



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

**MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF) VE ÜRE
FORMALDEHİT(ÜF) TUTKALI İLE ÜRETİLMİŞ KOMPOZİT
LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

BARIŞ ALTINTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KOMPOZİT MALZEME TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. CENGİZ GÜLER**

DÜZCE, 2017

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF) VE ÜRE
FORMALDEHİT (ÜF) TUTKALI İLE ÜRETİLMİŞ KOMPOZİT
LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

Bariş ALTINTAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Cengiz GÜLER

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Cengiz GÜLER

Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. H. Hüseyin ÇİRİTCİOĞLU

Düzce Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Bartın Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2017

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.

16 Ocak 2017

(İmza)

Barış ALTINTAŞ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Cengiz GÜLER'e en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen Yrd. Doç.Dr. H. İbrahim ŞAHİN'e de şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2017

Barış ALTINTAŞ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 YONGALEVHANIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI.....	2
1.2 YONGALEVHA ÜRETİMİNİN TARİHÇESİ.....	4
1.3 TÜRKİYE'DE YONGALEVHA ÜRETİM VE TALEP DEĞERLERİ	4
1.4 DÜNYADA LEVHA SANAYİ	6
1.4.1 Dünya Levha Üretimi ve Tüketimi	6
1.5 YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER	8
1.5.1 Ağaç Malzeme	8
1.6 KİMYASAL MADDELER.....	10
1.6.1 Organik Yapıştırıcılar	10
1.6.1.1 Sentetik Yapıştırıcılar.....	10
1.6.1.1.1 Üre Formaldehit Tutkalı	10
1.6.1.1.2 Melamin Formaldehit Tutkalı	12
1.6.1.1.3 Resorsin Formaldehit Tutkalı	12
1.6.1.1.4 Fenol Formaldehit Tutkalı	13
1.6.1.1.5 Melamin Üre Formaldehit Tutkalı	13
1.6.2 Doğal Yapıştırıcılar	15
1.6.2.1 Bitkisel Yapıştırıcılar	15
1.6.2.1.1 Tanen Tutkalı.....	15
1.6.2.1.2 Lignin Tutkalı.....	16
1.6.2.1.3 Soya Tutkalı	16
1.6.2.2 Hayvansal Tutkallar	17
1.6.2.2.1 Kazein Tutkalı	17
1.6.2.2.2 Kan Albümini Tutkalı	17
1.6.3 Anorganik Yapıştırıcılar	18

1.6.3.1 Katkı Maddeleri.....	18
1.6.3.1.1 Sertleştirici Maddeler.....	18
1.6.3.1.1.1 Alüminyum Sülfat.....	18
1.6.3.1.1.1.1 Alüminyum Sülfat Üretimi	19
1.6.3.1.1.1.2 Alüminyum Sülfatın Kullanım Alanları.....	20
1.6.3.1.1.2 Amonyum Sülfat.....	20
1.6.3.1.1.2.1 Amonyum Sülfat Üretimi.....	21
1.6.3.1.1.2.2 Amonyum Sülfatın Kullanım Alanları.....	21
1.6.3.1.1.3 Amonyum Klorür	22
1.6.3.1.1.3.1 Amonyum Klorür Üretimi	22
1.6.3.1.1.3.2 Amonyum Klorürün Kullanım Alanları	23
1.6.3.1.2 Hidrofobik Maddeler	23
1.6.3.1.3 Koruyucu Maddeler.....	24
1.7 YONGALEVHA ÜRETİMİ.....	24
1.7.1 Hammaddenin Depolanması	25
1.7.2 Yonga Üretimi	26
1.7.2.1 İnceltme Değirmenleri.....	26
1.7.3 Yongaların Kurutulması	27
1.7.4 Yongaların Elenmesi.....	28
1.7.5 Yongaların Depolanması	29
1.7.6 Yongaların Tutkallanması.....	29
1.7.7 Yonga Serme İşlemi	31
1.7.8 Presleme İşlemi	32
1.7.8.1 Ön Pres	32
1.7.8.2 Sıcak Pres	33
1.7.9 Levhaların Boyutlandırılması	34
1.7.10 Levhaların Klimatize Edilmesi.....	35
2. MATERİYAL VE YÖNTEM	36
2.1 MATERİYAL	36
2.1.1 Odun	36
2.1.2 Yapıştırıcı Madde.....	36
2.1.3 Sertleştirici Maddeler.....	37

2.2 YÖNTEM.....	37
2.2.1 Yongalevhaların Üretimi.....	37
2.3 FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLER.....	39
2.3.1 Fiziksel Özellikler	39
2.3.1.1 Yoğunluk.....	39
2.3.1.2 Rutubet Miktarı.....	40
2.3.1.3 Su Alma Miktarı.....	41
2.3.1.4 Kalınlık Artımı	41
2.3.2 Mekanik Özellikler	42
2.3.2.1 Eğilme Direnci.....	42
2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	43
2.3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci	44
2.3.2.4 Yüzey Sağlamlığı.....	45
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
3.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLER	47
3.1.1 Rutubet Miktarı.....	47
3.1.2 Özgül Ağırlık (Yoğunluk) Değeri	49
3.1.3 Su Alma Oranı	51
3.1.4 Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	54
3.1.5 Yüzey Ağırlığı Değeri	57
3.2 LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLER.....	59
3.2.1 Eğilme Direnci	59
3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü	62
3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	64
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
5. KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiyenin yongalevha pazarı (1994-2012).	5
Şekil 1.2. Türkiye ekonomisinde yıllık yongalevha talep düzeyi.	5
Şekil 1.3. 2009-2013 yılları arasında milyon m ³ olarak Dünya levha üretimi.	6
Şekil 1.4. Alüminyum sülfatın çeşitli görünüşleri.	19
Şekil 1.5. Amonyum sülfatın granül haldeki görünümü.	20
Şekil 1.6. Amonyum klorürün granül haldeki görünümü.	22
Şekil 1.7. Yongalevha üretimi.	24
Şekil 1.8. Hammaddenin tomruk ve cips olarak depolanması.	25
Şekil 1.9. İnceltme değirmeni ve kesici bıçak rotoru.	27
Şekil 1.10. Tek geçişli silindir tip kurutucu.	28
Şekil 1.11. Mekanik eleklerde elenen yongalar.	29
Şekil 1.12. Tutkallama makinesi.	31
Şekil 1.13. Ön pres öncesi ve sonrası pastanın görünümü.	33
Şekil 1.14. Sonsuz pres.	34
Şekil 1.15. Yıldız soğutucu.	35
Şekil 2.1. Üretimi yapılan deney levhaları.	38
Şekil 2.2. Ölçme noktaları ve ölçüm parçası.	40
Şekil 2.3. Su alma ve kalınlık artımı testi için parçaların suda bekletilmesi.	42
Şekil 2.4. Eğilme direnci testinin yapılışı.	43
Şekil 2.5. Yüzeye dik çekme testinin yapılışı.	45
Şekil 3.1. Deney levhalarının ortalama rutubet değerleri (%).	48
Şekil 3.2. Deney levhalarının ortalama yoğunluk değerleri.	50
Şekil 3.3. Deney levhalarının 2 saat su alma oranları (%).	53
Şekil 3.4. Deney levhalarının 24 saat su alma oranları (%).	53
Şekil 3.5. Deney levhalarının 2 saat kalınlık artımı (şişme) oranı (%).	56
Şekil 3.6. Deney levhalarının 24 saat kalınlık artımı (şişme) oranı (%).	57
Şekil 3.7. Deney levhalarının yüzey ağırlık değerleri (kg/m ²).	59
Şekil 3.8. Deney levhalarının eğilme dirençleri (N/mm ²).	61
Şekil 3.9. Deney levhalarının elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).	63
Şekil 3.10. Deney levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	65

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. 2005-2009 yılları arasında Dünya levha üretiminde (m ³) ülkelerin durumu Dünya levha üretimi (m ³).....	7
Çizelge 1.2. Dünya levha tüketiminin ülkelere göre dağılımı.....	7
Çizelge 2.1. Melamin-Üre formaldehit ve Üre formaldehit tutkalının özellikleri.....	36
Çizelge 2.2. Deneme levhaları ve üretim şartları.....	38
Çizelge 2.3. Deneme levhalarının proses bilgileri.....	39
Çizelge 3.1. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).	47
Çizelge 3.2. Deneme levhalarının rutubet değerlerine ait çoğul varyans analizi (ÇVA).	47
Çizelge 3.3. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ait Duncan testi sonuçları.....	48
Çizelge 3.4. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri (kg/m ³).....	49
Çizelge 3.5. Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları.	49
Çizelge 3.6. Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait Duncan testi sonuçları.....	50
Çizelge 3.7. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama su alma oranları (2 s ve 24 s) (%).	51
Çizelge 3.8. Deneme levhalarının 2 s su alma oranlarına (SAO) ait ÇVA sonuçları.	51
Çizelge 3.9. Deneme levhalarının 24 s su alma oranlarına (SAO) ait ÇVA sonuçları.	52
Çizelge 3.10. Deneme levhalarının 2 saat SAO ait Duncan testi sonuçları.....	52
Çizelge 3.11. Deneme levhalarının 24 saat SAO ait Duncan testi sonuçları.....	52
Çizelge 3.12. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama kalınlık artış oranları (2 saat ve 24 saat) (%).	54
Çizelge 3.13. Deneme levhalarının 2 saat kalınlık artış oranlarına ait ÇVA sonuçları.....	55
Çizelge 3.14. Deneme levhalarının 24 saat kalınlık artış oranlarına ait ÇVA sonuçları.....	55
Çizelge 3.15. Deneme levhalarının 2 saat kalınlık artış oranlarına ait Duncan testi sonuçları.....	56
Çizelge 3.16. Deneme levhalarının 24 saat kalınlık artış oranlarına ait Duncan testi sonuçları.....	56
Çizelge 3.17. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzey ağırlığı değerleri (kg/m ²).....	58
Çizelge 3.18. Deneme levhalarının yüzey ağırlığı değerlerine ait ÇVA sonuçları.....	58
Çizelge 3.19. Deneme levhalarının yüzey ağırlığı değerlerine ait Duncan testi sonuçları.....	58
Çizelge 3.20. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm ²).	60
Çizelge 3.21. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait çoğul varyans analizi (ÇVA) sonuçları.....	60
Çizelge 3.22. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait	

duncan testi sonuçları.....	61
Çizelge 3.23. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²).	62
Çizelge 3.24. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait ÇVA sonuçları.	62
Çizelge 3.25. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları.....	63
Çizelge 3.26. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm ²).	64
Çizelge 3.27. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları.	64
Çizelge 3.28. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait duncan testi sonuçları.	65

ÖZET

MELAMİN ÜRE FORMALDEHİT (MÜF) VE ÜRE FORMALDEHİT (ÜF) TUTKALI İLE ÜRETİLMİŞ KOMPOZİT LEVHALARIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Barış ALTINTAŞ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojisi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof.Dr. Cengiz GÜLER

Ocak 2017, 72 sayfa

Bu çalışmada Melamin üre formaldehit (MÜF) ve üre formaldehit (ÜF) tutkalları kullanılarak, farklı sertleştirici kimyasallar (alüminyum sülfat, amonyum sülfat ve amonyum klorür) fabrikasyon ortamında üretilen 30 mm kalınlıktaki kompozit levhaların teknolojik özellikleri incelenmiştir. Üretimi yapılan deney levhaları fabrika ortamında ve sonsuz pres kullanılarak üretilmiştir. Deney levhalarında fiziksel; özelliklerden rutubet miktarı, kalınlık artımı ve su alma miktarları, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik yönde çekme testleri ve yüzey sağlamlığı testleri ilgili standartlara göre yapılmıştır. Farklı tutkal ve farklı sertleştirici türüne göre sonuçlar irdelenmiştir. Sonuçta, ortalama 633 kg/m³ yoğunlukta üretilen tüm levhalar TS EN 312’de belirtilen mobilya dahil kullanım alanları için standartlara uygun bulunmuş olup, farklı sertleştirici türü kullanmanın istatistiksel anlamda önemli bir fark olmamakla beraber nemli ortamlar için MÜF tutkalı, sertleştirici olarak amonyum sülfat veya amonyum klorürden faydalanılarak üretilen levhaların teknolojik özelliklerinin daha iyi olacağı görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Alüminyum sülfat, Amonyum sülfat, Amonyum klorür, MÜF, ÜF, Yongalevha,

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SOME TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF COMPOSITE PANELS MANUFACTURED WITH ÜREA FORMALDEHYDE (UF) AND MELAMINE UREA FORMALDEHYDE (MUF) RESINS

Bariş ALTINTAŞ

Duzce University

Institute of Science and Technology, Department of Composite Materials Technology

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof.Dr. Cengiz GÜLER

January 2017, 72 pages

In this study different curing chemicals (aluminum sulfate, ammonium chloride) and technological qualities of composite material that is 30 mm thickness produced at the factory were examined by using MUF and UF glues produced test plates are manufactured at the factory by using endless press. In test plates, physical qualities; amount of moisture, increment of thickness, amount of taking water and mechanical qualities; bending strength, modulus of elasticity and pulling testing to surface vertically were done according to standards. The results were analyzed according to different types of glue and different hardener. As a result, all plates produced at average 633 kg/m³ density are approved for standards to areas including furniture that is stated at TS EN 312. Although there isn't important different using different type of hardener statistically, it's seen that technologic qualities of produced plates would be better by using MUF glue for humidity places, using ammonium sulfate or ammonium chloride as hardener.

