32 Üre Formaldehit tutkalının sertleşmesi (Alvur, 2001)

c) Koruyucu Maddeler

MDF ve diğer ahşap kompozit levha ürünlerinin mantar (fungi), böcek (insect), termit vb. organizmalara karşı koruma sağlamak için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Ahşap malzemelerde kullanım yeri tehlike sınıfları beş adettir. Bunlardan ikinci derece ve sonrasında koruyucu kimyasal madde kullanılması gerekmektedir.

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).

Suchsland ve Woodson (1986)'da, kompozit levhalarda koruyucu olarak en fazla kullanılan kimyasal maddenin pentaklorfenol olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca bu maddenin sodyum tuzu çözeltisinin, tam kuru lif ağırlığına göre %0,5 oranında tutkal çözeltisine ilave edilmesi halinde levhanın küflere ve mantarlara karşı koruma sağladığı, %0,75 oranında katılması halinde ise termitlere karşı dayanıklı olmasının sağlanabileceği belirtilmektedir. Buna ilaveten pentaklorfenol'ün, MDF üretiminde liflere katılırken ortamın pH değerinin 8,5 ya da daha fazla olması gerektiği ifade edilmektedir. Ahşap kompozit ürünlerin biyolojik etmenlere karşı dayanımın artırmak için CCA (Bakır-Krom-Arsenat), bakır pentaklorfenol ve sodyum florür de kullanılmaktadır. Pentaklorfenol,

zehirli bir kimyasal madde olup insan sağlığı ve evre için tehlike oluşturmaktadır. Bunun haricinde, didecyl dimethyl ammonium tetrafluoroborate (DBF) de biyolojik zararlara karşı ahşap kompozitlerde kullanılabilir.

Koruyucu maddeler, levhaların içerisinde homojen bir dağılım yapabilmeleri için tutkal çözeltisine karıştırılarak, feed screw veya discharge screw üzerinden, blowline hattından ya da serme hattında alt-st yüzeye püskürtülmek suretiyle verilmektedir.

Koruyucu maddeler aşağıdaki şartları gerçekleştirmelidir;

- 1) Koruyucu madde, tutkalın sertleşmesini engelleyecek ve çok hızlı sertleşmesine neden olacak kadar pH değerini değiştirmemelidir.
- 2) Sıcak preslemede sertleşme süresi ve dolayısıyla presleme süresi uzamamalıdır.
- 3) Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürmemelidir.
- 4) retilen levhalar koruyucu madde nedeniyle pis kokmamalıdır.
- 5) Pres daha sonra başka maksatlar için kullanılabilmelidir.

d) Yangın Geciktirici Maddeler

Ahşap malzeme yapısı itibariyle yanıcı özellik göstermektedir. Bu yüzden hem masif ahşap malzeme hem de ahşap kökenli kompozit ürünlerin belirli kullanım yerlerinde güvenle uygulanabilmesi için yanmaya karşı dirençli hale getirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden günümüzde yanmaya karşı işlem (Fire Retardant Treatment – FRT) görmüş malzemelerin üretimi önem kazanmakta ve böylece ahşap kompozit levhalarının kullanım alanları genişlemektedir. Ahşap kompozit levha ürünleri yüksek sıcaklıklarda çeşitli yanıcı gazlar yaymakta ve bu gazlar insanın solunum sistemine zarar vermektedir. Yangına karşı dayanıklılık kolon, kiriş, döşeme ve duvar bölmesi gibi uygulama alanlarında önemli olmasına rağmen yongalevha, kontrplak, liflevha, OSB, LVL levha ürünlerinde alev yayılması, yanmaya katkısı ve duman oluşturması büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde birçok yanmayı geciktirici kimyasal madde çeşidi kullanılmaktadır. Bu maddeler termik stabilizasyona sahip inorganik tuzlardır. Yanmayı geciktiren maddeler, daha az alevlenebilen gazlar ve katran oluşturmak suretiyle veya daha çok kömür ve su oluşturarak malzemenin piroliz reaksiyonunu değiştirmektedirler. Bu maddeler, tutkal

içerisine katılarak kullanılabileceği gibi üretimden sonra kompozit levhanın yüzeylerine sürülerek de kullanılabilmektedir (Akbulut, 2001). MDF ve diğer ahşap kompozit levha ürünlerinin yanma süresi; levha kalınlığına, levhanın ortalama yoğunluğuna, kullanılan tutkalın türüne, kullanılan ağaç türüne, yanmayı önleyici işlem uygulanma durumuna göre değişmektedir. Fenolik tutkallar, üre formaldehit tutkalına göre sıcaklıkta değerlendirme bakımından daha uygun bulunmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinde üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda amonyum sülfat $[(NH_4)_2SO_4]$, fenol formaldehit tutkalının kullanıldığı durumlarda ise amonyum fosfat $[(NH_4)_4PO_4]$ yanmayı geciktirici kimyasal madde olarak kullanılmaktadır. Amonyumlu bileşikler kullanıldığında sıcaklık etkisiyle amonyak açığa çıkar ve koruyucu bir gaz tabakası oluşturur. Bor asitlerinin kullanılması durumunda ise bunların ergime ısısının çok yüksek olduğundan yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklığın yükselmesini önlemektedir (Akbulut, 2001).

Ahşap kompozit malzemelerin yanma özelliğini en az seviyeye düşürmek amacıyla kullanılan kimyasal maddeler; bakır, çinko ve arsenik tuzlarıdır. Ayrıca bor türevleri olan borik asit (BA), boraks (BX) ve borat içeren maddeler de kullanılmaktadır. Levha üretimi sırasında bu kimyasal maddeler, tutkala toz veya sıvı halde katılabileceği gibi üretimden sonra da levhanın yüzeyine basınç altında emprenye edilebilmektedir. Toz haldeki maddeler, sıvı formundaki kimyasal maddeler kadar etkin değildir. Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren Masonite Corporation Fiberboard Company adlı şirket liflevha üretiminde yanmayı geciktirici maddelerle iki aşamalı olarak işlem yapmaktadır. Önce tutkal reçinesine %45-%60 oranında alüminyum trihidrat ilave etmekte, daha sonraki aşamada ise levhanın yüzeyi ısıtılmış borat ester reçinesi ile kaplanmaktadır. Borat ester'in levha yüzeyine bir miktar penetrasyonundan sonra levhalara, 150-160°C'de 1,5-2 saat süre ile sıcak hava uygulanmakta ve daha sonra %90 bağıl nem ile 90 °C sıcaklıkta nemlendirilme işlemi uygulanmaktadır (Suchsland ve Woodson, 1986).

Ayrılmış (2006), levhaların mekanik özelliklerine daha az olumsuz etkileri ve yanmaya karşı performanslarını kayda değer bir oranda artırdıkları için Boraks ve Diamonyumfosfat'ın birlikte kullanımlarının tercih edilebileceğini ifade etmiştir. Koç (2002)'de, ahşap kompozit levha üretiminde kullanılan yanmayı geciktiren maddelerin miktarının tam kuru lif ağırlığına oranla %1 ile %2 civarında olması gerektiği, bu değerleri aştığı takdirde levhaların makinelerde işlenmesinin güçleştiği ve yüksek sıcaklıkta levhanın renginin koyulaştığı belirtilmektedir. Ayrıca bu durumda, levhanın fiziksel ve

mekanik özelliklerinde azalma görüldüğü belirtilmektedir. İnorganik tuzların güçlü asidik bileşiklerle odunun etkinliğini yangına karşı yükseltebileceği ve bazı yanmayı önleyicilik özelliği yüksek olan maddelerin ahşap malzemenin yapısına zarar verebileceği açıklanmaktadır.

MDF ve diğer ahşap kompozit levha ürünlerinde yanmayı geciktirici kimyasal maddeler tutkal kazanında karıştırılabilir. Bu yöntem sayesinde tutkal ile yanmayı geciktirici madde (toz şeklindeki) en iyi şekilde karıştırılabilir ve liflere verilebilir. Aleve karşı dayanıklılık testi (Flame Retardant Test) DIN 4102 veya TSE 1263'e göre yapılmaktadır. Yanma sınıfları; B1: zor yanan, B2: normal yanan ve B3: kolay yanan şeklinde ifade edilmektedir. Özel amaçla geliştirilen alev geciktirici katkı maddesi fosfat ve azot bileşiklerinden oluşmakta ve halen Avrupa'da kullanılmaktadır. Katı formda olan bileşik soğuk suyla 1:1 oranında hazırlanarak yoğunluğu 1,3 g/cm³'e ayarlanmaktadır. Daha sonra defibratörün lif çıkış borusunda (Blow Line) tutkaldan önce, levha yoğunluğunu %5-10 oranında artıracak şekilde ilave edilmektedir. Bu tür levhaların üretiminde E2 normunda melamin-üre formaldehit (MUF) tutkalının kullanılması tavsiye edilmektedir (Koç, 2002). Yanmayı geciktiren maddeler; özellikle çocuk bakım evleri, hastane ve toplu konutlar gibi insan sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılan levhalar için büyük önem arz etmektedir. Çünkü odun ve oduna dayalı levha ürünleri yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında yanıcı gazlar meydana getirmektedirler. Bu gazlar yangının büyümesine neden olduğu gibi yangın sırasında insanların etrafını görmesi ve yangın yerinden uzaklaşmasına engel olmaktadır. Ayrıca solunum sisteminde tahrişe sebebiyet vermektedir.

Avrupa ülkelerindeüre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılan levhalarda amonyum sülfat, fenol formaldehit tutkalıkullanılan levhalarda ise amonyum fosfat yanmayı önleyici madde olarak daha çok kullanılmaktadır. Amonyum bileşikleri kullanıldığı durumunda sıcaklık etkisiyle amonyum açığa çıkmakta, koruyucu bir gaz tabakası oluşmakta ve odunsu materyalde yüzeysel yangınların içeriye nüfuz etmesini önlemektedir. Böylece malzeme yangın esnasında daha uzun süre dayanım göstermektedir. Bor asitlerinin kullanılmasında ise ergime ısısı çok yüksek olduğundan yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklığın yükselmesi önlenmektedir (Ayrılmış, 2000). Her iki sonuçta yangın anında zaman kazandırmaktadır.

Yangın geciktirici maddeler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- 1) Yangında malzeme yüzeyinde koruyucu bir gaz oluşturan maddeler (amonyum bileşikleri)
- 2) Aşırı sıcaklık karşısında levhanın ısınmasına ve sıcaklığının yükselmesini önleyen maddeler (kristal sulu maddeler)
- 3) Yangın sırasında köpürmek veya kömür tabakası oluşturmak suretiyle oksijenin malzemeye ulaşmasını önleyen maddeler
- 4) Levhanın yanan yüzeyini azaltan maddeler (alüminyum oksit)

1.2.9 Lif Levha Üretim Teknolojisi

Odun ya da diğer lignoselülozik lifli materyallerden elde edilen lifler, yapıştırıcılar ve katkı maddeleri kullanılarak üretilen bir üründür. Yaş ve kuru yöntem olmak üzere iki üretim teknolojisi söz konusudur. Çok kısaca yaş yöntemde levha taslağı sulu ortamda oluşturulmakta, kuru yöntemde ise elde edilen lifler kurutulmakta ve levha taslağı kuru ortamda oluşturulmaktadır. Kuru yöntemle liflevha üretimi yongalevha üretimine benzerdir.

Lif levha üretiminde çürüksüz ve orta yoğunlukta, fazla budak ihtiva etmeyen, ekstraktif madde içeriği yüksek olmayan ve pH değeri 4-5 civarında olan hertürlü ligno selülozik odunsu materyal kullanılabilir. Yapraklı ağaçlarda lif uzunlukları ortalama 0.8-2 mm arasında değişmektedir. Buna karşılık iğne yapraklı ağaçlarda 3-7 mm arasındadır. Lif levha endüstrisinde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlardan daha fazla tercih edilir. Yaş yöntemle liflevha üretiminde taslak keçeleşme özelliklerinin iyi olması nedeniyle iğne yapraklı ağaçlar daha çok tercih edilmektedir. Kuru yöntemde de iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmesine rağmen termosetting (sıcaklıkla sertleşen) tutkallar kullanıldığından kısa lifli yapraklı ağaçlarda üretimde büyük oranda değerlendirilebilmektedir. Lif levhalar yoğunluklarına göre MDF (Orta yoğunlukta lif levha) ve HDF (Yüksek yoğunlukta lif levha-Hardboard) olarak sınıflandırılmaktadır. Günümüzde lif levhalar büyük oranda kuru yöntemle üretilmektedir.

Günümüz dünyasında lif levha üreten tesislerin %90'ından fazlası kuru yöntem kullanmaktadır. MDF üretiminde odunun ilk önce kabuklarının soyulup yongalanması,

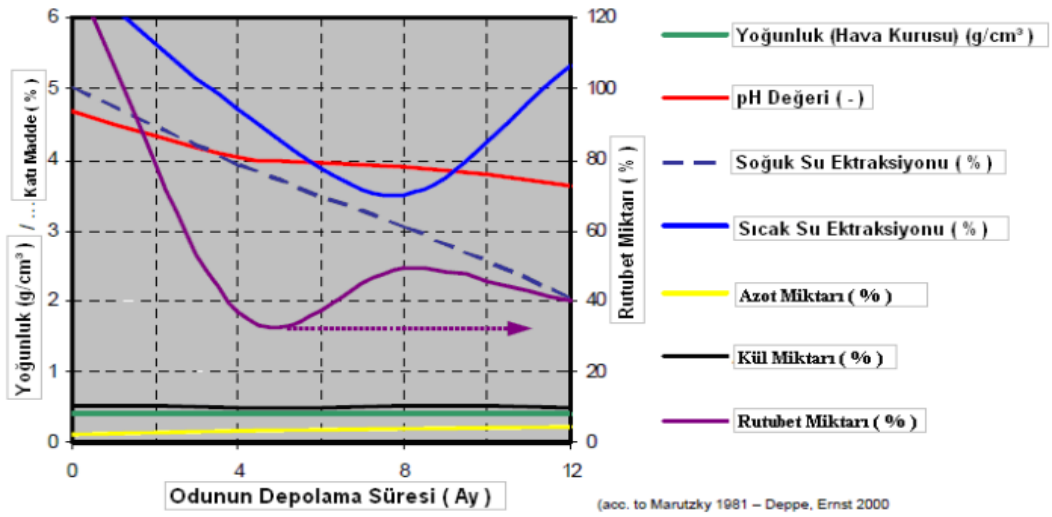
ardından da defibratörde lif haline getirilmesi işlemleri yapılmaktadır. Elde edilen lifler, kuru ağırlıklarına oranla yaklaşık olarak %8–11 miktarında sentetik reçinelerle tutkallanıp, yaklaşık %8–12 rutubet miktarına kadar kurutularak taslak elde edilmektedir. Levha taslağı, sıcak presleme ile (basınç ve sıcaklık uygulanarak) nihai ürün elde edilmektedir.

1.2.9.1 Odun Hammaddesinin Depolanması (Wood Handling)

Ülkemizde odun üretimi yılın her ayında ve her mevsiminde olmadığı için, fabrikalar yıllık hammadde gereksinimini depo etmek zorundadırlar. Fabrikaların depolama kapasitesi fabrikanın yıllık hammadde gereksinimine denk olmalıdır. Depoda tomruklar, kapak tahtaları, çiteler, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunları, yerli veya yabancı ağaç odunları, levhanın dış ve orta tabakaları için yongalar elde edilmek üzere ayrı ayrı istif edilmelidir. Depolamada; çürüklük ve mantar tahribatına karşı hava sirkülasyonunun iyi bir şekilde sağlanmasının yanında kabukları iyice soyulmuş olması ve odunun toprak zeminin üzerinden yaklaşık 50 cm. lik mesafede depolanması gerekmektedir. Fakat depolamak yerine en uygun yöntem malzemenin hemen üretime verilmesidir. Çünkü depolama esnasında hammadde çürüme, oksidasyon lekesi, lif ayrılması gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kalır (Karakuş, 2007).

Hammadde sahasında genellikle 6-12 aylık odun hammaddesi depolanmalıdır. Gereğinden fazla depolama sonucunda aşağıdaki sorunlar ortaya çıkabilmektedir:

- 1- Odun hammaddesine mantar ve böcek zararlıları bulaşabilir.
- 2- Bakteri saldırısı sonucu porozite artar.
- 3- Çürüme ile hammadde kaybı olur ve renk değişikliği artar.
- 4- Odunun rutubeti çok azalır.
- 5- Verimi azaltan çatlaklar ortaya çıkabileceğinden yonga kalitesi olumsuz etkilenir.
- 6- İstif masrafları ve işçi çalıştırma maliyeti artar.
- 7- Odunda mavi renklenme ve hoş olmayan koku meydana gelebilir.
- 8- Donma ve ısınmadan dolayı lif ayrılması oluşabilir.
- 9- Oksidasyon lekesi oluşabilir.
- 10- Yangın çıkması durumunda müdahale zorlaşır.
- 11- Hammadde satın alınmasında fiyat elastikiyeti sınırlandırılmış olur.



Şekil 1.33: Odun hammaddesinin depolanma süresine bağlı olarak değişken değerler (IWA, 2008).

Yukarıdaki Şekil 1.34'e göre odun hammaddesinin rutubet miktarı, pH değeri, depolanma süresine bağlı olarak ilk 4 ay içinde en düşük seviyededir. %120 rutubet içeriğine sahip odun dört ay sonra %30-40 rutubete kadar düşmektedir. Odunun pH değeri beşden dörte kadar düşerek odunun asiditesini artırmaktadır. Sıcak ve soğuk su ekstraksiyon değeri %100-120'lerden %70-80'lere kadar düşmektedir. Odunun hava kurusu yoğunluğu, azot ve kül miktarlarında değişme olmamaktadır.

1 m² depo alanına yaklaşık olarak 1,5-2 ster odun istiflenebilmektedir. İstiflere hammaddenin taşınmasında çeşitli alet ve tesislerden yararlanılmakta, dekovil hatları veya dizel lokomotiflerle çekilen lastik tekerlekli arabalar ile asma köprülü vinçler kullanılmaktadır. Çoğunlukla yonga levha fabrikalarında taşımada zincirli veya bantlı konveyörler kullanılmaktadır. (Bozkurt, Y.)

İyi bir deponun aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir;

- Depoların zeminleri beton olmalı
- Zemin belirli dönemlerde temizlenerek organik atıklardan arındırılmalı
- Depo yeterli büyüklükte olmalı
- Araçlar aralardan kolaylıkla geçebilmeli

- İstif yüksekliği 10 m. yi geçmemeli
- Depo yangını önlemeye elverişli olmalı
- Depoda istifler 30-60 m. uzunlukta olmalıdır.

Tomrukların veya ağaççıkların lif levha fabrikalarına tesliminde miktarlarının belirlenmesi ağırlıklarının tartılması yoluyla veya ster olarak ölçülmesiyle tespit edilmektedir. Ülkemizde ağaç esaslı malzemelerin lif levha fabrikalarına nakliyesi büyük ölçüde kara yoluyla sağlanmaktadır. Hammaddenin miktarı hacim veya ağırlığının hesaplanması yoluyla tespit edilmekle birlikte endüstriyel odunlar için daha çok ağırlık hesabı kullanılmaktadır. Ancak bu ölçüm metodunda getirilen hammaddenin rutubet oranı çok önemlidir. Yaş haldeki ağaç yüksek oranda su içerdiğinden bu tür hammaddenin fabrikaya maliyeti daha yüksek olmaktadır. Hacim hesabı ise ağaç malzemenin kereste için en, boy ve yüksekliğinin, tomruk için çap ve uzunluğunun ölçülmesiyle tespit edilir. Süceyrat ve yakacak odunları ise daha çok ster ile alınıp satılmaktadır. Ster; bir metreküp boşluk içerisine istif edilmiş odun miktarıdır. Dikdörtgen prizma oluşturacak biçimde düzgün istiflenmiş bir odun yığınının üç boyutu çarpılarak ster miktarı bulunur.

Bir lif levha fabrikası en az bir yıllık üretimine yetecek miktarda hammaddeyi depolamaya ihtiyaç duyar. Bir ton lif levha üretimi için 1.020-1.230 kg odun gerekmektedir. Hacim yoğunluk değeri iğne yapraklı ağaçlarda 320-450 kg/m³, yapraklı ağaçlarda 300-650 kg/m³ arasında değişmektedir. Tahıl saplarında bu değer 130-170 kg/m³ tür (Kollman et al., 1975; Eroğlu ve Usta, 2000).

Yukarıdaki verilerin ışığında bir ton veya 1,25 m³ levha üretimi için 2,26-3,84 m³ iğne yapraklı ağaç odununa veya 1,57-4,10 m³ yapraklı ağaç odununa ya da 6-9,46 m³ tahıl saplarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bir fabrikanın günlük lif levha üretimi ortalama 500 m³ olduğu düşünülürse aynı fabrikanın yıllık hammadde ihtiyacı 271.200-460.800 m³ iğne yapraklı ağaç odunu, 188.400-492.000 m³ yapraklı ağaç odunu veya 720.000-1.135.200 m³ tahıl sapı olacaktır. Bu kadar yüksek miktarlardaki hammaddeyi depolamak ve zarar görmeden muhafazasını sağlamak çok önemli bir iş olup nihai ürün kalitesini etkileyen lif levha üretim aşamalarındandır.



Şekil 1.34: Odun Hammaddesinin Depolanması (H. Sıradağ, 2018)

1.2.9.2 Kabuk Soyma (Debarking)

Kabuk, vasküler kambiyum tarafından üretilen floem (iç kabuk) ile fellogen tarafından üretilen dış kabuktan oluşmaktadır. Kabuk, genç ağaçlarda kambiyumdan dışa doğru sekonder floem, primer floem, korteks ve epidermisten oluşur. Yaşlı ağaçlarda ise, sekonder floem ve peridermden meydana gelmektedir. Kabuğun anatomik yapısı, odununkinden daha karmaşıktır.

Ağaçtaki kabuk miktarı, ağaç cins ve türüne, yaşına, yetiştirme muhiti koşullarına ve diğer etkenlere bağlı olarak; ağaç hacminin % 8-14 ünü kapsar. (Öktem,1976) ve genellikle kalın kabuklu ağaç türlerinde, odun miktarının % 10 u kadardır. İnce kabuklu ağaçlarda ise bu oran daha düşüktür. (Taşkın,1973)

Kabuk düşük yoğunlukta, kısa lifli ve mukavemeti az olmasından dolayı levha üretiminde istenmemektedir. Üretimde kullanılacak tomruklar, kabukları ormanda kesimden sonra soyularak ya da nadiren de olsa ormanda yongalama yapılarak fabrikaya getirilebilir. Ancak, genellikle odunlar fabrikaya kabuklu olarak geldiğinden kabuklarının soyulması gereklidir (Eroğlu1988, İstek 1999). Odunda kabuğun soyulması halinde %10-15 oranında organikmadde uzaklaşmakta, dolayısı ile verim düşmektedir. Kabuğu tamamen uzaklaştırmak her zaman ekonomik olmadığı gibi çoğu zaman mümkün de olmaz

(Suchland and Woodson1986).

Kabuk levha üretiminde istenmeyen bir materyaldir. Çünkü kabuğun yoğunluğu daha düşük ve elde edilen liflerin boyları daha kısadır. Ayrıca tutkal sarfiyatını artırmakta ve iyi bir yapışma sağlamamakta ve yüzeyine zımparalama işlemi uygulanmadan baskı boya uygulaması yapılan özellikle ince levhalarda lekeler ve ton farklılıkları oluşturmaktadır (Şişçi, 2007). Fakat miktarı belirli bir seviyede tutulursa levhanın teknolojik özellikleri üzerinde fazla bir olumsuz etki yapmamaktadır.

Suchsland ve Woodson (1986) kabuğun levha üretim prosesi ve levhanın özellikleri üzerine olumsuz etkilerini belirtmektedir. Bunlar; kabuğun levhanın teknolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemesi, tutkal tüketimini artırması, yongalama bıçaklarını ve defibratörün segmentlerine zarar vermesi (içerdiği kum, toz vb yabancı maddeler), içinde yabancı madde bulunan levhanın ileriki proseslerde işlenmesi durumunda kesici takımlara zarar vermesi, makinelerde paslanmaya neden olması (pH değerinin düşük olmasından dolayı), defibratörde liflendirilmesi zor olduğu için enerji (ısı ve buhar) tüketimini artırır, levhanın yüzey kalitesini bozması ve yüzey işlemlerinde olumsuz etki yapması şeklinde ifade edilmektedir. Maloney (1993), MDF üretiminde kullanılan kabuk oranının %15-20'yi aştığı takdirde üretilcek levhanın eğilme direncinde azalma olduğunu belirtmektedir. Kabukları soyulmuş odundan elde edilen MDF ve HDF'lerin yüzeyi daha parlak olmakta, üretimde kullanılan tutkal tüketimi daha az olmakta, levha kalitesinin sürekliliği sağlanmakta, direkt boyama işleminde kalite yükselmekte ve boya tüketimi azalmaktadır. Buna ilaveten üretilen levhanın yapışma kalitesi ve iyileşmektedir (Dieffenbacher, 2005).

Lif levha üretiminde kabuk kaynaklı dezavantajları aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- 1- Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde düşürerek tutkal sarfiyatını arttırmaktadır.
- 2- Kum, taş parçaları gibi yongalama bıçaklarını, defibratör segmentlerini ve şinekeleri aşındıran maddeler içermektedir. Ayrıca levha içerisindeki kum, levhanın ağaç işleme makineleri ile kesilmesi esnasında daire testere dişlerinin zarar görmesine neden olmaktadır.

- 3- Defibratörlerde pH'yı düşürerek makine ve teçhizatlarda paslanmaya neden olabilmektedir. Çünkü liflerin pH'sı 4'ün altına düştüğü takdirde metal aksamalarda paslanmaya neden olmaktadır. Özellikle Meşe ağacı gibi kabuğunun asiditesi yüksek olan ağaç türlerinin odunları, kabukları soyulmadan üretime alındığında defibratörde pH'yı 4'ün altına düşürebilmektedirler.
- 4- Pişirme kazanında büyük bir hacim kaplayarak ısı ve buhar enerjisi israfına yol açmaktadır.
- 5- Levha yüzeyinin görünümünün ve kalitesinin bozulmasına neden olmakta ve sonuçta levha yüzeyinde kabuğun olduğu yerlerde, kabuk daralarak yüzeyde yer yer çukurluklar oluşturmaktadır. Ayrıca sıcak presleme sırasında kabuk, rengi karararak pres platenlerine yapışabilmektedir.
- 6- Levha yüzeyi sıvı yüzey işlem malzemeleriyle kaplanacaksa kabuksuz odun kullanmak gerekmektedir. Çünkü levha yüzeyindeki kabuk odun lifleri gibi sıvı yüzey işlem malzemelerini tam olarak absorbe edemez. Bu yüzden yüzeylerine sıvı yüzey işlem malzemeleri uygulanacak MDF'lerin kabukları soyulmuş odunlardan üretilmesi gerekmektedir.

Odunda kabuğun soyulması halinde %10-15 oranında organikmadde uzaklaşmakta, dolayısı ile verim düşmektedir. Kabuğu tamamen uzaklaştırmak her zaman ekonomik olmadığı gibi çoğu zaman mümkün değildir (Suchland and Woodson 1986). Kabuk soymadaki kayıplar, kullanılan makine, yöntem, operatörün dikkat ve bilgisine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle kabuk soyma ile ağırlık olarak %7-10, hacim olarak ise %10-15 oranında hammadde kaybı olmaktadır (Bostancı 1987).

Kabuk soyma işlemi genellikle sürtünme, kesme, koparma ve ezme yoluyla olur. Mekanik, hidrolik ve kimyasal yöntemlerle kabuk soyma işlemleri yapılır. Yonga levha üretiminde üst tabakada kullanılacak yongaların kabuklarının soyulmuş olması önemlidir. Çünkü kabuklar normalden daha fazla tutkal absorbe eder ve üst yüzeyde tutkal yığılması meydana gelir. Bu tutkal tabakası ise zımparalama işlemi sırasında üst yüzeyden uzaklaştırılır. Bu durumda ise hammadde kaybı meydana gelmektedir. Ancak orta tabakada kullanılacak yongaların kabuklarının soyulması zorunlu değildir. Kullanılacak hammadde kabuk miktarının % 12-15 den fazla olmamasına dikkat edilmelidir. (İstek, A.)

Kabuk soymada kullanılan yöntem ve makineleri şu şekilde sıralayabiliriz (Bostancı 1987,Eroğlu 1988). Bunlar;

1) Mekanik Kabuk Soyma Makineleri

- Bıçaklı Kabuk Soyucular
- Sürtünme ve Asındırıcı Kabuk Soyucular
- Döner Başlıklı Kabuk Soyucular
- Silindir Boşluklu Kabuk Soyucular
- Depolu ya da Cepli Kabuk Soyucular

2) Hidrolik Tipi Kabuk Soyucular

- Sabit Başlıklı
- Hareketli Başlıklı

3) Buhar Patlaması ve Kimyasal Olarak Kabuk Soyma

- Sodyum Arsenatla
- Sodyum Sülfamitle
- Diğer Kimyasallarla

Kabuk soymada dikkat edilecek hususlar şu şekilde sıralanabilir (Kollmann et al., 1975).

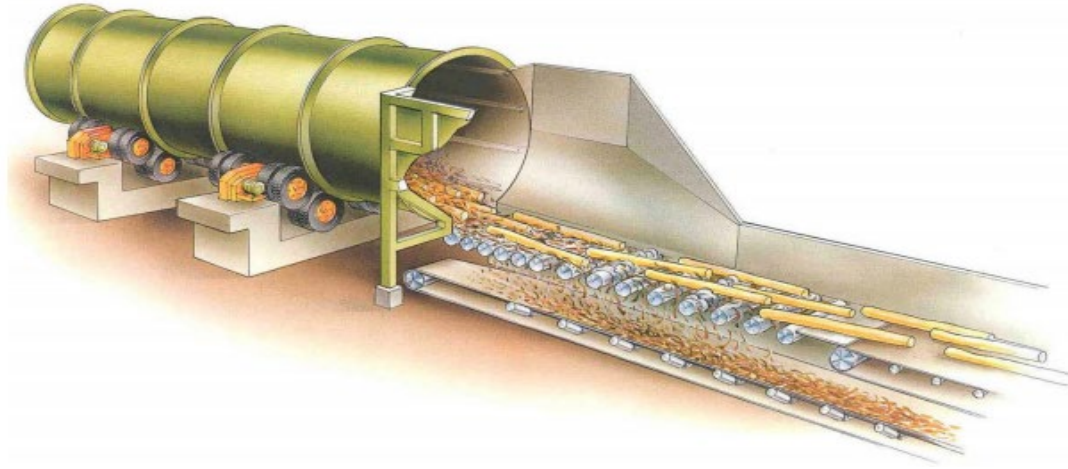
- Enerji kullanımı etkili olmalıdır.
- Soyma işlemi sürekli olmalıdır.
- Yatırım maliyeti az olmalıdır.
- Mevsime ve ıslatma miktarına bakılmaksızın kabuk soyma işleminde odun kaybı olmamalıdır.

1- Mekanik Kabuk Soyma

Bıçaklı ve sürtünme-aşındırma ile kabuk soyma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Bıçaklı kabuk soyucularda kabukların soyulması, döner bir disk üzerine dikey olarak monte edilmiş bıçakların kabuğu keserek alması ilkesine dayanır. Disk çapı 30 ile 150 cm. arasında olup kapasiteye bağlı olarak 3-8 adet arasında bıçak bulunur. Bıçaklar oduna da

nüfuz edebildiğinden kabuk dışında fazladan odun kaybı % 8-20 kadar olabilir. Makinenin verimi; işçiliğe, odun çapına, odunun düzgünlüğüne ve itme hızına bağlı olarak değişmekle birlikte genel olarak verim düşüktür (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).

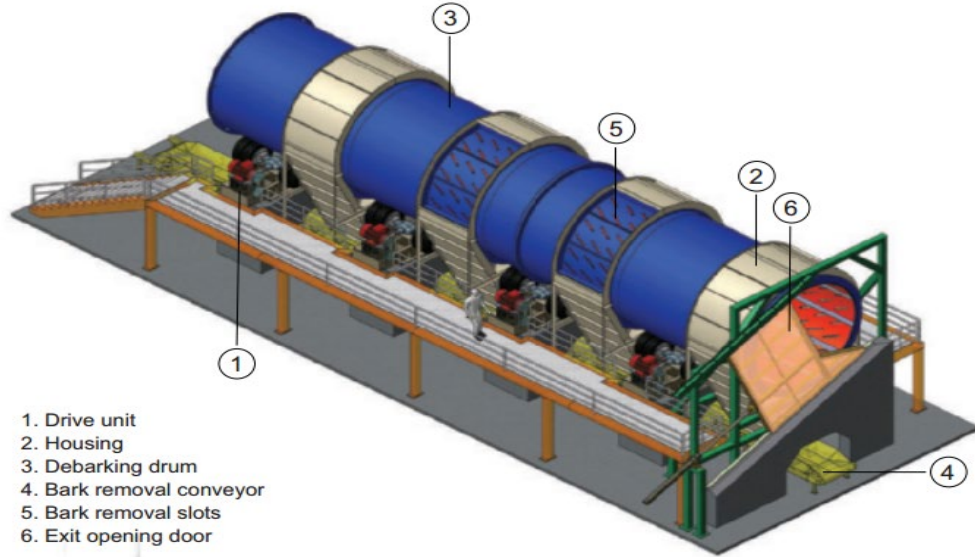
Tamburlu aşındırıcı kabuk soyucular kağıt fabrikalarında en çok kullanılan kabuk soyucu tipi olup içi boş silindir içinde tomrukların birbirlerine ve silindir içindeki aşındırıcı demirlere sürtünmesi prensibi ile çalışır. Genel olarak fabrikalarda “Trommel” adıyla anılır. Tomrukların girdiği ilk bölme “ıslak bölme”, ikinci bölme ise “açık bölme” olarak adlandırılır. Islak bölmede tomrukların üzerine su püskürtülerek hem odun temizlenmekte hem de kabukların ayrılması kolaylaştırılmaktadır. Açık bölmeye geçen tomrukların kabukları burada bulunan açıklıklardan düşer, tomruklar ise çıkış ağzından taşıyıcılar üzerine alınır. Silindirin çapı 1,5-6 m, uzunluğu ise 2,8-22 m arasında değişir. Dakikadaki devir sayısı 6-9 arasında olup oldukça gürültülü çalışır. Tomruk uçlarının aşınma ve tüylenmesi en büyük dezavantajdır (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).



Şekil 1.35: Aşındırıcı kabuk soyma (URL-14, 2010).

Aşındırıcı kabuk soyucuların cepli, döner başlıklı ve dişli olmak üzere üç çeşidi bulunmaktadır. Cepli kabuk soyucular, üst taraftaki depoya doldurulan odunların alt taraftaki bir motor aracılığıyla döndürülmesi, çeşitli diş ve zincirler yardımıyla odunların kabuklarının koparılması prensibiyle çalışır. Döner başlıklı kabuk soyucular makinenin iki tarafında da bulunan kolların uçlarına monte edilmiş silindirik başlıklar üzerindeki dişler yardımıyla sürtünme oluşturur ve kabukları soyar. Dişli kabuk soyucularda ise kabuk soyma silindirik başlık üzerinde bulunan kesici dişlerin törpülenme hareketiyle olur

(Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).



Şekil 1.36: Aşındırıcılı Kabuk Soyma Aksamaları (URL-15, 2009)

2- Hidrolik Kabuk Soyma

Bu yöntem, kalın kabuklu ve büyük çaplı tomrukların soyulmasında iyi sonuç vermekte olup özellikle Kuzey Amerika'da kullanımı yaygındır. Kabuğun soyulması birkaç koldan püskürtülen 25-110 kg/cm² basınçlı suyun parçalama kuvvetiyle olmaktadır. Su odunlara karşı 90° dik açıyla veya paralel olarak püskürtülebildiği gibi su püskürtme başlıklarının sabit ve hareketli olanları da vardır.

3- Buhar Patlaması ile ve Kimyasal Olarak Kabuk Soyma

Masonit yönteminde olduğu gibi buhar patlaması ile kabuklar ayrılabilirler de bu yöntem pek kullanılmamaktadır. Kabuk soymada kullanılan kimyasal maddeler genellikle zehirli olup bu konuda en iyi sonucu sodyum arsenat çözeltisi vermektedir. Diğer kimyasallara oranla daha ekonomik olan sodyum arsenat çözeltisi ağaçlara vejetasyon mevsiminde verilir. Birkaç hafta sonra ağacın kabuğu yarı yüksekliğine kadar şeritler halinde soyulabilir. Ayrıca sodyum sülfamit çözeltisi de bu amaçla kullanılsa da bu yöntem pek tercih edilmemektedir (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).

1.2.9.3 Yongalama (Chipping)

Odun hammaddesi, kabukları soyulduktan sonra yongalama makinesine taşınır. Taşıma işleminde bantlı-zincirli transportörler, titreşimli sistemler veya iş makineleri kullanılmaktadır.

Lif veriminin yüksek olması ve kaliteli lif üretimi için odunun düzenli bir şekilde yongalanması en önemli husustur. Bunun için yongalama sırasında liflerin ezilmemesi, zedelenmemesi, özellikle yonga kalınlığının düzenli olması gerekir. Yongalama işleminin iyi yapılması yalnız yonga boyutlarının düzenli olmasını değil aynı zamanda yonga kalitesinin de daha yüksek olmasını sağlar. Bunun sonucunda kaliteli lif elde edilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Burada yuvarlak odun, bıçaklar arasından geçerek “yonga” (particle-chips) adı verilen küçük partiküller elde edilir. Yongalama yönüne göre iki tür yongalama makinesi bulunmaktadır. Bunlar, liflere paralel yongalama yapan yongalayıcılar ve liflere dik yönde yongalama yapan yongalayıcılardır. Yukarıdaki resimde liflere dik yönde yongalama işlemi yapılmaktadır. Bu tip makinelerde odun, uzun ekseni boyunca ilerlemekte ve makinenin bıçakları sürekli olarak yongalama işlemi yapmaktadır. Paralel yongalamada (Disk Chipper) ise odun hammaddesi sabit iken, makinenin kesici bıçaklarının olduğu hareketli kısım, malzemeyi liflerine paralel yönde kesmektedir. Paralel yongalama ile elde edilen yongalar, diğer yöntemle elde edilen yongalardan daha kalitelidir. Şişçi (2007), bu yöntemle elde edilen yonganın kalınlığının homojen olmasından dolayı özellikle liflendirme ünitesinde buharla muamele edilmesi esnasında yonganın içine maksimum buhar nüfuzunun sağlanacağını ve bu yolla elde edilen liflerde toz miktarının minimum ölçüde olacağını ifade etmektedir.

Yongalama işlemi için aşağıdaki bilgiler önemlidir;

- 1) Yonga boyutları levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli faktörlerin başında gelir.
- 2) Bir yongalama makinesinde yongalama işlemi kesme, itme ve kırma hareketlerinin uygulanması ile ortaya çıkar.

- 3) Yongalama makinesinde en fazla mekanik enerji bıçakların itme hareketinin temin edilmesinde harcanmaktadır.
- 4) Makinenin oduna uyguladığı kesme kuvveti liflere paralel yönde, liflere dik yöndekine oranla 1/3 oranında daha azdır. Bu nedenle, liflere dik yönde kesmenin hakim olduğu geleneksel diskli yongalayıcılarda kullanılan enerji, liflere paralel kesme yapan diğer makinelerden dikkate değer ölçüde yüksektir.
- 5) Kesme yöntemiyle elde edilen yonga kırma ve ezmeden daha kalitelidir.
- 6) Kesme yöntemiyle yonga üretimi daha fazla enerji ve para gerektirir.
- 7) Toz ve ince partikül halindeki yongaların miktarının artması tutkal miktarını artıracığından üretim maliyetlerini artırır.
- 8) Yongalama makinesinin kapasitesini belirleyen faktörler yongalayıcının faal kesme bölgesiyle ilgilidir. (İstek, A.)

Yongalama sırasında odunun yongalara ayrılması ve kesilmesi için bıçağın kesme kuvvetinin odunun direncinden fazla olması gerekir. Bu nedenle yongalama makineleri yapılırken odunun bıçakla yapacağı açının optimum verimi sağlayacak şekilde alınması gerekir. Yonga üretiminde odunun özgül ağırlığı ile kesme kuvveti arasında doğrusal bir ilişki vardır. Özgül ağırlık arttıkça kesme kuvveti ihtiyacı artar. Odunun kesimi lif yönüne paralel yapılıyorsa kesme kuvvetine ihtiyaç en az iken, lif yönüne dik ise en fazladır. Yonga kalınlığı; odunu yongalamak için gerekli makaslama kuvvetine bağlı olup, kesme yüzeyi ve yonga uzunluğu ile birebir ilişkilidir.

Yongalamanın asıl amacı pişirme kazanında buharın yonga içine nüfuzunun her tarafta aynı olmasını sağlamaktır. Yongalama esnasında yonga boyutu küçüldükçe enerji tüketimi artar ve yongalayıcının kapasitesi düşer. Odunun rutubeti önemli faktör olup rutubeti düşük olan odunların kırıntı ve toz oranı artarken, enerji tüketimi artar ve bıçaklar çabuk körelir. Bundan dolayı odun en az %40–50 rutubet oranında olmalıdır. Yongaların kalitesinin belirlenmesi için yonganın ağırlığı, rutubeti ve yonga analizi tayini yeterli olmaktadır (Eroğlu ve Usta 2000).

Odun hammaddesinin rutubet değeri, boyutları, kusur içeriği, yongalama makinesinin cinsi, bıçak sayısı, devir sayısı, bıçaklarının keskinliği vb. faktörler elde edilecek yonga kalitesinde etkili olmaktadır. Yongalama için optimum odun rutubeti %70-90 arasında olmalıdır. Yongalanacak odunun rutubet miktarı düşükse elde edilecek yongalarda küçük

partikül, toz ve kırıntı miktarı artmaktadır. Ayrıca yongalama için enerji tüketimi yükselir ve yongalama makinesinin kesici bıçaklarında körelmelere sebep olmaktadır. Yongalama işlemi sonucu elde edilen yongaların kalitesi yani boyut ve biçim gibi faktörler de, defibratör sonrası lif kalitesini büyük oranda etkilemektedir.

Yongalama makinesinde odun liflerinin ezilmemesi, kopmaması ve yonga kalınlığının düzenli olması gerekmektedir. Yongalanacak odunun yongalama makinesinin kesici bıçakları ile yaptığı açı, verim açısından önemlidir. Odun hammaddesinin liflere dik yönde yongalanması için harcanan enerji, paralel yongalama için gerekli enerjiden daha fazladır. Odunun yoğunluğunun yükselmesi ile yongalama için enerji gereksinimi de artacaktır. Yonga kalınlığı, odunu yongalamak için gerekli makaslama kuvvetine bağlı olup, kesme yüzeyiyle orantılı yonga uzunluğu ile ilişkilidir. Yonganın kalınlığının uzunluğuna oranı %15-20 arasındadır. Yonga uzunluğu, bıçakla odun hammaddesi arasındaki serbest açıyla ilgilidir. Bu açı azaldıkça yonga boyu kısalmaktadır. Sert odun türlerinden daha kalın yonga elde edilebilmektedir. Bıçak açısı için 30 ile 35° yeterli bulunmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000). Yongalama makinesinde 25-30 m/sn kesme hızı uygun bulunmakta, bu hız yükseldiğinde küçük boyutlu yonga miktarını artırmaktadır (Kastamonu Entegre, 2006).

MDF endüstrisinde yonga boyutunun genişliği 19–20 mm, kalınlığı 3–5 mm, uzunluğu 16–25 mm aralıklarında olmalıdır. Ortalama yonga boyutu 20x25x5 mm'dir. Bu boyutlarda yongalar sağlam ve kaliteli lif verir. Odunun yoğunluğunun artması yonganın boyutunu küçültür, toz ve kırıntı artar bu da kısa lif oluşumunu artırır. Yonga boyutu aşağıdaki formüle göre bulunmaktadır.

Yonga Boyu = {Besleme Hızı (mm/dk) / Tambur Devri (dev/dk) × Bıçak Sayısı} formülü kullanılarak yonga boyu hesaplanmaktadır. Aynı zamanda kesme sonrasında tambur altında makineye monte edilmiş elek yardımıyla yonganın en ölçüsü belirlenir. MDF üretimi için genellikle 70 mm × 70 mm elek kullanılmaktadır (Şişçi, 2006).

Yongalamadan sonra elde edilen yongalara çeşitli kalite testleri yapılmaktadır. Bunlar; rutubet, yoğunluk ve elek analizidir. Yonga yoğunluğu (tam kuru) lif verimi açısından önemlidir. Yaş hacimde odunun kuru ağırlığı ile yaş ağırlığı arasındaki ilişki lif elde etmede uygunluk derecesini belirlemektedir. Pişirme işleminde yonga rutubeti önemlidir. Eğer odun rutubeti düşük ise pişirme kazanında buhar yoluyla ısı iletimi ve plastikleşme

güçleşmektedir. Yongalara elek analizi yapılması ile elde edilen yongaların boyut dağılımları elde edilir. Buna ilaveten yongalama makinesi ve yonga eleme makinesinin düzgün çalışıp çalışmadığı tespit edilmiş olur. Yonga içinde reçine parçaları, kabuk, budak, çürük kısımlar, böcek yenikleri ve mantarlaşan kısımlar bulunmaktadır. Bunlar üretimde istenmeyen yabancı maddelerdir. Kullanılan testere talaşı miktarı belirli bir seviyeyi geçerse levhanın direnç özelliklerinde azalma görülmektedir (Koç, 2002). Ancak mevcut şartlarda yongalevha tesislerinin ana hammaddesi niteliğinde olan hızar talaşının yonga levha endüstrisi için bile yeterli oranda bulunamaması nedeniyle, Türkiye’de MDF üretiminde hızar talaşı kullanan bir tesis bulunmamaktadır (Şişçi, 2007).

Yongalama makineleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- a) Çok Bıçaklı Diskli Yongalayıcı,
- b) Çevresel Yongalayıcı,
- c) Konik Diskli Yongalayıcı,
- d) Çift konik diskli CCL Yongalayıcı

a) Çok Bıçaklı Diskli Yongalayıcılar

Çok diskli yongalayıcının avantajı bıçakları arasındaki mesafe dar olduğundan tomruk üzerinde aynı anda iki bıçak çalışabilmesidir. Böylece 15 cm. çapa kadar olan odunlar yongalanabilmektedir. Dezavantajı ise kullanılan odun türü ve özelliklerine göre yongalayıcı bıçaklarının sık sık değiştirilmesidir. Normal olarak, göknar ve ladinde 8 saatte, kavakta ise 10 saatte bir bıçağı değiştirmek gerekmektedir. Genellikle yapraklı ağaç yongalaması ve hızlı yongalama yapıldığında bıçak değiştirme süresi 4 saatte kadar düşer (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta’dan, 2000).



Şekil 1.37: Diskli Yongalayıcı (URL-16, 2017)

b) Çevresel Yongalayıcılar

Çevresel yongalayıcılar 3-5 cm uzunluğunda ve 3-8 mm kalınlığında yonga verir. Çevresel yongalayıcının bıçakları 30-36 saatte bir bilenmekte olup bıçaklar kolaylıkla sökülüp takılabilmektedir. Bıçaklar düz, taraklı, çift taraklı ve tırtıklı olabilir. Çevresel yongalayıcıların avantajları budakların da normal odun gibi yongalanabilmesi, pişirme artığının olmamasından dolayı verimin % 2-3 artmasıdır. Yongaların boyutları düzenli olması çözelti nüfuzunu ve pişirmeyi kolaylaştırır, böylece hamur kalitesi artar. Kalınlık düzenli olduğundan elek artığı da azalır. En önemli avantajı ise yongalarda ezilme olmamasından dolayı lif hamurunun daha sağlam olmasıdır. Çevresel yongalayıcılarda elde edilen yongalar, diskli yongalayıcılarda elde edilenlere oranla % 10 daha sağlamdır. Ayrıca çevresel yongalayıcılarda kesme yönü direncin en az olduğu liflere paralel yönde olduğundan dolayı diskli yongalayıcılara oranla % 50-60 daha az enerji tüketilir. Dezavantajları ise özel besleme ünitesine ihtiyaç duyulması ve tomrukların standart ölçülerde olmasının gerekmesidir. İnce ve kısa tomrukların yongalanmasında sorunlar yaşanabilir. Yongalar kıvrılma eğiliminde olduğundan kazan kapasitesi % 10 azalır.



