T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YONGA PİŞİRİCİ BESLEME HELEZONUNDAN ÇIKAN ATIK SUYUN TUTKAL SERTLEŞTİRİCİ SUYU YERİNE KULLANIMININ LİFLEVHA KALİTESİNE ETKİSİ

Merih ÖZER

DANIŞMAN
Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Endüstri Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2022

Bu çalışma, Tarih girmek için burayı tıklatın. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından ....., ...nda ..... olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

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

Prof. Dr. Turgay AKBULUT
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Mehmet Vezir KAHRAMAN
Marmara Üniversitesi
Fen – Edebiyat Fakültesi

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

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

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin ..... numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, ... numaralı ..... projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

‘Yonga pişirici besleme helezonundan çıkan atık suyun tutkal sertleştirici suyu yerine kullanımının liflevha kalitesine etkisi’ isimli bu tez çalışması 2022 yılında İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans öğrenimimin devam ettiği sırada bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve tez çalışmam sırasında yardımlarını eksik etmeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ’a teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmalarım sırasındaki yardımları için Samet GÜRSOY ‘a ve Şenol KESKİN’e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hayata geçirilmesi için gerekli olan araştırmaları yapmama izin verdikleri için bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Kastamonu Entegre ailesine teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın devam ettiği süre boyunca, çalışma hayatımın tezimin hazırlanmasına engel olmaması için sürekli destek veren Kastamonu Entegre Gebze Tesisleri Direktörümüz Bülent GÜLSAR’ a, MDF İşletme Müdürü Musa AKDEMİR’ e teşekkür ederim.

Yaptığım tüm çalışmalarda desteğini esirgemeyen her zaman yanımda olan, hayatıma anlam katan değerli eşim Pınar ÖZER’ e, varlığıyla bana güç ve azim veren kızım Defne ÖZER’ e, her zaman yanımda olduklarını hissettiren aileme şükranlarımı sunarım.

Haziran 2022 Merih ÖZER

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ……..…… iv
İÇİNDEKİLER …….. v
ŞEKİL LİSTESİ …… ix
TABLO LİSTESİ …….. xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ …….. xiii
ÖZET……... xiv
SUMMARY …… xv
1. GİRİŞ……1
1.1.LİFLEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI ……..2

1.1.1. Yoğunluklarına Göre Liflevhalar……..…2
1.1.1.1. Düşük yoğunluklu Liflevhalar…….…2
1.1.1.2. Orta yoğunluklu Liflevhalar ……...2
1.1.1.3.Yüksek yoğunluklu Liflevhalar ……2
1.1.2. Üretim Yöntemlerine Göre Liflevhalar……3
1.1.2.1. Yaş Yöntemle Üretilen Liflevhalar…….3
1.1.2.2.Yarı Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar……...3
1.1.2.3.Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar……3
1.1.3. Kullanım Alanlarına Göre Liflevhalar …….....4
1.1.3.1.Mobilya Yapımında Kullanılan Liflevhalar……..4
1.1.3.2.Kalınlığı 4 Milimetre Kapı ve Kapı Pervazı Olarak Kullanılan Liflevhalar…..4
1.1.3.3.Yanmaya Dayanıklı Liflevha…….4
1.1.3.4. Neme Dayanıklı Liflevha ……5
1.2. LİF LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER……5
1.2.1. Odun ve Lignoselülozik Maddeler……5
1.2.2. Kimyasallar……7
1.2.2.1. Tutkallar……7

1.2.2.2. Sertleştirici Kimyasallar……8
1.2.2.3. Parafin Emülsiyonu (CnH2n+2)……8
1.3. AĞAÇ BAZLI PANEL ENDÜSTRİSİNİN DÜNYA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU……9
1.3.1. Dünya'da Ağaç Bazlı Panel Endüstrisinin Durumu……...9

1.3.2 Türkiye'de Ağaç Bazlı Panel Endüstrisinin Durumu……11

2. GENEL KISIMLAR…… 14

2.1.Yaş Yöntem İle Liflevha Üretimi…… 14
2.2.Yarı Kuru Yöntem İle Liflevha Üretimi…… 14
2.3.Kuru Yöntem İle Liflevha Üretimi……. 15
2.3.1. Odun Hammaddesinin Depolanması…….. 15
2.3.2. Yongalama Prosesi…… 16
2.3.3. Yongaların Depolanması…….. 18
2.3.4. Yongaların Eleklerle Elenmesi……. 19
2.3.5. Liflendirme Prosesi…….. 21
2.3.5.1.Yongalara Ön Isıtma İşlemi Uygulanması…….. 22
2.3.5.2.Pişirici Besleme Helezonu İle Yonga Transferi…….. 22
2.3.5.3.Pişirme İşlemi…… 23
2.3.5.4.Liflendirme İşlemi…… 25
2.3.6. Liflerin Tutkallanması (Tutkal Mutfağı)……... 27
2.3.7. Kurutma Prosesi……... 28
2.3.8. Serme Prosesi…… 30
2.3.8.1.Ön Presleme İşlemi ……. 31
2.3.9. Sıcak Presleme İşlemi (Pres)……. 32
2.3.10. Ebatlama ve Soğutma İşlemi ……... 34
2.3.11. İstifleme İşlemi……... 36
2.3.12. Zımparalama İşlemi ……... 37

3. MALZEME VE YÖNTEM …….. 40
3.1. Malzeme…… 40

3.1.1 Odun …… 41

3.1.2. Tutkal ……. 41

3.1.3. Pişirici Besleme Helezonu Atık Suyu……. 41

3.1.4. Parafin…….. 42

3.1.5. Sertleştirici…… 43

3.2. Deneme Levhalarının Üretimi…… 44

3.3. Metod…… 47

3.3.1. Fiziksel Özellikler……. 47

3.3.1.1. Birim Hacim Ağırlığı…… 47

3.3.1.2. Rutubet Miktarı…….. 48

3.3.1.3. Su Alma Miktarı…… 49

3.3.1.4. Kalınlık Artışı…… 49

3.3.2. Mekanik Özellikler…….. 50

3.3.2.1. Eğilme Direnci…… 50

3.3.2.2. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci…… ….51

3.3.3. Formaldehit Emisyonu…….. 52

4. BULGULAR …… 53

4.1. Fiziksel Özellikler……. 53

4.1.1. Yoğunluk…… 53

4.1.2. Rutubet Miktarı……. 54

4.1.3. Su Alma Miktarı…… 55

4.1.4. Kalınlık Artış Miktarı…….. 56

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER…… 56

4.2.1. Eğilme Direnci Test Değerleri……. 56

4.2.2. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci……. 57

4.2.3. Serbest Formaldehit Test Değerleri…….57

5. TARTIŞMA VE SONUÇ …….. 58

KAYNAKLAR…… 62

ÖZGEÇMİŞ……..…… 64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1. Ağaç bazlı panel üretimi dünya sıralaması (2020) ……9
Şekil 2. Dünya ağaç bazlı panel üretiminin dağılımı …… 10
Şekil 3. Ağaç bazlı panel üretimi Avrupa sıralaması (2020) …… 10
Şekil 4. Türkiye'deki ağaç bazlı panel üreticileri …….. 11
Şekil 5. Kuru yöntem Liflevha üretimi iş akışı ……... 15
Şekil 6. Vibrasyonlu tekneye odun beslenmesi …….. 16
Şekil 7. Odun beslemesini takip eden personel …… 17
Şekil 8. Kabuk soyma makinası …… 17
Şekil 9. Yongalama makinası …… 18
Şekil 10. Farklı yonga silo tipleri …… 19
Şekil 11. Yeniden yongalayıcı ……. 20
Şekil 12. Mekanik elek …… 20
Şekil 13. Mekanik elek içi …… 21
Şekil 14. Pişirici besleme helezonu ……. 22
Şekil 15. Pişirici besleme helezonundan çıkan atık su ……. 23
Şekil 16. Pişirici besleme helezonu (dışarı alınmış) ……. 23
Şekil 17. Pişirme kazanı içi …… 24
Şekil 18. Pişirme kazanı ……24
Şekil 19. Pişirme kazanı çıkışında parafin verilen enjektörler ……. 25
Şekil 20. Liflendirme makinası sabit ve hareketli bıçak resimleri (rotor – stator) …25
Şekil 21. Liflendirme makinası genel ……. 26
Şekil 22. Liflendirme makinası öğütme haznesi …… 26
Şekil 23. Sertleştirici hazırlama ünitesi ……. 27
Şekil 24. Tutkal vb. kimyasalların verildiği sistem ……. 28
Şekil 25. Kurutma fanı ……... 29
Şekil 26. Kurutma bacaları dış görünüşü ……... 29
Şekil 27. Serme bunkeri …… 30
Şekil 28. Serme dağılımı düzeltici sistem (Ekolayzır) …… 30
Şekil 29. Prepres (Soğuk pres) ……. 31
Şekil 30. Kimyasal püskürtme cihazı (pasta üst yüzeyine) ……... 32
Şekil 31. Sonsuz pres (Küsters) ……33
Şekil 32. Sağ ve sol kenar kesme testereleri ……... 34
Şekil 33. Hareketli diyagonal testereler ……. 35
Şekil 34. Yıldız soğutucular …… 36
Şekil 35. İstifleme asansörleri …… 37
Şekil 36. Zımpara makinası K kafa …….. 38
Şekil 37. Zımpara makinası NS kafa ……... 38
Şekil 38. Zımpara bandı …… 39
Şekil 39. Zımpara makinası …….. 40
Şekil 40. Pişirici besleme helezonu atık suyu ……. 43
Şekil 41. Amonyum Klorür …… 43
Şekil 42. Deneme için hazırlanan sertleştirici pH ölçümü ……..44

Şekil 43. Deneme üretimi için liflerin tutkallanması……45
Şekil 44. Levha taslağı ……46
Şekil 45. Laboratuvar tipi pres **……**46
Şekil 46. Üretilen deneme levhası ……47
Şekil 47. Test yapılıma anından bir görüntü ……48
Şekil 48. Havuzda bekletilen levhalar ……50

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Türkiye'deki ağaç bazlı panel üreticilerinin kurulu kapasite bilgileri ……. 12
Tablo 2. Ana üretim gruplarına göre 2020 yılı Ağustos ayında ihracat payları ……. 13
Tablo 3. Sektörel bazda 2020 yılı Ağustos ayında ihracat payları ……... 13
Tablo 4. Üre formaldehit tutkalı teknik özellikleri ……..….. 41
Tablo 5. Pişirici atık suyu kimyasal analizi ……... 42
Tablo 6. Parafin analiz sonuçları ……... 42
Tablo 7. Levha üretim planı …….. 44
Tablo 8. Yoğunluk değerleri tablosu ……..… 54
Tablo 9. Rutubet miktarları tablosu ……..… 54
Tablo 10. Su alma miktarları tablosu ……..…..... 55
Tablo 11. Kalınlık artış miktarları tablosu ……..…… 56
Tablo 12. Eğilme direnci değerleri tablosu ……..…… 56
Tablo 13. Yüzeye dik yönde çekme değerleri tablosu ……..….. 57
Tablo 14. Serbest formaldehit test değerleri tablosu ……... 58

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

S1S : Sadece bir yüzü düzgün

K kafa : Zımpara makinasında levha kalibrasyonu yapılan silindir tipli zımpara kafası

NS kafa : Zımpara makinasında levha yüzeyinin düzgün olmasını sağlayan 3 silindir tipli zımpara kafası

Kısaltmalar **Açıklama**

A.B.D. : Amerika Birleşik Devletleri

LDF : Düşük yoğunluklu liflevha

MDF : Orta yoğunluklu liflevha

HDF : Yüksek yoğunluklu liflevha

SMDF : Yıllık bitkiler kullanılarak üretilen orta yoğunluklu liflevha

FAO : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

FAOSTAT : Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü

FIFO : İlk giren ilk çıkar

TIM : Türkiye İhracatçılar Meclisi

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YONGA PİŞİRİCİ BESLEME HELEZONUNDAN ÇIKAN ATIK SUYUN TUTKAL SERTLEŞTİRİCİ SUYU YERİNE KULLANIMININ LİFLEVHA KALİTESİNE ETKİSİ

Merih ÖZER

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Odun hammaddesi ile yapılan kompozit ürünler denince ilk akla gelen ürünlerden olan Liflevhaların üretimleri sırasında bazı atıklar ortaya çıkmaktadır. Özellikle liflendirme prosesinde çıkan suyun geri kazanımı, son dönemde su kaynaklarında yaşanan azalma ve tedariklerinin zor olması açısından düşünüldüğünde çok daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çalışmada orta yoğunluklu Liflevha üretiminde yongaların pişirme işlemi için pişiriciye transferini sağlayan plug screw adı verilen helezondan atık olarak çıkan suyun tutkal için gerekli olan sertleştirici hazırlanmasında kullanılarak geri kazanılması ve bu sertleştirici ile üretilen orta yoğunluklu liflevhanın kalitesine etkisi incelenmiştir. Pişiriciye yonga besleme helezonundan çıkan atık suyla amonyum klorür kullanılarak hazırlanan %15 katı oranına sahip sertleştirici ile yapılan denemelerde herhangi bir olumsuzlukla karşılaşılmamıştır. Tutkalın sertleşme süresi istenen değerleri yakalamıştır. Amonyum klorürün çözülmesinde problem yaşanmamıştır. Pişiriciye yonga besleme helezonundan çıkan atık suyla hazırlanmış sertleştirici ile üretilen levhaların mekanik test değerleri ile şahit numuneler arasında fark görülmemiştir. Serbest formaldehit değerlerindeki etkisi de araştırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre serbest formaldehit değerlerinde herhangi bir olumlu etki gözlemlenmemiştir. Serbest formaldehit tutucu olarak kullanılması uygun görülmemektedir.

-Haziran 2022, .80.. sayfa.

Anahtar kelimeler: Orta yoğunluklu Liflevha, Atık su, geri dönüşüm, serbest formaldehit tutucu

SUMMARY

Type of Thesis

USE OF WASTE WATER FROM CHIP COOKER FEEDING SCREW INSTEAD OF GLUE HARDENER AND ITS EFFECT ON FIBERBOARD QUALITY

Merih ÖZER

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Some waste occuring during the production of fiberboards needs to be considered o mind when it comes to composite products made with wood raw materials. Especially, the recovery of the water in the fibering process gains more importance when it is considered in terms of the recent decrease in water resources and the difficulty of their supply.

In this study, the recovery of the waste water from the plug screw, which provides the transfer of chips to the cooker for the cooking process in the production of medium density fiberboard, by using it in the preparation of the hardener required for the glue, and its effect on the quality of the medium density fiberboard produced with this hardener.

No adverse events were encountered in the trials conducted with the hardener with 15% solids ratio prepared by using ammonium chloride with the waste water coming out of the chip feeding helix to the cooker. Jell time values have reached the desired values. There were no problems in dissolving ammonium chloride. There was no difference between the mechanical test values of the plates produced with the hardener prepared with the waste water coming out of the chip feeding screw to the cooker and the witness samples.