Keywords: Aluminum sulfate, Ammonium chloride, Ammonium sulfate, MUF Particleboard, UF.

1. GİRİŞ

Son yıllarda bir çok ülkede olduğu gibi nüfusun artmasına ve teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesine bağlı olarak ortaya çıkan mekan, enerji ve hammadde ihtiyacıyla beraber başta mobilya sektörü olmak üzere dünyada levha tüketimi gün geçtikçe artmaktadır.

Kompozit levha üretiminde temel hammadde olan oduna talebin artması ve bunun neticesinde de odun fiyatlarının artması, lif levha ve yonga levha sanayisinde kullanılabilecek hammadde kaynaklarının optimum düzeyde kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu nedenle mevcut teknolojiyi en iyi şekilde optimize ederek daha hafif standartlara uygun kompozit malzemenin üretilmesi önem kazanmıştır.

İlk yongalevha fabrikası 1941'de Almanya'nın Bremen şehrinde Torfit-Werke G.A firması tarafından kurulmuştur. Ülkemizde ilk fabrika 1955 yılında kurulmuştur. Ülkemiz yongalevha konusunda dünyanın en gelişmiş ülkeleri arasında olmasıyla beraber en uzun üretim hatlarına sahip olarak dünya pazarına üretim yapmaktadır. Gelişmelerin devam etmesi de beklenen bir gerçektir. Yongalevha üretimi ve ürün kalitesinin geliştirilmesi amacıyla dünya çapında yüzlerce araştırma laboratuvarında binlerce araştırma yapılmış ve bu günkü gelişmeler sağlanmıştır [1].

Yongalevha; yatık, okal tip, kalıplanmış, çimentolu ve yönlendirilmiş yongalevhalar gibi farklı tiplerde üretilmektedir. Birçok kullanım alanı için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri taşıyan yongalevhalar; istenilen ebatlarda ve kalınlıkta üretilebilen, düzgün yüzeyli, çivi vida ve tutkal yardımıyla diğer malzemelerle birleştirilebilen panellerdir. Ayrıca, koruyucu maddelerle mantar ve böceklerle karşı dayanıklılık, hidrofobik maddelerle su iticilik, yanmayı geciktirici maddelerle yanmaya karşı dayanıklılık gibi özellikler kazanabilen bir ürün olarak piyasa değeri giderek artmaktadır. Yongalevha üretiminde odun atıkları ve yıllık bitkiler gibi lignoselülozik ve lignoselülozik olmayan materyallerin hammadde olarak kullanılabilmesi yongalevhaların ikame ürünlere göre fiyat avantajı sağlaması ve günümüz ekolojik gereksinimlerine cevap verebilmesi yongalevhaların kullanımını artırmaktadır.

Bu çalışmada; sürekli pres sistemi ile üretim yapan bir fabrikada üretim sırasında iki farklı tutkal ve üç farklı sertleştirici kullanılarak elde edilmiş odun kökenli kompozit

malzemenin teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

1.1 YONGALEVHANIN TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

Yongalevha genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga ve küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı ilavesi ile ısı ve basınç etkisi altında geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan bir malzemedir.

Levhaların özgül ağırlıkları kullanılan yapıştırıcı ve üretimde tatbik edilen sıcaklık ve basınç miktarına göre farklı olmakta ve 0,5-0,6 gr/m³ arasında değişmektedir [2].

TS EN 309 (2012)' ye göre yongalevha; odun parçalarından (odun parçaları, yonga, testere talaşı, rende talaşı vb.) veya lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb. Odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslemesiyle elde edilen levhadır [3].

Standartlarla tanımlanan yongalevhalar özgül ağırlıklarına, presleme tekniklerine, tabaka sayılarına, kullanılan bağlayıcı madde türüne, yüzey kaplama malzemesine, pres türüne ve yonga boyutlarına göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar.

1.Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar

Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar Bozkurt ve Göker'e (1990) göre 3 şekilde sınıflandırılmıştır [4].

- a) Düşük özgül ağırlıktaki yongalevhalar: 0,590 gr/m³'ten daha düşük özgül ağırlığa sahip yongalevhalar.
- b) Orta özgül ağırlıktaki yongalevhalar: 0,590 – 0,800 gr/m³ arasında özgül ağırlığa sahip yongalevhalar.
- c) Yüksek özgül ağırlıktaki yongalevhalar: 0,800 gr/m³'ten daha yüksek özgül ağırlığa sahip yongalevhalar.

2. Presleme tekniklerine göre yongalevhalar

Presleme tekniklerine göre yongalevhalar Bozkurt ve Göker'e göre aşağıdaki gibi 2 sınıfta toplanmıştır [4].

- a) Dik yongalı levhalar: Basınç, presleme esnasında levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır.
- b) Yatay yongalı levhalar: Basınç, presleme esnasında levha yüzeyine dik yönde

uygulanmaktadır.

3. Tabaka sayılarına göre yongalevhalar

Tabaka sayılarına göre yongalevhalar 3 sınıfta toplanmıştır [5].

- a) Tek tabakalı yongalevhalar (homojen yongalevhalar)
- b) Üç tabakalı yongalevhalar
- c) Çok tabakalı yongalevhalar

4. Kullanılan bağlayıcı türüne göre yongalevhalar

Kullanılan bağlayıcı madde türüne göre yongalevhalar aşağıdaki gibi 2 şekilde toplanmıştır [6].

- a) Sentetik tutkal ile üretilen yongalevhalar: Yapıştırıcı olarak üre, melamin, fenol, resorsin formaldehit ve izosiyanat tutkalların kullanıldığı levhalardır.
- b) Anorganik yapıştırıcı ile üretilen yongalevhalar: Hammadde olarak çimento, ağaç yongası veya tarımsal bitkiler ve su ile birlikte az miktarda kimyasal katkı maddelerin kullanıldığı levhalardır.

5. Yüzey kaplama malzemesine göre yongalevhalar.

Yüzey kaplama malzemesine göre yongalevhalar aşağıdaki gibi 2 sınıfta toplanmıştır [7].

- a) Sıvı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar
- b) Katı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar

TS EN 312 (2012) standardında yongalevhalar 7 gruba ayrılmaktadır;

- 1. P1: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar,
- 2. P2: Kuru şartlarda kullanılan iç mekan uygulamaları (Mobilya dahil) için levhalar,
- 3. P3: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar,
- 4. P4: Kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar,
- 5. P5: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar,
- 6. P6: Kuru şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar,
- 7. P7: Nemli şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar [8].

1.2 YONGALEVHA ÜRETİMİNİN TARİHÇESİ

Dünya nüfusundaki artış hammadde kaynaklarını daha ekonomik kullanma zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Bu nedenle, lignoselülozik atıkların değerlendirilmesi amacıyla küçük partiküllü maddelerden geniş yüzeyli malzeme üretimi fikri ile yongalevha üretimi gerçekleştirilmiştir. İlk yongalevha fabrikası; 1941 yılında Almanya Brehmen'de Torfit-Werke G.A firması tarafından 10 ton/gün kapasiteli olarak kurulmuştur. Yapıştırıcı olarak fenol formaldehit kullanılmış ve ladin yongalarından günde 10 ton levha üretilmiştir [9].

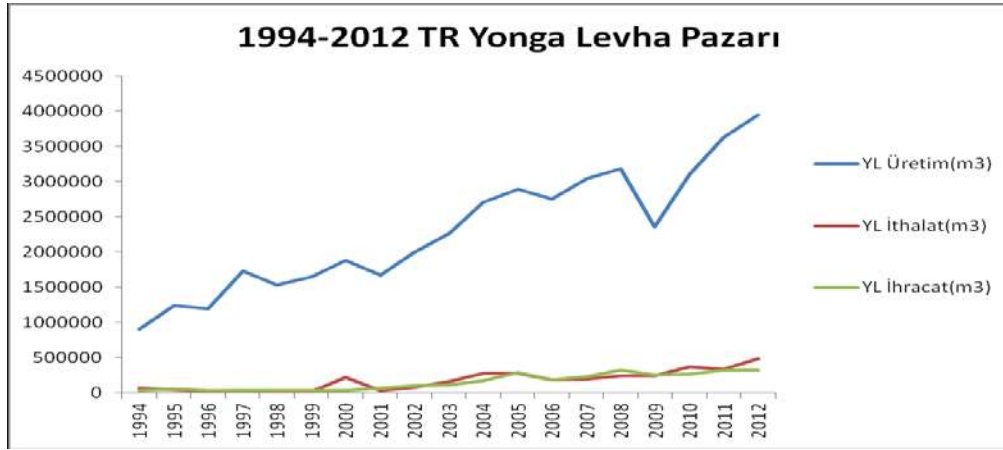
Ülkemizde ise; ilk fabrika 1955'de İstanbul'da (3.000 m³/yıl kapasiteli) olarak kurulmuştur. Üretim 1993 yılında 28 fabrika ile yaklaşık 2.000.000 m³/yıl ulaşmıştır.

Günümüzde ise; 3.972.300 m³/yıl olarak üretim olmaktadır [1].

Diğer Avrupa ülkelerinde ortalama kapasite 55.000 m³ olup, AB ülkelerinde ortalama kapasite 100.000 m³ dolayındadır. Türkiye'deki fabrikalar, AB ülkelerinde halen uygulanmakta olan teknolojilere sahiptir. AB ülkelerinde yonga levha kullanıcı sanayilerinin % 37' sini mobilya sanayisi, % 6' sını ofis mobilyası, % 13 ' ünü mutfak ve banyo, % 23' ünü inşaat sanayi, % 5' ini yer döşemeleri, % 4' ünü kendin yap, % 5' i diğer ve % 7' sini AB dışı ihracatlar oluşturmaktadır. Avrupa kapasitesinin % 4' lük bir kısmında pazardan çekilmiş durumdadır [10].

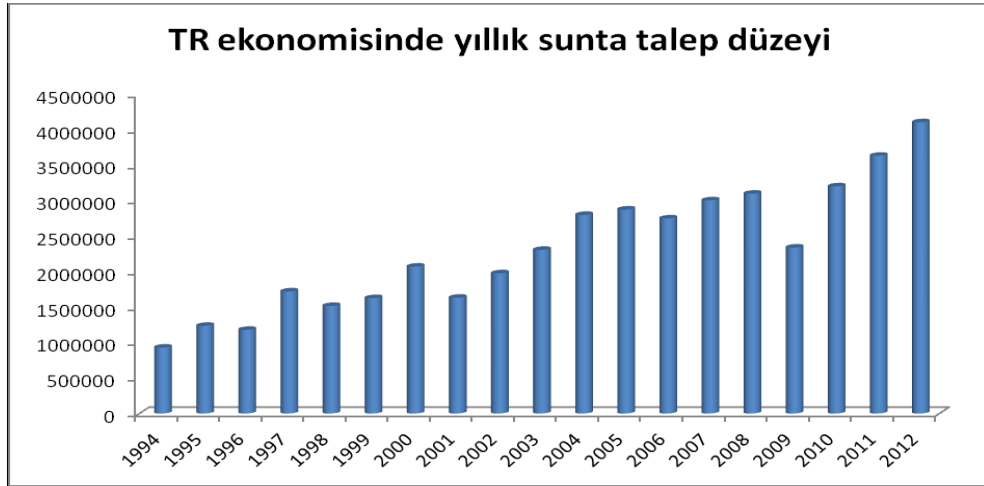
1.3 TÜRKİYE'DE YONGALEVHA ÜRETİM VE TALEP DEĞERLERİ

1994-2012 yılları arasında inşaat ve mobilya sektörünün büyümesiyle artan yongalevha üretimi Şekil 1.1' de yıl bazında görülmektedir [11]. Buna bağlı olarak düşük seviyelerde seyreden dış ticaret hacmi, orta yoğunlukta lif levha ürününde de olduğu gibi yüksek lojistik maliyetleriyle karşılaşılmaktadır.