Şekil 1.38: Çevresel Yongalayıcı (URL-17, 2019)



Şekil 1.39: Çevresel Yongalayıcı Tambur (URL-18, 2018)

c) Konik Diskli Yongalayıcılar

Konik diskli yongalayıcı 250 – 300 beygir gücünde bir motorla çalışmakta olup dakikada 700 devir yapmaktadır. Konik diskli yongalayıcılar öncelikle ağaç gövdelerinin ve uzun tomrukların yol kenarlarında veya ormanda yongalanması için geliştirilmiştir. Daha sonra fabrikasyon üretim için de kullanılmaya başlamıştır. Konik diskli yongalayıcının avantajları disklerin konik oluşu ve bıçakların dizilişi yongaların odunun yanlardan koparılmasını sağladığından yongalar diskli yongalayıcılara oranla daha az zarar görür. Genel olarak çevresel yongalayıcıların özelliğini gösterirler (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).

d) Çift Konik Diskli (CCL) Yongalayıcılar

Bu tür yongalayıcılarda besleme yatay yönde olup boşaltma alttan ya da siklon ile üstten olur. Ucu kesik bir koni şeklindeki diskler yatay bir shaft üzerine monte edilmiş olup diskler yan yana geldiklerinde V şeklinde bir aç oluşturur ve tomruk bu şeklin arasına verilir. Yonga boyutları bıçak takımına bağlı olup bu tip yongalayıcılar 46-65 cm çapındaki tomrukları yongalayabilir. CCL yongalayıcı 750-1.500 beygir gücünde bir motorla çalışmakta olup dakikada 275-300 devir yapmaktadır. (Lamarche, 1969; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).

Yongalama makinelerinin kapasiteleri odun ve makineyle ilgili birçok elemanlara bağlıdır. Bunların başında odunun boyutları, yonga kalınlığı, makinenin yapısı, materyalin makineye verilış biçimi, emme tertibatı, vb. gelir.

Odunun özgül ağırlığı arttıkça bıçağın dayanma süresi azalır. Körelmiş bıçak ise verimi düşürür. Çok hafif odunlarda ise (kavak) bıçak ağzının önünde birikme yaparak kesme kuvveti gereksinimini artırır.

Rutubetli odunların kaliteli yonga verimi yüksek, toz miktarı ise azdır. Ayrıca yonganın yüzeyi daha düzgün ve kalınlığı homojendir. Buna ilaveten yongalamadaki kuvvet gereksinmesi daha azdır. Azalan yonga rutubetiyle orantılı olarak toplam yonga verimi düşer ve kalite bozulur.

Yonga verimi; üretilen yonganın üretiminde kullanılan oduna oranı ekonomik bakımdan son derece önemlidir. Verimin saptanmasında yonga kaba, normal ve ince olmak üzere 3 gruba ayrılır. Normal yonga üretiminde ortaya çıkan kaba yongalar boyutları, özellikle kalınlığı bakımından levha üretimi için uygun değildir. Uzunluk ve genişlikteki fazlalıklar giderilebilir, fakat kalınlıktaki fazlalığın düzeltilmesi oldukça zordur.

- Normal yonga üretiminde kaba yonga oluşmasının nedenleri;

- 1) Odunun Sağlamlığı
- 2) Ortalama Çapı
- 3) Dolgunluk ve Lif Düzgünlüğü
- 4) Özgül Ağırlık ve Yıllık Halka Genişliğı
- 5) Kesici Aletlerin Durumu
- 6) Odun Rutubeti

- Yonga verimini etkileyen faktörler;

- 1) Özgül ağırlık arttıkça verim artar,
- 2) Mantar arız olmuş odunların yonga verimi düşüktür,
- 3) Odunun çapı arttıkça yonga verimi artar,
- 4) Odunun rutubeti arttıkça yonga verimi artar,

5) Yonga kalınlığı arttıkça makine kapasitesi ve yonga verimi artar. Ancak yonga kalitesi düşer.

- Makine Kapasitesi aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- 1) Makinenin devir sayısı,
- 2) Yonga kalınlığı,
- 3) Bıçak sayısı,
- 4) Makine ağız uzunluğu,
- 5) Makine ağız genişliği (İstek, A.)

1.2.9.4 Yongaların Depolanması (Chip Bin)

Pişirme kazanına sürekli yonga sağlanabilmesi için yonga depolaması, odun hazırlama birimi ile pişirme kazanının bulunduğu birim arasında yer almalıdır. Yongalar açık ve kapalı ortamda olmak üzere iki şekilde depolanabilir.

- Yongaların Kapalı Ortamda Depolanması

Yongalar pişirme kazanı seviyesinin üzerinde yer alan teknelerde veya toprak seviyesinde bulunan silolarda kapalı bir şekilde depolanabilirler. Yonga tekneleri genellikle dikdörtgen şeklinde olup dip kısımları piramit şeklindedir. Silolar ise silindir şeklinde olup üst kısmı koniktir. Tekneler; çelik, seramik, beton veya ağaç malzemeden yapılırken silolar; çelik, seramik, tuğla ve koruyucu kaplama ile beton konstrüksiyondan yapılabilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Yongaların siloda bekleme süreleri 10-15 günü geçmemelidir. Aksi takdirde çürüme sonucu lif verimi azalmakta, yongaların rengi kararmakta, bakteri faaliyetleri ve kimyasal reaksiyonlar sonucu iç sıcaklıkları yükselerek yangın ortaya çıkabildiği gibi pişirme kazanından önce yongalar siloda liflendirme verimini düşüren ön pişmeye uğramakta ve çeşitli mantar faaliyetleri sonucu çürümeler olmaktadır. Yonga istifi içerisindeki biyolojik ve kimyasal oksidasyonlar sonucu ani sıcaklık artışları olabilmektedir. Önceleri taze yonga istifi içerisindeki sıcaklık yükselişine yaşayan paranzim hücrelerinin solunumuyla açığa çıkan ısıнын neden olduğuna inanılıyordu. Fakat daha sonraki yıllarda sıcaklık artışına

direkt olarak kimyasal oksidasyon ve bakteri faaliyetlerinin neden olduğu belirlenmiştir. Temizlenmemiş yonga istifi içerisinde her bir ay için % 1 odun kaybı olmaktadır. Yongalar eğer kabuk vb. istenmeyen maddelerden arındırılmadan istif edildiği takdirde meydana gelen odun kaybı temizlenmiş yongalardan daha fazla olmaktadır (Suchsland and Woodson, 1987).



şekil 1.40: Kapalı Yonga Depolama Alanı (URL-19, 2018)

- **Yongaların Açık Sahada Depolanması**

Açık sahada depolama bazı ağaç türlerinin yongaları için iklimin de uygun olması durumunda ekonomik ve teknik yönden daha pratiktir. Ancak yongaların açık sahada depolanması yuvarlak odunlardan farklı olup yangın ve renk değiştirme riski daha fazladır. Yongalama ile odun yüzeyinin artması sonucu sıcaklık yükselmesi ve yongalarda renk değişimi görülür. Yonga yığınlarının iç kısımlarında hakim olan sıcaklık rklk yapan ve renk değiştiren mantarların gelişmesine neden olur. Renk değişimi ve çürüme miktarı ağaç türüne, yonga tipine, yonga yığınının büyüklüğüne ve iklim koşullarına göre değişir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Yongaların açık alanda depolanmasında, yongaları mantar ve böcek zararlılarından korumak için zemin ot vb. temizlenmiş olmalı ve beton veya taş zemin üzerinde depolanmalıdır. Yongaların silolarda depolanması açık alanda depolamadan daha koruyucu, eleklerle verilişleri daha kolay ve kontrollü olmaktadır. Açık alanda depolamada soğuk kış aylarında yongaların buz tutmasını önlemek ve yaz aylarında da aşırı sıcaklar yüzünden yonga istifi içerisindeki ani sıcaklık yükselişi ile yangın tehlikesini ortadan kaldırmak için yonga sirkülasyonu sürekli olmalıdır.



Şekil 1.41: Açık Yonga Depoalama (URL-20, 2017)

1.2.9.5 Eleme (Screening)

Yongalayıcıların içinden çıkan yongaların içinde % 1,5-3 oranında odun kırıntıları bulunur. İnce materyal ise odun tozu, ince kabuk ve boyları 3 mm. nin altındaki yongalardan oluşur. Eleme; normal boyuttaki yongaları aşırı boyutlu yongalardan ve ince materyalden ayırmak için yapılır. Elekler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- a. Döner silindirli elekler.
- b. Sallantılı elekler.
- c. Çalkantılı elekler.
- d. Sarsıntılı-çalkantılı elekler.

Bu makinelerden, lif levha endüstrisinde en çok kullanılan elek tipi üç katlı sarsıntılı eleklerdir. Silolardan yongalar İYA. ile YA. karışımı ve yüzdelik devirlerine göre ayarlanır. Bu ayarlar neticesinde yongalar bantlı transportörlerle eleklerle gönderilir. Büyük boyutlu yongalar tekrar yongalanmak üzere yonga kırıcı (rechipper)'lara gönderilir. Rechipper yongalayıcıda boyutu küçülen yongalar tekrar eleklerde elenirler. Eleğin orta katındaki elekte toplanan yongalar; 20x25x5 mm arasındaki üretime uygun boyuttaki yongalardır. En üstteki büyük yongalar tekrar yongalanmaya, en alttaki küçük yongalar vb. ise kazanda enerji için yakılmaya yada yonga levha fabrikasında kullanılmak üzere sevk edilirler. Büyük eleme yüzeyinde yongalar daha iyi elenmektedir. Bazı eleklerde yonga içinde bulunan tozları ve kabuk kırıntılarını emmek suretiyle vakum uygulanır. Böylece kum ve taşlar eleğin altına dökülür (Eroğlu ve Usta 2000).

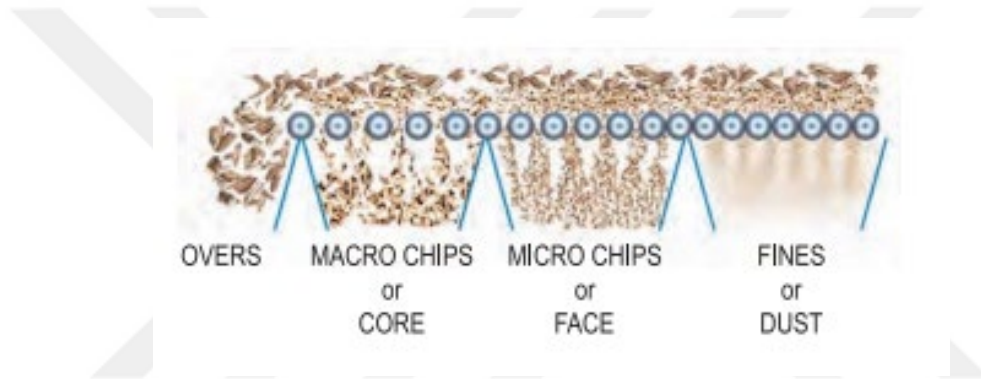
Yonga boyutlarının birbirine yakın olması liflendirme işleminde lif kalitesine ve levha rengine önemli ölçüde katkıda bulunduğu gibi, lif içindeki toz oranının azalması nedeniyle de tutkal tüketiminde azalmaya etki etmektedir. Fakat yonga boyutlarını birbirine yaklaştırma işleminde zayıat arttığı için bir m3 levha üretimi için gerekli odun tüketimi artmaktadır. (Şişçi, 2007).



Şekil 1.42: Sarsıntılı-Sarsak (Bezner) Elek (URL-21, 2017)



Şekil 1.43: Dynascreen (IMAL PAL) Rulolu Tarama Sistemi (URL-22, 2019)



Şekil 1.44 Rulolu Tarama Sistemindeki Yonga Hareketi (URL-23, 2017)

1.2.9.6 Yıkama (Chip Washing)

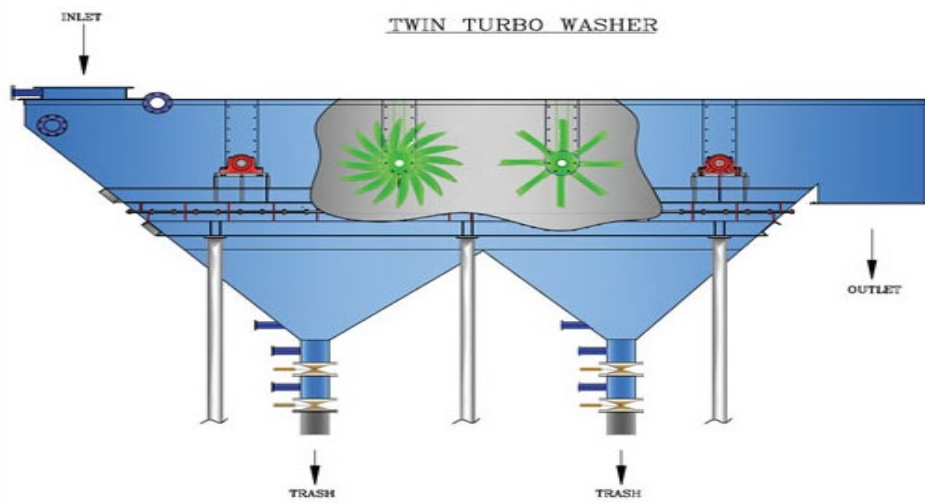
Eleme işleminden sonra yongalar transportörler vasıtasıyla yıkanmak üzere yonga yıkama makinesine gelmektedir. Dieffenbacher (2005)'de yongaların yıkanması ile içlerindeki kum oranının azaldığı, yongaların metal parçaları ve taş kırıntılarından temizlendiği belirtilmektedir. Bu sayede defibratör segmentlerinin ve pişirme kazanına yonga boşaltan helezonun (plug screw) kullanım ömrünün uzatılacağı, üniform yonga rutubetinin sağlanacağı ve elde edilen levhaları işleyen makinelerin kesici takımlarının kullanım ömrünün artacağı ifade edilmektedir. Buna ilaveten üretilen levhanın yapışma kalitesinin de iyileştiği açıklanmaktadır.

Levha içindeki kum oranı ile ilgili olarak Avrupa Levha Üreticileri Birliği maksimum %0,05 oranında kumu kabul etmektedir. Yonga yıkama makinesi; buzun çözülmesini,

yongaların yıkanmasını, yonga rutubetinin optimum olmasını, daha kaliteli liflendirme yapılması sağlamaktadır.

Orta yoğunlukta lif levha üretiminde yonga yıkama makinesinde yongalar iki aşamada yıkanır. Birinci aşamada atık ayırıcıda yongalar, aralarında bulunan ufak parçalar kırıntılar v.b'den temizlenir. Atık ayırıcı içinde bir mil etrafında dönen pedallar vasıtasıyla yongalar su içerisinde sürekli karıştırılır. Sudan daha ağır olan parçalar yıkama makinesinin dibinde toplanmakta ve boşaltma valfinden atılmaktadır. Yongalar daha sonra üzeri açık yonga silosunda su içerisinde toplanır. İkinci aşamada yonga ve su karışımı bir pompa vasıtasıyla silodan vidalı transportör ile taşınır. Pompa vasıtasıyla meydana gelen şiddetli türbülans ile yongalardan yabancı maddeler uzaklaştırılır. Vidalı transportör belli bir açıyla yükseltmekte ve alt kısmında yıkama bölgesi olup içerisinde su bulunmaktadır. Yongalar vidanın hareketi ile ilerlerken hem temizlenmekte hem de sudan arındırılmaktadır. Yıkanan yongalar metal süzgeç ile kaplı vidalı transportörden geçerek hem suları süzülmemekte hem de pişirme kazanı yonga silosuna boşalmaktadır. Transportör belli bir açıyla yükseldiğinden süzülen su transportörün alt tarafından atık su deposuna boşaltılmaktadır. Yıkanan yongaların rutubeti %100'e varmaktadır.

Örneğin %40 rutubetteki yonga için gerekli yıkama suyu 22 ton/saat'tir. %60 rutubet için 12 ton/saat, %80 rutubet için 4 ton/saat, %100 ve daha fazla rutubet için 2 ton/saat su gereklidir (Maloney 1993).



Şekil 1.45: Yonga Yıkama Sistemi (URL-24, 2010)

1.2.9.7 Liflendirme (Fiber Preperation)

Genel olarak lif üretimi yongaların orta lamelinde bulunan ligninin mekanik etkilerle veya ısıyla ya da kimyasal madde ve ısının ortak etkileriyle yumuşatılması sonucu gerçekleştirilmektedir. Lignin yumuşatıldıktan sonra lifler serbest hale dönüşür ve mekanik, kimyasal veya termal mekanik yöntemlerden birisi uygulanarak levha yapımında kullanılacak lifler elde edilmiş olur.

Liflevha endüstrisinde genel olarak üç farklı liflendirme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar; mekanik liflendirme yöntemleri (taş mekanik liflendirme ve defibratörle mekanik liflendirme), kimyasal – mekanik yöntemler (Biffar Değirmeni ve Boja – Jung Defibratörü) ve termal mekanik yöntemler (Masonit Yöntemi ve Asplund Defibratör Yöntemi) şeklinde ifade edilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000). Dünya’da ve ülkemizde MDF fabrikalarında liflendirme için genellikle mekanik yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde ilk önce yongalar buhar ve basınç altında yumuşatılmakta, daha sonra mekanik olarak liflendirme işlemi yapılmaktadır.

Kollmann ve diğ. (1975)’te Amerika Birleşik Devletleri’nde 1926 yılında mason yöntemiyle lif hamuru üretimine başlandığından bahsedildiğini ifade etmektedir. Ayrıca, bundan kısa bir süre sonra İsveç’te Arne Asplund isimli mühendis, tavan döşemelerinde kullanılan paçavra hammadde yerine yeni bir hammadde araştırırken 1931 yılında “Asplund Defibratör Yöntemi’ni” geliştirmiştir. Bu yöntemle göre odun hammaddesinden lignin ayrılarak mekanik işlemler ile lifler ayrılmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan liflendirme yöntemidir. Yöntemin temel mantığı, termomekanik liflendirmedir.

Bu yöntem, odunsu hücrelerin orta lamelini bağlayan lignin ve polisakkaritlerin 165-200 °C sıcaklıkta eriyerek liflerin mekanik ovma ile zarar görmeden ayrılması ilkesine dayanmaktadır. Yöntemin ana ilkesi termomekanik liflendirmedir. Hammaddenin buharlanmasından sonra defibratör denilen diskli rafinörde liflendirme yapılmaktadır. Defibratör yönteminde her türlü yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunu, endüstriyel artıklar, şeker kamışı, saman, keten, kenevir, pamuk sapı, bambu gibi lignoselülozik hammaddeler kullanılabilir (Kollmann et al., 1975; Atchison, 1962; Eroğlu ve Usta’dan, 2000).

Liflendirme ünitesi temel olarak aşağıdaki kısımlardan oluşur;

- a. Yonga Silosu - Ön Buharlama Kazanı Silosu (Chip Bin – Steaming Bin),
- b. Besleme Düzeni - Vidalı Besleyici (Üst Şineke - Plug Screw),
- c. Sıkıştırma - Mantarlaştırma Pistonu (Blow Back Valve)
- d. Buharlama - Pişirme Kazanı,
- e. Alt Şineke (Discharge Screw)
- f. Besleme Helezonu (Feed Screw)
- g. Defibratör
- h. Boşaltma Düzeni (Blow Line)
- ı. Start-Up Siklonu

1) Yonga Silosu - Ön Buharlama Kazanı Silosu (Chip Bin – Steaming Bin)

Yonga yıkama sistemi kullanılıyorsa yongalar, pompalar yardımıyla delikli helezon ve oradan da ön buharlama silosuna gelmektedir. Yonga yıkama sistemi kullanılmıyorsa yongalar, bantlı transportörler yardımıyla pişirme kazanı silosuna (ön buharlama silosu) gelmektedir. Yapısı koni şeklindedir. Burada yongalara ön buharlama işlemi uygulanmakta ve pişirme kazanı öncesi dozajlama yapılmaktadır.



Şekil 1.46: Chip Bin (Ön Pişirme-Buharlama) (URL-25, 2018)

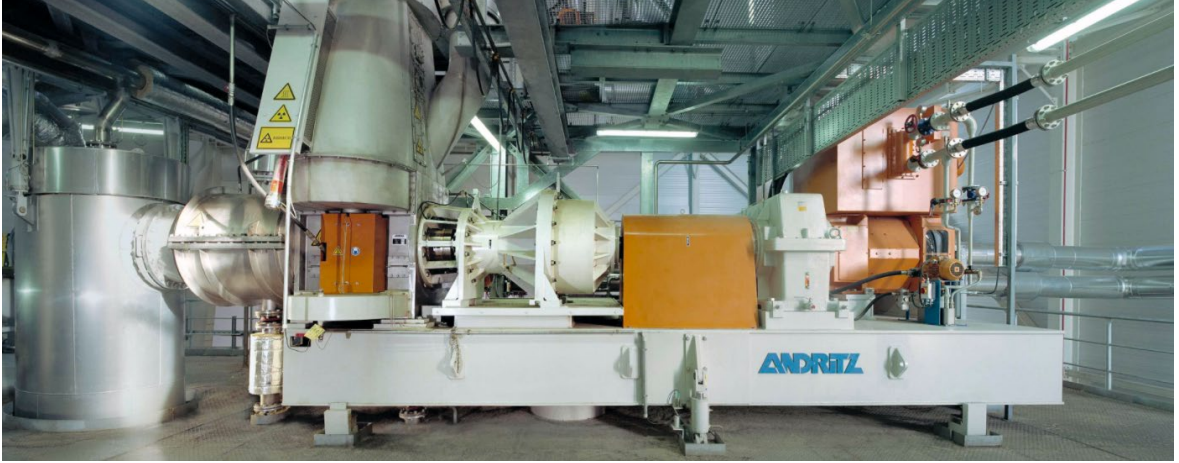


Şekil 1.47: Chip Bin (URL-26, 2019)

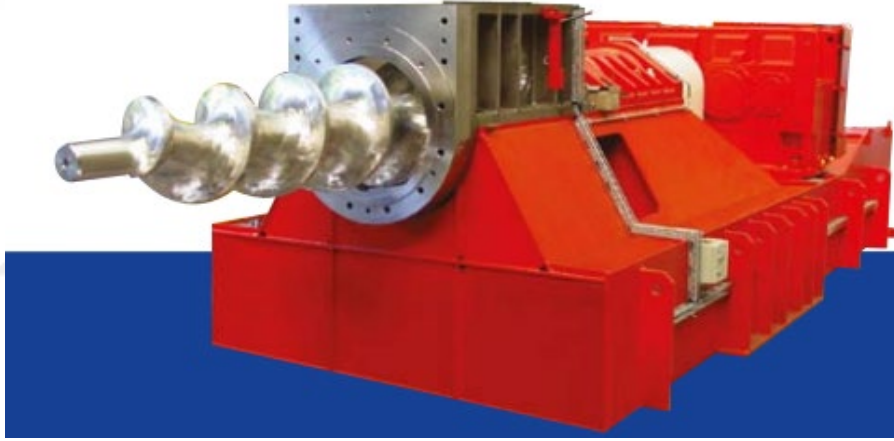
2) Besleme Düzeni - Vidalı Besleyici (Üst Şineke - Plug Screw)

Yonga silonun altında bulunan helezon-vida (plug screw), pişirme kazanını düzenli bir şekilde yonga ile besleme görevi görmektedir. Bu helezonun devir sayısı lif üretim kapasitesine göre ayarlanabilmektedir. Devir sayısı yaklaşık olarak 10-85 dev/dk olarak ayarlanmaktadır. Her bir devir için iletilecek yonga miktarı sonsuz vidanın çapına göre 0,65-1,00 kg. arasında değişmektedir.

Besleme düzeninin konikliği sayesinde, yongalar buharlama kazanına doğru ilerledikçe 2 birim hacimdeki yonga 1 birime düşürülerek basınç etkisi ile sıkıştırma sağlanmış olur. Hacimdeki değişim aynı zamanda “Sıkıştırma Faktörü”nü vermektedir. Taşıyıcı vidayı saran delikli kovan bulunmaktadır. Kovan ve vidada aşınmayı önlemek amacıyla yongaların sıkıştırılması buharın kazandan çıkışını önleyecek şekilde olmalıdır. Bu nedenle, sıkıştırma kovanının (borusu) konikliği ve sonsuz vidanın meyli iyi hesaplanmalıdır. Kovan içerisinde yongaların kolay ilerlemesini sağlayan uzunluk yönünde profiller bulunmaktadır. Sıkıştırma nedeniyle mantar haline gelen yongaların fazla suyu sonsuz vidayı saran kovan üzerindeki delikler yardımıyla toplama kabına dökülür. Bu sayede, süzülen soğuk suyun buharlama kazanına girmesi ve ısı kaybına neden olması önlenir.



Şekil 1.48: Refiner Plug Screw Ünitesi (URL-27, 2019)



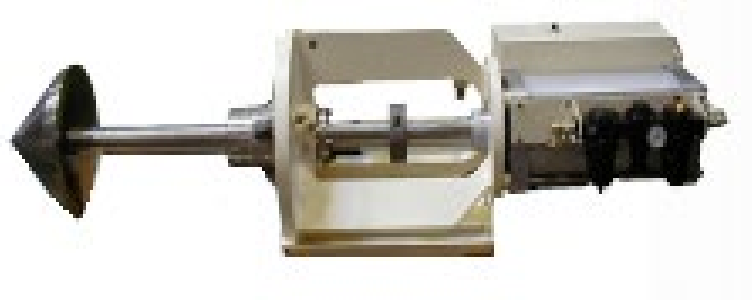
Şekil 1.49: Plug Screw ve Kovanı (URL-28, 2017)

3) Sıkıştırma - Mantarlaştırma Pistonu (Blow Back Valve)

Sonsuz vida (Plug Screw) ucunun karşısında sıkıştırma ve mantarlaştırmada asıl etkili olan hidrolik piston-valf bulunmaktadır. Bu piston Blow Back Valve olarak da bilinmektedir. Bu piston yongalara yaklaşık olarak 1,5–2,5 bar. karşı basınç uygulamaktadır. Bu basınç pistonu buhar basıncının kazandan kaçmasını engellemektedir. Valf ileri ya da geri konumda çalıştırılarak lif kalitesi değiştirilebilir.

Herhangi bir nedenle kazana yonga girişi kesilir ve kazandaki buharın yonga ile patlama tehlikesi oluşursa emniyet sübabı otomatik olarak açılarak sıkıştırma borusunu tıkar. Bu

sübap aynı zamanda kazana düşen sıkıştırılmış yongaların mekanik olarak dağılmalarını da sağlar (Özen, 1979; Çehreli, 1982; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).



Şekil 1.50: Blowback Valf-Mantarlaştırma Pistonu (URL-29, 2019)

4) Buharlama - Pişirme Kazanı (Digester)

Dağılarak buharlama kazanına düşen yongalar burada 8-12 atmosfer basınç, 160-185 °C'de doymuş kuru buharla karşılaşırlar. Bu durumda yongalar şişer, yumuşar ve lignin gevşer. Yongaların daha homojen pişmesini sağlamak için kazana buharın bir kısmı üst taraftan, bir kısmı da kazanın alt bölgesinden verilmektedir.

Yonga silosunda olduğu gibi pişirme kazanında da doluluk seviyesini gama ışınları ile tespit eden sistem bulunmaktadır. Kazanın bir tarafında bulunan kısımdan gönderilen ışınlar, onun tam karşısında bulunan detektör vasıtasıyla algılanır ve belirli bir açıyla tekrar gönderilir. Bu şekilde seviye ölçüm işlemi yapılmaktadır. Yonga pişirme kazanının alt kısmında karıştırıcı yer almaktadır. Bu sistem yongaları homojen karıştırmakta ve buhar etkisinin eşit olmasını sağlamaktadır.

Pişirme kazanının alt kısmında bulunan helezon (discharge screw-pişirici boşaltma helezonu) ile yongalar defibratöre iletilmektedir. Bu helezonun devir sayısı 0-60 dev/dk arasında değişmektedir. Boşaltma helezonunun hızına göre liflere katılacak tutkalın lt/dk olarak hızı ayarlanmaktadır. Boşaltma helezonunun hızı, pres kapasitesini etkilemektedir. Hızın artması ile pres kapasitesi yükselmektedir. Çünkü devir sayısı artırıldığında defibratörden daha fazla lif elde edilecektir. Ayrıca devir sayısının artması ile doluluk oranı azalır ve üst kısımda bulunan besleme helezonunun (plug screw) devir sayısı otomatik olarak artmaktadır.

Piştirme kazanından çıkan yongalar alt kısımda bulunan boşaltma helezonu tarafından, bu helezona dik olarak konumlanmış besleme helezonuna (feed screw) iletilmekte, buradan da defibratöre boşaltılmaktadır. Bu helezon ise diğerlerinde çok daha hızlı devir yapmaktadır. Çalışma hızı yaklaşık olarak 300-500 dev/dk arasında değişmektedir. Parafin veya emülsiyon, yongalara boşaltma helezonu ile besleme helezonu arasından verilmektedir. Aksine parafin, tutkalda olduğu gibi lif çıkış borusunda katılırsa, liflerin rengi koyulaşmakta ve topaklaşma meydana gelmektedir (Kastamonu Entegre, 2007).

Hammaddeye bağlı olarak seçilen buhar basıncı, buhar sıcaklığı ve buharlama süresi defibratörün verimini ve lif kalitesini belirler. Buharlama süresi basınç, sıcaklık ve ağaç türüne bağlı olarak 3-6 dakika arasında değişir. Buharlama kazanında sıcaklık ve basınç etkisi sonucu oluşan hidroliz ile formik asit, asetik asit gibi organik asitler oluşur. Bunlar hemiselülozları hidrolizleyerek pentozanları çözmekte ve yıkama ile bir kısmının uzaklaşmasına neden olmaktadır. Böylece lif verimi % 90-98 arasında değişir. Bu nedenle, hidroliz süresinin çok iyi ayarlanması gerekir (Çehreli, 1982; Atchison, 1962; Eroğlu ve Usta'dan, 2000).

Yonga rutubetinin %40–60 olması ya da %100 olması durumunda daha iyi bir ısı iletimi sağlanmakta ve yonga plastikleşmektedir. Bu rutubetteki yongaların sıcaklık ve basınç etkisi altında kalması sonucu hücre çeperindeki lignin yumuşamakta, bunun sonucu olarak yongalar diskler arasından geçerek mekanik olarak liflendirilmektedir.

Yongaların rutubeti LDN altında ise buhar basıncı ve sıcaklık altında hücre çeperi yumuşamamakta ve hücre çeperi ayrışımı tam olamadığından yongalar diskler arasında kırılıp ufalanır ve kaliteli lif elde edilmeyip kalın lif üretimi ile birlikte enerji tüketimini de arttırır.

Piştirme kazanında yapılan işlem liflendirme lif kalitesini etkilemektedir. Yongaların kazanda kalma süreleri, kazanın doluluk seviyesine göre ayarlanır. Bu da kazanın altında bulunan boşaltma helezonu ve üst kısımdaki besleme helezonunun devir sayısı ile değiştirilmektedir.

Yongaların piştirme süresi; ağacın türü, yoğunluğu, yonga boyutları, pH değeri, üretilmek istenen lif boyutları vb. faktörlere bağlıdır. Piştirilen yongaların rutubeti %70-90 civarında

olursa daha iyi bir ısı iletimi sağlanacağından dolayı elde edilecek lif kalitesi iyileşmekte ve toz miktarı azalmaktadır.



Şekil 1.51: Pişirme Kazanı (URL-30, 2019)

5) Defibratör (Rafinör – Refiner)

Buharlama kazanında sıcaklık ve basınç altında yumuşatılan yongalar transport sonsuz vidasıyla defibratörün diskleri arasına getirilir. Yongaların liflendirilmesi diskler arasında mekanik olarak gerçekleştirilir.

Defibratörde yongaların diskler arasından geçmesi ile mekanik olarak lif elde edilmektedir. Defibratör (Refiner)’lerde kullanılan segmentlerin çapları 32 inç ile 72 inç arasında

değişmekte olup, iki adet disk (segment) bulunmaktadır. Bunlardan birisi sabit iken diğeri yaklaşık 1400–1500 dev/dk hızda dönmektedir. Dönen segment “rotor”, sabit olan ise “stator” olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca dönen bu segmentin ileri geri hareket etmesini sağlayan ve bu sayede liflendirme basıncını ayarlayabilen hidrolik bir sistem bulunmaktadır. Çift yönde dönebilen segmentlerin enerji tüketimi tek yönde dönebilen segmentlere oranla %30 daha fazladır.

Defibratör segmentine ortadaki boş kısımdan giren yonga, burada merkezkaç kuvvetinin etkisi ile ve arkadan gelen yongaların baskısıyla disklerin çevresine doğru spiral bir yol izlemektedir. İlk kademedeki yongalar uzunluğuna yarılarak kaba lif ve lif demetlerine ayrılırlar. Dışa doğru açılı küçüldüğünden dolayı birbirine yaklaşan bıçaklar kaba lif ve lif demetlerini yüzey olarak daha aktif hale getirerek bir yerde saçaklandırma görevi yaparlar. Burada yonga rutubeti önemlidir. Çünkü rutubet düşük ise segmentlerde lifler kırılacak ve daha kısa boyda olacaklardır. Ayrıca bu durumda harcanan enerji miktarı da artış gösterecektir. Bu yüzden uygun rutubet aralığı %70-90’dır. Defibratörde %100 rutubetli giren yongalar ortalama %55 rutubetli lif halinde çıkar.

Liflendirme sırasında öğütmeden ve buhar basıncından dolayı diskleri birbirinden uzaklaştırmaya çalışan bir basınç meydana gelir. Bu basınca liflendirme basıncı denir. Bu basınç; rafiner kapasitesi, yonga rutubeti, öğütme derecesi, buhar basıncı ve hammadde türüne bağlı olarak 2–5 kp/cm² arasında değişir. Disk bıçaklarının aşınmasıyla verim ve lif kalitesinde düşme görülür. Bu azalma %30’u bulunca segmentlerin değiştirilmesi gerekmektedir. Defibratörler de tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere iki ayrı bıçak kullanılabilmektedir. Günümüzde avantajlı olan tek yönlü bıçaklar lif levha endüstrisinde büyük oranda kullanılmaktadır.

Lif kalitesini etkileyen faktörler;

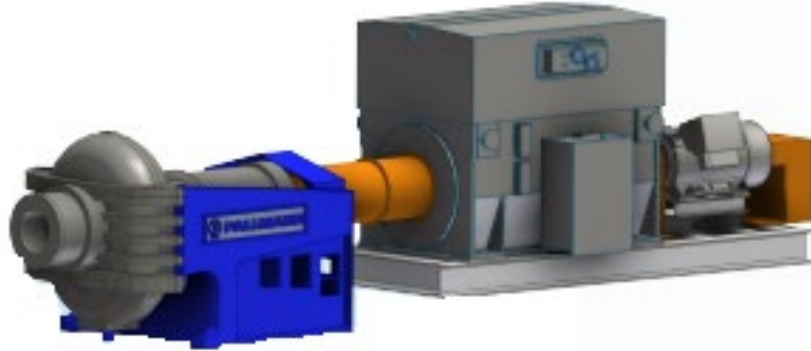
- 1- Kazanın buhar basıncı ve pişirme süresi,
- 2- Chip Bin ön buhar miktarı,
- 3- Chip Bin dozajlama,
- 4- Plug Screw sıkıştırma faktörü,
- 5- Defibratör basıncı,
- 6- Blow back valve konumu,

- 7- Yonga rutubeti,
- 8- Yonga cinsi, boyutu ve karışımı,
- 9- Disklerin karşılıklı konumu,
- 10- Bıçaklar arasındaki mesafe,
- 11- Bıçakların yapısı ve geometrik şekli,
- 12- Bıçakların çalışma süresi,
- 13- Defibratörün alt besleme helezonunun (discharge screw) hızı,
- 14- Alt ve üst besleme helezonu ile kazan doluluk arasındaki optimum oran seviyesi,
- 15- Lif çıkış valfi-klapesi (discharge valve) açıklığı.

Defibratör ilk devreye alındığında; pişirme kazanı ve defibratörün ısıtılması esnasında buhar yoğunlaşmalarından dolayı defibratörden çıkan lifler ıslak olurlar. Bu nedenle, ıslak lifler kurutucuya verilmeyip yönlendirme klapesi yardımıyla start-up siklonuna gönderilir. Lifler istenen rutubet oranına ve inceliğe ulaştığında klape pozisyonu değiştirilerek kurutma hattına çevrilir. Defibratöre giren yongaların liflendirilmesi 1-2 sn. içinde gerçekleşir. Defibratörün hemen yanında blow line (lif çıkış borusu) üzerinde boşaltma valfi (discharge valve) bulunmaktadır. Bu valfin görevi; defibratör basıncının düşmesine engel olmak, elyaf kalitesinin optimum olmasını sağlamak ve pişirme kazanındaki doluluk oranına göre kapasiteyi ayarlamaktadır. Boşaltma valfi 2 şekilde çalışmaktadır. Birincisinde, açılıp kapanmayı yapan 2 sübap bulunmaktadır. Bunlar, defibratörden buhar kaçışını önlemekte ve biri açılınca diğeri kapanmaktadır. Boşaltma valfinin tamamen açılıp kapanması söz konusu değildir. O anda, pişirme kazanındaki yonga miktarına, discharge screw devrine göre açılıp kapanma oranları değişebilmektedir. Boşaltma valfi dk. da 40-60 defa açılıp kapanarak liflerin çıkışına imkan vermektedir. İkinci sistemde ise boşaltma valfi açılıp kapanmayıp, blow line üzerinde belirli açı ile konumlandırılmıştır. Valf açıklığı artırılıp azaltılabilmektedir. Defibratörün hemen çıkışında 80-100 mm. çapındaki boşaltma valfine doğru liflerin gönderilmesi için defibratörden itme basıncı, pişirme kazanının basıncından 0,5-1 bar. daha fazla olmalıdır. Valfin dakikadaki açılıp kapanma süresinin ve açının azaltılması, liflerin defibratörde daha uzun süre kalmasına, liflerin kesilmesine ve kararmasına neden olacaktır. Ters durumda ise, yeterince liflendirme sağlanamadığından kaba liflendirmeye neden olacaktır. Boşaltma valfinin açılıp kapanması ile defibratörde meydana gelecek basınç azalması 0,2-0,35 atm. den fazla olmamalıdır. Bu fark büyüdüğünde yongalar diskler arasında yeterince liflendirilmeden çıkarlar. Bu sebeple, dakikadaki boşaltma valfi açılıp kapanma sayısı azaltılmalıdır.

Defibratörün bıçakları arasındaki mesafe, lif boyutlarını direkt olarak etkilemektedir. Genelde bu açıklık 0,05 mm civarında tutulmaktadır. Bu süreçte liflendirmeden dolayı segmentlerin arasındaki mesafeyi artırıcı yönde oluşan bir liflendirme basıncı söz konusudur. Defibratörün bıçakları değişik faktörlerden dolayı aşınmaktadır. Aşınan segmentlerde ise lif kalitesi ve verim düşmektedir. Ayrıca elektrik tüketimi artmaktadır. Tek yönlü segmentler için çalışma zamanı yaklaşık 700 saat, çift yönlü segmentlerde ise 2000 saat seviyesindedir. Çift yönlü segmentlerin çalışma ömürleri aynı şartlarda çalışan tek yönlü segmentlere göre fazla olmakla birlikte, elektrik enerjisi tüketimi yaklaşık %30-40 daha fazladır. Ayrıca çift yönlü segment ile çalışma esnasında yaklaşık olarak 72 saat ara ile makine durdurulup yön değiştirilmesi yapılmaktadır.

Defibratörün çıkış kısmında “lif çıkış borusu” (Blow Line) bulunmaktadır. Lifler bu boru vasıtasıyla kurutucuya kadar gitmektedir. Lif çıkış borusu üzerinde lif çıkışını ayarlayan bir valf (Blow Out Valve) bulunmaktadır. Bu valfin açıklığı da ayarlanarak lif kalitesi değiştirilebilir. Eğer bu valfin kapalı olduğu süre uzarsa, elde edilen lif boyutları kısılmakta ve renkleri koyulaşmaktadır. Ayrıca boşaltma valfi, defibratör basıncının azalmasına engel olmakta ve kapasiteyi ayarlamaktadır.



Şekil 1.52: Defibratör (URL-31, 2019)

1.2.9.8 Tutkallama ve Diğer Kimyasal Maddelerin İlavesi

Lif levha kalitesini, ağaç türü ile birlikte büyük oranda yapıştırıcı madde de etkilemektedir. Kullanılan yapıştırıcının kaliteli ve yapışma mukavemetinin yeterli olmasından başka, tutkallama işleminin de kusursuz olması gerekmektedir. Bu sebeple, liflerin yapıştırıcı ile

muamelesinde pülverize yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde amaç, tutkal çözeltisini çok küçük taneciklere ayırarak, lifler üzerinde her noktayı tutkallayacak şekilde p sk rtmektir.

Lif levha üretiminde tutkallamada iki yöntem uygulanmaktadır. En sık kullanılan yöntem defibratör çıkışında liflerin kurutucuya girmeden önce tutkallanmaya alınmasıdır. İkinci yöntem ise daha çok eskiden kullanılmış olan yonga levhada olduğu gibi kurutulan lifin tutkallanması işlemidir.

Kuru yöntemle MDF  retiminde, lifler arasında oluşan doğal bağlar yetersiz olduğundan tam kuru lif ağırlığına oranla % 8-12 tutkal ilave edilerek istenen yapışma ve mukavemet sağlanabilmektedir. Üre formaldehit tutkalı ( F) lif levha üretiminde en fazla tercih edilen tutkal türüdür. Kullanımının kolay olması, raf ömrünün uzun olması, ucuz olması, kısa sürede sertleşmesi üretimde kullanılma sebepleridir. Üre formaldehit tutkalı sıvı halde, % 50-65 katı madde konsantrasyonu ile üretilmekte ya da dışarıdan satın alınmaktadır. pH değeri 7,5–8,5 ve 20 C de depolama süresi 4-5 haftadır. Bazı fabrikalarda, ihtiyaa göre  re Formaldehit tutkalına belirli oranda melamin ilave edilerek MUF tutkalı kullanılmaktadır. MUF tutkalı kullanımında fiziksel ve mekaniksel özelliklerde iyileşme görülmekte, fakat maliyet artmaktadır.

Liflerin belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra tutkallama makinelerinde (ortalama % 10) tutkallanmasında, sıvı yapıştırıcı liflerin üzerine uygulayan tutkallama makineleri ikiye ayrılmaktadır. Bunlar fasılalı ve fasılasız makineleridir. MDF endüstrisinde fasılasız tutkallama makineleri kullanılmaktadır. Yapıştırıcı ve diğer katkı maddeleri, tutkallama makinesi içerisinde bulunan ve karışımı çok küçük parçacıklara ayırabilen, havalı veya havasız püskürtme başlıkları, basit tüpler ya da döner santrifüjlü enjektörler vasıtasıyla lif yüzeylerini ince yapıştırıcı film halinde kaplamaktadır. Bu makineler, her lifin bütün yüzeyini yapıştırıcıya maruz bırakmaya çalışmak yerine liflerin hızla ilerlerken birbirlerine sürtünmesi sonucu olmaktadır. Bu nedenle tutkallama makineleri içinde liflere çeşitli hareketler verilerek iyi bir yapıştırmanın elde edilmesine çalışılmaktadır (Akbulut, 1991).

Levhanın suya karşı dayanım kazanması amacı ile parafin verilir. Parafin levhanın ortam rutubetine direnç göstererek çalışmasının azalmasını sağlayan polar yapı göstermeyen

yağlı özellikte bir maddedir. % 40-60 arasında konsantrasyona sahip olan parafin emülsiyonu tam kuru lif ağırlığına oranla % 1–2 değerinde katı veya sıvı durumda verilmektedir. Pişirme kazanından önce, pişirme kazanı ile defibratör arasında, defibratör bıçakları arasında ya da blow line üzerinde katı-sıvı formda verilebilmektedir.

Liflere, liflendirme borusu (blow line) üzerinden ya da tutkala ilaveten başka kimyasal maddeler katılmaktadır. Tutkalın erken sertleşmesinde, amonyum sülfat ya da amonyum klorür kullanılmaktadır. Buna ilaveten hidrofobik kimyasal maddeler (parafin) tamponlama maddesi (amonyak), formaldehit tutucular (amonyum sülfat), yanmayı engelleyici kimyasal maddeler (Çinko Borat, Borik Asit, Boraks, MAF, DAF, Amonyum Fosfat, DBF) ve biyolojik zararlılara karşı koruyucu maddeler (sodyumpentaklorfenol) kullanılabilir. Sertleştirici madde miktarı kuru lif ağırlığına oranla %0.5-0.8 arasında değişirken, parafin miktarı ortalama %1 civarındadır.



Şekil 1.53: Siempelkamp Eco-resinatör Tutkallama Sistemi (URL-32, 2017)



Şekil 1.54: Imal Pal Tutkallama Sistemi (URL-33, 2019)

1.2.9.9 Kurutma (Fiber Drying)

Defibratörden çıkan liflerin üzerine tutkal, sertleştirici, parafin v.b kimyasal maddeler ilave edildikten sonra lifler buhar basıncı yardımıyla lif çıkış borusundan kurutucuya gönderilir. Yonga levha ve OSB endüstrisinde döner tambur tipli kurutucular tercih edilirken MDF üretiminde sadece tüp şeklindeki lif kurutucular (fiber drying) kullanılmaktadır.

Bu kurutma tüplerinin çapları (kapasiteye bağlı olarak) 1–4 m. iken, boyları 100–150 m. arasında değişmektedir. Kurutma tüplerinin etrafı çeşitli izolasyon malzemeleri ile sıkı bir şekilde sarılarak ısı kayıpları engellenmeye çalışılmaktadır. Kurutucu içindeki hava hızı yaklaşık 30–40 m/sn arasında değişmekte ve 50–60 gr/m³ lif taşınabilmektedir. Kurutma tüpünde liflerin kalma süresi 2–3 sn civarındadır Uygulamada çoğunlukla tek kademeli kurutma uygulanır. Buna rağmen bazı firmalar iki aşamalı kurutmayı tercih ederler. Kurutma tüpünde ilerleyen liflerin sıcak hava etkisi ile rutubetleri azalmakta, daha sonra hava ile lifin ayrılması için siklonlara gelmektedir. Siklonlarda, havadan ayrılan lifler, serme hattına verilmek üzere lif bunkerlerine gitmektedir.

Liflerin kurutucu içinde kalma süresi 7 s.'yi geçmemelidir. Bir kg lifin transportu için 3 m³ hava gereklidir. Hava lif karışımının oksijen miktarı ise % 17'yi geçmemelidir. Kurutma tüpü içindeki oksijen miktarı %17'yi aştığında yangın tehlikesi doğmaktadır. Kurutma tek kademe ile yapılabileceği gibi iki kademeli sistemlerle de yapılabilir. Ancak, uygulamada genellikle tek kademeli kurutma sistemleri kullanılmaktadır. Kurutma işleminde gereken ısı enerjisi doğal gaz veya LPG'nin brülörlerde yakılması ile elde edilmektedir. Ayrıca yüksek kapasitedeki katı yakıt kazanlarının bacalarından çıkan sıcak havanın bir filtreden geçirilmesi sonrasında kurutucuya verilmesi veya doğalgaz türbünlerinin elektrik üretimi sonrasındaki eksozlarının kurutucuya verilmesi ile de ısı enerjisi elde edilmektedir.