The effect on free formaldehyde values was also investigated. According to the results, no positive effect was observed on free formaldehyde values. It is not considered suitable to be used as a free formaldehyde scavenger.-----

----

June 2022, .80.. pages.

Keywords: Medium density fibreboard, Waste water, recycling, free formaldehyde scavenger

1. GİRİŞ

Liflevha endüstrisi ilk olarak 1900'lü yılların başlarında olsa da, gerçek anlamda ticari üretimi ikinci dünya savaşı yıllarında ve Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. 1898 yılında Büyük Britanya'da ilk liflevha üretimi yapan fabrika kurulmuştur. 1908 yılında New Jersey' de (A.B.D.) 2. Liflevha fabrikası ve 1909 yılında ise Kanada' da 3. olarak kurulan fabrikalar bunu takip etmiştir. Donanımlı olarak ilk liflevha fabrikası 1926 yılında Missisippi'de (A.B.D.) kurulmuştur (Tank ve ark., 1998, Akbulut, 2001).

Liflevha üretiminin ilk döneminde tüm dünya genelinde liflevha üretimi bir milyon tonun altında iken, üretimin Kuzey Amerika, Avrupa ve Avustralya' da yoğunlaştığı görülmektedir. O dönemde Avrupa'nın büyük kısmı savaşta olması nedeniyle liflevha üretimi yapılmazken sadece İsveç, Norveç ve Finlandiya' da liflevha üretimi gelişmeye devam etmiştir (Akbulut, 1999).

Liflevha üretimi proseslerinden çıkan bazı atıklar bulunmaktadır. Bunlara örnek verilmesi gerekirse odun kabukları, proses şartlarına uygun olarak üretilmeyen lifler, pişirici besleme helezonundan çıkan atık sular örnek olarak verilebilir.

Liflevha üretiminde tutkalın sertleşmesi için geçen süre levhaların fiziksel ve mekanik kalitesini direkt olarak etkileyen parametrelerden biridir. Tutkalın sertleşme süresini kontrol altında tutmak ve istenen sürede sertleşmesini sağlamak için aşağıda detaylı şekilde anlatılan sertleştiriciler kullanılmaktadır. Tutkalın sertleşmesini yaz ve kış şartlarına göre kontrol altına almak için belli miktarlarda liflere verilir.

Bu çalışmada, yonga pişirici besleme helezonundan çıkan atık suyun tutkal sertleştirişi olarak kullanılan normal temiz suya alternatif olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Atık su kullanımıyla hem atık suyun liflevha üretimde değerlendirilmesi hem de temiz şebeke suyundan tasarruf edilmesi amaçlanmıştır. Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri test edilerek kontrol levhaları ve standartlarla karşılaştırılmıştır.

1.1. LİFLEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Endüstriyel anlamda liflevha üretiminde kullanılan lifler genellikle kayın, meşe ve çam odunlarından elde edilmektedir. Liflendirme işleminden sonra tutkallama işlemi yapılmaktadır. Tutkallama, yani gerekli tutkal ve sertleştirici gibi kimyasalların verilmesi, işleminden sonra rutubetin kesintisiz üretim şartlarına uygun miktara gelene kadar kuruması için kurutma işlemine başlanmaktadır. Kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra serme, presleme, ebatlama ve istifleme işlemine geçilmektedir. Bu aşamalar tamamlandıktan sonra bekleme alanına alınan levhalar minimum 24 saat bekletildikten sonra zımparalanmak üzere zımpara makinasına beslenmektedir.

Liflevhalar genel olarak 3 kategoride sınıflandırılmaktadırlar.

1- Yoğunluklarına göre liflevhalar

2- Üretim yöntemlerine göre liflevhalar

3- Kullanım alanlarına göre liflevhalar

1.1.1. Yoğunluklarına Göre Liflevhalar

1.1.1.1. Düşük yoğunluklu liflevhalar: İzolasyon lif levhası (Light Density Fiberboard - LDF) 0,35 gr/cm^3'ten daha düşük yoğunlukta olan liflevhalardır.

1.1.1.2. Orta yoğunluklu liflevhalar:(Medium Density Fiberboard - MDF)

0,35-0,80 gr/cm^3 arası yoğunluktaki liflevhalardır.

1.1.1.3.Yüksek yoğunluklu liflevhalar:(High Density Fiberboard - HDF)

0,80-1,1 gr/cm^3 arası yoğunluktaki liflevhalardır.

1.1.2. Üretim Yöntemlerine Göre Liflevhalar

1.1.2.1.Yaş Yöntemle Üretilen Liflevhalar: Bu yöntemde levha taslağının oluşturulmasında katkı maddeleri katılması ve ön prese taşınması işlemi sulu bir ortamda gerçekleşmektedir.

1.1.2.2.Yarı Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar*:* Levha taslağı hava veya mekanik araçlar ile birlikte oluşturulmaktadır. Taslağın rutubeti tutkal ve diğer katkı maddeleri eklendikten sonra %12-45 arasında değişmektedir.

1.1.2.3.Kuru Yöntemle Üretilen Liflevhalar: Bu çalışmada MDF kuru yöntem prosesi ile üretilmiştir. İş akışı olarak, üretim odunların yongalanması ile başlamaktadır. Yongalar odun türlerine göre ayrı silo gözlerinde istiflenmektedir. Üretilecek ürünün tipine uygun odun türü karışımı hatta bantlı konveyörlerle beslenmeye başlanmaktadır. Hatta beslenen yongalar eleklerden geçirilerek 45 mm'den kalın yongalar rechipper denen eleklerin altında bulunan yeniden yongalayıcılarla yongalanarak tekrar hatta beslenmektedir. Ayrıca 2 mm'den daha ince yongalar yakıt olarak kullanılmak üzere hattan dışarıya elekler yardımıyla atılmaktadır. Boyutları uygun yongalar eleklerden geçtikten sonra yonga bunkerine gelmektedir. Yonga bunkerinde pişirme işlemi öncesinde 35 ile 95 C° arasında ısıtılarak ön ısıtma işlemi yapılmaktadır. Yongalar daha sonra pişirici besleme helezonu sayesinde pişiriciye beslenmektedir. Pişirme işlemi pişirici kazanı içerisinde yapılmaktadır. Yongalar pişirme kazanında 6 – 9.5 bar basınç arasında, 2 – 4 dakika süre ile pişirilmektedir. Pişirme işleminden sonra yongalara pişirme kazanından çıktıkları sırada parafin emülsiyonu verilmektedir. Yongalar parafin verilmiş şekilde liflendirme makinasına beslenmektedir. Liflendirme işleminden sonra gerekli tutkal ve sertleştirici liflere nozullar sayesinde püskürtülmektedir. Liflere, tutkal ve katkı maddeleri ilavesinden sonra kurutma hattında rutubetleri üretim tipine uygun olacak şekilde %6 – 12 oranına gelecek şekilde kurutulmaktadır. Kurutulan lifler serme bunkerine gelmekte ve serme işlemi başlamaktadır. Serme sonrasında ön prsesleme, sıcak presleme ve ebatlama işlemi yapılmaktadır. Liflevhalar zımparalanmak üzere bekleme alanına alınmaktadır. 24 saat bekletilen Liflevhalar zımpara işlemi yapılarak Liflevha üretimi işlemi tamamlanmış olur.

1.1.3. Kullanım Alanlarına Göre Liflevhalar

Ahşap esaslı levhalara son yıllarda talep yükselmiştir. Taleplerle birlikte ağaç bazlı levhaların kullanım alanları da artmaktadır. Özellikle Avrupa'da lif levhalar, genelde mobilya ve laminat parke üretimlerinde kullanılmaktadır.

1.1.3.1. Mobilya Yapımında Kullanılan Liflevhalar

Liflevhalar genellikle mobilya endüstrisinde kullanılmaktadır. Mobilya yapımı, dolap arkalığı, çekmece altlığı gibi yerlerde kullanılmaktadırlar. Yüzeylerine melamin kağıdı kaplanması, boya veya baskı (print) yapılabilmektedir.

1.1.3.2. Kalınlığı 4 Milimetre Kapı ve Kapı Pervazı Olarak Kullanılan Liflevhalar

Genellikle kapı üretim sektöründe kullanılmaktadırlar. Yoğunlukları 0,80 g/cm³ değerlerine yakın olduklarından kapı pervazı yapılmasına uygundur. Ayrıca yüzeyleri boyanabilmekte ya da kaplanabilmektedir. Kapı yüzeylerine güzel görüntü sağlaması içinde uygulanabilmektedirler.

1.1.3.3. Yanmaya Dayanıklı Liflevha

Bu levhalar hastane, tiyatro, sinema salonları, oteller vb. toplu alanlarda kapılarda, asansör kabinlerinde, salon duvarlarında kullanılabilmektedir. Bu ürünlerin toplu alanlarda yangın anında can kaybını önlemek için devlet tarafından projelerde standart hale getirilmesi çok faydalı olacaktır.

1.1.3.4. Neme Dayanıklı Liflevha

Bu levhalar rutubetin yüksek olduğu (kapalı yerlerde %80 bağıl neme kadar), banyo, tuvalet ve mutfak mobilyalarında kullanılmaktadırlar. Genellikle yurdumuzdan uzak doğuya, yağışların bol olduğu ülkelere ihraç edilmektedirler. Bu levhalarda yoğunluklar 0,75 g/cm³ üzerinde tutulmaktadır ve parafin emülsiyonu diğer tiplerdeki Liflevha ürünlerinden daha fazla kullanılmaktadır.

1.2. LİFLEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

Liflevha üretiminde lignoselülozik hammaddeler, yapıştırıcılar, su itici maddeler, tutkal sertleştirici maddeler, yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ve böcekler ile mantarların oluşturacağı zararlara karşı direnci artıran kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Kuru yöntemle üretilen liflevhaların içeriğinin yüzdelik dağılımı incelendiğinde % 80 – 90 odun ve diğer lignoselülozik maddeler, %10 – 12 kimyasal maddeler, %7 – 10 arasında rutubet içerdiği görülmektedir.

1.2.1. Odun ve Lignoselülozik Maddeler

Ormanların giderek azalması ile birlikte, insanların kaliteli odun hammaddesine olan talepleri artmıştır. Odun hammaddesine olan talebin karşılanması için masif ağacın yerini alabilen daha düşük kaliteli odun kullanılarak üretimi gerçekleşebilen liflevha ve yongalevha üretimi yapılmıştır. Ancak, Liflevha üretiminde düşük kaliteli odun kullanım imkanının fazlalığı nedeniyle MDF yonga levhaya kıyasla daha avantajlı bir üründür. MDF üretiminde çok farklı çeşitlilikte ağaç türleri kullanılmaktadır. Odun hammaddesinden farklı olarak iki tür hammadde daha, MDF üretiminde kullanılmaktadır. Birinci olarak, biyolojik lignoselülozik lifler (yıllık bitkilerden elde edilenler); bunlardan ikincisi olarak kullanılan hammadde ise mineral liflerdir. Örnek olarak şeker kamışı atıkları, bambu, buğday sapı, mısır ve diğer tahıl sapları ve keten lifleri verilebilir. Uzak doğu'da buğday saplarından liflevha üretimi

yapılmaktadır. Amerika'da izolasyon lif levhası üretiminde şeker kamışı kullanılmaktadır. SMDF (straw medium density fiberboard) levhalar yıllık bitkiler kullanılarak üretilmektedirler. Ayrıca atık kâğıtlarda MDF üretiminde değerlendirilebildikleri için MDF'nin hammaddesi yonga levhalardan daha geniş sınırlar içindedir (Suchsland and Woodson, 1986; Çamlıbel, 2012).

Liflevha üretiminde orta yoğunluklu, üzerinde budak bulunmayan, içeriğinde tanen ve reçine gibi ekstraktif maddelerin oranı düşük olan , pH değeri 4-5 ile 8 arasında değişen, rutubet oranı %40-60 arasında ve kabuk oranı %20'yi geçmeyen odun hammaddeleri kullanılmaktadır (TS 1351, 1974). Kabuk oranı arttıkça tutkal tüketimi artmaktadır. Kum ve taş parçaları liflendirme makinası bıçaklarını aşındırmakta ve pişirme kazanında gereksiz yere hacim kaplayarak ısı ve buhar enerjisi kayıpları olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, fiziksel ve mekanik özellikleri iyi, kalitesi yüksek liflevha üretimi için kabukları soyulmuş odun hammaddesi kullanılması gerekmektedir (Eroğlu, 1998).

Liflevha üretiminde kullanılacak ağaç hammaddesinin lif boyları, liflerin keçeleşme kalitesi için önem arz etmektedir. Yapraklı ağaçların lif boyları 0,8-2 mm arasında değişmektedir. İğne yapraklı ağaçların ise 3-7 mm lif uzunluğuna sahiptir. Liflevha üretiminde uzun lifli odunlar kısa lifli odunlara göre daha çok tercih edilmektedir. Kısa lifli odunlarla yapılan üretimlerde tutkal tüketimi uzun lifli levhalarla yapılan liflevha üretimlerine göre daha yüksek olur. Keçeleşmenin yüksek kalitede oluşması için %70 iğne yapraklı ağaç, %30 yapraklı ağaç karışımı tercih edilmektedir. İğne yapraklı ağaç ile yapraklı ağaç odunu karışımlarından üretilen liflevhanın teknolojik özellikleri yüksek değerlere ulaşmaktadır (Eroğlu, 1998).

Günümüzde endüstride MDF üretiminde kullanılan liflerin boyutları üretilen MDF kalınlıklarına ve üretilen MDF'nin kullanılacağı özelliklere göre belirlenir. Örneğin, 2,6 mm kalınlığında yüzeyinde print yapılacak bir levha üretiliyorsa liflerin kısa olması istenir. Ancak, üretilen 8 mm kalınlığında laminat parke üretiminde kullanılacak MDF'lerin liflerinin uzun olması istenir.

Günümüzde Türkiye'de odun hammaddesi darboğazı iyice artmıştır. İstenilen odun türleri istenen miktarda ve zaman tamamen karşılanamamaktadır. Özellikle İbreli ağaçların eksikliğini gidermek için yurt dışından hazır yongalar ithal edilmektedir. Özellikle Liflevha maliyetlerinin artmasını önlemek için odun hammaddesinin istenen özellikleri karşılayacak şekilde uygun olarak seçilerek kullanılması gerekmektedir. Üretimde odun karışımlarında temin edilebilen odun hammaddelerine göre düzenlemeler yapılmalıdır.

1.2.2. Kimyasallar

Liflevha üretiminde birçok farklı kimyasallar kullanılmaktadır. Tüm liflevha tiplerinde ortak olarak kullanılan kimyasallar tutkallar ve sertleştiricilerdir. Bunların dışında neme dayanıklılık, yanmaya dayanıklılık sağlayan kimyasallar, serbest formaldehit tutuculardа kullanılmaktadır.

