



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

**ODUN KARIŞIMI VE TUTKAL MOL ORANININ LİF LEVHANIN
FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

İSMAİL AKIN

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

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ HASAN ÖZDEMİR**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ODUN KARIŞIMI VE TUTKAL MOL ORANININ LİF LEVHANIN
FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

İsmail AKIN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Oktay GÖNÜLTAŞ
Bursa Teknik Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 28/06/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

28 Haziran 2019

İsmail AKIN



Sevgili Aileme

TEŐEKKÜR

Tezin hazırlanması süresince gösterdiği her türlü destekten dolayı, araştırma konusunun tespitinde ve bilimsel önerilerinden dolayı Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu süreçte beni yalnız bırakmayan, desteklerini esirgemeyen eşim Fatma AKIN'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

MDF üretim departmanında görev yaptığım Çamsan Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ő. Teknik Genel Müdür Yardımcısı Sayın Metinay TOPKAYA'ya, Üretim Müdürü Sayın Fatih ÇABUKOĞLU'na, MDF Üretim Şefi Sayın Ömer Yavuz BAYRAK'a, MDF Üretim Mühendisleri Selim Sabri EMİROĞLU'na, İbrahim ABACI'ya, Çağatay DALGIN'a, Kalite Kontrol Mühendisi Serkan YİĞİT'e ve tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

28 Haziran 2019

İsmail AKIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
KISALTMALAR.....	X
SİMGELER	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. 2.1. ODUNUN YAPISI.....	3
2.1.1. Odunun Kimyasal Yapısı.....	3
2.1.1.1. Selüloz	3
2.1.1.2. Hemiselüloz	4
2.1.1.3. Lignin	4
2.1.1.4. Ekstraktif Maddeler.....	4
2.2. LİF LEVHA	5
2.2.1. Lif Levhaların Tanımı ve Sınıflandırılması	5
2.2.2. Türkiye’de Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi.....	6
2.3. TUTKAL.....	6
2.3.1. Üre Formaldehit Tutkalı (UF)	7
2.3.2. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF).....	8
2.3.3. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı (MUF)	9
2.4. KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	10
2.4.1. Çam.....	10
2.4.2. Akçaağaç	10
2.4.3. Kayın	11
2.4.4. Meşe	11
3. MATERYAL VE METOD.....	12
3.1. MATERYAL	12
3.1.1. Lifsel Hammadde	12
3.1.2. Kimyasal Maddeler	12
3.1.2.1. Tutkal.....	12
3.1.2.2. Sertleştirici Maddeler.....	13
3.1.2.3. Parafin.....	13
3.2. METOD.....	14
3.2.1. Lif Levha Üretimi.....	14
3.2.1.1. Levha Üretim Aşamaları	14

3.2.1.2. Üretilen Levhalara Ait Şartlar	17
3.2.1.3. Levha Kesim Planı	17
3.2.2. Üretilen Levhaların Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi	18
3.2.2.1. Levha Yoğunluk Dağılımının Kontrolü	18
3.2.2.2. Levha Yoğunluk Dağılım Grafiği Kontrolü.....	18
3.2.2.3. Kalınlığına Şişme ve Su Alma Yüzdesi Kontrolü.....	18
3.2.2.4. Yüzey Porozitesi Testi	19
3.2.2.5. Yüzey Sağlamlığı Testi	20
3.2.2.6. Levha Rutubeti Kontrolü	20
3.2.2.7. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Kontrolü.....	21
3.2.2.8. Çekme Direnci Kontrolü	22
3.2.2.9. Serbest Formaldehit Miktarının Belirlenmesi.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	23
4.1. BULGULAR.....	23
4.1.1. %100 Kayın Kullanılan Test Örnekleri.....	23
4.1.1.1. 1. Grup 1,16 Mol Oranı	23
4.1.1.2. 2. Grup 1,11 Mol Oranı	24
4.1.2. %20 Kayın %30 Meşe %50 Çam Kullanılan Test Örnekleri.....	26
4.1.2.1. 1. Grup 1,11 Mol Oranı	26
4.1.2.2. 2. Grup 1,16 Mol Oranı	28
4.1.3. %70 Akçaağaç %30 Çam Kullanılan Test Örnekleri.....	30
4.1.3.1. 1.Grup 1,11 Mol Oranı	30
4.1.3.2. 2.Grup 1,16 Mol Oranı	31
4.1.4. %25 Meşe %75 Çam Kullanılan Test Örnekleri	33
4.1.4.1. 1. Grup 1,11 Mol Oranı	33
4.1.4.2. 2. Grup 1,16 Mol Oranı	35
4.2. TARTIŞMA	37
4.2.1. Kalınlığına Şişme.....	37
4.2.2. Yüzey Absorpsiyonu (Yüzey Emiciliği).....	38
4.2.3. Yüzey Sağlamlığı Testi.....	41
4.2.4. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Testi	42
4.2.5. Çekme Direnci Testi.....	44
4.2.6. Serbest Formaldehit Miktarının Belirlenmesi.....	46
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49
6. KAYNAKLAR	50
7. EKLER.....	53
7.1. %100 KAYIN KULLANILAN 1. GRUP 1,16 MOL ORANI	53
7.2. %100 KAYIN KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI	53
7.3. %20 KAYIN, %30 MEŞE, %50 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI	54
7.4. %20 KAYIN, %30 MEŞE, %50 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI	54
7.5. %70 AKÇAĞAÇ %30 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI.	55
7.6. %70 AKÇAĞAÇ %30 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI.	55
7.7. %25 MEŞE %75 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI	56

7.8. %25 MEŞE %75 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI	56
ÖZGEÇMİŞ.....	1



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2. 1. Selüloz.	4
Şekil 2.2. Üre Formaldehit Kondenzasyon Reaksiyonu [20].	8
Şekil 2.3. Fenol Formaldehitin Kondenzasyon Reaksiyonu [20].	9
Şekil 3. 1. Yonga depolama silosunun dışardan ve içerden görünümü.	14
Şekil 3. 2. Levha Kesim Planı.....	17
Şekil 3. 3. Porozite ölçüm sehpası ve ölçüm yapılmış test levhası.....	19
Şekil 3. 4. Eğilme ve elastikiyet testinin yapılması.	21
Şekil 3. 5. Çekme Direnci testinin yapılması ve kopan levha örnekleri.	22
Şekil 4.1. 1,11 mol oranı kalınlığına şişme miktarları.	38
Şekil 4.2. 1,16 mol oranı kalınlığına şişme değerleri.	38
Şekil 4.3. 1,11 mol oranı yüzey absorpsiyon miktarları.	40
Şekil 4.4. 1,16 mol oranı yüzey absorpsiyon miktarları.	40
Şekil 4.5. 1,11 mol oranı yüzey sağlamlığı miktarları.	41
Şekil 4.6. 1,16 mol oranı yüzey sağlamlığı miktarları.	42
Şekil 4.7. 1,11 mol oranı eğilme direnci miktarları.	43
Şekil 4.8. 1,16 mol oranı eğilme direnci miktarları.	43
Şekil 4.9. 1,11 mol oranı elastikiyet modülü miktarları.	44
Şekil 4.10. 1,16 mol oranı elastikiyet modülü miktarları.	44
Şekil 4.11. 1,11 mol oranı çekme direnci miktarları.	45
Şekil 4.12. 1,16 mol oranı çekme direnci miktarları.	46
Şekil 4.13. 1,11 mol oranı formaldehit emisyonu miktarları.	47
Şekil 4.14. 1,16 mol oranı formaldehit emisyonu miktarları.	47

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	23
Çizelge 4.2. %100 kayın ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları...	24
Çizelge 4.3. %100 Kayın ve 1,16 mol oranındaki levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	24
Çizelge 4.4. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	24
Çizelge 4.5. %100 kayın ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.	25
Çizelge 4.6. %100 Kayın ve 1,16 mol oranındaki levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	25
Çizelge 4.7. %100 Kayın kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.	26
Çizelge 4.8. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	26
Çizelge 4.9. %20 kayın, %30 meşe, %50 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.....	27
Çizelge 4.10. %20 kayın %30 meşe %50 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.....	27
Çizelge 4.11. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	28
Çizelge 4.12. %20 kayın, %30 meşe, %50 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.....	28
Çizelge 4.13. %20 kayın %30 meşe %50 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	29
Çizelge 4.14. %20 kayın, %30 meşe, %50 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.	29
Çizelge 4.15. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	30
Çizelge 4.16. %70 akçağaç, %30 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.....	30
Çizelge 4.17. %70 akçağaç, %30 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	31
Çizelge 4.18. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	31
Çizelge 4.19. %70 akçağaç, %30 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.....	32
Çizelge 4.20. %70 akçağaç, %30 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	32
Çizelge 4.21. %70 akçağaç, %30 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.....	33
Çizelge 4.22. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	33
Çizelge 4.23. %25 meşe, %75 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.	34
Çizelge 4.24. %25 meşe, %75 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	34

Çizelge 4.25. Yonga ve kimyasal bilgileri.....	35
Çizelge 4.26. %25 meşe, %75 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.	35
Çizelge 4.27. %25 meşe, %75 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.	36
Çizelge 4.28. %25 meşe, %75 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.	36
Çizelge 5. 1. Tüm testlerin kalınlığına şişme miktarı.	37
Çizelge 5. 2. Tüm testlerin yüzey absorpsiyon değerleri.	39
Çizelge 5. 3. Tüm testlerin yüzey sağlamlığı karşılaştırma çizelgesi.	41
Çizelge 5. 4. Tüm testlerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü karşılaştırma çizelgesi.	42
Çizelge 5. 5 Tüm testlerin çekme direnci karşılaştırma çizelgesi.	45
Çizelge 5. 6 Tüm testlerin formaldehit emisyonu ölçümü karşılaştırma çizelgesi.	46



KISALTMALAR

EN	European Norm
ISO	International Organization For Standardization
MDF	Medium density fiberboard
OGM	Orman Genel M¼d¼rl¼g¼
Ph	Power of hydrogen
Rpm	Revolutions per minute



SİMGELER

cm	Santimetre
dk	Dakika
FF	Fenol formaldehit
g/cm ³	Gram/Santimetreküp
kg/m ³	Kilogram/metreküp
m ³	Metreküp
mg	Miligram
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
MÜF	Melamin üre formaldehit
MW	Megavat
sn	Saniye
ÜF	Üre formaldehit

ÖZET

ODUN KARIŞIMI VE TUTKAL MOL ORANININ LİF LEVHANIN FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİNE ETKİSİ

İsmail AKIN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZDEMİR

Haziran 2019, 56 sayfa

MDF üretiminde en önemli girdi odun ile beraber tutkaldır. Üre formaldehit ve melamin üre formaldehit kullanılan başlıca tutkallardandır. Odun karışımı ve tutkal mol oranı levhada ki serbest formaldehit oranı başta olmak üzere bütün mukavemet değerlerine etki etmektedir ve bu nedenle çalışmaya konu edilmiştir. Bu çalışmada odun karışımı ile levhanın fiziksel mekanik ve kimyasal özelliklerinin değişimi incelenecektir. Dört farklı odun karışımı kullanılacaktır. Aynı odun karışımında tutkal mol oranı değiştirilip levha mukavemet değerleri üzerinde ki etkileri laboratuvar ortamında yapılan ölçümlerle tespit edilecektir. Bu işlem dört odun karışımına uygulanacaktır. Bu çalışma ile farklı odun karışımına ait elde edilecek test sonuçlarıyla orman endüstrisinde kullanılan tutkalların daha etkin değerlendirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Odun karışımı, Mol oranı, MÜF, ÜF, MDF

ABSTRACT

THE EFFECT OF WOOD MIXTURE AND GLUE MOL RATIO ON THE CHANGE OF PHYSICAL, MECHANICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF FIBER BOARD

İsmail AKIN

Duzce University

Institute of Science, Department of Forest Industry Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Hasan ÖZDEMİR

June 2019, 56 pages

The most important input is glue in MDF production. Urea formaldehyde and melamine urea formaldehyde are mainly used glues. The wood mixture and molar ratio of the glue affects all the strength values, especially the free formaldehyde content on the fiber and for this reason it is mentioned in this project. In this project, wood mixture and changing of the fiber's physical, mechanical, and chemical features will be examined. Four different types of wood will be used. Molar ratio of the glue in the same wood will be changed and the effect of this changing on the fiber strength values will be determined by measurements made in the laboratory experiments. This application will be applied on four different types of wood. It is thought that this project will contribute to the more effective evaluation of the glue's used in the forest industry with the results of the experiment with different molar ratios.

Keywords: Wood mixture, Molar ratio, MUF, UF, MDF

1. GİRİŞ

Ormanlar, insanlığa temiz hava başta olmak üzere yakıt, barınak, su ve ilaç ihtiyacını karşılamaktadır. Bu temel ihtiyaçları karşıladığı gibi insanlığa gelir kaynağı, istihdam, dinlenme, peyzaj gibi maddi-manevi birçok ekonomik, ekolojik, sosyokültürel faydalar sunan doğal bir kaynaktır. Bir ekosistem olarak orman, belirli bir kapalılıkta ağaçlar, diğer bitki ve hayvan topluluğu ile topraktaki gözle görünmeyen diğer organizmaların cansız çevreyle belli bir denge içinde karşılıklı olarak birbirleriyle etkileşimde bulunduğu canlı bir sistem ve topluluktur. Bu paha biçilemeyen doğal kaynağın maddi ve manevi faydalarının ve hizmetlerinin devamlılığı, tabiatına uygun olarak sürdürülebilirlik ilkesi ile idare edilmesine bağlıdır [1].

Orman ürünlerine olan talebin artması hem ülkemizde hem yurtdışında hammadde sıkıntısını beraberinde getirmiştir. Hammadde miktarında ki azalış, bunun sonucu olarak fiyatlarda ki artış, üreticileri hammaddeyi daha verimli kullanmaya itmiştir [2].

MDF'nin yaklaşık %90'ından fazlasını odun oluşturmaktadır. Bu yüzden ağaç türü, levha özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Lif levha endüstrisinde uzun lifli ve nispeten hafif olmaları, pH değerlerinin levha üretimi için uygun bulunmaları ve kolay sıkıştırılabilirliklerinden dolayı iğne yapraklı ağaçlar daha fazla tercih edilir. Kuru yöntemle lif levha 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 lif levha üretiminde tercih edilmemektedir [3]

Odun esaslı ürünlerin imalatında genellikle sentetik tutkallardan yararlanılmaktadır. Sentetik tutkallar içerisinde üre formaldehit ucuz, renginin beyaz ve sertleşme süresinin kısa olmasından dolayı en çok tercih edilen tutkal türüdür. Ancak üre formaldehit tutkalının kullanılması durumunda gerek üretim sırasında ve gerekse üretilen ürünlerde insan sağlığına zararlı olan formaldehit açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan formaldehit miktarı, tutkalın üretimi sırasında üre ile formaldehit arasındaki mol oranının bir fonksiyonu olduğundan; açığa çıkan formaldehit miktarını düşürmek için reaksiyona sokulan formaldehit oranının azaltılması yoluna gidilmektedir [4].

Bu çalışmada ağaç türü karışımı ve tutkal mol oranının levha üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kullanım yerinin ihtiyaçlarını göz önüne alarak, yapılacak üretimlerin daha verimli ve maliyetleri minimize edebilecek değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu alışma ile benzer üretim süreçlerine sahip ve benzer alanda çalışma yapacak araştırmanlar için yardımcı kaynak olması hedeflenmektedir.



2. GENEL KISIMLAR

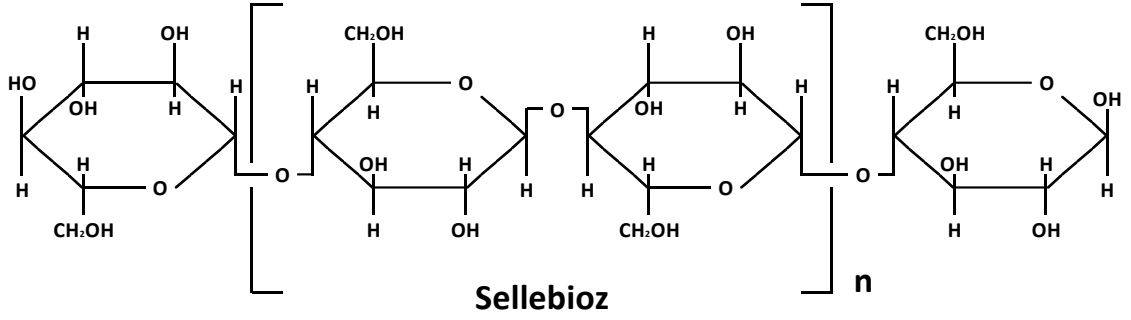
2.1. ODUNUN YAPISI

2.1.1. Odunun Kimyasal Yapısı

Hücre çeperinin kimyasal yapısını asıl ve yan bileşenler olmak üzere iki kısımda toplamak mümkündür. Ağaç türünün kimyasal yapısı, ağacın türüne, yetiştirme yerine, yetiştiği yerin iklim şartlarına, deniz seviyesinden yüksekliğine veya incelenen parçanın ağaçta ait olduğu kısma göre farklılıklar gösterebilir. İğne yapraklı ağaçlar ile yapraklı ağaçlar arasında önemli farklılıklar görülebilir. Bu farklılıklar ağaca özgü karakteristikler ortaya koyar [5]. Odunda bulunan karbonhidratlar, fenolik maddeler, terpenler, alifatik bileşikler, alkoller, aldehitler, hidrokarbonlar, alkaloidler, proteinler, polihidrik alkoller, iki değerli asitler ve inorganik bileşikler odunun kimyasal bileşenini oluşturmaktadır [6].

2.1.1.1. Selüloz

Lif biçiminde düzenlenmiş uzun molekül bağlarından oluşup kristalin yapıda tabii bir polimerdir [7]. Selüloz hücre çeperi hacmi içerisinde en fazla miktarda bulunan ve odunun karakteristikleri üzerinde etkili olan en önemli bileşiktir. Çeperdeki maddelerin yaklaşık yarısı selülozdur. Hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaçlarda odunun kuru ağırlığına göre hücre çeperinde %42 ±2 oranında selüloz bulunmaktadır. Selüloz büyük bitkilerin yapısının oldukça önemli bir kısmını teşkil etmekte, küçük bitkilerde ve mantolu hayvanlar (*Tunicatae*) denilen hayvanların dokularında da bulunmaktadır. Saf selülozun kapalı formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ olup n burada polimerizasyon derecesini ifade etmektedir. Beş adet sellobioz bir araya gelerek selüloz birimini meydana getirmektedir [8].