Şekil 1.1. Türkiye'nin yongalevha pazarı (1994-2012).

1994-2012 yılları arasındaki süreçte, Türkiye ekonomisinde yongalevha talep düzeyinin sabit sayılabilecek bir grafikte arttığı, buna karşın 2009 senesindeki küresel krizin etkisiyle talep düzeyinde azalmalar olduğu görülmüştür. Bu dönemde sektörde küçük ölçekli birçok sanayi kuruluşu bu krizin negatif etkisiyle üretimlerini durdurmak zorunda kalmışlardır. Sektördeki bu talebin azalmasındaki bir diğer faktör ise, orta yoğunluktaki lif levhaların 2009 senelerinde yongalevha yerine talep edilmesidir. Türkiye ekonomisindeki yongalevha talep düzeyi Şekil 1.2' de gösterilmiştir [11].

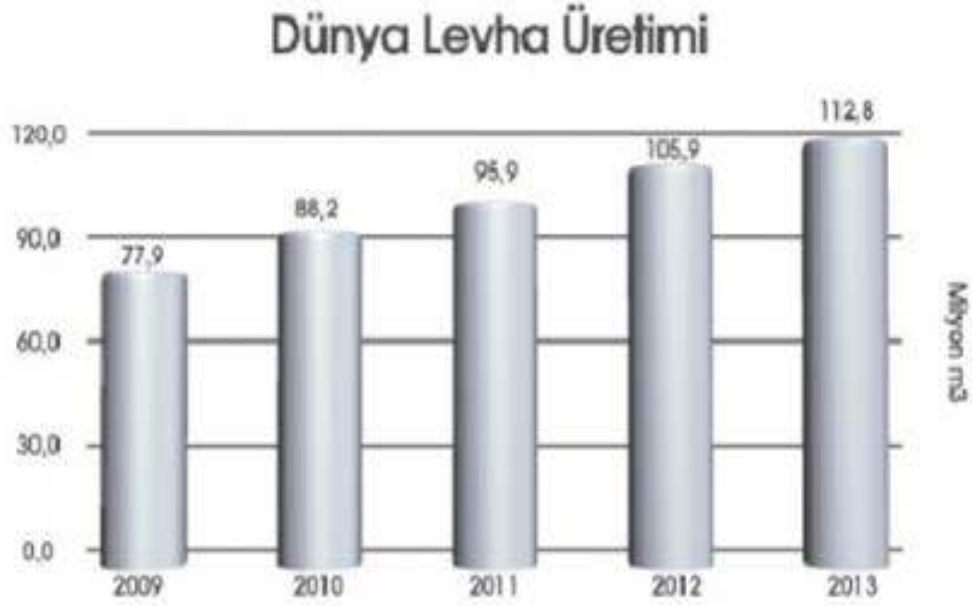


Şekil 1.2. Türkiye ekonomisinde yıllık yongalevha talep düzeyi.

1.4 DÜNYADA LEVHA SANAYİ

1.4.1 Dünya Levha Üretimi ve Tüketimi

Dünya levha üretimi 2009-2013 yılları arasında sürekli artan bir eğilim göstermiştir. Şekil 1.3' de görüldüğü gibi 2009 yılında 77,9 milyon m³ olan üretim miktarı 2013 yılında 112,8 milyon m³'e yükselmiştir [12].



Şekil 1.3. 2009-2013 yılları arasında milyon m³ olarak Dünya levha üretimi.

Çizelge 1.1'de görüldüğü gibi 2009 yılında 34,5 milyon m³ levha üreten Çin'i sırasıyla ABD, Almanya ve Türkiye takip etmektedir. Türkiye tablodan da görüleceği üzere, dünyanın en büyük 4. levha üreticisi olarak sektör için önemli bir ülke olduğunu açıkça ortaya koymuştur. [11].

Çizelge 1.1. 2005-2009 yılları arasında Dünya levha üretiminde (m³) ülkelerin durumu
Dünya levha üretimi (m³).

No	Ülkeler	2005	2006	2007	2008	2009	Oran%
1	Çin	20.642.000	24.702.000	27.335.000	29.102.000	34.499.000	45.7
2	A.B.D.	7.718.896	7.933.066	7.075.530	6.636.390	6.369.670	8.4
3	Almanya	5.539.000	5.933.000	6.225.000	4.932.688	4.932.688	6.5
4	Türkiye	1.742.000	2.100.000	2.200.000	2.226.000	2.950.000	3.9
5	Brezilya	1.966.000	2.294.000	2.467.000	2.646.000	2.856.000	3.8
Diğerleri		25.544.39	27.143.137	28.931.666	25.638.56	23.932.865	31.7
TOPLAM		63.152.225	70.105.137	74.234.196	71.181.640	75.540.223	100.0

Çizelge 1.2. Dünya levha tüketiminin ülkelere göre dağılımı.

Dünya Levha Tüketiminin Ülkelere Göre Dağılımı (1000 m ³)			
Ülkeler	1992	2000	2010
Çin	1.777	1.857	2.586
Asya Pasifik	3.788	4.133	5.008
Kanada	545	606	567
Şili	118	139	134
Avrupa Birliği	2.917	3.227	3.778
Rusya	3.655	3.040	3.395
A.B.D.	6.658	5.960	6.781
Diğer Ülkeler	1.987	1.947	2.346
Dünya Toplamı	19.664	19.053	22.008

Çizelge 1.2'de görüldüğü gibi 2010 yılı tahmini verilere göre, dünya levha tüketimi 22 milyon m³'e ulaşmıştır. Dünyanın en büyük levha tüketicisi 6,7 milyon m³ ile ABD olup, Rusya Federasyonu 3,3 m³'le ikinci sırada yer almaktadır. Bölgesel olarak bakıldığında; AB ülkelerinin 3,8 milyon m³ levha tüketimi gerçekleştirdiği gözlemlenmektedir. Asya Pasifik Bölgesi ise; 1992 yılında 3,8 milyon m³ levha tüketirken, 2000 yılında 4,1 milyon m³, 2010 yılında da tahmini olarak 5 milyon m³ levha tüketimi yapmıştır [11].

Çizelge 1.2' de Dünya levha tüketiminde 1992 ve 2010 yılları arasında yıllık %1,8'lik tüketim artışı gerçekleşmiştir. Asya Pasifik Bölgesi'nin dünya levha tüketimindeki payı

1992'de %19 iken, 2000 yılında %22'ye, 2010 yılında da %23'e yükselmiştir.

Çin, Japonya ve Güney Kore'nin Asya Pasifik Bölgesi'ndeki levha tüketimindeki ilk üç sırada yer aldığı görülmekte ve söz konusu ülkelerin önümüzdeki yıllarda da bu konumlarını koruması beklenmektedir. Çin'in levha tüketimi 1992 yılında 1,8 milyon m³ iken, 2010 yılında yaklaşık 2,6 milyon m³'e, Japonya'nın ise, 2010 yılında 1,0 milyon m³'ten 1,2 milyon m³'e çıktığı tahmin edilmektedir. Güney Kore ise 1992 yılında 418 bin m³ levha tüketirken, 2010 yılında 540 bin m³ levha tüketmiştir. Bu üç ülkenin toplam tüketimi, Asya Pasifik Bölgesi'nin toplam levha tüketiminin %87'sini oluşturmaktadır.

1.5 YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

Odun kökenli levha ürünleri içerisinde yongalevha; üretiminde kullanılabilecek hammadde sayısının fazlalığı ve üretim koşullarındaki değişikliklerle özelliklerinin değiştirilebilmesi nedeniyle, en çok üretilen malzemeler arasında yer almaktadır.

1.5.1 Ağaç Malzeme

Yongalevha üretiminde, genellikle bakım ve aralama kesimleri ve ağaçların budanması sonunda elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları ve ağaç endüstrisinin artıkları kullanılmaktadır. TS 1351 (1973)'e göre boyu 0,5-2 m, kalın uç çapı en çok 20 cm ve ince uç çapı en az 4.0 cm olan yarım odun ile kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar ve tane büyüklüğü en az 2.0 mm olan testere talaşı, hammadde olarak kullanılabilmektedir. Yongalevha üretiminde kullanılan odun budak çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulanabilirken odun çürüklük içermemelidir [13].

Yongalevhaların üretiminde kusurlu tomruk kullanımının fiziksel özelliklerinden özgül ağırlık ve rutubet miktarı üzerinde etkili olmamaktadır. Fakat kalınlık artımı değerlerini etkilediği görülmüştür. İkiz öz kusuru bulunan tomruklarla üretilen yongalevhalar en düşük değerlere sahipken, reaksiyon odunu kusuru bulunan tomruklardan üretilen levhaların en yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir [14].

Yongalevha ağırlığının yaklaşık %90'ını odun hammaddesi oluşturduğu için ağaç türünün yoğunluğu, pH değeri, lif yapısı, yongalama sırasındaki rutubet değeri, ekstraktif madde miktarı gibi sahip olduğu özellikler yongalevhanın özelliklerini etkilemektedir [13]. Dış tabakada kullanılan ağaç türü eğilme ve elastikiyet modülü

üzerinde önemli etkiler göstermektedir. Örneğin; kavak odunu yongalevha üretiminde kullanılan diğer ağaç türlerine göre kullanımı daha düşüktür [15].

Yongalevha üretiminde genel bir kural olarak; özgül ağırlığı düşük olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Orta özgül ağırlıktaki türler kolaylıkla ve ucuz fiyata bulunabiliyorsa kullanılmaktadır. Çok yüksek ağırlıktaki türlerden üretilen levhalar hem çok ağır olacağı için hem de taşıma ve üretim maliyetleri fazla olacağından dolayı bu türlerden kaçınılmalıdır [16].

Son yıllarda özellikle yongalevha ve lif levha üretimi için hammadde alternatifleri arasında çevreye olan katkısı göz önüne alınarak odun ve odundan üretilen kullanılmış malzemelerin geri kazanılması çalışmaları yapılmaktadır [17].

Odunun özellikleri türlerine göre, aynı türe ait farklı ağaçlara göre ve aynı ağacın farklı kısımlarına değişiklik göstermesine rağmen yongalevha üretiminde üretim prosesinde işlemlere müdahale edilerek malzemenin özellikleri değiştirilebilir [9]. Örneğin Baharoğlu'na (2010) göre yongalevha üretim aşamasında önce parafin sonra tutkal uygulanarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik direnç değerleri, önce tutkal sonra parafin uygulanarak üretilen levhalardan daha yüksek olmasına neden olmaktadır [18].

Farklı kullanım alanlarına yönelik olarak üretimi yapılacak yongalevhalar için farklı ağaç türleri hammadde olarak kullanılabilir. Örneğin tropik hızlı büyüyen tür ağaçlardan yapılan yongalevhaların yüksek frekanslı sesi absorbe etme özelliğinden dolayı inşaat mimarisinde kullanılabilir [19].

Dünya'da lignoselülozik kompozit malzeme üretimindeki en önemli hammadde kaynağı ağaçlar olup, dünyadaki lif kaynaklarının %68,5'ini teşkil etmektedir. Bunun dışında, geri kalan % 31,5'luk kısmı tarımsal esaslı lifler teşkil etmektedir.

Her ne kadar yongalevha üretiminde alternatif lif kaynakları üzerine yapılan araştırmalar artsa da, günümüzde hala lif kaynağı olarak ağırlıkla odun kullanılmaktadır. Bunun yanında, pirinç sapı kabuğu ve pamuk, giderek üretimde önemi artan hammaddeler arasında gelmektedir [20].

1.6 KİMYASAL MADDELER

Odun esaslı levha üretiminde kullanılan kimyasal maddelerden özellikle yapıştırıcılar büyük bir rol oynamaktadır. Yapışma kalitesinin değişmesiyle odun esaslı levhaların niteliği değişmektedir. Odun esaslı levhaların niteliğini yapıştırıcının türü, kalitesi ve muhteviyatı belirlemektedir. Bu nedenle yapıştırıcıların kalite standartları artırıldıkça, odun esaslı levhaların niteliğinde artış sağlamaktadır.

1.6.1 Organik Yapıştırıcılar

Organik yapıştırıcılar kendi aralarında "Sentetik Yapıştırıcılar" ve "Doğal Yapıştırıcılar" olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

Sentetik reçineler fiziksel özellikleri bakımından doğal reçinelere benzer yapay polimerlerdir. Orman ürünleri endüstrisinde sentetik reçine kullanımı 1930'lu yıllarda başlamış olup II. Dünya savaşından sonra yaygınlaşmıştır. Bugün ise sentetik reçinelerin kullanımı giderek artmaktadır.