Kurutucu giriş sıcaklığı (lif miktarına ve lif rutubetine göre) 80-250 °C, çıkış sıcaklığı ise 50-70 °C'dir. Liflerin sonuç rutubet miktarı, kurutucu çıkış sıcaklığı ile ayarlanmaktadır. Lifin elde edildiği ağacın türü, yoğunluğu, lif boyutları, başlangıç lif rutubeti, kurutucu giriş sıcaklığı, kurutucu çıkış sıcaklığı, kurutma tüpünün boyutları (boy ve çap), hava hareketi hızı ve kurutucunun cinsi kurutma işlemini etkileyen faktörlerdir. Kurutucu sonunda istenilen rutubet değerine getirilen lifler, siklon adı verilen kısımda toplanmaktadır. Siklonun alt kısmında bir hava kiliti (rotary valf) bulunmaktadır. Bu sayede sıcak hava ve buhar, liflerden ayrılmakta ve dışarı atılmaktadır. Kurutma hattında yangın algılama ve söndürme dedektörleri ve nozulları bulunmaktadır. "GreCon" isimli sistem bazı fabrikalarda bu amaçla kullanılmaktadır. Yangın söndürme sisteminin hassasiyet seviyesi kontrol edilebilmektedir. Bu sistemde kurutma hattının çeşitli yerlerine yerleştirilen sensörler, kıvılcımları saymaktadır. Eğer bu kıvılcımlar belirli bir seviyeyi geçerse yangın tehlikesi ortaya çıkabilir. Bunu önlemek için sistem, belirli yerlerden kurutma tüpüne su püskürtmektedir.

Kurutmayı etkileyen faktörler;

- Odun Türü ve Karışım Oranı,
- Odun Rutubeti,
- Kurutucu Girişi Lif Rutubeti,
- Hava Hızı,
- Lif Boyutları,
- Kurutucu Uzunluğu ve Çapı,
- Kurutucu Giriş ve Çıkış Sıcaklıkları,

- Serme Rutubet Oranı,
- Dış Ortam Sıcaklığı ve İklim Koşulları,

Kurutucu sonunda istenilen rutubet değerine getirilen lifler, siklon adı verilen kısımda toplanmaktadır. Siklonun alt kısmında bir hava kiliti (rotary valf) bulunmaktadır. Bu sayede sıcak hava ve buhar, liflerden ayrılmakta ve dışarı atılmaktadır. Genellikle siklonlardaki merkezkaç kuvvetinin etkisiyle 5-200µ iriliğindeki partiküllerin tutulması sağlanır. Merkezkaç kuvveti spiral akımla ortaya çıkar. İletilen materyal siklonda merkezkaç kuvvetinin etkisiyle hava akımından ayrışır.

Liflerin yüksek sıcaklıkta kurutulması iki önemli problemi oluşturur. Bu problemler yangın ve siklonlarda patlama tehlikesidir. Kurutma tüpüne giren rutubetli haldeki lifler kurutma tüpünün çelik aksamına ıslak olması nedeniyle yapışabilir eğer böyle yapışma olursa lif tamamen kuruduğu zaman yanar ve kurutucu tüp boyunca kıvılcım yayılır. Kıvılcım silolardaki liflere kadar ulaşarak patlamalara neden olmaktadır. Böylece yangının yayılmasına sebep olmaktadır. Bazen metal parçaları ve karbonlaşmış defibratör atıkları vb de kurutucularda yangına sebep olabilir. Kurutma hattında yangın algılama ve söndürme dedektörleri ve nozulları bulunmaktadır. Dünyada Grecon (Alman), İmal (İtalyan), Firefly (İsveç) vb. firmalar başarı ile bu sistemleri kurmaktadır. Kurutma hatları paslanmaz çelikten yapılarak metallerin lif rutubetine karşı korozyonu ve ısı kayıplarını en aza indirmek için tamamen hat boyunca izolasyon malzemesiyle kaplanmaktadır. GreCon yangın söndürme sistemleri bazı fabrikalarda bu amaçla kullanılmaktadır. Yangın söndürme sisteminin hassasiyet seviyesi kontrol edilebilmektedir. Bu sistemde kurutma hattının çeşitli yerlerine yerleştirilen sensörler, kıvılcımları görmektedir. Eğer bu kıvılcımlar belirli bir seviyeyi geçerse yangın tehlikesi ortaya çıkabilir. Bunu önlemek için sistem, belirli yerlerden kurutma tüpüne su püskürtmektedir.



Şekil 1.55: 4 Siklonlu Lif Kurutma Sistemi (URL-34, 2017)



Şekil 1.56: Lif Kurutma Sistemi (URL-35, 2017)

1.2.9.10 Lif Eleme (Havalı Ayırma)

Kurutma hattında istenilen rutubet değerine getirilen lifler, kuru lif siklonlarına gelmekte, buradan da transportörler yardımıyla havalı ayırıcıya gitmektedir. Havalı ayırıcıda yabancı materyallerden ayrılan lifler, “lif bunkerine” iletilmektedir.

Levha üretiminde lif ve kimyasal madde karışımının içerisinde odun artığı, yapıştırıcı kümesi, lif tortusu, metal, mineral, lateks vb. maddelerin bulunması elde edilecek levhanın kalitesine etki eder ve fiziksel ve mekanik özelliklerini azaltır. Bu nedenle levha taslağı oluşturmada önce lif eleme ünitesinin yapılması elde edilecek ürünün kalitesini artırır.

Eleme ünitesinin verimi parça büyüklüğü ve şekli ile birlikte zig-zag kısımda bulunan düşey havanın hızına bağlıdır. Düşey havanın hızı arttırıldığında üst kısma giden parçalar (üretim giden kaba lif oranı) artarken alt kısma gidenler (elenen) azalır. Düşey havanın hızı azaltıldığında üst kısma giden parçalar (üretim giden kaba lif oranı) azalırken alt kısma gidenler (elenen) artar. Eleme ünitesinin verimi havanın hızı ile ayarlanabilir.

Günümüzde Avrupa ve Amerika’da birçok MDF fabrikasında lif bunkerlerinden ve havalı ayırıcılardan lifler geçerken yaklaşık 60°C’ye kadar ısıtılır ve buhar enjeksiyonu ile belli bir rutubet derecesine getirilen sıcak hava ile serme hattına taşınmaktadır. Burada asıl amaç lifleri belli bir sıcaklık derecesine kadar ısıtarak preslemede ısı transferi işlemini hızlandırmaktır. Sıcak havanın lifleri kurutmamak için buharla kondisyonlanması sonucu liflerin rutubeti kurutucudan serme istasyonuna kadar belli bir değerde korunmaktadır. Bu işlemi takiben serme bandı üzerinde prese gelen taslağın sıcaklığı 45°C’ye ulaşmaktadır. Liflerin kondisyonlanması sıcak prese kadar sıcaklık ve nemini muhafaza etmesi üretim kapasitesinde %30’a varan bir artış sağlar.



Şekil 1.57: Havalı Ayırıcı (Z Sifter) (URL-36, 2015)

1.2.9.11 Serme - Taslak Oluşturma (Mat Forming)

MDF üretimi için kurutucuda uygun rutubet derecesine getirilen lifler, taslak oluşturmak amacıyla serme istasyonuna gelir. Serme istasyonunda, liflerin hem istenen ağırlık değerinde dozajlaması yapılır hem de enine yoğunluktaki sapmaları minimize etmek için gerekli şekillendirme yapılır.

Serme sisteminin asıl görevi pres öncesi levha taslağını istenen özellikler dahilinde nihai konuma getirmektir. Liflerin pasta haline dönüşürken homojen olarak dağılması çok önemlidir. Bu amaçla mekanik sistemle çalışan ön dağıtıcıdan çıkan lifler yönlendirme kısmına çarpar ve ters şekilde dönen silindirler arasına düşer. Liflerde topaklanma görülmemesi beklenmektedir. Lif dağıtma kafaları vasıtası ile ilerlerken artık taslak meydana getirmek üzeredir. Lif taşıma sırasında devir ayarları yapılarak uygun taslağın oluşması sağlanmaktadır (Siempelkamp Bulletin 2001).

Lifler, dağıtıcı ve düzeltici tırmıklar vasıtasıyla iyice harmanlanmakta ve topaklanmalar önlenmektedir. Buradaki amaç homojen bir levha taslağı oluşturmaktır. Dozajlama bunkerı (Metering Bin) adı verilen bir odada bulunan lifler, alttaki silindirler (serme başlığı – spreader head) vasıtasıyla sonsuz banda serilmektedir.

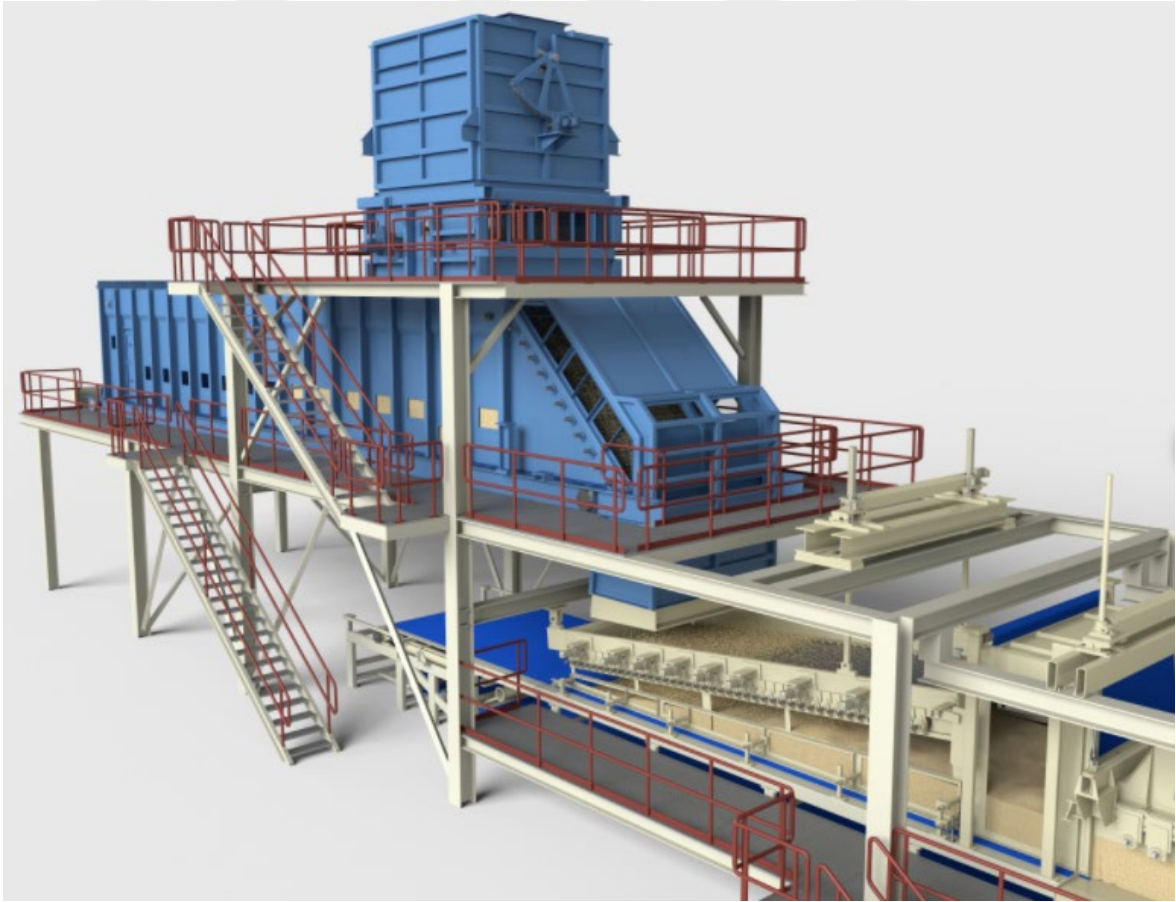
Lifler banda serilirken istenen sonuç levha yoğunluğu ve kalınlığını elde etmek için serme sonrasında online ölçüm yapan taslak (mat) kantarları vasıtasıyla tartım yapılır ve set edilen (hedeflenen) tartım değerine ulaşmak için bunker bant hızı otomatik olarak ayarlanır. Taslağın üst kısmında bulunan ve “scalper” adı verilen bir silindir yardımıyla taslağın fazlalıkları, üst kısımdan alınmaktadır. Scalper ile alınan lifler, tekrar kullanılmak üzere lif bunkerine hava ile gönderilir. Ayrıca scalper kullanılmaksızın 6 adet tırmık vasıtasıyla serme yüzeyini ve taslak ağırlığını ayarlayan sistemler de özellikle son 7 yıldır yoğun olarak kullanılmakta ve hatta yüksek kapasiteli hatlarda zorunlu olarak tercih edilmektedir. “Equalizer” adı verilen sistem, bu işlemi yapmaktadır.

Equalizer-düzeltilme silindirinin görevi enine yönde fazla gelen lifi tırmıkla geri atarak homojen lif dağılımını sağlamak ve fazla lifi emişle sisteme tekrar kazandırmaktır. Levha taslağının yüksekliği pastanın hacim ağırlık değerine bağılı olarak otomatik olarak ayarlanmaktadır. Yükseklik sağ ve solda bulunan birer adet yaba ile ağırlık ise terazi

yardımla ölçölerek mat yoğunluğu hesaplanabilmektedir.

Sonsuz bant üzerinde ilerleyen levha taslağının rutubet miktarı radyoaktif cihaz ile sürekli olarak ölçölerek kontrol odasındaki bilgisayarlaraya gönderilmektedir. Taslak rutubetinde meydana gelen aşırı düşme ve yükselme durumlarında müdahale edilmektedir.

MDF üretim prosesinde serme, çok önemli bir işlemdir. Optimum sermede, lifler bandın her bölgesine homojen bir şekilde serilmeli, böylece homojen bir yoğunluk dağılımı sağlanmalıdır. Homojen bir serme yapılamaması halinde üretilen levhanın formasyonunda yoğunluk dalgalanması olacaktır. Bu da fiziksek ve mekanik özelliklerin levhanın her yerinde eşit olmaması ve çalışmasının farklı olmasına neden olacaktır.



Şekil 1.58: Serme Ünitesi (Mat Former) (URL-37, 2017)



Şekil 1.59: Serme Hattı (URL-38, 2017)

1.2.9.12 Ön Presleme (Pre Press)

Sıcak presin kapanma süresini azaltmak ve presin kapanması sırasında oluşan hava akımı nedeniyle levha taslağının yüzey yapısının bozulmamasını önlemek amacıyla kuru ve yarı kuru yöntemle sert ve orta sert lif levha üretiminde ön presleme yapılır. Levha taslağının kalınlığı odun cinsine, liflerin serbestlik derecesine ve liflerin rutubet yüzdelilerindeki elastik davranışına bağlı olarak değişir. Serme kalınlığı levha kalınlığının yaklaşık 20 katı olup 6 mm. kalınlığında levha üretmek için 120 mm. serme kalınlığı gereklidir. Levha taslağının taşınabilmesi için yeterli sağlamlılığı kazanması gereklidir. Bu şekilde sıcak pres plakaları arasına yerleştirilebilir. Bunun için de ön presleme yapılması gerekmektedir. Ön presleme sonucunda taslak kalınlığı $2/3$ oranında azalır. Böylece; pres katları arasındaki açıklık ve kapanma süresi azaldığı için prestan daha iyi yararlanabilir (Peters, 1968; Özen, 1979; Eroğlu ve Usta'dan 2000; Suchsland and Woodson 1987).

Ön pres ünitesinde 4 bant eş zamanlı olarak çalışmaktadır. Bu ünite, serme bandı üzerinde taşınan pastaya mekanik bir presleme işlemi yapılmaktadır. Bu sayede pastanın içerdiği hava miktarının azaltılıp dışarı atılması ve pasta yüksekliğinin düşürülüp yoğunluğunun artırılması amaçlanmaktadır. Ön presleme işlemi sayesinde levhanın sağlamlığı ve yüzey kalitesi artırıldığı gibi, üretim hızı ve kapasitesi de önemli oranda yükselmektedir.

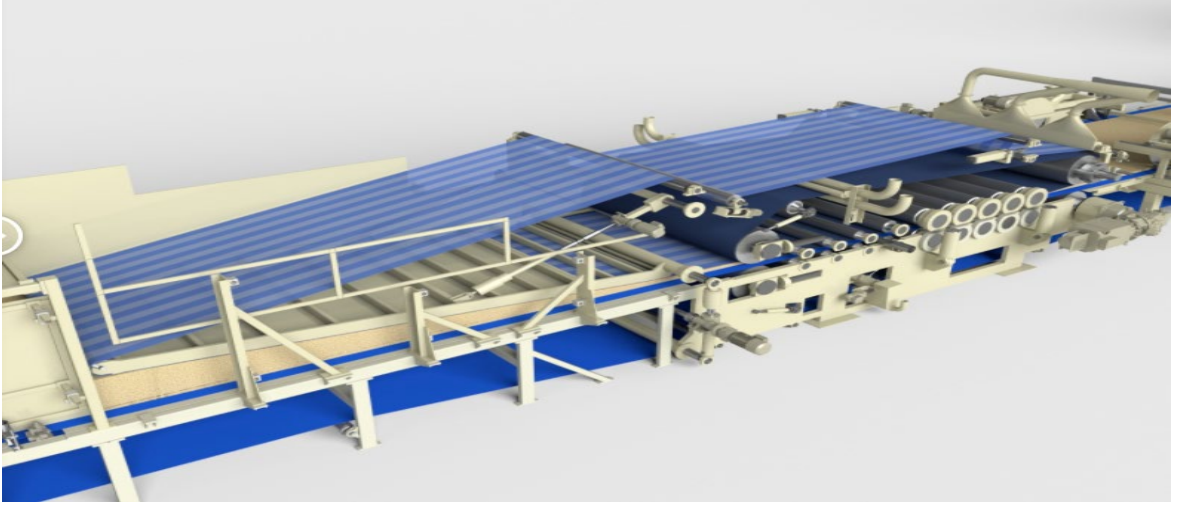
Ön presleme işleminin diğer önemli bir avantajı ise taslağın basınç silindirlerinden geçmesi ile içerideki havanın alınmasıdır. Ön presleme işlemi esnasında; sermeden önce pastanın (mat) kalınlığı yüksek ve yoğunluğu düşüktür. Ön presleme esnasında pastaya (mat) kuvvet uygulanarak yoğunluğu 12,5 kg/m³ artırılmaktadır. Ön pres sonrası pastanın yoğunluğu %40 azalmaktadır. Ön preslemede pastaya uygulanan sıcaklık ve basınç ile birlikte yoğunluk 6,5 kat artmaktadır. Böylece ön pres sonrası sıcak preste levha taslağı içindeki ısı iletimi yüksek olmakta ve sıcak pres süresi azalmaktadır.

Taslak genişliği boyunca iki adet testere bulunmaktadır. Bu testerelerin görevi, levha taslağının kenarlarından bir miktar alarak sürekli presin genişliğine uygun hale getirmektir. Levha taslağı hedeflenen ağırlıkta değilse, taslak içinde metal vb yabancı maddeler bulunuyorsa veya taslak rutubet miktarı ekstrem değerlerde ise sıcak preslemeden önce taslağın bulunduğu bandı taşıyan hareketli platform (burun-çene) aniden geri açılarak lifleri aşağıda bulunan helezona boşaltmakta ve oradan da çeşitli fan emiş sistemleri ile tekrar kullanılmak üzere geri hattın başına dönmektedir.

MDF üretiminde lif bunkerinde ya da sürekli pres öncesinde lif ısıtma sistemi bulunmaktadır. Burada amaç, lif taslağının iç sıcaklığını yükseltmek ve presleme süresini kısaltmaktır.

Levha taslağı sürekli banda serilmeden önce bandın üstüne su ve kimyasal madde karışımı püskürtülmektedir. Taslak serildikten sonra, sürekli prese girmeden önce taslağın üst kısmında bulunan ve “nozzle” adı verilen pülverize uçlardan yine aynı su kimyasal madde karışımı püskürtülmektedir. Burada hedef, levhanın üst tabakalarını nemlendirerek sıcak preste plastikleştirmeyi sağlamak ve ısı transferini hızlandırmaktır. Yüzeyleri plastikleşen levhanın yüzey kalitesi daha iyi olmakta ve direkt boyama için daha pürüzsüz bir zemin elde edilmektedir.

Levha taslağı (mat) bant üzerinde hareket ederken fasılasız preste direkt sıcak prese girmektedir. Katlı preste, levha taslağını diyagonal daire testere ile düz keserek hızlandırma bandı ile pres yükleme asansörüne girmektedir. Uygun olmayan pastalar hatalı taslak klapesi ile ya tekrar kullanmak üzere serme bunkerine gönderilir ya da dışarı alınarak kazan dairesine yakacak olarak gönderilir (Maloney 1993).



Şekil 1.60: Ön Pres (URL-39, 2017)

1.2.9.13 Sıcak Presleme (Hot Pressing)

Tutkal ve diğer kimyasal maddeler ilave edildikten ve istenen rutubet değerine kadar kurutulan lifler, serme istasyonundan ve ön presten geçerek taslak haline gelmektedir. Levha taslağı, lif levha özelliğini ancak sıcak preslerde kazanır. Taslak, sıcak preste istenilen levha kalınlığına kadar belirli bir sıcaklık değeri altında sıkıştırılır. Bu aşamada, tutkal sıcaklık etkisiyle sertleşir ve kısmen stabil bir malzemenin elde edilmesi sağlanır.

Günümüzde orman ürünleri levha endüstrisinde üç çeşit pres (hot pressing) modeliyle levha üretilmektedir. Bunlardan Fasıllı ve Fasılsız presler orman ürünleri panel endüstrisinde kullanılmaktadır. Extrusion presler odun plastik kompozit (wpc) üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzde sıcak presleme çeşitleri şöyledir;

1. Fasıllı Sıcak (Statik) Presler

- Tek katlı sıcak presler
- Çok katlı sıcak presler

2. Fasılsız (Sürekli) Sıcak Presler

- Kontinu pres (Continuous Press)
- Mende pres

3. Extrusion presler

Fasıllı (Statik) Tek Katlı Sıcak Presler

Tek katlı sıcak preslerde her presleme periyodunda sadece bir tane levha preslenir. Mat taslağı metal veya ısıya dayanıklı plastik hızlandırma bandı üzerinde prese taşınmakta ve preslenmektedir. Hızlandırma bandı pres açıldığında ve levhanın presden boşaltılmasından sonra sonsuz bant halinde istasyona geri döner. Levha kalınlığı katlar arasına konulan kalınlık takozları (masterlar) veya elektronik olarak çalışan pistonlar yardımıyla sağlanır. Levhanın devamlı kontrol edilmesiyle, kalınlık farklılıkları ve master deformasyonları önlenir.

Fasıllı (Statik) Çok Katlı Sıcak Presler

Katlı pres yükleme asansörü, hidrolik sıcak pres ve boşaltma asansöründen oluşmaktadır. Yükleme ve boşaltma tertibatının amacı, presleme işine hiç ara vermeden preslemenin devamlı akışını sağlamaktır. Presleme esnasında ölü zamanı minimize etmektir. Mat taslakların hidrolik prese yüklenmesi mekanik veya hidrolik olarak çalışan presteki katsayısı kadar rafları bulunan bir asansör vasıtasıyla olmaktadır. Yükleme işlemi asansörün aşağıdan yukarıya hareket etmesiyle en üstteki kattan başlamak suretiyle tek tek en alt kata kadar mat taslağının yüklenmesiyle oluşmaktadır. Yükleme asansörü, levha taslağı prese girerken pres içindeki levhayı çıkış asansörüne bırakmaktadır. Yükleme asansörünün geri hareketiyle levha taslağını pres platenleri arasına bırakmasıyla prese yükleme sağlanmaktadır.

Boşaltma asansörü yukarıdan aşağıya doğru hareket ettikçe her kattaki levhaları boşaltmaktadır. Asansör tek tek her katta durarak en üst kata kadar levhaları boşalttıktan sonra tekrar yukarıya çıkarak bir sonraki boşaltma işlemine hazır duruma gelir. Levhalar klimatize edilmek üzere yıldız soğutucuya gönderilir (Maloney, 1993).

Pres basıncı hidrolik sistemle çalışan pistonlar tarafından sağlanmaktadır. Preslenme süresi; ağaç türüne, tutkal tipine, sertleşme süresine, üre ve formaldehit oranına, basınca, sıcaklığa, levha kalınlığına, levha yoğunluğuna, levha taslağı rutubeti ve pres yapısının modeline bağlı olarak değişiklik gösterir. Basınç, presin altındaki hidrolik pistonlar ile sağlanır. Hidrolik presin çalışma basıncı 211 kp/cm² ile 351 kp/cm² arasındadır. 70 kp/cm²'lik bir spesifik basınç sağlamak için pres platenlerinin alanının, basınç pistonlarının

toplam alanına oranı 3/1 ile 5/1 arasında olması gerekmektedir (Maloney, 1993). Pres sıcaklığı üretim şartlarına bağlı olarak fabrikadan fabrikaya, tutkal türü ve reçinesine göre değişiklik göstermekle birlikte 180–230°C arasındadır.

Katlı preslerde uygulanan iki veya üç kademeli basınç diyagramları görülmektedir. Katlı preslerde değişik yoğunluktaki taslakların preslenmesinde, pres platenleri arasında bırakılması gereken açıklık farklıdır. Yumuşak ağaç türlerinden yapılan taslağın yoğunluğu düşük olmasına karşın yüksekliği sert ağaç türlerinden yapılanlardan daha fazla olmakta ve pres platenleri arasındaki açıklıkta artmaktadır. Kuru yöntemde presleme süresi yaş yöntemin 1/3-1/4'ü kadardır. Bu süre taslağın sertleşmesi için gerekli süredir. Presin kapanma süresi öngörülen maksimum yüksek basınç noktasına ulaşmak için geçen süredir (Eroğlu ve Usta 2000).

Pres sıcaklığı, pres basıncı ve süresi hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre belirlenir. Genellikle, kuru yöntemde pres sıcaklığı iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilen lifler için 180-220°C, yapraklı ağaç türlerinden elde edilen lifler için 230-260°C arasındadır. Pres diyagramlarına bağlı olarak sıcaklık ve kimyasal reaksiyonlar nedeniyle levhanın başta birim hacim ağırlığı olmak üzere diğer tüm özelliklerinde değişimler görülür. Pres süresi; hammaddenin türü, levha kalınlığı ve sıcaklığa bağlı olarak 100-360 sn. arasında değişebilir. Örneğin, 3,2 mm. kalınlığındaki bir levha için pres süresi 135 sn. iken 6 mm kalınlığındaki levha için 240 sn. olmaktadır.

Kuru yöntem için en yüksek basınç 70 kg/cm² kadar olması gerekmektedir. Daha sonra liflerin elastik geriye dönmelerini önlemek için düşük basınç yeterlidir. İki kademeli basınç diyagramı rutubet oranı % 5'den yüksek olan levha taslaklarına uygulanır.

Kuru yöntem için en yüksek sıcaklık ise 260°C'dir. Yarı kuru yöntem için bu değerler yaş yöntemle kuru yöntemler arasında seçilmektedir. Kuru yöntemde presleme süresi yaş yöntemin 1/3-1/4'ü kadardır. Bu süre taslağın sertleşmesi için gerekli olup sertleşme süresi 60-90 sn. kadardır. Presleme süresi ise 120-150 sn. dir. Presin yüklenmesi ve boşaltılması bugünkü olanaklarla en az 10 sn. de gerçekleşir.

Presin kapanma süresi, presin öngörülen yüksek basınca ulaşması için geçen süre olup mümkün olduğu kadar doğru bir şekilde ayarlanmalıdır. Kapanma süresi sıcaklığın levha

içindeki dağılımını, levhanın birim hacim ağırlığını ve yüzey kalitesini etkiler. Pres kapanma süresi azaldıkça lifler daha elastik olur ve daha iyi sıkışır. Pres kapanma süresi uzun olduğunda taslağın yüzey ve orta tabakaları uygulanan basınçla orantılı olarak ısınacağından yüzey ve orta tabakalar değişik zaman periyotlarında birbirlerine yakın düşük sıkışma miktarına sahip olacaktır.

Fasılasız (Sürekli) Sıcak Presler

Panel üretim proseslerinde; Dünya’da çeşitli pres teknolojileri geliştirilmiştir. İlk önceleri tek katlı aç-kapa presler (statik pres) kullanılırken kapasite artırmak için çok katlı presler geliştirilmiştir. Müşteri beklentileri ve levha ürünlerine aşırı talep artışından dolayı makine üreticileri sürekli pres (continuous pres) teknolojilerini geliştirmiştir. Dünya’daki ilk sürekli pres Siempelkamp şirketi tarafından 1985 yılında üretilmiştir. Günümüzdeki sürekli pres sistemlerinin temeli “Mende Pres” sistemlerine dayanmaktadır. Mende presler ince levha üretmek amacıyla tasarlanmıştır.

Günümüzde MDF, HDF, OSB (Oriented Strandboard), LVL (Laminated Veneer Lumber), PSL (Parallel Strand Lumber), LSL (Laminated Strand Lumber), RimBoard, yongalevha, MSB (Medium Strandboard) ve Honeycomb Board gibi kompozit ürünlerin üretiminde sürekli pres teknolojileri kullanılmaktadır. Dünya’daki sürekli pres üreticileri Siempelkamp, Dieffenbacher, Metso, Kusters ve Bison’dur.

Sürekli preste sıcaklık, basınç, hız, pres faktörü vb. faktörler tamamen bilgisayar kontrollü otomasyon sistemleri ile yapılmaktadır. Sürekli pres teknolojilerine sahip fabrikalarda üretimin durumu ve yapılan değişiklikler on – line olarak takip edilebilmektedir. Sürekli pres, defibratör, kurutma hattı, tutkallama, ön pres, ebatlama, serme hattı uygulamalarının bütün kontrolleri “pres kontrol odası” adı verilen ofiste mühendis ve operatörler tarafından yapılmaktadır.

Sistemin esası, serme bandı üzerinde ilerleyen taslağın bandın altında ve üstünde bulunan iki silindir etrafında dönen çelik bant arasında sonuç levha kalınlığına kadar preslenmesidir. Presin arka tarafında bulunan silindirler yatay yönde yatak üzerinde bulunmakta ve hidrolik olarak çalışan pistonlar, yaklaşık 180 bar’lık basınç ile silindirleri gergin olarak tutmaktadır. Böylece çelik bandın da gerginliği sürekli kontrol altında

tutulur. Sürekli presi katlı preslerden ayıran en önemli özellik üretimin kesintisiz olmasıdır. Taslak katlı prese girmeden önce daire testere ile boyutlandırılmaktadır. Oysaki sürekli sistemde taslak presten önce boyutlandırılmamakta, iki çelik bant arasında hem ilerlemekte hem de preslenmektedir. Presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir. Ayrılmış'a (2000) göre sürekli presin avantajları;

1. Üretim kapasitesinin daha yüksek oluşu,
2. Pres basıncı ve sıcaklığı kısa süre içerisinde değiştirilebildiğinden farklı kalınlıklarda levha üretimine hızla geçilebilmesi,
3. Levhanın kalınlık profilinin daha iyi kontrol edilebilmesi,
4. Tek katlı ve çok katlı preslerde pres kapanmadan önce yapıştırıcı taslak yüzeyinde ön sertleşmeye uğramasına karşın sürekli preslerde böyle bir durumun olmaması,
5. Zımpara payı, tek katlı ve çok katlı preslerden daha az olduğundan üretim girdileri içinde önemli yer tutan odun ve yapıştırıcıdan tasarruf sağlanmaktadır, Sürekli preslerde 1,8 mm'den 60 mm'ye kadar levha üretilebilmektedir. 1,8 mm'de çelik bandın hızı yüksek olduğundan bant kısa sürede aşınmakta ve bu yüzden 2,5 mm'den daha ince levhalar özel siparişler üzerine üretilmektedir. Katlı preslerde ise taslağın prese yüklenirken çatlaması, pres platenlerine yapışmasından dolayı 6 mm kalınlığa kadar levha üretilebilmektedir. Katlı preslerde de 60 mm kalınlığa kadar levha üretilebilmektedir,
6. Kalınlık toleransı daha yakın sınırlar içerisinde olması,
7. Levha eni değişken, boyu ise sınırsız olduğundan çok değişik boyutlarda MDF elde edilebilmesi,
8. Pres sürekli olarak çalıştığından tek katlı ve çok katlı preslerden farklı olarak pres çalışır durumda iken ölü zaman yoktur. Tek katlı ve çok katlı preslerde taslağın prese yüklenmesi ve levhanın boşaltma için gerekli olan süre sürekli preslerde yoktur,
9. İnce MDF üretiminde pres süresi tek katlı ve çok katlı preslere göre daha kısa olmasıdır.

Sürekli preslerin giriş kısmının sıcaklığı ve basıncı daha yüksektir. Pres eşitleme silindirleri yukarı ve aşağıya doğru hareket ederek mat kalınlığını düşürmekte ve homojen hale getirmektedir. Sürekli pres modellerinin giriş bölümünün kama şeklinde olmasının iki

önemli faydası vardır. Birinci faydası; mat taslağının preslemenin yapıldığı iki çelik bant arasına homojen girebilmesini sağlamak ve presin önündeki yığılmaları önlemektedir. İkinci faydası; mat taslağı iki çelik bant arasında preslenirken basınç pistonlarının cm^2 uyguladığı kuvveti azalmaktadır.

Presin arka tarafında bulunan silindirler yatay yönde yatak üzerinde bulunmakta ve hidrolik olarak çalışan pistonlar yaklaşık 180 bar. lık basınç ile silindirleri ve çelik bantında gerginliği sürekli kontrol altında tutulmaktadır. Mat taslağı iki çelik bant arasında hem ilerlemekte hem de preslenmektedir. Presten sonra yer alan daire testere levhayı standart uzunluklarda kesmektedir (Maloney 1993).

Sürekli preslerde en sık rastlanan problemlerinin başında çelik bandın silindir üzerinde sağa ve sola doğru kayması gelmektedir. Bandın kayma miktarı belli bir değeri aştığı taktirde (25-30 mm) üretime ara verilerek bandın eski pozisyona gelmesi sağlanmaktadır. Presin sıcaklığı kazan dairesinden gelen kızgın yağ boruları ile sağlanmaktadır. Çelik bantların sıcaklığı ise presin alt ve üst bölümlerinde bulunan, içlerinde kızgın yağ dolaşan sıcak platenler ile sağlanmaktadır. Pres sıcaklığı genel olarak ağaç türüne, taslak kalınlığına, levha yoğunluğuna, bant hızına, pres basıncına, tutkal tipine ve sertleşme süresine göre 180–240°C arasında değişir.

Pres kalibrasyon ruloları, pasta taslağı pres içerisinde iki çelik bant arasında hareketini sağlarken levhanın stabil kalınlığa ulaşmasını sağlamaktadır. Pres basıncı, çelik bant altında pres boyunca uzanan basınç pistonları ile sağlanır. Presin üretim kapasitesi piston sayısı ve presin uzunluğuna göre değişmektedir (Maloney 1993).

Sürekli presler uzunluğu boyunca farklı bölümlerden oluşmaktadır. Sürekli presler üç bölümden oluşmakta iken levha prestin çıkmadan önce levhanın yüzeyi ile orta bölümü arasındaki rutubet farkını dengelemek ve levhayı soğutmak amacıyla dördüncü bölüm olarak soğutma bölümü (cooling zone) ilave edilmiştir. Sürekli presler üç bölümden oluşmaktadır.

- a) Birinci bölüm; presin giriş bölümüne ait ilk yedi piston grubundan oluşmaktadır. Bu bölümde; pres basıncı taslak yoğunluğuna, taslak rutubetine, sıcaklığa ve kullanılan tutkala bağlı olarak 35–40 kp/cm^2 arasında uygulanmaktadır. Pres

sıcaklığı 200°C seviyesindedir. Fabrikalarda bu bölge “ön pres bölgesi” olarak da isimlendirilmektedir.

- b) İkinci bölüm sekizinci ve yirmi beşinci piston grubundan oluşmaktadır. Pres basıncı 1–10 kp/cm² arasında değişmektedir. Pres sıcaklığı 220°C seviyesindedir. İkinci bölge, taslak içindeki buhar ve gazın atıldığı bir çeşit rahatlama bölgesidir. Bu bölüm, “degas– gaz atma” olarak da isimlendirilmektedir. İkinci bölgede basınçlar neredeyse kaldırılmaktadır. Bunun amacı, tutkalın yapışma reaksiyonunu tamamlaması, levhada patlak oluşmaması ve ısının taslak ortasına iletiminin hızlandırılmasıdır.
- c) Üçüncü bölüm en son levha kalınlığının oluşturulduğu yirmi altıncı ve kırk sekizinci piston grubundan oluşmaktadır. Pres sıcaklığı 190°C seviyesindedir. Pres basıncı 10–20 kp/cm² arasında değişmektedir. Bu bölge levhada ince ayar yapılan kısımdır. Fabrikalarda “kalınlık-mesafe bölgesi” olarak da isimlendirilmektedir. Eğer levha kalınlığı hedef kalınlıktan yüksek ise piston basınçları artırılmak suretiyle dengeleme yapılmaktadır.
- d) Yeni model sürekli preslere soğutma bölgesi ilave edilerek dördüncü bölüm oluşturulmuştur. Soğutma bölümünde sıcaklık 220°C’den 90-110°C’ye düşürülmektedir. Pres basıncı 1–5 kp/cm² arasında değişmektedir (Metso).

Sürekli pres soğutma bölgesi üretiminin avantajları; mat rutubetinin artırılması ile pres hızını artırır. Levha rutubetini artırır. Levhada şişmeyi azaltır. Enerji dengesini iyileştirir. Patlak riskini azaltır. Pres çıkış bölgesinde daha az CH₂O emisyonu meydana gelir.

Sürekli pres, tek katlı pres ve çok katlı pres sistemlerinde levha taslağının prese girdiği esnada yüksek basınç uygulanmakta ve yüzeye yakın kısımların yoğunluğu artırılmaktadır. Taslağın sahip olduğu fazla rutubet ve kimsayal reaksiyondan kaynaklanan formaldehit gazı (CH₂O) pres basıncının kademeli olarak düşürülmesi yoluyla atılmaktadır. Düşürülerek fazla rutubetin ve kimyasal reaksiyon sonucunda oluşan formaldehit gazının (CH₂O) levhadan atılmasını sağlar. Gazların ve fazla rutubetin levha içerisinden çıkarılamaması durumunda levhanın preste iç gerilimden dolayı patlaması muhtemeldir (Ayrılmış 2000).

Günümüzde Metso şirketi sürekli presin son kısmına dördüncü bölge olarak “soğutma bölgesini” (cooling zone) eklemiştir. Bu bölgeye düşük miktarda sıcaklık uygulanmaktadır. Bu sayede levhanın soğuması sağlanmakta ve presten daha hızlı ayrılabilir. Soğutma bölgesi, toplam pres kapasitesinde %10–20 civarında önemli bir artış sağlamaktadır.

Sürekli pres sistemleri ile çalışan fabrikalarda pres süresi, “spesifik pres faktörü” ile belirtilmektedir. Bu faktör, saniye/mm cinsinden ifade edilmekte ve pres süresinin (saniye) sonuç levha kalınlığına bölünmesiyle tespit edilmektedir. Spesifik pres faktörü fabrikanın kapasitesini direkt olarak etkilemektedir. Diğer bir ifadeyle, üretilecek her 1 mm. levha kalınlığı için gerekli pres süresini işaret etmektedir.

Presleme boyunca ahşap kompozit içindeki reçinenin sertleşme durumunu belirlemek için online sensör sistemlerine ihtiyaç bulunmaktadır (Wang ve Winistorfer 2002). İstenen kalitede ürün optimum bir şekilde üretilebilir.

Sürekli preste 18 mm. MDF için hız (20-25 m boyundaki sürekli presler için), 7-9 m/dk arasında değişmektedir. Yaz mevsimlerinde pres hızı maksimum seviyeye çıkmaktadır. İnce mm levhalarda bu hız artmakta yani presleme süresi azalmaktadır. Genel olarak pres hızı; presin boyuna, üretilecek levha yoğunluğuna, levha kalınlığına, tutkal cinsine, taslak rutubet miktarı ve ağaç türüne göre değişiklik göstermektedir. İnce MDF levhalarda pres hızı daha yüksektir. Sürekli presleme sistemlerinde pres hızı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Pres Hızı (sn/mm)} = \frac{\text{Pres Isıtma Plakası Uzunluğu (mm)}}{(\text{Pres Faktörü (sn/mm)} \times \text{Brüt Levha Kalınlığı (mm)})}$$

Pres faktörü; levha kalınlığı arttıkça yükselmekte, levha kalınlığı azaldıkça da düşmektedir. Tek katlı ve çok katlı pres sistemlerinde “ölü zaman” vardır. Bunlar pres platenlerinin açılması, taslağın yüklenmesi, pres platenlerinin kapanması ve levhanın presten çıkması için geçen süredir. Bu kayıp zamanları ortadan kaldırmak için sürekli pres sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerde kayıp zaman söz konusu değildir. Levha taslağı sürekli bir

şekilde prese girerken, diğer bir taraftan yine sürekli bir şekilde bitmiş levha çıkmaktadır. Bu yüzden sürekli pres sistemlerinin kapasiteleri tek katlı ve çok katlı pres sistemlerine göre çok yüksektir.

Günümüzde Brezilya Duratex (Duratex/Satipel) MDF tesisi en son teknoloji sürekli presler ile 2200 m³/gün yüksek kapasitede levha üretimine ulaşmıştır. Ayrıca pres üreticileri pres boyunu uzatmak suretiyle kompozit levha üreticilerine daha yüksek kapasite sunmaktadır. Brezilya ve Güney Amerika'nın en büyük ahşap kompozit levha üreticisi Duratex şirkettir. Duratex şirketine ait sürekli pres 77 metre uzunluğunda, basınç pistonu sayısı 93 adet, hızı 1400 mm/dk ve 2,5–37,3 mm kalınlığında levha üretmektedir.

MDF'nin enine kesitine bakıldığında yongalevhada olduğu gibi tabakalı bir yapıya sahip olduğu gözlenmektedir. Levhanın her bölgesinde aynı özellikte lifler kullanılmasına rağmen yüzeye yakın olan bölgelerin yoğunluğu, levhanın orta kısmındaki yoğunluktan daha yüksektir. Bu yapı, sıcak preste uygulanan pres diyagramı ile ilgilidir (Koç, 2002).

Önce levhanın her iki yanında bulunan testere ile yandaki fazlalıklar alınmakta, daha sonra diagonal testere ile levha enine olarak kesilmektedir. Diagonal testere hareket halindeki levha yönünde belirli bir açıyla ilerleyerek kesim işlemini yapmaktadır.

Sıcak presten çıkan levhanın kalınlık kontrolleri yapılmaktadır. Ölçülen kalınlık, hedeften yüksek ise sürekli presin kalınlık ayar bölgesindeki pistonların basınçları bir miktar artırılmaktadır. Eğer kalınlık düşük geliyorsa tersi işlem uygulanmaktadır.

Sürekli pres teknolojisi ile çalışan fabrikalarda pres çıkışında kalınlık ölçerin dışında levhanın patlak olup olmadığını ölçen sistemler ve levha ağırlığını tespit eden sistemler de bulunmaktadır. Levha içinde patlak olup olmadığı, ultrasonik ölçüm yapan sistemlerle tespit edilmektedir. Kalınlık ölçümü mekanik olarak yapılabileceği gibi otomatik cihazlarla da yapılabilmektedir. Dikey yoğunluk profili ise levha eninde yerleştirilen X-ray teknolojisi ile ölçüm yapan cihazlarla yapılmaktadır. Fakat bu sistemlerin çok pahalı olmasından dolayı laboratuvar tipi olanları tercih edilmektedir. Avrupa'da ve Amerika'da bazı fabrikalarda presten çıkan levhanın online olarak yoğunluk profilini ölçen ve levhanın yapışma direncini belirleyen (belirli bir aralık olarak) sistemler de bulunmaktadır. Bu sayede levhada problemler oluştuğunda anında müdahale edilerek presten çıkan levhanın,

istenen özelliklerde olması sağlanmakta ve kayıplar engellenmektedir.

Sıcak preslemede dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Odun türü,
- Yonga karışım oranı
- Yonga rutubeti,
- Liflendirme şartları,
- Taslak rutubeti,
- Pres sıcaklığı,
- Pres basıncı,
- Kimyasal reaksiyonlar,
- Pres süresi



Şekil 1.61: Continue Sıcak Pres (URL-40, 2017)

1.2.9.14 Ebatlama

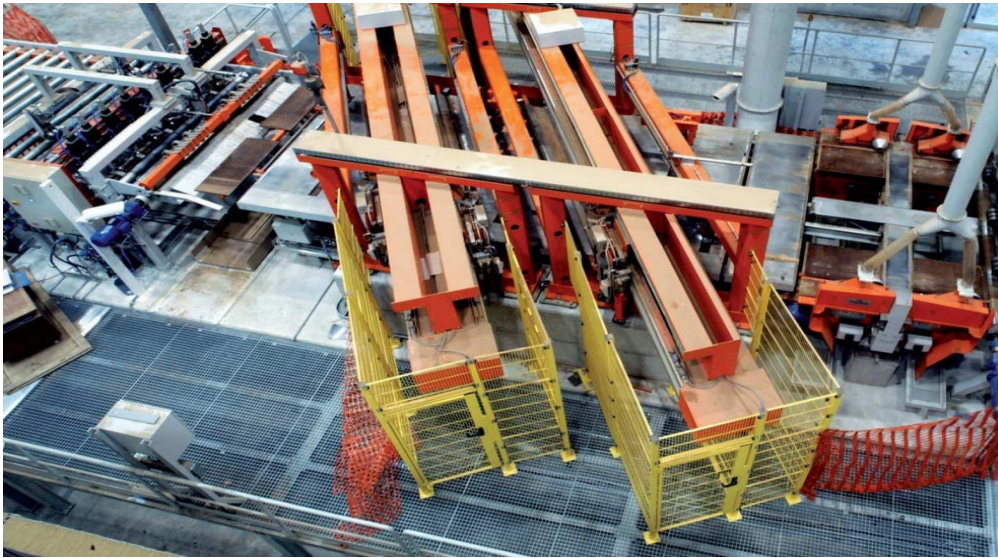
Levha, sıcak presten çıktıktan sonra öncelikle uzun kenarları ebatlanmaktadır. Bu amaçla, sağ ve solda olmak üzere ve presten çıkan levhanın kenarlarını fasılasız ebatlayan kenar (yan) testereler bulunmaktadır. Bu testereler arasındaki mesafe ayarlanarak istenen genişlikte levha ebatlanmaktadır. Daha sonra diagonal testere vasıtasıyla levha uzunluğu istenen ölçüde ayarlanır. Diagonal testere çapraz hareket ederek levhayı enine yönde

kesmektedir. Ancak, levha fasılasız ve hareket halinde olduğundan pres hızına bağlı olarak belirli bir açı ile, levha kenarı düz ebatlanmaktadır.

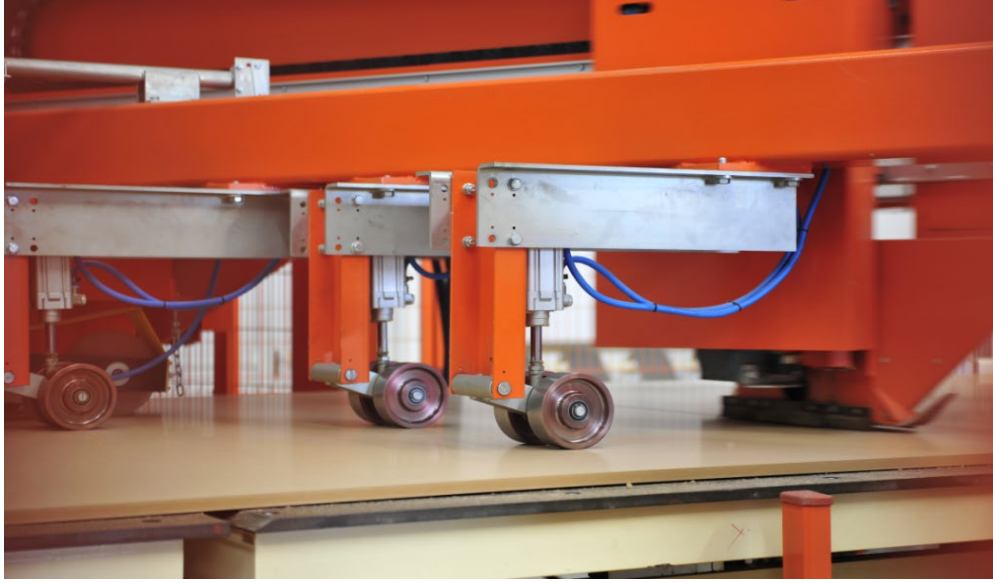
Sıcak presten çıkan ve diagonal testerede ebatlanan levhanın kalınlık kontrolleri yapılmaktadır. Ölçülen kalınlık, hedeften yüksek ise sürekli presin kalınlık ayar bölgesindeki pistonların basınçları bir miktar artırılmaktadır. Eğer kalınlık düşük geliyorsa tersi işlem uygulanmakta ya da presin mesafe, hız, kalınlık ofseti gibi parametrelerinde değişiklik yapılarak düzeltme yoluna gidilmektedir.