Şekil 2. 1. Selüloz.

2.1.1.2. Hemiselüloz

Ağaçların gerçekleştirdiği fotosentez sonucu yapraklarda primer bir şeker olan glukoz ile beraber galaktoz ve mannoz gibi altı karbonlu ve ksiloz, arabinoz gibi beş karbonlu şekerlerde üretilir. Beş ve altı karbon şekerler glukozla birlikte hemiselülozları oluşturmaktadır. Hemiselüloz saf selüloz olmayan bir homopolimerdir. Yapısı ve kapalı formülü bakımından selüloza benzemekle beraber çeşitli şeker birimlerinden oluşmaktadır. Hemiselüloz zincir molekülleri dallanarak yan gruplar taşıyabilmekte ve depolimerizasyon derecesi selülozdan çok daha düşük, genellikle 100-150 kadar olmaktadır [9].

2.1.1.3. Lignin

Ligninler üç boyutlu fenilpropan ünitelerinden oluşmuş, yüksek molekül ağırlığında kompleks organik polimerler olup termoplastik özelliktedir. Karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmalarına rağmen bir karbonhidrat ya da bu sınıfa giren bir bileşik değildir. Lignin, selülozden sonra bitkilerde en fazla bulunan organik polimerlerden biridir. Odundaki lignin içeriği %20- 40'tır [10].

2.1.1.4. Ekstraktif Maddeler

Ağaç malzeme içerisinde organik maddelerin oluşturduğu fazlaca ekstraktif maddeler bulunmaktadır. Söz konusu maddeler hücre içerisinde, hücre liflerinde ve hücre çeperinde depo edilmiştir [9]. Ekstraktif maddelerin odun ağırlığı içerisindeki oranı yüzde birkaçı geçmemesine rağmen, odunun kullanım kalitesi ve özellikleri üzerinde etkisinin büyük olduğu görülmektedir [11]. Ekstraktif maddeler, levha üretimindeki en büyük girdilerden biri olan tutkal tüketim miktarı ve tutkalın sertleşmesi konusunda oldukça önem arz eder. Ağaç malzeme içerisindeki ekstraktif maddelerin tutkalın yapışma reaksiyonu üzerindeki etkisi negatif yöndedir. Odun kütesine oranla ekstraktif

madde yüzdesi fazla olan ağaç malzemeden elde edilen yongalar ile ekstraktif madde oranı düşük olan odunların pişirme kazanında kalma süreleri karşılaştırıldığında, ekstraktif madde miktarı yüksek olan yongaların pişirme kazanında kalma sürelerinin daha uzun olduğu görülmektedir. Pişirme süresinin uzun olması enerji sarfiyatına neden olacağı için istenmeyen bir durumdur [3].

2.2. LİF LEVHA

2.1.2. Lif Levhaların Tanımı ve Sınıflandırılması

Lif levha, bitkisel lif ve lif demetlerinin tabii yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ek tutkal kullanılarak oluşturulan levha taslağının kurutulması ya da preslenmesiyle oluşan üründür. Özetleyecek olursak lignoselülozik maddelerin liflendirilmesiyle oluşan, lif ve lif demetlerine yeni bir form kazandırılmasıyla meydana gelen levhadır [12]. Lif levhalar üretim şekli temel alındığında iki başlık altında toplanırlar. TS 2129 standardına göre odun lifi levhalar 4 gruba ayrılmaktadır.

- a- Yumuşak Odun Lifi Levhalar: Birim hacim ağırlığı en çok 350 kg/m^3 olan odun lifi levhalardır.
- b- Orta Sert Odun Lifi Levhalar: Birim hacim ağırlığı en çok 350 kg/m^3 den çok 800 kg/m^3 den az olan odun lifi levhalardır.
- c- Sert Odun Lifi Levhalar: Birim hacim ağırlığı 800 kg/m^3 ve daha çok olan odun lifi levhalardır.
- d- Bitümlü Odun Lifi Levhalar: Rutubete dayanıklılığını arttırmak amacı ile asfalt veya diğer bitümlerle muamele edilmiş yumuşak odun lifi levhalardır [13].

TS 3635 EN 316 (2005) standardına göre lif levhalar üretim şekli temel alındığında iki başlık altında toplanırlar.

- a- Yaş metot lif levhaları
- b- Kuru metot lif levhaları [14].

Aşağıda 4 maddeden oluşan farklı bir sınıflandırma yöntemi mevcuttur.

- a- Hammaddeye ve lif üretim yöntemine göre (yapraklı, iğne yapraklı veya bitki)
- b- Lif keçesi oluşturma yöntemine göre (sonsuz elek, yuvarlak elek vs.),
- c- Birim hacim ağırlığına göre (yumuşak, orta sert, sert),

- d- Kullanım yerine göre (izolasyon levhaları, iç ve dış ortamda kullanılan levhalar vs.) [15].

2.1.3. Türkiye’de Lif Levha Üretiminin Tarihsel Gelişimi

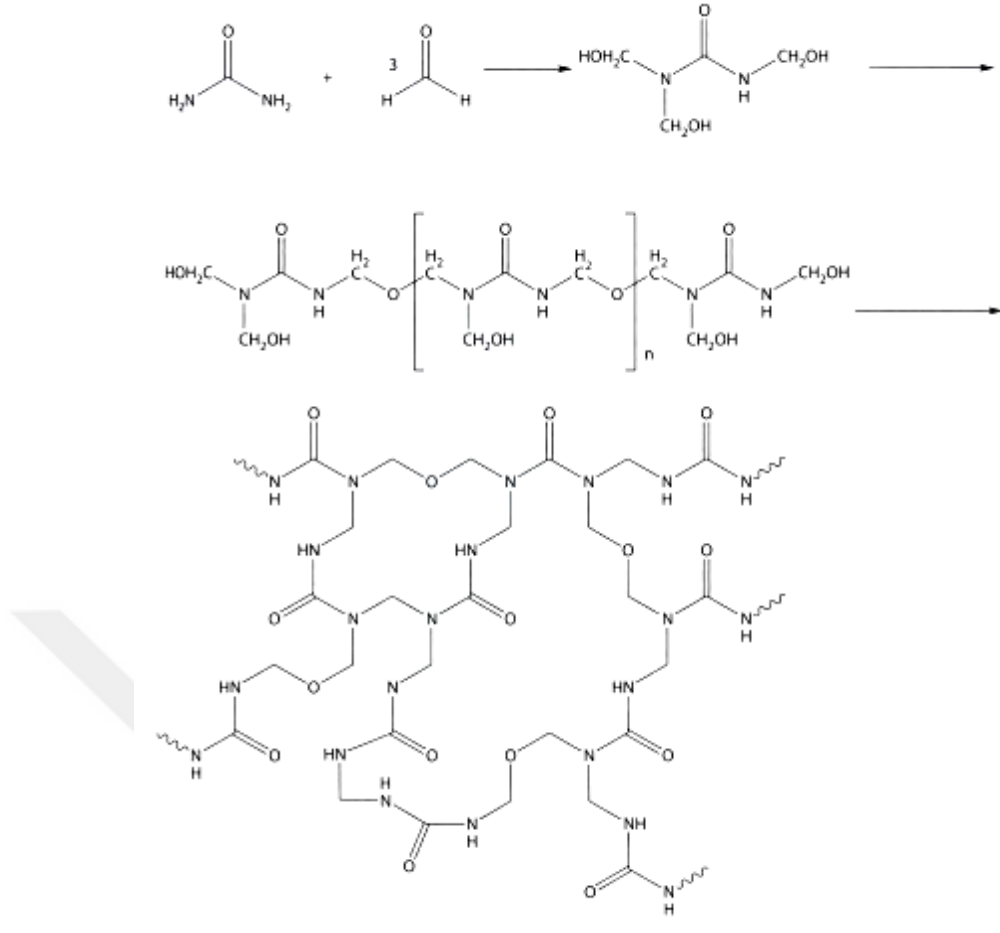
Lif levha endüstrisi ilk defa 1900’lü yıllarda ortaya çıksa da, o zamanki ticari amaçlara uygun büyüklükte 1. Dünya Savaşından sonra Amerika Birleşik Devletleri’nde üretim yapıldığı görülmektedir. İlk lif levha üretimi fabrikası 1898 yılında Büyük Britanya’da kurulmuştur. Daha sonra tarih 1908’i gösterdiğinde New Jersey’de (Amerika Birleşik Devletleri) ve bir yıl sonra Kanada’da kurulan fabrikalar üretime başlamıştır. Bütün bu fabrikalarla kıyaslandığında ilk donanımlı lif levha fabrikası ise 1926 yılında Mississippi’de kurulmuştur [16]. Ülkemizde ilk lif levha fabrikası İzmir’de 1958 senesinde kurulmuş olup günümüzde pek tercih edilmeyen yaş yöntemle üretim yapmıştır. Kapasitesi 15.000 m³/yıldır. Aynı üretim kapasitesine sahip farklı bir Fabrikamız İstanbul’da kurulmuş olan ELKA lif levha fabrikasıdır. Yarı kuru yöntemle çalışmaktadır. Ülkemizde kurulan üçüncü fabrika Bolu’da kurulmuştur. İlk iki fabrikamızla aynı üretim kapasitesine sahip olan fabrika Sümerbank tarafından kurulmuştur. 1976 yılında Artvin’de kurulan ve yaş yöntemle üretime başlayan 30.000 m³ kapasiteli Artvin fabrikası ORÜS tarafından kurulmuştur. 1985 yılında ilk defa bir MDF fabrikası özel sektör tarafından kurulmuştur. Ordu’da kurulan Çamsan MDF fabrikasının kurulu kapasitesi 45.000 m³/yıldır. Şirket sekiz yıl sonra devreye aldığı ikinci üretim hattı üretime başlayınca yıllık üretim kapasitesini 135.000 m³/yıl arttırmıştır [17].

2.3. TUTKAL

Bir tutkalın tanımlanmasında fiziksel ve mekanik özellikleri, kimyasal özellikleri ve yapıştırabilme (performans) özellikleri önem taşır [11]. Eski zamanlar da yapıştırıcı olarak çamur ve gübre kullanılırken, daha sonradan kazein nişasta gibi maddeler kullanılmıştır. Bu bağlayıcılar zor şartlar için uygun olmayıp özelliklerini kısa süre içerisinde kaybederler. Azami fayda sağlamak için serin ve kuru ortamları tercih etmek gerekiyor. 1930-1945 yılları arasında odunda ısı ile yumuşayan yapay reçineler (izosiyanatlar ve çapraz bağlayıcı polivinil asetat) geliştirildi [18]. Odun tutkallarını aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz;

2.1.4. Üre Formaldehit Tutkalı (UF)

Üre ve formaldehitin kondenzasyonu ile meydana gelen üre formaldehit tutkalı, günümüzde odun esaslı kompozit panel levha üretiminde en çok tercih edilen yapıştırıcıların başında gelmektedir. Ayrıca, özel maksatlar için, kazein, kan albümini, PVA-tutkalı ve melamin reçinesine katılmak suretiyle bazı karışık tutkal reçeteleri şeklinde de kullanılabilir [19]. Suda çözünebilir tipte bir UF tutkalında 1 mol üre için 1,5-2,5 mol formaldehit kullanılmaktadır. Amaca uygun olarak alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile önce monometilol üre, daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir [20]. Üre formaldehit tutkalının özelliklerini; sıcaklık, reaksiyon süresi, asiditesi ve üre ile formaldehitin molar oranı etkilemektedir. Ürenin formaldehite mol oranının düşürülmesi, serbest formaldehit salınımını düşürmekte, ancak sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır. Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için mutlaka bir asit gereklidir. Aynı zamanda ısı etkisi de olursa sertleşme çok daha hızlanmaktadır. Ancak, ısı tek başına sertleştirme ve suda çözünmezlik için yeterli olmamaktadır. Levha üretiminde kullanılan odun türlerinin pH değerlerine göre tutkal içindeki sertleştirici oranı belirlenebilmektedir. Odun türünün pH değeri düşük (asidik) ise sertleştirici oranı azaltılır. Aksi takdirde, tutkal sıcak prese gelmeden ön sertleşmeye uğrar. Üre formaldehit tutkalı kullanıldığı takdirde son sertleşme için taslak orta kısmının 100 °C olması gerekmektedir. Bunun yanında odunun türü ve rutubeti, pres sıcaklığı ve katkı maddeleri de etkili olan diğer faktörlerdir [21].



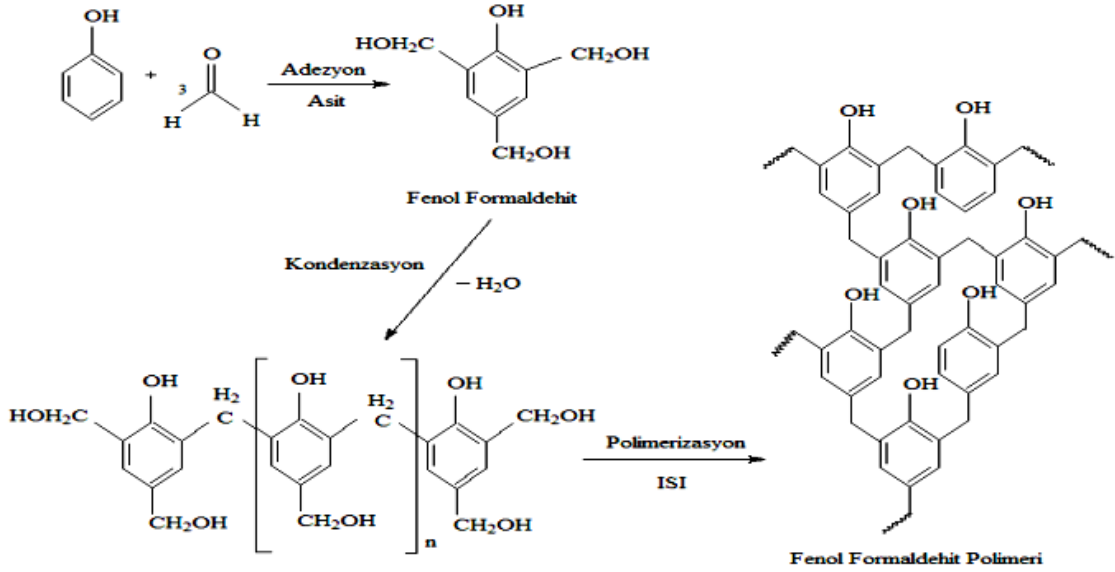
Şekil 2.2. Üre formaldehit kondenzasyon reaksiyonu [20].

2.1.5. Fenol Formaldehit Tutkalı (FF)

Fenol formaldehit (FF) reçinelerinin birleştirici olarak kullanımının ilk örnekleri 19. yüzyılın sonlarında rastlanmıştır. Ancak sıvı fenollerin 20. yüzyılın başlarına kadar ticari olarak üretilmemiştir. Fenol formaldehitin başlıca kullanım alanları; kontrplak, tabakalı ağaç malzeme ve ahşap teknelerdir. Fenol-formaldehitin hazırlanması iki farklı yöntemle yapılabilir. İki yöntemin ilki benzenden üretilen fenolün alkali bir katalizör ortamında fazlaca formaldehit ile birlikte reaksiyonunu kapsamaktadır. Fenol: formaldehit mol oranı 1:1,8 veya 1:2,2 oranında olabilir [11].

Fenol formaldehit tutkalı, ahşaplara üstün yapıştırma özellikleri, polimerin yüksek mukavemetinden ve yapışkanın mükemmel stabilitesinden kaynaklanan üstün dayanıklılıklarından dolayı hem laminasyonlarda hem de kompozitlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu dayanıklılık testinde, PF yapıştırıcılar yüksek performans sergiler ve neme karşı dirençlidir. Tutkal üretiminde çok sayıda olası formülasyon vardır, yanlış formülasyon seçimi zayıf bağ yapısına neden olabilir. Zayıf yapışmaya

neden olabilecek çeşitli faktörler vardır. Bunları sıcaklık, yeterli süre sağlanmadığı için eksik polimerizasyon, zayıf bir ıslanma ve penetrasyona yol açan çok yüksek molekül ağırlığına sahip bir reçine; montaj zamanını kısa tutmak; yapıştırıcının aşırı penetrasyonuna yol açan çok fazla montaj zamanı veya fazla basınç uygulamak olarak sıralayabiliriz. Genel olarak FF yapıştırıcılar maliyet ve bağ yapma sıcaklıkları göz önüne alındıktan sonra çoğu ahşap uygulama için bağlama ihtiyaçlarını karşılayabilir [20], [22].



Şekil 2.3. Fenol Formaldehitin Kondenzasyon Reaksiyonu [20].

2.1.6. Melamin Üre Formaldehit Tutkalı (MUF)

Mobilya ve inşaat sanayi için levha üretiminde kullanılan suya ve rutubete karşı yüksek mukavemet gösteren reçinelerdir [23]. 1980 yılında Finlandiya’da üretilen ilk delikli yonga levhanın yapımında Melamin üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Fenol-formaldehit reçineleri ile karşılaştırıldığında presleme süresinin kısa olması tercih edilme sebeplerinden biridir. Pahalı olması sebebiyle MF’e bir miktar üre katılarak veya UF’e melamin katılarak üretileceği gibi baştan üre, melamin ve formaldehit karıştırılarak da üretilebilir. Böylece daha güçlü direnç özellikleri kazanır. Dış ortam koşullarında ıslanmanın iyi bir tahminini sağlayan, dünya çapında kabul görmüş olan Fransız V313 döngü testi koşullarını karşılamak üzere en olumlu sonuçlar %40 melamin %60 üre kullanılmasıyla elde edilmiştir [11].