Doğal yapıştırıcılar ise düşük zehirlilik, biyolojik bozunabilirlik, elde edilebilirlik ve alternatiflerine oranla üretim metotlarının daha etkili olması ve düşük maliyet gerektirmesi özelliklerine sahip olmasına rağmen kullanımında sentetik reçinelerin kullanımındaki gibi bir artış olmamıştır. Doğal yapıştırıcıların endüstride kullanımı uzun yıllar araştırılmış fakat henüz yaygın bir şekilde kullanımı gerçekleştirilememiştir [21].

1.6.1.1 Sentetik Yapıştırıcılar

Odun esaslı panel üretiminde çeşitli sentetik reçineler kullanılmaktadır. Yapısında formaldehit bulunduran yapıştırıcılar bunlardan en yaygın olarak kullanılanıdır. Sentetik reçineler, üre, melamin, fenol, resorsinol veya bunların kombinasyonu sonucu oluşan kimyasalların formaldehit ile reaksiyona girmesi sonucu elde edilir. Bu yapıştırıcılar genellikle akıcıdırlar ve dispersiyon veya sulu çözeltide dallanmış veya doğrusal polimer oligomerler olarak bulunurlar. Sertleşme ve jelleşme esnasında üç boyutlu çapraz bağlanma oluşturdıklarından dolayı erimez ve çözülmezler [21].

1.6.1.1.1 Üre Formaldehit Tutkalı

Üre ve formaldehitin tepkimeye girmesiyle elde edilen yapıştırıcıya üre formaldehit

reçinesi denir. Farklı hazırlama ve tepkime koşulları sayesinde neredeyse sayısız türde üre formaldehit reçinesi oluşturulabilir. Üre formaldehit reçinesi termosetting özellikte olup aminoplastik yapıştırıcıların en önemli grubunu oluşturur [22].

Üre formaldehit tutkalı ürenin formaldehit ile yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür ve sıvı ile toz şekillerinde elde edilebilmektedir. Üre, basınç ve katalizör altında amonyak ve karbondioksitten oluşmaktadır. Formaldehit ise; buhar şeklindeki metanolün havanın oksijeni ile oksite edilmesinden oluşur. Elde edilen üre ve formaldehitin kademeli bir şekilde kondense olmasıyla üre formaldehit tutkalı oluşurken kondenzasyon henüz suda çözülebilir duruma geldiğinde reaksiyon hafif asitik olan çözeltinin soğutulması ve nötrleştirilmesi ile durdurulmaktadır. Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı seyri, çeşitli kondenzasyon kademelerinde bulunan pH değeri, üre formaldehit arasındaki mol oranının yanında kondenzasyon sırasında çeşitli bileşiklerin konsantrasyonu, kondenzasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Kondenzasyon yapıştırma işleminde sertleştirici ve ısı aracılığı ile yeniden başlatılmaktadır [23].

Üre formaldehit reçinesi avantajlarıyla yongalevha ve lif levha gibi odun esaslı levha üretiminde tercih edilmektedir [24].

Üre formaldehit reçinesinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [25].

- Adhezyon özelliği oldukça iyidir.
- Çok çeşitli sertleşme koşulları ile uyumludur.
- Sulu çözelti olarak ayarlanabilir.
- Diğer yapıştırıcılar ile uyumlu olarak kullanılabilir.
- Reaktifliği yüksektir.
- Tamamen sertleşebilmektedir. Sertleşmiş haldeki rengi de şeffaftır.
- Yanıcı değil ve ısı özellikleri iyidir.
- Kokusuzdur.
- Maliyeti diğer yapıştırıcılara göre düşüktür.

Üre formaldehit tutkalının tüm bu avantajlarının yanında su ve rutubete karşı dayanımının düşük olması sakınca oluşturmaktadır. Üre formaldehit reçinesindeki

aminometilen bağların tersinir özellikte olmasından dolayı su ve rutubete karşı dayanımı düşüktür. Özellikle yüksek sıcaklıklarda su ve rutubete maruz kaldığında bu aminometilen bağlar hidrolize olurlar. Bu durum kullanım süresince ve sertleşme esnasında formaldehit emisyonunun ortaya çıkmasına sebebiyet verir. Bu nedenle rutubetin az olduğu uygulama yerlerinde tercih edilir [22] ; [26].

Üre formaldehit tutkalının özelliklerinde molekül ağırlığının kontrolü önemli bir yere sahiptir. Molekül ağırlığı artıkça tutkalın özellikleri de değişmektedir. Bu nedenle üre formaldehit tutkalının üretimde kondenzasyon reaksiyonu tarafından oluşturulan molekül ağırlığı kontrol edilmelidir. Molekül ağırlığı bir kaç bine kadar değişebilmekte olup bu moleküller komşu moleküllerin reaktif grupları arasında suyun uzaklaştırılmasıyla oluşturulur. Böylece molekül ağırlığı arttırılmış olunur [27].

1.6.1.1.2 Melamin Formaldehit Tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı açık ve yarı açık alanlardaki kullanım yerleri olan odun panellerinin, düşük veya yüksek basınçlı kağıt laminatlarının ve overlayin hazırlanması ve yapıştırma aracı olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Melamin formaldehit reçinesinin üre formaldehitten ayıran önemli avantajı suya karşı dayanıklı olmasıdır. Melamin formaldehit reçinesi pahalı olduğu için genellikle üre formaldehit karıştırılarak melamin-üre-formaldehit reçinesi elde edilmektedir. Fakat oluşturulan melamin-üre-formaldehit reçinesinin içerisindeki üre bileşeninden dolayı suya karşı direnci daha azdır. Melamin-üre-formaldehit reçinesinin kullanıldığı yongalevhaların rutubete karşı direncini artırmak için reçinenin üretim aşamasında yaklaşık %5-15 oranında fenol veya resorsin ilave edilebilir. Bunların dışında hazırlanmış reçineye kan albümini de ilave edilebilmektedir [28].

1.6.1.1.3 Resorsin Formaldehit Tutkalı

Resorsin formaldehit tutkalı her türlü iklim koşullarına dayanabilmekte olan etkili bir yapıştırıcıdır. Asitler zayıf alkalilere ve kaynar suya karşı dayanıklıdır. Söz konusu bu avantajlarının yanında maliyetinin yüksek olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Ayrıca kondenzasyon reaksiyonun tam olarak tamamlanması bir hafta sürdüğünden levha endüstrisinde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Özel amaçlar için saf olarak kullanılmaktadır. Özellikle inşaat sektöründe, uçak ve gemi inşaatında ağaç konstrüksiyonlarının yapıştırılmasında kullanılır [24].

1.6.1.1.4 Fenol Formaldehit Tutkalı

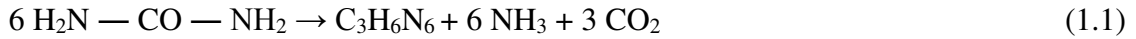
Fenol ve formaldehitin asit veya alkali bir katalizör yardımıyla tepkimeye sokulmasıyla fenol formaldehit tutkalı elde edilir. Kullanılan katalizörün türü ve tepkimeye giren maddelerin mol oranlarına göre "novalak" ve "resol" olmak üzere fenol formaldehit reçineleri iki gruba ayrılırlar.

Novalak tutkalı formaldehit ve fenolin asidik koşullarda tepkimesinden elde edilir. Katalizör olarak oksalik, hidrolik, fosforik, tolüen sülfonik ve sülfürik asitler kullanılmaktadır. Bu tür reçineler sertleştirici yardımıyla sertleşirler. Reaksiyonun tamamlanabilmesi için novalak reçinesine formaldehit eklenir. Bu tutkal türündeki asidik katalizör ağaç malzemeye zarar vermektedir. Bu nedenle ağaç işleri endüstrisinde bu tutkal türü kullanılmamaktadır [24].

Resol adlı formaldehit reçinesi alkali koşullarda üretilmektedir. Resol reçinesinin üretiminde NaOH gibi alkali bir katalizör sisteme ilave edildikten sonra sıcaklık 80-100°C arasında ayarlanır. Reaksiyon sıcaklığına bağlı olarak reaksiyon süresi, pH, fenol/formaldehit mol oranı, reaksiyonu geciktirici alkol gibi maddelerin olup olmamasına göre değişmektedir [27]. Fenolik reçinelerin molekül ağırlıkları oldukça yüksek olup fenol formaldehit tutkalı dayanıklı, sert, suya karşı dirençli ve yongalar arasında kuvvetli yapışma sağlamaktadır. Sıvı haldeki fenolik oduna nüfuz ederek hücre çeperini şişirmektedir. Bu nedenle sıcaklık sertleşince odun dirençli olmakta ve odunda mükemmel bir boyutsal stabilite sağlamaktadır [29].

1.6.1.1.5 Melamin Üre Formaldehit Tutkalı

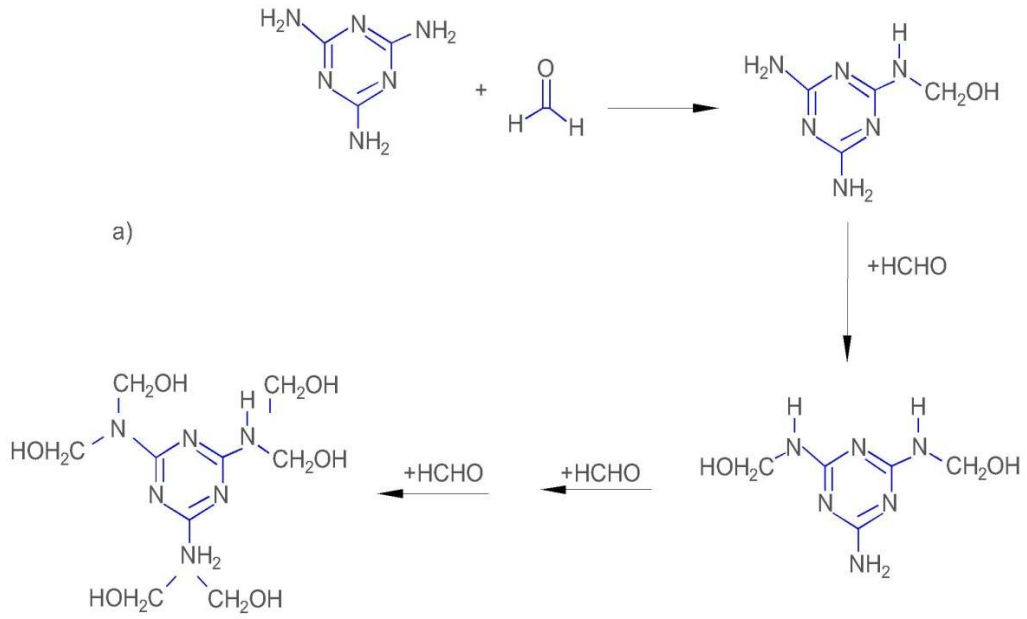
Üreden melamin üretimi; yaklaşık %90 melamin tutkal üretimine katılır.



MUF tutkalı üretiminde I.aşama=Metelizasyon

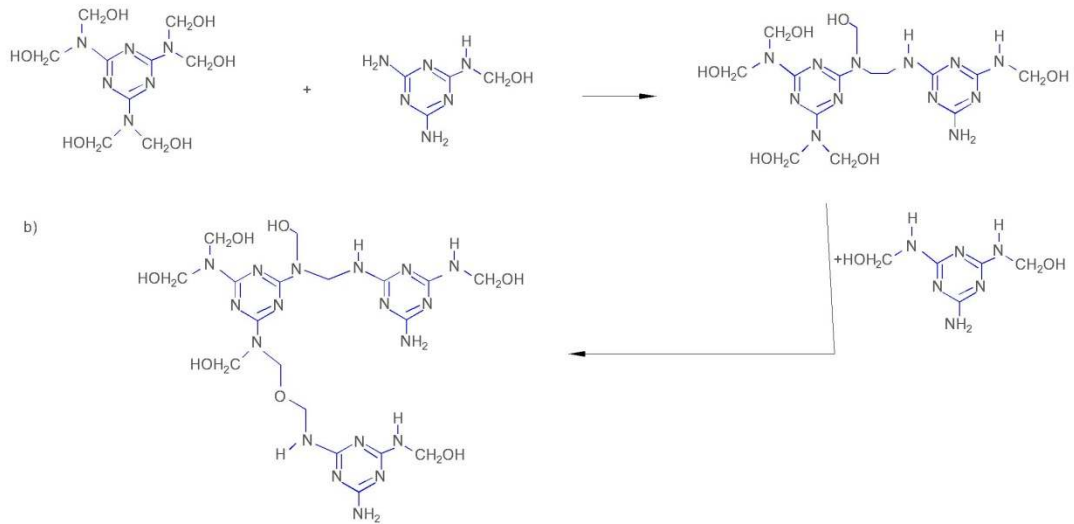
Melamin 6 mol formaldehit ile reaksiyona girer.