1.2.2.1. Tutkallar

Kuru yöntem ile Liflevha üretiminde liflerin birbirine tutkallar ile bağlanarak Liflevhadan istenen mekanik özelliklerin alınması sağlanmaktadır. En çok kullanılan tutkallara örnek olarak Üre formaldehit ve melamin üre formaldehit gösterilebilir. Tutkal liflere liflendirme makinası çıkışında enjektörler yardımıyla verilmektedir.

Levha üretiminde yaş yöntem kullanılırsa tutkal ilave etmeden lif levha üretmenin mümkün olduğu tespit edilmiştir. Burada, hammadde içerisinde bulunan hemiselüloz ve lignin aktif hale geçerek tutkal görevi görür. Lignin 130 °C sıcaklık ta yumuşamaya başlar ve termoplastik tutkal gibi bir davranış gösterir. Lignin bakımından zengin yüzeye sahip lifler basınç ile birlikte mekanik sıkıştırma yapılarak bir araya getirilmektedir ve ortaya yeni kovalent bağlar çıkarak yapışma meydana gelir. Hemiselülozların da aynı şekilde bağlar oluşturabildiği de gözlemlenmiştir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.2.2.2. Sertleştirici Kimyasallar

Sertleştirici kimyasallar olarak Liflevha üretiminde en çok kullanılanlara örnek olarak amonyum klorür (NH4Cl) ve amonyum sülfat ((NH4)2SO4) verilebilir. Sertleştirici kimyasallar özellikle üre formaldehit tutkalları için çok önemlidir. Sertleştirici kimyasal kullanılmadan üre formaldehit tutkalı ile yapılan üretimlerde tutkalın sertleşme süresi kontrol edilemeyeceği için kalite ve üretim kapasitesi açısından stabil bir üretim gerçekleştirilemez.

Günümüzde üre formaldehit tutkalının sertleştirilmesinde genelde amonyum klorür (NH4Cl) ve amonyum sülfat ((NH4)2SO4) kimyasalları kullanılmaktadır. Sadece asit kullanılması sonucunda levha taslağı prese gelmeden önce sertleşmekte ve bu sebeple her zaman sertleştiriciler karışımlar olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan kimyasallardan biri olan amonyak, sıcak pres öncesinde levha taslağında oluşabilecek asidi nötralize ederek tutkalın sıcak pres öncesi sertleşmesini önlemektedir. Sıcak prese geldiğinde levha taslağı içerisindeki amonyak, hızlıca buharlaşmaktadır. Preslenen taslakta oluşan asit taslaktaki tutkalın sertleşmesini sağlar. Liflevha üretimi için tutkal sertleştiricisi olarak amonyum klorürün kullanımı, amonyum sülfat kullanımından çok daha fazladır çünkü, amonyum klorür kullanımı sonucu ortaya çıkan tuz asidi (HCI) uçucu olduğundan dolayı levha taslağının içinde homojen bir şekilde dağılır. Amonyum sülfat kullanıldığında meydana gelen sülfürik asit (H2SO4) uçucu olmadığından liflevhaya homojen olarak dağılamamaktadır. Tutkalın sertleşmesinde ve üretim prosesinde düzensizliklerin meydana gelmesine neden olur (Yapıcı, 2008).

1.2.2.3. Parafin Emülsiyonu (C_nH_{2n+2})

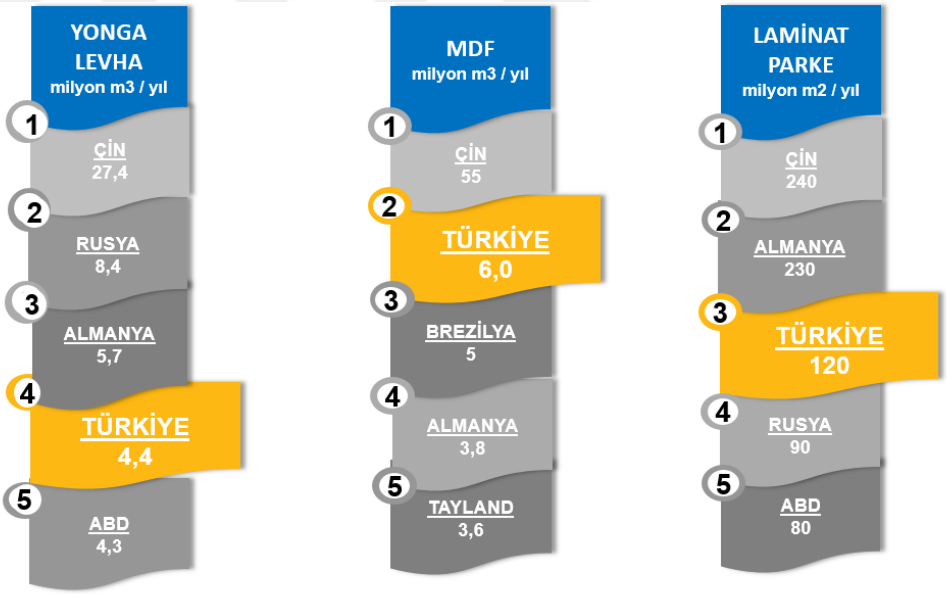
Parafin emülsiyonu Liflevha üretiminde su itici özelliği için kullanılmaktadır. Liflevhanın neme dayanımını arttırır. Parafin emülsiyonu pişiricide pişirme işlemi tamamlandıktan sonra yongalara enjektörler ile püskürtülerek verilmektedir. Liflendirme makinasına giren yongalara verilmesi ile birlikte parafin emülsiyonunun liflendirme işlemi sırasında, lifler üzerinde daha homojen dağılması sağlanmaktadır. Ayrıca liflendirme makinası içindeki segment adı verilen bıçakların arasındaki sürtünmeyi de bir miktar azaltmaktadır. Bu sayede bıçakların üzerinde bulunan kesici kısımların yıpranması önlenmekte ve bıçak çalışma ömrü uzamaktadır.

1.3. AĞAÇ BAZLI PANEL ENDÜSTRİSİNİN DÜNYA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

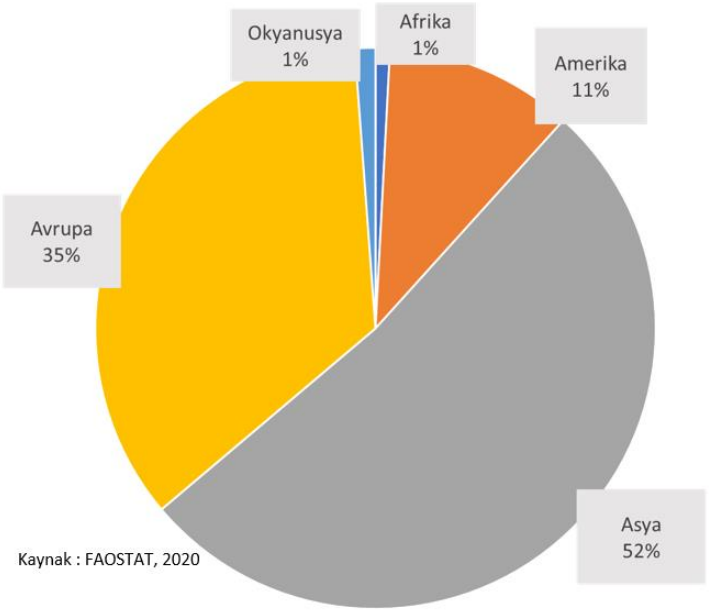
1.3.1. Dünya'da Ağaç Bazlı Panel Endüstrisinin Durumu

Türkiye'nin ağaç bazlı panel endüstrisinin Dünya ve Avrupa'daki sıralaması Türkiye için gurur kaynağıdır. Türkiye, Dünya ağaç bazlı panel üretiminin %5,2'sini, laminat parke üretiminin ise %12'sinikarşılamaktadır. 2020 yılı verileri incelendiğinde Dünya genelinde ağaç bazlı panel toplam üretimi 200 milyon m³ olarak gerçekleşmiştir.

Ağaç bazlı panellerin üretiminde son 15 yılda dünyada ortalama bileşik büyüme oranı %3,6 iken; aynı dönemde ülkemizde bu oran %6,5 olmuştur

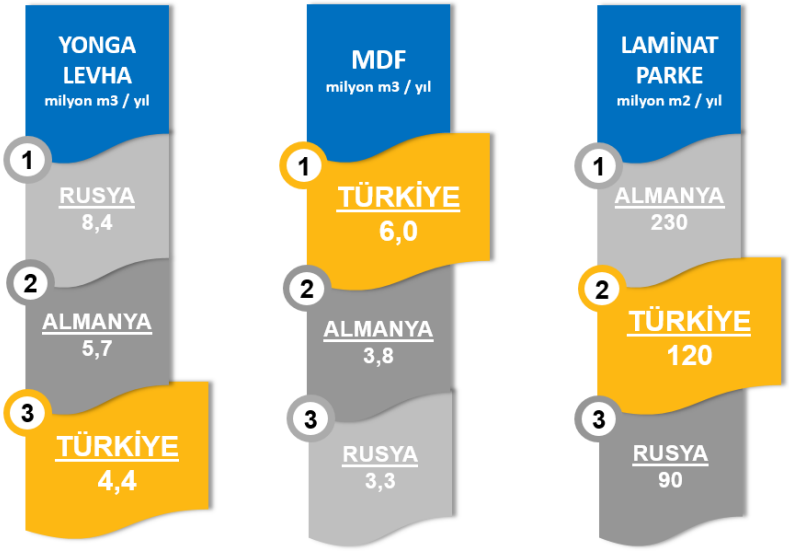


Şekil 1. Ağaç bazlı panel üretimi dünya sıralaması (2020) (FAO, MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, Ahlstrom-Munksjö (2020))



Şekil 2. Dünya Ağaç bazlı panel üretiminin dağılımı (FAOSTAT, 2020)

Tabloda da görüldüğü üzere dünyadaki toplam 200 milyon m³ üretimin yarısından fazlası Asya'da üretilmektedir. Daha sonra Avrupa %35'lik oranla 2. Sırada bulunmaktadır. Türkiye 10,4 milyon m³'lük üretim ile üretim payının %5,2'sini karşılamaktadır. Bu orana yurt dışında üretim yapan Türk şirketlerin üretimleri dahil edilerek hesaplanmıştır.



Şekil 3. Ağaç bazlı panel üretimi Avrupa sıralaması (2020) (FAO, MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, Ahlstrom-Munksjö (2020))

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü üzere Avrupa'da Liflevha üretimi 6 milyon m³ / yıl üretim kapasitesi ile 1. Sıraya yerleşmiştir. Parke üretim kapasitesi 120 milyon m² / yıl üretimle 2. Sırayı almaktadır. Yonga levha üretim kapasitesi 4,4 milyon m³ / yıl ile 3. Sırayı almaktadır.

1.3.2 Türkiye'de Ağaç Bazlı Panel Endüstrisinin Durumu

Türkiye'de çok sayıda ahşağ bazlı panel üreticisi bulunmaktadır. 2020 yılı sonunda Türkiye'de üretilen yonga levha, Liflevha ve OSB toplamda 15,2 milyon m³ kapasiteye ulaşmıştır. Son yirmi yılda yapılan yatırımlarla, dünyanın en yeni ve modern tesisleri ülkemize kazandırılmış oldu. Bu sayede Türkiye global bir ağaç bazlı panel üretim merkezi haline gelmiş olmaktadır. Ülkemiz önceki yıllarda levha ihtiyacının % 15 - % 20'sini ithalatla karşılarken, yapılan son yatırımlar sayesinde günümüzde ağaç bazlı panel ithalatı neredeyse sıfırlanmış ve üretimin yaklaşık % 25'i ihraç edilir hale gelmiştir.

Türkiye'de Ağaç bazlı panel ve mobilya sektöründe direkt ve dolaylı olarak 1 milyon kişi istihdam edilmektedir.



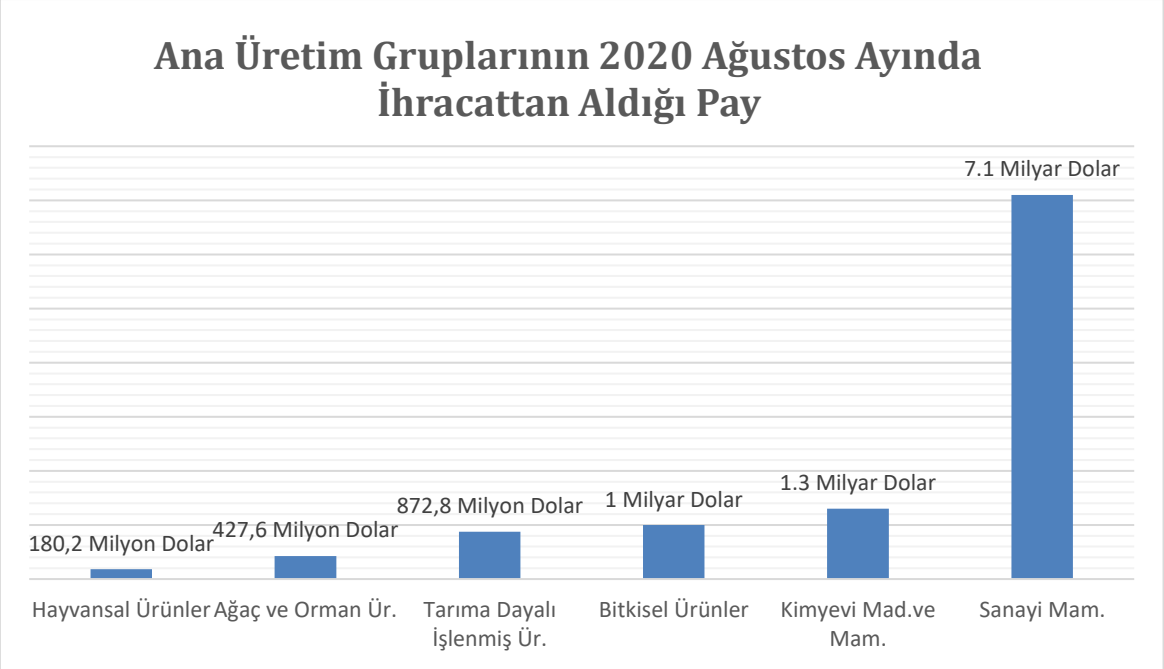
Şekil 4. Türkiye'deki Ağaç bazlı panel üreticileri

Tablo 1. Türkiye deki Ağaç bazlı panel üreticilerinin kurulu kapasite bilgileri

Kurulu Kapasite (Yıllık, 320 gün kabulü ile)				
Üretici Firma	**YONGA LEVHA**	**MDF**	**OSB**	**Toplam**
Kastamonu Entegre Ağaç San.ve Tic. A.Ş.	1.878.400	1.780.000		3.658.400
Starwood Orman Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	1.264.000	1.401.000		2.665.000
Yıldız Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.	912.000	1.632.000		2.544.000
Yıldız Sunta MDF Orman Ürünleri Sanayi Tesisleri İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş.	544.000	568.000		1.112.000
AGT Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.		808.000		808.000
Kronospan Entegre Orman Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	64.000	481.600	166.400	712.000
Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.		704.000		704.000
Orma Orman Mahsülleri İntegre Sanayi ve Ticaret A.Ş.	672.000			672.000
Çamsan Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.		560.000		560.000
Teverpan MDF Levha Sanayii ve Ticaret A.Ş.	144.000	410.560		554.560
Küpeliler Otomotiv Ambalaj İnşaat Malzemeleri Ticaret ve Sanayi A.Ş.	70.400		200.000	270.400
Vezirköprü Orman Ürünleri ve Kağıt Sanayi A.Ş.	56.000	192.000		248.000
Divapan Entegre Ağaç Panel Sanayi ve Ticaret A.Ş.		192.000		192.000
Beypan Entegre Orman Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.		96.000		96.000
Balkanlar Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.		96.000		96.000
Sumaş Sun-i Tahta ve Mobilya Sanayi ve Ticaret A.Ş.			70.400	70.400
Koyuncuoğlu San. ve Tic. A.Ş.			70.400	70.400
İlker Entegre Ağaç Sanayi Tekstil İnşaat ve Ticaret A.Ş.	64.000			64.000
Gentaş Genel Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş.	40.000			40.000
Selolit Liflevha Sanayi ve Ticaret A.Ş.		19.200		19.200
Toplam	**5.708.800**	**8.940.360**	**507.200**	**15.156.360**

İhracat yapan ana üretim grupları bazında incelendiğinde ağaç bazlı panel üreticilerinin içinde bulunduğu Ağaç ve Orman Ürünleri Endüstrisine olan ilgi tüm Dünya'da artmaya devam etmektedir. 2020 yılı Ağustos ayında % 3,4 oranında büyüme kaydetmiştir.