2.2. KULLANILAN AĞAÇ TÜRLERİNİN ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Çam

Dünya üzerinde 100 kadar türü bulunmakta, ancak bu sayının yarısı kadar tür ekonomik önem taşımaktadır. Ülkemizde doğal olarak yetişen 5 türü vardır. *Pinus sylvestris* (sarı çam) Eskişehir, Bursa, Yozgat, Kütahya ve Kayseri- Maraş arasında, *P. nigra var. pallasiana* (Toros kara çamı) Karadenizin kuzey kesimlerinde, Anadolu'nun batısında ve güneyinde, *P. brutia* (kızılçam) Ege, Marmara, Akdeniz bölgelerinin tamamında, *P. pinea* (Fıstık çamı) en fazla yayılışı Muğla ve Aydın'da, *P. halepensis* (Halep çamı) Muğla ve Adana'da görülmektedir. Çamlarda reçine kanalları çıplak gözle rahatlıkla görülebilir. Diri odunu öz oduna göre daha açık renklidir. Çam türleri odunları yoğunluk bakımından farklılık göstermektedir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü oldukça yüksektir. İşlenmesi ve tutkallaması oldukça kolaydır. Çam ağacı kullanım alanı oldukça geniştir. Özellikle emprenye edildiğinde toprak veya suyla temas edilen hemen hemen her alanda kullanılır. İnşaat kerestesi, doğrama, kağıt ve selüloz sanayinde kullanılmaktadır.

2.2.2. Akçaağaç

Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan ülkemiz konumu itibariyle birçok endemik türe ev sahipliği yapmaktadır. Aceraceae familyası üyesi olan ve Latince ismi Acer olan yerkürede 200 dolaylarında türü olan akçaağaç ülkemizde doğal yetişen ağaçlardan biridir. Ülkemizin de yer aldığı kuzey yarıkürenin hemen her yerinde yayılış gösterse de en fazla yayılışı birçok türünün olduğu Asya kıtasındadır. Çin ve Japonya'da yetişen türleri daha fazla dikkat çekmektedir. Kaşık yapımında, ses iletkenlik özelliği yüksek olduğu için müzik aletlerinde, özellikle sonbahardaki renklerinden dolayı park ve bahçelerin peyzajında özellikle kullanılır. Akçaağaç genellikle kışın yaprağını döken boyu değişebilen bir ağaçtır. Ülkemizde 11 doğal türü ve 1 doğallaşmış tür bulunur. *Acer negundo L.* taksonu doğal olmamasına rağmen artık doğallaşmış hale gelmiştir [24]. Yoğunluğu 0,60-0,75 g/cm³tür [25].

2.2.3. Kayın

Coğrafyamızda Doğu Kayını (*F. orientalis Lipsky.*) ve Avrupa Kayını (*F. silvatica L.*) olmak üzere iki türü bulunan bitkiler âleminin Fagaceae familyasına aittir. En geniş yayılış alanı Karadeniz ormanlarıdır. İki türün yayılışı karşılaştırıldığında Avrupa kayınına nazaran Doğu Kayınının yayılışı daha geniştir. İki türü karşılaştıracak olursak; Her iki türün boyları birbirine yakındır, kabuk renklerine bakıldığında Doğu kayını açık gri renkli, Avrupa kayını ise koyu gri renkli olduğu görülmektedir. Doğu Kayınının yaprakları elips veya ters yumurta biçiminde, Avrupa kayınının ise, yumurtamsı veya elips şeklindedir. Kayın odunu düzgün liflidir. Lif uzunlukları $1,165 \pm 0,225$ mm, lif genişliği $19,54 + 2,40$ mikron, lümen çapı $5,23 \pm 1,72$ mikron ve lif çeper kalınlığı, $7,30 \pm 1,23$ mikrondur. Kayın odunu genel olarak ağır odun olarak nitelendirilebilir. Özgül ağırlığı tam kuru halde $0,63 \text{ gr/cm}^3$, hava kurusu halde (%12 rutubet) $0,66 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Kayın odununun taze kesilmiş halde ağırlığı 1000 kg/m^3 , yarı kuru halde(%35 rutubet) 850 kg/m^3 'tür. Daralma miktarlarına bakıldığında, boyuna yönde % 0,5, radyal yönde %5, teğet yönde % 10,5 ve hacim olarak % 15,5'dir [26].

2.2.4. Meşe

Yıllık halka sınırları belirgin, hava kurusu yoğunlukları $0,7 \text{ g/cm}^3$ kadardır. Traheleri halkalı düzendedir. Öz ışınları 2 farklı genişliktedir. Dar öz ışınları 25 hücre kadar yükseklikte, geniş öz ışınları ak meşelerde 2,5 cm'den yüksek, kırmızı meşelerde ise 2,5 cm'den daha kısadır. Öz ışınları mm'de 9-14 adet ve homojen yapıdadır. Coğrafyamız incelendiğinde türlerine değişiklik gösterse hemen her bölgede yayılış gösterir. Kışın yaprağını döken türleri olduğu gibi herdem yeşil olan türleri de vardır. Yapraklarının ebatları ve görünüşü türlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Meşeler barınak yapımında kullanıldığı gibi yakacak olarak ta kullanılmıştır. Yan ürünleri ticari değere sahiptir. Uzun süreli yaşamaları ve güzel görünüşleriyle gücün ve kudretin sembolü olmuşlardır. Odunlarının yapıları, meyvelerinin olgunlaşma süresi, yaprak ve kabuk özelliklerine göre Akmeşeler, Kırmızı meşeler ve herdem yeşil meşeler olmak üzere üç gruba ayrılan meşelerin yurdumuzda 18 türü bulunmaktadır [27].

3. MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

Bu araştırmada kullanılan lifsel hammadde, tutkal, parafin, sertleştirici ve makinalar ile ilgili bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Lifsel Hammadde

Levha üretiminde kullanılacak odun lifi hammadde Çamsan Entegre A.ř.'den temin edilen kayın, meşe, am (karışık) ve akçaağaç odunundan elde edilen liflerden oluşmaktadır. 4 farklı lif karışımı kullanılmış olup karışımlar aşağıdaki gibidir.

1. % 100 kayın
2. % 20 kayın, % 30 meşe, % 50 am
3. % 70 akçaağaç, % 30 am
4. % 25 meşe, % 75 am

3.1.2. Kimyasal Maddeler

3.1.2.1. Tutkal

Levha üretiminde tam kuru lif ağırlığına oranla % 10-15 tutkal kullanılmıştır. Çamsan Kimyadan temin edilen ÜF tutkalı kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkalına ait teknik özellikler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.1. Tutkal özellikleri.

Tutkal Mol Oranı	1,11	1,16
Tutkal Akma Zamanı (sn)	16	15
Jelleşme Zamanı (sn)	71	72
Yoğunluk (kg/m ³)	1273	1278
Katı Madde Oranı (%)	47,23	47,09
pH Değerı	8,75	8,93
Görünüş	Beyaz	Beyaz
Viskozite (Cp)	47	48

3.1.2.2. Sertleştirici Maddeler

Sertleştirici adı altında birçok madde bulunmaktadır [28]. Gerek yonga levha gerek lif levha üretiminde yapıştırıcı çözeltilisinin, tutkallanmamış lif ve yongaların dayanma sürelerinin olabildiğince uzun olması istenir. Bunun yanında kapasitenin azami miktarda gerçekleşebilmesi için tutkalın sıcak presleme esnasında olabildiğince hızlı sertleşmesi beklenir. Tüm bu isteklerin gerçekleşebilmesi için genellikle sertleştirici madde kullanılır [29]. Sertleştirici türü tutkal türüne bağlı olarak değişebilir, bu çalışmada amonyum sülfat kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. Sertleştirici özellikleri.

Renk	Beyaz
Kimyasal Formülü	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Konsantrasyon (%)	20
Yoğunluğu (g/cm^3)	1,113

3.1.2.3. Parafin

Üretimde parafin kullanımının amacı levhanın suya karşı direnç kazanmasını sağlamaktır. Genel itibariyle ham petrolün rafinerasyonundan yan ürün olarak çıkan parafin; kullanıma hazır hale getirilmek için saflaştırılması, içerisinde bulunan yağ oranı, erime sıcaklığı, görünümü ve kokusunun iyileştirilebilmesi için özel teknikler kullanılmaktadır [30]. Ağaç esaslı malzemeler ortam rutubetine sıcaklığa bağlı olarak çalışmaya devam etmektedir, parafin ise çalışmasının azalmasını sağlayan polar yapı göstermeyen yağlı özellikte bir maddedir. Tam kuru lifin kütle ağırlığı baz alındığında %1–2 oranında pişirme kazanından sonra alt şinekeden yongaya karıştırılır. Farklı bir seçenek olarak pişirme kazanından önce yongayla beraber verilebilmektedir. [31]. Üretim sırasında Mercan marka parafin kullanılmıştır. Parafin özellikleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Parafin özellikleri.

Renk	Beyaz
Yağ içeriği % (azami)	10 dur.
Erime noktası °C	50 – 55
Vizikosite cP (60 °C’de)	28 – 50
Yoğunluğu g/cm^3	0,7-,085

3.2. METOD

3.2.1. Lif Levha Üretimi

3.2.1.1. Levha Üretim Aşamaları

Üretimde kullanılacak odunlar Orman İşletmelerden, yurtiçinde tüccarlardan alınır ve Çamsan Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. odun sahasında depolanmıştır.

Yongalamanın amacı odunun levha üretiminde kullanılacak en uygun boyuta indirgenmesidir. Yongalama sırasında liflerin ezilmemesi ve yonga kalınlık dağılımının homojen olması en önemli unsurdur. Yongalamada bıçağın oduna uyguladığı kesme kuvveti odunun direncini yenmesi gereklidir. Yongalama tesisinde Rudnick-Enners marka, çok bıçaklı tamburlu yongalama makinası kullanılmıştır.

Yonga depolama kapalı metal silolarda veya açık sahalarda depolanır. Açık alanda yongalar beton zeminde depolanır. Siloların kapasitesi 1500 m³'tür. Silolardaki ağaç türleri üretim programına göre farklılık göstermektedir.



Şekil 3. 1. Yonga depolama silosunun dışardan ve içerden görünümü.

Yonga ayıklamada (temizleme) kuru yöntem kullanılır. Bu yöntemde yongalar 3 kısma ayrılır; toz (elek altı), üretimde kullanılacak yongalar ve kaba yonga. Eleme işlemi önce mekanik elekte yapılır. Mekanik elek rölelerinin ilk kısmından tozlar ikinci kısmından üretimde kullanılacak yongalar dökülür. Kaba yongalar ise rölelerin üstünden

ilerleyerek dampa dökülür. Eleme işleme daha sonra hava ile gerçekleşir. Üst kısmı sabit alt kısmı sarsıntılı pallere giren yongalar sarsıntılı kısımdan basınçlı havaya maruz kalır. Hafif tozlar (elek altı) uçuşarak üst kısımdan atılır. Üretime uygun yongalar pal içindeki 5-10 cm yükseklikten geçerek üretime gelir. Kaba yonga, metal, taş gibi ağır parçalar sarsıntının etkisiyle pallerin kenarlarından dışarı atılır. Yonga temizleme işleminde İmalPal kullanılmıştır.

Elenmiş yongaların defibratörün üzerinde ön buharlama silosunda toplanır. 40-90 °C buharla ısıtmaya maruz kalır. Bu kısımda amaç; yonga sıcaklığını artırmak ve yonga içindeki hava yerine su buharı doldurarak pişirme süresini kısaltmaktır. Üst şineke yongaların pişirme kazanına düzenli beslenmesini sağlayan sistemdir. Pişirme kazanı seviyesine göre hızını otomatik olarak ayarlar. Sıkıştırma kısmı yongaları birim hacimde kapladığı alanı indirger ve buharın geriye kaçışını önler. Pişirme kazanı merkezinde dönen bir karıştırıcı bulunur. Karıştırıcının görevi alt şinekenin rafinöre sabit besleme yapmasını sağlamaktır. Pişirme sıcaklığı 150-190 °C, buhar basıncı 7-9 bar ve pişirme süresi 1-3,5 dakika olarak ayarlanır. Pişirme kazanı seviye kontrolü radyasyon topu ile sağlanır. Alt şineke önce ön buharlama ile sonrasında doymuş buhar ile basınç altında yumuşamış olan yongaları defibratöre besleyen kısımdır. Üretim kapasitesine bağlı olarak hızı ayarlanabilir. Yapısı yumuşamış olan yongaların vidalı taşıyıcı (sabit şineke) aracılığıyla defibratörün merkezine iletilir. Burada basınç altında biri sabit (stator) diğeri hareketli (rotor) olan diskler sayesinde liflendirme işlemi gerçekleştirilir. Rotor 1500 rpm hızla 7,5 MW gücünde elektrik motoru ile çalışır. Diskler arası mesafe hidrolik güç ile ayarlanır. Ayar manuel veya otomatik yapılabilir.

Lif levhaüretiminde istenen mukavemet değerlerini elde edebilmek için tutkal, sertleştirici ve parafin katılır. Tutkal ve sertleştirici ilavesi Ecoresinatorde buhar basıncı ile püskürtme yöntemiyle gerçekleşmektedir. Parafin ise alt şinekeden yongaya katılmaktadır.

Odun hammaddesi liflere ayrıldıktan sonra, tutkal, sertleştirici madde, parafin ve boya gibi maddeler katıldıktan sonra lifin kurutma işlemine başlanır. Kurutucuya giren lifler üretilen levhanın yoğunluğu, kullanım alanı gibi özellikleri göz önüne alınarak lif prese verilmeden önce rutubeti %6-12'ye kadar düşürülmesi gereklidir. Kurutucu sıcaklığı kullanılan hammaddeye, hammaddenin rutubetine, miktarına, kullanılan tutkal oranına göre farklılık gösterebilir. Kurutma hattı için gerekli sıcaklık enerji tesisinden (kazan) elde edilmektedir.

Havalı ayırıcı ünitesinde amaç; üretime uygun lifleri kaba lif, yonga kalıntısı, tutkal kaynaklı topaklanmalar, metal gibi levha kalitesi bozabilecek bileşenlerden ayırmaktır. Ayırma işlemi hava kuvveti kullanılarak yapılır. Soğuk veya sıcak hava kullanılabilir. Lif sıcaklığı levha mukavemet değerleri ve kapasiteye etki ettiği için sıcak hava tercih edilir. Sıcak hava buhar ile ısıtılmış serpantinlerden elde edilir.

Serme ünitesi liflerin bunkere dolduktan sonra, serme kafesinden form bandı üzerinde serilerek, önpres kısmında lifler arasındaki havanın alındığı, levha taslağının oluşturulup preslenmeye hazır hale geldiği kısımdır. Taslağın homojen yoğunlukta olmasını dengeleme ünitesindeki tırmıklar sağlar.

Yoğunluk dağılımının kontrolü yoğunlukölçer ile ölçülür. Serme ünitesinde daha sağlam yüzeyler elde etmek için, ham levhadaki zımpara payının minimize edebilmek için püskürtme sistemi kullanılır. Form bandına püskürtülerek levha taslağının altına temas etmesi sağlanır. Üst yüzeye ise direkt püskürtülür.

Pres hattı yüksek sıcaklık ve basınç altında tutkalın reaksiyona girip levhanın oluştuğu kısımdır. Pres uzunluğu 47800 mm'dir. 5 ısıtma bölgesi bulunmaktadır. Sıcaklıklar üretilen ürüne göre değişmekle beraber 150- 240 °C'dir.

Pres çıkışında bulunan kalınlık ölçerle senkronize çalışıp levha kalınlığını otomatik yapmaktadır. Pres 57 çerçeve 27 sisteme ayrılmıştır. Her sistemin mesafe veya basıncı ayrı ayrı değiştirilebilir. Lif levhaüretim tesislerinde hızı belirleyen kısım prestir. Testere (ebatlama) ve serme üniteleri hızları pres hızına göre otomatik ayarlanır. 3mm-40mm kalınlıklarında, 6835 mm- 8435 mm uzunluklarında, 1830 mm- 2200 mm genişliğinde levhalar üretilmektedir. Hızı asgari 80 mm/sn, azami 1300 mm/sn'dir.

Sıcak presten çıkan levhaların önce enleri sonrada boyları ebatlanır. Bantlar ve rölelerle taşınan levhalar yıldızlarda belirli bir süre bekletilirler. Presten çıkan levhaların yüzey sıcaklığı 100 °C civarındadır. Yıldız soğutucularda levhalar bekledikçe tutkalların bağlanma reaksiyonları devam etmekte ve levha mukavemet değerleri yükselmektedir. Yıldız soğutuculardan sonra levhalar istiflenip zımparalanmak üzere ham levha deposunda bekletilir. Kullanılan levhalar 18 mm kalınlığında olup rastgele seçilmiştir.

3.2.1.2. Üretilen Levhalara Ait Şartlar

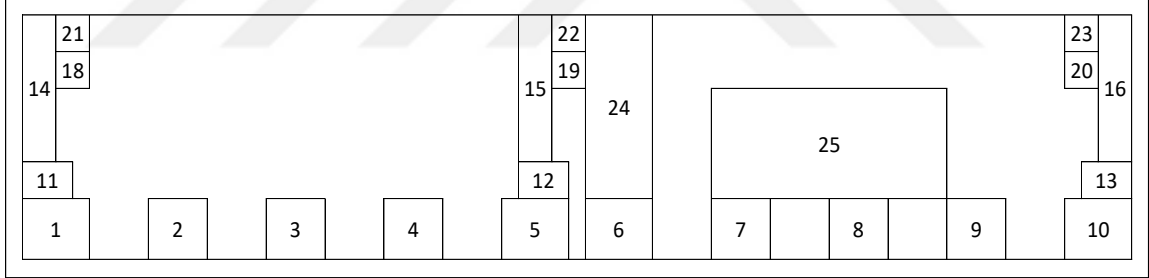
Üretilen levhalara ait şartlar çizelgede gösterilmiştir;

Çizelge 3.4. Üretilen levhalara ait şartlar.

Levha No	Tutkal Mol Oranı	Odun Karışımı
A1	1,11	% 100 kayın
A2	1,16	
B1	1,11	% 20 kayın, % 30 meşe, % 50
B2	1,16	çam
C1	1,11	
C2	1,16	% 70 akçaağaç, % 30 çam
D1	1,11	
D2	1,16	% 25 meşe, % 75 çam

3.2.1.3. Levha Kesim Planı

Levha kesim planı şekildeki gibidir.



Şekil 3. 2 Levha Kesim Planı.

Çizelge 3.5. Test Örnekleri Boyutları.