Birinci monomerler; Mono-di hexametilmelamin oluşur.



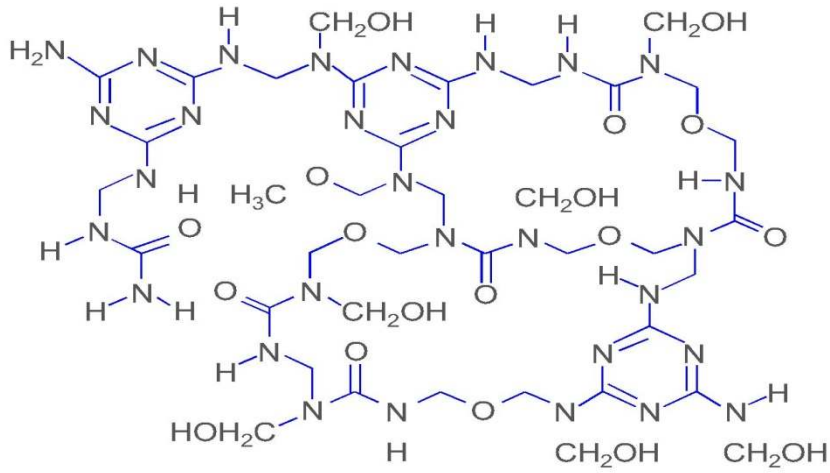
MUF tutkalı üretiminde II. aşama=Kondensasyon

Metillendirilmiş melamin metilen veya metil-eter köprüleriyle reaksiyona girer.



MUF tutkalı üretilir.

Melamin ve üre formaldehit ile reaksiyona girerek büyük moleküllü köprüler oluştur.



Üçüncü aşamada son kez üre ilavesi yapılır. Tutkal üre formaldehite benzer. Son ürenin ilave edilmesiyle molar oranı, serbest formaldehit oranı, viskozite ve formaldehit emisyonu azalır [1].

1.6.2 Doğal Yapıştırıcılar

Doğal yapıştırıcılar; bitkisel yapıştırıcılar ve hayvansal yapıştırıcılar olmak üzere iki grupta toplanmaktadır.

1.6.2.1 Bitkisel Yapıştırıcılar

1.6.2.1.1 Tanen Tutkalı

Tanenli tutkalların yongalevha vb. odun kökenli levha ürünlerinin üretiminde kullanımı son yıllarda endüstriyel olarak artan bir ilgi görmektedir. Geçmişte tanen formaldehit tutkalları hakkında yapılan araştırmalarda ekonomik beklentiler önemliken, bugün odunun yapıştırılmasında hem ekonomik hem de ekolojik faktörler dikkate alınmaktadır [30].

Bütün bitki tanenleri basit fenollerden kondanse flavanoidlere kadar fenolik bileşiklerden meydana gelmekte olup; hidrolize edilebilen tanenler ve hidrolize edilemeyen veya kondanse tanenler olmak üzere ikiye ayrılırlar [31].

Su, alkol ve asetonda çözülebilen ve proteinle pıhtılaşabilen bitki kökenli polihidroksifenoller olan tanenler; ektraksiyon yoluyla odun, yaprak, meyve ve kabuktan elde edilmektedir. Tanen, kendi başına yapıştırıcı olarak kullanılabildiği gibi aminoplastik ve fenolik reçinelerle birlikte de kullanılabilmektedir [21].

Yenilenebilir bir hammadde kaynağı olarak çam taneni; yüksek kalite özelliklerine sahip ve formaldehit emisyonu düşük yongalevha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır [32].

En önemli tanen kaynakları olarak mimoza ve qebrako belirlenmiştir. Bunların yanında tsuga, ladin ve P.radiata, P.elliotti gibi çam türlerinin kabukları da tanen üretiminde kullanılabilir. Elde edilen tanenlerden üretilen tutkalların dış ortamda kullanılabilmesi için ise fenol formaldehit, resorsion formaldehit veya diizosiyanat gibi tutkallarla desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır [33].

Tanen esaslı tutkalların dış cephede ve neme duyarlı yerlerde kullanılacak yongalevhaları üretiminde yaygın olarak kullanılan fenol formaldehit tutkalı yerine lignoselülozik zirai ve orman artıklarının fenol ile sıvılaştırılıp formaldehit ile reaksiyona sokulduktan sonra kullanılabilir. Tanen esaslı tutkallar Yeni Zelanda, Avustralya ve Güney Afrika gibi tanen içeren akasya ağacının çok olduğu ülkelerdeki orman ürünleri endüstrisinde ticari amaçlı kullanılmaktadır [33].

1.6.2.1.2 Lignin Tutkalı

Bitki fibrillerini bir arada tutan fenolik bir yapıştırıcı olan lignin, fenilproan ünitelerinden oluşmaktadır [26], [21].

Lignin çekirdeğindeki serbest pozisyon sayısının az ve raktifliği fenol formaldehit reçinesine oranla daha düşüktür. Bu nedenlerden dolayı, lignin tutkalının sıcaklık ve mineral asit vasıtasıyla gerçekleşen kondenzasyon reaksiyonu fenol formaldehit reçinesindeki gibi etkili değildir. Yeterli bir sertleşme için yüksek pres sıcaklığı, uzun pres süresi ve yüksek asit konsantrasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır [21].

1.6.2.1.3 Soya Tutkalı

Soya tutkalı, düşük maliyetli olması, düşük pres sıcaklığı gerektirmesi ve yüksek rutubette oduna bağlanabilmesi gibi özellikleri nedeniyle avantajlıdır. Sahip olduğu bu avantajlara rağmen suya karşı dayanımı ve bağ direncinin düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Soya esaslı tutkallar 1923 yılında geliştirilmiştir. Buna rağmen petrol esaslı yapıştırıcıların direnç özellikleri ve suya dayanımı daha yüksek olduğundan soya esaslı tutkallara göre daha çok tercih edilmiştir [34].

1.6.2.2 Hayvansal Tutkallar

Hayvansal tutkallar, koyun ve sığır gibi hayvanların deri ve kemiklerinden elde edilmekte olup, jel ve küçük parçacıklar halinde bulunabilmektedirler. Katı formdaki tutkallar su ile muamele edilip kullanılmaktadırlar. Uygulanabilir viskozite seviyesine getirmek için 60°C'ye kadar ısıtılır. Balık tutkalları gibi tutkallar sıvı formda bulunabilmektedirler.

Hayvansal tutkallar, diğer yapıştırıcılara göre rutubete karşı dayanımı düşük, mantar ve küflenmeye neden olmakta, her yerde kullanılamamakta, uygun sıcaklıkta uygulanabilmekte ve pahalıdır [35].

1.6.2.2.1 Kazein Tutkalı

Yağsız sütün bir asit yardımıyla veya doğal olarak asitlendirilerek kazein proteinleri çöktürülür. Bu çözelti ayrıldıktan sonra kurutularak kazein tutkalı elde edilir. Tutkalın hazırlanmasında, katı kazein sodyum hidroksit veya kireç çözeltisi gibi orta dereceli alkalilerde kolayca çözündürülür ve sonra kullanılır. Tanen bakımından zengin olan odun türlerinde kullanıldığında lekelenmeye sebep olan kazein tutkalının mobilyalarda kullanılmasından sakınılmaktadır [35].

Kazein esaslı tutkallar sıcaklık değişimleri ve neme karşı su su esaslı yapıştırıcılardan daha dirençlidirler. Fakat dış ortam için bu tutkallar uygun değildir. 70°C'ye kadar kuru ısıya direnci iyi iken ıslak şartlar altında yapıştırma gücünü kaybeder ve biyogermeye maruz kalır. Kazein esaslı tutkalların dayanıklılığını geliştirmek için lateks ve dialdehit nişastası gibi maddeler ile bileşik oluşturulmaktadır. Hayvansal atıklardan elde edilen tutkallar gibi bu tutkalların bağ kuvvetleri oldukça iyidir [26].

1.6.2.2.2 Kan Albümini Tutkalı

Mezbahanelerde ortaya çıkan tüm kanlardan kan albümini tutkalı elde edilebilmektedir. Formaldehit ve fenol formaldehit reçineleri ilave edilmiş kan esaslı tutkaldan üretilen kontrplakların suya dayanımı, bağ direnci ve küflenmeye karşı direnci daha yüksektir [35].

1.6.3 Anorganik Yapıştırıcılar

Ham madde seçiminde daha az seçici olması, dış hava koşullarına karşı daha dayanıklı olması, boyutsal kararlılığının daha iyi olması, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı daha dayanıklı olması nedeniyle sentetik reçineler ile üretilen kompozitlere göre anorganik yapıştırıcılarla üretilen kompozitler daha üstün özelliklere sahiptirler [20].

Çimento ve alçı anorganik yapıştırıcı olarak kullanılmakta ve bu bağlayıcılar ile üretilen odun esaslı kompozitler çoğunlukla inşaat sektöründe yalıtım amacı ile kullanılmaktadır [36].

Anorganik yapıştırıcıların dezavantajları ise; yeterli sertleşme ve yoğunluk için uzun pres süresi gerektirmesidir [37].

1.6.3.1 Katkı Maddeleri

Levhanın üretim koşullarının iyileştirilmesi ve elde edilecek levhaya ek özellikler kazandırmak amacıyla yongalevha üretiminde katkı maddeleri kullanılmaktadır.

1.6.3.1.1 Sertleştirici Maddeler

Yongalevha üretiminde tutkal hazırlama işleminden presleme zamanına kadar sertleşme olmamalıdır. Bununla birlikte presleme sırasında da tutkal kısa sürede sertleşmelidir. Bunun için üretilen formaldehit tutkalında sertleştirici olarak amonyum klorür ve amonyum sülfat kullanılmaktadır. Amonyum klorür, amonyum sülfata göre daha çok tercih edilir. Bunun nedeni; Amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafında homojen şekilde yayılmaktadır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler gerçekleşir [38]. sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanıldığında kalınlık artışı, eğilme direnci, pH değeri, formaldehit emisyonu, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzey özellikleri bakımından diğer sertleştirici türlerine göre daha iyi sonuç vermektedir [39].

1.6.3.1.1.1 Alüminyum Sülfat

Alüminyum sülfat $Al_2(SO_4)_3 \cdot (14-18)H_2O$ kimyasal formülü ile gösterilmektedir. Yapısındaki kristal suyu 14 mol ile 18 mol arasında değişmektedir.

Alüminyum sülfat havadan nem çeken bir maddedir. Isıtıldığında önce kristal suyunu

kaybeder ve 700-800°C'de bozunarak kükürt trioksit ve alüminyuma dönüşür. Alüminyum sülfat üretiminde kullanılan ham maddelerin başlıca önde gelenleri demiri az olan boksitler ve alunitler, lösit türü mineraller, demirsiz kil ve kaolenlerdir. Alüminyum sülfatın çeşitli hallerde görünüşleri Şekil 1.4' de gösterilmiştir [40].



Şekil 1.4. Alüminyum sülfatın çeşitli görünüşleri.

1.6.3.1.1.1 Alüminyum Sülfat Üretimi

Alüminyum sülfat üretiminde en çok uygulanan ve en gelişmiş yöntem, boksitlerden Alüminyum sülfat üretimi olan 'Dorr Yöntemi'dir. Bu yöntemde boksit minerali öğütülerek H_2SO_4 ile reaksiyona sokulur. Ortamdaki demiri çöktürmek üzere $BaSO_4$ eklenir ve çökelen demir ayrılır. Artıklardan temizlenen Alüminyum sülfat çözeltisi değiştirilir ve kristallendirilerek Alüminyum sülfat elde edilir. Alüminyum sülfat Türkiye'de şap ile birlikte üretilmektedir.

Üretimde kullanılan ham maddelerden biri de alunit mineralidir. Alunit minerali belli bir sıcaklıkta kalsine edildikten sonra, belli bir sıcaklıktaki H_2SO_4 çözeltisi ile muamele edilir. Böylece potasyum ve alüminyum elementleri çözünür duruma getirilmiş olur. Alunit mineralinden ara ürün olarak $Al(OH)_3$ veya Al_2O_3 üretilerek buradan $Al_2(SO_4)_3$ üretimine geçilebilir.

Dünyada bilinen birçok alunit yatağı mevcuttur. En büyük olanlardan iki tanesi Amerika'dadır. Bunların dışında bilinen en büyük alunit yataklarının Kafkasya, Özbekistan, Azerbaycan, Kazakistan, Fransa, Macaristan, İtalya, Çin, Japonya, İspanya, Avustralya ve Türkiye'dedir. Türkiye'de bilinen en büyük alunit yatakları ise Giresun-Şebinkarahisar, Kütahya-Şaphane ve İzmir-Foça yörelerinde bulunmaktadır [41].