Tablo 2. Ana Üretim Gruplarına Göre 2020 yılı Ağustos Ayında İhracat Payları (TIM, 2020)



Tablo 3. Sektörel Bazda 2020 yılı Ağustos Ayında İhracat Payları (TIM, 2020)

SEKTÖRLER	**1-30 AĞUSTOS**				**1 OCAK - 31 AĞUSTOS**			
	2019	**2020**	**Değişim (20/19)**	**Pay(20) (%)**	**2019**	**2020**	**Değişim (20/19)**	**Pay(20) (%)**
AĞAÇ VE ORMAN ÜRÜNLERİ	413.010	427.625	3,5	3,4	3.536.358	3.430.097	-3	3,3
Mobilya, Kağıt ve Orman Ürünleri	413.010	427.625	3,5	3,4	3.536.358	3.430.097	-3	3,3

2. GENEL KISIMLAR

Liflevha üretimi 3 farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar yaş yöntem, yarı kuru yöntem ve çalışmamın yapıldığı kuru yöntemdir. Günümüzde üretim yöntemlerinden en çok tercih edilen yöntem kuru yöntemdir. Diğer yöntemlerin maliyetlerinin yüksek oluşu ve günümüzde çok önemli olan atık yönetimi göz alındığında tüm dünyada terkedilmeye başlanmıştır.

Yöntemlerin ayrıştığı en belirgin etken levha taslağının oluşumundaki liflerin içindeki rutubet miktarıdır. Rutubet oranı, yaş yöntemle üretimde %100 veya daha yüksek, yarı kuru yöntemle üretimde %12 ile 45 arasında, kuru yöntemle üretimde ise %5-12 arasında değişmektedir. Diğer önemli etken ise, liflerin taşındığı ve levha taslağının oluştuğu yerdir. Yaş yöntemde bahsedilen işlemler su kullanılarak sağlanır. Yarı kuru ve kuru üretim yöntemlerinde pnömatik ve mekanik araçlar kullanılarak sağlanır. Bunların dışında, yapıştırıcı olarak katkı maddelerinin kullanılıp kullanılmamasını da önemli bir ayrım özelliği olarak alabiliriz. Yaş yöntemde sadece özel hallerde yapıştırıcı kullanılır fakat yarı kuru ve tam kuru yöntemle yapılan üretimlerde proses gereği olarak yapıştırıcı kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

2.1.Yaş Yöntem İle Liflevha Üretimi

Yaş yöntem ile liflevha üretiminde formasyon ortamı sulu lif süspansiyonu olmaktadır. %1-2 konsantrasyondaki lif süspansiyonu bir elek üzerine verilmektedir. Mümkün olduğunca lif dağılımı düzenli şekilde sağlanarak lif keçesi oluşturulmaktadır. Bu yöntemde en büyük problem üniform bir levha taslağı elde edilmesidir çünkü, lifler her zaman kümelenmeye yatkındır. Bu sebeple düşük konsantrasyondan ve mekanik karıştırmadan yararlanılmaktadır. Yaş yöntemle üretilen liflevhaların sadece bir yüzü düzdür (smooth one surface = S1S). Düz olmayan yüzeyde elek izi bulunmaktadır çünkü, presin bir yüzünde de elek bulunduğu için oluşturulan lif keçesi preslerde basınç ve sıcaklık altında basıldığında elek izi meydana gelir. (Eroğlu ve Usta, 2000).

2.2. Yarı Kuru Yöntem İle Liflevha Üretimi

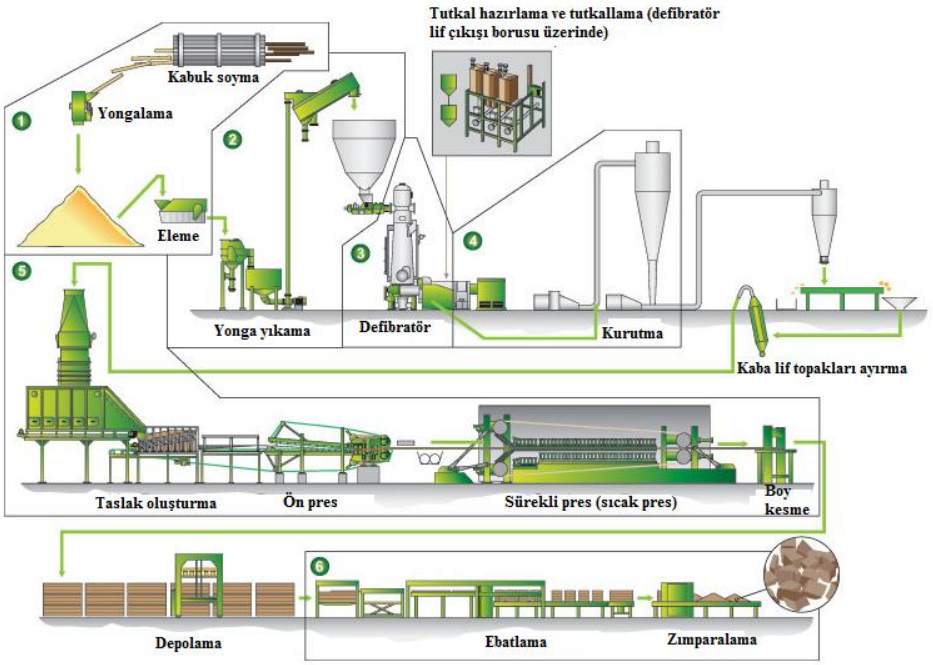
Bu yöntemde, levha taslağı meydana gelmesi sırasında rutubet oranı %12 ile 45 arasında değişmektedir. Taslağın oluşturulmasında pnömatik veya mekanik araçlardan yararlanılır. Ayrıca, liflerin doğal yapışma özelliklerinden yararlanmak yerine tutkallar

kullanılmaktadır ve gerekli sağlamlık bu tutkallar yardımıyla elde edilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

2.3. Kuru Yöntem İle Liflevha Üretimi

Rutubet oranı %5 ile 12 arasında değişmektedir. Üretilen liflerden rutubetin istenen seviyeye düşürülmesi için kurutmaya işlemi uygulanır. Kurutma sonrasında pnömatik ve mekanik araçlarla serme yapılmaktadır. %8 ile 11 oranı arasında değişen tutkal kullanımı sayesinde istenen levha sağlamlığı elde edilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Kuru yöntem ile Liflevha üretim prosesi iş akışı genelde aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.



Şekil 5. Kuru Yöntem Liflevha Üretim İş Akışı

2.3.1 Odun Hammaddesinin Depolanması

Odunların özellikle kış aylarında ve baharda yoğun yağışlı dönemlerde ormanlardan sevki zorlaşmaktadır. Odun sevkiyatlarında aksamalar olmaktadır. Liflevha tesislerinde odun tedarikinde yaşanan problemlerden etkilenmemek için en az 3 aylık stoklar bulundurulmaktadır. Fabrikalar odun ihtiyacını Orman Genel Müdürlüğünün levha üretim

sektörüne tahsis ettiği odunlardan, ihaleler veya yurt dışından ithal edilen yonga veya odunlarla karşılanmaktadır.

Odunlar tomruk halinde odun sahasında istiflenmektedir. Liflevha üretiminde yapraklı ağaç ve iğne yapraklı ağaç türleri kullanılmaktadır. Her bir odun türü, diğer odun türleriyle karışmayacak şekilde istifler oluşturulur. Odunun Yongalama işlemine beslenmesi sırasında istiflerde FİFO uygulaması yapılmaktadır. İlk giren odunun ilk çıkması uygulaması çok önem arz etmektedir. Odunlar uzun süre bekletilirse rutubet kaybetmeye başlar. pH değeri düşmeye başlamaktadır. Sahada böceklenmeye maruz kalabilmektedirler. Bu tarz çürümeye maruz kalan odunlarla yonga yapma işleminde verimsizlik ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yine liflendirme aşamasında istenen kalitede lif boyutu elde edilememektedir.

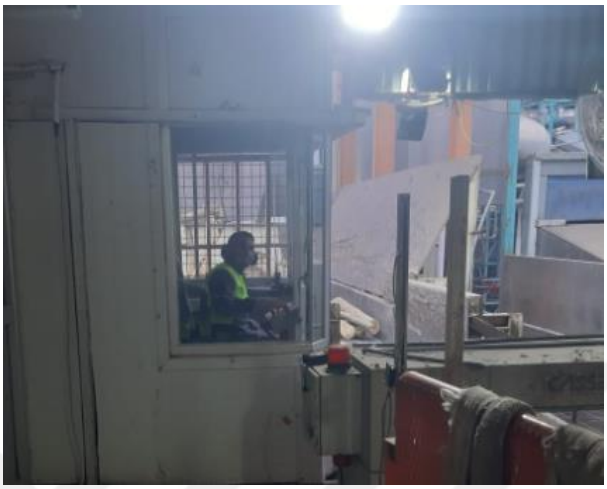
2.3.2. Yongalama Prosesi

Yongalama prosesi yongalanacak tomrukların yongalama makinesine beslemesini yapan vibrasyonlu teknelere beslenmesi ile başlamaktadır. Tomruklar tekneye kepçeler yardımı ile beslenmektedir. Teknelerdeki vibrasyon hareketi ile odunlar yongalama makinesi ağzına doğru ilerlemeye başlamaktadırlar.



Şekil 6. Vibrasyonlu tekneye odun beslenmesi

Tomrukların ilerlediği hat üzerinde bir operatör tomrukların düzenli şekilde ilerlediğini, odunlar arasında taş, metal vb. yabancı maddelerin olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer yabancı madde görürse hattı durdurup yabancı maddeleri dışarıya almaktadır.



Şekil 7. Odun beslemesini takip eden personel

Bazı Liflevha proseslerinde kabuk ayırıcı sistemlerde bulunmaktadır. Kabuk ayırıcı sistemlerin görevi tomruk üzerindeki kabukların sistemden uzaklaşmasını sağlamaktır. Kabuk Liflevha üretiminde istenmeyen bir malzemedir. Liflenme sırasında çok küçük boyutlarda parçalandığı için tutkal tüketimine etki ederek, Liflevhanın mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır.



Şekil 8. Kabuk soyma makinesi

Yongalama makineleri genel olarak dört gruba ayrılmaktadır. Çok bıçaklı diskli yongalayıcılar, konik diskli yongalayıcılar, çevresel yongalayıcılar ve çift konik diskli

yongalama makineleri şeklinde sıralanabilirler. Ayrıca dünyada farklı yerlerde orman için yongalama görevi gören mobil yongalama makineleri de kullanılmaktadır (Eroğlu, 2000).

Yongalama makinesinin odun liflerini ezmemesi, koparmaması ve yonga kalınlığının homojen olmasını sağlaması gerekmektedir. Odunun yongalama makinesinin



Şekil 9. Yongalama makinesi

kesici bıçakları ile yaptığı açı, verimliliği etkilemektedir. Odun hammaddesi liflere dik yönde yongalanması sırasında, liflere paralel yongalama için harcanan enerjiden daha fazla enerji harcamaktadır. Odunun yoğunluğu yükseldikçe yongalama sırasında gereken enerji ihtiyacı da artacaktır. Yonganın uzunluğu, bıçakla yongalanan odunun arasındaki serbest açıyla bağlantılıdır. Serbest açı azaldıkça yonganın boyu kısalmaktadır. Sert odun türleri ile yumuşak odun türlerine göre kalın yongalar elde edilmektedir. Bıçak açısı için 30°ile 35°yeterli görülmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

2.3.3. Yongaların Depolanması

Yongalama makinasında yapılan yongaların odun türlerine göre ayrı ayrı istiflenmesi gerekmektedir. Yongaların depolanması için büyük silolar mevcuttur. Siloların içerisinde ayrı ayrı gözler bulunmaktadır. Her göze ayrı bir odun türü doldurulmaktadır. Üretilecek Liflevhanın özelliklerine göre farklı odun türlerinin belli oranlarda karışımlarının hatta

beslenmesi gerekmektedir. İşte bu karışım yonga silolarındaki ayrı ayrı gözlerde bulunan helezonlar sayesinde yapılmaktadır. İstenen odun türü karışımına göre helezonlar aynı anda ama farklı devirlerde çalışarak istenen yonga karışımını oluşturarak hatta beslenmesini sağlamaktadır.



Şekil 10. Farklı yonga silo tipleri

2.3.4. Yongaların Eleklerle Elenmesi

Yongalar üretim tipine uygun karışımda hatta gönderilmeye başlayınca, sıradaki proses eleklerde yongaların boyutlarına uygun şekilde tasnif edilmesidir. Yongaların boyutları liflendirme prosesinde pişirme işlemi sırasında çok önem arz etmektedir. Çok iri yongalar pişirme işlemi sırasında stabil şekilde pişmeyeceği gibi, çok küçük yongalarda pişirme işlemi sırasında lifler arasındaki bağların zayıflamasına ve bu nedenle liflendirme sırasında tozlaşmaya neden olmaktadır. Bu sebeple yongaların eleklerde tasnif edilmesi üretim kalitesini etkileyen önemli bir adımdır. 45 milimetreden daha kalın yongalar eleklerin altında duran küçük yeniden yongalayıcı makinalarına gönderilir ve o anda yongalama yapılıp tekrar hatta besleme yapan bant üzerine dökülmektedirler.