Yapılan Test	En	Boy	No
Yoğunluk	10	10	1-10
Çekme Direnci	5	5	18, 19, 20
Şişme	10	10	11, 12, 13
Eğilme ve Elastikiyet Modülü	5	25	14, 15, 16
Perforatör Testi	10	35	25
Yüzey Prozite	20	45	24
Yüzey Sağlamlığı	5	5	21, 22, 23

3.2.2. Üretilen Levhaların Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.2.1. Levha Yoğunluk Dağılımının Kontrolü

Test levhası Kesme Planına uygun olarak alınan numunelerin en, boy, kalınlık ve ağırlıkları ölçümleri İMAL IB600 cihazının ilgili alanlarında ölçülür. Her numunenin yoğunluğu İMAL IB600 tarafından otomatik olarak hesaplanır. Ham levhanın, yoğunluk, yüzey ağırlık ve kalınlık ölçümlerinin ortalaması, maksimum ve minimum değerleri otomatik olarak hesaplanır. Numune boyu ve eni 100 mm'dir. Yoğunluğun tespiti TS EN 323 'e göre yapılmıştır [32]. Yoğunluk hesaplanırken; Ağırlık/hacim formülü kullanılır.

3.2.2.2. Levha Yoğunluk Dağılım Grafiği Kontrolü

Test levhası Kesme Planına uygun olarak alınan her numunenin tek tek en, boy, kalınlık ve ağırlıkları ölçülür. Ölçümü yapılarak numuneler İMAL DPX600 cihazının ilgili yerine yerleştirilmek üzere cihazın ölçüm kısmının kapağı açılır. Ölçümü yapılacak her numunenin arasına alüminyum plakalar koyulur. Hazırlanan numuneler ölçüm yapılacak kızaklı bölmeye yerleştirilir. Sabitleme vidası ile numuneler sabitlenerek cihazın kapağı kapatılır.

3.2.2.3. Kalınlığına Şişme ve Su Alma Yüzdesi Kontrolü

Test levhası Kesme Planına uygun olarak alınan numunelerin ağırlıkları ve kalınlıkları İMAL IB600 cihazının ilgili alanlarında ölçülür. Numuneler birbirine temas etmeyecek ve üstten 25±5 mm su içinde kalacak şekilde ve yatay pozisyonda daha önceden

hazırlanmış ve TS EN 317’de belirtilen özelliklere sahip su banyosuna yerleştirilir [33]. Ölçüm numuneleri 24 saat±15 dakika su banyosunun içerisinde bekletilirler. Bekleme süresi dolan numuneler havuzdan çıkarılır, silinir 5–10 dk. laboratuvar ortamında kurumaya bırakılır. Kalınlık ve ağırlık değerleri ölçülür. Her bir numunenin ölçüm sonuçları ayrı ayrı ve tüm numunelerin ortalaması hesaplanır. Kalınlığına şişme miktarı TS 64 – 5 EN 622 – 5 (1999)’a göre maksimum %12 olmalıdır [34]. Kalınlığına şişme miktarının belirlenmesinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Gt = \{(t2 - t1) / t1\} \times 100 \quad (3.1)$$

Formülde t1 numunenin kuru hali, t2 numunenin sudan çıkarılmış halidir.

3.2.2.4. Yüzey Porozitesi Testi



Şekil 3. 3. Porozite ölçüm sehпасı ve ölçüm yapılmış test levhası.

Test levhası Kesme Planına uygun olarak alınan numune, TS EN 382–1 standardın tarif edilen test düzeneğine yerleştirilir [35]. Ölçülü 10 ml pipet içerisine 1 ml tolüen

kimyasalı doldurulur. Levhanın üst yüzeyine 90° açıda 1 ml tolüen serbest bırakılır. Levha ters çevrilir ve aynı işlem alt yüzeye de uygulanır. Her iki yüzeye uygulanan tolüenin akma mesafesi cetvel ve/veya şerit metre ile ölçülür. Standarda göre 25 cm'den büyük olmalıdır.

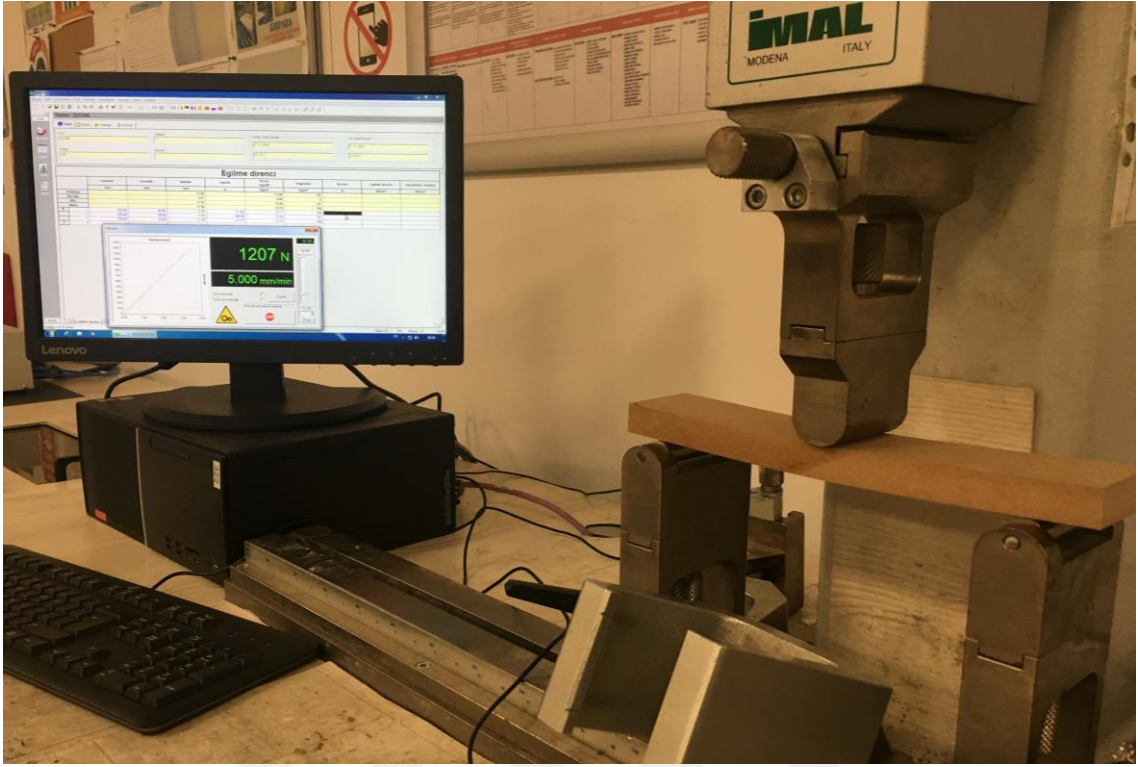
3.2.2.5. *Yüzey Sağlamlığı Testi*

Test levhası Kesme Planına uygun olarak alınan numunelerin en, boy, ağırlık ve kalınlıkları İMAL IB600 cihazının ilgili alanlarında ölçülür. Alınan numunenin tezgâh üstü matkap yardımıyla numunenin ortasına dairesel bir oyuk açılmıştır. Oyuğun iç çapı $35,7 \pm 0,2$ mm ve derinliği $0,3 \pm 0,1$ mm olmalıdır. Yüzey sağlamlığı test aparatı oyuk açılan yüzeye tutkal yardımıyla (Tutkal oyuk kısma taşmayacak şekilde) yapıştırılır. Kuvvetin yüzeye homojen bir şekilde uygulanabilmesi için çelik yastık numune yüzeyine yerleştirilir. Ölçüm numune İMAL IB600 cihazının üzerindeki çekme direnci aparatına yerleştirilir. Aynı işlem sırayla diğer numunelere de uygulanır. Her bir numunenin ölçüm sonuçları ayrı ayrı ve tüm numunelerin ortalaması hesaplanır. TS EN 311 standardına göre 1 N/mm^2 'den büyük olmalıdır [36].

3.2.2.6. *Levha Rutubeti Kontrolü*

Test levhası Kesme Planına uygun olarak ölçüm numune alınır. Darası alınmış olan alüminyum kaba 0,01 hassasiyete sahip terazi yardımıyla 30 ± 1 gr numune koyulur. Etüv sıcaklığı 103 ± 2 °C'ye ayarlanır. Ölçüm numune etüve koyulur. Numunenin ağırlığı değişmez kütleye ulaşıncaya kadar etüvde kurutulur. Etüvden alınan numunenin 10 dk desikatör içerisinde soğuması beklenir ve son ağırlığı 0,01 hassasiyete sahip terazide tartılır. Levha rutubeti $(\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık} / \text{Son Ağırlık}) \times 100$ formülü ile hesaplanır. TS EN 322 standardına göre rutubet miktarı 5 ile 7 arasında olmalıdır [37].

3.2.2.7. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Kontrolü



Şekil 3. 4. Eğilme ve elastikiyet testinin yapılması.

Test Levhası Kesme Planına uygun olarak ölçüm numune alınır. Ölçüm numunelerinin en, boy, ağırlık ve kalınlıkları İMAL IB600 cihazının ilgili alanlarında ölçülür. Bilgisayar ölçüm sonuçlarını otomatik olarak kayıt altına alır. İMAL IB600 cihazına eğilme aparatı yerleştirilir ve Mesnetler arası açıklık Numune Boyu –50 mm olacak şekilde ayarlanır. Ölçüm numunelerinin 2 uç kısmı mesnetlerin 25 mm dışında kalacak şekilde yerleştirilir. Kırılma noktasındaki kuvvet bilgisayar tarafından ilgili bölüme kaydedilir. Aynı işlem sırasıyla diğer numunelere de uygulanır. Her bir numunenin ölçüm sonuçları ayrı ayrı ve tüm numunelerin ortalaması olarak İMAL IB600 tarafından otomatik olarak hesaplanır. MDF levhalarının eğilme direncinin belirlenmesi, TS EN 310'a göre yapılmıştır [38]. Standarda göre eğilme direnci 32 N/mm²'den büyük, elastikiyet modülü ise 2500 N/ mm²'den büyük olmalıdır. Eğilme direnci aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$f_m = \left\{ (3 \times F_{\max} (\text{max. Kuvvet}) \times M (\text{mesnetler arası uzaklık})) / (2 \times b (\text{genişlik}) \times t^2 (\text{numune kalınlığı})) \right\} \quad (3.2)$$

3.2.2.8. Çekme Direnci Kontrolü



Şekil 3. 5 Çekme Direnci testinin yapılması ve kopan levha örnekleri.

Test levhası Kesme Planına uygun olarak ölçüm numune alınır. Ölçüm numunelerinin en, boy, ağırlık ve kalınlıkları İMAL IB600 cihazının ilgili alanlarında ölçülür. Bilgisayar ölçüm sonuçlarını otomatik olarak kayıt altına alır. İMAL IB600 cihaza çekme aparatı yerleştirilir. TS EN 319’da belirtilen alüminyum takozlar numunenin alt ve üst takozlar birbirine çapraz olacak şekilde yapıştırılır [39]. Standarda göre 1 ile 1,8 N/mm² aralığında olmalıdır. Yapışma işlemi tam olarak gerçekleşene kadar beklenir. Ölçüm numunesi İMAL IB600 cihazının üzerindeki çekme çeneleri birbirine çapraz gelecek şekilde yerleştirilir. Kopma anındaki kuvvet bilgisayar tarafından ilgili bölüme kaydedilir. Aynı işlem sırayla diğer numunelere de uygulanır. Her bir numunenin ölçüm sonuçları ayrı ayrı ve tüm numunelerin ortalaması olarak İMAL IB600 tarafından otomatik olarak hesaplanır.

3.2.2.9. Serbest Formaldehit Miktarının Belirlenmesi

Levhalarındaki serbest formaldehit miktarının tayini TS 4894-EN 120 standardına göre perforatör metodu ile belirlenmiştir [40]. Standarda göre E1 ≤ 8 mg/100 gram, E2 ise 8 ile 30 mg/100 gram aralığında olmalıdır.

İlgili yönteme göre formaldehit, kaynayan toluen yoluyla test numunelerinden ekstrakte edilir ve sonra damıtma ile su içerisine aktarılır. Bu sulu çözeltinin formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak tayin edilir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Üre formaldehit ve melamin üre formaldehit odun endüstrisinde en çok kullanılan tutkallardandır. Odun karışımı ve tutkal mol oranı levhadaki serbest formaldehit oranı başta olmak üzere bütün mukavemet değerlerine etki etmektedir. Odun karışımı ile levhanın fiziksel mekanik ve kimyasal özelliklerinin değişimi incelenecektir. Dört farklı odun karışımı kullanılacaktır. Aynı odun karışımında tutkal mol oranı değiştirilip levha mukavemet değerleri üzerindeki etkileri laboratuvar ortamında yapılan ölçümlerle tespit edilecektir. Bu işlem dört odun karışımına uygulanacaktır.

Avrupa standartlarına göre;

E0 formaldehit emisyonu 3 mg / 100 gramdan daha az,

E0 levhalar doğrudan kapalı alanda için kullanılabilir.

E1 formaldehit emisyonu 9 mg / 100 gramdan daha az,

E1 formaldehit emisyonuna sahip levhalar doğrudan kapalı alan için kullanılabilir.

E2 formaldehit emisyonu 30 mg / 100 gramdan daha az, kapalı alanda kullanılabilir ancak insan sağlığını tehdit eder niteliktedir.

4.1. BULGULAR

4.1.1. %100 Kayın Kullanılan Test Örnekleri

4.1.1.1. 1. Grup 1,16 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.1. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%100 Kayın	Tutkal Mol Oranı	1,16
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	16
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	56
Lif pH	5,01	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,113
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. %100 kayın ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,91	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,72	18,79	18,68
Yüzey Ağırlık (gr)	12,47	12,79	12,28
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	680	688	667
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	666	682	655
Çekme Direnci (N/mm ²)	1,10	1,17	0,99
Eğilme Direnci (N/mm ²)	27,29	28,16	25,95
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2055	2130	1993
Şişme (%)	7,99	8,11	7,83
Su Alma (%)	29,75	31,67	28,38
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,48	1,63	1,21
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	23,35	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.3. %100 Kayın ve 1,16 mol oranındaki levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğunluk Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1072
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1067
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,88

4.1.1.2. 2. Grup 1,11 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.4. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%100 Kayın	Tutkal Mol Oranı	1,11
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	17
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	104
Lif pH	5,15	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,113
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. %100 kayın ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,75	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,75	18,83	18,66
Yüzey Ağırlık (gr)	12,68	13,01	12,39
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	689	695	671
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	675	689	669
Çekme Direnci (N/mm ²)	1,04	1,15	0,98
Eğilme Direnci (N/mm ²)	26,23	28,23	23,97
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	1921	2043	1858
Şişme (%)	8,02	8,15	7,81
Su Alma (%)	31,05	32,79	29,70
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,32	1,51	1,01
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	18,88		

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.6. %100 Kayın ve 1,16 mol oranındaki levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğ. Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1054
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1034
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,90

İki testin karşılaştırılmış hali aşağıdaki çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.7. %100 Kayın kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.

	1,16 mol oranlı	1,11 mol oranlı
Levha Rutubeti (%)	5,91	5,75
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,72	18,75
Yüzey Ağırlık (gr)	12,47	12,68
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	680	689
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	666	675
Çekme Direnci (N/mm ²)	1,10	1,04
Eğilme Direnci (N/mm ²)	27,29	26,23
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2055	1921
Şişme (%)	7,99	8,02
Su Alma (%)	29,75	31,05
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,48	1,32
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	23,35	18,88
Rutubet Değeri %6,5'e göre	24,21	19,43

Çizelgede görüleceği üzere çekme direnci, elastikiyet modülü, eğilme direnci, şişme ve formaldehit emisyonu tutkal mol oranına paralel olarak düşmüştür.

4.1.2. %20 Kayın %30 Meşe %50 Çam Kullanılan Test Örnekleri

4.1.2.1. 1. Grup 1,11 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.8. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%20 Kayın- %30 Meşe- %50 Çam	Tutkal Mol Oranı	1,11
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	16
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	71
Lif pH	4,97	Sertleştirici Yoğ. (gr/cm ³)	1,113
		Parafin Yoğ. (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. %20 kayın, %30 meşe, %50 am ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	6,05	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,98	19,08	18,93
Yüzey Ağırlık (gr)	12,96	13,15	12,85
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	690	696	675
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	672	679	655
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,91	0,97	0,89
Eğilme Direnci (N/mm ²)	23,97	24,81	23,12
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	1912	2020	1768
Şişme (%)	7,78	8,10	5,48
Su Alma (%)	27,45	29,48	24,20
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,22	1,44	1,11
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	19,07	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.10. %20 kayın %30 meşe %50 am ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğ. Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1088
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1061
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,91

4.1.2.2. 2. Grup 1,16 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.11. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%20 Kayın-		Tutkal Mol Oranı	1,16
	%30 Meşe-	%50Çam		
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	15	
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	71	
Lif pH	5,17	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,116	
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82	

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıda ki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. %20 kayın, %30 meşe, %50 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	6,13	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	19,07	19,14	19
Yüzey Ağırlık (gr)	13,16	13,26	13,06
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	690	694	684
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	674	677	668
Çekme Direnci (N/mm ²)	1,05	1,17	0,85
Eğilme Direnci (N/mm ²)	28,81	29,55	28,25
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2190	2240	2148
Şişme (%)	7,53	8,10	5,60
Su Alma (%)	20,14	21,08	18,59
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,45	1,61	1,32
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	20,29	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.13. %20 kayın %30 meşe %50 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğunluk Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1051
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1025
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,93

İki testin karşılaştırılmış hali aşağıdaki çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.14 %20 kayın, %30 meşe, %50 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.

	1,11 mol oranlı	1,16 mol oranlı
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,98	19,07
Yüzey Ağırlık (gr)	12,96	13,16
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	690	690
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	672	674
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,91	1,05
Eğilme Direnci (N/mm ²)	23,97	28,81
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	1912	2190
Şişme (%)	7,78	7,53
Su Alma (%)	27,45	20,14
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,22	1,45
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	19,07	20,29
Rutubet Değeri %6,5'e göre	23,33	25,64

Çizelgede görüleceği üzere çekme direnci, elastikiyet modülü, eğilme direnci, şişme ve formaldehit emisyonu tutkal mol oranına paralel olarak düşmüştür.