Sürekli pres teknolojisi ile çalışan fabrikalarda pres çıkışında kalınlık ölçerin dışında levhanın patlak olup olmadığını ölçen sistemler ve levha ağırlığını tespit eden sistemler de bulunmaktadır. Levha içinde patlak olup olmadığı, ultrasonik ölçüm yapan sistemlerle tespit edilmektedir. Levhada herhangi bir patlak ya da gizli patlak olması halinde bu levhalar otomatik olarak ayrılmaktadır. Yapılan üretime göre patlak ölçer hassasiyeti artırılabilir ya da azaltılabilir.

Dikey yoğunluk profili ise, pres çıkışına levha enine yönde yerleştirilen X – ray teknolojisi ile ölçüm yapan cihazlarla yapılmaktadır. Yoğunluk profili, online olarak ölçülmekte ve anlık düzeltici müdahaleler yapılabilmektedir.



Şekil 1.62: Pres Çıkışı Yan-Boy Ebatlama (Daire ve Diagonal Testere URL-41, 2017)



Şekil 1.63: Pres Çıkışı Diagonal Testere Kesimi (URL-42, 2017)

1.2.9.15 Klimatizasyon (Cooling)

Presten çıkan levhaların sıcaklığının 70°C üzerinde üst üste istiflenmesi halinde üre formaldehit tutkalı rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve direnç değerlerinde düşüş görülmektedir. Bu nedenle formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalar 70°C altında sıcaklık değerlerine kadar soğutulduktan sonra üst üste istiflenmelidir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda sıcak istiflemekten dolayı bir sakınca oluşmamaktadır (Güler 2001).

Klimatizasyon işlemi ile meydana gelen olaylar;

- 1) Levhanın sıcaklığının dengelenmesi sağlanır.
- 2) Levhanın denge rutubetine ulaştırılması sağlanır.
- 3) Levhadan atmosfere ısı transferi meydana gelir.
- 4) Sertleşme işlemi devam ettiğinden fiziksel ve mekanik özelliklerde değişimler meydana gelir.

Pres sonrası levhaların dış yüzey sıcaklığı pres plakasının sıcaklığına yakın olduğu halde orta kısımların rutubet nedeniyle 100°C civarındadır. Levhalar soğurken dış yüzeyler hızlı, orta tabakalarda ise yavaş ısı kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca, soğuma ile birlikte orta tabakanın rutubet kaybı dış tabakaya doğru ilerlemektedir. Bu olaylar levhaların iç

kısımında bir daralmaya, dış kısımlarda ise rutubet alarak genişlemeye neden olabilmektedir. Dolayısıyla; levhalarda oluşan rutubet dengesizliği iç gerilme ve deformasyona neden olur. Bu nedenle presten çıkan levhalar yıldız soğutucularda 60-70 °C ye kadar soğutulur.

Kapasiteleri yüksek olan fabrikalar birden fazla yıldız soğutucu kullanmaktadır. Yıldız soğutucudan çıkan levhalar istif asansörüne üst üste alınarak paket oluşturulur. Buradan sonra levha paketi ara depoya forkliftlerle alınmaktadır. Bazı ileri teknoloji fabrikalarda bu işlem otomatik istifleme sistemi ile robotlar, taşıyıcı arabalar tarafından yapılmaktadır. Ara depoda levhaların bekleme süresi, 3-4 güne kadar çıkabilmektedir. Levhaların burada bekletilmesinin amacı, tutkalın reaksiyonunu büyük ölçüde tamamlayarak yapışma direncinin artmasını sağlamaktır. Bunun haricinde zımpara hattı için besleme görevi görmektedir. Zımpara hattının hızı 70-80 m/dk'ya kadar çıkabilmektedir. Dolayısıyla sıcak prestan alınan levhalar direkt olarak zımparaya verilirse, hattın boş çalışma süresi meydana gelecektir. Bunu engellemek için ara depoda biriken levhalar birlikte zımpara hattına verilir. Bundan dolayı fabrikalarda zımpara hattı her zaman üç vardiya (24 saat) çalışmayabilir. Presin bir günde ürettiği levha zımparada bir günden daha az bir zamanda işleminden geçirilebilmektedir.



Şekil 1.64: Yıldız Soğutma Ünitesi (URL-43, 2017)

1.2.9.16 Yarı Mamül Depolama

Preslenip klimatize edilen levhalar boyutlandırma ve zımparalama işlemlerinden önce ara depolara alınırlar. Günümüz ara depolama sistemleri oldukça gelişmiştir. Levha boyutlarına, kalınlıklarına ve tiplerine bağlı olmaksızın ara depolama, zımparalama, boyutlandırma ve paketlenme hatları entegre bir biçimde çalışmaktadır. Bu sistemlerin montajı kolay olup, elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Depo zeminine raylar döşenmek suretiyle levha taşıma aracı, depo alanı içerisinde bilgisayar kontrollü olarak kolayca hareket edebilmektedir. Böylece insan gücü ihtiyacı minimuma inmekte, küçük alanlarda yüksek depolama kapasitesi sağlanmakta ve forkliftlerle taşımada güçlükler çıkarabilen kalın levhaların paletler halinde istif edilmesi bu sistemde daha kolay olmaktadır. Geleneksel forklift ile taşıma işleminde ise depolama alanında forkliftin rahat hareket edebilmesi için daha fazla açık alana ihtiyaç vardır. Ayrıca, forkliftin yapabileceği istif yüksekliği bu sistemde olduğu kadar yüksek olmayıp, paletlerin altına ve üstüne koruyucuyu amaçlı ikinci kalite levhalar koymaya da gerek kalmamaktadır. Depo alanında ray üzerinde hareket eden asansörlü araçta, asansör yukarı kalkmak suretiyle çelik paletleri üzerlerindeki belli sayıdaki MDF'lerle birlikte istife kolayca koyabilmekte ve istiften de paletleri alarak zımpara hattına otomatik olarak verebilmektedir. Paletler, aracın sürekli gidip geldiği raylar arasına muntazam olarak yerleştirildiğinden depo alanından maksimum düzeyde faydalanılmaktadır.



Şekil 1.65: Levha Depolama Alanı (URL-44, 2017)

1.2.9.17 Zımparalama (Sanding)

Presten çıkan ve soğutulan lif levhalar, özellikle mobilya endüstrisinde kullanılacak olanlar, doğrudan kullanıma hazır değildirler. Yüzeyleri pürüzlü olup, kalınlıkları homojen değildir. Yüzeyleri daha sonra yapılacak işlemlere (boyama, kaplama, vb.) hazırlamak ve kalınlıkta olabilecek hataları gidermek için genellikle 4-8 kafalı zımparalama makineleri kullanılır.

Ön sertleşmeye uğramış, yüzeydeki ince tabakayı almak yani dikey yoğunluk profilinde en yüksek yoğunluğu yüzeyde elde etmektir. Fabrikalarda zımpara payı, yoğunluk profiline bakılarak yapılmaktadır. Yoğunluk profilindeki tepe noktası (PD), levhanın yüzeyinde olacak şekilde zımparalama yapılmaktadır. Yüzeyde yoğunluğu çok düşük ince bir tabaka bulunmaktadır. Özellikle yapışma direnci düşük olacak bu tabaka, zımparalama ile alınmaktadır. MDF üretiminde 6-8-12 silindirli zımpara makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Katlı preslerde zımpara payı 1,5–2 mm. iken sürekli preslerde ise 0,5–1,2 mm. arasında değişmektedir. Sürekli pres ile katlı pres arasında görülen bu 1 mm. zımpara payı farkı üretimde kullanılan odun, tutkal ve enerjinin yaklaşık %17'sine eşittir. Sürekli preslerde taslak sıcak prese girdiğinde sıcaklık ve basınç uygulandığında yüzeydeki lifler katlı presten daha az yanmakta ölü yüzey ve zımpara payı daha az olmaktadır.

Zımpara makinesinde hem alt hem de üst yüzeyde silindirler bulunmakta ve zımpara bandı bunlar etrafında dönmektedir. MDF endüstrisinde genellikle zımpara hattında sırasıyla 60-80-100-120 kum zımpara bantları kullanılmaktadır. Levha ilk önce kalın zımparalamadan (60-80 kum) geçer ve kalınlığı azaltılır. Daha sonra ince zımpara (100-120 kum) bantlarından geçerek istenen yüzey kalitesi sağlanır. Özellikle high gloss (parlak yüzey) kaplanacak ve boyanacak levhalarda yüzeyin çok daha pürüzsüz olması istenmektedir. Bu amaçla, 150-180-220 kum zımpara bantları kullanılmaktadır. Ayrıca, bu bantların kullanılacağı makinelerde zımpara yüzey alanını genişletmek ve daha düzgün zımparalama yapmak amacıyla pes ve foam yastıkları (keçe) kullanılmaktadır.



Şekil 1.66: Zımpara Makinesi (URL-45, 2018)

1.2.10 Lif Levha Üretiminde Dikkate Alınması Gereken Bazı Hususlar

a) Ağaç Türü

MDF'nin yaklaşık %90'ından fazlasını odun oluşturmaktadır. Bu yüzden ağaç türü, levha özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Liflevha endüstrisinde uzun lifli ve nispeten hafif olmaları, pH değerlerinin levha üretimi için uygun bulunmaları ve kolay sıkıştırılabilmelerinden dolayı iğne yapraklı ağaçlar daha fazla tercih edilir.

Kuru yöntemle liflevha üretiminde yapraklı ağaçlar da büyük oranda değerlendirilmektedir. Yapraklı ağaçlar ekonomik olmaları ve fazla miktarlarda bulunmaları dolayısıyla levha üretiminde tercih edilmektedirler. Reçine ve tanen, boyar maddeler gibi ekstraktif madde oranı yüksek ağaç türleri liflevha üretiminde tercih edilmemektedir.

Ayrılmış (2000) diğer üretim şartları aynı kalmak şartıyla Karaçam (*Pinus nigra* var. *pallasiana*, Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Saplı Meşe (*Quercus robur*) ve bu üç türün karışımlarından üretilen (%40 Kayın + %40 Meşe + %20 Çam) MDF'lerin teknolojik özelliklerini tespit ettiği çalışmada çam liflerinden yapılan levhaların janka sertlik değeri hariç diğer fiziksel ve mekanik özellikleri Meşe, Kayın ve bu üç türün karışımından daha

iyi sonuçlar vermiştir. Kayın odunu liflerinden yapılan MDF'lerin teknolojik özellikleri Meşe liflerinden yapılan MDF'lerden yüksek çıkmıştır.

Hızıroğlu/Kamdem (1995) Yalancı Akasya (*Robina pseudoacacia*) odunundan yapılan liflevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmişler ve elde edilen sonuçlar ışığında liflevha üretimi için uygun bir lif kaynağı olduğunu sonucuna varmışlardır. Akasya odununun içerdiği yüksek ekstraktif madde oranı dolayısıyla liflevhaların düşük kalınlığına şişme oranı gösterdiği görülmüştür. Meşe odununun levha üretiminde karışıma katkı oranı ne kadar fazla olursa, hem yüzey pürüzlülüğü hem de yüzey emiciliği kötüleşmektedir. Kayının artması yüzey pürüzlülüğü açısından, Çamın artması ise levhanın direnç değerleri ve yüzey emiciliği açısından faydalı bulunmaktadır.

Plantasyonda yetişmiş Kavak odunları farklı miktarda reaksiyon odunu içerdiğinden dolayı bazı problemler oluşturabilir. Çünkü reaksiyon odunu normal oduna göre çok daha fazla çalışmakta, farklı anatomik yapısı dolayısıyla bıçakla kesilirken tüylenmelere neden olmaktadır. Ancak, Kavak tek başına kullanılırsa üretim değişkenleri Kavağa göre ayarlanarak kaliteli levha üretilir.

b) Odunun Yoğunluğu

Bir ağaç türünün MDF üretimine uygunluğunu belirleyen en önemli özelliği yoğunluğudur. Genel bir kural olarak; yoğunluğu düşük olan türler tercih edilir, orta yoğunluktaki türler kolaylıkla ve ucuz fiyata bulunabiliyorsa kullanılır, fakat çok yüksek yoğunluğa sahip olan türlerden sakınılır. Herhangi bir ağaç türünden MDF elde etmek teknik olarak mümkün olmasına rağmen, çok yüksek yoğunluğa sahip türlerden üretilen levhalar çok ağırdır, bunların işlenmesi zordur ve taşıma masrafları yüksektir. Aynı zamanda bu tür odunların yongalanmasında bıçaklar daha kısa sürede aşınmaktadır. Bu yüzden düşük ve orta yoğunluğa sahip türler tercih edilmektedir. Yoğunluğu 0.35-0.65 g/cm³ arasında olan ağaç türleri MDF üretimi için uygundur.

Yüksek yoğunluğa sahip ağaç türlerinden daha dirençli levhaların üretilebileceği zannedilebilir. Halbuki; aynı yoğunluğa sahip levha üretildiği takdirde, düşük yoğunluğa sahip türler yüksek direnç özellikleri verecektir. Düşük yoğunluklu odundan elde edilen lifler, yüksek yoğunluklu odundan elde edilen liflerden daha hacimli bir taslak

oluşturmaktadır. Bu iki taslaktan eşit kalınlıkta ve yoğunlukta liflevha yapılmak istediğinde yoğunluğu düşük olan taslağa daha yüksek sıkıştırma oranı (levha yoğunluğu/odunun yoğunluğu), yoğunluğu yüksek olan taslağa ise düşük sıkıştırma oranı uygulanacaktır. Uygulanan farklı sıkıştırma oranlarına bağlı olarak elde edilen bu iki levhanın direnç özellikleri birbirinden farklı olacaktır. Çünkü düşük yoğunluklu odunun liflerinden hazırlanan taslaktaki lif miktarının ve taslak kalınlığının, yüksek yoğunluklu oduna oranla fazla olmasından dolayı eşit kalınlığa ulaşabilmek için daha yüksek basınç uygulanması gerekmekte ve böylece lifler arası temas da artmaktadır. Bunun sonucu olarak düşük yoğunluklu odundan yapılan liflevhanın fiziksel özellikleri ve mekanik direnç değerleri, yüksek yoğunluklu odundan yapılan liflevhadan daha iyi olacaktır. (Suchland ve Woodson, 1991).

c) Odunun pH Değeri (Asidite)

Odun kökenli levha üretiminde kullanılan üre-formaldehit veya resol tipi fenolformaldehit sentetik tutkalları belli bir seviyenin üzerindeki pH değerine karşı duyarlı olduklarından MDF üretiminde kullanılacak odunun pH değeri çok önemlidir. Üre tutkalları, odunun pH değerine karşı fenolik tutkallardan daha hassastır. Yapraklı ağaçlar bu yönden büyük farklılık gösterirken genelde iğne yapraklı ağaç türleri uygun pH değerine sahiptir (AKBULUT, 1991) .

Genellikle hammadde olarak odunun asiditesi düşük ise o odundan elde edilen levhanın yapışma direnci yüksektir. Asiditesi yüksek olan odunlardan elde olunan liflerle sentetik tutkallar genellikle iyi bir yapışma sağlamamaktadır. Ancak Üre tutkallarında sertleştirici-tutkal oranında yapılan değişikliklerle yüksek pH'lı odunlarda yapışma direnci istenilen düzeyde liflevha yapılabilir. Bir ağaç türünün pH değeri ve tamponlama kapasitesi, tutkalın sertleşmesini etkiler. Bundan dolayı fabrikalarda kullanılan tutkal reçetesi, ağaç türlerinin bu özelliklerine göre ayarlanmaktadır. İyi bir sertleşme, odunun pH değeri 4-5 olduğu takdirde gerçekleşir. Bununla birlikte odunun pH değeri yüksek (asiditesi düşük) ise sertleşmeyi sağlamak için sertleştirici ilave edilebilir. Odunun tamponlama kapasitesi, pH değerini istenen seviyeye düşürmek için ne kadar sertleştirici katılması gerektiğini belirlediğinden önemli bulunmaktadır. Eğer bir türün tamponlama kapasitesi yüksek ise pH değerini düşürmek için daha fazla sertleştirici ilave edilmelidir (AKBULUT 1991). Ayrıca asiditesi yüksek olan yongalar fabrikasyon esnasında makinaların demir kısımlarında ve

özellikle eleklerde paslanmalara neden olmaktadır. Çeşitli ağaç türlerine ait pH değerleri aşağıda verilmiştir (Bozkurt ve Erdin 1989).

Bazı yonga türlerinin pH değerleri aşağıdadır:

- Avnıpa Göknarı (pH) 5.5-6.1
- Dağ Akçaağacı (pH) 5.3
- Siğilli Huş (pH) 4.8
- Avrupa Kayını (pH) 5.1-5.4
- Adi Dişbudak (pH) 5.8
- Avrupa Ladini (pH) 4.0-5.3
- Sarıçam (pH) 5.1
- Kara Kavak (pH) 5.8
- Saplı ve Sapsız Meşe (pH) 3.9
- Ova ve Dağ Karaağacı (pH) 6.3

Eğer üretim içerisinde aynı ağaç türü veya aynı pH değerine sahip türler kullanılıyorsa, odunun asiditesinin levha özellikleri üzerine etkisi yoktur. Bu durumda odunun asiditesi sıcak preste tutkalın sertleşme süresini etkilese bile, sertleştirici miktarının ayarlanması ile sertleşme süresi istenilen seviyeye getirilecektir. Değişik pH değerine sahip odunlar karışık olarak kullanıldığı zaman durum farklıdır. Sertleştirici normal olarak en yüksek pH değerine sahip oduna göre ayarlanacaktır, bunun sonucunda düşük pH değerine sahip liflerin sertleşmesi daha hızlı olacaktır. Bu durum üretimin ilk safhalarında lif bunkerinde depolanmış tutkallı liflerde ön sertleşme olarak bilinen sonucu doğurabilir. Önceden sertleşmeye başlamış tutkalla sıvanan lifler preslemede birbirlerine yeterli miktarda yapışmaz ve böylece levhada özellikle yüzeyde direnç azalması meydana gelir. Böyle gevşek yapılı levha yüzeyleri zımparalama veya kaplama yapıştırmaya elverişli değildir.

Ağaç türünün asiditesi liflendirmede problem oluşturabilir. Liflendirme ünitesindeki pişirme kazanında buhar, sıcaklık ve basınç şartları altında değişik miktarlarda zayıf veya güçlü asitler meydana gelmektedir. Bu asit miktarı kullanılan ağaç türünün asiditesine bağlı olmaktadır. Pişirme kazanındaki yongaların plfı asidik karakterde olup pH'ları 4-5 arasında dengelenmektedir. Yongaların pişirilmesi üzerine yapılan araştırmalarda, belirli bir buhar basıncında aynı tam kuru yoğunluğa sahip türler arasında titre edilebilir asit

miktarı büyük değişiklik gösterebilmektedir. Herhangi bir ağaç türü yongası için pişirme kazanındaki basınç, diğer değişkenler aynı kalmak şartıyla 3,4 atm. 'den 8,5 atm. ye çıkarıldığında açığa çıkan toplam asit miktarı iki kat artmaktadır. Asit miktarı arttığında, selüloz ve ligninin kimyasal asit hidrolizi de artmaktadır (Maloney, 1993).

Yongaların yumuşatıldığı pişirme kazanına pH değeri birbirlerine yakın olan ağaç türlerinin yongaları birlikte verilmelidir. Örneğin, Kayın odunundan elde edilen liner ile kestane odunundan elde edilen lifler pişirme kazanına birlikte verilmemelidir. Çünkü kestane odunu kayın odununa göre daha asidik (pH değeri düşük) olduğundan pişirme kazanındaki şartlar pH değeri düşük olan ağaç türüne göre belirlenmekte ve kayın lifleri bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Böylece liflerin kalitesi düşmekte bu da levhaya yansınmaktadır.

d) Kabuk

Kabuk düşük yoğunluklu, kısa lifli ve düşük direnç özellikleri nedeniyle MDF üretiminde bir miktar kalite düşüklüğüne neden olmaktadır. Lifler içerisinde bulunan kabuk genelolarak aşağıdaki nedenlerden dolayı zararlı olmaktadır.

1. Levhanın direnç özelliklerinin azalmasına neden olur.
2. Defibratörlerde pH'yı düşürür. Çünkü liflerin Ph'sı genellikle 4'ün altında olup, metal aksamlarda paslanmaya neden olmaktadır. Katkı maddelerini ilave etmeden önce uygun pH kontrolü daha fazla kimyasal ilavesi gerekmektedir.
3. Kabuk liflevhanın yüzey kalitesine zarar vermektedir. Küçük mantarimsı dış kabuk parçaları sıcak preslemeden sonra bulunduğu yerden çıkıvermektedir. Bir kısım kabuklar daralarak yüzeyde yer yer çukurluklar oluşturmakta, bazılarının rengi preste kararmakta ve bazıları pres platenlerine yapışabilmektedir.
4. Kabuk kum, taş parçaları gibi yongalama bıçaklarını, defibratör segmentlerini ve şinekeleri aşındıran maddeler içermektedir. Eğer bu maddeler levha içersinde kalırsa ağaç işleme makinalarında işlenirken testere dişlerinin aşınmasına veya kırılmasına neden olabilmektedir.
5. Levha yüzeyi sıvı yüzey işlem malzemeleriyle kaplanacaksa kabuksuz odun kullanmak gerekmektedir. Çünkü levha yüzeyindeki kabuk, odun lifleri gibi sıvı yüzey işlem malzemelerini tam olarak absorbe edemez. Bu yüzden yüzeylerine sıvı

yüzey işlem malzemeleri uygulanacak MDF'lerin kabukları soyulmuş odunlardan üretilmesi gerekmektedir.

6. Pişirme kazanında büyük bir hacim kaplayarak ısı ve buhar enerjisi israfına yol açmaktadır.

Kabuğun soyulması halinde hammaddede hacmen yaklaşık %15, ağırlık olarak ise %7-10 kadar kayıp olur. MDF üretiminde kabuk oranı % 15-20 oranını aştığı takdirde levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinde düşme olmaktadır (Suchland ve Woodson, 1991). MDF içerisindeki kabuk miktarı bu oranın altında olduğu takdirde, direnç özellikleri üzerine fazla olumsuz etki yapmadığı belirtilmektedir.

e) Liflendirme Şartları

Defibratörde elde edilecek liflerin kalitesi, ağaç türüne, yonga boyutlarına ve dağılımına, ön buhar basıncına, pişirme kazanındaki bekleme süresine, uygulanan sıcaklığa, defibratör segmentlerinin profiline, diskler arasındaki açıklığa, disk hızına ve diskler arasındaki bekleme süresine göre değişmektedir. Düşük odun rutubeti, çok farklı boyutlardaki yongaların birlikte bulunmaları, yonga boyutlarının sık sık değişmesi, odunlardaki kabuk, yongaların çok kalın veya çok ince olmaları, pişirme sırasında buhar basıncının değişmesi gibi faktörler liflendirme kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Diskler arası açıklık 0.05-0.4 mm arasında olması uygundur. Ayrıca defibratör içindeki basınç azalması 0.2-0.35 atm. 'den fazla olmamalıdır.

Kestane ve Meşe odunu gibi asiditesi (pH değeri düşük) yüksek olan ağaç türlerinin yongaları pişirme kazanına Kayın, Kavak gibi pH değeri biraz daha yüksek olan (4-6 civarında) olan ağaç türlerinin yongaları ile birlikte verilmemelidir. Aksi takdirde, pişirme kazanına farklı pH değerlerine sahip yongalar alındığı için liflerinin pH değerleri de farklı olacak ve özellikle sıcak preste istenmeyen problemler çıkacaktır. Kestane yongalarının ve buna bağlı olarak liflerinin pH değeri Kayın ve Kavak liflerinden daha düşük olduğundan taslakta kestane liflerinin olduğu yerler sıcak preste daha erken sertleşecek ve levhanın bazı yerlerinde fiziksel ve mekanik özellikler değişecektir.

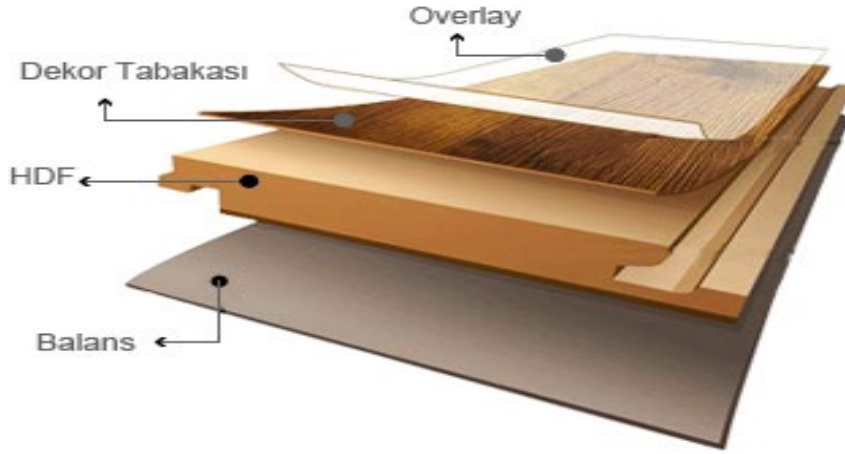
1.3 Laminat Parke ve Yapısı

Yüksek yoğunluktaki lif levhaların alt ve üst yüzeylerine reçine ile emprenye edilmiş kâğıtların konularak, sıcak preslerde basınç altında sıkıştırılması ile elde edilen yer döşeme malzemesidir.

Günümüzde laminat parke EN 13329 ve EN 15468 standardı baz alınarak üretilmektedir. Bu standart laminat yer döşemelerinin özellikleri, gerekleri ve deney yöntemlerini kapsamaktadır. Ayrıca, laminat yer döşemelerinin hangi alanlarda tatmin edici hizmet vereceğini belirtmek ve müşterilerin bilinçli tercih yapmalarını teşvik etmek için, kullanım alanları ve kullanım seviyelerine dair pratik gerekleri veren ve EN 685'e dayanan bir sınıflandırma sistemini kapsar. Bu standart işaretleme ve ambalajlama gereklerini de kapsar. Laminat yer döşemeleri, iç mekanlar ve ticari alanlardaki kullanımlar için düşünülmüştür. Bu standart, sıklıkla ıslanan banyolar, çamaşırlıklar ve saunalar gibi alanlarla ilgili gerekler için uygulanmaz, ancak evlerdeki mutfak için uygulanır. (TS EN 13329+A1)

Laminat parke yapısı 4 farklı katmanın birleşiminden yani lamine edilmesinden meydana gelmektedir. Bu katmanlar;

- 1- Balans Kâğıdı
- 2- HDF
- 3- Dekor Kâğıdı
- 4- Overlay Kâğıdı



Şekil 1.67: Laminat Parke Katmanları (URL-46, 2018)

Balans kâğıdı alt yüzeyde olup, laminat parkenin stabilizasyonu sağlayan, nem, rutubet, çarpılmadan ve böcek, mantar zararlılarından koruyan, ayrıca alt-üst yüzeyler arasında denge sağlayan kağıt film tabakadır. Alt katmanda kullanılan bu kâğıt, selüloz esaslı olup melamin formaldehit reçinesi ile emprenye edilmiş durumdadır. Reçine ile emprenye edilmiş bu kâğıt kaplama preslerde sıcaklık ve basınç etkisi altında levhaya yapışmaktadır. Genellikle piyasada 60-65-68-70-80-90 gr/m² balans kâğıtları kullanılmaktadır. Kullanılan kâğıdın gramajı emprenye ve kaplama proseslerinde oldukça önemli olup, parke kalitesine direkt etki etmektedir.

Laminat parke üretiminde ara yani taşıyıcı malzeme olarak Yüksek Yoğunluklu Lif Levha (HDF) kullanılmaktadır. Kullanılan HDF zımparalı olup, düzgün yüzeyli ve eşit kalınlıktadır. Piyasada daha çok, parke sınıfına yani kullanım yerine uygun olarak 850-880 kg/m³ yoğunluğa sahip HDF tercih edilmektedir. Levha yoğunluğu parke sağlamlığını belirlediği kadar kilit profili açımında da bir o kadar önem arz etmektedir. Ayrıca, levha alt-üst yüzey yoğunlukları da denge (düzlemsellik) açısından önemlidir. Levha kalınlığı istenen parke kalınlığından alt ve üst yüzey tabaka kalınlıkları çıkarılarak hesaplanmaktadır. Piyasada genellikle, 7.5-7.7-9.5 mm. kalınlıklarında HDF ler kullanılmaktadır. Üretilcek HDF boyutları, testere paylarının hesaplanarak bütün plakanın dilimlenmesi ile elde edilecek panel (element) sayısına göre belirlenmektedir.

Dekor kâğıdı, parkenin üst yüzeyinde renk ve dekoru yansıtan (oluşturan), müşteri beğenisini sağlayan yüzeydir. HDF'nin hemen üst yüzeyinde olup, üzeri overlay kâğıdı ile

kapatılmaktadır. Ancak, overlay kâğıdı sıcaklık ve basınç altında saydamlaşarak dekor kâğıdının görünmesini sağlamaktadır. Bu kâğıt sayesinde, parkeye sonsuz renk ve desen özelliği sağlanabilmektedir. Selüloz esaslı ve dekoratif baskılı bu kâğıtlar piyasada genellikle 50-55-60-65-68-70-75-80-85-90 gr/m² olup, reçine emdirilmesi ve reçine emdirilmiş (emprenyelenmiş) ürünün fırında kurutulması ile oluşmaktadır. Reçine malzemeleri olarak melamin formaldehit ve üre formaldehit kullanılmaktadır.

Overlay kâğıdı, alfa selüloz esaslı bir kâğıt olup, laminat parkenin en üst tabakasını oluşturan şeffaf katmandır. Parkeyi, yüzey aşınmalarına, çizilmelere, lekelenmelere, sararmaya ve darbelere karşı korumaktadır. Bu özellik, kâğıda alüminyum oksit yüklemesi (emprenye) yapılarak, mikron düzeydeki Al₂ O₃ (korondum) sağlanmaktadır. Al₂ O₃ oldukça sert, köşeli, yüksek erime derecesine sahip malzemedir. Parke üst yüzeyini oluşturan bu kâğıt parkenin aşınma sınıfını (AC1-AC2-AC3-AC4-AC5-AC6) belirlemektedir. Piyasada genellikle, 20-22-25 gr/m² overlay kâğıtları kullanılmaktadır.

Tüm katmanlar (Alttan üst yüzeye: Balans+HDF+Dekor+Overlay) üst üste gelecek şekilde serilerek, yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenir. Emprenye edilmiş bu kâğıt katmanlar taşıyıcı levha üzerine levha türü ve reçine özelliklerine göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle 180-200°C sıcaklık, 35-37 kg/cm² basınç altında 15-35 sn. süre ile preslenmektedir. Üretilen laminat kaplı levhalar parke (panel-element) genişlik ve uzunluklarına göre uygun makinelerde ölçülendirilerek kenarlarına ekleme (kilit) profili açılmaktadır.

1.3.1 Laminat Parke Sınıflandırma Gerekleri ve Kullanım Seviyeleri

Laminat parke sınıfları TS EN 13329+A1:2017 standardına göre belirlenmektedir. Bu standart, parkenin kullanım yerine ve bu kullanım yerinde maruz kalacağı etkilere göre sınıflandırma yapmaktadır. Kullanım alanı, evlerde ve ticari alanlarda olmak üzere 2 temel kritere göre ayrılmıştır. Bu 2 kriter de parkenin maruz kalacağı etki derecesine göre kendi içinde “hafif-normal-ağır-çok ağır” olmak üzere 4 alt gruba ayrılmıştır.

- Evlerde Hafif Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan trafiğinin az, eşya trafiğinin yok denecek kadar az olduğu alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke en az aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Bebek odası, yatak odası, kiler, vb.

- Evlerde Normal Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin normal olduğu alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke orta derecede aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Çocuk odası, oturma odası, salon, vb.
- Evlerde Ağır Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin yoğun olduğu alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke yoğun (ağır) derecede aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Mutfak, kapı girişleri, banyo ve tuvalet ön kapı girişleri, vb.
- Ticari Alanlarda Hafif Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin az olduğu ticari alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke hafif aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Otel odası, Hafif çaptaki ofis odaları, konferans salonları vb.
- Ticari Alanlarda Normal Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin normal olduğu ticari alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke orta derecede aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Okul sınıfları, hastane odaları, büyük ölçekli ofisler, vb.
- Ticari Alanlarda Ağır Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin yoğun olduğu ticari alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke yoğun (ağır) derecede aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Okul, hastane, büyük ölçekli iş yerleri, bankalar, vb.
- Ticari Alanlarda Çok Ağır Etkiye Maruz Kalan Kısımlar: İnsan ve eşya trafiğinin çok yoğun olduğu ticari alanlardır. Bu kullanım alanlarında parke aşırı yoğun (ağır) derecede aşınmaya maruz kalmaktadır. Örnek: Havaalanları, okul koridorları, hastane koridorları, otobüs-tren garları, vb.

Tablo 1.9: Parke kullanım seviyeleri

SINIF	KULLANIM SEVİYELERİ						
	EVLERDE			TİCARİ ALANLARDA			
	HAFİF	NORMAL	AĞIR	HAFİF	NORMAL	AĞIR	ÇOK AĞIR
	21	22	23	31	32	33	34
AŞINMA MUKAVEMETİ	AC1	AC2	AC3		AC4	AC5	AC6
ÇARPMA MUKAVAE METİ Küçük Bilye Büyük Bilye	≥8 N. ≥500 mm.				≥12 N. ≥750 mm.	≥15 N. ≥1000 mm.	≥20 N. ≥1600 mm.
LEKELENMEYE KARŞI DİRENÇ	4, (GRUP1 ve GRUP2) 3, (GRUP3)	5, (GRUP1 VE GRUP2) 4, (GRUP 3)					5, (GRUP 1,2 VE 3)
MOBİLYA AYAĞI ETKİSİ	-		0 tipi ayakla denendiğinde görülebilir zarar olmayacak.				
KOLTUK TEKERLEĞİ ETKİSİ	-		25000 devir, Zarar olmayacak.		25000 devir, H tipi tekerlerle zarar olmayacak.		
KALINLIĞA ŞİŞME	≤20%		≤18%			≤15%	≤8%
KİLİTLEME GÜCÜ	-				f _{1 0,2} ≥1 kN /m . (uzunluk) f□□,□≥2 kN/m. (genişlik)		f _{1 0,2} ≥1 kN/m. (uzunluk) (uzunluk) f□□,□≥2 kN/m. (genişlik) (genişlik)
YÜZEY SAĞLAMLIĞI	≥1 N/mm ²				≥1,25 N/mm ²		≥1,5 N/mm ²
BOYUTSAL STABİLİTE	-						Δw avg, Δl avg:≤0,15% - 0,20%≤Cavg c≤0,25% Jl avg, Js avg:≤0,15 mm. h□ avg, hs avg:≤0,15 mm.

1.3.2 Laminat Parke Üretim Teknolojisi

Laminat parke, bir taşıyıcı levhanın üstüne sırasıyla desen kâğıdı ve overlay kâğıdı, altına

ise balans kâğıdının konulup belirli bir basınç altında sıcakta preslenmesiyle elde edilmektedir.

Laminat parke üretiminin 4 aşamada gerçekleştiği söylenebilir;

- 1- HDF Üretimi,
- 2- Kâğıt Emprenyeleme,
- 3- Kaplama,
- 4- Element Oluşturma

Laminat parke üretiminde temel olarak yüksek yoğunlukta liflevha (High Density Fiberboard-HDF/core layer), dekor kâğıdı (desen kâğıdı-pattern layer), kraft kâğıdı (balans kâğıdı-balancing layer), overlay kâğıdı (wear layer), melamin formaldehit tutkalı ve bazı kimyasal katkı maddeleri kullanılmaktadır.

Laminat parkenin yapısındaki balans tabakası, en alt kısımda yer almaktadır. Bunun görevi; döşeme elemanının rutubete karşı daha dayanıklı hale getirilmesi ve stabilize edilmesi olarak ifade edilmektedir. Laminat parkenin orta tabakası, yüksek yoğunlukta liflevhadan meydana gelmektedir. Bu kısmın üretiminde rutubete karşı dayanıklı reçine kullanılmaktadır. Dekor tabakası; spesifik ahşap, taş vb. desenlere sahip baskı yapılmış ince kâğıttır. Laminat parkeyi doğal bir yüzey olarak gösteren kısım burasıdır. En üst tabaka ise melamin reçinesi ile emprenye edilmiş alfa selüloz esaslı bir kâğıt tabakasıdır. Bu kısım, laminat parkeyi rutubet penetrasyonundan korumaktadır. Laminat parkeyi ekstrem stabil yapan bu tabaka, laminat parkenin seçilmesinde önemli bir unsurdur (World Floor Covering Association, 2012).

Laminat parkenin alt (taban) kısmını, HDF levhalar oluşturmaktadır. Bu levhaların üretiminde odunun ilk önce kabuklarının soyulup yongalanması, ardından da defibratörde lif haline getirilmesi işlemleri yapılmaktadır. Elde edilen lifler, kuru ağırlıklarına oranla yaklaşık olarak %9-14 miktarında sentetik reçinelerle tutkalanıp, yaklaşık %9 rutubet miktarına kadar kurutularak taslak elde edilmektedir. Levha taslağının belirli bir basınçta sıcak preslenmesi ile HDF levhalar elde edilmektedir (Akbulut, 2001)

Laminat parkenin üretiminde kullanılan taşıyıcı levhanın üretiminde üre formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Bunun nedeni; üre formaldehit reçinesinin sertleşme süresinin kısa

olması, fiyatının diğer termosetting tutkallara (MF, PF) göre daha uygun olması, bol bulunması ve renginin beyaz oluşudur. Buna karşın su ve rutubete karşı diğer iki tutkala göre daha dayanıksızdır. Üre formaldehit tutkalı endüstride toz ve sıvı halde bulunmaktadır. Üre formaldehit tutkalından üretilen levhalardaki formaldehit çıkışı, diğer iki tutkaldan üretilen levhalarinkinden daha fazladır. Üre formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığı 90-100°C olup hızlı sertleşme için ilave sertleştirici maddelerin kullanılması gerekmektedir. pH değeri 7,5-8 arasındadır. Üre formaldehit tutkalı, genellikle %55-65'lik çözelti halinde piyasada bulunmaktadır. Üre formaldehit tutkalı, en önemli ve en çok kullanılan amino bazlı tutkaldır (Akbulut, 2001; Akbulut, 2007; Akbulut, 2011; FPL, 2010; Maloney, 1993; Pizzi, 1994)

Melamin formaldehit tutkalının sertleşme sıcaklığı 90-100°C'dir. Sertleştirici madde ilave edilmeden de sertleşebilme özelliğine sahip bulunmaktadır. Melamin formaldehit tutkalının fiyatı, üre formaldehit tutkalına göre yüksektir. Depolama süresi daha kısadır. Suya karşı üre formaldehit tutkalından daha dayanıklıdır. Üre formaldehit tutkalına belirli oranlarda katılarak MUF (melamin üre formaldehit) tutkalı olarak da kullanılmaktadır. Böylece rutubete karşı direnç yükseltilmektedir. Melamin reçineleri renksizdir. Melamin formaldehit tutkalı, overlay kâğıtlarının emprenyesinde en çok kullanılan tutkaldır (Akbulut, 2001; Bozkurt ve Göker, 1985; Bozkurt ve Göker, 1986; Pizzi, 1994).

Laminat parke üretiminde ıslatıcı, ayırıcı, sertleştirici, köpük önleyici, toz önleyici, antistatik-antibakteriyel özellik kazandırıcı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Islatıcı maddeler, kâğıdın silindirlerin arasından düzenli bir şekilde geçmesini ve reçineyi daha iyi emmesini sağlamak için kullanılmaktadırlar. Ayırıcı maddeler, sıcak preslemede kâğıdın pres plakalarına yapışmasını önlemek için kullanılırlar. Sertleştirici maddeler, melamin formaldehit reçinesinin sertleşme süresini kısaltmak için kullanılırlar. Bunlar arasında amonyum klorür ve amonyum sülfat yer almaktadır. Kâğıtların emprenye edilmesi esnasında köpükler meydana gelmektedir. Bunları engellemek için köpük önleyici maddelerden yararlanılmaktadır (Akbulut, 2007; Başarır, 2011).

Laminat parke üretiminde kullanılan ham kâğıtlar, iki aşamada emprenye işlemlerine tabi tutulmaktadır. Hammadde deposundan getirilen kâğıt bobinleri, emprenye makinesinin en baş kısmında yer alan besleme silindirine takılır. Daha sonra bunlar silindirlerin etrafından dolaşarak melamin formaldehit tutkalının bulunduğu tavalara daldırılır. Bunun ardından

kâğıtlar, tutkalın penetrasyonunun sağlanması, homojen ve düzgün yüzeyler elde edilmesi için silindirler yardımıyla belirli bir yüksekliğe kadar çıkarılmaktadır. Bu kısımda, kâğıtta oluşabilecek kırışıklıkları gidermek için “muz” adı verilen bir silindir yer almaktadır. Reçine emdirilen kâğıtlardaki reçine oranını ayarlamak için kâğıtlar dozajlama silindirlerinin arasından geçirilmektedir. Bu silindirler arasındaki mesafenin artırılıp azaltılması ile kâğıtlara emdirilen reçine miktarı ayarlanmaktadır.

Rutubet miktarlarının istenen düzeye getirilmesi için kâğıtlar kurutucudan geçirilmektedir. Kurutma fırınlarında kâğıtlar herhangi bir yüzeye değmeden gergin bir şekilde yol almaktadırlar. Bu süreçte kâğıdın bünyesinde yer alan tutkalın belirli bir düzeye kadar sertleştirilmesi sağlanmaktadır. Kurutma fırınından sonra kâğıtlar soğutma kısmına gelir. Burada kâğıt, içerisinde soğuk su geçen silindirlerin arasından geçirilmektedir. Böylece belirli bir sıcaklığa kadar soğumaları sağlanmaktadır.

Kâğıtlar tekrar melamin tutkalı bulunan tavaya daldırılmak suretiyle ikinci kez emprenye işlemine tabi tutulur. Emprenye işleminin neticesinde bünyesine sıvı emen kâğıtlarda genişlemeler meydana gelmektedir. Bunlarda kontrolü sağlamak için tekrar çeşitli formlardaki silindirlerin etrafında geçen kâğıtlar ikinci kurutma (fırın) kısmına girer.

Kurutma fırınından çıkan kâğıtlar soğutma ünitesini de geçerek ebatlama ünitesine gelirler. Burada istenen boyutlara giyotinle kesilen kâğıtlar, metalden yapılan paletlere üst üste yerleştirilir. Oluşan bu pakete “kaset” adı verilmektedir.

HDF üretimi ve emprenye işleminin ardından kaplama işlemine geçilmektedir. Kaplama işlemi, sıcak pres ile yüksek sıcaklık ve basınç altında gerçekleşmektedir. Sıcak presleme hattının ilk kısmında taslak hazırlanmaktadır. Vakum pompalı otomatik kollar sayesinde balans kâğıdı, taşıyıcı bandın üzerine serilir. Daha sonra levha asansörünsen taşıyıcı kollar ya da vakumlu lastikler yardımıyla alınan HDF levhası balans kâğıdının üzerine yerleştirilir. Bunu takiben dekor kâğıdı taşıyıcı levhanın üzerine konulur. En son olarak da overlay tabakası taslağın en üstüne yerleştirilerek işlem tamamlanır.

Hazırlanan taslaklar, otomatik taşıyıcı arabalar ile sıcak pres palakaları arasına taşınarak presin içine yerleştirilir. Bu esnada sıcak presleme süresini tamalamış ve kaplanmış olan plaka, arabalar ile taşınarak presten çıkartılır. Bu işlemler eş zamanlı olarak birbirini takip

eder. Sıcak presin içine parke taslağı yerleştirildikten sonra sıcak presin platenleri hızla kapatılır ve presleme işlemi başlatılır.

Presleme işlemi 15-20 saniye gibi çok kısa sürelerde tamamlanmaktadır. Sıcak preste uygulanan spesifik basınç, 30 kg/cm² ile 40 kg/cm² arasında değişiklik göstermektedir. Sıcak preslemede platen sıcaklığı ise 180-220°C arasında değişmektedir.

Sıcak presten çıkarılan levhalar bantta ilerleyerek yüzey kontrolü ünitesine getirilir. Burada yatay olan levhalar otomatik vakumlu kollar vasıtasıyla kaldırılıp operatör tarafından yüzey kontrolleri yapılmaktadır. Burada laminat parke yüzeyinde herhangi bir iz, yanık, çökme, üst üste binme, yırtılma vb. bir kusur olup olmadığı tespit edilmektedir. Ayrıca, bu aşamada belirli periyotlarda (30-60 dk.) leke tutma (kimyasal, grafit, vb.) ve cross cut (çapraz kesit) testleri yapılmaktadır. Bu testler, kâğıdın pres içerisinde pişme derecesini ve taşıyıcı levhaya yapışma kalitesini ölçmeye yardımcı olmaktadır.

Yüzeyleri kontrol edilen kaplanmış plakalar, yıldız soğutucuya alınarak soğutma işlemi yapılır. Burada laminat parkelerin, yıldız şeklinde kolları olan ve etrafında belirli bir hızda dönen bir ünite yardımıyla soğuması sağlanır. Soğuma işleminde aynı zamanda laminat parkenin tam olarak kürlenmesi de sağlanmış olunur.

Soğuma işlemi tamamlanan kaplanmış plakalar 50-75 adetli paketler halinde istiflendikten sonra, parke profil hattında kesime alınmadan önce malzemenin ortam denge rutubetine ulaşmasını sağlamak ve sonradan oluşabilecek çarpılma, dönme, vb. sorunları ortadan kaldırmak amacıyla depoda dinlendirilmektedir. Dinlendirme süresi, depolama şartlarına ve yaz-kış aylarına göre farklılık göstermektedir. Genellikle, minimum 7 gün ve maximum 15 gün dinlendirme işlemi uygulanmaktadır. Dinlendirme süresinin az tutulması durumunda, parke profil hattında aksaklıklar ve kullanım yerinde müşteri şikâyetleri ortaya çıkacaktır.

Dinlenme süresini tamamlayan paketler, parke elementi (panel) halini almak üzere parke profil hattına getirilir. Paketler, istif asansörü üzerine konulur. Otomatik taşıyıcı robot vasıtasıyla kaplanmış plakalar tek tek plaka ilerletici (taşıyıcı) rulolar üzerine bırakılır. Robot, rulo ve diğer ekipmanların çalışma hızları hat hızına bağlı olarak çalışmaktadır.

Taşıyıcı rulolar vasıtasıyla ilerleyen kaplanmış plaka, levha merkezleme kısmına getirilir. Burada, levhanın (plaka) her seferinde aynı noktadan düzgün şekilde kesime alınması sağlanmaktadır. Merkezlenen plaka, hat üzerinde ilerleyerek daire testere yardımıyla tam orta kısımdan kesilir. Daha sonra, ikiye ayrılan yarım plakalar çoklu dilimleme ünitesine getirilir. Çoklu dilimleme ünitesindeki daire testereler vasıtasıyla parke elementleri (panel) oluşturulur. Son aşamada ise, önce uzun kenar kilit sistemine ait lamba-zıvana kanalları sonra kısa kenara ait lamba-zıvana kanalları profil makinesindeki bıçaklar yardımıyla açılır. Her elementin kilit sistemi oluşturulduktan sonra kalite seçim işlemi uygulanmaktadır. Bazı fabrikalarda karşılıklı göz ve el ile kontrol yapan personeller yardımı ile bazı fabrikalarda ise, otomatik kamera sistemi ile kalite tasnifi yapılmaktadır.