1.6.3.1.1.2 Alüminyum Sülfatın Kullanım Alanları

Alüminyum sülfatın kullanım alanlarının %42,98'lik kağıt endüstrisi, %3,25'lik kısmını su tasfiyesi, %22,77'lik kısmını da diğer kullanım alanları kapsamaktadır [42].

Alüminyum sülfatın kullanım alanları aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir [41], [4].

1. Kristal alüminyum sülfatın ana kullanım alanı kağıt endüstrisidir. Kağıt üretiminin önemli bir maddesini temsil eder, kağıdı yapıştırırken selüloz liflerinin yapışmasını sağlar.
2. Alüminyum sülfatın diğer kullanım alanı alüminyum sülfatın kirli suyu çöktürme ve suyu berraklaştırma flokülan olarak kullanıldığı su tasfiyesidir.
3. Alüminyum sülfat matbaa mürekkebi üretiminde
4. Derinin yenilenmesinde
5. Vernik ve boyalarda mordan olarak
6. Petrol rafinasyonunda süpürme ve koku gidermede

1.6.3.1.1.2 Amonyum Sülfat

Amonyum sülfat açık sarıdan griye değişen ve çoğunlukla beyaz, renkli olan kristal yapıdadır. Zaman zaman Amonyum sülfat içinde kahverengi, mavi, sarı ya da gri renkli kısımlar görülmektedir. Bunlar ferrisiyanit, arsenik sülfat vb. Maddelerin amonyum sülfata karışmış olmalarından ileri gelmektedir. Amonyum sülfat üreye göre suda daha az çözünür. Amonyum sülfatın muhteviyatında %21,2 N ve %27,5 S bulunur. Amonyum sülfatın granül haldeki görünümü Şekil 1.5' te verilmiştir [43].



Şekil 1.5. Amonyum sülfatın granül haldeki görünümü.

1.6.3.1.1.2.1 Amonyum Sülfat Üretimi

Amonyum sülfatın üretiminde önceleri kömürün koklaştırılması sonucu elde edilen amonyak gazı kullanılmıştır. 1923'lerden sonra Almanya'da sentetik amonyağın bol miktarda üretilmesiyle sülfirik asidin nötralizasyonunda sentetik amonyak gazı tüketilmiştir.

Sentetik olarak üretilen ya da kömürün koklaştırılmasıyla elde edilen amonyak gazı sulu sülfirik asit içeren nötrleştirme tankına püskürtülerek verilir. Sülfirik asit ise üstten tanka enjekte edilir. Tepkime sonucu oluşan sıcaklık suyun buharlaşmasına neden olur. Nötralizasyon tankında çözeltinin pH 'ı 7'nin altında tutularak amonyak yitmesi önlenir. Tankın altında toplanan amonyum sülfat kristalleri alınır. Santrifüj edilir ve kurutulur. Geride kalan çözelti tekrar nötralizasyon tankına gönderilir. Bu yöntemle 520 kg amonyak gazı ve 1500 kg sülfirik asit ile 2000 kg amonyum sülfat gübresi üretilir.

Kimi ülkelerde ve özellikle Avrupa'da amonyum sülfat kalsiyum sülfatın amonyum karbonat ile işleme tabi tutulması sonucu üretilmektedir.

Anılan yöntemle amonyum sülfat üretiminde kalsiyum sülfat süspansiyonunu içeren tanka bir yandan basınç altında karbondioksit gazı verilirken öte yandan, sulu amonyak çözeltisi verilir. Tepkime sonucu önce amonyum karbonat oluşur. Amonyum karbonat ile kalsiyum sülfatın tepkimesi sonunda da amonyum sülfat oluşur. Kalsiyum sülfat parçacıklarının inceliğine ve aksiyon durumuna bağlı olarak tepkime için 6-9 saatlik bir süreye gereksinim vardır. Tepkime sonunda kalsiyum karbonat çöker ve çözeltide kalan amonyum sülfat çözülerek ayrılır. Süzülerek buharlaştırılır ve amonyum sülfat kristalleri elde edilir. Çöken kalsiyum karbonatlar istenirse nitrik asit ile kalsiyum nitrat elde edilir. Yahut amonyum nitratta karıştırılarak kalsiyum amonyum nitrat gübresi elde edilebilir [44].

1.6.3.1.1.2.2 Amonyum Sülfatın Kullanım Alanları

Amonyum sülfat yoğun olarak tarım alanlarında gübre olarak kullanılmaktadır. Asit özellikli bir gübre olduğu için nötr ve kireçli topraklarda kullanılır. Uzun yıllar sürekli toprağa verilmesi durumunda topraktaki asit miktarını artırır. Bu nedenle asitli topraklarda tercih edilmez. Amonyum sülfat gübresi yapısında bulunan kükürt sayesinde bitkinin kükürt ihtiyacını karşılamış olur.

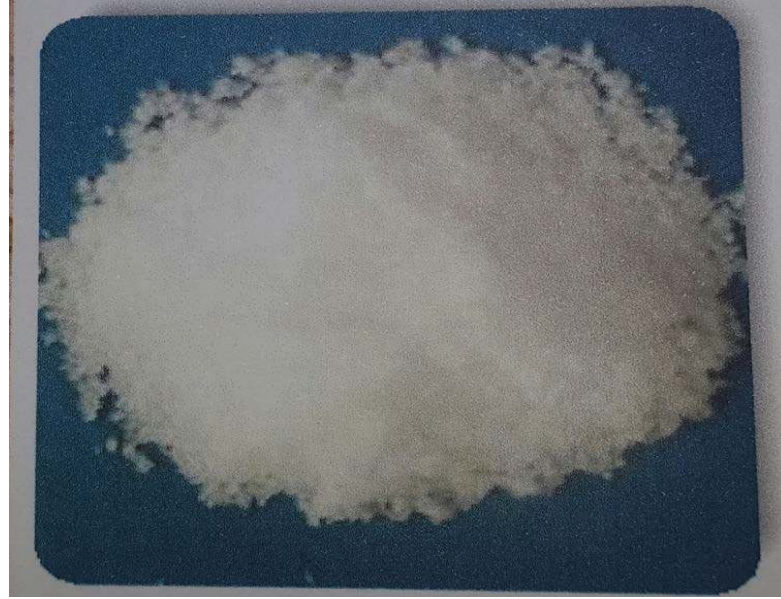
Amonyum sülfat sanayide plaka üretiminde (MDF ve yonga levha) tutkalı sertleştirme amaçlı sertleştirici katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Özellikle Amonyum klorürün Avrupa'da kullanımının yasaklanmasıyla birlikte sertleştirici olarak kullanımı artmıştır.

1.6.3.1.1.3 Amonyum Klorür

Amonyum klörür nişadır olarak da bilinir. Hidrojen klorür (Tuz asidi, tuz ruhu, kloridrik asit) ve amonyağın tepkimesi ile oluşan tuz. En çok kuru pillerde elektrolit olarak olarak kullanılan nişadır, galvanizleme ve kalaylamada ayrıca metal yüzeylerindeki oksit katmanını giderek lehim tutmasını kolaylaştırmak amacıyla lehimcilikte de yaygın olarak kullanılır.

Renksiz kristalleşmiş bir madde olan amonyum klörür suda kolayca çözünerek hafif asit özelliğinde bir sıvı oluşturur. 340°C'da erimeden buharlaşarak, eşit hacimlerde amonyak ve hidrojen klorür içerir. Beyaz kokusuz higroskopik tozdur. Suda kolaylıkla çözünür ve amonyum klorürün sulu çözeltisi hafif asidik özelliğe sahiptir.

Amonyum klorürün granül hali Şekil 1.6' da gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Amonyum klorürün granül haldeki görünümü.

1.6.3.1.1.3.1 Amonyum Klorür Üretimi

Amonyum klorür hidrojen klorid (gaz) veya hidroklorik asit (sulu çözelti) ya da birlikte amonyak (NH₃) birleştirilerek tersinir olarak hazırlanabilir.





Amonyum klorür; kuvvetli bir baz ile amonyak gazını serbest bırakmak için reaksiyona girebilir.



Amonyum klorür; sodyum karbonat üretiminde uygulanan Solvay yönteminde (amonyak-soda yöntemi) ortaya çıkan bir yan üründür .

1.6.3.1.1.3.2 Amonyum Klorürün Kullanım Alanları

Amonyum klorür;

- Kuru pil ve bazı patlayıcıların yapımında,
- Galvaniz sektöründe, kalay kaplamada, sıcak daldırma galvanizde flux hammaddesi olarak,
- Kozmetik sanayinde şampuan yapımında eğer surfaktan olarak ALS kullanılırsa, amonyum klorür şampuanı kıvamlaştırmak için kullanılır ve bazı temizleyicilerin üretiminde,
- Bazı soy metalleri rafine etmekte/arıtmada,
- Bazı sentetik yapıştırıcıları kurutmada,
- Üre formaldehit reçinelerini sertleştirmede (MDF ve yongalevha sektöründeki kullanımı)/ Kontraplak yapıştırıcıların yapımında. Yongalevha / MDF üretimine kullanılan hammaddeler ve yardımcı maddeler aşağıda verilmiştir:
- Odun, Pamuk sapı, Üre formaldehit tutkalı, Polivinil asetat tutkalı, Amonyum klorür (Amonyum klorürün sulandırılarak kullanılması).
- İlaç sanayinde, öksürük şuruplarında balgam söktürücü olarak ve idrar söktürücü özelliği nedeni ile kullanılır.
- Lehimlemede kullanılacak lehim taşı yapımında,
- Yem sektöründe katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

1.6.3.1.2 Hidrofobik Maddeler

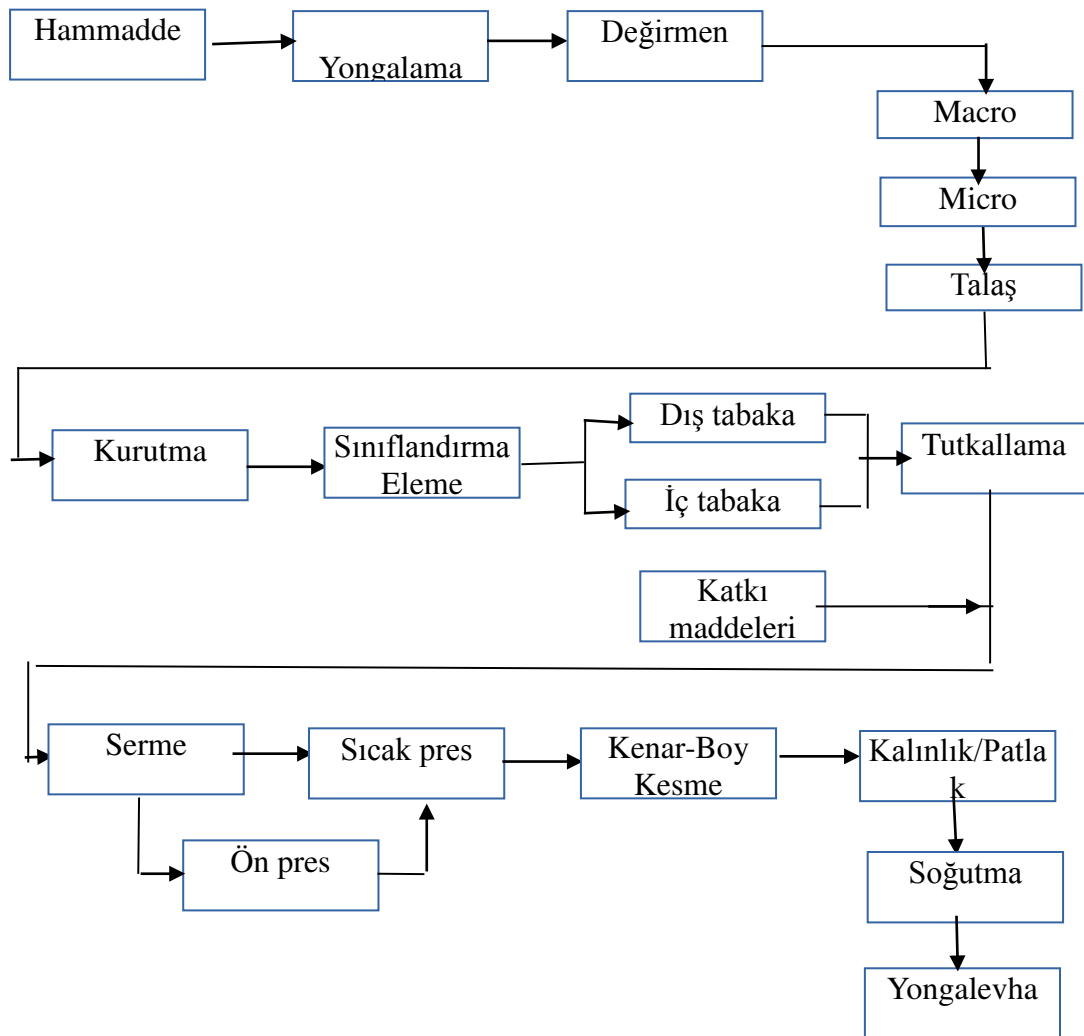
Yongalevha üretiminde boyut stabilizasyonunu sağlamak ve levhanın belirli dereceye kadar su alarak şişmesini önlemek için hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Parafin en iyi hidrofobik maddedir. Çünkü parafinin su itici etkisi yüksek ergime noktası uygun ve diğer hidrofobik maddelere göre daha ucuzdur [45].