4.1.3. %70 Akçaağaç %30 Çam Kullanılan Test Örnekleri

4.1.3.1. 1.Grup 1,11 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.15. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%70 Akçaağaç- %30 Çam	Tutkal Mol Oranı	1,11
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	17
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	70
Lif pH	4,98	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,113
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. %70 akçaağaç, %30 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,82	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,72	18,79	18,67
Yüzey Ağırlık (gr)	12,91	13,00	12,8
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	690	694	685
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	680	684	676
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,86	0,98	0,75
Eğilme Direnci (N/mm ²)	26,13	26,95	24,92
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2332	2364	2306
Şişme (%)	6,72	7,96	5,34
Su Alma (%)	21,52	22,32	20,60
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,38	1,54	1,37
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	18,53	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.17. %70 akçaağaç, %30 çam ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğunluk Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1060
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1064
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,89

4.1.3.2. 2.Grup 1,16 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.18. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%70 Akçaağaç- %30 Çam	Tutkal Mol Oranı	1,16
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	16
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	81
Lif pH	4,85	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,114
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıda ki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. %70 akçaağaç, %30 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,75	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,85	18,96	18,67
Yüzey Ağırlık (gr)	12,93	13,09	12,89
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	686	695	979
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	675	688	671
Çekme Direnci (N/mm ²)	1,01	1,09	0,89
Eğilme Direnci (N/mm ²)	29,57	31,11	28,42
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2209	2255	2153
Şişme (%)	5,44	5,80	5,15
Su Alma (sn)	19,68	20,63	18,61
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,49	1,58	1,42
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	22,98	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.20. %70 akçaağaç, %30 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğunluk Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1080
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1096
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,88

İki testin karşılaştırılmış hali aşağıdaki çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.21. %70 akçaağaç, %30 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.

	1,11 mol oranlı	1,16 mol oranlı
Levha Rutubeti (%)	5,82	5,75
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,72	18,85
Yüzey Ağırlık (gr)	12,91	12,93
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	690	686
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	680	675
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,86	1,01
Eğilme Direnci (N/mm ²)	26,13	29,57
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2332	2209
Şişme (%)	6,72	5,44
Su Alma (%)	21,52	19,68
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,38	1,49
Formaldehit Emisyonu (mg/100gr)	18,53	22,98
Rutubet Değeri %6,5'e göre	17,11	20,06

Çizelgede görüleceği üzere çekme direnci, elastikiyet modülü, eğilme direnci, şişme ve formaldehit emisyonu tutkal mol oranına paralel olarak düşmüştür.

4.1.4. %25 Meşe %75 Çam Kullanılan Test Örnekleri

4.1.4.1. 1. Grup 1,11 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.22. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%25 Meşe -%75 Çam	Tutkal Mol Oranı	1,11
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	16
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	71
Lif pH	5,08	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,115
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. %25 meşe, %75 am ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,45	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	19,07	19,18	18,87
Yüzey Ağırlık (gr)	13,15	13,25	12,94
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	689	694	678
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	672	678	660
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,70	0,79	0,66
Eğilme Direnci (N/mm ²)	28,11	30,42	25,56
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2215	2356	1902
Şişme (%)	4,83	5,05	4,72
Su Alma (%)	17,76	19,89	15,8
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,11	1,27	1,01
Formaldehit Emisyonu (mg/100 g)	22,22	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.24. %25 meşe, %75 am ve 1,11 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğ. Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1050
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1024
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,93

4.1.4.2. 2. Grup 1,16 Mol Oranı

Üretimde kullanılan yonga ve kimyasallar hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.25. Yonga ve kimyasal bilgileri.

Yonga Karışımı	%25 Meşe - %75 Çam	Tutkal Mol Oranı	1,16
Levha Kalınlığı (mm)	18	Tutkal Akma Zamanı (sn)	16
Lif Rutubeti (%)	8,6	Jelleşme Süresi (sn)	92
Lif pH	5,04	Sertleştirici Yoğunluğu (gr/cm ³)	1,110
		Parafin Yoğunluğu (gr/cm ³)	0,82

Levha mukavemet değerleri ile ilgili sonuçlar aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.26. %25 meşe, %75 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait test sonuçları.

	Ortalama	Maksimum	Minimum
Levha Rutubeti (%)	5,63	-	-
Ham Levha Kalınlığı (mm)	18,99	19,11	18,94
Yüzey Ağırlık (gr)	12,97	13,08	12,82
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	683	688	671
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	667	672	656
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,89	1	0,79
Eğilme Direnci (N/mm ²)	30,97	32,57	29,17
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2562	2772	2231
Şişme (%)	4,88	5,29	4,33
Su Alma (%)	22,15	24,06	19,35
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,37	1,39	1,35
Formaldehit Emisyonu (mg/100 g)	27,48	-	-

Profil yoğunluk dağılımına ait bilgileri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.27. %25 meşe, %75 çam ve 1,16 mol oranlı tutkal kullanılan levhaya ait grafik yoğunluk dağılımı.

Profil Yoğunluk Dağılımı	
Maximum Sol Yoğunluk (kg/m ³)	1068
Maximum Sağ Yoğunluk (kg/m ³)	1056
Minimum / Ort. Yoğunluk (kg/m ³)	0,90

İki testin karşılaştırılmış hali aşağıdaki çizelgedeki gibidir.

Çizelge 4.28. %25 meşe, %75 çam kullanılan levhalarda 1,11 ve 1,16 mol oranlı levha test sonuçlarının karşılaştırılması.

	1,11 mol oranlı	1,16 mol oranlı
Ham Levha Kalınlığı (mm)	19,07	18,99
Yüzey Ağırlık (gr)	13,15	12,97
Ham Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	689	683
Zımparalı Levha Yoğunluğu (kg/m ³)	672	667
Çekme Direnci (N/mm ²)	0,70	0,89
Eğilme Direnci (N/mm ²)	28,11	30,97
Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	2215	2562
Şişme (%)	4,83	4,88
Su Alma (%)	17,76	22,15
Yüzey Dayanıklılığı (N/mm ²)	1,11	1,37
Formaldehit Emisyonu (mg/100 g)	22,22	27,48
Rutubet Değeri %6,5'e göre	23,42	25,72

Çizelgede görüleceği üzere çekme direnci, elastikiyet modülü, eğilme direnci, şişme ve formaldehit emisyonu tutkal mol oranına paralel olarak düşmüştür.

4.2. TARTIŞMA

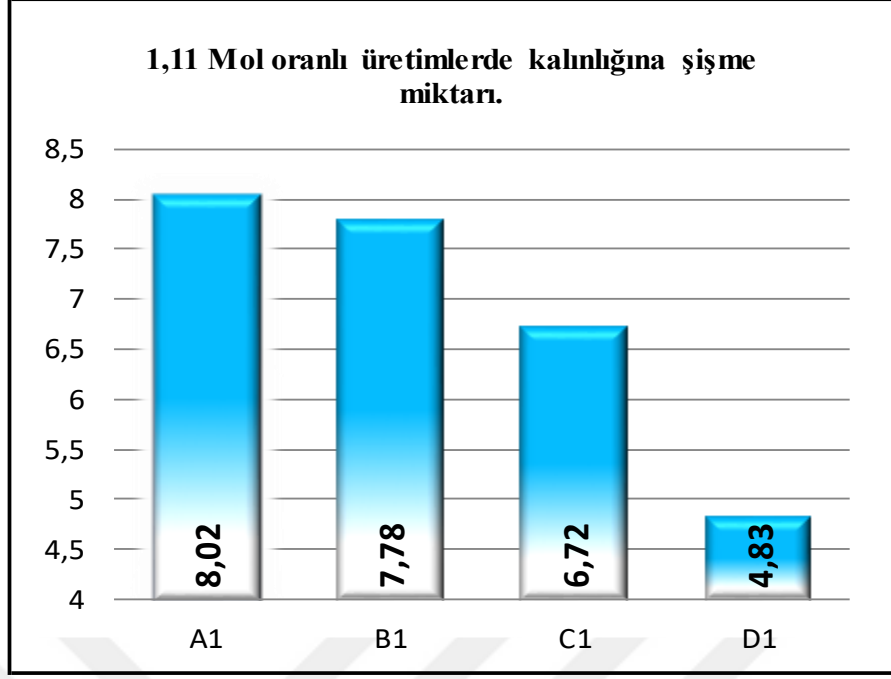
4.2.1. Kalınlığına Şişme

Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının kalınlığındaki şişme miktarı üzerine etkisi incelenmiştir. Bütün grupların şişme sonuçları aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

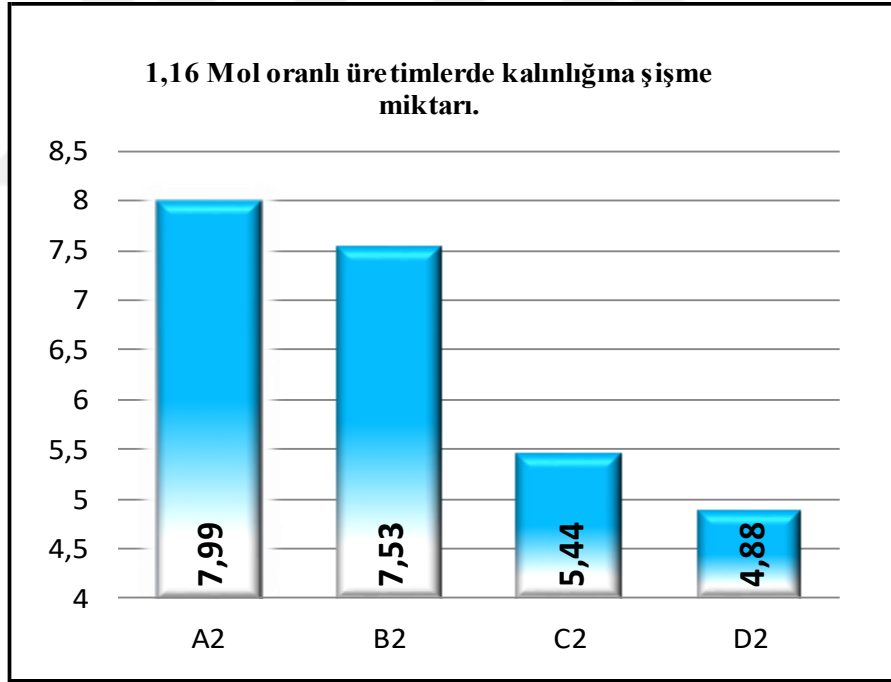
Çizelge 4.29. Tüm testlerin kalınlığına şişme miktarı.

Odun Karışımı	Tutkal Mol Oranı	Kalınlığına Şişme
		Miktarları
% 100 kayın	1,11	8,02
	1,16	7,99
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	7,78
	1,16	7,53
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	6,72
	1,16	5,44
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	4,83
	1,16	4,88

MDF'nin en önemli olumsuz özelliklerinden biriside levhanın su alma suretiyle şişmesidir. Şişmeyi asgari düzeyde tutabilmek için çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bu doğrultuda en yaygın kullanılan kimyasal petrolün yan ürünlerinden olan parafindir. Kullanılan parafin miktarı şişme oranını düşürmekle beraber belirli bir oranın üstüne çıkıldığında liflerin yapışmasını olumsuz etkileyerek mukavemet değerlerini düşürmektedir. Şişmeyi etkileyen başlıca etkenler; odun türü lif boyutları, levhanın yoğunluğu, yapıştırıcı oranı, presleme şartlarıdır [41]. Yapılan araştırmada % 75 oranında çam odunu bulduran karışımda şişme oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Büyük bir oranı akçaağaçtan oluşan karışımın şişmesi ise diğer iki karışımın şişme değerlerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. %100 kayın ve kayın, meşe, çamdan oluşan karışım arasında ciddi bir fark görülmemiştir.



Şekil 4.1. 1,11 mol oranı kalınlığına şişme miktarları.



Şekil 4.2. 1,16 mol oranı kalınlığına şişme değerleri.

4.2.2. Yüzey Absorpsiyonu (Yüzey Emiciliği)

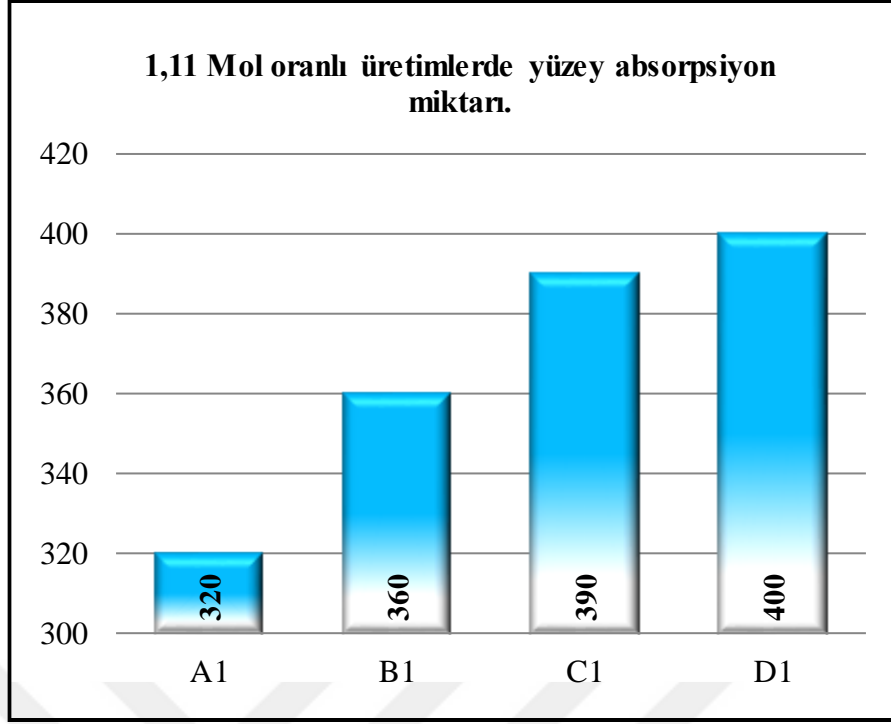
Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının porozite üstünde ki etkisi incelenmiştir. Bütün grupların yüzey porozite sonuçları aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.30. Tüm testlerin yüzey absorpsiyon değerleri.

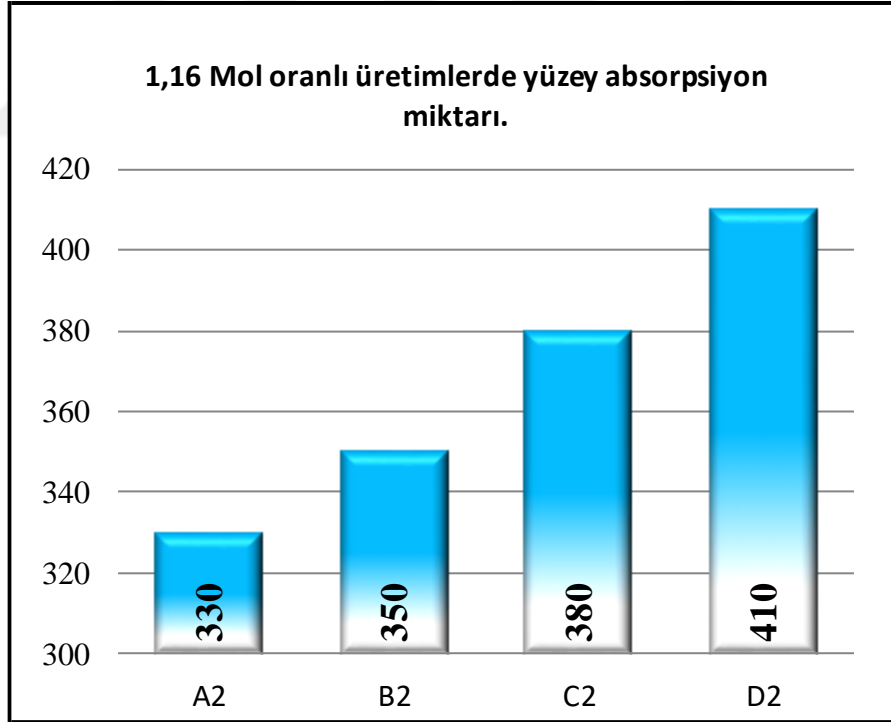
Odun Karışımı	Tutkal Mol Oranı	Yüzey Absorpsiyonu Değerleri (mm)
% 100 kayın	1,11	320
	1,16	330
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	360
	1,16	350
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	390
	1,16	380
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	400
	1,16	410

Son yıllarda lif levhaya üst yüzey işlemi uygulamanın popülaritesi artmıştır. Lif levhaya uygulanan başlıca üst yüzey işlemleri arasında vernik, lake ve boyayı sayabiliriz. Yüzey absorpsiyon melaminli dekor kâğıdı, ahşap kaplama, membran ve laminat kaplama vb. uygulamalarda görünüm kalitesini ve yapışma kalitesini etkileyen en önemli özelliklerden biridir. Sadece lif levha değil bütün ahşap kompozit malzemelerde yüzey porozitesini sürekli kontrol altında tutmak çok önemlidir [42], [43].

Çizelgeden görüldüğü üzere çam oranı en yüksek olan karışımın yüzey absorpsiyon değeri en yüksektir. Sonrasında %70 akçaağaç bulunan karışım görülmektedir. %100 kayın kullanılan levhanın yüzey absorpsiyonu ise en düşüktür.



Şekil 4.3. 1,11 mol oranı yüzey absorpsiyon miktarları.



Şekil 4.4. 1,16 mol oranı yüzey absorpsiyon miktarları.