Şekil 11. Yeniden Yongalayıcı

5 – 45 milimetre arasındaki kalınlığa sahip yongalar direkt olarak hatta beslenirler. 5 milimetreden küçük olan yongalar 2 milimetreye kadar olan aralıkta üretim tipine göre üretimde kullanılabilmektedir. Genel olarak 5 milimetreden daha ufak olan yongalar yakıt olarak değerlendirilmek üzere hattan dışarıya alınır.



Şekil 12. Mekanik Elek



Şekil 13. Mekanik Elek içi

2.3.5. Liflendirme Prosesi

Liflevha üretimlerinde üç farklı ana liflendirme yöntemi kullanılmaktadır. Birincisi mekanik liflendirme yöntemleri, ikincisi ‘kimyasal – mekanik yöntemler’ (Biffar Değirmeni ve Boja – Jung Defibratörü) ve son olarak ‘termal mekanik yöntemler’ (Masonit Yöntemi ve Asplund Defibratör Yöntemi) olarak adlandırılırlar (Eroğlu ve Usta, 2000).

Liflevha üreten fabrikalarda lif üretimi için çoğunlukla mekanik yöntem kullanılmaktadır. Mekanik yöntemde yongalar basınç ve buhar altında yumuşatılmaktadır. Yumuşatma işleminden sonra mekanik olarak liflendirme işlemi gerçekleştirilmektedir (Eroğlu ve Usta 2000).

Liflendirme prosesi birkaç adımdan meydana gelen bir prosestir. Bu adımlar yongaların ön ısıtma işlemine tabi tutulması, pişirici besleme helezonu ile fazla suyunun çıkarılarak pişiriciye beslenmesi, pişirme işlemi ve liflendirme işlemi olarak ele alınmaktadır.

2.3.5.1. Yongalara Ön Isıtma İşlemi Uygulanması

Eleme işleminden sonra yonga karışımı yonga bunkerine gönderilmektedir. Yonga bunkerinin görevi yongaları bir ara depolama görevi yaparak liflendirme makinesine düzenli yonga beslemesini sağlamaktır. Yongaların ön ısıtma işlemi de yonga bunkerinde yapılmaktadır. Yonga bunkerinin dökülüşünden verilen buharla yongaların ısınması sağlanmaktadır. Maksimum 95 °C olacak şekilde buhar verilmektedir. Üretim şartlarına göre daha düşük sıcaklıklara da inilmektedir. Bu sayede yonganın lif yapısında şişme olması ve liflendirme makinasında daha düşük enerji ile iyi bir lif elde edilmesi sağlanmaktadır.

2.3.5.2. Pişirici Besleme Helezonu İle Yonga Transferi

Yonga bunkerinde ön ısıtma işlemi tamamlandıktan sonra plug screw diye adlandırılan helezon yardımıyla yongalar pişiriciye taşınmaya başlanmaktadır. Pişiriciye besleme helezonunun en önemli özelliği konik şekli vasıtasıyla yongayı taşırken aynı zamanda da sıkıştırarak yonga içerisinde bulunan suyun dışarı atılmasını sağlamasıdır. Suyun dışarıya atılması sayesinde kurutma prosesinde daha az ısı enerjisine ihtiyaç olur. Bu sayede maliyetlerin düşmesi sağlanmaktadır.



Şekil 14. Pişirici besleme helezonu



Şekil 15. Pişirici besleme helezonundan çıkan atık su



Şekil 16. Pişirici besleme helezonu (dışarı alınmış)

2.3.5.3. Pişirme İşlemi

Yongalar pişirme kazanına geldikten sonra buhar basınç altında pişirme işlemi başlamaktadır. Üretim tipine göre 6 – 9.5 bar basınç altında, 2 – 4.5 dakika arasında bir sürede pişirme yapılmaktadır. Yongalar bu sayede liflendirme prosesine hazır hale getirilmektedir. Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra bir helezon sayesinde pişiriciden yongalar çıkarılmaktadır. Bu helezon üzerinde bulunan enjektörler sayesinde parafin emülsiyonu yongalara püskürtülmektedir. Liflendirme makinesine girmeden önce yongalar parafinlenmiş olmaktadır. Bu sayede yonga liflenme aşamasında parafinle daha iyi harmanlanmış olmaktadır.

Ayrıca liflendirme makinesi içinde öğütme işlemini yapan segment olarak adlandırılan bıçaklar arasında sürtünmenin bir nebze azalması sağlanmış olmaktadır.



Şekil 17. Pişirme kazanı



Şekil 18. Pişirme kazanı içi.



Şekil 19. Pişirme kazanı çıkışında parafin verilen enjektörler

2.3.5.4. Liflendirme İşlemi

Liflendirme makinası içinde yongaların liflendirildiği hazne içerisinde 2 adet bıçak bulunmaktadır. Bu bıçaklardan biri sabit (stator), biri hareketlidir (rotor). Sabit bıçak ortasındaki boşluktan yongalar öğütme yapılacak hazneye gelmektedir. Dönen bıçakla sabit bıçak arasında kalan yongalar liflenmeye başlamaktadırlar. Liflerin boyutları bıçakların

arasındaki açıklık değiştirilerek ayarlanmaktadır. İnce lif istendiğinde bıçakların arasındaki mesafe azaltılmaktadır. Liflerin daha büyük olması istendiğinde bıçaklar arasındaki mesafe arttırılmaktadır.



Şekil 20. Liflendirme makinası sabit ve hareketli bıçak resimleri (Rotor – Stator)

Liflendirme sırasında odun türü, yonga karışım oranı, pH, yonga rutubeti, yonga boyutları, liflendirme bıçakları üzerindeki desenler, bıçakların çalışma süreleri, pişirme basıncı, pişirme süresi vb. parametreler ile lif kalitesini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 21. Liflendirme makinası genel



Şekil 22. Liflendirme makinası öğütme haznesi

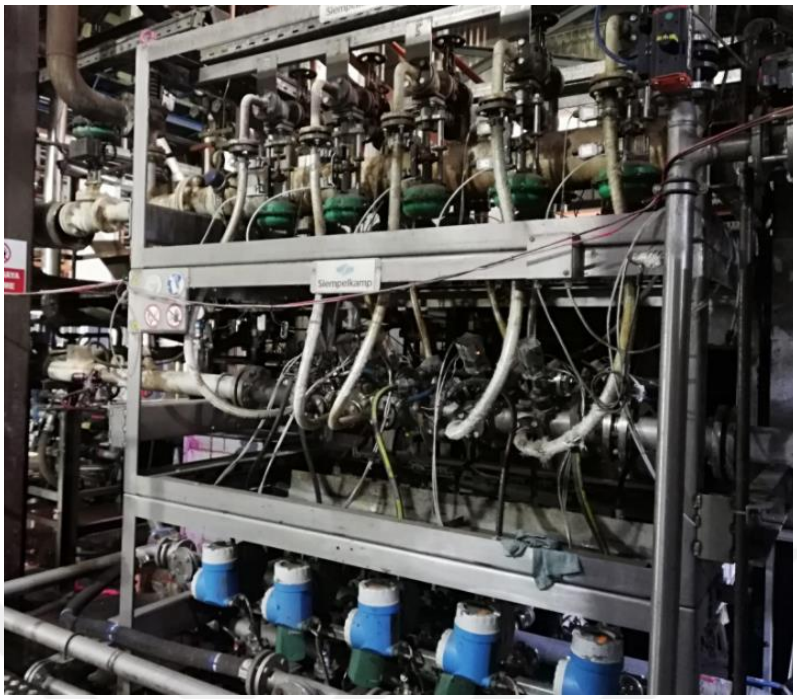
2.3.6. Liflerin Tutkallanması (Tutkal Mutfağı)

Liflenme işlemi sonrasında lifler kapalı bir boru hattı ile kurutma ünitesine doğru buhar basıncı sayesinde taşınmaya başlar. Bu hat üzerinde bulunan enjektörler sayesinde liflere tutkal ve sertleştirici verilmektedir. Ayrıca özel amaçlar için kullanılan kimyasallarda yine bu hat üzerinde eklenen enjektörler sayesinde life püskürtülmektedir. Örneğin yanmaya dayanım sağlayan kimyasallar bu noktadan püskürtülür. Sertleştirici olarak günümüzde Amonyum Klorür çözeltisi kullanılmaktadır. Genelde %10 ya da % 15 katı oranında sertleştirici hazırlanmaktadır.

Liflevha üretiminde kullanılan tüm tutkal ve kimyasallar bu alanda hazırlanıp liflere verildiği için bu alana tutkal mutfağı denmektedir.



Şekil 23. Sertleştirici hazırlama ünitesi



Şekil 24. Tutkal vb. kimyasalların verildiği sistem

2.3.7. Kurutma Prosesi

Liflere tutkal ve gerekli kimyasallar verildikten sonra buhar basıncı yardımıyla kurutma hattına taşınmaktadır. Lifler kurutma hattında sıcak hava ile serme hattına taşınırken, aynı zamanda da kurutma işlemi gerçekleşmiş olur. İstenen lif rutubeti üretimin tipine göre değişiklik göstermektedir. Lif rutubetleri %6 – 13 arasında değişmektedir. Kurutma işlemi sırasında açığa çıkan su buharı siklonlarla dışarı atılırken, kurutulmuş lifler serme bunkerine gelmektedir.



Şekil 25. Kurutma fanı



Şekil 26. Kurutma bacaları dış görünüşü

2.3.8. Serme Prosesi

Kurutulmuş lifler serme bunkerine geldikten sonra üretim tipine uygun yoğunluğu sağlayacak şekilde serme bandına dökülmeye başlanmaktadır. Serme işleminde liflerin serme boyuna ve enine yönde dengeli şekilde dağılması çok önemlidir. Aksi takdirde levhada kalınlık farklılıkları, iç yapışma, vida tutma ve diğer mekanik özelliklerde dengesizlik gibi kalite kusurları oluşmaktadır. Bunu önlemek için serme bandına dökülüşten sonra lifler ekolayzır denen tırmık ve helezonlardan oluşan sistem sayesinde enine ve boyuna yönde dengelenecek şekilde dağıtılmaktadır.



Şekil 27. Serme bunkeri



Şekil 28. Serme dağılım düzeltici sistem (Ekolayzır)

2.3.8.1.Ön Presleme İşlemi

Liflevha üretiminde sürekli pres ile üretim yapan fabrikalarda kesintisiz üretim olması için sürekli ön presler kullanılmaktadır. Taslak, serme bandı üzerindeki çift taraftan basınç uygulayan silindirlerin arasından geçerken ön preslemeyi uygulamış olmaktadır. Basınç silindirleri taslağı sıkıştırarak daha stabil bir taslak oluşmasını sağlamaktadır. Bu sayede lif kaybı en aza indirilmiş olmaktadır. Taslağın sıcak prese kadar bozulmadan gidebilmesini sağlarken, aynı zamanda sıcak pres platenleri kapanırken hava akımı nedeniyle yüzeydeki liflerin uçuşmasını engellemektedir (Kalaycıoğlu ve Özen 2012).



Şekil 29. Soğuk pres

Serme hattında ayrıca bant üzerine ve Prepres sonrası pasta üzerine ısı iletimi arttırıcı kimyasal – su karışımı püskürten cihazlar bulunmaktadır. Püskürtülen bu karışım sayesinde sıcak pres içerisinde pastanın merkezine ısı iletim hızı artmakta ve kapasite artışına yardımcı olmaktadır.



Şekil 30. Kimyasal püskürtme cihazı (pasta üst yüzeyine)

2.3.9. Sıcak Presleme İşlemi (Pres)

Sıcak pres uygulaması için bir çok çeşitte pres teknolojileri bulunmaktadır. İlk dönemlerde tek katlı presler (statik pres) kullanılırken üretim kapasitesini artırmak üzere çok katlı presler geliştirilerek bunların kat sayıları artırılmıştır. Daha sonra artan liflevha taleplerini karşılamak için makine üreticileri sürekli presleri geliştirmişlerdir. 1985 yılında Dünya'da ilk sürekli presi Siempelkamp firması üretmiştir. (Candan, 2007).



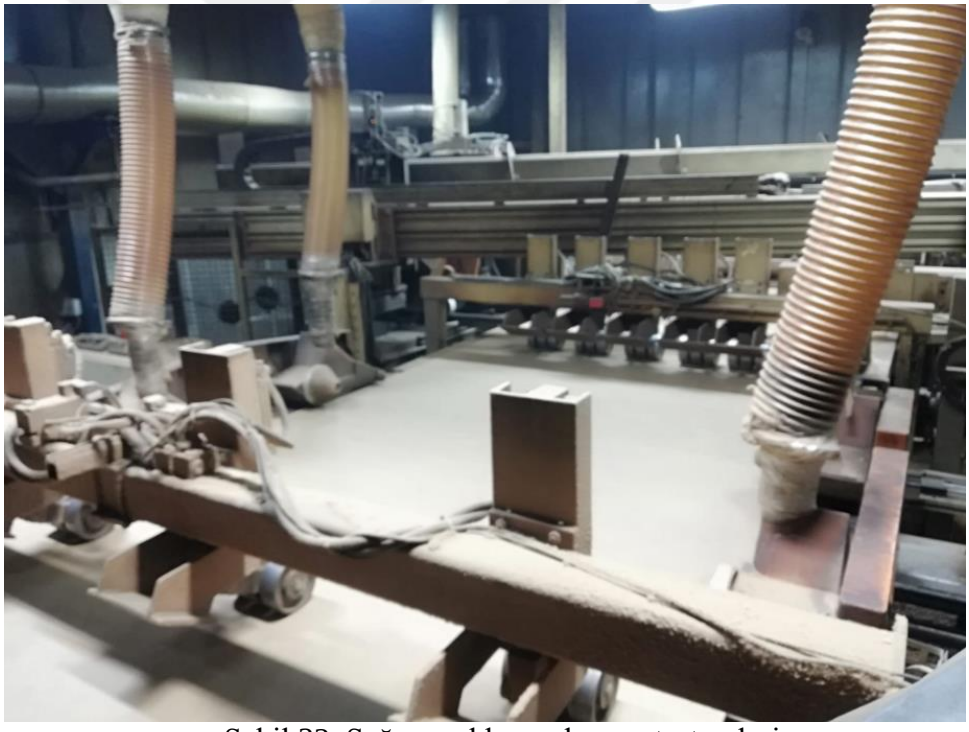
Şekil 31. Sürekli pres

Son dönemlerde Liflevha ürünlerine karşı artan yoğun talep karşısında tüm firmalar genelde Sonsuz pres hatları satın almaktadır. Sürekli pres hatları, üretim kapasitesinin yüksek olması ve üretim maliyetlerinin diğer üretim yöntemlerine göre daha düşük olması sebebiyle tercih edilmektedir.