1.6.3.1.3 Koruyucu Maddeler

Odun kökenli levha ürünleri tropik bölgeler gibi mantar ve böcek saldırısı tehlikesinin yüksek olduğu yerlerde kullanılmadan önce koruyucu maddelerle korunması önem teşkil etmektedir. Başta pentaklorfenol olmak üzere, bakır-pentaklorfenol, kromlu bakır arsenat, sodyum sliksilikat, amonyaklı bakır arsenik veya sodyum florür koruyucu madde olarak kullanılmaktadır [45].

1.7 YONGALEVHA ÜRETİMİ

Yongalevhaların üretim süreci şekil 1.7 gibi gerçekleşmektedir.



Şekil 1.7. Yongalevha üretimi.

1.7.1 Hammaddenin Depolanması

Ham maddenin depolanmasında öncelikli olarak usul ham maddenin sahada bekletilmeden üretime verilmesidir. Fakat, fabrika ortamında üretim hacminin büyüklüğüne göre bu usul tam olarak uygulanamamaktadır. Fabrikaların depo kapasitesi yıllık bazda ham madde alımına uygun olarak dizayn edilmektedir. Zira fabrikalar sürekli üretim mantığı esas olduğundan, depo kapasiteleri büyük olmak zorundadır. Aynı zamanda ham madde hem yurt içi hem de yurt dışından tomruk veya cips olarak temin edilmektedir.

Çalışmamızı yürüttüğümüz tesiste ham maddenin % 70' i yurt dışından, %30 'u yurt içinden temin edilmektedir. Yurt içinden tomruk olarak ham maddenin üretim sahasına nakliye maliyeti fazla olduğundan, ham maddeye yakın yerlerde yongalama makinaları kurularak ham maddeyi cips olarak fabrika üretim sahasına taşımaktadırlar.

Yongalevha sektöründe Türkiye'nin çeşitli yerlerinde çeşitli firmaların özellikle Batı bölgelerinde ham madde kaynağına yakın olması amacıyla yongalama makinaları bulunmaktadır (Balıkesir, Manisa v.b).



Şekil 1.8. Hammaddenin tomruk ve cips olarak depolanması.

Ham maddenin sahada uzun süre bekletilmesi üretimde kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Ham maddenin depolanmasında bakteri saldırılarından dolayı porozite artması, çürüme ve oksidasyon lekesi, mantar ve böcek zararlıları, donma ve ısınmadan dolayı lif ayrılımları, çatlama enine kesitlerde ve çevresinde kuruma ve çatlamadan dolayı mavi renklenme ile hoş olmayan koku oluşumu görülebilir [9].

1.7.2 Yonga Üretimi

Yonga üretiminde önce kaba yongalama yapılır ardından üretim safhasına uygun hale getirmek amacıyla inceltme değirmenlerinde yongalama işlemi yapılır.

Elde edilen yongaların geometrisi levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli unsurlardan birisidir. Yonga kalınlığı artıkça eğilme direnci değerlerinde azalma fakat yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerinde artış görülmektedir. Yonga uzunluğu artıkça eğilme direnci artmasına rağmen yüzeye dik yönde çekme direncinde bir azalma görülür. Yonga içerisindeki toz miktarının artışı eğilme ve yüzeye dik çekme direncinin azalmasına neden olur.

Kaliteli yonga elde edilmek için yongaların rutubetlerinin %30 ' un altında olmaması gerekir.

1.7.2.1 İnceltme Değirmenleri

İnceltme değirmenlerinin sayısı üretim kapasitesine göre belirlenmektedir. Macro ve micro inceltme değirmenleri olarak adlandırılmaktadır. Macro değirmenler 850 dev/dak olarak çalışırlar ve daha çok levhanın orta tabakasında kullanıma uygun yongalar üretilmektedir. Micro değirmenler ise; 1300 dev/dak hızda çalışarak macrolara göre daha küçük boyutlarda yongalama yapmaktadırlar. Micro değirmenlerden beklenen, olabildiğince dış tabakada kullanılacak yonga üretebilmektir.

Değirmenler iç rotor ve dış rotor olarak iki diskin zıt yönlerde dönmesiyle yongalara kesme kuvveti uygulanarak yonga üretmektedirler. İnceltme değirmenlerin verimi besleme yapılan kaba yongaları kalitesiyle doğru orantılıdır. Yongalevha üretiminde 30~35 mm boyunda yongalar ideal yonga olarak tecrübe edilmiştir. Bu boyuttaki yongalar hem inceltme değirmenlerini performansı artmakta hem de buradan çıkan yongaların levha üretiminde kullanılmasıyla meydana gelen levhanın tutkal maliyetinin düştüğü gözlenmiştir.

İnceltme değirmenlerine kaba yongalar merkezden dağıtıcı plaka vasıtasıyla rotorlar arasında kesme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca burada kesici bıçak ömrü çok önemlidir. Bıçak ömrü bittiğinde rotor çıkarılıp bıçak bileme işlemi yapılmaktadır. Bıçak ömrü bittiği halde çalıştırılmaya devam edilmesi hem yonga kalitesini bozmakta hem de elektrik tüketimini artırmaktadır.

Kaliteli yonga üretebilmek için kaba yongaların temizliği, boyutları ve kesici bıçakların ömürlerinin standartlarda olmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 1.9. İnceltme değirmeni ve kesici bıçak rotoru.

1.7.3 Yongaların Kurutulması

Yongalevha üretiminde yonga rutubeti çok önemlidir. Bu sebeple yongaların homojen bir şekilde kurutulması önem arz etmektedir. Yongaların rutubetlerinin %1,5~3 arasında olmasına dikkat edilir.

Bu çalışmada tek geçişli döner silindir kurutucu ile çalışılmıştır. 55 ton/h kapasiteli bu kurutucuda yakıt olarak doğalgaz ve/veya toz ile çalışabilen brülör mevcuttur. 650~710 °C sıcak hava 1000 Kw'lık bir motora sahip radyal bir fan sayesinde yongaların sıcak havayla buluşması ve kurutma işleminin gerçekleştirilmesi sağlanır. Yongaların kurutucudan çıkışı kış ve yaz şartlarına göre değişmekte olup ortalama 130 °C de %1,7 rutubette olmaktadır. Bu rutubet yongaların tutkallama öncesinde yeterli bir rutubettir. Yongaların geometrisi de kurutma işleminde önemlidir. İnce ve toz malzeme daha erken kurutucudan çıkarken, kalın yongalar diğerlerine göre daha uzun kurutma işlemine tabi kalmaktadır. Kurutucu dönerli ve silindir tip olduğundan yongalar kurutucudan kurumadan çıkma ihtimali yoktur. Bu işlem silindir dönerken arkadan gelen sıcak havanın, kuruyarak hafifleyen yongaların silindir boyunca çıkışa doğru ilerlemesi şeklinde olmaktadır. Kuruma tam gerçekleşmeyen yongalar yerçekimi ile serbest düşme yaparak tekrar sıcak havayla temas geçip kuruyup hafifleyene kadar işleme tabi kalmaktadır. Bu sayede yongaların homojen bir şekilde kurutulması sağlanmaktadır.



Şekil 1.10. Tek geçişli silindir tip kurutucu.

1.7.4 Yongaların Elenmesi

Kurutma işleminden çıkan yongalar elek kısmına nakil edilir. Burada mekanik eleklerden geçerek ayrı silolara alınır. Mekanik eleklerde elekler mevcut olup eleme işlemi bu teller yardımıyla gerçekleştirilir. Eleklerde $10*10 - 0,7*2,1 - 1*3 - 0,2*0,2$ mm gibi çeşitli ölçülerde eleklerden geçirilerek levha yapımına uygun yonga profili oluşturulur.

Levha yapımına uygun yonga oluşturulurken orta ve dış tabakalarda kullanılacak yongaların ebatları çok önem içermektedir. Hem üretim sürecini hem de maliyeti direkt olarak etkilemektedir.

Dış tabaka yongalarının içerisinde fazla miktarda toz bulunması imalat sırasında tutkal sarfiyatını artıracığından istenmeyen bir durumdur. Buna bağlı olarakta orta tabaka yongalarının içinde %5' in üzerinde toz bulunması tutkal sarfiyatını artırıp levhanın preste patlama olasılığını artıracığı gibi üretim sürecinde sıkıntıların oluşmasına sebebiyet verecektir.

Yongalevha üretiminde nem ve yonga geometrisi çok önemli olduğundan eleklerde eleme işlemi titizlikle yapılmaktadır.

Mekanik eleklerde;

1-Tekrar işlenecek yonga

2-Orta tabaka yongası

3-Dış tabaka yongası

4-Elek altı (yakıt) olarak ayrılmaktadır.

Bu sıraya göre elenerek ayrılmış yongalar Şekil 1.11 'de görülmektedir.



(1)

(2)

(3)

(4)

Şekil 1.11. Mekanik eleklerde elenen yongalar.

1.7.5 Yongaların Depolanması

Yongalevha fabrikalarında farklı işlemlere tabi tutulmuş kuru yongaların tutkallama öncesinde depolanması için silolar kullanılmaktadır. Eleklerde elenen yongalar orta ve dış tabaka olarak ayrı silolarda depolanmaktadır. Bu silolarda tutkallama öncesinde bekleyen yongaların rutubetleri yaklaşık olarak % 2~2,5 civarına kadar gelmektedir. Üretim hacmine göre talep edilen yongalar buradan tutkallama ünitesine nakil edilir.

1.7.6 Yongaların Tutkallanması

Yongalevhanın yapımında yongaların hassas bir şekilde tutkallanması levha kalitesi açısından önemlidir. Yongaların tutkallanmasında yonga yüzeyi ile sıvı tutkal arasındaki oran önemli olup, genellikle 1 m² yonga yüzeyi için 8-12 g gerekmektedir. Tutkallamanın üniform bir şekilde yapılması levhanın direnç özelliklerini artırmaktadır. Bunun için değişik sistemler geliştirilmiş olup en uygun tutkallama noktasal tutkallamadır. Bu yöntem tutkal çözeltisini aynı büyüklükte çok küçük taneciklere ayırmak ve bunları yonga üzerine eşit şekilde dağıtmaktır. Tutkal zerreciklerinin boyutları küçüldükçe, birim ağırlıktaki tutkaldan üretilen tane sayısı ve dolayısıyla yonga yüzeylerinin tutkalla örtülme imkanı artmaktadır. Yonga kalınlığı artıkça ve tutkal zerresinin çapı küçüldükçe her ne kadar yongada meydana gelen noktasal

yapışma artsa da yonga boyutlarının çok fazla büyümesi levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini kötüleştirir. Eğer tutkal zerresinin çapı çok küçülürse havaya dağılır ve yonga yüzeyine gelen oranı tespit etmek güçleşir.

Yapıştırıcı maddenin yongalevha üretiminde yüzeye etkili yapışmasında önemli olan üç faktör vardır.

Bunlar;

- Yongalar ile yapıştırıcı arasındaki kimyasal ilişki,
- Yongaların yüzey koşulları,
- Yongalevhaların üretim sürecinde basınç ve basınç parametreleridir [1].

Tutkallamada yonga geometrisi önemlidir. Yongaların aynı boyutlarda olması istenir ancak, uygulama bu şekilde gerçekleşmez. Yongaların boyutları yongalama makinesine, ağaç cinsine, rutubetine ve benzeri faktörlere göre değişiklik gösterir. Tutkallamada ağır yongalara az, ince ve hafif yongalar ile odun tozlarına daha fazla tutkal isabet eder. İnce yongalar ve tutkallı tozlar levhanın dış yüzeyinde yer almakta olup, zımparalama işlemi ile bir kısmı uzaklaştırılır. Yonga boyutlarının yanı sıra yüzey düzgünlüğü de son derece önemlidir. Yüzey düzgün değilse taneciklerin büyük çoğunluğu çukurluklara isabet edebilir. Yapıştırma direncinin oluşmasına hiçbir katkısı olmaz. Bu nedenle kesme yöntemiyle üretilen yongalar diğerlerinden daha değerlidir.