Kilit sisteminin oluşturulması parke üretiminde en önemli ve kritik aşamadır. Her firmanın ve her markanın kullandığı kilit farklılık göstermektedir. Ülkemizde en çok kullanılan kilit sistemi Unilin ve Valinge firmalarına aittir. Firmaların kilit şablonlarına (kilit profil çizimlerine) uygun olarak makinelerde bıçak aç ve mesafeleri ayarlanmaktadır. Yapılan ayarın doğruluğu röntgen cihazı ile kontrol edilmektedir. Üretilen elementin hem uzun hem de kısa kenar lamba-zıvana bölgelerinden numune kesilerek röntgen cihazına konulur. Uygun profil çizim şablonu da makineye yerleştirilerek, mikron düzeydeki hatalar tespit edilir. Hataları düzeltmek için, yapılan ölçüm yani sapma sonuçlarına göre bıçaklar ayarlanır. Aksi durumda, elementlerin birleşiminde yükseklik farkı (kot farkı), ek yerlerinde açıklık, birleşmeme gibi kalite problemleri açığa çıkacaktır. Bu kontrol, 15-30-60 dk. aralıklarla yapılmaktadır.

Kalite ayrımı (tasnifi) yapıldıktan sonra, elementler teker teker parke kutusu içerisine otomatik olarak yerleştirilir. Hat üzerindeki sayaç sayesinde, kutu içerisindeki element adedine göre paketleme yapılır. Element sayısı tamamlanan kutular (parke paketleri) hat üzerinde otomatik ilerleyerek shrinkleme ünitesinden geçer ve her bir kutunun shrinkleme işlemi tamamlanır. Daha sonra parke kutuları robot yardımı ile istiflenerek palet haline getirilir. Son aşamada ise, paletlerin otomatik streçlemesi ve çemberlemesi işlemi tamamlanır. Paletler depo alanına gönderilerek sevke hazır hale getirilir.

1.4. Formaldehit

Aldehit ailesinin önemli bir üyesi olan FA (CH_2O) sıvı olarak metanolün oksidasyonundan elde edilir. FA kuvvetli elektrofilik özelliği nedeniyle oldukça reaktif bir özelliğe sahip, oda sıcaklığında hızla gaz haline geçebilen, yanabilen, suda çok iyi çözünen, renksiz, keskin kokulu, irrite edici, düşük molekül ağırlıklı zehirli bir gazdır (Smith 1992; Shaham ve ark. 1996).

Formaldehit kimyasal özellikleri nedeniyle çok yaygın olarak kullanılan, organizmanın doğal yapısında da yer alan kimyasal bir maddedir. Endüstriyel alanda kontraplak, mdf, sunta, yalıtım malzemeleri, boya ve plastik malzemelerin yapımında, tekstil endüstrisinde, halı, mobilya, duvar kaplamalarında ve ev temizlik ürünlerinde kullanılmaktadır (Blair ve ark. 1990; Smith 1992; Usanmaz ve ark. 2002). Bu kimyasal, proteinleri sertleştirip çürümeleri önlediğinden biyolojik örneklerin saklanması ve mumyacılıkta, ayrıca böcekleri ve birçok mikroorganizmayı öldürdüğünden dezenfektan olarak kullanılmaktadır (Schlink ve ark. 1999).

Formaldehitin bina içi kaynakları kereste ve kontrplak kullanılan ev ve mobilya malzemeleridir. Ayrıca sigara dumanından da bina içi havaya yayılır. Sigara ile her pakette ortalama olarak 0.38 mg kadar FA alınmaktadır (Blair ve ark. 1986). Tıp alanında ise, FA'nın kullanımı laboratuvarlarda yoğunlaşmaktadır. Anatomide kadavranın tespiti ve bozulmadan uzun süre saklanması, histoloji ve patoloji laboratuvarlarında dokuların fiksasyon aşamasında kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kaplamaların yapısında, klinikte inatçı sistit tedavisinde ve bazı ilaçlarda da koruyucu madde olarak FA'dan faydalanılmaktadır. Ayrıca hemodiyaliz ünitesinde kullanılan solüsyonlar da formalin içermektedir. Dizel araçların egzoz dumanında, fuel-oil, benzin ve doğal gazda, ağaç ve odunun yanmasıyla ortaya çıkan FA ise hava kirliliğinin sebepleri arasında gösterilmektedir (Smith 1992; Khanzadeh ve ark. 1994; Cohen ve ark. 1998; Sarnak ve ark. 1999; Zararsız ve ark. 2006b).

Formaldehit, yaygın kullanımının yanında insan sağlığına önemli zararlar içerir. Formaldehit üretiminin yapıldığı ya da kullanıldığı endüstriyel alanlardaki meslek grupları ile anatomistler, patologlar ve tahnitçiler formaldehite ve dolayısıyla onun olumsuz etkilerine işlerinden dolayı aşırı maruz kalan kişiler üzerinde yapılan araştırmalarda, beyin kanseri, kan kanseri ve kolon kanserinden ölenlerin sayısında normal popülasyona göre bir artış olduğu gözlenmiştir (Shaham ve ark. 1996; Schlink ve ark. 1999). Ayrıca, günlük

hayatta FA içeren ürünlerin ev ve işyerinde kullanılması (duvar boyası, mobilyalar, cila kaplamalar, deodorantlar, temizlik ürünleri v.b) ve çevresel etkenlerle maruziyet (fuel-oil ve odunun yanması ile egzoz gazı ve sigara dumanı gibi) etkilenmeyi daha da artırmaktadır (Smith 1992; Usanmaz ve ark. 2002).

Yapılan deneysel araştırmalarla kanserojenik olduğu vurgulanan formaldehitin, solunum sistemi, sinir sistemi ve sindirim sistemi gibi birçok sistem üzerinde zararlı etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. (Smith 1992; Usanmaz ve ark. 2002; Zararsız ve ark., 2006a). Üreme sistemi üzerinde de olumsuz etkiler gösteren formaldehitin, germinal hücrelere zarar vererek fertilité problemlerine yol açtığı, testis morfolojik yapısını bozduğu, sperm sayısı ve serum testosteron düzeylerinde azalmaya neden olduğu ifade edilmiştir. (Chowdhury ve ark. 1992; Thrasher ve Kilburn 2001; Özen ve ark. 2005).

Thrasher ve Kilburn (2001), gebe fareleri, çiftleştirmeden önce, çiftleştirme esnasında ve gebelik süresince formaldehite maruz bıraktıklarında, embriyo ölümlerinin, kriptoorşidizm ve aberrant ossification venters gibi fôtusa ait anomalilerin arttığını, askorbik asit konsantrasyonunun azaldığını, özellikle doğumdan sonraki dördüncü ayda endoplazmik retikulum, lizozomlar ve mitokondrilerin enzimlerinde anormalliklere, demir eksikliğiyle artan metabolik asidoza sebep olduğunu belirtmişlerdir (Chowdhury ve ark. 1992).

Kuş ve ark. (2008) omega-3 yağ asitlerinin formaldehitin testislerde neden olduğu apoptozisi önlediğini bildirmiştir. Formaldehit; gen mutasyonları, delesyon, kromozomal hatalar, tek zincir kırıkları, kardeş kromatit değiş tokuşu ve hücre değişimlerini kapsayan genotoksik (Casanova ve ark. 1988; Shaham ve ark. 1996), mutajenik, teratojenik, embriyotoksik ve karsinojenik (McLaughlin 1994) bir kimyasaldır. Formaldehitin solunum sistemi toksisitesi düşük konsantrasyonlarda (0.5 ppm) bile ortaya çıkmaktadır. Akut etkilenmelerde burun ve boğazda yanma hissi, nefes darlığı, öksürük, hırıltılı solunum gibi klinik semptomlara neden olmaktadır. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise, pulmoner ödem, inflamasyon ve pnömoni gelişmektedir (Blair ve ark. 1990; Smith 1992; Heck ve Casanova 1999; Kriebel ve ark. 2001).

Mesleki olarak formaldehite maruz kalan işçiler arasında akciğer kanserinden ölüm oranının %30 daha fazla olduğu belirtilmiştir (Halperin ve ark. 1983; Hayes ve ark. 1986). Zararsız ve ark. (2004a, 2004c), sıçanlarda formaldehit maruziyeti sonucu akciğer

dokusunda hasarın oluştuğunu ve bu hasarın melatonin ve ω -3 yağ asitleri uygulamasıyla önleildiğini tespit etmişlerdir. FA'nın solunum sisteminin yanında santral sinir sistemi, deri, göz, testis ve menstrüel fonksiyonlar üzerinde de toksik etkilere sahip olduğu, tavşan gözünün korneasına verilen formaldehitin ise retinaya zarar verdiği bildirilmiştir (Hayasaka ve ark. 2001; Kilburn 1987; Chowdhury ve ark 1992).

FA, ağız yoluyla alınmasını takiben üst gastrointestinal sistemde lokal korozif etki meydana getirir. Mide bulantısı, şiddetli ishal, karın ağrısı gibi semptomların ardından nekroz, perforasyon ve kanama gelişir. Daha sonra dolaşım kollapsı, şiddetli metabolik asidoz ortaya çıkar ve birkaçgün içerisinde ölümle sonuçlanır (Smith 1992). Yapılan bazı çalışmalarda, formaldehitin bazı enzimlerin aktivitelerini inhibe ettiği ve bazı enzimlerin aktivitelerini de artırdığı belirtilmiştir (Cassee ve Feron 1994; Schlink ve ark. 1999). Sıçanlar, uzun süreli 6-15 ppm dozunda formaldehite maruz bırakıldığında, nazal tümör geliştiği gözlenmiştir (Kerns ve ark. 1982; Feron ve ark. 1988).

Yüksek konsantrasyonlarda formaldehit solunursa mukostaz ve siliostaza gelişir (Morgan ve ark. 1983). Deneysel çalışmalarda oral yolla alınan formaldehitin genel metabolizmada birçok anormalliğe yol atığı tespit edilmiştir: Hamile halde iken formaldehit alan sıçanların yavrularında doğum ağırlığının dışmesi (Soffritti ve ark. 1989), erkek Wistar sıçanlarda anormal sperm insidansının artması (Kalmykova ve ark. 1979), Drosophila Melanogaster'de hemen bütün mutasyon tiplerine rastlanması (Auerbach ve ark. 1977), midenin glandüler yapısında tümör-promoting aktivitenin olması (Furihata ve ark. 1988) gibi bozukluklar gözleendiği bildirilmiştir.

Ku ve Billings (1984), formaldehitin karaciğer hücrelerinde glutatyon seviyelerini azalttığını ve LDH enzim aktivitesini de arttırdığını bildirmişlerdir. Dolayısıyla bir antioksidan olan glutatyonun azalması, karaciğer üzerine FA toksisitesini artırmaktadır (Smith 1992; Zararsız ve ark. 2005). Zararsız ve ark. (2005) sıçanlarda formaldehit maruziyeti sonucu karaciğer dokusunda oksidatif hasar oluştuğunu ve bu hasarın omega-3 yağ asitleri uygulaması ile azalığını tespit etmişlerdir. FA toksik etkilerini nonenzimatik yolla DNA, RNA, protein ve doymamış yağ asitleri ile güçlü bir şekilde birleşerek gerçekleştirme eğilimindedir (Bolt 1987). FA'nın nörotoksik etkileri akut etkilenmelerde baş ağrısı, baş dönmesi, keyifsizlik, uykusuzluk ve iştahsızlık şeklinde kendini gösterirken, uzun süreli maruziyette ise, duygudurum bozuklukları, davranış bozuklukları ve epilepsi

gibi kalıcı nörotoksisite belirtileri ortaya çıkar (Kilburn ve ark., 1987; Stroup ve ark. 1986; Kilburn 1994; Zararsız ve ark. 2006a). Gürel ve ark. (2005)

FA'nın hipokampus ve frontal korteks üzerinde toksik etki yaparak, her iki beyin bölgesinde nöronal dejenerasyon ve piknotik hücre oluşumuna neden olduğunu tespit etmişlerdir. Zararsız ve ark. (2007), formaldehit uygulamasının sıçan hipokampusunda oluşturduğu oksidatif hasarın ω -3 yağ asiti uygulaması ile önlendiğini tespit etmişlerdir. Kuş ve ark. (2004), erkek sıçanlara 14 gün boyunca gün aşırı olarak i.p yolla uyguladıkları % 10'luk formaldehitin yanı sıra 25 mg/kg dozunda melatonin uygulamış ve formaldehit maruziyeti sonucu prefrontal kortekste oksidatif hasarın oluştuğunu ve bu hasarın melatonin uygulaması ile önlendiğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak; formaldehit vücuttaki pek çok doku ve organ üzerinde zararlı ve hatta toksik etkiye sahip olmakla beraber, melatonin ve ω -3 yağ asitleri formaldehitin zararlı etkilerine karşı koruyucu ve sağaltıcı rol üstlenmektedir. Bunun yanında, formaldehitte çalışılan ortamlarda formaldehit konsantrasyonunu izin verilen sınır olan 0.3 ppm düzeyinin altında tutmak gerekmektedir. FA'nın daha çok kullanıldığı makroskobik anatomi laboratuvarlarında formaldehitin zararlı etkilerinden korunmak için bazı önlemler alınmalıdır. Bunun için öncelikle uygun bir doku tespiti için yeterli % 10'luk konsantrasyonun üzerine çıkılmamalıdır. Tespit için bekletilen materyaller hava geçirmeyecek şekilde kapatılmalıdır. Makroskobik incelemenin yapıldığı alan formaldehit buharını ortamdaki hemen uzaklaştıracak şekilde donatılmalıdır. Kronik konjunktivit, üst ve alt solunum yolu hastalıkları bulunan laboratuvar personeli bu ortamdaki hastalıkları tamamen geçene kadar uzaklaştırılmalıdır. Laboratuvar personeli arasında uygun dönüşümler sağlanarak formaldehit ile temas süreleri mümkün olduğunca düşürülmelidir. Bütün bu zararlı etkilerine karşın formaldehit ucuz ve iyi bir tespit solüsyonu olması nedeniyle hala tüm dünyada kullanılmaktadır.

1.4.1. Formaldehit Emisyonu ve Oluşumu

En iyi bilinen ve Dünya'da levha üretimi de %90 oranında kullanılan amino reçinelerinden olan üre formaldehit reçineleri düşük maliyeti, farklı sertleşme koşulları altında kullanılabilmesi, sıcak preste hızlı reaksiyonu, suda çözünabilir olması, düşük sertleşme sıcaklığı, mikroorganizmalara, aşınmaya karşı dirençli ve renksiz olması, iyi termal özellikleri, diğer amino reçineler ile karıştırılarak kullanılabilmesi ve diğer tutkallarla kıyaslandığında kısa sürede sertleşmesi gibi birçok avantajları bünyesinde bulundurmaktadır. Üre formaldehit reçinelerinin en büyük dezavantajı ise bağlayıcı madde olarak

kullanıldıklarında sertleşme süresi bitene kadar çevreye formaldehit yaymalarıdır (Hematabadi, Behrooz and all., 2012).

Yonga levha ve özellikle orta yoğunluktaki liflevha (MDF) ürünleri en fazla formaldehit yayan ürünlerdir. Yapılan deneyler sonucu formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin MDF den yapılan büro mobilyalarından günlerce hatta aylarca yayılabildiği belirlenmiştir. Mobilyalardan ortama formaldehit yayılımı, ortam sıcaklığı ve nemin artması ile artış göstermektedir (Aksakal, Vaizoğlu ve ark., 2005).

Formaldehit emisyonu, basit bir ifade ile üretim süreci tamamlanmış ahşap malzemelerin hava ile temas etmesi sonucu bulunduğu ortamdaki bağıl nem ile formaldehitin çözülerek havaya karışması olarak söylenebilir (Özalp, 1996).

Yüksek sıcaklık ve yüksek rutubet içeriği ÜF tutkalları ile üretilmiş MDF ve yonga levhaların içinde bulunduğu odada kötü koku problemi meydana getirmektedir. ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levha ürünlerinde formaldehitin açığa çıkması iki faktör nedeniyle olabilir. İlki reaksiyona girmemiş ve levha yapısında var olan serbest formaldehitten olup, ikincisi ise sıcaklık ve rutubet etkisiyle aminoplastik bağların hidrolizi sonucu oluşan formaldehitten ileri gelebilir. Formaldehitin açığa çıkış şekillerinden ilki olan yongalevha ve MDF’lerde formaldehit emisyonunu birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri üre ile formaldehitin mol oranı, pres sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve kullanım yerindeki rutubet içeriğidir(Pizzi, 1994).

MDF üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkallarının içinde tutkalın üretim aşamasında reaksiyona girmeden kalan formaldehit ile MDF üretim aşamasındaki kondenzasyon reaksiyonu sırasında oluşan ve levha yapısından tamamen atılamayan bir miktar daha formaldehit kalmasından dolayı sözü edilen formaldehit miktarlarının düzeyine bağlı olarak üretilen levha ürünleri E1 ve E2 olarak isimlendirilmektedir. E1’in ifade ettiği anlam direnç ve su ilişkileri bakımından en az EN normlarını karşılayan, diğer taraftan da sağlık açısından özellikle kanser riski ve alerjik astım oluşumuna neden olma bakımından risk içermeyen ürün anlamına gelmektedir.

Levha taslağının sıcak presleme aşamasında gerek yarıda kalan kondenzasyon reaksiyonu gereği metilenol üre yapıları arasında ve gerekse de polimerleşen tutkal ile odunu oluşturan lif yüzeylerindeki karbonhidratların C6’daki OH, halka oksijeni ve köprü oksijeni arasında

bağlanma kurulacaktır. Bu yapılar arasında kurulan bağlar kondenzasyon reaksiyonunun gereği olarak ya sadece su ya da su ile formaldehit açığa çıkaracaktır. Burada ortaya çıkan formaldehit kondenzasyon reaksiyonunun sonucu olarak metilenol üre yapıları arasında –CH₂– şeklindeki bağlanmayla gerçekleşir. Bu oluşum pres sıcaklığı, pres basıncı ve ortam pH'ına bağlı olarak gerçekleşir. Oysa, üretilen tutkalın mol oranına ve üretim sonrası uygulanan vakumun büyüklüğüne ve uygulama şekline bağlı olarak da tutkal içerisinde bir miktar formaldehit kalmaktadır. Sonuç olarak gerek tutkal üretim aşamasında levha içerisinde kalan formaldehit gerekse de preste devam ettirilen kondenzasyon reaksiyonu sonucu oluşan formaldehit üretimden hemen sonra levhadan çevreye yayılan formaldehitin ana kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C₆'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozunmaları söz konusu olacaktır. Bu tür bir bozunma da formaldehit yayılımını tetikleyecektir.

Son dönemlerde dış ortamlar kadar iç ortamdaki hava kalitesinin de insan sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu yönündeki görüşler artmıştır. Günümüz insanının iç ortam kirleticilerine fazlaca maruz kalması sonucunda kronik ve akut sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Özellikle mobilya ile mobilya imalatında kullanılan ahşap esaslı malzemeler ve daha sonrasında da her çeşit tekstil ve yapı malzemesinin çeşitlenmesi ve gelişmesi sonucu daha çok çeşitte desen, renk ve boyut sağlayabilmek için ham maddelere katılan çeşitli kimyasallar sağlığın negatif etkilenmesinin başkahramanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar formaldehit emisyonunu mekan da sigara içilip içilmemesinden, ortamın işlek bir caddede olup olmamasına kadar bir çok faktör etkilese de levha ürünlerinin kullanımı bu etkilerden daha fazla bir paya sahiptir.

İç ortam ve kirleticileri ile bunların kaynakları ve çeşitli formaldehit konsantrasyonlarının sağlık üzerine etkileri Tablo 1.10 'da verilmiştir.

Tablo 1.10: İç ortam ve kirleticileri ile bunların kaynakları ve çeşitli formaldehit konsantrasyonlarının sağlık üzerine etkileri

Kirletici		Kirleticinin Bulunduğu Yapı Ürünü	Kullanıcı Sağlığına Etkileri
VOC	Benzen	Mobilyalar, boyalar, kaplamalar	Kanser
	Formaldehit	Kontrplak, halı ve laminat yapıştırıcıları, boyalar, yalıtım ürünleri	Göz yanması ve yaşarması
	Tolien	Yapıştırıcılar, döşeme kaplamaları, boyalar	Bitkinlik, koordinasyon bozukluğu, uykusuzluk, göz rahatsızlıkları
Asbest		Yalıtım ürünleri, bazı döşeme ve tavan kaplamaları, eski sıvalar	Asbestosis, akciğer kanseri, mezotelyoma, plevra tümörü
Radon		Beton, tuğla, granit, alçı, agrega	Akciğer kanseri
Polivinilklorür (PVA)		Doğrama profilleri, kaplama, çatı örtüsü, duvar kağıdı, boru oluk, elektrik döşemesi	Baş dönmesi, bitkinlik, baygınlık, baş ağrısı, bulantı, gözlerde yanma, uyku düzensizliği, bellek yitimi, işitme bozuklukları, sinirlilik, deride kalınlaşma, parmaklarda kan dolaşımının bozulması, kalp krizi, bağışıklık sistemi zayıflığı, üreme organları bozukluğu, karaciğer, akciğer, mide, beyin, kan ve lenf kanseri

Orman ürünleri endüstrisinde panel levha ürünlerinin üretiminde kullanılan formaldehit esaslı tutkalların formaldehit emisyon oranlarına bağlı olarak sınıflandırılması genel hatları ile aşağıda gösterilmiştir.

E0: 1-2 mg/100 gr (normal ağacın kendisindeki doğal formaldehit oranı)

E1: 2-10 mg/100 gr

E2: 10-30 mg/100 gr

E3: 30-60 mg/100 gr

Formaldehit emisyonlarının tayini için tüm dünyada kullanılan standartlar Avrupa Birliği Standartları, Japon Standartları, ISO Standardı aşağıda açıklanmıştır.

- Avrupa Birliği Standartları

- EN 717-1 (2004): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 1: Oda metodu ile formaldehit emisyonu (Oda Metodu): Oda hacmi: 225 L-1 m³, yükleme faktörü: 1m²/m³, ACH: 1 h-1, 23 °C, % 45 RH
- EN 717-2 (1994): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 2: Gaz analiz metodu ile formaldehit salınımı (Gaz Analizi Metodu): Oda hacmi: 4L, 0.4x0.05 m. boyutlarında test materyali, ACH: 15 h-1, 60 °C, ≤ %3 RH
- EN 717-3 (1996): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi. Bölüm 3: Şişe metodu ile formaldehit salınımı (Şişe Metodu): Oda (Şişe) hacmi: 500 ml, 25x25 mm. boyutlarında ve 20 g. ağırlığında test materyali, 40 °C, 100% RH
- EN 120 (1993): Ahşap-esaslı paneller-formaldehit içeriğinin belirlenmesi perforatör metodu olarak adlandırılan ekstraksiyon metodu (Perforatör Metodu): 25x25 mm boyutlarında ve 110 g. ağırlığında test materyali, 110 °C'de toluen ile ekstrakte edilmektedir.

- Japon Standartları

Japon standart metotları Avrupa Birliği Standart metotları ile çok benzer olmakla beraber, kullanılan odaların hacminde ve test materyallerinin alanlarında bazı farklılıklar bulunmaktadır.

- JIS A 1460 (2001) ve JAS MAFF 233 (2003): Bina panelleri: Formaldehit emisyonlarının belirlenmesi-desikatör metodu (Desikatör Metotları): Oda hacmi: 911 L, Test materyalinin alanı: 0.18 m², ön-Şartlandırma, 20 °C, %0-80 RH
- JIS A 1901 (2003):Bina malzemelerinden kaynaklanan uçucu organik bileşik ve aldehit emisyonlarının belirlenmesi-küçük oda metodu (Küçük Oda Metodu):Oda hacmi: 20 L-1m³, yükleme faktörü:2.2 m²/m³, 28 °C, %50 RH, ACH: 0.5 h-1.

- ISO Standardı

- ISO/7CD 12460 (2005):Oda Metodu: 1m³, 23 °C, %50 RH, 1h-1

Test metodları kullanılarak çeşitli malzemelere ait özel emisyon hızları araştırılmaktadır. Toz veya biyolojik toz parçası, iç mekan hava kirleticilerinin durumları da bu metotlar ile belirlenmektedir. Bu metotların kontrollü bir ortam olması nedeni ile bazı kimyasalların bazı malzemeler ile zamanla etkileşimi de tespit edilebilmektedir. Havanın bazı malzemelerle olan etkileşimi sonucunda yeni kimyasal maddeler oluşmaktadır. Bu kimyasal maddelerin hangi sıcaklık, nem gibi koşullarda daha yüksek veya az seviyede oluştuğu da incelenmektedir.

Nem, hava hızı ve sıcaklık gibi faktörlerin bina malzemelerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik emisyonlara olan etkisi incelenmiştir. Bu üç parametre değerleri değiştirilerek partikül miktarı, toplam UOB ve mikrobiyolojik seviyelerin düşürülmesi açısından çalışmalar yapılmaktadır. Bina malzemelerinden kaynaklanan istenmeyen olumsuz etkilerin iç ortam hava kalitesine olan etkisi, inşaat malzemelerinin kalitesine, sıcaklık ve nem koşullarına karşı dayanıma ve inşaat işlerinin kalitesine bağlıdır.

Bina malzemeleri, ev elektrik tertibatları ve diğer malzemelerde kullanılan plastikleştiricilerde yarı UOB olarak sınıflandırılan ftalatlar, örneğin dietilhekzilftalat (DEHP), plastikleştiricilerin çoğunda bulunmaktadır. Örnek olarak izolasyon malzemeleri, PVC döşemeler ve duvar kağıtları, halı ve perdelerden ftalat emisyonlarının çıktığı tespit edilmiştir. Yarı UOB'ler ve evdeki toz arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Bu amaçla materyallerden salınan yarı-UOB'lerin emisyon hızları kontrollü odalarda araştırılmıştır. Ancak yarı-UOB'ler için oda deneylerinin uygun olup olmadığı halen bir tartışma konusudur. Öyle ki, odanın duvarlarına adsorbe olduğu belirtilmektedir. Bunu önlemek

için yüksek sıcaklık koşullarının uygulanması gibi öneriler geliştirilmiştir. Ancak, bu sefer de yüksek sıcaklık koşullarının tipik bir iç ortamı temsil etmeyeceği yorumu ortaya çıkmaktadır.

- Türk Standardı

Türkiyede iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalar 2001 yılından itibaren İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi tarafından yapılmaktadır. Avrupa Birliğine uyum çerçevesinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan yasa ve yönetmeliklerle kontrol altına alınmak istenmektedir; ancak iç hava kalitesi standartları konusunda ülkemizde belirlenmiş değerler henüz oluşturulamamıştır.

Hava kalitesi standartları konusunda da Türkiye'de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanununa dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) yürürlüğe konmuştur.

Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amaçlanmış, bu yönetmeliği 3 farklı yönetmelik olarak düzenlemiş ve yürürlüğe koymuştur. Bunlar, 3 Temmuz 2009 tarih, 27277 sayı ile Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY) ve 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayı ile "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" (IKHKKY) ve 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayı ile Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) yayınlanan yönetmeliklerdir. HKDY'de hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerleri (UVS) ve kısa vadeli sınır değerleri (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirlleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için söylenen üst sınır değerleri göstermektedir. 1 yıl süre boyunca yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan ve aşılmaması gereken değer olarak tanımlanmaktadır. KVS ise, kısa sürede hava kirlleticilerin yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir. Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları, sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerler olarak tanımlanmaktadır.

T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 09.09.2013 tarihinde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi' yayınlanmıştır.

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun Ek 6'ncı maddesinde hava kalitesinin belirlenmesi, izlenmesi ve ölçülmesine yönelik yöntemler, hava kalitesi sınır değerleri ve bu sınır değerlerin aşılmaması için alınması gerekli önlemler ile kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilgilendirilmesine ilişkin açıklamalar Bakanlıkça yürütülür. Bu açıklamalara ilişkin usul ve esaslar "Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle belirlenir." hükmü yer almaktadır. Bu hüküm çerçevesinde, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" 06/06/2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 05/05/2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile de yönetmeliğin Ek-1 A'sında değişiklik yapılmıştır. Bu yönetmelikle, Avrupa Birliğinin (AB) belirlediği düşük hava kalitesi limit değerlerine uyumunun hava kalitesi alanlarındaki AB mevzuatının mevzuatımızla uyumlaştırılması amaçlanmış ve yönetmelik 96162,8C sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve 99130IEC, 2000169/EC, 200213IEC ve 20041107IEC sayılı kardeş direktifleri paralelinde hazırlanmıştır. Yeni yönetmelik 13 farklı kirleticinin mevzuat uyumu ve uygulama aşamalarında uygulama takvimlerini belirlemektedir.

Yönetmelik ayrıca, kirliliğin kontrolü ve hava kalitesi alanlarında doğru, tam ve güvenilir bir izleme, yaptırım ve kurumsal güçlendirmeyi de amaçlamaktadır. Yönetmelikle mevcut hava kalitesi limit değerlerinin 01/01/2014 tarihine kadar kademeli olarak azaltılması ve o tarihten sonra AB hava kalitesi limit değerleri artı tolerans değerlerine başlanarak kademeli bir geçiş ile AB limit değerlerine uyum sağlanması hedeflenmektedir. 2014 yılına kadar tüm Türkiye için hava kalitesi ön değerlendirme çalışmalarının tamamlanması, ölçüm istasyonlarının kurulması, bölgesel ağ merkezlerinin oluşturulması, laboratuvar alt yapısının oluşturulması, güvenli ve kaliteli ölçüm verilerinin sürekliliğini sağlayarak raporlanacak düzeyde temininin sağlanması, yönetmelikteki kirletici emisyonlara ilişkin emisyon envanterlerinin elde edilmesine yönelik çalışmaların yapılarak hava kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetimine ilişkin altyapının oluşturulması ve AB hava kalitesi limit değerlerine uyum sürecinin başlatılması hedeflenmektedir.

Bu genelgenin amacı, bir taraftan hava kalitesinin belirlenmesine yönelik uygulamalarda birliktelik sağlamak için yönetmelikte belirlenen tanımlanan metodları ve kriterleri esas alarak tam bir hava kalitesi değerlendirmesinin sağlanması, diğer taraftan da hava kalitesi limit değerlerinin aşılmaması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesi ile hava kalitesi

ve hava kirliliğinin önlenmesi konusunda kamuoyunun bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi konusunda destek sağlanmasıdır.

Bu bağlamda; yıllar itibariyle azalan hava kalitesi limit değerlerine uyum çerçevesinde öncelikle ildeki kirlilik kaynaklarının ortaya konulması (hava kalitesi ölçüm sonuçlarının analiz edilmesi, emisyon envanteri çalışmaları vb.) ve Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilen limit değerlerin aşılp aşılmaması durumu göz önünde bulundurularak alınması gereken önlemlerin uygulanması konusunda zamanlama, maliyet ve fizibilite çalışmalarının yapılması hedeflenmektedir.

1.4.2. Formaldehit Emisyonu Ölçüm Metotları

- Perforatör Yöntemi

Perforatör yönteminin esası, tolüen içersindeki kaynatılan levha örneklerinden ayrışan formaldehitin destile suya geçmesini sağlamaktır. Perforatör yönteminde formaldehit emisyonu miktarı mg/100g levha olarak belirlenir. Yüzeyi kaplanmamış yonga levha, MDF ve OSB için uygun bir yöntemdir (EN 120, 1992). Perforatör yönteminde kullanılan tolüenin çevreye verdiği zararlar bilinmekle birlikte bu yöntem günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Avrupa için EN 13986 standardında yer alan EN 120 perforatör yöntemine göre E1 emisyon sınır değeri yonga levha ve MDF gibi odun esaslı levhalarda 8mg/100g olup, bu değerin üstündeki levhalar E2 sınıfında yer almaktadır. EN717-1 kabin metoduna göre ise E1 sınıfı emisyon sınırdeğeri 0,1 ppm dir (Boran ve Usta, 2010).

Odun esaslı paneller için Avrupa formaldehit sınırları uyumlaştırılmış standartta özetlenmiştir EN 13986. Bu standart iki emisyon sınıfı E1 ve E2'yi içerir ($E1 \leq 8\text{mg} / 100\text{g}$ kuru levha; $E2 > 8 \leq 30 \text{ mg} / 100\text{gr}$ kuru levha. E1 sınırı için Almanya, Avusturya, Danimarka ve İsveç (6.5mg/100g kuru levha) bu emisyon yasasına uyuma kararı almış ülkelerdir.



Şekil 1.68: Serbest Formaldehit Perforatör Test Cihazı (H. SIRADAĞ, 2017)

- Desikatör Yöntemi

2 ve 24 saat desikatör yönteminde, 10,5 litre hacimli cam bir desikatör kullanılmaktadır. Deney için 300 ml saf su bulunan 12cm x 6 cm. boyutlarında kristal bir kap içeren 9 litre kapasiteli cam desikatöre kenarlarda olacak şekilde 150mmx50mm. boyutlarında 9 adet örnek yerleştirilmektedir. Desikatörün ağzı kapatıldıktan sonra örnekler $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ de 2 ila 24 saat süre boyunca bekletilmektedir. Sürenin sonunda desikatör içerisindeki kap alınarak formaldehit içeriği $\mu\text{g/ml}$ olarak analiz edilmektedir (Que vd.,2007).

- Gaz Analizi Yöntemi

Gaz analizi yöntemi ile de levha ürünlerinden açığa çıkan formaldehit emisyonu belirlenebilmektedir. Yüzey alanı bilinen test örneği sıcaklık, bağıl nem, hava akışı ve basıncı kontrol altında tutulan bir odaya yerleştirilmektedir. Test örneklerinden açığa çıkan formaldehit havaya karışmakta ve bu hava odadan alınmaktadır. Suda absorbe edilen formaldehit fotometrik olarak belirlenmektedir. Özellikle, 60°C gibi yüksek sıcaklık ve yüksek hava değişimi oranları ile bu yöntem chamber yönteminden ayırt edilebilmektedir (EN 717-2, 1994).



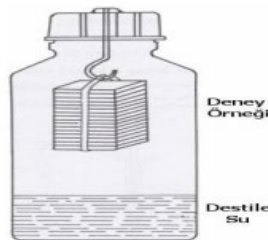
Şekil 1.69: Gaz Analizi Test Cihazı (URL-47, 2014)

- Chamber Yöntemi

Chamber yöntemi, formaldehit emisyonunun değerlendirmesi için referans olacak bir yöntemdir. Örnek, 1 veya 0.225 m³ hacimdeki bir oda içersine yerleştirilir. Odadaki sıcaklık 23°C ve bağıl nem %45'tir. Test örneklerinden açığa çıkan formaldehit odadaki havaya karışmaktadır. Günde iki kez havadan belirli oranlarda örnek alınmaktadır. Formaldehit, su içeren cam balon içersinde absorbe edilmektedir. Deney sonucu, ppm veya mg/ m³ cinsinden verilmektedir (EN 717-1, 2004).

- Flask Yöntemi

Bu yöntemde, kütlesi bilinen örnek sabit sıcaklık altındaki kapalı bir kap içersinde suyun üzerinde olacak şekilde asılı halde tutulmaktadır. Yayılan formaldehit su tarafından absorbe edilmekte ve fotometrik olarak belirlenmektedir (EN 717-2, 1994). Özellikle, örneklerin boyutlarının homojen olmaması, havalandırmanın yapılamaması, yüksek sıcaklık (40°C) ve yüksek bağıl nem gibi özellikleri ile chamber yönteminden ayırt edilmektedir.



Şekil 1.70: Şişe Metodu Test Düzeneği (URL-48, 2018)

- **Carb (California Air resources Board)**

Sağlıklı bina ağına (2012) göre "Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu, yonga levha, MDF ve iç kontrplak dahil olmak üzere kompozit ahşap ürünlerden gelen formaldehit emisyonlarını düzenlemek için Nisan 2007'de yeni yönetmelik başlattı. İki aşamalı süreç, kabaca Avrupa ve Japon standartlarının çoğuna eşdeğer olacak ve 2010'da bunları aşacak (ve bazı ürünler için 2012'de) 1 Ocak'tan sonra üretilecek ürünler için emisyon sınırlarını belirlemiştir.



BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Odun kompozit levhalarda kullanılan reçinelerin, yardımcı kimyasalların ve üretim parametrelerinin formaldehit miktarındaki değişimi ele alan yerli ve yabancı literatür çalışmalarına fazlasıyla rastlamak mümkündür.

Odun esaslı ürünlerden yayılan formaldehit emisyonu yaşam alanlarında insan sağlığını tehdit eden en önemli formaldehit kaynağıdır. İnsanlar, bu ürünlerin üretiminden, bitirme işlemlerine kadar devamında da nihai kullanıcı olarak özellikle iç ortamlarda formaldehit emisyonunun olumsuz etkileri ile karşı karşıya kalmaktadır. Emisyon salınımı, özellikle değişken sıcaklık ve bağıl nem koşullarında levha ürünün üretimden sonra da uzun süreler devam edebilmektedir. Bu sebeplerle formaldehit içeren bağlayıcılarla üretilen odun esaslı levhaların ortama bırakacakları formaldehit emisyonlarına belli sınırlamalar getirilerek emisyon değer sınıfları oluşturulmuş ve sınırlamalar yasal yaptırımlarla güvence altına alınmaya başlanmıştır. Üretilen levha ürünlerinin formaldehit içeriği standartlarda belirtilen yöntemlerle ölçüldükten sonra, hangi emisyon sınıfına ait olduğu belirtmeli ve kullanım yerinde buna göre değerlendirilmelidir. Uyulması zorunlu emisyon standartlarının hayata geçirilmesi ve sağlık konusunda endişelerin artmasıyla üretici ve tüketiciler daha bilinçli hale gelmiş ve ahşap esaslı levha ürünlerinde emisyon değerleri yıldan yıla azalma göstermiştir. Ancak nihai kullanıcılar ve formaldehit esaslı ürünlerin üretiminde çalışanlar hala bazı hastalık ve kanser riskleriyle karşı karşıya kalabilmektedir (Özlüsoylu ve İstek 2015).

Dunky ve ark. (2009) formaldehit emisyonunu düşürme konusunda bir adet patente sahiptir. Bu patent çalışmasında orta ve üst tabakalar için ayrı F/U mol oranları kullanmış ve üre formaldehit tutkalına %0-15 arasında da katı Melamin eklemiştir, katalizör olarak amonyum nitrat %50 lik çözelti kullanmıştır, tutkal konsantrasyonu %66,8-%72,9 olarak ayarlanmış buna karşılık yonga rutubetlerini de %5,9-%5,3 seviyelerinde kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda Dunky ve ark. (2009) formaldehit salınımını azaltmıştır.

Zhou Wenrui, ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada çay fabrikalarının atıklarını değerlendirmişlerdir. Çay fabrikası atıklarını yongaladıktan sonra liflendirme işlemine tabi

tutmuşlardır. Elde edilen lifleri lif ağırlığına oranla %5-10:100, %1-2 lik amonyak çözeltisi ile muamele edip 20-30 saat süreyle bekletmişlerdir. Sonrasında MDF ya da yonga levha yapımında liflere ya da yongalara %10-20 arasında karıştırarak formaldehit salınımını düşürmüşlerdir.

Li ve ark.(2014), Üre Formaldehit tutkal sentezi sonrasında, reaktördeki tutkalın soğutulması ile beraber önceden hazırlanmış formaldehit tutucu kimyasallarını belli bir oranda tutkala ilave etmişlerdir. Formaldehit tutucunun yapımında 100 parça Akrilamid, 5,6-18 parça vinil asetat, 7-22,5 parça stiren, Molekül ağırlık düzenleyici (Sodyum format), Reaksiyon başlatıcı madde(Amonyum Persülfat veya sodyum sülfat), PH tamponlayıcılar (Boraks veya hidrojen karbonat) ve su kullanılmıştır.

Gündüz ve Ayan, (2014), yaptıkları çalışmada iki farklı yöntem kullanarak (oda metodu (TS EN 717-1) ve gaz analiz metoduna (TS EN 717-2) melamin kaplı yonga ve lif levhaların formaldehit emisyonlarını belirlenmişler ve sürekli ölçüm olarak emisyon oranı değişimini gözlemlemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda; melamin kaplı yonga ve lif levhaların formaldehit emisyonlarının oda metodunda deneye başlandığından itibaren 10. ölçüm günü içerisinde denge durumuna geldiği, gaz analiz metoduna göre de 3. aydan itibaren emisyonun azaldığı 7. ayda en düşük seviyelere geldiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra sıcaklık, rutubet, havalandırma gibi ortam şartlarından ve formaldehit tetikleyici ürünlerden çabuk etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

Anders ve Westling (1984), aldıkları patentte yonga levha ya da mdf üretimi sonrası levhalar stok alanında takriben 1 ila 3 gün, bazen 1 hafta boyunca 40-70 C° de kondisyonlanmaktadır. Bu kondisyonlanma esnasında levhaların etrafını amonyum bileşikli çözeltilerle kaplanmaktadır, Amonyum bileşiklerinden yayılan amonyak gazı şaşırtıcı bir şekilde levhalara doğru yönelmekte ve levhalardan salınan serbest formaldehit gazını tutarak hekzametilentetramine çevirmektedir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 HDF (Yüksek Yoğunluklu Lif Levha)

Laminat parkenin taşıyıcı kısmını, yüksek yoğunluklu lif levha (HDF) panelleri oluşturmaktadır. HDF üretiminde ilk önce, odun kabuklarının soyulup yongalanması, yongaların elenmesi, elenen yongaların buhar basıncı altında belirli süre pişirilmesi, defibratörde lif haline getirilmesi işlemleri yapılmaktadır. Tam kuru lif ağırlığına oranla yaklaşık olarak %9-14 miktarında sentetik reçinelerle tutkalanıp, yaklaşık %8-12 rutubet miktarına kadar kurutularak taslak elde edilmektedir. Levha taslağının yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile HDF levhalar elde edilmektedir.

Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan yapraklı ve iğne yapraklı yonga karışımı ticari bir işletmede Maier yongalama makinası kullanılarak yonga elde edilmiştir. Yongaların karışım oranı; %30 iğne yapraklı ağaç yongaları (Çam), %70 yapraklı ağaç yongaları (Kayın) şeklindedir.

3.1.2 Yapıştırıcı Madde

HDF levha üretiminde yapıştırıcı olarak üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkalı, ticari bir işletmede bulunan kimya tesislerinden temin edilmiştir. Tutkal çözeltisi bu tesis tarafından hazırlanmış olup, levhalar geleneksel levha üretimine göre yapılmıştır. Kullanılan üre formaldehit tutkallarının özellikleri aşağıda Tablo 3.1' de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Üre formaldehit tutkallarının özellikleri

Özellikler	Değerler
Çözelti (%)	62±1
Mol Oranı (F/U)	1.10
Yoğunluk (g/cm ³)	1,26-1,28
pH (25 °C)	7,5-9,00
Viskozite (Dın/cPs 25°)	150-200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	60-90
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	30-50

3.1.3 Sertleştirici Maddeler

Üre formaldehit tutkalı için sertleştirici madde olarak %20' lik amonyum sülfat çözeltisi kullanılmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: UF tutkalı için sertleştirici madde olarak kullanılan amonyum sülfatın özellikleri

Özellikler	Değerler
Çözelti (%)	20±2
Yoğunluk (g/cm ³)	0,88
pH (25 °C)	6,50

3.1.4 Hidrofobik Maddeler

HDF ye su itici özellik kazandırmak ve suya karşı dayanım süresini artırmak amacıyla %60 lık parafin kullanılmıştır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3: HDF için hidrofofik madde olarak kullanılan parafinin özellikleri

Özellikler	Değerler
Çözelti (%)	60±2
Yoğunluk (g/cm ³)	0,85-0,96
Akma Zamanı (sn)	18-28
pH (25 °C)	7-10
Erime Noktası (°C)	≥54
Görünüş	Beyaz

3.1.5 HDF Levha (Taşıyıcı Malzeme)

%70 Kayın ve %30 Çam odun yonga karışımının defibratörde liflendirilmesi sonucu elde edilen liflerin %62 lik Üre Formaldehit tutkalı ile muamele edilmesi, yardımcı kimyasallar katılması ve liflerin uygun rutubet değerine kadar kurutulması sonrasında taslak oluşturulması ve taslağın soğuk-sıcak prestan geçirilmesi aşamaları sonucu HDF levha üretilmiştir. Üretim parametreleri Tablo 3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.4 HDF yapımında kullanılan lif ve kimyasal ile ilgili özellikleri

Özellikler	Değerler
Lif Karışımı (%)	70 Kayın - 30 Çam
Serme Lif Rutubeti (%)	9,5
Tutkal Tipi	%62 UF
Tutkal Mol Oranı (F/U)	1,10
Tutkal Katı Miktarı (kg/m ³)	93
Sertleştirici Katı Miktarı (kg/m ³)	0,2
Parafin Katı Miktarı (kg/m ³)	13

3.1.6 Overlay Kâğıdı

Overlay kâğıdı, dışarıdan ham yani emprenye edilmeden rulo halinde satın alınır. Daha sonra, ham overlay bobini emprenye makinesine (Vits) takılır. Reçine ve kimyasal sürme-emdirme işlemi yapılarak kâğıt emprenye edilir. Kullanılan overlay kâğıdının emprenyesi

için kullanılan reçine ve katkı maddeleri karışımına ait zellikler Tablo 3.5’ de verilmiştir.

Tablo 3.5: Overlay kağıdı emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Hammadde	Birim	Miktar
Kağıt Gramajı	gr	22
Melamin Formaldehit Katı	%	56
Final Ağırlık	g/m ²	128
Melamin Reçinesi Sıvı	g/m ²	158
Islatıcı	g/m ²	0,3
Ayırıcı	g/m ²	1,00
Sertleştirici	g/m ²	1,00
Antiblok	g/m ²	0
Toz nleyici	g/m ²	0,4
Alüminyum Oksit	g/m ²	15
Jell Time	dk	3,80

3.1.7 Dekor Kağıdı

Dekor kağıdı, dışarıdan ham yani emprenye edilmeden rulo halinde satın alınır. Daha sonra, ham dekor bobini emprenye işleminden geçirilerek kullanıma hazır hale getirilir. Kullanılan dekor kağıdı özellikleri ve emprenye işleminde kullanılan kimyasalların zellikleri Tablo 3.6’ da verilmiştir.

Tablo 3.6: Dekor kâğıt emprenyesinde kullanılan kimyasallar ve oranları

Hammadde	Birim	Miktar
Kâğıt Gramajı	gr	50
Melamin Formaldehit Katı	%	56
Final Ağırlık	g/m ²	110
Melamin Reçinesi Sıvı	g/m ²	94
Islatıcı	g/m ²	1,3
Ayırıcı	g/m ²	0
Sertleştirici	g/m ²	1,18
Antiblok	g/m ²	0,5
Toz Önleyici	g/m ²	0
Jell Time	dk	4,15
Su	g/m ²	2,2

Vits emprenye makinesindeki kimyasal dozajlama silindirleriyle reçetede belirlenen miktarda reçine emdirilen ham dekor kâğıtları, overlay kâğıdında olduğu gibi 120–138 °C’ deki 13 adet aynı özellikteki fırınlarda kurutulur. Alttan ısıtılan fırınların üst kısmında dakikada 90-1200 devirle çalışan fanlar, kâğıdın soğumasını sağlamaktadır. Fanın devir sayısı ve kurutma fırın sıcaklıkları değiştirilerek de kâğıt gramajı ayarlanabilmektedir.

3.1.8 Balans Kâğıdı

Rulo halinde satın alınan reçinesiz balans kâğıdı emprenye işleminden geçirilerek taşıyıcı HDF levhaların alt yüzeylerine yapıştırılmaktadır. Balans kâğıdı emprenyesinde kullanılan kimyasal karışımın özellikleri Tablo 3.7’ de verilmiştir.

Tablo 3.7: Balans kağıdının emprenyesi için kullanılan karışımın özellikleri

Hammadde	Birim	Miktar
Kâğıt Gramajı	gr	65
Melamin Formaldehit Katı	%	56
Final Ağırlık	g/m ²	185
Melamin Reçinesi Sıvı	g/m ²	192
Islatıcı	g/m ²	0,98
Ayırıcı	g/m ²	0,2
Sertleştirici	g/m ²	2,04
Antiblok	g/m ²	0,2
Toz Önleyici	g/m ²	1,2
Jell Time	dk	2,6
Su	g/m ²	42
Antidust	g/m ²	0,35

Yukarıdaki tablolarda yer alan yardımcı kimyasallar; kaplama pres plakalarında kirlenmeyi ve yapışmayı önlemek, kâğıtların depolama aşamasında birbirine yapışmasını önlemek, raf ömrünü uzatmak, kâğıdın içerisine reçine emilimini kolaylaştırmak, üretimde toz oluşumunu azaltmak, vb. amaçlarla kullanılmaktadır.