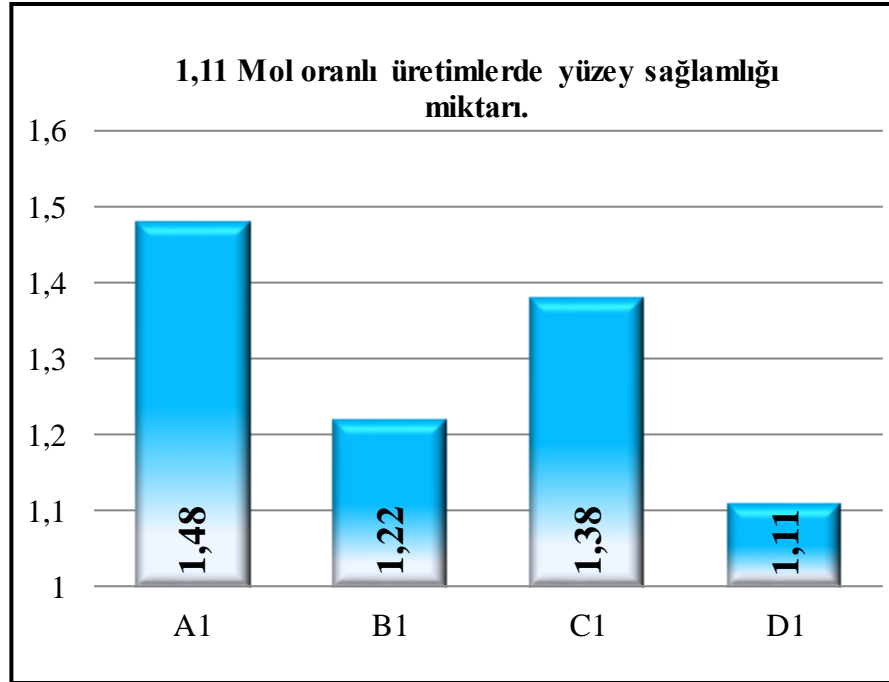
4.2.3. Yüzey Sağlamlığı Testi

Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının yüzey sağlamlığına etkisi incelenmiştir. Bütün grupların yüzey sağlamlık sonuçları çizelgede görülmektedir.

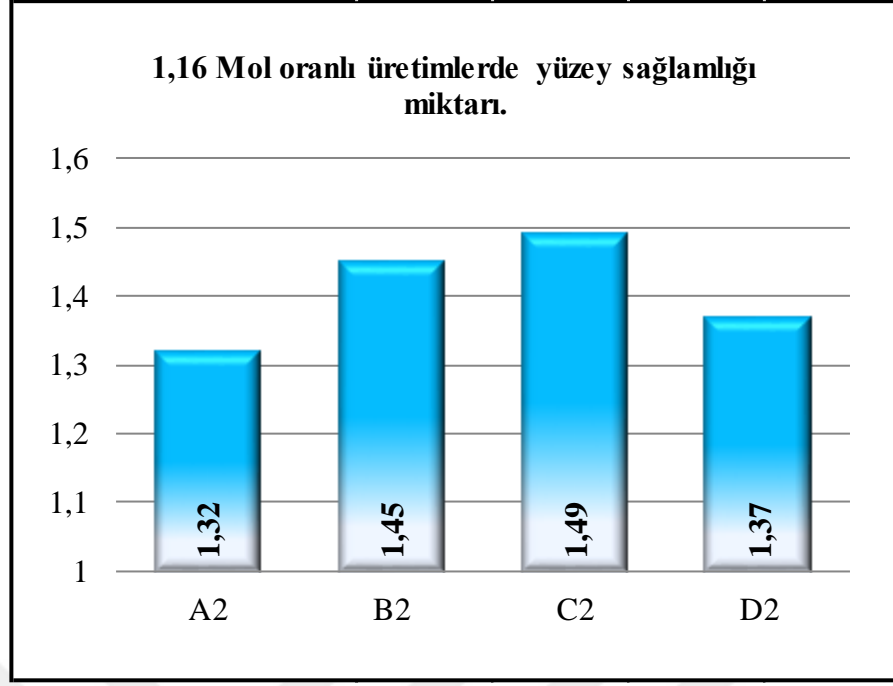
Çizelge 4.31. Tüm testlerin yüzey sağlamlığı karşılaştırma çizelgesi.

Odun Karışımı	Tutkal Mol Oranı	Yüzey Sağlamlığı (N/mm ²)
% 100 kayın	1,11	1,48
	1,16	1,32
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	1,22
	1,16	1,45
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	1,38
	1,16	1,49
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	1,11
	1,16	1,37

Çizelgeden görüldüğü üzere çam oranı en yüksek olan karışımın yüzey sağlamlık değeri en düşüktür. Diğer karışımlarda ciddi bir fark görülmemiştir. Tutkal mol oranının düşmesiyle birlikte bütün karışımlarda yüzey sağlamlık değeri düşmüştür.



Şekil 4.5. 1,11 mol oranı yüzey sağlamlığı miktarları.



Şekil 4.6. 1,16 mol oranı yüzey sağlamlığı miktarları.

4.2.4. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Testi

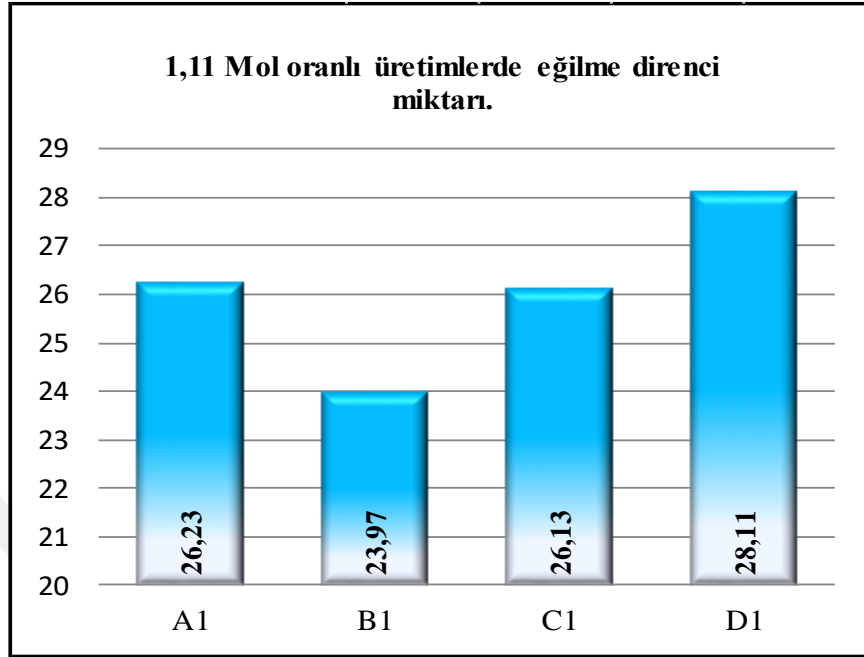
Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının eğilme direnci ve elastikiyet mönülü üzerine etkisi incelenmiştir. Bütün grupların yüzey sağlamlık sonuçları çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.32. Tüm testlerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü karşılaştırma çizelgesi.

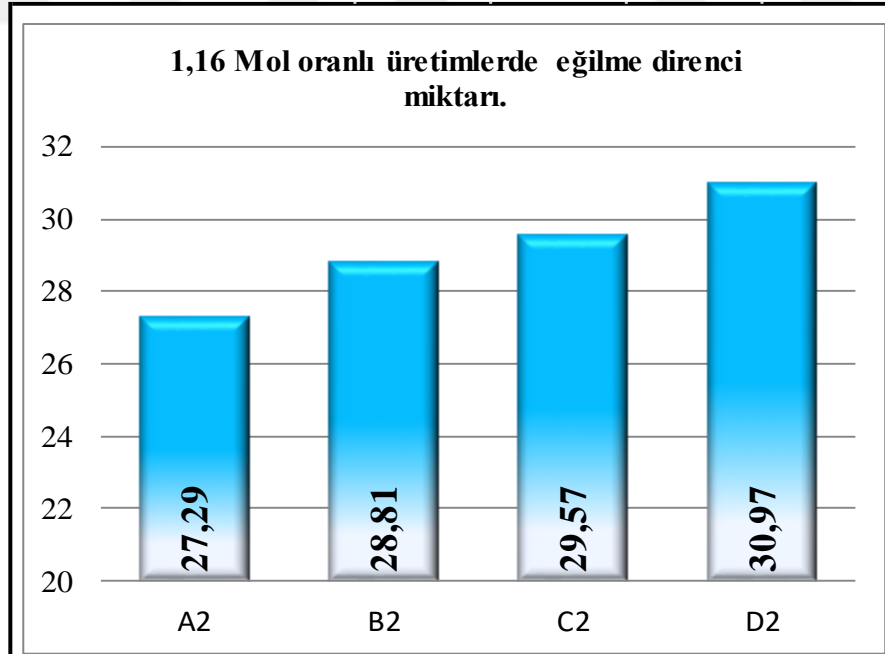
Odun Karışımı	Tutkal	Eğilme	Elastikiyet
	Mol Oranı	Direnci (N/mm ²)	Modülü (N/mm ²)
% 100 kayın	1,11	26,23	1921
	1,16	27,29	2055
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	23,97	1912
	1,16	28,81	2190
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	26,13	2332
	1,16	29,57	2209
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	28,11	2215
	1,16	30,97	2562

Lif levhaların yoğunluk artışına paralel olarak eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir [44]. Sert ağaç lifleri preslenme

esnasında daha büyük ve uzun yumuşak ağaç lifleri temas yüzeyini arttırdığı için, bağ yapma kabiliyetini arttırarak daha fazla yapışma alanı oluşturup lif taslağının daha fazla direnç kazanmasına sağlar [8], [45].



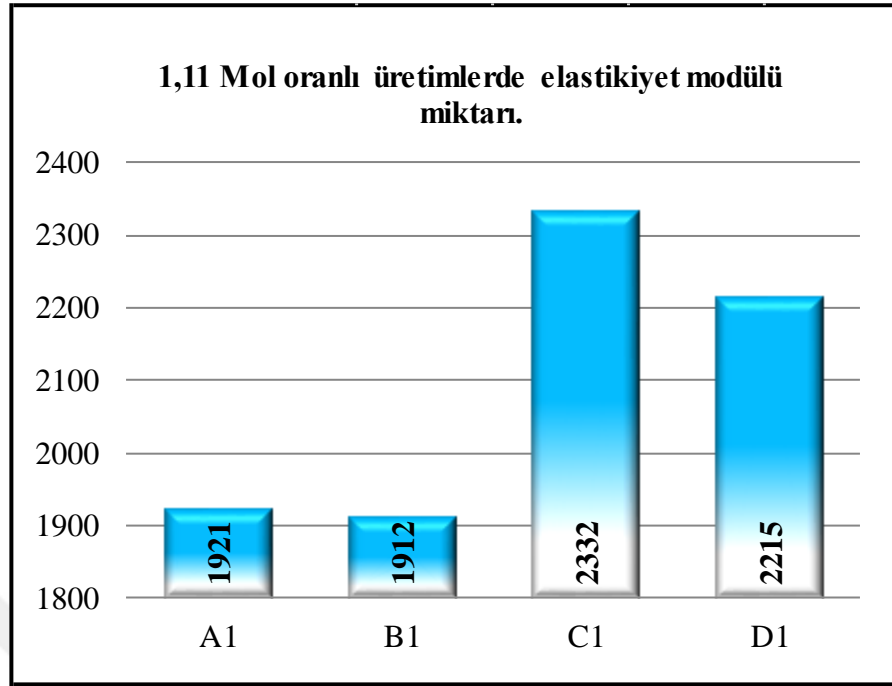
Şekil 4.7.1,11 mol oranı eğilme direnci miktarları.



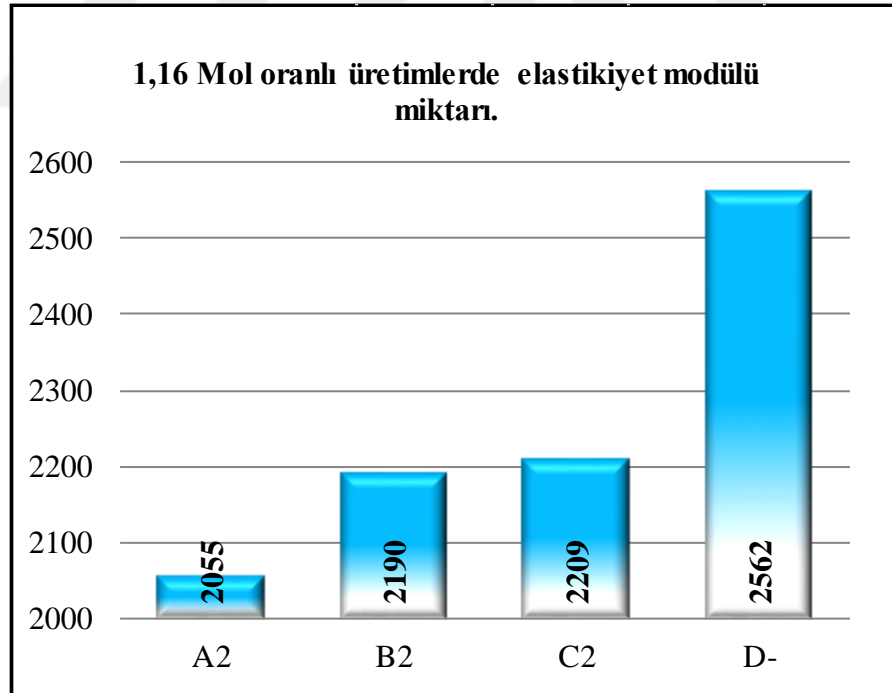
Şekil 4.8. 1,16 mol oranı eğilme direnci miktarları.

Çizelgeden ve grafiklerden anlaşıldığı gibi %75 çam odunu bulunan karışımın eğilme direnci ve elastikiyet modülü daha yüksek gelmiştir. Mol oranının 1,16 olan tüm testler

mol oranı 1,11 olan testlerden daha yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.9. 1,11 mol oranı elastikiyet modülü miktarları.



Şekil 4.10. 1,16 mol oranı elastikiyet modülü miktarları.

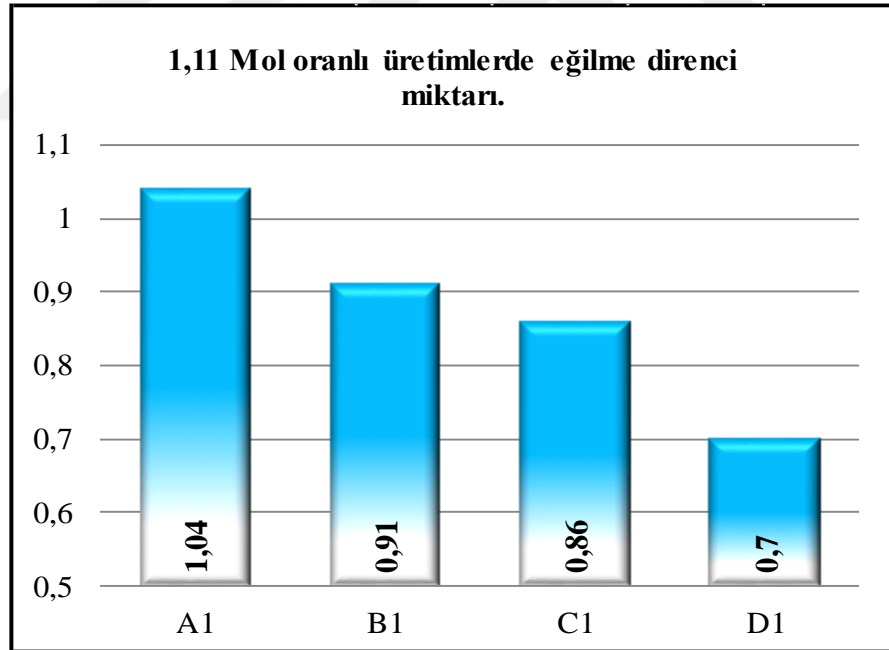
4.2.5. Çekme Direnci Testi

Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının çekme direnci üzerine etkisi incelenmiştir. Bütün grupların çekme direnci sonuçları çizelgede görülmektedir.

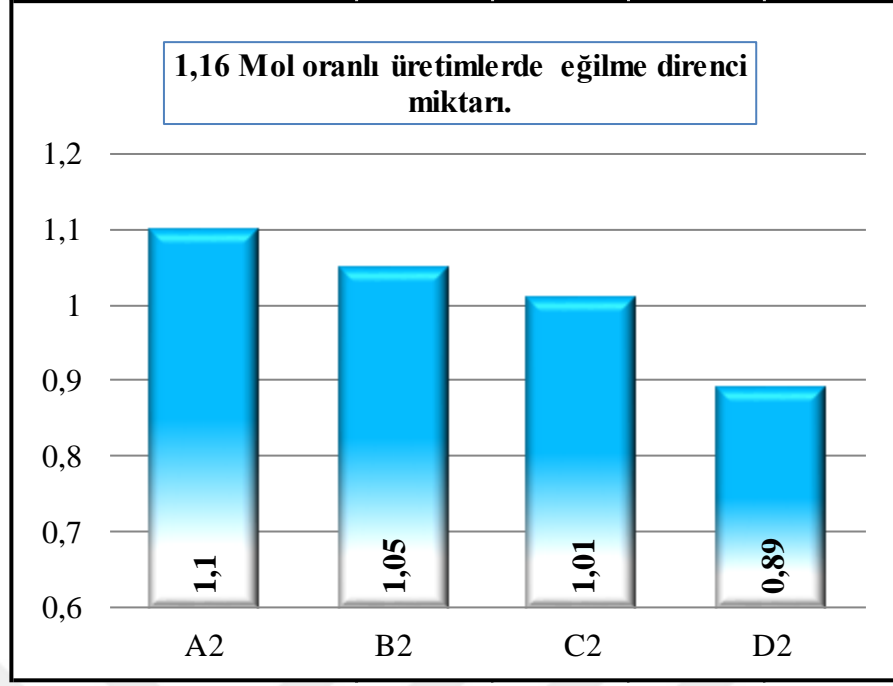
Çizelge 4.33. Tüm testlerin çekme direnci karşılaştırma çizelgesi.

Odun Karışımı	Tutkal Mol Oranı	Çekme Direnci (N/mm ²)
% 100 kayın	1,11	1,04
	1,16	1,10
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	0,91
	1,16	1,05
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	0,86
	1,16	1,01
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	0,70
	1,16	0,89

Çizelgeden da anlaşıldığı üzere %100 kayın ile üretilen levhaların çekme direnci değerleri en yüksektir. %75 çam bulunan karışımın çekme direnci değerleri diğer testlere göre daha düşüktür. Diğer karışımlarda önemli düzeyde farklar görülmezken, mol oranının 1,16 olan tüm testler mol oranı 1,11 olan testlerden daha yüksek değerlere sahiptir.



Şekil 4.11. 1,11 mol oranı çekme direnci miktarları.



Şekil 4.12. 1,16 mol oranı çekme direnci miktarları.