Sonsuz preslerde pasta prese girdikten sonra sıcaklık ve basınç altında presleme işlemi başlar. Üretim tipine göre hat hızı yani pres faktörü değişmektedir. Preste 3 farklı basınç bölgesi bulunmaktadır. Presin giriş bölgesinde yüksek sıcaklık ve basınç uygulanmaktadır. Daha sonra presin orta bölgesinde sıcaklık düşürülmekte ve basınç sıfırlanmaktadır. Bu bölgeye gaz atma bölgesi denmektedir. Tutkalın reaksiyonu sonucunda açığa çıkan gazlar bu bölgeden rahatça çıkmakta ve levha içerisinde iç basınç oluşmasını önlemektedir. Son olarakta pres çıkışında düşük basınç ve düşük sıcaklık uygulanmaktadır. Bu bölgedeki amaç levhayı kalibre etmektir. Kalınlıkların her noktada eşit olması sağlanmaktadır.

2.3.10. Ebatlama ve Soğutma İşlemi

Sıcak preste presleme işlemi sonrasında levha ebatlama hattına gelmektedir. Sonsuz pres hatlarında levha presten sonsuz boyda çıkmaktadır. Levhanın enine ve boyuna yönde kesilmesi için farklı tipte testereler kullanılmaktadır. Liflevha presten çıktığında hattın üretim yönüne göre sağ ve sol tarafında kenar kesme testereleri levhanın enini ayarlamak için kesime başlamaktadır. Levhanın boyunu ayarlamak için diyagonal testereler kullanılmaktadır. Diyagonal testereler üretim hızına uygun şekilde belli bir açıda hareket ederek levhanın hat üzerinde hareket halindeyken düzgün şekilde ebatlanmasını sağlamaktadır. Testerelerden çıkan kesim artıkları testere üzerlerinde bulunan emişlerle kazana gönderilerek yakıt olarak kullanılmaktadır. Emişlerde bir problem olması halinde çıkan çapaklar levha üzerlerinde kalmakta ve istif asansörlerinde paketleme sırasında levha yüzeylerinde çukurlar olmasına neden olmaktadır.



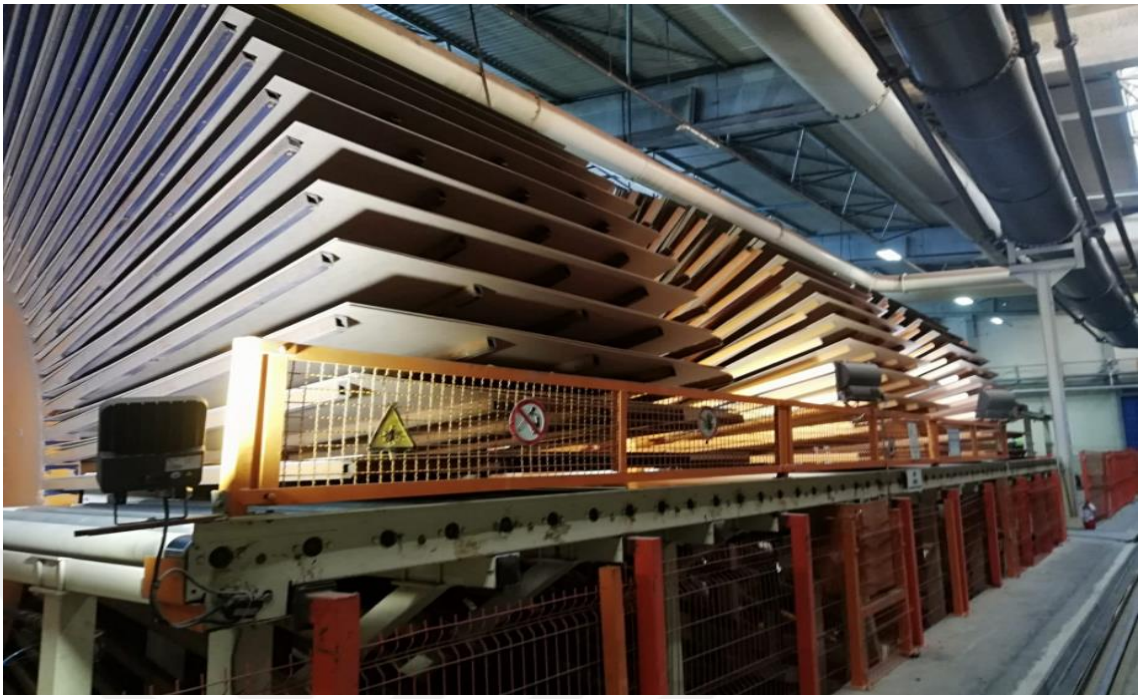
Şekil 32. Sağ ve sol kenar kesme testereleri



Şekil 33. Hareketli diyagonal testereler

Ebatlama işlemleri tamamlandıktan sonra levhalar soğutma işlemine tabi tutulmalıdır. Tutkalda kürlenme devam ettiği ve levha çok sıcak olduğu için levhalar yıldız soğutucu adı verilen soğutma ünitesine alınmaktadır.

Sıcak preslerden çıkan levhaların istiflenme işleminden önce klimatize edilmesi gerekmektedir. Üreformaldehit tutkalı ile üretilen liflevhaların hızla soğutulması gerekmektedir çünkü üreformaldehit, 70 ℃' nin üzerindeki sıcaklıklarda hidroliz olmaktadır. Buda yapışma direncini olumsuz etkilemektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). Levhaların soğuması ile levha sıcaklığının levhanın her tarafında eşit hale gelmesi amaçlanmaktadır. Soğutma işlemi yapılmadan istiflenen levhalarda boyut değişimleri meydana gelmektedir. Bu işleme fabrikalarda 'Yıldız Soğutucu' denen dönen kollu sistemlerle yapılmaktadır. Levha yıldız soğutucu kolları arasına girerek burada belirli süre dönmektedir. Levha sıcaklığının dengelenmesi bu şekilde sağlanmaktadır (Guler, 2015).

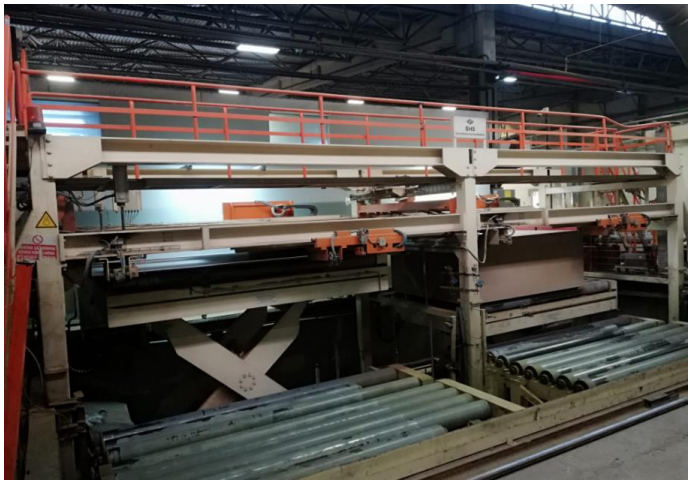


Şekil 34. Yıldız soğutucular

Yıldız soğutucularda levhada tutkal kürlenmeye devam etmektedir. Aynı zamanda da gaz çıkışı olmaya devam etmektedir. Levhalar enine ve boyuna yönde yaklaşık 1 milimetre kadar çekmektedir. Soğutma işlemi sayesinde levhalar istiflenmeden önce boyutsal olarak da stabil hale gelmektedir.

2.3.11. İstifleme İşlemi

Yıldız soğutuculardan soğutulması sağlanan levhalar paketler halinde istiflenmek üzere asansörlere alınmaktadır. Asansörlerde levhalar belli bir adette biriktirilerek paket haline getirilmektedir. Daha sonra bu paketler zımpara öncesi bekleme alanına gönderilmektedir.



Şekil 35. İstifleme Asansörleri

2.3.12. Zımparalama İşlemi

Asansörlerden çıkan paketler zımpara işlemi öncesi bekleme alanına alınmaktadır. Bu alanda minimum 24 saat bekletilerek tutkal yapışma reaksiyonun ve soğuma işleminin tamamlanması sağlanmaktadır. Bekleme süresi dolan ürünler zımparaya alınmaktadır.

Zımparalama işleminin amacı presten çıkan levhaların her noktasında kalınlıklarının eşit olması ve yüzey görselinin iyileşmesidir.

Zımpara makinesinde levha aynı anda hem alt hem de üst yüzeyi zımparalayacak şekilde silindirler vardır. Bu silindirlere zımpara bantları takılarak işlem gerçekleştirilmektedir.

Silindirlerin levha yüzeyine bandın değmesini sağladığı değişik tipleri vardır. Bunlar K kafa, NS Kafa gibi isimlerle anılmaktadırlar.



Şekil 36. Zımpara makinesi K kafa



Şekil 37. Zımpara makinesi NS kafa

Zımpara makinasının başlangıcında K kafalar kullanılmaktadır. Bu kafalara kalın kumlar takılmaktadır. Amaçları levhanın kalınlık kalibresini sağlamaktır. Yani her noktada kalınlıklar eşitlenmektedir.

NS kafa ise zımpara makinesinin çıkışında daha ince kumlar takılarak kullanılmaktadırlar. Amaçları yüzeylerin daha pürüzsüz ve güzel görünmesini sağlamaktır.

Girişte genelde K kafalarda 40 kum, 50 kum, 60 kum zımpara bantları kullanılırken, çıkışta NS kafalarda 80 kum, 100kum ve 150 kum bantlar kullanılmaktadır. Özel ürünlerde yüzeylerin daha da iyi görünmesi için 180 kum zımpara bantları kullanılmaktadır.



Şekil 38. Zımpara bandı



Şekil 39. Zımpara makinası

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada kullanılmak üzere lif, pişirici besleme helezonundan çıkan atık su, tutkal ve amonyum klorür Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden alınmıştır. Atık su katılarak hazırlanan sertleştirici ile %50 katı oranında 1.10 mol tutkal kullanılarak Teknopark'ta bulunan

Kastamonu Entegre AR-GE merkezindeki sıcak presinde 5 mm kalınlığında Liflevhalar üretilmiştir.

3.1.1 Odun

Bu çalışmada Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden % 70 kayın %30 çam odunu karışımı liflendirme ünitesinden alınmıştır. Lifler üretildiği sırada pişirme basıncı 9.5 bar olarak çalışılmıştır. Pişirme süresi 2.5 dakikadır. Alınan lifler Teknopark'taki Kastamonu Entegre AR-GE merkezine gönderilmiştir.

3.1.2. Tutkal

Çalışmada levhaların üretilmesinde kullanılacak tutkal Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden temin edilmiştir. Levhalar %50 katı oranına sahip 1.10 mol tutkal ile üretilmiştir. Üretimde tutkal tam kuru lif ağırlığına %10 olacak (tam kuru tutkal) şekilde verilmiştir. Çalışmada kullanılan tutkala ait teknik özellikler Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Tablo 4. Üre formaldehit tutkalı teknik özellikleri

Üre Formaldehit Tutkal Özellikleri	
Mol Oranı	1.1
Katı Madde % (120 °C, 2 saat)	50.56
Yoğunluk (gr/cm³)	1.21
Viskozite (20 °C)	38
pH	8.5
Jelleşme süresi (sn, 100 °C)	47

3.1.3. Yonga Pişirici Besleme Helezonu Atık Suyu

Yonga pişirici besleme atık suyu Kastamonu Entegre Gebze MDF tesisinde pişirici besleme helezonu su tahliye kısmından alınmıştır. Çalışmada kullanılan sertleştirici bu suyla amonyum klorürün %15 katı oranında olacak şekilde hazırlanmıştır. Atık suyun yapılan analiz sonucu aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Tablo 5. Pişirici Atık Suyu Kimyasal Analizi

	Numune Analiz Sonuçları		
Teknik Özellikler	**Birim**	**Analiz Sonucu**	**Standart No**
Askıda Katı Madde	mg/L	5165	TS EN 872
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	7050	TS 4957-1 EN 1899-1 TS 4957-2 EN 1899-2
Kimyasal Okijen İhtiyacı	mg/L	21000	SM 5220 B
Toplam Azot	mg/L	122.36	SM 4110 B SM 4500 Norg B
Toplam Fosfor	mg/L	51.63	EPA 200.7
Toplam Kjeldahl-Azotu	mg/L	121.8	SM 4500 Norg B

3.1.4. Parafin

Çalışmada levhaların üretilmesinde kullanılacak parafin Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden temin edilmiştir. Levhalar %60 katı oranına sahip sıvı parafin ile üretilmiştir. Üretimde parafin lif ağırlığına katı oranı % 0,5 olacak şekilde verilmiştir. Parafin Mercan Kimya firmasında üretilmiştir. Sıvı parafin analiz sonucu aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Tablo 6. Parafin Analiz Sonuçları

Sıvı Parafin Analiz Sonuçları	
Analiz Edilen Maddeler	Test Sonuçları
Katı Madde Oranı (%)	60.44
Yoğunluk (gr/cm³)	0.95
Erime Noktası Tayini	62
pH	9.9
Akma Zamanı (sn)	18.67

3.1.5. Sertleştirici

Sertleştirici hazırlanması için kullanılan Amonyum Klorür kimyasalı toz halince Kastamonu Entegre Gebze tesislerinden temin edilmiştir. Yine aynı şekilde Sertleştirici hazırlanması için kullanılan pişirici besleme helezonu atık suyu da Kastamonu Entegre Gebze tesislerinde temin edilmiştir. Sertleştirici katısı %15 olacak şekilde amonyum klorür ve pişirici besleme helezonu atık suyu karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan sertleştiricinin pH değeri 5,03 olarak ölçülmüştür.