3.2 Metot

Bu çalışmada kullanılan laminat parkeler ticari bir işletmede üretilmiştir. HDF levhalar, lif levha üretim hattında, kaplama kâğıtlar emprenye hattında, kaplama işlemi melamin pres kaplama hattında ve laminat parke üretimi de aynı işletmenin parke hattında üretilmiştir. Üretim aşamaları aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1 Yongalama

Levha üretiminde ticari işletmede odun hammadde sahasındaki Kayın ve Çam odunları kullanılmıştır. Bu odunlar yongalama makinesine verilerek uygun boyutta yongalar üretilmiştir. Üretilen bu yongalar ayrı ayrı beton silolara bantlı konveyörler vasıtasıyla taşınmıştır. Daha sonra yongalar %70 Kayın %30 Çam karışımı olacak şekilde silo

tabanında bulunan kızaklar yardımıyla bantlı konveyör üzerine dökülerek elek hattına doğru taşınır. Üretimde kullanılan yongalarda kabuk oranı %12 yi aşmamaktadır. Kullanılan sert odun yani Kayın yongasının ortalama rutubet değeri %40, atro birim hacim ağırlığı ise min. 190 kg/m³ dür. Yumuşak odun yani Çam yongasının ise, ortalama rutubet değeri %80, atro birim hacim ağırlığı ise min. 150 kg/m³ dür.

3.2.2 Eleme

Taşıyıcı bant üzerinde karışık halde (%70+%30) gelen yongalar bezner elek yardımıyla elenmiştir. Elekte 40x40 cm. gözenek boyutlarına sahip elekler kullanılmıştır. En üstte- altta kalan ve pişirmeye çok uygun olmayan yonga+toz yakıt olarak kullanılmak üzere dumpa atılmaktadır. Elek gözenek çapları üstten aşağıya 50x50-30x30-5x5 mm. olup 3 katlıdır.

3.2.3 Pişirme

Elek hattından gelen yongalar yıkama ünitesinden geçirilerek içerisindeki yabancı cisimler (kum, çakıl, vb.) uzaklaştırılır. Yıkanan yongalar öncelikle Chip Bin kısmına aktarılır. Burada yongalar %30 vana açıklığı ile ön buharalamaya tabi tutulur. Daha sonra yonga karışımı plug screw yardımıyla pişiriciye dökülür. Bu aşamada mantarlaşma pistonu görev yaparak yongaları sıkıştırmaktadır. Pişirme süresi 4 dk. ve pişirme basıncı 8 bar. dır.

3.2.4 Liflendirme

Yongalar istenen süre içerisinde pişirildikten sonra defibratörde liflendirilir. Liflendirme işlemi Andritz marka ünite de gerçekleşmiştir. Liflendirmede kullanılan defibratör 50/54 inç olup, 25 ton/h kapasiteye sahiptir. Segment kullanımı 122 saat iken deneme üretimi yapılmıştır. 95 kwh/t enerji, 0,3 bar fark basıncı, %4,2 vibrasyon, %6,8 SPM, %35 lif çıkış klapesi açıklığı ve 21 ton/h kapasite ile üretim gerçekleştirilmiştir.

3.2.5 Kimyasalların İlave Edilmesi

Yongalar defibratör segmentleri arasında (rotor-stator) liflendirildikten sonra blow line hattına gönderilir. Blow line hattı üzerine yerleştirilmiş nozullar yardımıyla tutkal,

sertleştirici ve parafin ilavesi yapılarak, tüm bu kimyasallar lif etrafına pülverize edilir.

Tablo 3.8: İlave kimyasal oranı

Kimyasal	1 m³ için Sıvı Tüketim Miktarı kg/m³	Tam Kuru Life Oranı %
UF Tutkalı %62	150	12,85
Parafin %60	22	1,82
Sertleştirici (Amonyum Sülfat) %20	0,7	0,02

3.2.6 Kurutma

Kimyasal ilavesi yapılan lifler uygun rutubet derecesine kadar kurutulmak üzere blow line hattı üzerinden tüplü kurutucuya gönderilir. Kurutucu yatay ve dikey olmak üzere 2 kısımdan oluşur. Yatay boru uzunluğu 60 m. ve iç çapı 2 m. olup, dikey boru uzunluğu ise 50 m. dir. Kurutma giriş sıcaklığı 140°C ve kurutma çıkış sıcaklığı 56°C dir. Hava hızı 22 m/sn. dir. Yatay ve dikey kurutma borusundan geçen lifler siklon çeperlerine çarparak hava dışarı atılırken lif aşağı yönde düşme hareketi gösterir. Kurutma işleminden sonra lifler aynı hatta bulunan havalı ayırıcılardan geçer. Burada uygun boyutta olmayan iri lifler üretimden uzaklaştırılarak eleme işlemi yapılır. Deneme üretiminde uygun lif rutubeti %10 olacak şekilde kurutma işlemi gerçekleşmiştir. Kullanılan kurutma ünitesi Dieffenbacher markadır.

3.2.7 Serme (Taslak Oluşturma)

Kurutma işleminden sonra istenen rutubetteki lifler serme üstü siklonuna pnömatik olarak taşınır. Serme siklonundan dozator üzerine düşen lifler yatay ve birbirine zıt yönde dönen 2 adet helezon ile pendülün şut (dağıtıcı klape) üzerine düşürülür. Bu klape sayesinde lifler sağ-orta-sol olarak homojen bir şekilde yayılır. Daha sonra lifler serme bunkerı içerisine dökülür. Serme bunkerının üst kısmında zincir yardımıyla hareket eden dağıtıcı tırmıklar bulunmaktadır. Bu sayede, liflerin bunker dökülüş kısmında birikmesi, sıkışması önlenir ve yukarıdan gelen lif yığını bunker arkasına doğru yayılır. Bunker dökülüş önünde bulunan

tırmıklar ve bunker taşıyıcı bant vasıtasıyla lifler 16 adet şekillendirici tırmık üzerine gönderilir. Şekillendirici ve dağıtıcı tırmıkların devrine göre lifler serme bandına doğru gönderilir. Bu aşamada serme bandı üzerinde oluşturulan pasta (mat) yüksekliği ve yoğunluğu homojen olmadığından pasta düzeltme amaçlı ekolayzer silindirlerinden (tırmıklarından) geçirilir. Bu tırmıklar aşağı-yukarı yönde hareket ederek homojen serme işlemi sağlanır. Ekolayzer çıkışında rutubet ölçer cihazı bulunmaktadır. Serme ünitesi Siempelkamp markadır.

3.2.8 Ön Pres

Serme işleminden sonra taşıma esnasında pasta (mat) formunun bozulmasını önlemek, sıcak prese girişi kolaylaştırmak, içerisindeki hava boşluğunu almak ve bir miktar direnç kazandırmak amacıyla ön presleme işlemi yapılmaktadır. Ön presleme işleminde delikli bant yardımıyla mat içerisindeki hava alınmaktadır. Ön pres çıkışındaki 10 adet silindir (avare) yardımıyla basınç uygulanarak mat ezilmekte ve istenen kalınlığa getirilmektedir. Deneme üretiminde ön pres basıncı 170-180 bar. ve mat yüksekliği 58 mm. dir. Kullanılan ön pres Siempelkamp markadır.

3.2.9 Sıcak Pres

Ön presten çıkan ve serme bandı ile taşınan mat ara bant yardımıyla sıcak prese yani alt ve üstte ayrı ayrı dönen çelik bant üzerine aktarılır. Sıcak presleme işleminde sıcaklı ve basınç etkisi ile, su (rutubet) levhadan uzaklaştırılır, mat istenen kalınlığa kadar sıkıştırılır, lifler termoplastik özellik kazanır, tutkal sertleşir ve levha oluşur. Kullanılan sıcak pres; Siempelkamp marka, 28800 mm. uzunluğunda, 2220 mm. genişliğinde olup, pres 35 frame, 5 grup, 20 sistem bulunmaktadır. Her frame 5 pistonlu olup, toplamda 175 adet pistondan oluşmaktadır.

Tablo 3.9: Sıcak pres elemanları

1.Grup		1 ve 5. Frame	
2.Grup		6 ve 14.Frame	
3.Grup		15 ve 24.Frame	
4.Grup		25 ve 34.Frame	
5.Grup		35.Frame	
1.Sistem	1. Frame	11.Sistem	15-17. Frame
2.Sistem	2. Frame	12.Sistem	18-20. Frame
3.Sistem	3. Frame	13.Sistem	21-22. Frame
4.Sistem	4. Frame	14.Sistem	23-24. Frame
5.Sistem	5. Frame	15.Sistem	25-26. Frame
6.Sistem	6-7. Frame	16.Sistem	27-28. Frame
7.Sistem	8. Frame	17.Sistem	29-30. Frame
8.Sistem	9-10. Frame	18.Sistem	31-32. Frame
9.Sistem	11-12 Frame	19.Sistem	33-34. Frame
10.Sistem	13-14 Frame	20.Sistem	35. Frame

Frame: Pistonların bağlı olduğu yük taşıyıcı blok.

Grup: Müdahale için gerekli olan bölge.

Sistem: Frameleri organize eden düzenek.

Sıcak prese ilk girişte yani 1. bölgede sıcaklık ve basınç yüksek tutularak pasta mümkün olduğu kadar sıkıştırılır. 2. ve 3. bölgede ise, basınçlar geri çekilerek levhanın rahatlaması sağlanır. 4. bölge mesafe bölgesi olarak bilinmekte olup, istenen levha kalınlığına uygun mesafe ayarı yapılarak levha son şeklini almaktadır. 5. bölge gaz atma bölgesi olarak bilinmekte olup, önemli oranda bir basınç uygulanmamakta ve levha içerisinde biriken gazın dışarı atılması sağlanmaktadır. Deneme levhalarının üretimine ait veriler aşağıdaki tabloda mevcuttur.

Tablo 3.10: Deneme levhalarının üretimine ait veriler

Özellik	Birim	Değerler
Levha Boyu	mm	2622
Levha Eni	mm	2072
Levha Yoğunluğu	kg/m ³	870-880
Levha Ağırlığı	kg	34
Zımparasız Levha Kalınlığı	mm	7.7
Serme Lif Rutubeti	%	%9,5
Pres Hızı	mm/sn	420
Pres Faktörü	sn/mm	8.4
1.Bölge Sıcaklık	°C	175
2.Bölge Sıcaklık	°C	220
3.Bölge Sıcaklık	°C	225
4.Bölge Sıcaklık	°C	180
5.Bölge Sıcaklık	°C	165
1.Bölge Basınçları	N/cm ²	60-270
2.Bölge Basınçları	N/cm ²	270-150
3.Bölge Basınçları	N/cm ²	110-50
4.Bölge Basınçları	N/cm ²	200-60
5.Bölge Basınçları	N/cm ²	10-30

3.2.10 Ebatlama – Soğutma - Zımparalama

Sıcak presten çıkan levhalar S.H.S (Siempelkamp Handling Systems) ünitesinde ebatlanır. Burada, levha eni ve boyu diagonal ve yan testereleler vasıtasıyla, soğuma işlemi sonrasında meydana gelecek çekme payı da ilave edilmek kaydıyla istenen ölçüde ebatlanır. Ebatlanan levhalar soğumak (dinlendirilmek) üzere yıldız soğutma ünitesine alınır. Daha sonra levhalar üst üste 80 adet olacak şekilde istiflenerek paket haline getirilir. Paket aralarına takozlar konularak depolama işlemi yapılır. 1 hafta depoda dinlendirilerek ortam denge rutubetine ulaşması sağlanan levhalar zımpara ünitesine gönderilir. Steinemann Satos 22

TSQ marka zımpara makinesi kullanılmıştır. Makine 4 adet K ve 4 adet N kafa olmak üzere alt ve üstte toplamda 8 kafadan oluşmaktadır. Deneme levhalarında 60-80-100-120 kum bant kombinasyonları kullanılmış olup, hat hızı 38 m/dk çalışılmıştır.

3.2.11 Kâğıt Emprenyeleme

Laminat parkelerin alt tabanını, balans kâğıdı oluşturmaktadır. Balans kâğıtları, yurt dışından ham olarak temin edilmekte ve ticari işletmede yer alan Vits PT 880 marka makine ile Melamin Emprenye Tesislerinde emprenye edilmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan balans kâğıdı Cartiera 70 g/m² dir.

Laminat parkelere dekoratif görüntü kazandıran desen kâğıtları, yurt dışından ham olarak temin edilmekte ve Vits PT 880 marka makine ile Melamin Emprenye Tesislerinde emprenye edilmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan dekor kâğıdı Schattdecor 50 g/m² dir.

Yüksek lisans tezi kapsamında laminat parkelerin üst yüzeyini oluşturan overlay tabakası kullanılmıştır. Overlay kâğıtları, alfa selüloz esaslı olup yurt dışından ham olarak temin edilmiş ve Vits PT 880 marka makine ile Melamin Emprenye Tesislerinde emprenye edilmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan overlay kâğıdı Glatfelter 20 g/m² dir.

Bütün kâğıtların emprenye işleminde melamin formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Bu tutkal, A firmasında yer alan tutkal fabrikasında üretilmiş standart tutkallardır. Üretim parametrelerine ait bilgilere materyal kısmında bahsedilmiştir. Yapılan çalışma kapsamında üretimde çeşitli ilave kimyasal maddeler kullanılmıştır. Bunlar; ayırıcı, toz önleyici, ıslatıcı kimyasal maddelerdir.

3.2.12 Kaplama (Melamin Pres)

HDF levhaların üretiminde kullanılan levhalar ticari bir işletmede Hymmen marka short-cycle preste gerçekleşmiştir. Pres, alt ve üstte bulunan bloklardan oluşmaktadır. Alt blok sabit iken, üst blok yukarı ve aşağı yönde hareket etmektedir. Blokların hemen üzerinde “yastık” bulunmaktadır. Yastığın görevi, sıcaklığın pres sacının her noktasına homojen yayılımını sağlamaktır. Yastıklar silikon ve bakır telden üretilmektedir. Bakır tel

bloklardan gelen ısıyı, silikon ise pistonlardan gelen basıncı homojen bir şekilde pres sacına yaymaktadır.

Prete 12 adet piston bulunmakta olup, piston basınçları hidrolik yağ ve azot gazı ile sağlanmaktadır. Tüm pistonlar üst bloğun tüm yüzeyinin aynı anda açılıp kapanmasını sağlayarak homojen basınç dağılımını sağlamaktadır. Bu denemede, alt ve üst blok pres çalışma sıcaklıkları 210-205°C dir. Alt ve üst blok sıcaklıkları farklı tutularak kaplama sonrasında uygun levha kamburluğu (düzlemde sapma) ayarlanmaktadır. Pres çalışma basıncı 233 N/cm² dir. Pres süresi ise 18 sn. dir.

Ölü Zaman: Presleme bittikten sonra üst bloğun açılarak içindeki 2 levhanın vakumla ve pres boşaltma arabasıyla dışarı taşınması ve bununla birlikte gelen 2 levhanın alt bloğa bırakıldıktan sonra üst bloğun kapanmasına kadar geçen süredir. Bu süre 8-10 sn. arasındadır.

Presleme Süresi: Levhanın basınç ve sıcaklık altında reaksiyonunun tamamlandığı süredir. Presleme süresi 15-25 sn. arasında değişmektedir.

Basıncısız Bekleme Süresi: Başlangıçta pres içerisindeki levhaya basınç uygulanmaz. Dengeli bir basınç sağlanması için önce sıcaklık verilir. Sıcaklığın etkisi ile tutkal jelleşmeye başlar ve tutkal ile kâğıt arasında bağ oluşmaya başlar. Bu süre ölü zamana dahil ve max. 10 sn. dir.

Toplam Cycle: Presleme Süresi + Ölü Zaman

Melamin pres ünitesinde en alttan en üste sırasıyla; balans kâğıdı, HDF, dekor kâğıdı ve overlay kâğıdı olacak şekilde kaplama işlemi gerçekleştirilir. Presten çıkan kaplı levhalar soğumak (dinlenmek) ve oluşumunu tamamlamak üzere yıldız soğutucuya gönderilir. Yıldız kollarına tek tek alınan levhalar pres hızına bağlı olarak soğutucuyu terk eder. Daha sonra kaplı plakalar üst üste konarak 50 adet olacak şekilde istiflenir ve min. 7 gün istifdeki levhanın ortam denge rutubetine ulaşması sağlanır.

3.2.13 Parke Elementi Oluşturma

Melamin preste basıldıktan sonra depo içerisinde denge rutubetine ulaşan plakalar parke tesisinde kesim işlemine alınır. Ticari işletmede bulunan Homag marka parke profil makineleri kullanılmıştır. Kilit sistemi Unilin dir.

Dinlenmiş kaplı paletler (50’li paket) parke besleme bölümüne getirilir. Paket içerisindeki plakalar sırasıyla robot yardımıyla rulolar üzerine bırakılır. Rulolar üzerinde ilerleyen plakalar boyuna yönde kesim yapan 9 adet daire testereden geçirilerek 10 adet boyuna panel oluşturulur. Her bir panel sağ yönde hareket ettirilerek tek daire testere yardımıyla ortadan ebatlanır. Bu aşamadan sonra 20 adet panel oluşturulmuş olur. Daha sonra bu paneller taşıyıcı bantlar ve rulolar üzerinde arka arkaya tekli sıra halinde dizilerek hat üzerinde ilerler. Çevirme bölgesine gelen panellerin her biri ters çevrilir. Yani, paneller Homag makinelerine ters olarak girmektedir. Bir parke tesisinde 4 adet profil makinesi (Homag) bulunmaktadır. Bunlardan ilk 2 tanesi yan yana aynı hizada olup panellerin uzun iki kenarına, diğer 2 tanesi ise aynı şekilde kısa iki kenara kilit (clic) açmaktadır.

Her profil makinesi 4 adet profil bıçağına sahiptir. Birinci bıçak; pah bıçağı olup, asıl görevi panel kenarlarının kaba fazlalığını almak, kenar düzeltmesi yapmak ve diğer profil bıçaklarının daha rahat çalışmasına yardımcı olmaktır. İkinci bıçak; kilit bıçağı olup, n temizleme yaparak diğer kilit bıçağına yardımcı olmaktır. nc bıçak; referans noktası olup, finish bıçağı olarak bilinir. Görevi kâğıda yakın taraftaki pürüzleri temizlemektir. Bu bıçaklar, son ölüyü  belirlediği için tüm ayarlar bu bıçak üzerinden yapılmaktadır. Dördüncü bıçak; son kilit bıağıdır. Bu 4 aşamadan sonra lamba-zıvana kilit sistemi tamamlanmış olur. Bıaklardaki yani oluşturulan kilitteki sapma miktarları Mitutoyo marka röntgen cihazında kontrol edilir. Öncelikle, cihaz üzerine kontrolü yapılacak kilide ait Unilin izimi yerleştirilir. Daha sonra çizime ait panel kilit numunesi cihaza yatay olarak yerleştirilir. Sapma miktarları mikron olarak cihaz tarafından ölçülür ve bu sapma miktarına uygun olarak, Homag makinesindeki profil bıçaklarında “yukarı-aşağı-ileri-geri” yönde ayar yapılır. Son olarak; paneller kutulanır, kutular shringlenir ve palet haline getirilir, paletler strelenir ve emberlenerek depolama alanında istiflenir.

Tablo 3.11: Paket ve Palet Bilgileri

Özellik	Değer
Element Boyutları	1290,02*190,02 mm.
Element Kalınlık	8 mm.
Paket Adet	8 adet
Paket Metraj	1,96085 m ²
Paket Ağırlık	15,5 kg.
Palet Metraj	109,83 m ²
Palet Ağırlık	840 kg.
Aşınma Sınıfı	AC3

3.2.14 Formaldehit Deney Numunelerinin Hazırlanması

Ticari işletmede bulunan parke mamul deposundan 10.06.2017 tarihinde üretim tarihi 10.06.2017 olan AC3 sınıfı kapalı 3 kutu parke alınmıştır. Kutular, deney süresince oda şartlarında muhafaza edilecek olan laboratuvar içerisine getirilmiştir. İşlem sırası aşağıdaki gibidir;

- Elementler kutu içerisinden çıkarılmıştır,
- Tabana 3 adet 15x15x10 mm. kalınlığında kereste parçası (takoz) konmuştur,
- Kereste parçaları element uç noktalarında birer adet ve element ortasında bir adet olacak şekilde yerleştirilmiştir,
- Kereste parçaları üzerine bir adet element yerleştirilmiştir,
- Yerleştirilen element üzerine aynı hizada olacak şekilde tekrar takozlar konulmuştur,
- Takozlar üzerine tekrar diğer element yerleştirilmiştir,
- Yukarıdaki sıraya uygun olarak 8 sıralı ve yan yana 2 adet olacak şekilde küçük istif oluşturulmuştur,
- Her bir element üzerine 1-16 aralığında rakam yazılmıştır,
- Hazırlanan düzenek (istif) duvardan 1 m. uzakta tutulmuştur,
- Düzenekler arasında 50 cm. boşluk bırakılmıştır.
- 1 adet kutu ise formaldehit haricindeki diğer test analizlerinde kullanılmıştır.

Bu yüksek lisans tezi için, iki düzenekten de her bir formaldehit deneyinde kullanılmak üzere numune alınmıştır. Numuneler sağ ve sol tarafta bulunan düzeneğin istif katına göre alınmıştır. Her bir numunenin testi 2 kez tekrarlanmış olup, (1 gün)+(7 gün)+(2 hafta)+(1 ay)+(3 ay)+(6 ay)+(1 yıl)+(2 yıl) olacak şekilde 32 adet formaldehit testi yapılmıştır. Kalan 1 kutu parke ise diğer fiziksel ve mekaniksel testler için kullanılmıştır. Tüm testler TS EN 13329 ve TS EN 120 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3 Laminat Parke Test Metotları

Bu çalışmada kullanılan laminat parke özelliklerinin istenilen kalite sınıflarında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu amaçla, kullanılan ilgili standartlar ve aranan özellikler ayrı ayrı başlıklar altında açıklanmıştır. Çalışmada kullanılan laminat parkelerin aşağıda verilen özellikleri belirlenmiştir.

- 1) Yoğunluk Tayini,
- 2) Rutubet Tayini,
- 3) Eğilme Mukavemeti,
- 4) Elastikiyet Modülü,
- 5) Çekme Mukavemeti,
- 6) Yüzey Sağlamlığı,
- 7) 2 Saatlik Şişme Mukavemeti,
- 8) 24 Saatlik Şişme Mukavemeti,
- 9) Kalınlık Kontrolü,
- 10) Uzunluk Kontrolü,
- 11) Genişlik Kontrolü,
- 12) Gönyeden Sapma Kontrolü,
- 13) Doğruluktan Sapma (Muzlanma-Banana Effect-Kılıcına Dönme) Kontrolü,
- 14) Genişlik Düzgünlüğü (Oluklaşma) Kontrolü,
- 15) Uzunluk Düzgünlüğü (Kamburluk) Kontrolü,
- 16) Elementler Arası Açıklık Kontrolü,
- 17) Elementler Arası Yükseklik Farkı (Kot Farkı-Tırnak) Kontrolü,
- 18) Renk ve Desen Kontrolü,
- 19) Boyutsal Sapma Kontrolü,
- 20) Aşınma Mukavemeti,

- 21) arpma Mukavemeti,
- 22) Lekelenme Mukavemeti,
- 23) atlamaya Karşı Dayanıklılık,
- 24) Sıcak Kaplara Dayanıklılık,
- 25) Sigara Ateşine Karşı Mukavemet,
- 26) Mobilya Ayağı Etkisi,
- 27) Koltuk Tekerleğı Etkisi,
- 28) Statik ukurlaşma Kontrolü,
- 29) Işık Haslığı (Renk Solması Dayanımı),
- 30) izilme Mukavemeti,
- 31) Clic Testi,
- 32) ember Testi,
- 33) Cross-Cut (apraz Kesit) Testi
- 34) Sıcak-Soğuk Su Testi
- 35) Kaynatma Testi
- 36) Profil Kontrolü,
- 37) Su Buharına Karşı Dayanım,
- 38) Serbest Formaldehit Tayini,

3.3.1 Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayininde TS EN 323 esaslarına uyulmuştur. Deney örnekleri 50x50x8 mm. boyutlarında hazırlanmış %65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında denge rutubetine ulaşınca kadar kondüsyonlanmış ve birbirini izleyen iki tartı arasındaki ağırlık farkı deney parçalarının %0.01'inden fazla olmaması durumuna gelindiğinde bu ağırlık değişmez kabul edilmiştir. Kalınlığı ve iki kenar genişliği ölçüldükten sonra ilgili formüle göre yoğunluk değerleri hesaplanmıştır (TS EN 323, 1999). Ticari işletmeye ait IMAL IB700 universal test cihazı kullanılmıştır.

$$d = \frac{m}{(a * b * c)} \times 10^3 \quad \left(\frac{g}{cm^3}\right)$$

Formülde;

d: Yoğunluk (gr/cm^3)

m: Hava kurusu ağırlık (gr)

a: Örnek genişliği (mm)

b: Örnek uzunluğu (mm)

c: Örnek kalınlığı (mm)

Her bir numunenin yoğunluk değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama yoğunluğu olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.1: Universal Test Cihazı (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.2 Rutubet Tayini

Rutubet tayini için deneme örneklerinden 50x50x8 mm. boyutlarında örnekler hazırlanmış, ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutma dolabında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar 103 ± 2 °C sıcaklıkta bekletilmiştir. Her deney parçası kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulmuş ve $\pm 0,01$ gram hassasiyetle terazide, %0.01 den daha fazla rutubet artışını önleyecek hızla tartılmıştır (TS EN 322, 1999). Rutubet miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir. Ticari işletmeye ait IMAL IB700

universal test cihazı kullanılmıştır.

$$R (\%) = \frac{Mr - Mo}{Mo} \times 100$$

Formülde;

R: Rutubet miktarı (%)

Mr: Örneğin klimatize edilmiş haldeki ağırlığı (gr)

Mo: Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (gr)

Her bir numunenin rutubet değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama rutubeti olarak ifade edilmiştir.

3.3.3 Eğilme Mukavemeti

Eğilme direnci TS EN 310 (1999) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Deney örnekleri 210x50x8mm boyutlarında hazırlanmış, %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar klimatize edilmiştir. Deney parçasının uzunluğu (L), dayanak açıklığı (Lt) ile numune kalınlığının toplamıdır. Lt ise numune kalınlığının 20 katına eşittir. Farklı kalınlıktaki levhalar için, dayanak açıklığı değeri ile buna bağlı olarak deney parçasının uzunluğu değişebilmektedir. Genişlik olarak, yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0.01 mm duyarlılıkta dijital kumpasla ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. İlgili formüle göre eğilme direnci hesaplanmıştır. Ticari işletmeye ait IMAL IB700 universal test cihazı kullanılmıştır.

$$\epsilon = \frac{3 * F_{max} * L_s}{2 * a * t^2} N/mm^2$$

Burada;

ϵ : Eğilme dayanımı (N/mm²)

F_{max}: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

Ls: Dayanak (destek) lar arasındaki uzaklık (mesafe) (mm)

a: Deney parçasının genişliği (mm)

t: Deney parçasının kalınlığı (mm) dır.

Her bir numunenin eğilme dayanımı, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama eğilme dayanımı olarak ifade edilmiştir.

3.3.4 Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numuneleri %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar klimatize edilmiştir. Yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60±30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmış ve kuvvet deney boyunca sabit tutulmuştur. Elastikiyet modülü aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Ticari işletmeye ait IMAL IB700 universal test cihazı kullanılmıştır.

$$Em = \frac{(F_2 - F_1) * l_1^3}{4 * b * t^3 * (a^2 - a_1^2)} N/mm^2$$

Em: Elastikiyet modülü (N/mm²)

l₁ : Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b: Deney numunesinin genişliği (mm)

t: Deney numunesinin kalınlığı (mm)

(F₂ - F₁) : Yükleme diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (Newton)

F₁ : Yaklaşık olarak en büyük kuvvetin %10' u

F₂ : Yaklaşık olarak maksimum yükün %40' ı

a₂ - a₁ : (F₂ - F₁) kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.

Her bir numunenin Em değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama Em olarak ifade edilmiştir.

3.3.5 Çekme Mukavemeti

Yüzeye dik çekme direnci TS EN 319 (1999) standardına bağlı kalınarak yapılmıştır. 50x50 mm ebatlarında kesilen deney numuneleri değişmez ağırlığa gelinceye kadar %65±5 nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiştir. Deney numunelerinin uzunluk ve genişlikleri TS EN 325 (1999)' a göre 0.01 duyarlıklı kumpasla ölçülmüştür. Polyvinil asetat tutkalı (PVAc) ile deney numunelerinin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere uygun alüminyum aparatlar yapıştırılmıştır. Numuneler üniversal test makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı 60±30 saniyede deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak ve yükü deney boyunca sabit uygulayacak şekilde ayarlanmıştır. Kopmayı gerçekleştiren maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülmüş aşağıdaki formül ile yüzeye dik çekme kuvveti hesaplanmıştır. Ticari işletmeye ait IMAL IB-700 üniversal test cihazı kullanılmıştır.

$$\epsilon = \frac{F_{\max}}{a * b} \text{ N/mm}^2$$

Formülde;

€: Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F_{max}: Max. kopma yükü (Newton)

a: Deney numunesinin uzunluğu (mm)

b: Deney numunesinin genişliği (mm)

Her bir numunenin çekme değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama çekme değeri olarak ifade edilmiştir.

3.3.6 Yüzey Sağlamlığı

Yüzey sağlamlığı için TS EN 311 (1999) esaslarına uyulmuştur. 50x50 mm boyutlarındaki zımparalanmış deney numuneleri alt ve üst yüzeylerinin tam ortasından iç çapı 35.7 mm (10cm²), derinliği 0.3±0.1 mm olan oyuk freze ile açılmıştır. Deney örnekleri %65±5 nispi

rutubet ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta klimatize edilmiş ve mantar şeklindeki çelik bloklara termoplastik tutkal (erime sıcaklığı 150 °C altında olan sıcak erimiş tutkal) ile maksimum 0.3 gr. olacak şekilde sürülmüştür. Bu esnada 0.1–0.2 N/mm² basınç uygulanmıştır. Tutkalın soğuması beklenmiş ve kopma işlemi 30–90 saniyede olacak şekilde ayarlanarak deney makinesine yerleştirilmiştir. Deney numunesinin yüzeyden kopma kuvveti %1 hassasiyetle ölçülmüş aşağıdaki formül ile yüzey sağlamlığı hesaplanmıştır. Ticari işletmeye ait IMAL IB700 universal test cihazı kullanılmıştır.

$$Y = \frac{F}{A * B} \text{ N/mm}^2$$

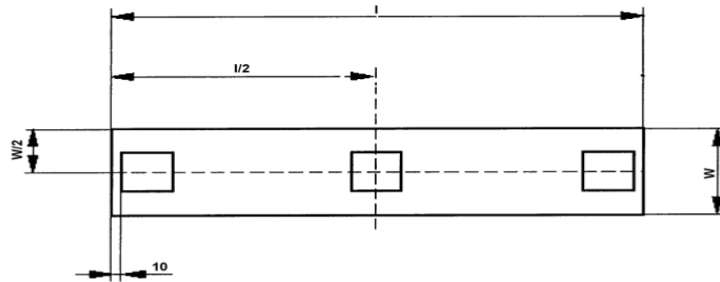
Y: Yüzey Sağlamlığı (N/mm²)

F: Max. Kopma kuvveti (N)

A: Numune Genişliği (mm)

B: Numune Uzunluğu (mm)

Deney, EN 311 ve EN 13329'a göre yapılmıştır. Bu amaçla, üç adet laminat yer döşemesi elemanının her birinden, ikisi kenarlardan 10 mm içeride ve bir tanesi de elemanın tam merkezinden olmak üzere 50 mm x 50 mm ebadında üç deney numunesi alınmıştır.

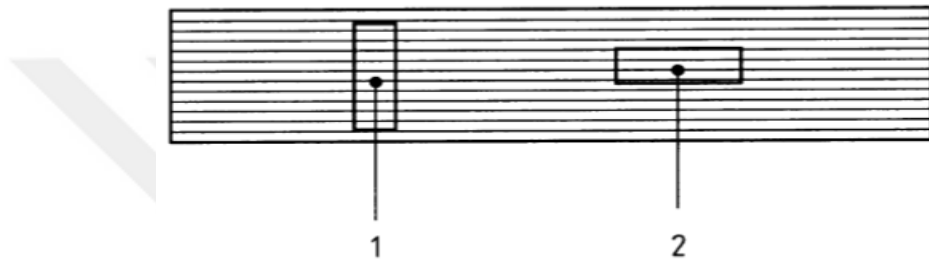


Şekil 3.2: Yüzey Sağlamlığı Test Numunesi Kesimi (TS EN 13329)

Her bir numunenin yüzey sağlamlığı değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama yüzey sağlamlığı değeri olarak ifade edilmiştir.

3.3.7 2 Saatlik Şişme Mukavemeti (Daldırma Metodu)

Kalınlık artışının belirlenmesi için TS EN 13329 EK-G’de belirtilen esaslara uyulmuştur. (150 ± 1) mm x (50 ± 1) mm ölçülerinde iki deney numunesi, biri boyuna yönde diğeri de enine yönde olmak üzere bir laminat yer döşemesi elemanından kesilerek alınmıştır. Laminat yer döşemesi elemanının anma genişliği (w) 150 mm’den az ise, deney numunesinin ölçüsü $(w\pm1)$ mm x (50 ± 1) mm olmalıdır. Deney için, Ticari işletmeye ait IMAL IB700 universal test cihazı ve J11540S termal marka soğutmalı su banyosu kullanılmıştır.



Şekil 3.3: Şişme Test Numunesi Kesimi (TS EN 13329)

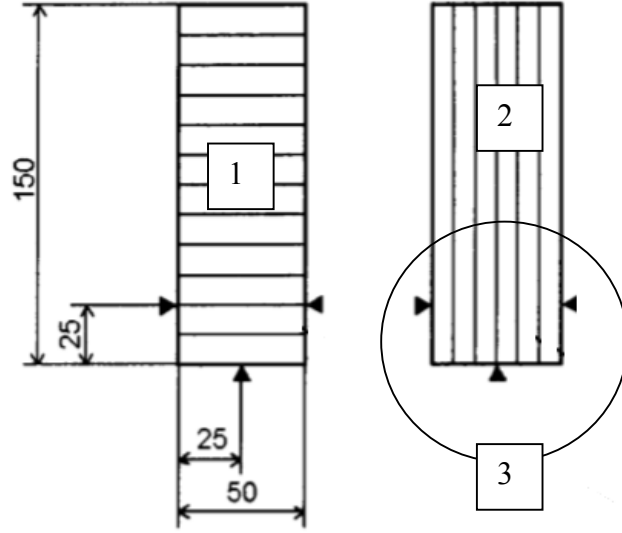
- 1: Enine yönde numune
- 2: Boyuna yönde numune

Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve $\% (50\pm5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0.1$ ’ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Deney numunesinin başlangıç kalınlığı (t_{ilk}), numune kenarlarındaki altı noktada dik olarak belirlenmiştir. İki deney numunesi soğutmalı su tankına dikey olarak konulmuştur. Deney numuneleri 2 saat $\pm$ 15 dakika suda bekletildikten sonra su tankından çıkarılmıştır ve bir havluyla kurulanmıştır. Deney numunelerinin nihai kalınlığı (t_{son}) kenarlardaki aynı altı ölçüm noktasında yüzeye dik olarak ölçülmüştür.

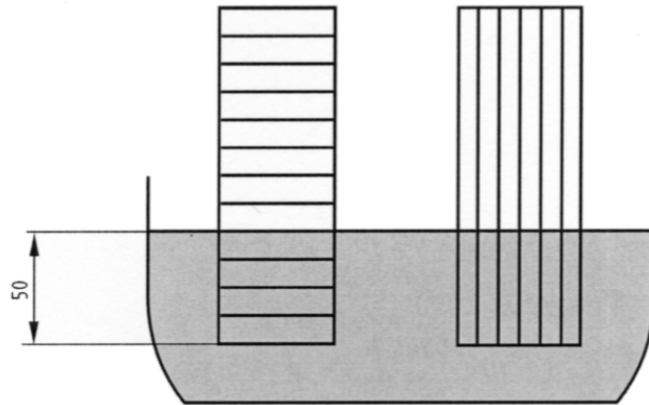
Her bir numunenin şişme değeri, o elementten alınan bütün deney parçaları sonuçlarının

aritmetik ortalaması alınarak bulunmuş ve çıkan sonuç o elementin ortalama şişme değeri olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.4: Şişme Numunesi Ölçüm Noktaları (TS EN 13329)

- 1: Enine yönde numune
- 2: Boyuna yönde numune
- 3: Ölçüm noktaları (Δ)



Şekil 3.5: Su tankındaki deney numuneleri (TS EN 13329)

Bütün değerler kaydedilmiş ve başlangıç değerleri ile karşılık gelen nihai değerler arasındaki fark belirlenmiştir. Her iki değer için kalınlığına şişme % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% S = \frac{t_{ilk} - t_{son}}{t_{ilk}} * 100$$

t_{ilk}: İlk kalınlık

t_{son}: Son kalınlık

S: Şişme değeri

Altı ölçme noktasından elde edilen kalınlığına şişme sonuçları kullanılarak, sonuç, yüzde cinsinden, ortalama kalınlığına şişme olarak ve en yakın % 0,1'e yuvarlanarak belirtilmiştir.

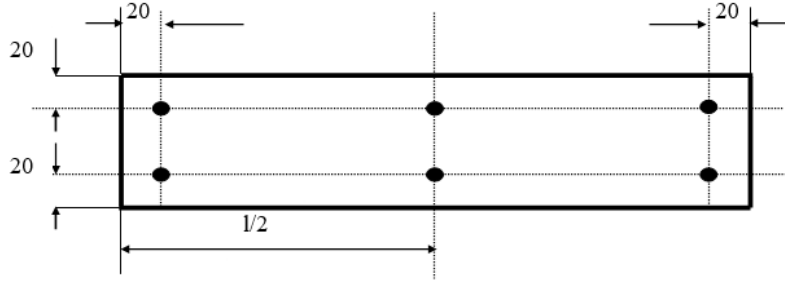
3.3.8 24 Saatlik Şişme Mukavemeti (Daldırma Metodu)

2.3.7 maddesinde yer alan 2 saatlik şişme testinde yer alan esaslar aynen geçerlidir. Ölçümler sonuçları, 2 saat sonrasında alınmayıp, 24 saat sonrasında alınarak test tamamlanmıştır.

3.3.9 Kalınlık Kontrolü

Kalınlık kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23±2) °C sıcaklık ve % (50±5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Mikrometre, masterlı kumpas veya eşdeğer diğer bir gereç kullanılarak, kalınlık (t), yüzey tabakasının kenarlarından 20 mm içeride olacak şekilde, köşe noktalarında ve uzun kenarların orta noktasında ölçülmüştür. (Uzunluk 600 mm'den az ise ölçme yalnızca 4 köşe noktasında yapılır.)

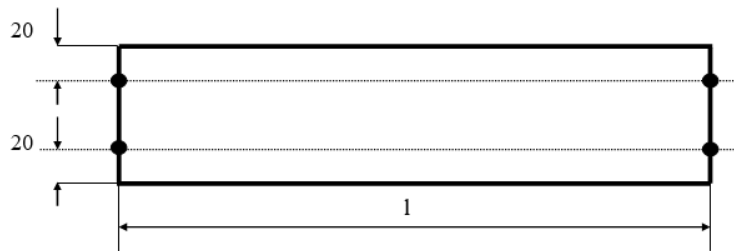


Şekil 3.6: Test Numunesi Kalınlık Ölçüm Noktaları (TS EN 13329)

3.3.10 Uzunluk Kontrolü

Uzunluk kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% (50 \pm 5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0,1$ 'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Uygun masterlı kumpas veya diğer eşdeğer bir gereç kullanılarak, deney numunesinin uzunluğu (l), uzun kenarlardan 20 mm içeride olacak şekilde, deney numunesinin uzun eksenlerine paralel iki hat boyunca ölçülmüştür.



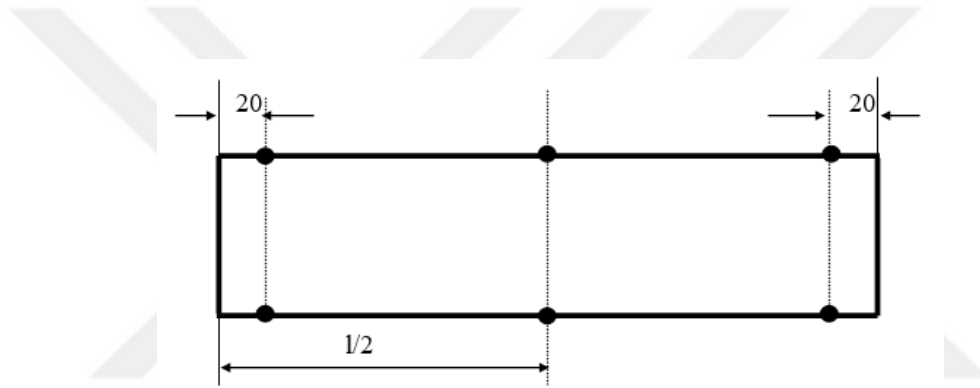
Şekil 3.7: Test Numunesi Uzunluk Ölçüm Noktaları (TS EN 13329)

3.3.11 Genişlik Kontrolü

Genişlik kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney

numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve % (50 ± 5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Uygun mastarlı kumpas veya diğer eşdeğer bir gereç kullanılarak, genişlik (w), kenarlardan 20 mm içeride olacak şekilde, yüzey tabakasının yanlarına paralel iki hat boyunca ölçülmüştür. (600 mm'den uzun olan elemanlarda ayrıca uzunluğun orta yerinde de ölçme yapılır.)



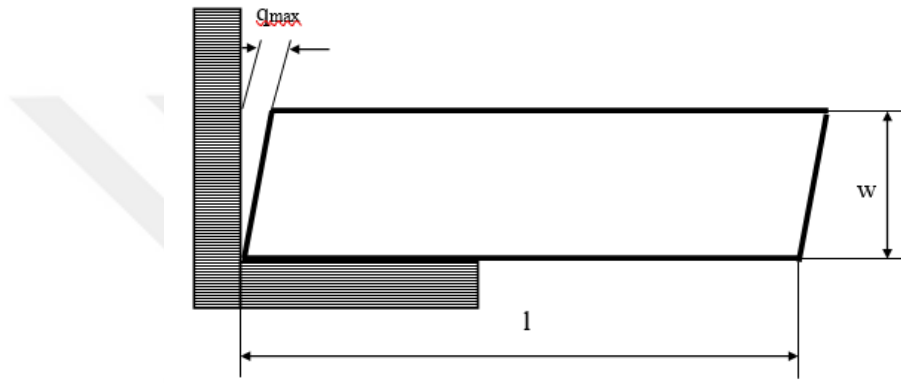
Şekil 3.8: Test Numunesi Genişlik Ölçüm Noktaları (TS EN 13329)

3.3.12 Gönyeden Sapma Kontrolü

Gönyeden sapma kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve % (50 ± 5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Ölçüm, çelik gönye aleti ile yapılmıştır. Kullanılan gönye aletinin bir tarafı, elemanın yüzey tabakasının uzun kenarlarından birine yerleştirilerek sabitlenmiş, diğer serbest kısım yavaş yavaş kenar kısma yaklaştırılmış ve sabitlenmiştir. Aradaki boşluk, uygun filler

bandı (sentil çakısı) kullanılarak ölçülmüş ve en büyük gönyeden sapma miktarı (q_{max}) belirlenmiştir. Aynı işlem, çapraz karşı köşede de tekrarlanmıştır. Gönyeden sapma ölçümünde şüphe duyulduğu takdirde, şapkalı gönye (büyük gönye) aleti kullanılmıştır. Şapkalı gönye masa üzerine dikey konumda ya da yatay konumda yerleştirilmiş, panelin uzun kenarı mastarın uzun kenarına yerleştirilerek sabitlenmiş, diğer serbest kısım yavaş yavaş kenar kısma yaklaştırılmış ve sabitlenmiştir. Aradaki boşluk, uygun filler bandı (sentil çakısı) kullanılarak ölçülmüş ve en büyük gönyeden sapma miktarı belirlenmiştir. Aynı işlem, çapraz karşı köşede de tekrarlanmıştır.



Şekil 3.9: Gönyeden Sapma Kontrolü (TS EN 13329)

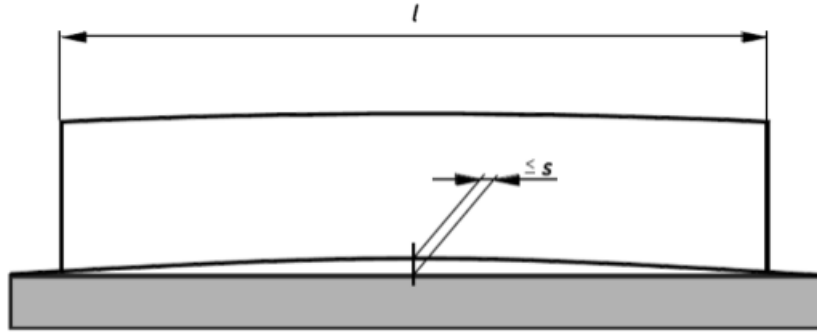
3.3.13 Doğruluktan Sapma (Muzlanma-Banana Effect-Kılıcına Dönme) Kontrolü

Doğruluktan sapma kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve % (50 ± 5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Ölçüm, çelik cetvel ve şapkalı gönye ile yapılmıştır. Kullanılan gönye aletinin uzun tarafı, elemanın yüzey tabakasının uzun kenarlarından birine yerleştirilerek sabitlenmiştir. Uzun kenardaki max. açıklık (s_{max}), uygun filler bandı (sentil çakısı) ile belirlenmiştir. Ölçüm sadece çukurlaşmış (iç bükey) kenarda yapılır.

İkinci ölçüm metodu ise, kitli sistemi açılmış (lamba-zıvana) 2 panelin sırt sırta getirilerek aradaki boşluğun ölçülmesidir. Birinci panelin uzun kenar zıvana kilit sistemi ile ikinci panelin uzun kenar zıvana kilit sistemi (ya da lamba-lamba) yan yana getirilerek birleştirilir. (Uzun kenarlar birbirine dokunacak şekilde) Birleşim sonrasında, aradaki boşluk uygun filler bandı ile ölçülür.

Üçüncü ölçüm metodu ise, 2 panelin lamba ve zıvana kilit sistemlerinin kırılması ve kaplama uzun kenarlarının sırt sırta getirilmesi ile ölçülür. Aradaki boşluk miktarı, filler bandı ile ölçülür. Ölçüm, diğer paneller için de yapılır.



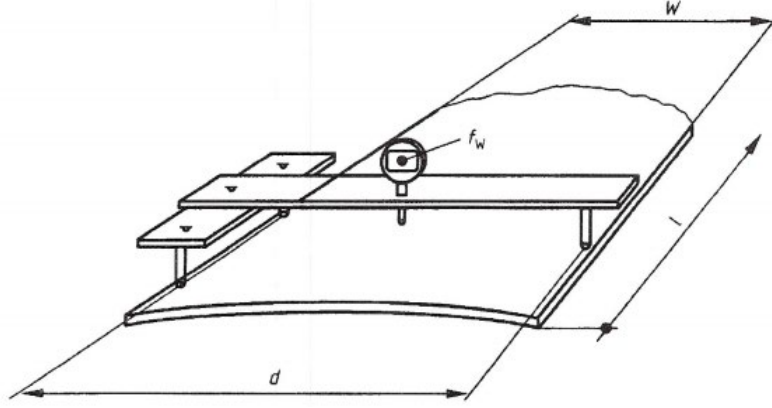
Şekil 3.10: Doğruluktan Sapma Kontrolü (TS EN 13329)

3.3.14 Genişlik Düzgünlüğü (Oluklaşma) Kontrolü

Genişlik düzgünlüğü kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% (50 \pm 5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0,1$ 'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Deney numunesi (panel), düz bir yüzey üzerine desen kısmı üst tarafa gelecek şekilde yatırılmıştır. Ölçüm, panel genişliğine uygun çelik cetvel ya da küçük çelik gönye ile yapılmıştır. Gönye, kenar kısımlardan en az 20 mm. içeride olacak şekilde deney numunesi üzerine dik bir şekilde bırakılmıştır. Aradaki max. boşluk miktarı ($f_{w\max}$) uygun filler bandı ile ölçülmüştür. Ölçüm, her iki kenar noktalarda da tekrarlanmıştır. (Uzunluk 600 mm. den

fazla ise ölçme orta noktada da yapılır.) Oluklaşma yüzey tabakasına doğru ise, iç bükeydir. Eğer, oluklaşma balans tabakasına doğru ise dış bükeydir.