4.2.6. Serbest Formaldehit Miktarının Belirlenmesi

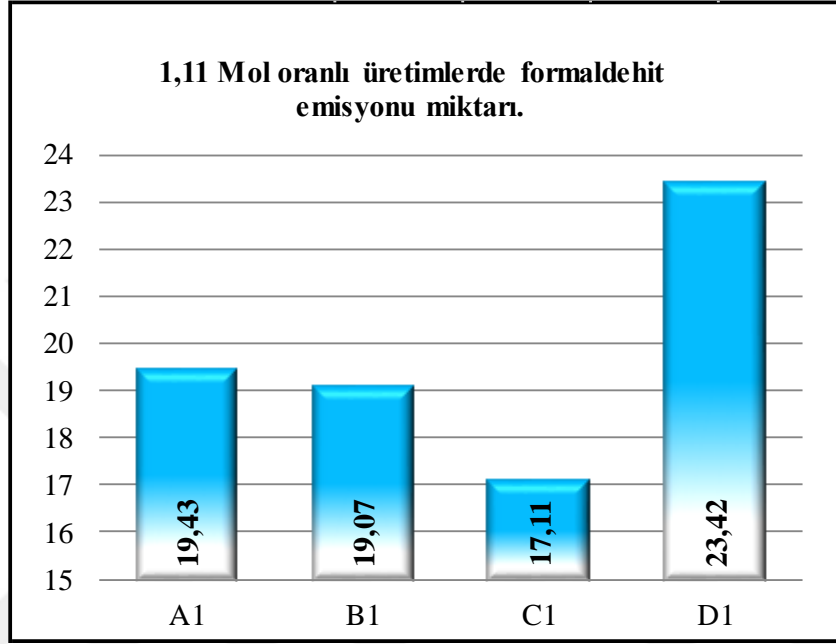
Araştırma kapsamında ağaç türleri ve tutkal mol oranlarının formaldehit emisyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Bütün grupların formaldehit emisyonu gaz salınım sonuçları çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.34 Tüm testlerin formaldehit emisyonu ölçümü karşılaştırma çizelgesi.

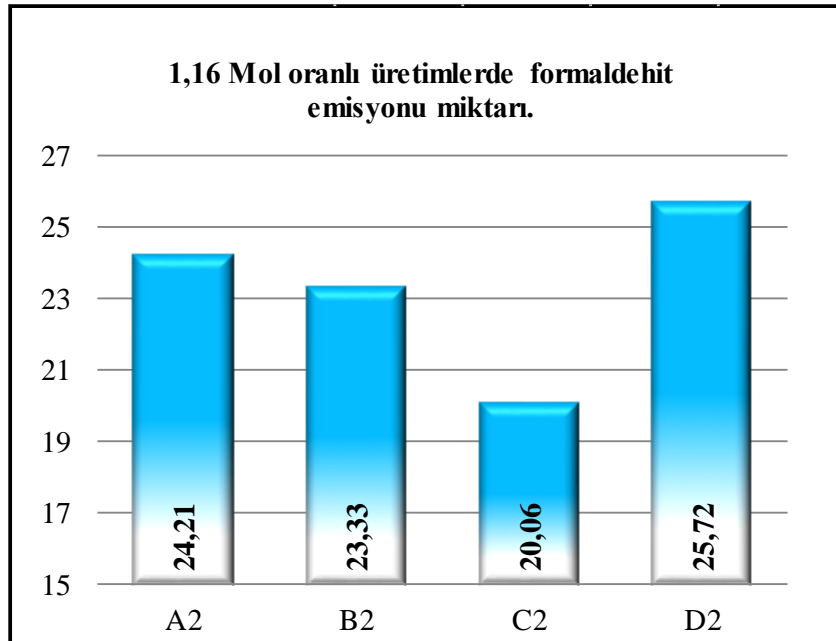
Odun Karışımı	Tutkal	Formaldehit	Rutubet
	Mol Oranı	Emisyonu Değeri (mg/100 g)	Değeri %6,5'e göre
% 100 kayın	1,11	18,88	19,43
	1,16	23,35	24,21
% 20 kayın, % 30 meşe, % 50 çam	1,11	20,29	19,07
	1,16	25,64	23,33
% 70 akçaağaç, % 30 çam	1,11	18,53	17,11
	1,16	22,98	20,06
% 25 meşe, % 75 çam	1,11	22,22	23,42
	1,16	27,48	25,72

Yapılan araştırmalarda üretim şartlarında bir değişiklik yapılmadan meşe ile üretilen yonga levhalardan ayrılan formaldehit gazı miktarı, çam odunu ile üretilen yonga

levhalardan ayrılan formaldehit gazına göre daha az olduğu saptanmıştır. Başka bir araştırmada ise ladin odununda yapılmış yonga levhalardan ayrılan formaldehit gazı miktarının, kayın odunundan üretilen yonga levhalardan ayrılan formaldehit gazı miktarından daha fazla olduğu görölmüştür. Kayın odunundan üretilmiş kontrplaklardan ayrılan gaz miktarının ise okume odununda üretilen kontrplaklardan ayrılan gaz miktarı daha yüksek bulunmuştur [46].



şekil 4.13. 1,11 mol oranı formaldehit emisyonu miktarları.



şekil 4.14. 1,16 mol oranı formaldehit emisyonu miktarları.

Formaldehit emisyon miktarının daha aşağı seviyelere indirmenin en kolay ve en etkili yollarından biri serbest formaldehit miktarı dūřuk olan tutkallar kullanmaktır. Mol oranı dūřuk reğineler (Üre/Formaldehit) kullanılmalıdır. Formaldehit emisyon sınıfı E0 olan levhalar elde etmek için Ü/F oranı 1'in altında olmalıdır. E1 için mol oranı 1-1,1 aralığında olmalıdır. E2 sınıfı için mol oranı 1,2 civarında olmalıdır [47], [41].

Tablo incelendiğinde mol oranı arttıkça gaz salınımının arttığı açık bir şekilde belli olmaktadır. Odun türüne bakıldığında %75 çam bulunduran karışım en yüksek formaldehit emisyonuna sahipken, asgari formaldehit emisyon değerisi ise %70 akçaaağaç bulunduran karışım oluyor. %100 kayın odunu kullanılan teste bakıldığında ise formaldehit emisyonunun %70 akçaaağaç kullanılan teste yakın ancak biraz daha yüksek olduğu görölmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı odun karışımlarıyla ve farklı mol oranına sahip tutkal ile üretilmiş MDF levhaların fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırılmıştır. Bütün testler TS EN standartlarına uygun şekilde yapılmıştır. Yapılan testlerde çekme direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzey dayanıklılığı ve formaldehit emisyonunun mol oranıyla doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Şişme ve su alma testlerinde ise farklılıklar gözlemlenmiş olup kesin bir sonuca varılamamıştır.

- Yapılan araştırmada % 75 oranında çam odunu bulunduran karışımda şişme oranlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Büyük bir oranı akçaağaçtan oluşan karışımın şişmesi ise diğer iki karışımın şişme değerlerine göre daha düşük olduğu görülmüştür. %100 kayın ve kayın, meşe, çamdan oluşan karışım arasında ciddi bir fark görülmemiştir.
- Günümüz teknolojisinde yaklaşık 5 dakikalık bir süre içerisinde güven düzeyi oldukça yüksek ölçüm sonucu alındığı göz önüne alınırsa kontrol sayısını arttırmak faydalı olacaktır. Üretim prosesinde birçok değişimle arzu edilen değerlere ulaşılabilir. Kısa sürede sonuç almak için pres basınçlarını, ısılarını veya hızını, taslak rutubetini değiştirebiliriz. Lifin ph değeri, tutkal miktarı, ağaç türü vb. birçok parametre yüzey absorpsiyon değerine etki eder.
- Yapraklı ağaç ve iğne yapraklı ağaç karışım lifinden yapılan MDF'lerin eğilme direnci tek ağaç türünden üretilen levhalara göre daha yüksek bulunmuştur.
- Yapraklı ağaç türlerinden üretilen levhaların iğne yapraklı ağaç türlerine göre çekme mukavemeti daha yüksektir. 1,16 mol oranlı tutkal ile üretilen levhaların mukavemet değerleri 1,11 mol oranlı tutkal ile üretilen levhaların mukavemet değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Formaldehit emisyonu karşılaştırıldığında çam ağacının en fazla olduğu karışım en yüksek gelmiştir. Akçaağaç yoğunluklu üretilen levhalar minimum formaldehit emisyonuna sahiptir. Tutkal mol oranları karşılaştırıldığında mol oranı arttıkça formaldehit emisyonunun arttığı görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- [1] Anonim. (2019, 3 Ocak). [Online] Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı. Erişim: <http://docplayer.biz.tr>
- [2] F. Çabukoğlu, "Masif Parkelerde Kalite Sınıflarına Göre Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2007.
- [3] T. Akbulut, N. Ayrılmış, "MDF Üretiminde Dikkate Alınması Gereken Hususlar," *Orman Fakültesi Dergisi*, c. 51, s. 2, ss. 26–42, 2001.
- [4] Y. Bozkurt, N. Erdin, *Odun Anatomisi*, 1. baskı. İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi yayınları, 2000.
- [5] D. Fengel, G. Wegener, *Wood Chemistry*, 2. baskı. Berlin, Germany: Walter De Gruyter, 1984.
- [6] H. Hafizoğlu, İ. Deniz, Orman Ürünleri Kimyası, *Ders Notları*, Trabzon, 2010.
- [7] H. Eroğlu, M. Usta, *Lif Levha Üretim Teknolojisi*, 1. baskı. Trabzon, Türkiye: Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, 2000.
- [8] M. Kara, "Tutkal Miktarı Ve Levha Yoğunluğunun MDF'nin Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2011.
- [9] O. Çamlıbel, "Orta Yoğunlukta Lif levha (MDF) Üretiminde İnorganik Dolgu Maddelerinden Kaya Tuzu Kalsit , Boraks Pentahidrat Ve Talk Minerallerinin Kullanılabilme Olanaklarının Araştırılması," Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2012.
- [10] H. Chen, *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and practice*, 1. Baskı. Beijing, China: Chemical Industry Yayınevi, 2014.
- [11] H. Özdemir, "Endüstride Önemli İbrelili Ağaç Kabuklarından Tanen Üretimi Ve Üretilen Tanenlerin Lif Levhada Tutkal Olarak Değerlendirilmesi," Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2010.
- [12] H. Eroğlu, Lif levha Endüstrisi, *Ders Notları*, Trabzon, 1988.
- [13] *Odun Lifi ve Yonga Levhalar (Terimler ve Tarifler)*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 2129, 1975.
- [14] *Odun Lifi Levhalar- Tarifler Sınıflandırma ve Semboller*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 3635 EN 316, 1975.
- [15] F. P. Kollmann, Franz, E. W. Kuenzi, A. J. Stamm, *Principles of Wood Science and Technology II., Wood Based Materials*, 1. baskı. Berlin, Germany: Springer, 1975.
- [16] T. Tank, Y. Göker, A. Kurtoğlu, and N. Erdin, *Türkiye'de Orman Ürünleri Endüstrisindeki Gelişmelerin Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız*

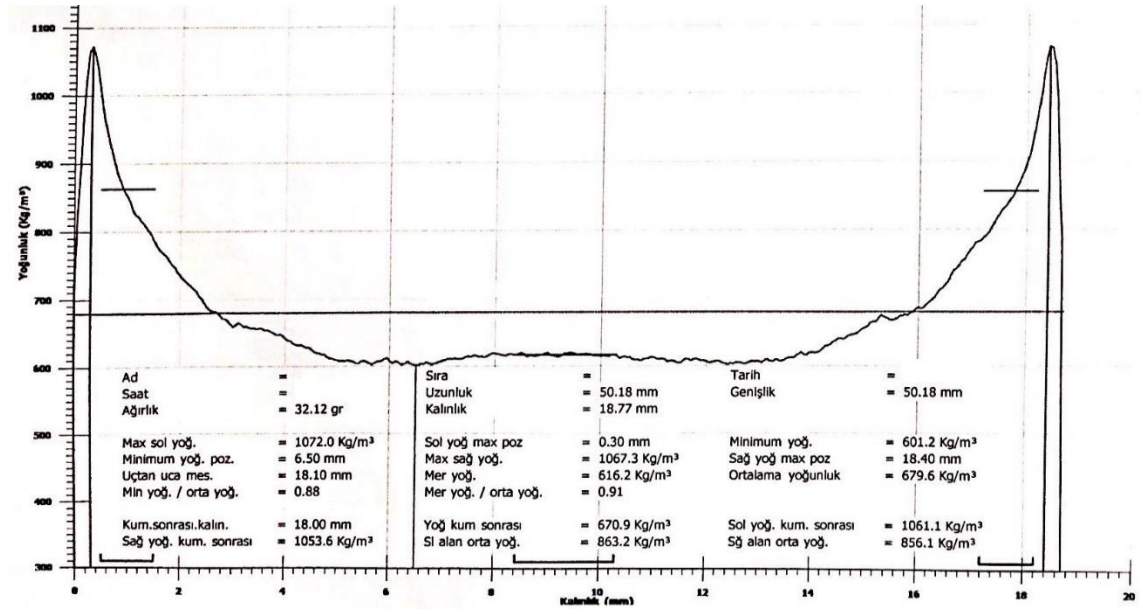
- Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1998.
- [17] T. Akbulut, Lif levha Endüstrisi, *Ders Notları*, Trabzon, 2001.
- [18] A. Pizzi, *Wood Adhesives in Wood Adhesives, Chemistry and Technology*, 1. baskı New York, USA: Marcel Dekker Publisher 1983, ss. 59-104.
- [19] H. T. Şahin, Ağaç Malzeme Tutkalları ve Yapıştırma Tekniği, *Ders Notları*, Isparta, 2013.
- [20] C. Frihart, *Wood Adhesion and Adhesives*, 2. baskı. Medison, USA: CRC Press, 2012, ss. 294–300.
- [21] M. Aslan, “Fenol Formaldehit Tutkalının Odunun Pirolizinden Elde Edilen Biyoyağ İle Modifikasyonu Ve Modifiye Edilen Tutkallarının Yapışma Performanslarının Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2016.
- [22] S. R. Hartsohorn, *Structural Adhesives, Chemistry and Technology*, 2. baskı. New York, USA: Springer Publishing, 1986, ss. 69–112.
- [23] Anonim. (2018 15 Ekim). “Ürünün Tanımı.” [Online]. Erişim: <http://www.gentaskimya.com/TR,43/genmuf-875.html>.
- [24] S. Öztürk, “Türkiye’de Doğal Yayılış Gösteren Akçaağaç (Acer) Türlerinin Bazı Botanik Özellikleri,” *Orman Araştırma Dergisi*, c. 1, s. 4, ss. 80–99, 2016.
- [25] Anonim. (20.11.2018). “Densities of Wood Species.” [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/wood-density-d_40.html.
- [26] Anonim, *Kayın El Kitabı*, 1. baskı. Ankara, Türkiye: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 1985.
- [27] Ogm, “Geniş Yapraklı Türler,” *Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Aslı Ağaç Türleri Dergisi*, c. 1, s.1, ss. 24–35, 2009.
- [28] Ö. D. Balkız, “Ormangülünün (Rhododendron ponticum L.) Lifleri Kullanılarak Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretimi,” Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2006.
- [29] T. Akbulut, “Vezirköprü Fabrikasında Üretilen Yonga Levhaların Teknolojik Özellikleri,” Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1991.
- [30] Anonim, (2018, 31 Kasım). *Parafin*. [Online]. Erişim: <http://www.mercankimya.com.tr/parafin>.
- [31] Ö. Bulut, “MDFlam Üretiminde Bazı Faktörlerin Düzlemde Sapma Değeri Üzerine Etkisinin Belirlenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, 2018.
- [32] *Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 310, 1999.
- [33] *Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına ŞişmeTayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 317, 1999.

- [34] *Lif levhalar- Özellikler Bölüm: 5 Kuru İşlem Levhalarının (MDF) Özellikleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 64 – 5 EN 622 – 5, 1999.
- [35] *Lif Levhalar, Yüzey Absorpsiyonu Tayini; Bölüm 1:Kuru Metodla Üretilen Lif Levhalarda Deney Metodu*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 382-1, 1999.
- [36] *Ahşap Esaslı Levhalar-Yüzey Sağlamlığının Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 311, 2002.
- [37] *Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 322, 1993.
- [38] *Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı Ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 310, 1999.
- [39] *Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 319, 1999.
- [40] *Ahşap Esaslı Levhalar-Formaldehit Miktarının Tayini-Ekstraksiyon Metodu İle Ayırma*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 4894-EN 120, 1999.
- [41] N. Ayrılmış, "MDF'nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.
- [42] S. Boran, "Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF) Üretiminde Kullanılan Üreformealdehit Tutkalına Farklı Kimyasal Maddeler İlave Edilerek Serbest Formaldehit İçeriğinin Azaltılması," Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 2010.
- [43] Z. Candan, "Bazı Üretim Değişkenlerinin MDF'nin Dikey Yoğunluk Profili Ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2007.
- [44] M. Akgül, "Mısır Saplarından Orta Yoğunlukta Lif Levha Üretimi," *Düzce Üniversitesi Orman Dergisi*, c. 5, s. 2, ss. 95–103, 2006.
- [45] O. Çamlıbel, "Ormangülü Biyokütlesinden (rhododendron ponticum l.) MDF (orta yoğunlukta lif levha) Üretimi Olanaklarının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2006.
- [46] G. Çolakoğlu, "Kontrollük Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi," Doktora Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1993.
- [47] M. Gündüz, "Bazı Ahşap Esaslı Levhaların Oda ve Gaz Analiz Metoduna Göre Formaldehit Emisyonlarının Belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.