Odundaki çözülebilir organik asitler liflendirme aşamasında odundan ayrıldığı için atık su pH ‘ı genelde düşüktür (yaklaşık 5). (Dominguez, 2016)



Şekil 40. Pişirici besleme helezonu atık suyu



Şekil 41. Amonyum Klorür



Şekil 42. Deneme için hazırlanan sertleştirici pH ölçümü

3.2. Deneme Levhalarının Üretimi

Deney levhalarının üretiminde Kastamonu Entegre Gebze tesislerinde liflendirme ünitesinde üretilmiş lifler kullanılmıştır. Üretim planı tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Levha Üretim Planı

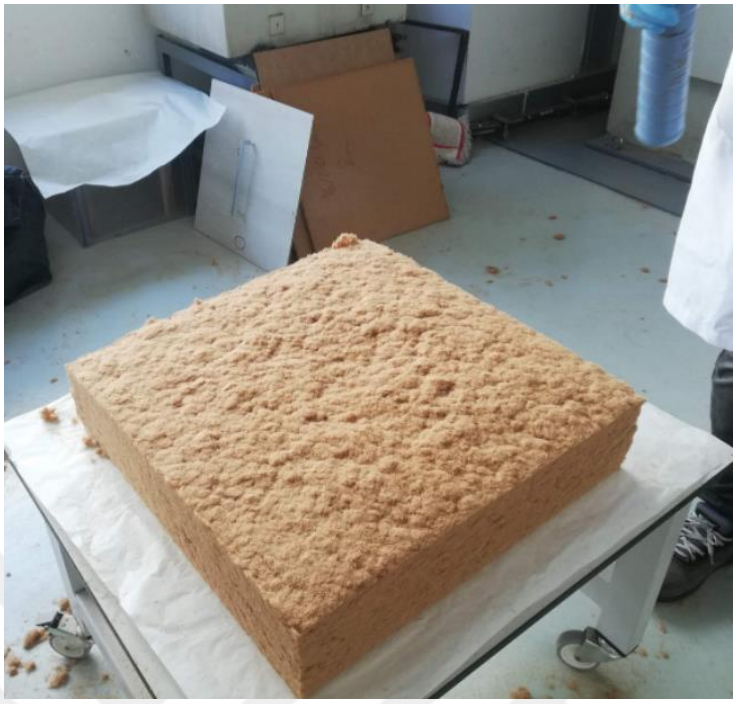
Levha Grupları	Tutkal Türü	Sertleştirici Tipi	Sertleştirici Katısı (%)	Pres Sıcaklığı (°C)	Pres süresi (dk)	Pres Basıncı (Bar)
A	ÜF	%100 Çam Odun Suyu İle Hazırlanan	15	210	2	55
B	ÜF	%30 Çam, %70 Kayın Odun Suyu İle Hazırlanan	15	210	2	55
C	ÜF	Normal hazırlanmış şahit	15	210	2	55

Deneme levhalarının üretimi Kastamonu Entegre ARGE merkezi Laboratuarında gerçekleştirilmiştir. Ön görülen levha yoğunluğuna göre lifler hazırlanmıştır. Lifler laboratuvarda mevcut bulunan tutkallama makinesine konulmuştur. Tutkallama işlemi sabit devirde dönen otomatik tamburlu tutkallama makinesinde gerçekleştirilmiştir. Liflere tutkal homojen bir şekilde uygulanmıştır.



Şekil 43. Deneme üretimi için liflerin tutkallanması

Tutkallama makinesinden çıkan lifler oluşabilecek lif toplanmalarını gidermek için elektrikli bir tırmık ile karıştırılmıştır. 50 cm × 50 cm ölçülerindeki alüminyum taslak saçı üzerine yapışmaz ve ısıya dayanıklı kağıt serilerek üzerine lifler serilmiştir. Serme işleminden sonra lifler şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla ile sıkıştırılmıştır. Şekillendirme tablası yavaş yavaş ve levha kenarlarına zarar vermeden çıkarılmıştır. Bu işlemi takiben en üst tabakaya yine ısıya dayanıklı yapışmaz kağıt ve üzerine alüminyum sac konulduktan sonra sıcak tam otomatik kontrollü laboratuvar tipi prese verilmiştir. Preslemede uygulanan basınç 55 bar, sıcaklık 210˚C ve süre 2 dakikadır. Hedeflenen levha kalınlığı 5 mm'dir.



Şekil 44. Levha taslağı



Şekil 45. Laboratuvar tipi pres



Şekil 46. Üretilen deneme levhası

3.3. Metod

3.3.1. Fiziksel Özellikler

3.3.1.1. Birim Hacim Ağırlığı

TS-EN 323 (1999) ‘de belirtildiği gibi 50x50 mm² ölçüsünde 2 farklı şarttan üretilen 2’şer levhadan alınan toplamda 10 parça kullanılmıştır.

$$D = \frac{m}{V}$$

D: Birim Hacim Ağırlığı(Yoğunluk) (gr/cm³)
m: Ağırlık (gr)
V: Hacim (cm³)



Şekil 47. Test yapılıma anından bir görüntü

3.3.1.2. Rutubet Miktarı

Rutubet miktarı belirlenirken TS-EN 322 (1999) baz alınmıştır. Her levha için 3 adet 50x50 mm² ölçülerinde örnekler kullanılmıştır. Örnekler 0,01 g duyarlılıkta hassas terazide tartılmıştır. Hazırlanan örnekler kurutma dolabına konarak 103 ± 2 ºC'de sabit kütleye ulaşılıncaya kadar kurutulmuştur. Sabit kütleye ulaşıldıktan sonra örnekler tekrar 0.01 g duyarlılıkta hassas terazide tartılarak aşağıda görülen formül ile hesaplanmıştır.

$$r = \frac{mr - m0}{m0} x(100)$$

Formülde görülen kısaltmalar;

r : Yüzdelik olarak rutubet

mr : Örnek ilk ağırlığı (g)

m0 : Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

3.3.1.3. Su Alma Miktarı

24 saat su alma miktarlarının belirlenmesi için her levhadan 10'ar adet 50x50 mm^2 örnekler hazırlanmıştır. Örnekler 0,01 g duyarlılıkta assa terazide tartılmıştır. Tartılma işlemi bittikten sonra suyunun sıcaklığı 20±1 ºC olan termostatlı su banyosu havuzuna örnekler birbirlerine temas etmeyecek şekilde su yüzeyi üzerinden 25 mm aşağıda olacak şekilde konmuştur. 24 saat sonra örnekler su banyosu havuzundan dışarı alınmıştır. Fazla suları bezle silindikten sonra 0,01 g duyarlılıktaki hassas terazi ile tartılmışlardır. Bu ölçümler sonrasında su alma miktarı aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmıştır.

$$Sa = \frac{t2-t1}{t1} x\ (100)$$

Bu formüle göre;

Sa : Su alma değeri (%)

t1 : Örneğin suya daldırılmadan önceki ağırlığı (g)

t2 : Örneğin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (g)

3.3.1.4. Kalınlık Artışı

Her levhadan 10'ar adet örnek alınmıştır. Alınan örnekler tam orta noktalarından 0.01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülmüştür. Deney örnekleri 20±2 ºC sıcaklıkta temiz suda 24 saat boyunca su yüzeyi üzerinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 24 saat bekledikten sonra sudan çıkarılmıştır. Örneklerin fazla suları bir bez yardımı ile silinmiştir. Kalınlıklar ilk ölçüm noktalarından tekrar ölçülerek kalınlık artışı aşağıda görülen formül ile hesaplanmıştır.

$$Ka = \frac{my - ek}{ek} x(100)$$

Bu formülde;

Ka : Kalınlık artışı (%)

my : Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

ek : Suda bekletilmeden önceki örnek kalınlığı (mm)



Şekil 48. Havuzda bekletilen levhalar

3.3.2. Mekanik Özellikler

Deney için üretilen levhaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi için Kastamonu Entegre Gebze fabrikasında bulunan IMAL marka bilgisayar kontrollü test makinası kullanılmıştır. Bu cihaz belirli periyotlarda kalibrasyon yapılarak ölçümler için gerekli sertifikaları güncellenmektedir.

3.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS-EN 310 (1999) standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Eğilme direncinin belirlenmesi için her levhadan 4'er adet örnek alınmıştır. Örnekler 41x5 cm^2 ölçülerinde hazırlanmışlardır. Kalınlıklar yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0.01 mm duyarlılıkta kumpasla ölçülerek ortalaması alınarak belirlenmiştir. Eğilme

direnci deneyi IMAL Üniversal test makinesinde yapılmıştır. Yapılan ölçümler aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$fm = \frac{3.\mathrm{Fmax.ls}}{2.\mathrm{b.t}^2} \ (\mathrm{N/mm^2})$$

Bu formülde;

fm : Eğilme direnci (N/mm2)

Fmax : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

Ls : Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

b : Deney parçasının genişliği (mm)
t : Deney parçasının kalınlığı (mm)

3.3.2.2. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyleri TS-EN 319 (1999) da verilen standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen her gruptan 12'şer adet 50x50 mm2 boyutlarında örnekler hazırlanmıştır.

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci deneylerinin yapılması için imal test makinası kullanılmıştır. Numuneler, test makinasındaki kavrama noktaları arasına yerleştirilmiştir. Çekme kuvveti uygulanarak kırılması sağlanmıştır. Kuvveti uygulayan basıncın hareket hızı, yükü deney boyunca sabit olarak gerçekleşmesine ve 60±30 saniyede, deney parçasını koparacak en yüksek kuvvete gelecek şekilde ayarlanmıştır. Deney parçasının kopmasını sağlayan maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülmüştür. Yüzeye dik yönde çekme direnci aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$ft = \frac{Fmax}{axb}$$

Bu formülde;

ft : Yüzeye dik çekme kuvveti (N/mm²)

Fmax : Kopma yükü (Newton)

a,b : Deney parçasının uzunluk ve genişliği (mm)

3.3.3. Formaldehit Emisyonu

Üretilen deneme levhalarının serbest formaldehit emisyonları perforatör test yöntemi ile hesaplanmıştır. Perforatör yöntemi; toluen kimyasalının içinde kaynatılan levha örneklerinin, kaynatılan levhalardan ayrılan formaldehitin destile suya geçmesi sonucu yapılan ölçüme dayanmaktadır (TS EN 12460-5).

Perforatör test yönteminde 105±5 gr levha örneği kullanılmış ve UV Spektrofotometre cihazı ile numunelerin serbest formaldehit ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Örnekler 103±2°C sıcaklıkta etüvde levha ağırlığı sabit hale gelene kadar bekletilmiştir ve levha rutubetleri belirlenmiştir. Sonrasında 105±5 gr levha örneği alınarak 1 lt'lik cam balona konmuştur. Üzerine 600 ml saf tolüen eklenmiştir. Sistemin sızdırmazlığı teflon kullanılarak sağlanmıştır. Soğutucu kısmına 150 ml'lik saf su konularak kaçan gaz burada toplanmıştır. Isıtıcı 20 – 30 dakika arasında kaynamayı oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. Toluen dakikada 70 -90 damlama olacak şekilde sabitlenerek takip edilmiştir. Kaynama başladıktan iki saat sonra kaynama işlemi sonlandırılmıştır. Kaynama işlemi bitirilerek tolüen dinlendirilmiş olarak soğutulmuş ve perforatör musluğundan saf su geçirilerek balon jojeye konulmuştur. Perfaratörün bütün parçaları saf suda yıkanılarak toluensiz olan kısmı balon jojeye alınmıştır. Ayrıca soğutucu kısmındaki 150 ml'lik saf su balon joje içerisine alınır ve son olarak bu karışım saf su ile 2lt'ye tamamlanmıştır. 2 lt'ye tamamlanan karışımdan otomatik pipet yardımı ile 1 ml numune alınmıştır ve LCK 325 kitindeki Asetaldehit solüsyonu içine boşaltılmıştır. Sonra LCK 325 kitindeki amonyum asetat sıvısından da otomatik pipet yardımı ile 1 ml örnek alınmış ve asetaldehit solüsyonu içine boşaltılmıştır. 40 °C'de 15 dakika süre boyunca termoreaktörde ısıtılmıştır. Sonrasında karanlık bir dolapta kitler 1 saat bekletilmiştir.

1 saatlik bekleme süresinden sonra kitin dış yüzeyi temiz bir peçete ile silinmiştir. Önceden açılmış olan spektrofotometre içerisine konmuştur. Daha sonra cihaz üzerinde okunan değer alınmıştır. Aşağıda serbest formaldehit değerlerinin hesaplandığı formül görünmektedir.

$$\text{Numune Levha Kuru Ağırlığı} = \frac{Rutubetli\ Ağırlık}{(1+r)/100}$$

$$\text{Serbest Formaldehit} = \frac{\text{Cihazda Okunan Değer x 2}}{Numune\ Levha\ Kuru\ Ağırlığı} X100$$

4. BULGULAR

Pişirici yonga besleme helezonundan alınan %100 Çam (A levhaları) ve %70 Kayın %30 Çam odunu karışımı atık sularından (B levhaları) amonyum klorür ile hazırlanan %15 katı değerine sahip sertleştirici ile üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellik testleri yapılmış ve elde edilen değerler aşağıdaki ilgili başlıklar altında gösterilmiştir.

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Yoğunluk

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhaların ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) yoğunluk test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 8. Yoğunluk değerleri tablosu

Levha Kodu	Sertleştirici tipi	Ortalama Yoğunluk değeri (kg/m³)
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	910.9 (19.8)
B	%30 Çam %70 Kayın odun suyu ile hazırlanan	872.8 (38.9)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	880.3 (46.41)

Değerler incelendiğinde ortalama yoğunluk değeri 910.9 kg/m^3 ile A levhası en yüksek yoğunluğa sahip levha olmuştur. Ortalama yoğunluk değeri 872.8 kg/m^3 ile B levhası en düşük yoğunluklu levha olmuştur.

4.1.2. Rutubet Miktarı

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) rutubet miktarı test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 9. Rutubet miktarları tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Ortalama Rutubet Miktarı (%)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	6.11 (0.12)
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	6.78 (0.20)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	6.24 (0.39)

* Parantez içindeki değerler standart sapmadır

Değerler incelendiğinde ortalama rutubet miktarı % 6.78 ile B levhası en yüksek rutubete sahip levha olmuştur. Ortalama rutubet miktarı % 6.11 ile A levhası en düşük rutubetli levhalar olmuştur.

4.1.3. Su Alma Miktarı

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) su alma miktarı test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 10. Su alma miktarları tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Ortalama Su Alma Miktarı (%)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	37.05 (6.2)
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	35.19 (7.35)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	31.16 (2.12)

* Parantez içindeki değerler standart sapmadır

Değerler incelendiğinde ortalama su alma miktarı % 37.05 ile A levhası en yüksek su alma değerine sahip levha olmuştur. Ortalama su alma miktarı % 31.16 ile C levhası en düşük su alma değerine sahip levha olmuştur.

4.1.4. Kalınlık Artış Miktarı

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) kalınlık artış miktarı test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 11. Kalınlık artış miktarları tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Ortalama Kalınlık Artış Miktarı (%)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	19.69 (4.78)
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	16.19 (3.09)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	15.44 (2.25)

* Parantez içindeki değerler standart sapmadır

Değerler incelendiğinde ortalama kalınlık artış miktarı % 19.69 ile A levhası en yüksek kalınlık artışı değerine sahip levha olmuştur. Ortalama kalınlık artışı miktarı % 15.44 ile C levhası en düşük kalınlık artışı değerine sahip levha olmuştur.

4.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

4.2.1. Eğilme Direnci Test Değerleri

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) eğilme direnci test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 12. Eğilme direnci değerleri tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Ortalama Eğilme Direnci Değerleri (N/mm²)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	39.10 (9.27)
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	41.77 (5.80)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	30.73 (6.69)

* Parantez içindeki değerler standart sapmadır

Değerler incelendiğinde ortalama eğilme direnci miktarı 41.77 N/mm² ile B levhası en yüksek eğilme direnci değerine sahip levha olmuştur. Ortalama eğilme direnci miktarı 30.73 N/mm² ile C levhası en düşük eğilme direnci değerine sahip levha olmuştur.