Şekil 3.11: Genişlik Düzgünlüğü Kontrolü (TS EN 13329)

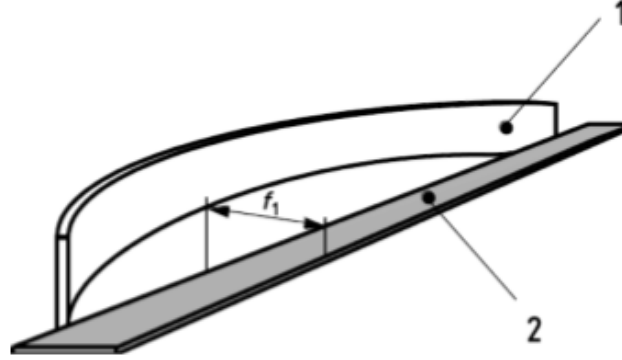
3.3.15 Uzunluk Düzgünlüğü (Kamburluk) Kontrolü

Uzunluk düzgünlüğü kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak beş laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% (50 \pm 5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0,1$ 'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Çelik cetvel ya da şapkalı gönye, düz bir yüzey üzerine yatırılmıştır. Ölçüm, panel uzunluğuna uygun gereç ile yapılmıştır. Deney numunesi (panel), uzun kenar zemine oturacak şekilde çelik cetvelin karşısına yerleştirilmiştir. Aradaki boşluk oranı, uygun filler bandı ile ölçülmüştür.

Ölçüm, şapkalı gönye ile yapılacak ise, gönye düz bir zemin üzerine dikey olarak bırakılır. Deney numunesinin, yüzey tabakasına yakın kısa kenarı gönyenin alt kısmına oturtulur. Diğer kısa kenar, çelik gönyeye dayanır. Aradaki boşluk miktarı, uygun filler bandı ile ölçülür. Deney numunesi, çukurlaşma olan kısım gönyeye bakacak şekilde yerleştirilir.

Ölçülen değer, yüzey tabakası cetvele doğru olduğu zaman içbükey, yüzey tabakası cetvele dönük olmadığı zaman dışbükey olarak belirtilir.



Şekil 3.12: Uzunluk Düzgünlüğü Kontrolü (TS EN 13329)

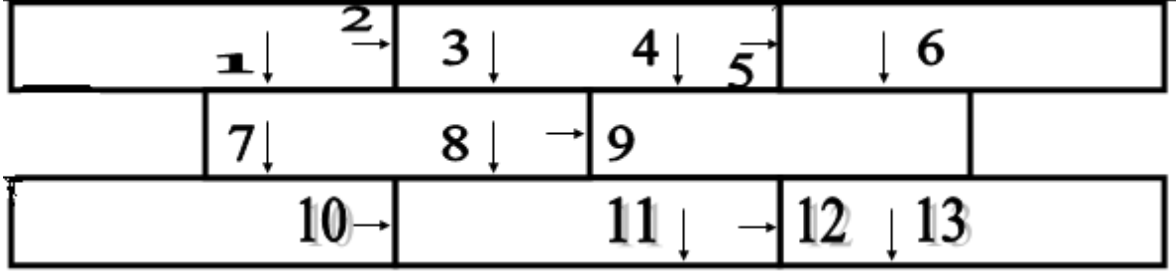
1: Numune (element, panel)

2: Çelik cetvel

3.3.16 Elemanlar (Elementler-Paneller) Arası Açıklık Kontrolü

Elemanlar arası açıklık kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak sekiz laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve % (50 ± 5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Yüzeyi düzgün ve temiz masa üzerinde 8 panelin birleşimi yapılmıştır. Birleşim aşağıdaki taslağa uygun olarak yapılmıştır. Birleşim tamamlandıktan sonra, döşeme sırasına uygun olarak paneller üzerine 1'den 8'e kadar numaralandırma yapılmıştır. Numaralandırma yapılan panellere ait ölçüm noktası toplamda 13 adettir. 13 noktada max. açıklık değerleri, uygun filler bandı ile belirlenmiştir.



Şekil 3.13: Elementlerin Dizilişi ve Ölçüm Sırası (TS EN 13329)

3.3.17 Elemanlar (Elementler-Paneller) Arası Yükseklik Farkı Kontrolü

Elemanlar arası yükseklik farkı (kot farkı-tırnak) kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak sekiz laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve % (50 ± 5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Yüzeyi düzgün ve temiz masa üzerinde 8 panelin birleşimi yapılmıştır. Birleşim aşağıdaki taslağa uygun olarak yapılmıştır. Birleşim tamamlandıktan sonra, döşeme sırasına uygun olarak paneller üzerine 1'den 8'e kadar numaralandırma yapılmıştır. Numaralandırma yapılan panellere ait ölçüm noktası toplamda 13 adettir. 13 noktada max. yükseklik değerleri, ayaklı dijital komparatör ile belirlenmiştir. Ölçümler, birleşim kenarından 5 mm. den daha ileride yapılamaz.

Komparatör, panel üzerindeki birleşim noktasına yakın bir noktaya bırakılır ve ekrandaki değerler sıfırlanır. Daha sonra, komparatör yavaş yavaş diğer birleşim noktasına yaklaştırılır. Bu esnada komparatör ucunda atlama (kalkma-inme) meydana gelmektedir. Atlama sonucu ekranda görünen max. değer kayıt edilir.

3.3.18 Renk ve Desen (Şahit Numuneye Uygunluk) Kontrolü

Deneme amaçlı alınan numune, yeni üretilen ilk ürüne ait şahit numune ile yan yana getirilerek karşılaştırılmıştır. Ayrıca, 30x190 mm. boyutundaki numuneler kesilerek bu

boyuttaki mevcut şahit numuneler ile ışık kabini altında ve spektrofometrik cihazla inceleme yapılmıştır. Yapılan incelemede şahit numune ile deney numunesi arasında gözle görülebilir bir fark olmadığı görülmüştür.



Şekil 3.14: Işık Kabini Altında Renk Kontrolü (H. SIRADAĞ, 2018)

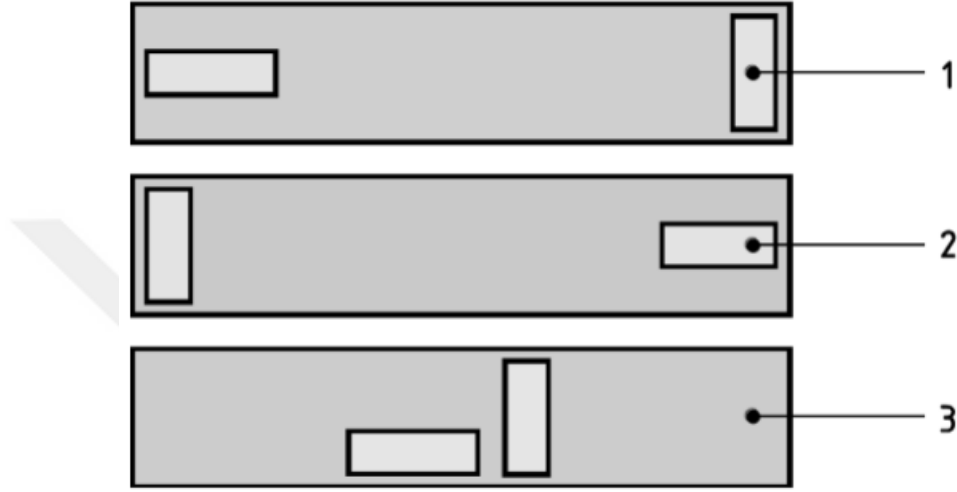


Şekil 3.15: Spektrofotometrik Renk Ölçüm Cihazı (H. SIARADAĞ, 2018)

3.3.19 Boyutsal Sapma Kontrolü

Boyutsal sapma kontrolü TS EN 13329+A1:2017-12 ve TS EN 318 standardlarına uygun olarak yapılmıştır. Deney numunesi olarak üç laminat yer döşemesi elemanı (element-panel) alınmıştır. Deney numuneleri alındıkları durumda ölçülmüştür. Tip uygunluğu veya doğrulama amaçlarıyla, deney numuneleri $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% (50 \pm 5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0,1$ 'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

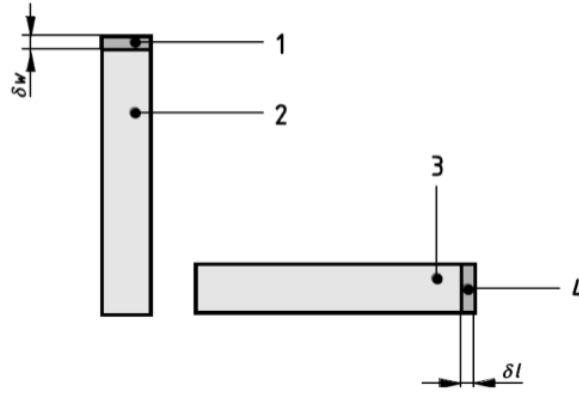
Üç adet laminat yer döşemesi elemanının her birinden biri boyuna yönde diğeri de enine yönde olmak üzere iki deney numunesi alınmıştır. Enine ve boyuna yönleri devam ettirildiği sürece, deney numuneleri elemanların herhangi bir bölümünden alınabilir. Bir deney numunesinin boyutları (180 ± 1) mm x (20 ± 1) mm olmalıdır. Elemanın anma genişliği 180 mm'den az ise, bu elemandan enine yönde deney numunesi alınmaz.



Şekil 3.16: Boyutsal Sapma Numune Kesim Planı (TS EN 13329)

- 1: Enine yönde alınmış deney numunesi
- 2: Boyuna yönde alınmış deney numunesi
- 3: Element, panel, eleman

Yalnızca boy ve genişlikteki sapmalar dikkate alınmıştır. % 30 ve % 90 nispi rutubetler arasında her bir deney numunesi için δ_l ve δ_w boyutsal sapmaları hesaplanmıştır. Ortalama boy sapması $\delta_{l\text{average}}$ ve ortalama genişlik sapması $\delta_{w\text{average}}$ sırasıyla hesaplanmıştır. Sonuçlar, mm olarak, en yakın 0,1 mm'ye yuvarlanarak belirtilmiştir.



Şekil 3.17: Boyutsal Sapma Ölçüm Noktaları (TS EN 13329)

- 1: Enine yönde boyutsal değişim δw
- 2: Enine yöndeki deney numunesi
- 3: Boyuna yöndeki deney numunesi
- 4: Boyuna yönde boyutsal değişim δl

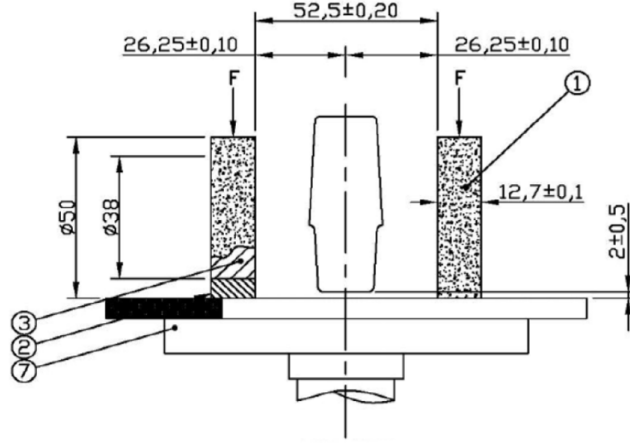
3.3.20 Aşınma Mukavemeti

Bu test, laminat yer döşemesi elemanlarının aşınmaya karşı mukavemetini ölçmek ve sonucunda da aşınma sınıfını belirleme yöntemini kapsar. Tarif edilen deney, yüzey tabakasının aşındırıcı etkilere karşı mukavemet yeteneğini ölçer. Aşındırma, belirli bir aşındırıcı kağıt ile kaplanmış ve yükleme yapılmış bir çift silindirik tekerle temas halinde olan deney numunesi döndürülerek gerçekleştirilir. Belirtilen derecede bir aşınmayı gerçekleştirecek deney numunelerinin devir sayısı ölçülür. Deney maksadı ile kullanılan gereçler;

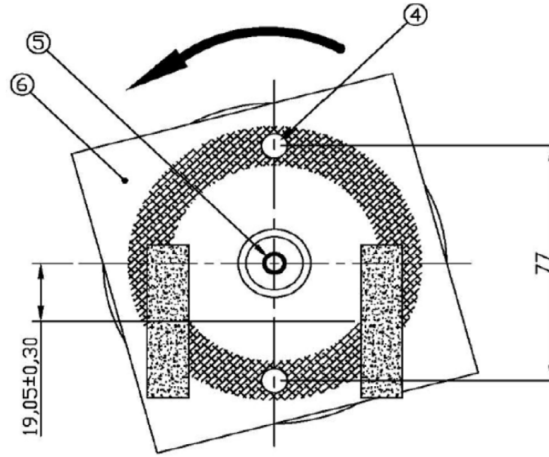
- 5 mm'lik bilye çapı ve 360 N'luk yük istisna olmak üzere, ISO 6506'ya göre deneye tabi tutulduğunda, $(0,8 \pm 0,1)$ mm kalınlık ve (48 ± 2) 'lik bir Brinell sertliğine sahip olan rulo şeklindeki çinko tabakadan yapılmış, kalibrasyon levhaları (Taber S-34 veya eşdeğeri).

Tip uygunluğu veya doğrulama amaçları için, çinko levha her bir taraf için 10'dan fazla kalibrasyonda kullanılmaz.

- Makine yönünde ($12,7 \pm 0,1$) mm genişliğe ve yaklaşık olarak 160 mm uzunluğa sahip olan ve aşağıdaki kompozisyonu içeren aşındırıcı kağıt şeritler (Taber S-42 veya eşdeğeri):
 - a) 70 gr/m^2 ila 100 gr/m^2 gramajda kâğıt,
 - b) $100 \text{ }\mu\text{m}$ 'luk elek deliğinden geçecek ve $63 \text{ }\mu\text{m}$ 'luk elek deliğinde kalacak büyüklükte tanecik ölçüsüne sahip 180 grit Al_2O_3 (Alüminyum oksit) ile ön yüzü kaplanmış,
 - c) Yapışkan arka yüz
- Aşağıdaki bölümlerden oluşan deney makinesi;
 - a) Deney numunesinin (6) bir bağlantı cıvatası (5) vasıtasıyla bağlanabileceği, yatay düzlemde $58\text{-}62 \text{ rpm}$ 'lik bir frekansla devir yapan disk (7) şeklindeki deney numunesi taşıyıcısı.
 - b) Ortak bir eksen etrafında serbestçe devir yapan, ($12,7 \pm 0,1$) mm genişlik ve 50 mm çapı olan plastik ile kaplanmış silindirik iki tekerden oluşan aşındırıcı tekerler (3). Tekerlerin kavisli yüzeyi, 6 mm kalınlığında ve ISO 48'e göre deneye tabi tutulduğunda (65 ± 3) IRHD sertliğinde veya ISO 7267-2'ye göre deneye tabi tutulduğunda (65 ± 3) Shore A sertliğinde bir plastikten (2) oluşur. Tekerlerin iç yüzleri arasındaki mesafe ($52,5 \pm 0,2$) mm'dir ve tekerler aşındırıcı başlığın merkez hattından eşit olarak ($26,25 \pm 0,10$) mm uzaklıktadırlar. Tekerlerin ortak eksenini ile deney numunesi taşıyıcısının dik eksenini arasında 20 mm mesafe vardır.
 - c) Aşındırıcı tekerler için, her tekerin deney numunesine ($5,4 \pm 0,2$) N'luk bir kuvvet uygulamasını sağlayacak şekilde yapılmış olan tutma ve kaldırma aleti (8).
 - d) Devir sayacı
 - e) Deney numunesinin aşınmış alanının üstünde olacak şekilde yerleştirilmiş iki hortum ağzından (4) oluşan emme gereci. Hortum ağzlarından bir tanesi tekerlerin arasına, diğeri de çaprazda olacak şekilde karşı tarafa yerleştirilir. Hortum ağzları arasındaki mesafe 77 mm, ağzların deney numunesi yüzeyinden olan yüksekliği ($2 \pm 0,5$) mm dir. Hortum ağzları kapatıldığı zaman, 1,5 ila 1,6 kPa'lık bir vakum oluşmalıdır.



Şekil 3.18: Test Cihaz Ölçüleri (TS EN 13329)

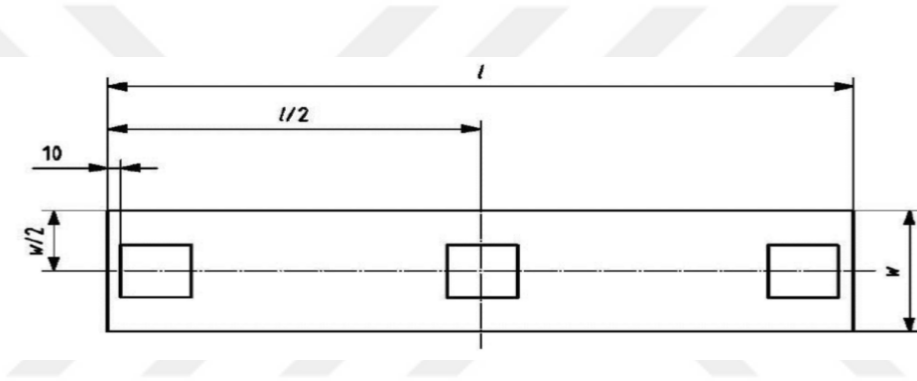


Şekil 3.19: Test Numunesi Yerleşimi (TS EN 13329)

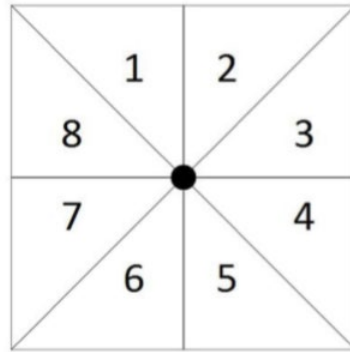
Açıklamalar,

- 1- Aşındırıcı kağıt
- 2- Tutma ve kaldırma aleti
- 3- Aşındırıcı teker
- 4- Lastik
- 5- Deney numunesini taşıyan disk
- 6- Emici hortum ağzı
- 7- Bağlantı vidası
- 8- Deney numunesi

Aşınma mukavemeti TS EN 13329+A1:2017-12 ve TS EN 318 standardlarına uygun olarak yapılmıştır. Bir adet laminat yer döşemesi elemanı alınmıştır. Bu elemandan, ikisi kısa kenarlardan 10 mm içeride, diğeri de elemanın tam merkezinden olacak şekilde, yaklaşık olarak 100 mm x 100 mm ebadında üç deney numunesi alınmıştır. Deney numunelerinin yüzeyleri suyla karışmayan bir organik çözücü ile temizlenmiştir. Bir işaretleme kalemi kullanarak, her deney numunesinin yüzeyi, yüzey alanını sekiz eşit parçaya bölecek şekilde, 45° ve karşılıklı köşegen hatlar ile işaretlenmiştir. Deney numuneleri ve aşındırıcı kağıt, şartlandırma odasında en az 24 saat süreyle ön şartlandırmaya tabi tutulmuştur. Ön şartlandırmadan sonra, kağıt şeritler hemen kullanılmak için talep edilene kadar, polietilen torbalara konmuş ve kapatılmıştır (bir torbaya en fazla 10 şerit).



Şekil 3.20: Aşınma Test Numunesi Kesim Planı (TS EN 13329)



Şekil 3.21: Aşınma Test Bölgeleri

Ön şartlandırmaya tabi tutulmuş, kullanılmamış bir aşındırıcı kâğıt şeridi lastikle kaplanmış tekerlerin her birine yapıştırılmıştır. Silindirik yüzeyin, kâğıt üst üste binmeden tamamen kaplanması sağlanmıştır. Birleştirilerek tamamlanmış olan tekerin dış taraftan itibaren olan çapı $(50,90 \pm 0,65)$ mm olmalıdır.

Daha sonra deneyde kullanılmak üzere saklanacak olan partiden alınan ön şartlandırmaya tabi tutulmuş, kullanılmamış aşındırıcı kağıt ile iki teker hazırlanmıştır. Çinko levha deney numunesi taşıyıcısına tutturulmuş, emme aleti çalıştırılmış, devir sayacı sıfıra ayarlanmış, tekerler alçaltılmış ve çinko levha 500 devir için aşındırılmıştır. Çinko levha silinerek temizlenmiş ve ağırlığı en yakın 1 mg'a yuvarlanarak belirlenmiştir. Aşındırıcı kağıt aynı partiden ön şartlandırmaya tabi tutulmuş, kullanılmamış bir şerit ile yenilenmiş ve çinko levha diğer bir 500 devir için aşındırılmıştır. Çinko levha silinerek temizlenmiş ve ağırlığı tekrar en yakın 1 mg'a yuvarlanarak belirlenmiştir. Çinko levhanın kütle kaybı (120±20) mg olmalıdır. Bu miktarın dışında bir kütle kaybına neden olan aşındırıcı kâğıt partisi deney için kullanılmaz.

Deney kalibrasyondan hemen sonra gerçekleştirilmiştir. İki teker, daha önce kalibrasyon için uygun bulunan partiden alınan, ön şartlandırmaya tabi tutulmuş ve kullanılmamış aşındırıcı kağıtla hazırlanmıştır. Tekerler makineye uygun hale getirilmiş ve devir sayacı sıfır konumuna alınmıştır. İlk deney numunesi taşıyıcıya bağlanmıştır. Deney numunesinin yüzeyinin düz olması sağlanmıştır. Tekerler alçaltılmış, emme aygıtı çalıştırılmış ve deney numunesi aşındırılmıştır. Testler Taber marka universal abrasion tester model 5155 çizilme makinesinde yapılmıştır.

Aşınma için deney numunesi her 100 devirden sonra gözden geçirilmiştir ve her 200 devirden sonra aşındırıcı kağıt yenilenmiştir. Başlangıç aşınma noktası (IP)'ye ulaşıncaya kadar deneye bu şekilde devam edilmiştir. Başlangıç aşınma noktası (IP), aşınmanın açık ve fark edilebilir izlerinin ortaya çıktığı ve alt tabakanın üç bölümde ortaya çıkmaya başladığı noktadır. İki bölümde en az 0,60 mm² lik aşınma alanı olduğu ve üçüncü bölümde 0,60 mm² lik bir alanın görülebilir hale geldiği zaman başlangıç aşınma noktasına (IP) ulaşılır. Baskı desenler için alt tabaka, desenlerin üzerine basıldığı altlıktır. Düz renkliler için bu tabaka, farklı renklerin ilk tabakasıdır. Bağlayıcının merkezinin 10 mm civarındaki aşınma dikkate alınmaz. Devir sayıları IP değerleri olarak kayıt edilmiştir. Deney, kalan diğer iki deney numunesi kullanılarak hemen tekrar edilmiştir.

Üç deney numunesinden elde edilen IP değerlerinin ortalaması hesaplanmış ve en yakın 100 devire yuvarlanmıştır. Bir laminat yer döşemesinin aşınmaya karşı mukavemeti standarttaki aşınma sınıflarından (AC1, AC2.....AC5) biri olarak gösterilmiştir.

Sınıflandırma sistemi büyük çaplı bilye deneyi ve küçük çaplı bilye deneyi sonuçlarının bir kombinasyonuna dayanır. Uygun çarpma sınıfını (IC1, IC2 veya IC3) tayin etmek için “Laminat Parke Sınıflandırma Gerekleri” tablosu kullanılmıştır.



Yetersiz Aşınma

Doğru Aşınma

Fazla Aşınma

Şekil 3.22: Aşınma Sonuç Değerlendirmesi (TS EN 13329)



Şekil 3.23: Aşınma Test Cihazı (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.21 Çarpma Mukavemeti

Çarpma mukavemeti TS EN 13329+A1:2017-12 ve TS EN 438 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Numune olarak beş adet laminat yer döşemesi elemanı alınmıştır.

Büyük çaplı bilye deneyi için, her bir elemandan yaklaşık olarak 180 mm x 180 mm ölçüsünde birer deney numunesi alınmıştır. (veya genişliğin 180 mm'den küçük olması durumunda, w mm x 180 mm). Küçük çaplı bilye deneyi için, elemanların geri kalan kısımları deney numunesi olarak kullanılmıştır. EN 438'de belirtilen gereçlere ilave olarak, ($3\pm0,5$) mm kalınlığa ve (25 ± 5) kg/m³ yoğunluğa sahip esnek, kalıplanmış polietilen köpükten yapılmış bir alt tabaka kullanılmıştır.

Büyük çaplı bilye deneyi, EN 438'e göre, bağlama çerçevesi olmadan polietilen köpükten yapılmış bir alt tabakası olan çelik levha üzerinde beş deney numunesiyle yapılmıştır. 10 mm'den daha büyük çatlak veya iz bırakmayacak en büyük yüksekliği belirlemek için, düşüş yüksekliği 50 mm'lik kademelerle ayarlanmıştır. Her deneyin sonucu kaydedilmiş ve sonuçların ortalaması hesaplanarak en yakın 50 mm'ye yuvarlanmıştır.

Büyük bilye test değerlerini belirlenmesi için TS EN 438-2 standardına bağlı kalınmıştır. Deney örnekleri 230x230 $\pm$ 6.5 mm kenar uzunluğunda ölçülendirilmiş ve 23 $\pm$ 2 °C sıcaklık ve %50 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Örneklerin üzeri karbon kağıdı ile kaplanmış, üzerine uygun düzenekte çapı 42.8 $\pm$ 2 mm, kütlesi 324 $\pm$ 5 gr olan parlatılmış bilye düşürülmüştür. Bilyenin düştüğü yerdeki izin çapı ölçülmüş ve test değerleri belirlenmiştir.

Küçük çaplı bilye deneyi EN 438'e göre gerçekleştirilmiştir. Deney yapılırken, elemanın arka yüzünün çelik levha ile tam temas halinde olması sağlanmıştır. Her deneyin sonucu kayıt edilmiş ve sonuçların ortalaması hesaplanarak en yakın 1 N'a yuvarlanmıştır.

Küçük bilye testi TS EN 438-2 standardına uyulmuş, 230x230xlevha kalınlığı(mm) ebatlarındaki deney örnekleri 23 $\pm$ 2 °C sıcaklık ve %50 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Örnekler çelik levha üzerine yerleştirilip, ucunda 5 mm çapında bir çelik bilye bulunan çarpma cihazı ile 10 Newton' luk kuvvetle başlanarak 5 Newton artırılarak hasar gözlemleyinceye kadar devam edilmiştir. Hasarın olmadığı durumlarda en büyük yay kuvveti, hasarın olduğu durumlarda ise hasara sebebiyet veren yay kuvveti Newton cinsinden küçük bilye değeri olarak belirlenmiştir.

Sınıflandırma sistemi büyük çaplı bilye deneyi ve küçük çaplı bilye deneyi sonuçlarının bir kombinasyonuna dayanır. Uygun çarpma sınıfını (IC1, IC2 veya IC3) tayin etmek için "Laminat Parke Sınıflandırma Gerekları" tablosu kullanılmıştır.



Şekil 3.24: Büyük ve Küçük Bilye Test Cihazları (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.22 Leke Tutma Mukavemeti

Lekelenme dayanımının belirlenmesi için TS EN 438–2 standardında belirtilen ilkelere uyulmuştur. Uygun büyüklükte olan deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık, 50 ± 5 bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. HCL ve pigment maddesi içeren sıvı numune 23 damla örnek üzerinde damlatılmış ve uygun temas süresi olan 10 dakika süresince bekletilmiştir. Leke yapıcı malzeme deney temizleyici katılmış su veya yüzey temizlemede kullanılan etanol gibi çözücü ile pamukla silindikten sonra örnek üzerinde bir leke kalıp kalmaması gözlemlenmiştir. Deney örneğine 400 mm uzaktan bakılmış, yüzey incelenmiş ve aşağıda belirtilen skalaya göre değerlendirilmiştir.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Belirli açılarda parlaklıkta ve/veya renkte çok az bir değişme mevcut

Derece 3: Parlaklıkta ve/veya renkte önemli bir değişme mevcut

Derece 2: Parlaklıkta ve/veya renkte önemli bir değişme mevcut

Derece 1: Yüzeyde bozulma ve/veya kabarcıklaşma mevcut

Tablo 3.12: Leke tutma kimyasalları ve sınıfları

GRUP-1		16-24 H
ASETON		
DİŞ MACUNU		
EL KREMİ		
ÜRE		
ALKOLLÜ İÇECEK		
MEYVE SUYU		
LİMON SUYU		
SİRKE		
KATI YAĞ		
SIVI YAĞ		
SU		
TUZLU SU		
SABUN		
SİTRİK ASİT (%10)		
BOYA		
GRUP-2		16 H
KAHVE (100 ML. SUDA 12 GR. KAHVE)		
SİYAH ÇAY (100 ML. SUDA 0,9 GR. ÇAY)		
SÜT		
KOLA		
ŞARAP		
HİDROJEN PEROKSİT (%3'lük)		
AMONYAK (10'LUK)		
OJE		
RUJ		
SU BAZLI BOYA		
TÜKENMEZ KALEM MÜREKKEBİ		
GRUP-3		10 MİN.
SODYUM HİDROKSİT (%25 LİK)		
HİDROJEN PEROKSİT (%30 LUK)		

Tablo 3.12: (devam ediyor).

HİDROKLORİK ASİT (%3 LÜK)	10 MİN.
AYAKKABI BOYASI	
İYOT	
VERNİK	
SİTRİK ASİT (% 10 LUK)	20 MİN.
ASETİK ASİT (%5 LİK)	



Şekil 3.25: Leke Testi (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.23 Çatlamaya Karşı Dayanıklılık

Çatlama dayanımının belirlenmesi için TS EN 438-2 standardında belirtilen ilkelere uyulmuştur. Uygun büyüklükte olan deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık, $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Deney numunesi, 250X250 mm. boyutlarında 2 adet kesilmiştir. Kesilen numuneler, 80 °C lik etüv içerisinde 20 saat süre ile bekletilmiştir. Ön görülen süre sonunda deney numuneleri çıkarılmış ve 3 saatlik süre ile ortam sıcaklığında bekletilmiştir. Soğuma işlemini sonunda yüzey kontrolü el ve göz ile yapılmıştır. Değerlendirme aşağıdaki tabloya uygun olarak yapılmıştır.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Yüzeyde rastgele dağılmış, ince ince çatlaklar mevcut

Derece 3: Yüzeyde çıplak gözle görülen çatlak veya kenarlarda orta derecede çatlak var.

Derece 2: Deney parçasında boydan boya çatlak ya da kırık mevcut.

Derece 1: Deney parçası kırılarak parçalara ayrılmış.

3.3.24 Sıcak Kaplara Dayanıklılık

Sıcak kaplara dayanımın belirlenmesi için TS EN 438–2 standardında belirtilen ilkelere uyulmuştur. Uygun büyüklükte olan deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık, $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Deney numunesi, kullanılacak tencereye uygun boyutta kesilmiştir. Tabanı düz olan bir tencere içerisine yağ konulmuş ve yağ sürekli karıştırılarak 180-190 °C ye kadar ısıtılmıştır. Yağ sıcaklığı, istenen dereceye geldiğinde, tencere numune üzerine oturtulmuştur. Deney, 20 dk. lık süre sonunda bitirilmiş ve tencere kaldırılmıştır. Değerlendirme aşağıdaki tabloya uygun olarak yapılmıştır.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok.

Derece 4: Belirli açılardan bakıldığında parlaklıkta veya renkte çok az bir değişme mevcut.

Derece 3: Parlaklıkta ya da renkte önemli değişme mevcut.

Derece 2: Parlaklıkta ya da renkte önemli değişme mevcut.

Derece 1: Yüzeyde bozulma/kabarcıklaşma var.

3.3.25 Sigara Ateşine Dayanıklılık

Sigara ateşine dayanıklılık testi TS EN 438–2 standardına göre yapılmıştır. Kenar boyutları 100 ± 5 mm kare şeklinde olan deney örnekleri 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Sigaranın ucundan 10 mm yandıktan sonra sigaranın ucu 20 mm yanıncaya kadar deneye devam edilmiştir. Sigaraların yanması ile ortaya çıkan ısıнын etkisinin belirlenebilmesi için örneklerin üzeri $\%30$ etil alkolle temizlenmiş ve deney örnekleri üzerindeki etkileri aşağıdaki skalaya göre belirlenmiştir.

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Parlaklıkta çok az bir değişme veya hafif kahverengi leke mevcut

Derece 3: Parlaklıkta orta derecede değişme veya orta şiddette kahverengi leke var

Derece 2: Koyu kahverengi leke mevcut fakat yüzey yapısında bozulma yok

Derece 1: Kırılma ve/veya kabarcıklaşma mevcut



Şekil 3.26: Sigara Testi (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.26 Mobilya Ayağına Dayanıklılık

Mobilya ayağına karşı dayanma mukavemeti TS EN 424 e uygun olarak yapılmaktadır. Yük bindirilmiş, yumuşak mobilya ayaklarının test alanında hareketiyle test edilir. Binlerce hareketten sonra döşeme hasarlara dair incelenir. 0 Tip mobilya ayağı kullanılır ve yüzeyde görülebilir bir değişim istenmez. Ticari işletmede düzenek bulunmadığından test yapılmamıştır.

3.3.27 Koltuk (Sandalye) Tekerleğine Dayanıklılık

Sandalye tekerleğine karşı dayanma mukavemeti TS EN 425 e uygun olarak yapılmaktadır. Yük bindirilmiş, yumuşak sandalye tekerleklerinin test alanında dönmesiyle test edilir. Binlerce devirden sonra döşeme hasarlara dair incelenir. 0 Tip sandalye ayağı kullanılır ve yüzeyde görülebilir bir değişim istenmez. Ticari işletmede düzenek bulunmadığından test yapılmamıştır.

3.3.28 Statik Çukurlaşma

Statik çukurlaşma testi EN ISO 24343-1 e uygun olarak yapılmaktadır. Sabit bir yükün uygulanıp kaldırılması sonucu döşemenin orijinal kalınlığı ile yük uygulandıktan sonra oluşan yeni kalınlık arasında ortaya çıkan kalıcı ezilmeden kaynaklı kalınlık kaybının belirlenmesine ilişkin standarttır. Ticari işletmede düzenek bulunmadığından test yapılmamıştır.

3.3.29 Işık Haslığı (Renk Solma Dayanımı)

Işık Haslığı testi TS 423-2 EN 20105-A02 ve EN ISO 4892-2:2006/A1:2009 standartlarına uygun olarak yapılmaktadır. Ticari işletmede düzenek bulunmadığından test yapılmamıştır.

3.3.30 Çizilme Mukavemeti

Çizilme testi TS EN 438-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. 100x100x6.5 mm ebatlarındaki deney numuneleri 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ nispi rutubette klimatize edilmiştir. Testlere 6 Newton' luk bir kuvvetle başlanmış ve iz görülmesi durumunda 0.5 N' luk bir azalmayla işlem tekrarlanmıştır. İz oluşumuna bağlı olarak 0.5 N kademelerle 2 N değerine ulaşıncaya kadar işleme devam edilmiş, bu deneylerde elde edilen eş merkezli izlerin birbirinden en az 2 mm mesafede olduğu belirlenmiştir. Klimatize ortamda 24 saat bekletilen çizilmiş deney numuneleri için en küçük kuvvet değeri kaydedilmiştir. Bu değer çizilme dayanımı değeri olarak belirlenmiştir. Testler Taber marka universal shear/scratch tester model 550 çizilme makinesinde yapılmıştır.



Şekil 3.27: Çizilme Test Cihazı (H. SIRADAĞ, 2018)

3.3.31 Click Testi

Firmaların genel kalite kontrol takibi için kullandıkları ve geliştirdikleri bir test metodudur. Deney numuneleri (23 ± 2) °C sıcaklık ve $\% (50\pm 5)$ nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin $\% 0,1$ 'ini geçmediği zaman

sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Deney amaçlı 2 adet panelden karşılıklı lamba ve zıvana olacak şekilde, 5x10 cm. boyutlarında 2 adet uzun kenar, 2 adet kısa kenar numunesi üzerinde test yapılmıştır. Numuneler, çekme test cihazının sıkıştırılmalı çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme testi yapılarak max. kuvvette kopma değeri ölçülmüştür.

3.3.32 Çember Testi

TS EN 13329 standardında yer almayıp, firmaların genel kalite kontrol takibi için kullandıkları ve geliştirdikleri bir test metodudur. Deney numuneleri (23±2) °C sıcaklık ve % (50±5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Deney amaçlı 3 adet panel alınmış ve paneller “T” şeklinde birleştirilmiştir. Panel birleşim kenar kalınlıkları mikrometre yardımıyla ölçülerek ilk kalınlık kayıt edilmiştir. Daha sonra çember aparat ölçüm yapılacak bölge üzerine oturtulmuş ve içerisine 500 ml. su konmuştur. Oluşturulan bu su havuzu üzerinde paneller 24 saat süreyle bekletilmiştir. Bu süre sonunda çember aparat çıkarılmış, paneller üzerindeki su boşaltılmış ve yüzey silinmiştir. Daha sonra ilk kalınlık ölçümünün alındığı noktalardan tekrar kalınlıklar ölçülmüştür. Sonuç, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% A = \frac{T2 - T1}{T1} * 100$$

T1: İlk kalınlık

T2: Son kalınlık

A: Kalınlık artış % si

3.3.33 Cross Cut (Çapraz Kesit) Testi

TS EN 13329 standardında yer almayıp, firmaların genel kalite kontrol takibi için kullandıkları ve geliştirdikleri bir test metodudur. Deney numuneleri (23±2) °C sıcaklık ve

% (50±5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Test, yüzey katları ile levha arasındaki tutunma derecesini göstermektedir. Bu amaçla, 4 adet 10x10 cm. boyutlarında numune kesilmiştir. Cross-Cut Bıçağı yüzeye dik ve kenara paralel olacak şekilde bastırılarak çekilmiştir. Bıçak, kenardan en az 10 mm. içeride tutulmuştur. Daha sonra, ilk çizme yönüne dik olacak şekilde tekrar bıçak bastırılarak çekilmiştir. Yüzey üzerindeki kırıntılar ve toz temizlenerek, cross-cut bandı kare bölgeye yapıştırılmıştır. Yapıştırılan bant üzerine bastırılarak, bantın yüzeye iyice yapışması sağlanmıştır. Daha sonra, bant uç kısmı yavaşça açılmış ve sonrasında bant hızlı bir şekilde çekilmiştir. Yüzeydeki kalkmalar gözlemlenmiştir. Yüzeydeki kalkma miktarı tüm alanın %15'ini geçmemelidir.

3.3.34 Sıcak-Soğuk Su Testi

TS EN 13329 standardında yer almayıp, firmaların genel kalite kontrol takibi için kullandıkları ve geliştirdikleri bir test metodudur. Deney numuneleri (23±2) °C sıcaklık ve % (50±5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Test, yüzey katları arasındaki tutunma derecesini göstermektedir. Bu amaçla, 4 adet 10x10 cm. boyutlarında numune kesilmiştir. Kesilen numunelerin 2 adedi soğuk su banyosuna, diğer 2 adedi ise sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir. Soğuk su banyosu 20±2 °C, sıcak su banyosu 50±2 °C ye ayarlanmıştır. Deney numunelerinin dekoratif yüzeyleri su ile temas edecek şekilde banyo içerisinde yatay konumda bırakılmıştır. 24 saatlik süre sonunda, numuneler banyodan çıkarılarak kurulanmıştır. Katlar arasında ayrılma olup olmadığı el ve göz ile kontrol edilmiştir. Daha sonra, cross-cut testi uygulanarak katlar arasındaki ayrılma izlenmiştir.

Test sonucunda direkt katlar arasında ayrılma olmamalı, ancak cross-cut testinde %10 luk

bir alanda kalkma meydana gelebilir.

3.3.35 Kaynatma Testi

TS EN 13329 standardında direkt yer almayan, ancak istenen standartların sağlandığının kontrolünde kullanılan, TS EN 1087 standardı baz alınarak geliştirilen bir test metodudur. Deney numuneleri (23±2) °C sıcaklık ve % (50±5) nispi rutubete sahip bir atmosferde sabit bir kütleye dengelenmiştir. 24 saat arayla gerçekleştirilen iki ardışık kütle ölçümünün sonuçları arasındaki fark deney numunelerinin kütlelerinin % 0,1'ini geçmediği zaman sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.

Test için 1 panelden sağ-orta-sol olacak şekilde 3 adet 5*5 cm. boyutlarında numune kesilerek, köşegenlerin birleşim noktasından (orta) mikrometre ile ilk kalınlık ölçüsü alınmıştır. Numuneler, ticari işletme laboratuvarında yer alan Termal marka ısıtmalı-soğutmali su banyosuna konulmuştur. Suyun sıcaklığı, (90±10) dakika kaynama noktasında tutulmuştur. 100 °C ve kaynama (120±5) dakika devam ettirilir. Daha sonra deney parçası alınarak, kuru bir bez üzerinde kuruması için bekletilmiştir. Son olarak, aynı orta noktadan mikrometre ile son kalınlık ölçüsü alınarak kalınlık artış miktarı belirlenmiştir. Aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılmıştır.

$$\% S = \frac{t_{ilk} - t_{son}}{t_{ilk}} * 100$$

t_{ilk}: İlk kalınlık

t_{son}: Son kalınlık

S: Şişme değeri

3.3.36 Profil Kontrolü

TS EN 13329 standardında direkt yer almayan, ancak istenen koşulların sağlanmasında en önemli etken olan profil bıçaklarının doğruluğu için yapılan bir proses kontrolü ve ölçümüdür. Ticari işletmede bulunan Mitutoyo marka profil projeksiyon cihazında Unilin kilit sistemi çizim profili kullanılarak kontrol yapılmıştır.

1 adet deney numunesi üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Üretim esnasında ölçüm genellikle 15-30 dk. ara ile tekrarlanmaktadır. Numunenin uzun-kısa kenarlarından lamba-zıvana olacak şekilde 10*100 mm. boyutlarında 4 adet numune kilit numunesi kesilmiştir. Daha sonra kilit numuneleri ve kilit sistemi profil şablonu projeksiyon cihazına yerleştirilmiştir. Numune yüzeyi referans noktası alınmak kaydıyla, profil çiziminden sapma miktarları belirlenmiştir. Sapma miktarlarına göre, makinenin ilgili bıçaklarında ileri-geri-yukarı-aşağı yönde oynamalar yapılır.

3.3.37 Su Buharına Karşı Dayanım

Su buharına dayanım testi için 10x10 cm ebatlarındaki deney örnekleri klimatize edilmeksizin, dekoratif yüzü buhara gelecek şekilde içerisinde 200 ml. su olan ve ısıtıcı ile kaynatılan cam erlenin üzerine yerleştirilmiştir. Bir saat süre ile buhara maruz bırakılan yüzey silinerek temizlenmiştir. Numuneler 24 saat sonra evre şartlarında bekletilmiş ve görünümdaki değişiklik kaydedilmiş ve aşağıdaki skalaya göre numune yüzeyindeki etki belirlenmiştir (TS EN 438–2).

Derece 5: Gözlenebilir bir değişme yok

Derece 4: Belirli açılardan bakıldığında parlaklıkta ve renkte çok az bir değişme var

Derece 3: Parlaklıkta ve/veya renkte orta derecede bir değişme mevcut

Derece 2: Parlaklıkta ve/veya renkte oldukça büyük derecede bir değişme mevcut

Derece 1: Delaminasyon ve/veya kabarcıklaşma mevcut.

3.3.38 Serbest Formaldehit Miktarı Tayini

Bu Yüksek Lisans tezinde laminat parkelerin serbest formaldehit miktarı tayini TS EN 120 standardına uygun olarak, perforatör metodu ile yapılmıştır. Bu amaçla, ticari işletme laboratuvarında yer alan Hach Lange DR 2800 marka spektrofotometre, Hach Lange LT 200 marka termoreaktör ve LCK 325 (0,5-10 ml/L H₂ CO) marka formaldehit kiti kullanılmıştır.

Formaldehit, suyu seven bir maddedir. Bu metodun esası, toluen içerisinde kaynatılan levha örneklerinden ayrışan formaldehitin destile suya geçmesini sağlamaktır (EN120, 1992).

Deney numunelerinin hazırlanma aşamalarından, 3.2.14. başlığı altında yer alan “Formaldehit Deney Numunelerinin Hazırlanması” aşamasında detaylı bahsedilmiştir. Test için, iki düzenden de her bir formaldehit deneyinde kullanılmak üzere numune alınmıştır. Numuneler sağ ve sol tarafta bulunan düzeneğin istif katına göre (1 sağ+1 sol) olacak şekilde alınmıştır. Her bir numunenin testi 2 kez tekrarlanmış olup, (1 gün)+(7 gün)+(2 hafta)+(1 ay)+(3 ay)+(6 ay)+(1 yıl)+(2 yıl) olacak şekilde 32 adet formaldehit testi yapılmıştır.

Perforatör metoduna göre, üstte ön görülen bekleme süreleri doldukça panellerden 25x25 mm boyutlarında örnekler alınmış ve deney anına kadar hava sızdırmayacak şekilde ambalajlanmıştır. Daha sonra, deney örneklerinin rutubetini belirlemek için $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'da etüve 5 adet levha örneği koyularak 15 saat bekletmiştir. Ardından etüvden çıkarılan örneklerin tam kuru ağırlıkları alınarak % cinsinden rutubeti belirlenmiştir. Bu rutubet değerleri dikkate alınarak perforatör testi için her deney örneğinden yaklaşık 110 gr alınarak, 0,1 gr doğrulukla tartılmıştır. Daha sonra numuneler balon joje içerisine konmuştur. Üzerine 600 ml susuz Merck marka saf toluen ilave edilmiş ve bunu takiben yuvarlak dipli joje dilex marka perforatör bağlantı elemanlarına bağlanmıştır. Yaklaşık 1000 ml damıtık su, sifon ağzı ve suyun yüzeyi arasında 20-30 mm lik boşluk kalacak şekilde perforatör bağlantısının içine dökülmüştür. (Bu aşamada, cam filtre kadeh içeridedir.) Sonra, yoğunlaştırıcı ve gaz emme aleti bağlanmıştır. Gaz absorpsiyon aletinin emme borusu ucuna, gaz kaçışını önlemek amacıyla 250 ml lik erlen konmuş ve içi yaklaşık 100 ml damıtık su ile doldurularak perforatör aletine bağlanmıştır.

Tüm sistemin teflon ve vazelin kullanılarak sızdırmazlığı sağlanmıştır. Perforatör aleti bir araya getirildiği ve izolasyon sağlandığı zaman soğutma suyu ve ısıtma açılmıştır. Toluenin, dakikada 70-90 damlalık akış hızı ile ayırmanın başından sonuna kadar düzenli olarak geriye akması sağlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi sırasında ve sonrasında, aletin diğer parçalarının içine emme borusundan geriye suyun akmamasına dikkat edilmiştir. Ekstraksiyon, ilk hava kabarcıkları filtre kapağından geçtiği andan başlayarak 2 saat içerisinde yapılmıştır. Isıtma ise, ısıtma cihazı açıldıktan sonra 20-30 dk arasında kaynama meydana gelecek şekilde ayarlanmıştır.

Bu iki saatlik kaynatma işleminden sonra ısıtma cihazı kapatılmış ve gaz emme şişesi ayrılmıştır. Perforatördeki su (su+formaldehit çözeltisi) oda sıcaklığına kadar

soğutulduktan sonra kapatma musluğu vasıtası ile 1000 ml lik balon içerisine aktarılmıştır. Perforatör her defasında 200 ml lik damıtık su ile iki defa çalkalanmıştır. Çalkalanan bu su da balon içerisine ilave edilmiştir. En üstte kalan toluen ise ayrıca atık olarak alınmıştır. Gaz absorpsiyon aletinin emme şişesindeki su erlene dökülmüş, sonra erlendeki suyun hacmi damıtık su ile 2000 ml ye tamamlanmıştır.