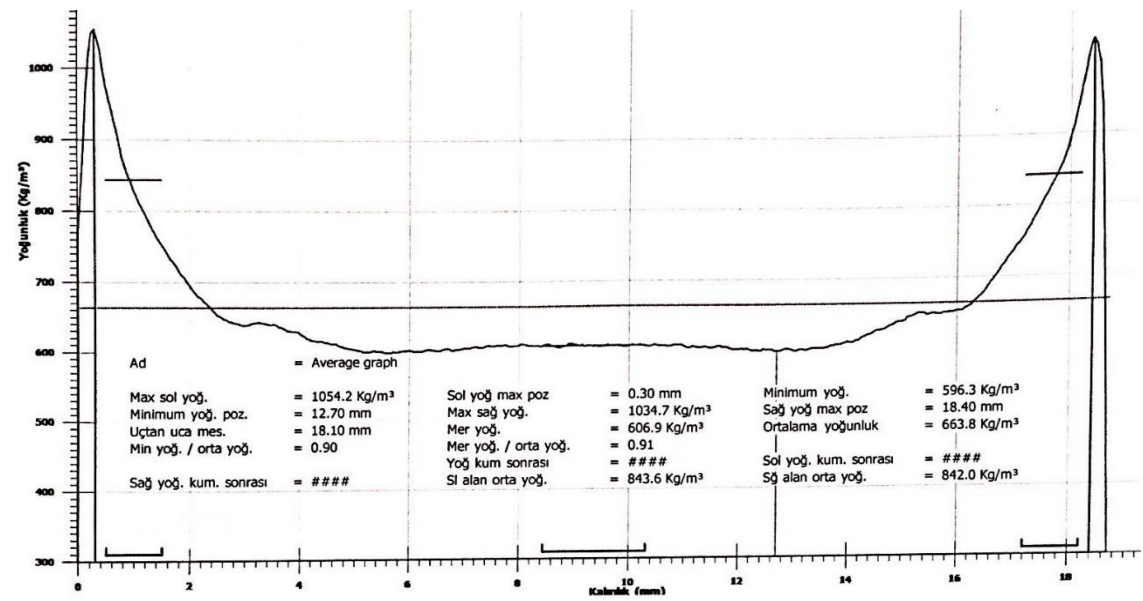
7. EKLER

Tüm testlere ait grafikler aşağıdaki gibidir.

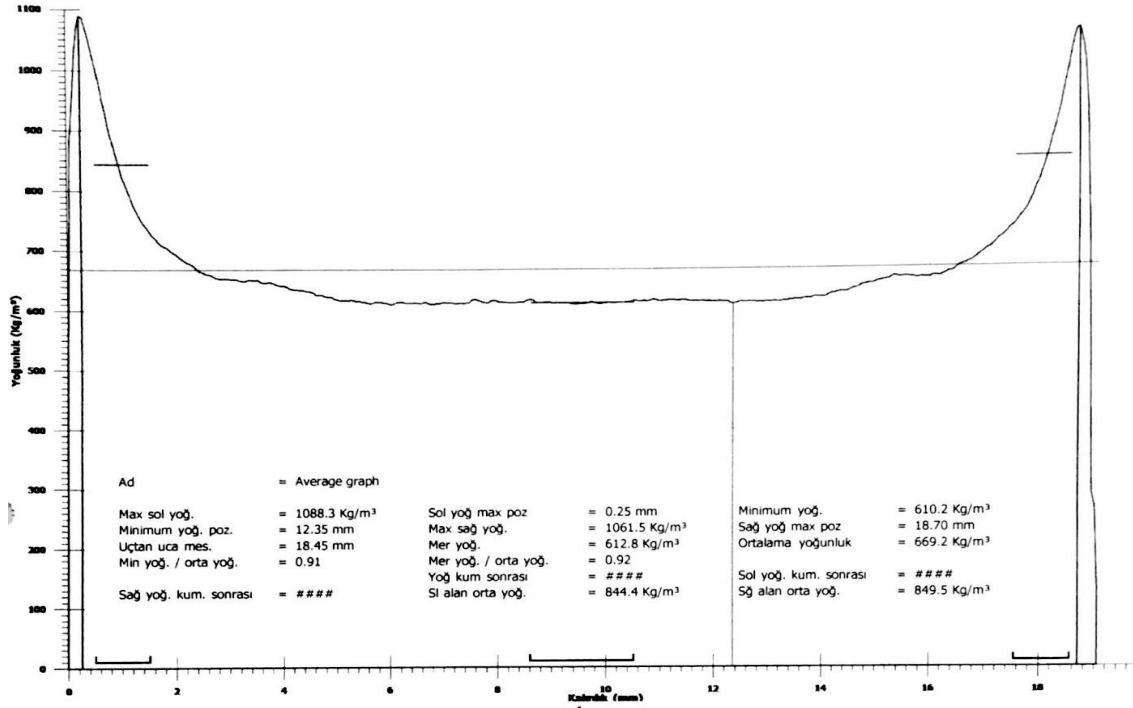
7.1. %100 KAYIN KULLANILAN 1. GRUP 1,16 MOL ORANI



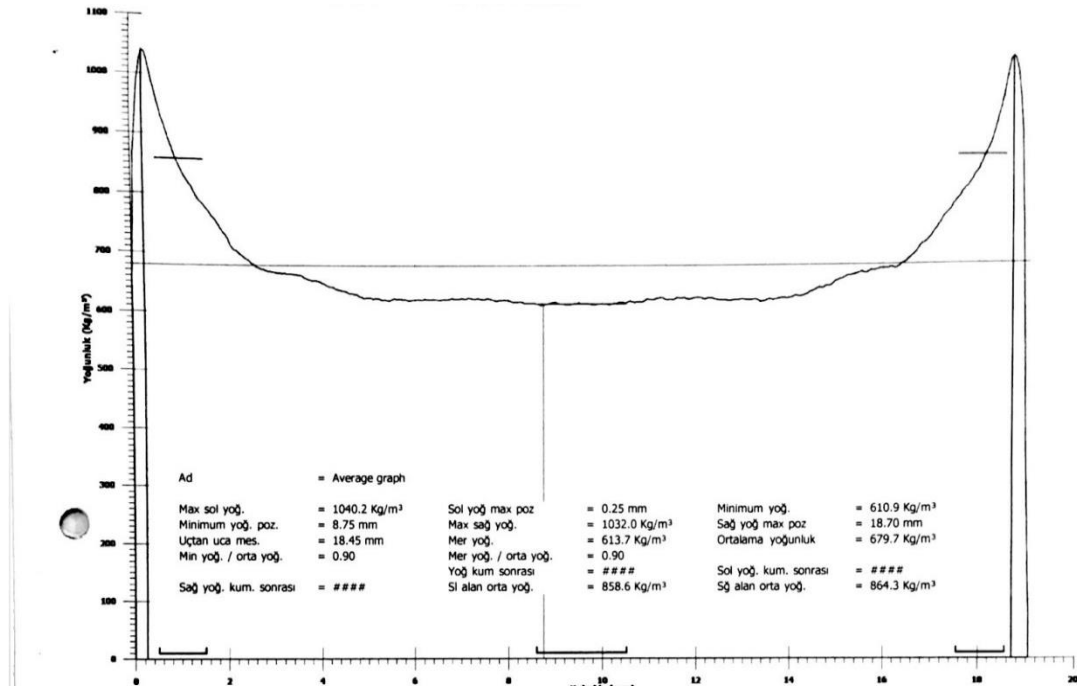
7.2. %100 KAYIN KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI



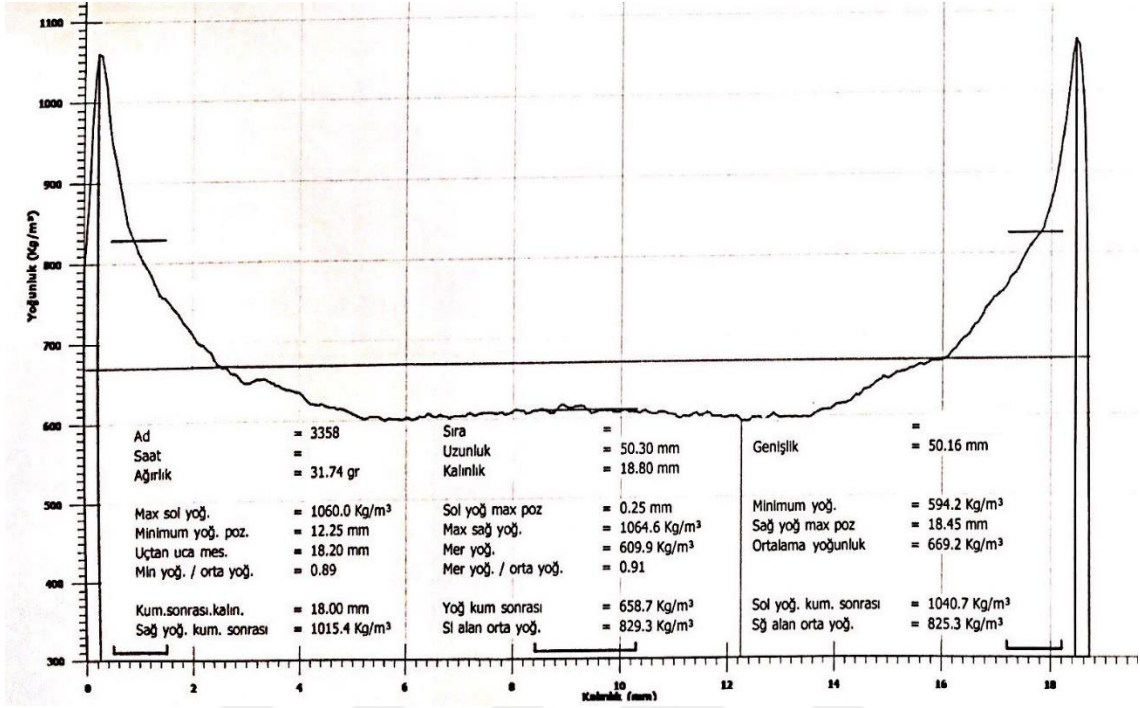
7.3. %20 KAYIN, %30 MEŞE, %50 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI



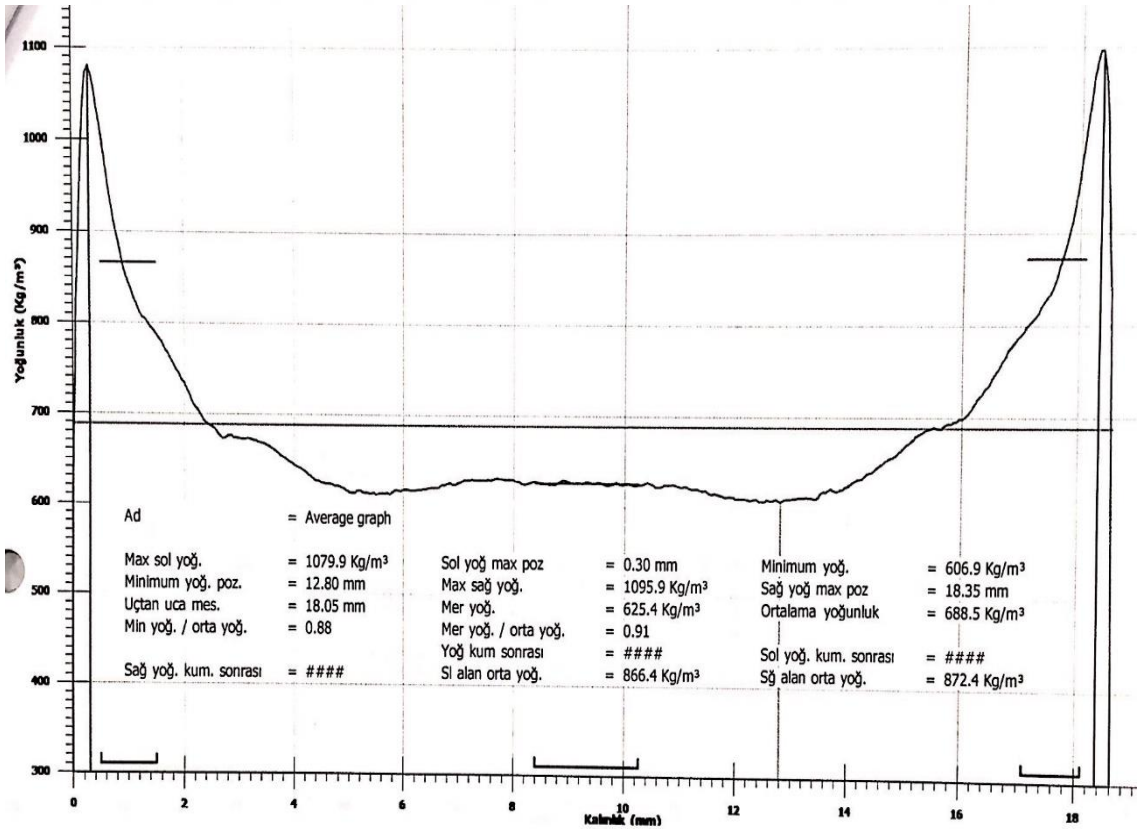
7.4. %20 KAYIN, %30 MEŞE, %50 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI



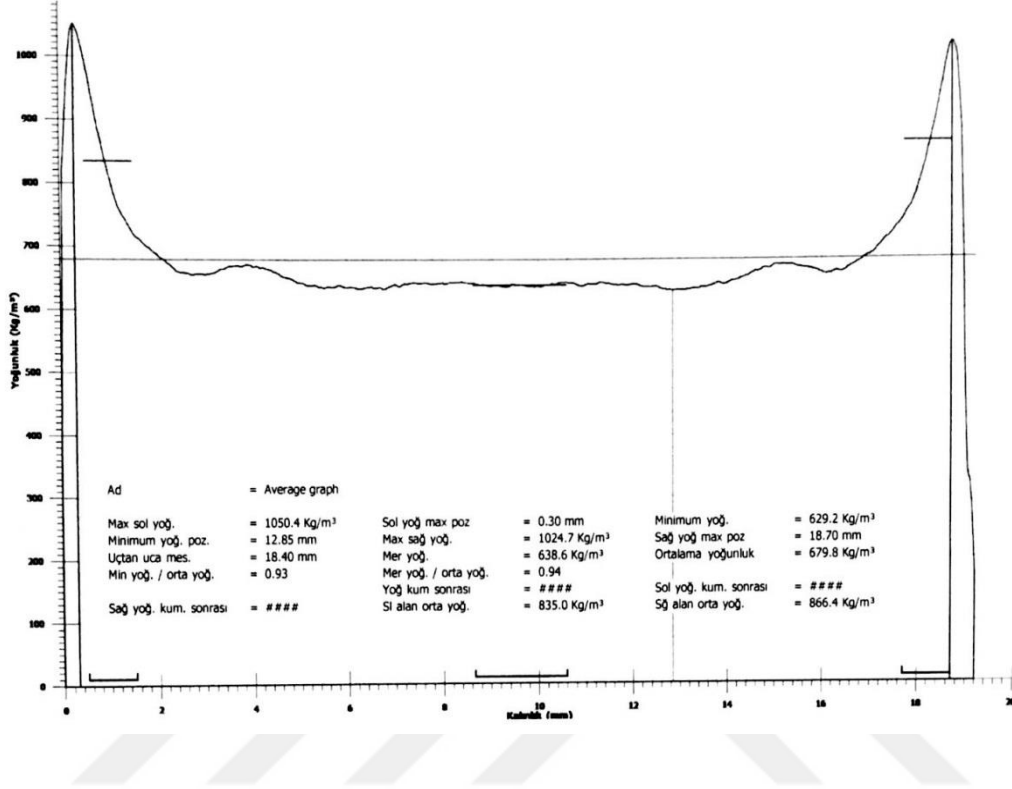
7.5. %70 AKÇAAĞAÇ %30 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI



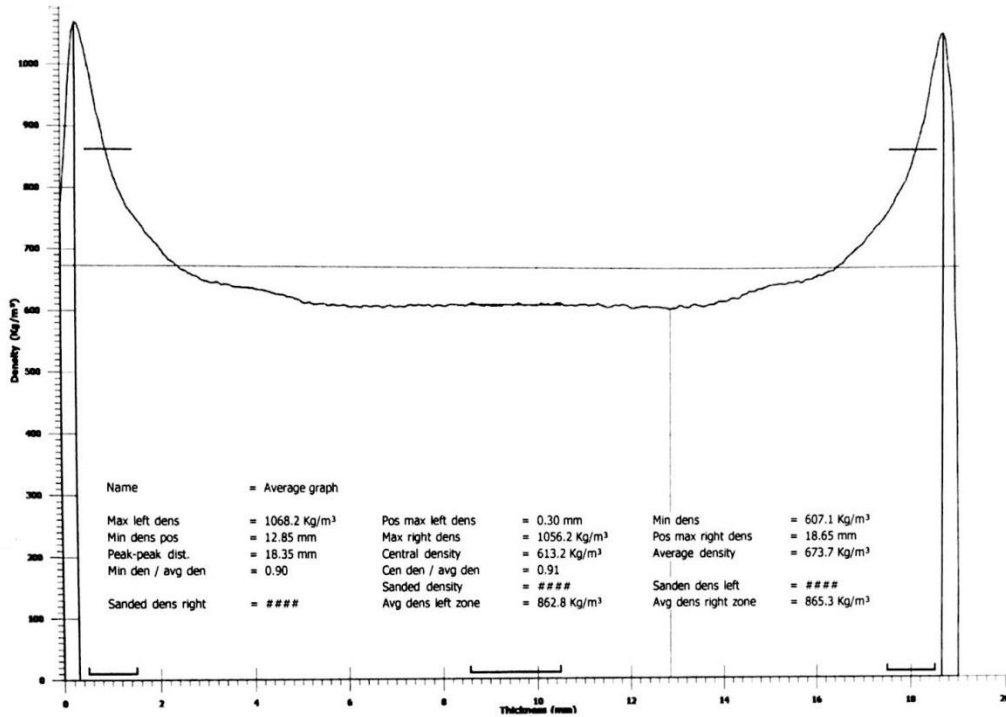
7.6. %70 AKÇAAĞAÇ %30 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI



7.7. %25 MEŞE %75 ÇAM KULLANILAN 1. GRUP 1,11 MOL ORANI



7.8. %25 MEŞE %75 ÇAM KULLANILAN 2. GRUP 1,16 MOL ORANI



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı : İsmail AKIN
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.05.1989
Telefon : 0533 775 14 59
E-posta : ismail.akin@camsan.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Düzce Üniversitesi	2014
Lise	Erzurum Lisesi	2007

İŞ DENEYİMİ:

Yıl	Firma	Görev
2013-2013	Divapan Entegre Ağaç Panel San. Tic. A. Ş.	Stajyer
2015-....	Çamsan Entegre Ağaç Sanayi Ve Ticaret A.Ş	Üretim Mühendisi