4.2.2. Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) yüzeye dik yönde çekme test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 13. Yüzeye dik yönde çekme değerleri tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Ortalama Yüzeye Dik Yönde Çekme Test Değerleri (N/mm2)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	0.58 (0.15)
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	0.38 (0.02)
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	0.32 (0.06)

* Parantez içindeki değerler standart sapmadır

Değerler incelendiğinde ortalama yüzeye dik yönde çekme test sonucu değeri 0.58 N/mm² ile A levhası en yüksek yüzeye dik yönde çekme değerine sahip levha olmuştur. Ortalama yüzeye dik yönde çekme değeri 0.32 N/mm² ile C levhası en düşük yüzeye dik yönde çekme değerine sahip levha olmuştur.

4.2.3. Serbest Formaldehit Test Değerleri

Pişirici yonga besleme helezonu atık sularından yapılan sertleştirici ile üretilen A ve B levhalarının ve normal su ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen kontrol levhasının (C levhası) serbest formaldehit test değerleri aşağıda görülmektedir.

Tablo 14. Serbest formaldehit test değerleri tablosu

Levha Kodu	**Sertleştirici Tipi**	**Serbest Formaldehit Test Değerleri (mg/100gr)**
A	%100 Çam odun suyu ile hazırlanan	13.32
B	%30 Çam %70 Kayın odun karışımı suyu ile hazırlanan	12.15
C	Normal hazırlanmış kontrol örneği	13.08

Değerler incelendiğinde serbest formaldehit test sonucu değeri 13.32 mg/100 gr ile A levhası en yüksek serbest formaldehit değerine sahip levha olmuştur. Serbest formaldehit test sonucu 12.15 mg/100 gr ile B levhası en düşük serbest formaldehit değerine sahip levha olmuştur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada pişirici yonga besleme helezonu atık suları ile amonyum klorür kullanılarak hazırlanan sertleştirici ile liflevha üretilmesi ve bu levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile serbest formaldehit değerleri incelenmiştir. Pişirici yonga besleme helezonundan iki farklı odun karışım oranı ile çıkan atık sularla çalışma yapılmıştır. Bu alınan sulardan birisi %100 çam odunu atık suyu ve ikincisi %70 kayın, %30 çam odun karışımı atık suyudur.

Bu çalışmadaki sonuçlar kontrol örnekleri test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Kullanılan atık sular ile hazırlanmış sertleştiricinin yoğunluk değerlerine etkisi gözlemlenmemiştir. Levha yoğunluklarına en büyük etki levha üretilen hatlardaki serme hattının markası, özellikleri ve yetenekleridir (serme yoğunluğunun dengeli dağılmasını sağlayacak spesifik araçların olup olmamasıdır). Liflevhalarda yoğunluk yükseldikçe levhanın mekanik özellikleri iyileşmektedir (Suchland ve Woodson, 1991).

Levha rutubetlerine pişirici yonga besleme helezonu atık suları ile hazırlanan sertleştiricinin etkisi gözlemlenmemiştir. Üretim hatlarında levha rutubetleri üretilen levhanın pres hızı, preste uygulanan sıcaklık değerleri ile doğrudan etkilidir. Presin üretim hızı

düştüğünde, levhanın pres içerisinde kaldığı süre uzadığı için, levha içerisindeki rutubet pres gaz atma bölgesinde iken levhadan atılarak levhanın rutubeti düşmektedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda çalışıldığında da yine levhanın daha hızlı bir şekilde rutubeti atması sağlanmakta ve levha rutubeti düşmektedir.

Üretilen levhaların su alma değerleri % 31.16 ile %37.05 arasında değişmektedir. Levhanın su alma özelliğine etki eden parametreler levhanın yoğunluğu ve su itici özelliği sağlayan parafin emülsiyonu miktarıdır. Su itici özellik arttırmak için parafin emülsiyonu çok fazla arttırılırsa, levhanın içsel yapışma özelliği kötü yönde etkilenmektedir. Liflevha gibi ağaç bazlı levhalarda yoğunluğun artmasıyla birlikte su alma ve kalınlığına şişme değerlerini olumsuz olarak etkilemektedir (Güler, 2015). Yapılan çalışmada yoğunluğu yüksek olan A levhasının su alma değerinin de yüksek gelmesi literatürdeki çalışmaları doğrulamaktadır.

Üretilen levhaların kalınlık artışları incelendiğinde değerlerin %15.44 ile % 19.69 arasında değiştiği görülmüştür. Profesyonel bir tutkallama sisteminde, liflere kimyasalların uygulanmasında laboratuvar ortamında yapılandan daha stabil bir uygulama olacağı için değerler kontrol örneğindeki değerleri rahatça yakalayacaktır. Levha üretiminde kullanılan liflerin yüzeyleri ne kadar iyi tutkallanırsa lifler arasındaki bağlar daha iyi oluşmaktadır. Bu güçlü bağlar sayesinde levhanın tüm mekanik ve fiziksel özelliklerinde iyileşmeler gözlemlenmektedir. Ayrıca yukarıdaki paragrafta belirtildiği üzere yoğunluğu yüksek gelen A levhasının kalınlık artışının da yüksek gelmesi, liflevha yoğunluğunun yükseldikçe mekanik özellikleri iyileştirirken, su alma ve kalınlığına şişme değerlerini olumsuz etkilediğini göstermektedir.

Üretilen levhaların eğilme direnci değerleri incelendiğinde değerlerin 30.73 N/mm² ile 41.77 N/mm² arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu değerlere göre pişirici yonga besleme atık suyu ile hazırlanan sertleştirici ile üretilen ürünlerin kontrol örneğindeki değerlerden daha yüksek olduğu, levhada olumlu bir değişiklik oluştuğu görülmektedir. B levhasının eğilme direnci değeri 41.77 N/mm² gelerek %70 kayın %30 çam odunu karışımından alınan yonga pişirici atık suyunun kullanıldığı sertleştirici ile en iyi sonuca ulaşıldığı görülmüştür. Buradan alınan yonga pişirici atık suyunun sisteme, normal suyla hazırlanan (asiditesi düşük) sertleştiriciye göre, pH değeri 5 -5,5 aralığında girmesi ile katkıda bulunmuş ve tutkal bağlarının daha iyi olmasını sağlamış ve mekanik özellikleri iyileştirdiği görülmüştür.

Üretilen levhaların yüzeye dik yönde çekme değerleri incelendiğinde değerlerin ortalama 0.32 N/mm² ile 0.58 N/mm² arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek değer olan ortalama 0.58 N/mm² değeri %100 çam atık suyu ile üretilen liflevhaya aittir. Aynı zamanda, yoğunluk artıkça masif odunda olduğu gibi, liflevhalarda da çekme dayanımın arttığı söylenebilir. Literatürde de geçen bazı kaynaklar bunu teyit etmektedir. Levhaların özgül ağırlıkları arttıkça mekanik dayanımı da artmaktadır(Bektaş, Özkalaycı, Ak ve Bal, 2017). Levha üretiminde kullanılan liflerin yüzeyleri ne kadar iyi tutkallanırsa lifler arasındaki bağlar daha iyi oluşmakta ve bu sayede dik yönde çekme dirençleri olumlu yönde etkilenmektedir. Ayrıca B levhasının yoğunluğu C levhası yoğunluğundan daha düşük olmasına rağmen sertleştiriciden gelen, yine yukarıda belirtildiği gibi, pH değerleri bakımından asiditesi yüksek olan su ile hazırlanan sertleştiricinin tutkal bağlarının daha iyi oluşmasını ve mekanik değerlerin yükselmesini sağladığı gözlemlenmiştir.

Üretilen levhaların serbest formaldehit testleri perfaratör metodu ile yapılmıştır. Değerler incelendiğinde ortalama 12.15 mg/100 gr ile 13.32 mg/100 gr arasında değiştiği görülmüştür. En düşük değer olan 12.15 mg/100 gr değeri %70 kayın, %30 çam odun karışımı atık suyu ile hazırlanan sertleştirici kullanılarak üretilen levha olan B levhasında görülmüştür.%70 yapraklı ağaç ve %30 iğne yapraklı ağaç odun karışımlarının serbest formaldehit değerlerinin daha düşük geldiği yapılan çalışmalarda görülmüştür (Akın ve Özdemir, 2020). %70 kayın %30 çam odunu karışımı atık suyu ile üretilen liflevhaların formaldehit emisyonu değerleri diğer levhalardan daha düşük gelmiştir. Ayrıca serbest formaldehit değerlerinin levha rutubeti yükseldikçe yaklaşık 0,5 ila 1,5 mg/100gr değerlerinde daha düşük geldiği fabrikada yapılan testlerde görülmüştür. A levhasının serbest formaldehit değeri 13.32 mg/100 gr değeri ile en yüksek değere sahip olmuştur. Buna formaldehit ayrışmasının yüksek miktarda etonol ve suda çözünen ekstraktif maddelerden kaynaklandığı ve özellikle çam odununda diğer türlere göre daha fazla ekstraktif madde içerdiği olduğu da düşünüldüğünde %100 yonga pişirici atık besleme atık suyundan yapılan sertleştiricinin sebep olduğu söylenebilmektedir.

Bu çalışmada pişirici besleme helezonundan çıkan atık suların sertleştirici hazırlanmasında kullanılabileceği görülmüştür. Laboratuvar ortamında üretilen değerler göz önüne alındığında, fabrikada pişirici atık suyu ile sertleştirici hazırlanarak üretim yapılması halinde levhalarda ölçülen değerlerin daha da iyi olacağı görülecektir. Serbest formaldehit

testlerinde %100 çam odunundan alınan yonga pişirici atık suyunun içerdiği fazla miktardaki suda çözünebilen ekstraktif maddelerden dolayı iyileştirici bir etkisi gözlemlenemediği için %100 yonga pişirici besleme atık su ile hazırlanan sertleştiriciyi bir formaldehit tutucu gibi düşünülmemesi gerektiği anlaşılmıştır.

Farklı odun türleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kavak, huş ve şeker akçaağacı odunlarının sıcak suda çözünen ekstraktif madde oranları sırasıyla %2 , %1,28 ve 1,12 olarak hesaplanmıştır (Huş, 1959). Özellikle kavak odununun kimyasal bileşimi yapraklı ağaç odunlarından bir çoğuna benzemektedir. Bu değerlere göre diğer türlerin kullanıldığı liflevha proseslerinden alınacak olan %70 yapraklı ağaç, %30 iğne yapraklı ağaç odun karışımı pişirici yonga besleme atık suları da sertleştirici yapımında kullanılabilecektir.

Fabrikada pişirici atık suyu ile sertleştirici hazırlanırken suyun filtreden geçirilerek kullanılması önemlidir. Atık suyun içinde bulunan katı partiküllerin tutkallama sistemine gitmesini önleyecek ve olası tutkal enjektör ve tutkal akış ölçer tıkanmalarını önleyecektir. Sertleştirici hazırlama suyu olarak %100 oranında pişirici besleme atık suyu kullanılabileceği bu çalışma ile görülmüştür. Bu sayede sertleştirici hazırlama için su maliyetleri minimuma indirilmesi sağlanacaktır. Günümüzde suyun daha verimli kullanılması için pişirici besleme helezonu atık sularının değerlendirilmesi hem üreticiler için hem de dünyamız için çok önem arz etmektedir.

Test sonuçları topluca değerlendirildiğinde serbest formaldehit değerleri göz ardı edilerek sadece mekanik özelliklerin iyileştirilmesi için yüksek yoğunluklu levhalarda tutkal sertleştirici suyu olarak pişirici yonga besleme helezonundan alınan %100 çam odunu suyu kullanılması tavsiye edilmektedir. Orta yoğunluklu liflevhalarda sert ve yumuşak odun karışımı ile alınan pişirici yonga besleme atık suları da kullanılabilir. Serbest formaldehit test değerlerinin iyileştirilmesi için ise tutkal sertleştirici suyu olarak pişirici yonga besleme helezonundan alınan %70 kayın %30 çam odun suyunun kullanılması tavsiye edilmektedir.

KAYNALAR

Akbulut, T. (1999). Dünya' da ve Türkiye'de MDF endüstrisinin genel durumu. *LAMİNART, Mobilya & Dekorasyon & Sanat & Tasarım Dergisi*, Sayı 3.

Akın,İ, H. Özdemir (2020). Odun Karışımı ve Tutkal Mol Oranının Liflevhanın Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi, http://dergipark.gov.tr/journal/256/workflow/active ISSN 2148-7855 (online), ISSN 2148-7871 Duzce University Forestry Faculty

Bektaş, İ., Özkalaycı, A., Ak, A. K., & Bal, B. C. (2017). Investigation of the Effect of Density on Some Mechanical Properties of Fiberboard.https://www.woodforce.com/about/making-woodforce.

Candan, Z. (2007). 'Bazı üretim değişkenlerinin MDF'nin dikey yoğunluk profili ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi', Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Çamlıbel, O. (2012). Orta Yoğunlukta Liflevha (MDF) Üretiminde İnorganik Dolgu Maddelerinden Kaya Tuzu Kalsit, Boraks Pentahidrat ve Talk Minerallerinin Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü*, Doktora Tezi. Düzce.

Eroğlu, H. 1998. Liflevha Endüstrisi Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000). Liflevha Üretim Teknolojisi, K.T.Ü Basımevi, Trabzon, Türkiye.

Güler, C. (2015). Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi ve Fabrikasyon Islemi, Alim Kitapları Yayınları, Sayfa Sayısı 168, ISBN:978-3-639-67436-1.

Güler, C. (2015). Farklı Kalınlıklarda Üretilmiş Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri. Ormancılık Dergisi, 11(1), 52-63.

Kalaycıoğlu, H., Özen, R. (2012) Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, KTÜ, Trabzon, Türkiye

Tank, T. (1998). 'Tutkallar ve Yapıştırma Tekniği', Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Suchsland, O., Woodson, G.E. 1986. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, Agric. Handb. 640, U.S. *Department of Agriculture,* Washington, DC, USA.

Suchsland, O., Woodson, G.E. 1991. Fiberboard Manufacturing Practices in the United States, U.S. Department of Agriculture, Forest Service No: 640, Louisiana, USA

URL-3. Acar Kimya, Amonyum Sülfat. 10.10.2018 tarihinde http://www.acarchemicals.com/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=11&id2=1033 adresinden alınmıştır.

URL-9. Foreks Kimya, 2013, 21.07.2013 tarihinde http://www.forekskimya.com.tr adresinden alınmıştır.

Yapıcı, F. (2008). Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Odununun OSB Üretiminde Kullanılmasında Bazı Üretim Faktörlerinin Levha Özellikleri Üzerine Etkisi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,143s, Bartın.

https://asrkimya.com/UrunDetay/tarim-kimyasallari/amonyum-sulfat-1059.

https://books.google.com.tr/books?id=TPFmCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false