Test için hazır olarak barkodlu tüplerde bulunan Lange LCK 325 Formaldehit Test Kitinden 1 adet alınmıştır. Tüpe, 1 ml kadar Lange LCK 325 kutusu içerisinde bulunan “A” çözeltisinden, 1 ml kadar ekstraksiyon sonucunda elde edilen çözeltiden (su+formaldehit) eklenmiş ve tüp ağzı kapatılmıştır. Kapalı tüp 45° lik bir açı ile hafifçe çalkalanmıştır. Daha sonra tüp, 40 °C deki LT200 ısıtıcı küvetine (termoreaktör) yerleştirilerek 10 dk boyunca ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Isıtma işlemi sona erdikten sonra tüp 1 saat süre ile oda sıcaklığındaki karanlık ortamda bekletilmiştir. 1 saatin sonunda tüp 45° lik bir açı ile hafifçe çalkalanmış ve DR 2800 spektrofotometre cihazına yerleştirilmiştir. Cihaz otomatik okuma işlemini mg/l olarak gerçekleştirmiştir. Bu aşamadan sonra hesaplama işlemi aşağıdaki formülasyona göre yapılmıştır.

Rutubet miktarı % 4 - 9 olan levhalar için Faktör Hesabı:

$$F = -0,133 H + 1,86$$

H: Rutubet

Rutubet miktarı < % 4 ve > % 9 olan levhalar için Faktör Hesabı:

$$F = 0,636 + 3,12 e(-0,346H)$$

H: Rutubet

$$Tam Kuru Levha Ağırlığı = \frac{\text{İlk Konan Numune Ağırlığı}}{(\text{Levha Rutubeti} + 100)} * 100 \quad gr$$

$$S.F = \left[(-0,133 * H + 1,86) * \frac{\text{Cihazın Okuduğu Değer} * 2}{\text{Tam Kuru Numune Ağırlığı}} * 100 \right] \frac{mg}{100 gr}$$

S.F: Serbest Formaldehit Miktarı

F: Faktör Hesabı

H: Levha Rutubeti



BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Laminat Parkelerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

4.1.1 Yoğunluk Tayini

Laminat parke üretiminde taşıyıcı olarak kullanılan HDF levhalardan alınan yüzeyi zımparalı deney numunelerinde yapılan yoğunluk tayininde ortalama 879,73 kg/m³ yoğunluk değeri yakalanmıştır. Standartlarda istenen zımparalı yoğunluk 870 kg/m³ olup, yoğunluktaki sapma oranı %1,12 dir. Üretimde hedeflenen yoğunluk sağlanmıştır. Yüzey kaplama işlemi sonrası laminat parke yoğunluğu ise ortalama 903,64 kg/m³ dür. Çalışmada levha ve laminat parke numunesinin yoğunluk sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Yoğunluk Test Sonuçları

No	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (g)	Yüzey Ağırlık (kg/m ²)	HDF Yoğunluk (kg/m ³)	Parke Yoğunluk (kg/m ³)
1	50,07	50,04	7,71	16,99	7,21	879,52	902,13
2	50,33	49,96	7,72	17,01	7,26	876,27	902,21
3	50,21	50,16	7,69	16,92	7,33	873,63	901,36
4	50,23	49,89	7,74	17,15	7,34	884,19	900,25
5	50,12	50,08	7,73	16,91	7,37	871,54	905,11
6	50,30	50,08	7,70	17,08	7,34	880,57	905,32
7	50,28	50,13	7,69	17,06	7,29	880,16	904,66
8	50,28	50,09	7,68	17,08	7,26	883,04	903,91
9	50,30	50,09	7,73	17,07	7,13	876,47	905,83
10	50,29	50,07	7,71	16,97	7,13	874,11	902,87
11	50,26	50,12	7,72	17,02	7,16	875,20	902,21
12	50,09	50,04	7,71	16,99	7,18	879,17	903,99
13	50,35	50,08	7,68	17,02	7,24	878,89	900,53

Tablo 4.1: (devam ediyor).

14	50,18	50,09	7,70	17,07	7,18	881,98	908,76
15	50,26	50,13	7,66	17,11	7,11	886,55	901,98
16	50,31	50,12	7,68	17,18	7,21	887,15	899,98
17	50,26	50,12	7,75	17,20	7,22	881,04	903,32
18	50,20	50,11	7,72	17,06	7,24	878,48	905,16
19	50,39	50,14	7,65	16,98	7,30	878,51	907,67
20	50,00	50,19	7,70	17,16	7,28	888,05	905,56
Ortalama	50,24	50,09	7,70	17,05	7,24	879,73	903,64

4.1.2 Rutubet Oranı ve Şişme Tayini

Laminat parke panellerinden kesilen deney numunelerinde rutubetin ortalama %5,34 olduğu tespit edilmiştir. 2 saatlik ortalama şişme değeri %4,83 ve 24 saatlik şişme ortalama şişme değeri ise %12,99 olarak ölçülmüştür. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada elde edilen rutubet oranları ve şişme sonuçlarına ait değerler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Rutubet ve Şişme Tayini Test Sonuçları

No	Rutubet (%)	2 Saatlik Şişme (%) Enine Yön	2 Saatlik Şişme (%) Boyuna Yön	24 Saatlik Şişme (%) Enine Yön	24 Saatlik Şişme (%) Boyuna Yön
1	5,12	4,25	4,75	12,36	12,88
2	5,53	3,98	5,02	13,60	13,63
3	5,61	4,36	4,96	12,90	13,52
4	5,19	4,78	5,36	13,10	12,87
5	5,23	5,05	4,92	12,68	12,54
6	5,20	4,99	5,48	12,75	13,05
Ortalama	5,34	4,57	5,08	12,90	13,08

4.1.3 Eğilme - Elastikiyet Modülü, Çekme ve Yüzey Sağlamlık Mukavemeti

Yapılan test sonuçlarında laminat parke ortalama; eğilme dayanımının 52,15 N/mm², elastikiyet modülünün 4576,59 N/mm², yüzeye dik çekme mukavemetinin 1,85 N/mm² ve yüzey sağlamlığı değerinin ise 1,74 N/mm² olduğu tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin eğilme, elastikiyet, çekme ve yüzey sağlamlığı mukavemeti sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3: Eğilme, Elastikiyet, Çekme ve Yüzey Sağlamlığı Test Sonuçları

No	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Yüzey Sağlamlığı (N/mm ²)
1	52,6	4456,3	1,85	1,85
2	52,9	4640,0	1,80	1,72
3	49,1	4497,8	1,86	1,68
4	53,7	4584,1	1,88	1,88
5	52,5	4704,7	1,84	1,75
6	52,15	4576,59	1,79	1,55
7			1,88	1,74
8			1,90	
Ortalama			1,85	

4.1.4 Kalınlık - Uzunluk ve Genişlik Kontrolü

Laminat parke elementleri (panelleri) üzerinde uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarında ortalama; kalınlığın 8 mm., uzunluğun 1290,1 mm., ve genişliğin ise 190,03 mm. olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarında elemanlar arası açıklığa, elemanlar arası yükseklik farkına, gönyeden ya da doğruluktan sapmaya sebebiyet verecek herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin kalınlık, uzunluk ve genişlik ölçüm sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4: Kalınlık, Uzunluk ve Genişlik Ölçüm Sonuçları

Kalınlık	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
1.Nokta	8,01	7,98	8,05	7,94	8,04
2.Nokta	8,05	8,02	8,08	7,98	8,06
3.Nokta	7,98	7,96	8,06	8,02	8,02
4.Nokta	8,04	7,94	7,99	8,03	7,91
5.Nokta	7,98	8,02	8,01	7,99	8,02
6.Nokta	8,01	8,00	7,99	7,95	8,07
Ortalama	8,01	7,99	8,03	7,99	8,02 mm.
Uzunluk	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
1.Nokta	1290,15	1290,12	1290,18	1290,05	1290,01
2.Nokta	1290,11	1290,10	1290,20	1290,02	1290,05
Ortalama	1290,13	1290,11	1290,19	1290,04	1290,03 mm.
Genişlik	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
1.Nokta	190,05	190,01	190,04	190,01	189,98
2.Nokta	190,07	190,06	190,04	190,01	190,00
3.Nokta	190,08	190,04	190,03	190,03	190,01
Ortalama	190,07	190,04	190,04	190,02	190,00 mm.

4.1.5 Gönyeden ve Doğruluktan Sapma Kontrolü

Laminat parke panelleri üzerinde yapılan ölçümlerde max. gönyeden sapma değerin 0,10 mm. ve max. doğruluktan sapma değerin ise 0,12 mm. olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarda elemanlar arası açıklığa sebebiyet verecek herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin gönyeden ve doğruluktan sapma ölçüm sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5: Gönyeden ve Doğruluktan Sapma Ölçüm Sonuçları

G.Sapma	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
1.Nokta	0,08	0,10	0,05	0,07	0,03
2.Nokta	0,06	0,08	0,06	0,04	0,05
Max.	0,08	0,10	0,06	0,07	0,05 mm.
D.Sapma	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
1.Nokta	0,12	-	0,08	0,06	0,12
2.Nokta	-	0,10	-	-	-
Max.	0,12	0,10	0,08	0,06	0,12 mm.

4.1.6 Genişlik ve Uzunluk Düzgünlüğü Kontrolü

Laminat parke panelleri üzerinde yapılan ölçümlerde max. genişlik düzgünlüğü değerinin 0,10 mm. ve max. uzunluk düzgünlüğü değerinin ise 0,60 mm. olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarda birleşimde zorlanmaya, kilit profillerinde sapmaya, gıcırdamaya, elemanlar arası yükseklik farkına, yüzeyde dalgalı görünüme sebebiyet verecek herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin genişlik ve uzunluk düzgünlüğü ölçüm sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6: Genişlik ve Uzunluk Düzgünlüğü Ölçüm Sonuçları

G. Düzgünlüğü	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
İç Bükey	-	-	0,08	-	-
Dış Bükey	0,10	0,08	-	0,06	0,10
Max.	0,10	0,08	0,08	0,06	0,10 mm.
U. Düzgünlüğü	Panel-1	Panel-2	Panel-3	Panel-4	Panel-5
İç Bükey	-	-	-	0,50	-
Dış Bükey	0,12	0,18	0,60	-	0,45
Max.	0,12	0,18	0,60	0,50	0,45 mm.

4.1.7 Elemanlar (Elementler-Paneller) Arası Açıklık ve Yükseklik Kontrolü

Laminat parke panelleri üzerinde yapılan ölçümlerde max. elemanlar arası açıklık değerinin 0,10 mm. ve max. elemanlar arası yükseklik farkı değerinin ise 0,08 mm. olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarda herhangi bir hataya rastlanmamıştır. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin elemanlar arası açıklık ve yükseklik farkı ölçüm sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Elemanlar Arası Açıklık ve Yükseklik Farkı Kontrolü

	Max. Boşluk (mm) Açıklık	Max. Yükseklik-Kot Farkı (mm)
1.Nokta	0,06	0,05
2.Nokta	0,05	0,03
3.Nokta	0,08	0,05
4.Nokta	0,10	0,08
5.Nokta	0,02	0,02
6.Nokta	0,05	0,03
7.Nokta	0,03	0,03
8.Nokta	0,06	0,05
9.Nokta	0,08	0,04
10.Nokta	0,10	0,06
11.Nokta	0,01	0,08
12.Nokta	0,02	0,06
13.Nokta	0,08	0,04
Max.	0,10	0,08

4.1.8 Aşınma ve Darbe Mukavemeti

Laminat parke kalitesini belirleyen en önemli etkenlerden biri aşınma mukavemetidir. Aşınma değeri parkenin sınıfını belirlemektedir. AC3 sınıfı parkelerde ≥ 2000 devir istenmektedir. Yapılan deneylerde aşınma mukavemetinin 2150 devir olduğu tespit edilmiştir. Büyük ve küçük bilye darbe dayanım test sonuçlarının ise 2070 mm. ve 15 N. olduğu tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standardında istenen AC3

sınıfına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin aşınma ve darbe mukavemeti test sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8: Aşınma ve Darbe Test Sonuçları

	IP (devir)		Büyük Çaplı Bilye (mm)	Küçük Çaplı Bilye (N)
Numune-1	2100	Numune-1	2100	14
Numune-2	2300	Numune-2	2000	16
Numune-3	2050	Numune-3	2050	14
Ortalama	2150	Numune-4	2100	15
		Numune-5	2100	14
		Ortalama	2070	15

4.1.9 Leke Tutma Mukavemeti

Leke tutma dayanımı için 23 farklı kimyasal madde kullanılmıştır. Tüm kimyasallara karşı yüzeyin dayanıklı olduğu ve yüzeyde kalıcı herhangi bir ize rastlanmadığı tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standardında istenen AC3 sınıfına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin leke tutma mukavemeti sonuçları Tablo-4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Leke Tutma Test Sonuçları

Kimyasal Adı	Derece
Aseton	5
Diş Macunu	5
El Kremi	5
Üre	5
Kolonya	5
Meyve Suyu	5
Limon Suyu	5
Sirke	5
Tuzlu Su	5
Katı Yağ	5
Sıvı Yağ	5

Tablo 4.9: (devam ediyor).

Sitrik Asit (%10)	5
Boya	5
Kahve	5
Siyah Çay	5
Süt	5
Kola	5
Ruj	5
Mürekkep	5
Sodyum Hidroksit (%25)	5
Hidrojen Peroksit (%30)	5
Hidroklorik Asit (%3)	5
Sabun	5

4.1.10 Çatlamaya-Sıcak Kaplara-Sigara Ateşine ve Çizilmeye Karşı Dayanıklılık

Yüzey dayanıklılığını ölçmek amacıyla yapılan; çatlamaya karşı dayanım, sıcak kaplara dayanım, sigara ateşine dayanım test sonuçlarında yüzeyde gözle görülebilir bir leke, iz kalmadığı tespit edilmiştir. Çizilme test sonucunun ise, 5.4 N. olduğu tespit edilmiştir. Bulunan bu değerler TS EN 13329 standartlarına uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin çatlama, sıcak kaplara dayanım, sigara ateşine dayanım ve çizilme mukavemeti sonuçları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10: Çatlama, Sıcak Kaplara Daynım, Sigara Ateşi ve Çizilme Mukavemeti Test Sonuçları

	Çatlamaya Karşı Mukavemet (D.)	Sıcak Kaplara Dayanıklılık (D.)	Sigara Ateşine Dayanıklılık (D.)	Çizilme Mukavemeti (N)
Numune-1	5	5	5	5
Numune-2	5	4	5	5,5
Numune-3	5	5	4	5,8
Ortalama	5	5	5	5,4

4.1.11 Click ve Çember Testi

Laminat parkeler için yapılan çember testi firmaların geliştirdiği ve üretim kalitesinin takibini yaptığı özel bir test metodudur. Standatlarda yer almamaktadır. Bulunan bu değerlerin uygun olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ticari işletmede istenen standartlara uygundur. Çalışmada laminat parke numunesinin kilit tutunma ve yüzeyden su alarak şişme dayanım test sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11: Click ve Çember Test Sonuçları

	Click Test Sonuç (N)		Çember Test Sonuç (%)
Numune-1 (Uzun Kenar)	380	1.Nokta	0,95
Numune-2 (U.K)	270	2.Nokta	1,02
Numune-3 (Kısa Kenar)	310	3.Nokta	0,88
Numune-4 (K.K)	350	4.Nokta	0,80
Ortalama	328	5.Nokta	0,95
		6.Nokta	0,88
		Ortalama	0,91

4.1.12 Çapraz Kesit (Cross Cut) ve Sıcak – Soğuk Su Testi

Çapraz kesit testi panel yüzeyindeki kâğıtların yapışma kalitesini gösteren testtir. Normal numune üzerinde ve sıcak-soğuk su içerisinde kalan numune üzerinde yapılan çapraz kesit test sonucunda katmanlar arasında herhangi bir ayrılma, kalkma ve kopma tespit edilmemiştir. Her iki test de firmaların kendi geliştirdiği bir test metodudur. Çalışmada laminat parke numunesinin yüzey çapraz kesit test sonuçları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: Çapraz Kesit Sonuçları

	Çapraz Kesit Testi	Sıcak ve Soğuk Su Dayanımı
Numune-1	Uygun	Uygun
Numune-2	Uygun	Uygun
Numune-3	Uygun	Uygun

4.1.13 Kaynatma ve Su Buharına Karşı Dayanım Testi

Kaynatma testi laminat parke üretiminde kullanılan yüksek yoğunluktaki lif levhanın (HDF) şişme mukavemetini belirleyen bir test olup, laminat parke işletmelerince geliştirilmiş test metodudur. Su buharı testi ise TS EN 13329 ve TS EN 438 standartlarına göre yapılmakta olup, yüzeyin buhara karşı dayanıklılığını ifade etmektedir. Yapılan su buharı test sonucu ilgili standartlara uygun olup, yüzeyde iz-kabarcık meydana gelmemiştir. Çalışmada laminat parke numunesinin kaynatma ve su buharına karşı dayanım test sonuçları Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13: Kaynatma ve Su Buharına Karşı Dayanım Test Sonuçları

	Kaynatma Sonuç %	Su Buharına Karşı Dayanım (Derece)
Numune-1	120	5
Numune-2	195	5
Numune-3	170	5
Ortalama	202	5

4.1.14 Profil Kontrolü

Profil şablonuna uygunluk kontrolü, parke üreticilerinin tesiste üretim kontrolü için kullanılan bir ölçüm ve kontrol metodudur. Bu kontrol sayesinde, profil makinesi bıçaklarındaki sapma miktarı tespit edilerek, gerekli düzeltme yapılmaktadır. Çalışmada laminat parke numunesinin profil kontrol sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo-4.14: Profil Ölçüm Sonuçları

	3.Motor	4.Motor	5.Motor
Kısa Kenar Lamba	Yerinde	Yerinde	0,001 mm. Aşağıda
Kısa Kenar Zıvana	0,002 mm. Geride	Yerinde	Yerinde
Uzun Kenar Lamba	Yerinde	Yerinde	0,001 mm. Yukarıda
Uzun Kenar Zıvana	Yerinde	0,002 mm. İleride	Yerinde

4.1.15 Serbest Formaldehit Miktarı Tayini

Bu çalışmanın amacı laminat parkelerde bekleme süresine bağlı olarak formaldehit miktarındaki değişimin belirlenmesidir. Dolayısı ile belirli zaman aralıklarıyla yapılan formaldehit ölçümlerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve irdelenmiştir. Çalışmada laminat parke numunesinin serbest formaldehit sonuçları Tablo 4.15’de verilmiştir.

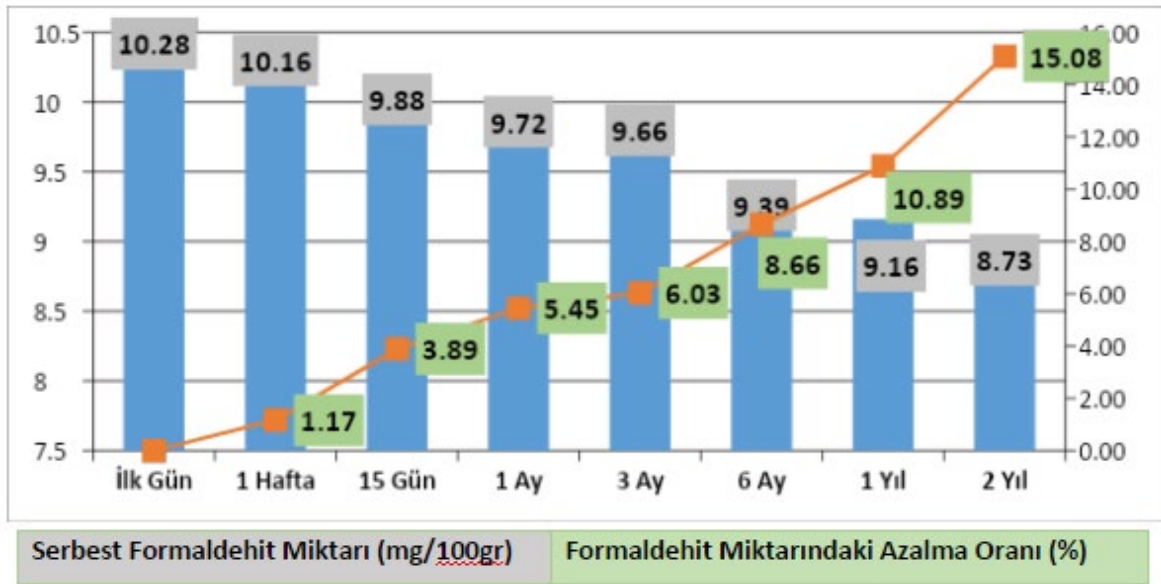
Tablo 4.15: Serbest Formaldehit Test Sonuçları

	Deney sayısı	Numune Ağırlığı (g)	Rutubet (%)	Cihazın Okuduğu Değer (mg/l)	Sonuç (mg/100g)	Ortalama Sonuç (mg/100g)
1.Gün	1	110,02	5,56	4,80	10,32	10,28
	2	110,08	5,58	4,82	10,34	
	3	110,01	5,50	4,75	10,28	
	4	110,12	5,53	4,72	10,17	
7.Gün (1 Hafta)	1	110,20	5,60	4,72	10,10	10,16
	2	110,15	5,56	4,76	10,22	
	3	110,30	5,45	4,68	10,16	
	4	110,27	5,44	6,66	10,13	
15 Gün (2 Hafta)	1	110,06	5,48	4,60	9,97	9,88
	2	110,12	5,50	4,62	9,99	
	3	109,85	5,66	4,59	9,78	
	4	109,92	5,65	4,58	9,76	
30 Gün (1 Ay)	1	110,36	5,68	4,52	9,56	9,72
	2	110,21	5,56	4,50	9,66	
	3	110,22	5,32	4,50	9,91	
	4	110,05	5,52	4,51	9,74	
90 Gün (3 Ay)	1	110,21	5,42	4,43	9,66	9,66
	2	110,18	5,48	4,45	9,64	
	3	109,65	5,36	4,40	9,70	
	4	109,86	5,38	4,38	9,62	
180 Gün (6 Ay)	1	109,15	5,48	4,36	9,54	9,39
	2	109,10	5,50	4,34	9,47	
	3	110,08	5,52	4,32	9,32	
	4	110,12	5,55	4,28	9,21	

Tablo 4.15: (devam ediyor).

365 Gün (1 Yıl)	1	110,40	5,50	4,25	9,17	9,16
	2	110,27	5,52	4,26	9,18	
	3	110,26	5,56	4,27	9,16	
	4	110,22	5,54	4,24	9,12	
730 Gün (2 Yıl)	1	109,95	5,55	4,01	8,64	8,73
	2	109,99	5,54	4,08	8,79	
	3	110,05	5,50	4,05	8,76	
	4	110,00	5,56	4,06	8,73	

Tablo 4.15’de görüldüğü üzere bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit miktarının azaldığı görülmektedir. Bu azalmanın bekleme süresi uzadıkça önemli oranlarda olduğu ve serbest formaldehit emisyonunun ortalama sonuç olarak 6 aylık süre sonunda %9, 1 yıl sonunda %11 ve 2 yıl sonunda ise %15 oranlarında azaldığı tespit edilmiştir. Formaldehit miktarındaki değişim oranları grafiksel olarak Şekil 4.1’de görülmektedir.



Şekil 4.1: Bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit miktarındaki ortalama değişim miktarı ve oranı

Yapılan farklı çalışmalarda formaldehit ve farklı VOC emisyonlarının ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak zamanla değişim gösterdiği belirtilmektedir. Ayrıca mevsimlerin emisyon salınımı üzerinde etkili olduğu yaz aylarında, kış aylarına göre daha fazla formaldehit salınımı olduğu, aynı sıcaklık ve bağıl nem şartlarında zaman ilerledikçe emisyon miktarlarında azalma olduğu vurgulanmıştır (Wolkoff vd., 1991; Crump vd., 1997; Yu ve Kim, 2012; Liang vd., 2015).

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Laminat parkelerin bekleme süresine yani dinlenme süresine bağlı olarak formaldehit emisyonundaki değişimin araştırıldığı bu çalışmada aynı şartlar ve koşullar altında üretilmiş laminat parkelerin 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 1. ay, 3. ay, 6. ay, 1. yıl ve 2. yıl sonundaki formaldehit emisyon oranları değişimi belirlenmiştir. Aynı zamanda deney levhalarının diğer fiziksel ve mekaniksel özellikleri de belirlenerek ortaya konmuştur.

Bu amaçla, hammadde olarak yüksek yoğunluklu lif levhalar (HDF) panel üretiminde yapraklı ve iğne yapraklı odun yonga karışım olarak kullanılmıştır. Yongaların karışım oranı; %30 iğne yapraklı ağaç yongaları (Çam), %70 yapraklı ağaç yongaları (Kayın) şeklindedir. HDF paneller geleneksel levha üretim yöntemiyle üretilmiştir. Üretimde, tam kuru lif ağırlığına oranla yaklaşık olarak %9-14 arasında üre formaldehit reçinesi kullanılmıştır. Üretim sonrası denge rutubetine kadar bekletilen levhaların alt-üst yüzeyleri emprenyeli kâğıtlarla kaplanmıştır. Kaplama işleminde HDF panellerin alt kısmından yüzeye doğru Balans kâğıdı – taşıyıcı kısım (HDF) – Dekor kâğıdı ve en üst yüzey tabakası (overlay) kâğıdı olacak şekilde yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilmiştir. Bu levhalar ortam denge rutubetine ulaştıktan sonra, emprenye tesisinde emprenye edilen kâğıtlar (balans, dekor, overlay) melamin preste katman sırası en alttan üst yüzeye doğru Balans-HDF-Dekor-Overlay olacak şekilde yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmiştir. Preslenen bu plakalar, dinlenme süresini tamamladıktan yani ortam denge rutubetine ulaştıktan sonra parke tesisinde kesime alınarak parke elementleri (panelleri) oluşturulmuştur. Üretilen bu elementlerden numuneler alınarak belirli periyotlarda serbest formaldehit miktarları tayin edilmiştir.

Deney numunelerine ait test sonuçlarına bakıldığında; parke bekleme süresi arttıkça serbest formaldehit miktarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Formaldehit miktarlarında ortalama; bir haftalık süre sonunda %1, iki haftalık süre sonunda %4, bir aylık süre sonunda %5, üç aylık süre sonunda %6, altı aylık süre sonunda %9, bir yıllık süre sonunda %11, iki yıllık süre sonunda ise %15 formaldehit emisyonunun azaldığı tespit edilmiştir. Tutkal üretiminde kullanılan formaldehit miktarı ve kondenzasyon şartları formaldehit

emisyonunu etkileyen önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bununla beraber, formaldehit içerikli malzemelerin kullanım yerinde maruz kaldığı şartlar, sıcaklık, rutubet ve bağıl nem artmasıyla formaldehit salınımının arttığı bilinmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, laminat parke üretiminde depolama süresinin 3-6 ay gibi uzun tutulması emisyon oranını yaklaşık %6-9 oranlarında azalttığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla üretimde uygun bekleme süreleri seçilmesi ve uygulanması, parkelerin depolarda bekleme sürelerinin uzun tutulması formaldehit emisyonunu düşürtüğünden dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu yüksek lisans tez çalışması sonuçlarına göre laminat parke üretiminde kullanılacak HDF panellerin üretiminde düşük emisyonlu E0 ve E1 sınıfı üre formaldehit tutkalı kullanılmalıdır. Laminat parkeler yaşam alanlarında kullanıldığından insan ve çevre sağlığı bakımından düşük emisyonlu olması gerekmektedir. Bu bağlamda, eğer lamainat parke üretiminde kullanılacak HDF levha üretiminde istenilen emisyon değerlerinden yüksek oranlarda formaldehit içeren tutkallar kullanılıyorsa üretim sırasında aşağıdaki önerilere dikkat etmek gerekmektedir.

- Lif levha üretiminde kullanılan sıcak presin presleme süresi uzatıldığında yani taslağın sıcak pres içerisinde bekleme süresi uzatıldıkça parkedeki serbest formaldehit oranı azaltılabilir.
- Kaplama esnasında kullanılan melamin presin presleme süresi uzatıldığında yani levhanın sıcak pres içerisinde bekleme süresi uzatıldıkça parkedeki serbest formaldehit oranı düşebilir.
- Sıcak presten çıkan levhanın (HDF) dinlenme süresini uzatmakla parkedeki serbest formaldehit oranı azaltılabilir.
- Melamin presten çıkan plakanın (HDF LAM) dinlenme süresi uzatılarak parkedeki serbest formaldehit oranı azaltılabilir.
- Parke kutuları hava sirkülasyonunu iyi sağlayacak şekilde dizayn edilirse parkedeki serbest formaldehit oranı döşeme ve kullanıma kadar azaltılabilir.

- Parke paletleri hava sirkülasyonu iyi olan bir depoda muhafaza edilirse serbest formaldehit oranı döşeme ve kullanıma kadar azaltılabilir.
- Parkeler döşeme öncesinde kurallara uygun olarak (48-72 saat) bekletilirse serbest formaldehit oranı kullanıma kadar azaltılabilir.
- Parke döşenmiş odaların belirli periyotlarda havalandırılması serbest formaldehit oranını azaltabilir.



KAYNAKLAR

- Akbulut, T. (1991). Orüs Vezir Köprü Yongalevha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Akbulut, T. (1995). Çeşitli Faktörlerin Yatay Preslenmiş Yonga Levhaların Özellikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 132s.
- Akkayan., S.C. ve Özden, Ö. (1988). Parafinli kağıt üretimi ve Türkiye'deki durumu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, 38 (2): 94-106.
- Arslan, B. (2005). Sıcaklık ve Basıncın Sert Lif Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkileri. Lisans Tezi, Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- Arslan, B. (2008). Orman ve Tarımsal Atıklardan Üretilen Kompozit Levhalarda Yüzey Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Avcı, E. (2007). Türkiye'de Üretilen Yonga Ve Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin TS EN Standartlarına Uygunluğunun ve Tutarlılığının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Aydın, U. (2016). Yonga Geometrisi ve Taslak Rutubet Değişimlerinin Yonga Levha Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 92 s.
- Ayrılmış, N. (2000). MDF' nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baharoğlu, M. (2010). Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 155 s.
- Balkız, Ö.D. (2006). Ormangülünün (*Rhododendron Ponticum L.*) Lifleri Kullanılarak Orta Yoğunlukta Lif Levha (Mdf) Üretimi. Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Bardak, S. (2010). Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi* 20-22 Mayıs 2010 Cilt: V.
- Başboğa, İ.H. (2018). Melamin Emdirilmiş Kağıt (Mek) Atıkların Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Biçer, A. (2014). Sodyum Karboksimetilselüloz (Na-CMC) Modifiyeli Yonga Levha Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 169 s.
- Boran, S. (2010). Orta Yoğunlukta Lif Levha (Mdf) Üretiminde Kullanılan Üreformataldehit Tutkalına Farklı Kimyasal Maddeler İlave Edilerek Serbest Formaldehit İçeriğinin Azaltılması. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bozkurt, Y. , Göker, Y. (1986). *Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. , Göker, Y. (1987). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. , Göker, Y. (1990). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. (1992). *Odun Anatomisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. , Erdin, N. (1997). *Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Candan, Z. (2012). Ahşap Sandviç Panel Ve Laminat Parke Üretiminde Nanopartikül Kullanımı Ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cındık, H. (1992). Çay Atıklarından Yapılan Yonga Levhanın Fizibilite (yapılabilirlik) Etüdü. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Trabzon.
- Crump, D. R., Squire, R. W., & Yu, C. W. (1997). Sources and concentrations of formaldehyde and other volatile organic compounds in the indoor air of four newly built unoccupied test houses. *Indoor and Built Environment*, 6(1), 45-55.
- Çamlıbel, O. (2012), Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF) Üretiminde İnorganik Dolgu Maddelerinden Kaya Tuzu Kalsit, Boraks Pentahidrat Ve Talk Minerallerinin Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Çavuş, V. (2008), I-214 (*Populus X Euramericana*) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit ve Üre Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (PŞK) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Çolakoglu, G. (2004). *Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Dayanıklıoğlu, S. (2004). Türkiye’de Lif Levha ve Yonga Levha Sektörünün Durumu, Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları.

Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 142 s.

Dayanıkhoğlu, S. (2009). Türkiye’de Yonga Levha ve Lif Levha (MDF) Sanayi. Yonga Levha Sanayicileri Derneği, 2009.

Dayanıkhoğlu, S. (2016). Yonga Sanayiciler Derneği, Levha Sektör Değerlendirmesi. İstanbul, 12 s.

Enginkalp, H. (2016), İç Mekan Donatısında Kullanılan Ahşap Esaslı Lif Levhaların Formaldehit Salınım Düzeylerinin İncelenmesi Ve iç Mekan Hava Kalitesine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Erdil, Y. Z. , Avcı E. (2009). Türkiye’de Üretilen Yonga ve Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin TS EN Standartlarına Uygunluğunun ve Tutarlılığının Belirlenmesi. M.Ü. Yayınları Araştırma Projesi, Muğla.

Eroğlu, H. , Usta, M. (2000). Lif Levha Üretim Teknolojisi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 200, Fakülte Yayın No: 30, Trabzon.

Gerengi, H. , Akçay Ç. , Güler, C. , Şahin, H.İ. (2012). Orman Ürünleri Endüstrisinde Kullanılan Fenol ve Melamin Formaldehit Tutkallarının Paslanmaz Çelik (AISI 316L) Korozyonuna Etkisi. *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Isparta, 2012, 13: 155-161.

Göker, Y. (1978). Türkiye’de Kontrplak, Kontrtabla ve Yonga Levhaları Sanayi Gelişme Olanakları, Bu Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Hakkında Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Yayın No:2489, Orman Fakültesi Yayın No:267, İstanbul.

Göker Y. , Kantay R. , Kurtoğlu A. (1984) Üç Tabakalı ve Okal Tipi Yonga Levhaların Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fakültesi*, Yayın No: 3243/367, İstanbul.

Gözalan, M. (2016). Yonga Levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 117 s.

Güler, C. (2001). Pamuk (*Gossypium hirsutum L.*) Saplarından Kompozit Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması. *Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Bartın.

Güler, C. , Özen, R., Kalaycıoğlu, H. (2001). Pamuk Saplarından Üretilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1.

Güller, B. (2001). Odun Kompozitleri, *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 2.

Güngör, Ö., E (2005). Doğu Kayını (*Fagus orientalis L.*), Odununda Yaşa Bağlı Anatomik Varyasyonlar. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman

Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.

- Günsel, U. (2004). Türkiye Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Bazı Yonga Levhaların Temel Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Hafızoğlu, H. , Deniz, İ. (2010). *Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Trabzon.
- İstek, A. (1999). Buğday Saplarından (*Triticum aestivum L.*) Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 163 s.
- İstek, A. (2010). *Ders Notları*, B.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- İstek, A. ve Sıradağ, H. (2013). The effect of density on particleboard properties. ICFS, International Caucasion Forestry Symposium. Artvin, pp: 932-938.
- Kalaycıoğlu, H. (1987), Amonyum Ligno Sülfonat ve Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yonga Levhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H. (1991), Sahil Çamı (*Pinus pinaster Ait.*) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkânları. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R. (2009). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü Orman Fakültesi Yayınları: Yayın no:89, Trabzon, 350s.
- Karakuş, B. (2007). Çeşitli Bitkisel Sera Atıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Keskin, H. (2003). Lamine Edilmiş Doğu Ladini (*Picea orientalis L.*) Odunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, *S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Isparta, Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2003, ISSN: 1302-7085.
- Kırcı, H. , Ateş, S. , Akgül, M. (2001). Selüloz Türevleri ve Kullanım Yerleri, *Fen ve Mühendislik Dergisi* 2001, Cilt 4, Sayı 2.
- Liang, W., Yang, S., & Yang, X. (2015). Long-term formaldehyde emissions from medium-density fiberboard in a full-scale experimental room: emission characteristics and the effects of temperature and humidity. *Environmental science & technology*, 49(17), 10349-10356.
- Masraf, Y. (2005). Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yonga Levha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

- Malkoçoğlu, A. (1994). Doğu Kayını (*Fagus Orientalis Lipsky.*) Odununun Teknolojik Özellikleri. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Muğla, K. (2010), Farklı Yüzey Kaplama Malzemelerinin Mdf Levhaların Yüzey Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Öktem, E. (1979). Ormangülü (*Rhododendron Ponticum L.*) Odunundan Yonga Levha Yapılması Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:113.
- Öner, N., Aslan, S., (2002). Titrek Kavak Odununun Teknoloji Özellikleri ve Kullanım Yerleri, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 135-146.
- Örs, Y., As, N., Baykan, İ., Akbulut, T., (2000). Asma Saplarının Yonga Levha Üretiminde Uygunluğ., *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 50, Sayı 2, 77-92.
- Örs, Y. , Keskin, H. (2001). Ağaç Malzeme Bilgisi, KOSGEB, Kale Matbaacılık Ofset.
- Özdemir, F. (2012). Yanmayı Geciktirici Çeşitli Kimyasal Maddelerin Laminat Parkenin Bazı Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Özel, H.B. , Ertekin, M. , Kırdar, E. , Demirci, A. (2011). Bartın Arıt Yöresi Doğu Kayını (*Fagus orientalis L.*) Doğal Gençleştirme Alanlarında 23 Yıllık Büyüme Durumunun Değerlendirilmesi, *B.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:13, Sayı:20, Syf:59-70.
- Sarıbaş, M. (2008). *Dendroloji-I*, B.Ü. Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- Selçuk, Ö. (2003). Sunta Sanayisinde Yonga Kurutucusunun Isı Ekonomisi. Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Şenel, A. (1996). Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Lamine ve Laminatlı Malzemeler, *G.Ü. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Endüstriyel Malzeme Teknolojisi Anabilim Dalı, Sayı:4.
- Tankut, N. (2011-2012). *Ders Notları*, B.Ü., Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013, Ağaç Ürünleri ve Mobilya Sanayi, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara (2007).
- TS-EN 309, (1999), Ahşap yonga levhalar tarif ve sınıflandırma. TSE, Ankara.
- EN 310, (1993), Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme ve Eğilme Direnci Elastikiyet Modülünün Tayini. TSE, Ankara.
- TS-EN 312-1, (2005), Yonga levhalar, Bölüm 1: Bütün Levhalar İçin Genel Özellikler,

TSE, Ankara.

TS-EN 312-2, (2005), Yonga levhalar, Bölüm 2: Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Yonga Levhaların Özellikleri, TSE, Ankara.

TS-EN 312-3, (2005), Yonga levhalar, Bölüm 3: Kuru şartlarda Kapalı Ortamlarda Kullanılan (Mobilya Dahil) Yonga Levhaların Özellikleri, TSE, Ankara.

EN 316 (2011). Odundan mamül liflevhalar tarifler, sınıflandırma ve semboller, TSE, Ankara.

TS EN 317 (1999), Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 319 (1999), Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.

TS-EN 322 (1999), Ahşap Levhalar, Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara.

TS-EN 323-1 (1999), Ahşap Yonga Levhalar, Özgül Kütlenin Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.

TS-EN 323 (1999), Ahşap Esaslı Levhalar, Deney Parçalarının Boyutlarının Tayini. TSE, Ankara.

TS EN 325 (2012). Ahşap Esaslı Levhalar – Deney Parçası Boyutlarının Tayini. TSE, Ankara.

TS-EN 326-1 (1999), Ahşap Esaslı Levhalar Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi Kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi, TSE, Ankara.

TS EN 326-3. Ahşap esaslı levhalar, Numune alma, kesme ve muayene, Bölüm 3: Ayrılan bir levha partisinin muayenesi. TSE, Ankara, (2005).

TS-EN 622-5. Lif levhalar - özellikler - Bölüm 5: Kuru işlemli levhalar (mdf) için gerekler. TSE, Ankara, (2011).

Tunç, H. (2012). Silan Modifiyeli Fenol Formaldehit Tutkalı İle Üretilmiş Yönlendirilmiş Yonga Levhaların Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 100s.

URL-1 (2018). <https://www.gulmobilya.com.tr/laminat-tezgah-2-8cm-h-kalinlikta>

URL-2 (2014) .<https://tolgakaranfil.webnode.com.tr/products/kompozit-malzemelerin-avantajlari-ve-uretim-metodlari/>

URL-3 (2019). <https://www.cekhic.com/denizli-kompozit-ahsap-deck/>

URL-4 (2016). <http://dagigathermofoil.com/raw-mdf/>

- URL-5 (2019). <https://www.kastamonuentegre.com.tr/tr/keas-urunler>
- URL-6 (2017). <https://www.aimsaddegerisi.com/dunyanin-5-buyuk-ureticisi-turkiye-levha-sektoru-yeni-yatirimlarla-buyume-ataginda/>
- URL-7 (2018). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/Refiner_PR_EN.pdf
- URL-8 (2018). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/Refiner_PR_EN.pdf
- URL-9 (2018). <https://medium.com/@yiaflbilimkultur/h%C3%BCcreduvarlarif05fa73caa7f>
- URL-10 (2012). <https://www.slideshare.net/FarhanAlfin/6-karbonhidratlar-6>
- URL-11 (2014). <http://www.nenedirvikipedi.com/sozluk/parafin-nedir-parafin-nedemektir-anlami-9965.html>
- URL-12 (2019). <https://www.katkideposu.com/AMONYUM-KLORUR,PR-3381.html>
- URL-13 (2019). <https://www.katkideposu.com/AMONYUM-SULFAT,PR-3381.html>
- URL-14 (2010). http://www.eucalyptus.com.br/icep02/antti_jalonen.pdf
- URL-15 (2009). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/H_971.1_Drum_Debarker_PD D_A4_4c_EN.FH11.pdf
- URL-16 (2017). <https://www.pallmann.eu/en/enterprise/press-releases-pallmann-sizedreduction-technology/pallmann-scheibenhacker-phs-36-einer-der-weltweit-groessten-hackermiteuemantriebskonzept/http://www.pilana.com/de/hackmesser>
- URL-17 (2019). <https://bruks-siwertell.com/chipping/drum-chipper-horizontal>
- URL-18 (2018). <https://www.ruifengmachine.com/drum-chipper/drum-chipper.html>
- URL-19 (2018). <https://www.rubbuk.com/eon-energy-biomass-storage-facility/>
- URL-20 (2017). <http://cravecurves.co/wood-chip-storage/>
- URL-21 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/span/id/312>
- URL-22 (2019). <https://www.youtube.com/watch?v=VNPqYSuOpZU>
- URL-23 (2017). http://www.imalpal.com/pdf_prodotti/0602C_Dynascreen_en_1.pdf
- URL-24 (2010). <http://www.agropulping.com/wet-washing-systems.html>
- URL-25 (2018). <https://www.andritz.com/resource/blob/275256/2b4cbb11ed56fb0abb61a27cb4e15feb/success-story-mangualde-data.pdf>

- URL-26 (2019). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/H_PR_EN_Refiner_System_05.19.pdf
- URL-27 (2019). <https://www.andritz.com/products-en/group/panelboard/plug-screw-feeder>
- URL-28 (2017). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/Refiner_PR_EN.pdf
- URL-29 (2019). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/H_PR_EN_Refiner_System_05.19.pdf
- URL-30 (2019). <https://www.andritz.com/products-en/group/panelboard/digester-vertical-pulp-and-paper>
- URL-31 (2019). https://www.pallmann.eu/fileadmin/user_upload/H_PR_EN_Refiner_System_05.19.pdf
- URL-32 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/167>
- URL-33 (2019). <http://www.wbpionline.com/features/high-pressure-saves-resin-and-energy-5809365//image/high-pressure-saves-resin-and-energy-5809365-486989.html>
- URL-34 (2017). <http://products.siempelkamp.com/de/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/156>
- URL-35 (2017). <http://products.siempelkamp.com/de/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/156>
- URL-36 (2015). http://www.hanex.com.tr/Assets/Documents/DIEFFENBACHER_Katalog_150_dpi_2015-04-23.pdf
- URL-37 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/183>
- URL-38 (2017). https://www.siempelkamp.com/index.php?id=2286&L=2&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1063&cHash=38d8bf9fef5ac82b6da6dd081b44bddb
- URL-39 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/188>
- URL-40 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/234>
- URL-41 (2017). http://www.shs.siempelkamp.de/fileadmin/images/downloads/englisch/Diagonal_saw_bulletin_1_07_eng.pdf
- URL-42 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/263>

- URL-43 (2017). <http://products.siempelkamp.com/en/holzwerkstoffe/detail/typ/faser/id/267>
- URL-44 (2017). <https://www.siempelkamp.com/index.php?id=2141&L=0>
- URL-45 (2018). <http://www.steinemann.com/en/sanding/products/machines/satos/>
- URL-46 (2018). <https://hayriatak.com/laminat-parke-nedir/>
- URL-47 (2014). <http://www.fbedergi.duzce.edu.tr/article/view/5000067707/5000062912>
- URL-48 (2018). <https://pdfs.semanticscholar.org/b79a/bb61e978bb31a4e9811c0d1686bbc3f09a08.pdf>
- Usta, P. (2011). Çay Bitkisi Atıklarından Elde Edilen Kompozit Levhanın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta.
- Yapıcı, F. (2008). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Odunun OSB Üretiminde Kullanılmasında Bazı Üretim Faktörlerinin Levha Özellikleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yeniocak, M. (2008). Bağ Budama Artıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi. Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Yu, C. W., & Kim, J. T. (2012). Long-term impact of formaldehyde and VOC emissions from wood-based products on indoor environments; and issues with recycled products. *Indoor and Built Environment*, 21(1), 137-149.
- Yüce, Ö. (2017). Yonga Levha Üretiminde Toz Üre Kullanımının Formaldehit Emisyonunu Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Wolkoff, P., Clausen, P. A., Nielsen, P. A., & Mølhave, L. (1991). The Danish twin apartment study; part I: formaldehyde and long-term VOC measurements. *Indoor Air*, 1(4), 478-490.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hüseyin SIRADAĞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bulancak / 1989

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : **International Oral Presentation (08 Nisan 2019)**

Sıradağ, H., İstek, A., Özlüsoylu, İ. ve Mercik, Ş. (2019). Orta Yoğunluklu Lif Levhaların (MDF) Bazı Özellikleri Üzerine Tutkal Kullanım Oranının Etkisi. *International Congress on Agriculture and Forestry Research (AGRIFOR)* Marmaris / Turkey, 8-10 April 2019.

International Oral Presentation (24 Nisan 2013)

İstek, A. and Siradag, H. (2013). The effect of density on particleboard properties. *International Caucasian Forestry Symposium* (pp. 932-938).

Aldığı Ödüller : Bartın Üniversitesi Lisans Birinciliği (2013)

Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Fakülte Birinciliği (2013)

Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölüm Birinciliği (2013)

Bartın Üniversitesi Yüksek Onur Öğrencisi (2013)

Aydın Yenipazar İlçe Jandarma Komutanlığı Hizmet Takdirnamesi

İş Deneyimi

- Stajlar : TURANLAR GROUP - Vezirköprü Orman Ürünleri ve Kâğıt San. A.Ş. (Samsun-2012)
HAYAT HOLDİNG – Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş. (Balıkesir-2011)
- Projeler ve Kurs Belgeleri : İletişimde Koçluk Becerileri (Serdar Yeşilyurt-2018)
EFQM Mükemmellik Modeli (Kalder-2017)
ISO 10002 Müşteri Memnuniyeti Yönetim Sistemi (TSE-2016)
ISO 17025 Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği (SGS-2016)
Tüketici Hukuku (Lebib Yalkın-2016)
ISO 22000 HACCP Gıda Güvenliği ve Yönetim Sistemi İç Tetkikçi Eğitimi (SGS-2016)
OHSAS 18001 İş Sağlığı Güvenliği Yönetim Sistemi İç Tetkikçi Eğitimi (SGS-2016)
ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi İç Tetkikçi Eğitimi (SGS-2016)
ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi İç Tetkikçi Eğitimi (SGS-2016)
KAİZEN (Sürekli İyileştirme) Sistemi Temel Eğitimi (SGS-2016)
ISO 22000 HACCP Gıda Güvenliği ve Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (SGS-2015)
OHSAS 18001 İş Sağlığı Güvenliği Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (SGS-2015)
ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (SGS-2015)
ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (SGS-2015)
Etkili İletişim ve Beden Dili (CPA-2010)

Çalıştığı Kurumlar : HAYAT HOLDİNG – Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş. (Kastamonu MDF Tesisi, 2018 - ...)
TURANLAR GRUP –Vezirköprü Orman Ürünleri ve Kâğıt San. A.Ş. (Vezirköprü, 2014 – 2018)

İletişim

E-Posta Adresi : huseyinsiradag@gmail.com

Tarih : 06/09/2019 (Tez Savunma Tarihi)