Tutkallamada tutkallama makinesindeki yonganın hareketi önemlidir. Yongaların hareketiyle püskürtülen tutkal uyum içerisinde olmalıdır. Bu çalışmada da olduğu gibi enjektörlü püskürtmelerde tutkal yolunun ve hava kanalının açık olması iyi bir tutkallama için çok önemlidir. Bu şartlar sağlanması durumunda yongalar homojen tutkallanmadığı için üretim sırasında sıkıntılar yaşanacağı gibi oluşturulan levhaların direnç değerlerini de olumsuz etkileyecektir.



Şekil 1.12. Tutkallama makinesi.

1.7.7 Yonga Serme İşlemi

Yongalevhaların üretiminde tutkallanan yongaların homojen bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazırlanması önemlidir. Taslak homojen bir şekilde oluşturulmadığı takdirde levha özgül ağırlığında farklılıklar meydana gelir. Bu farklar levhanın mekanik özelliklerinde değişme meydana getirir. Serme işleminde de yonga boyutları iyi bir serme yapabilmek için çok önemlidir. Burada etkili olan farklı bir faktörde ayrı kullanılan ağacın cinsidir. Kullanılan ağacın yoğunluğu değişeceğinden oluşturulan pasta kalınlığı da değişecektir.

Serme bunkerlerine alınan tutkallanmış yongalar, homojen ve sürekli serme yapabilmek için önemli ve gereklidir. Bunkerler çalışma sistemlerine göre farklılık göstermesine karşın burada ağırlık faktörüne göre çalışmaktadır.

Serme sistemi rüzgarlı çeşittir. Burada hava kanallarının iyi bir serme yapabilmek için önemi artmaktadır. Bu kanalların açık olduğu kontrol edilmeli ve homojen serme yapabilmek için dikkat edilmelidir. Yongalevha üç tabakadan oluştuğundan serme üniteleri de buna göre dizayn edilmiştir. Bu çalışmadaki serme ünitesi dört adet serme bunkerinden oluşmaktadır. Serme hattında iki adet alt ve üst tabakalar için dış serme bunkerleri ve orta tabaka için de iki adet bunker mevcuttur. Dış tabaka serme rüzgarlı tip olup, orta tabaka sermesi ise mekanik olarak rulolu tiptir. Orta tabakada rulolu tipin en önemli özelliği bu hatta ince ebatlar yapabilmeyi kolaylaştırmanın yanında, levha taslağında dış tabakalara yakın yerlere ince talaşın gelmesi merkeze doğru kalın

yongaların serme işlemine izin vermesidir.

Rüzgarlı ve rulolu tip sermelerde en büyük dezavantaj ise; rüzgarlı tipte yonga kalitesi bozulup toz oranı artarsa hava kanallarının tıkanması ve sermenin bozulması meydana gelmektedir. Rulolu tipte ise, ruloların belirli zaman aralıklarında rulo yüzeyinin yonga ve tutkal karışımından etkilenmesi ve temizliğe gereksinim duyulmasıdır. Bu temizlik işlemi kontrol edilmeli ve gereksinim duyulması durumunda müdahale edilmesidir. Aksi halde rulolar orta tabaka yongalarının serme işlemi sağlıklı yapılamaz. Bu durumda taslağın presleme de sıkıntılar çıkarmasına sebebiyet verir.

Sermeye pasta kalınlığı yapılan üretim ebatına ve ağaç cinsine göre farklılık gösterir. Pasta preslemeye girmeden önce son bunkerden çıkarken hem üst hem de yan kenarlarının düzgün olmasına dikkat edilmelidir.

1.7.8 Presleme İşlemi

Test çalışmalarının yapıldığı yongalevha tesisinde 2009 model 42100 mm uzunluğunda sonsuz pres mevcuttur.

Serme ünitesinde oluşturulan pasta, üretilcek ürünün kalınlığından daha fazladır. Sermenin homojen yapılmış olması presleme işini kolaylaştırır. Homojen serilmiş ve tutkallanan yongalar levha haline getirilebilmesi için presleme işlemlerine tabi tutulması gerekir.

Presleme;

-Ön pres (soğuk pres)

-Sıcak pres

olarak iki tipte gerçekleştirilir.

1.7.8.1 Ön Pres

Oluşturulan pasta sıcak prese verilmeden önce ön (soğuk) presden geçirilir. Burada pasta kalınlığı düşürülerek sıcak prese hazırlanır. Ön pres pasta kalınlığını düşürürken aynı zamanda pastanın içindeki havayı da pastadan uzaklaştırmaktadır. Böylelikle pasta sıkılaştırılmış olunur. Ön pres rutubetinde etkisiyle dış ve iç tabaka yongalarının birbirine tutunmasını dolayısıyla pastanın yüzeyindeki talaşların sıcak prese girişi sırasında uçuşmasını engeller. Böylece yüzey düzgünlüğü sağlanmış olunur. Ön pres kullanılmadığı durumlarda yüzeylerdeki düzensiz form yapısı sıcak preste

kapatılamadığından plakanın yüzeyinde yüzey kusuru olarak görülebilir. Bir bakıma ön pres sıcak prese taslağı hazırlanmış olmaktadır.

Şekil 1.13' de pasta taslağın ön prese girmeden ve girdikten sonraki görünümüleri görülmektedir.



Şekil 1.13. Ön pres öncesi ve sonrası pastanın görünümü.

1.7.8.2 Sıcak Pres

Hazırlanmış yonga taslağı, levha özelliğini ancak sıcak preste kazanır. Taslak sıcak preste istenilen levha kalınlığına sıcaklık ve basınç altında sıkıştırılır. Bu arada sıcaklık etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir malzeme elde edilir.

Sıcak presleme; taslağın ön görülen levha kalınlığında sıkıştırılması, yapıştırma için gerekli basıncın sağlanması, tutkalın sertleşmesi için gerekli sıcaklığa kadar ısıtılması, yongaların levha oluşturacak şekilde yapıştırılması gibi aşamalardan oluşturulur. Preslemede kullanılan plakalar sıcaklık ve basınç iletiminde kullanılmaktadır. Termik olarak, levha taslağının ısınması ve tutkalın sertleşmesini sağlamaktayken, mekanik olarak ise, ön görülen sıcaklığa kadar sıkıştırma işlemini yapmaktadır.

Pres süresi levhanın ortasındaki sıcaklıkla ilişkili olup, kullanılan tutkalın sertleşmesi için 100°C'ın üzerine çıkmalıdır. Presten çıkan levhanın rutubeti ise, yaklaşık %6-7 arasındadır. Pres sıcaklığının artmasıyla levhanın mekanik özellikleri iyileşirken su alma ve kalınlık artımı değerlerinde azalma olmakta, pres basıncının artmasıyla da eğilme direnci artmaktadır.

Pres süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığına bağlıdır. Presleme süresi ve rutubetine bağlı olarak pres basınç ve sıcaklığının etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir kompozit malzeme oluşur.

Bu çalışma Şekil 1.14' de görülen 42.100 mm uzunluğunda sonsuz presle çalışılmıştır.



Şekil 1.14. Sonsuz pres.

1.7.9 Levhaların Boyutlandırılması

Boyutlandırma işlemi preslemeden sonra veya soğutma işleminden sonra yapılabilir. Yongalevhalar sıcak durumdayken yan alma ve boyutlandırma işlemlerinde görüntü iyi olmayabilir.

Presten hemen sonra yan alma işlemi yapılmak isteniyorsa yüksek devirli daire testereler kullanılarak yan görüntünün iyileştirilerek kesme işlemi yapılabilir. Genellikle soğutma işleminden sonra yan alma işlemleri yapılır. Bu çalışmada yan ve boy kesme işlemleri pers çıkışında yapılmıştır.

1.7.10 Levhaların Klimatize Edilmesi

Presten çıkan levhaların üst üste istiflenmesi halinde, levhanın sıcaklığı 70°C'ın üzerinde olduğunda tutkal ve rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve yapışma direncini büyük ölçüde düşürmektedir. Bu sebepten levhalar prestan çıkar çıkmaz üst üste konulmayıp, atmosferde soğutularak istif yapılır. Bu çalışmada levhaların soğutma işlemi yıldız soğutucu vasıtasıyla yapılmıştır. Burada dört farklı yıldız soğutucu mevcut olup, levhalar hattan bu yıldız soğutucu kollarına alınarak soğutma işlemi yapılıp, istif bölgesine alınmaktadır.



Şekil 1.15. Yıldız soğutucu.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 MATERYAL

2.1.1 Odun

Bu çalışmada yonga levha elde etmek için kullanılan odun hammadresi çam, kavak, kapak tahtası çevre illerden temin edilmiştir. Fabrikasyon ortamında değerlendirildiğinden ağır tonajlı araçlarla fabrika içine nakledilmiş ve hammadde sahalarında depolanmıştır. Yongalevha üretiminde %60 çam, %20 kavak, %10 kapak tahtası ve %10 hızar talaşı karışımı kullanılmıştır.

2.1.2 Yapıştırıcı Madde

Levhaların üretiminde Melamin-Üre Formaldehit ve Üre formaldehit tutkallar kullanılmıştır. Melamin-Üre formaldehit tutkalı % 65'lik konsantrasyonda üretilmiş ve levhalarda tam kuru yonga ağırlığına göre; dış tabakada % 16.10 ve orta tabakada % 11.00 oranında kullanılmıştır. Üre formaldehit tutkalı ise, % 65'lik konsantrasyonda, orta tabakada tam kuru yonga ağırlığına göre % 8.0 oranında kullanılırken, dış tabaka için de %55'lik konsantrasyonda % 13.5 oranında kullanılmıştır.

Bu tutkallar Yıldız Sunta MDF A.Ş'nin bünyesinde üretilmişlerdir.

Melamin-Üre formaldehit ve Üre formaldehit tutkallarının özellikleri Çizelge 2.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan Melamin-Üre formaldehit ve Üre formaldehit tutkalının özellikleri.

Özellikler	MUF	UF	UF
Çözelti (%)	65±1	65±1	55±1
Yoğunluk (g/cm ³)	1,298	1,293	1,242
pH (25°C)	8,5	7,5~8,5	7,5~8,5
Viskozite, cPs (25°C)	200	150~200	150~200
Jelleşme süresi (s, 100°C)	40~50	30~35	55~65

2.1.3 Sertleştirici Maddeler

Yapılan çalışmalarda levhalarda melamin-üre formaldehit ve üre-formaldehit yapıştırıcılarında sertleştirici madde olarak Alüminyum Sülfat, Amonyum Sülfat ve Amonyum Klorür çözeltileri %25 konsantrasyonda kullanılmıştır. Tüm bu çözeltiler fabrika ortamında Yıldız Sunta MDF A.Ş 'de üretilmiştir.

2.2 YÖNTEM

2.2.1 Yongalevhaların Üretimi

Yongalama makinasından geçirilen çam, kavak, kapak tahtaları inceltme değirmenleri öncesinde depolanarak boyutlarına göre macro ve micro olarak disk eleklerde ayrılmıştır. Ayrılan bu yongalar devir hızlarına göre farklılık gösteren inceltme değirmenlerine gönderildi. Macro yongalar 850 dev/dak hızda çalışan macro değirmenlerine gönderilirken, 1300 dev/dak hızla çalışan micro değirmenlerine de micro olarak ayrılan yongalar verilmiştir. İnceltme değirmenlerinden çıkan yongalar yaş yonga silolarında depolandı. Ardından kurutma işlemini gerçekleştirmek için tek geçişli tüp kurutma makinasında yongalar % 1.6~2 rutubete kadar kurutulmuştur. Kuruyan yongalar eleme öncesinde depolanmıştır. Buradan eleklerde elenen yongalar kuru yonga silolarına konveyör sistemiyle nakil edilmişlerdir. Eleme işlemleri gözenek aralığı farklı olan eleklerde yapılmıştır. 10 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar pnömatik sistemle kuru yonga ve rende değirmenlerine gönderilmiştir. 0,7*2,1 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar orta tabaka silosuna, 0,20 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar dış tabaka silosuna ve 0,20 mm gözenekli elekten geçen yongalar ise üretime verilmeyip yakıt olarak yakıt silosuna alınmıştır. Böylece tutkallama öncesinde kuru olarak orta ve dış tabaka yongaları elde edilmiş ve silolara depo edilmiştir. Üretimde yapılan üretim ebatına göre bu silolardan çekilen yongalar tartılarak tutkallama makinasına orantılı olarak verilmiştir. Yongalar dış tabaka ve iç tabaka olarak tutkallama makinalarında homojen bir karışım sağlanarak serme hattındaki dış ve iç tabaka bunkerlerine alınmıştır. Sonsuz kalıp bandına serme işlemi yapılarak ön prestren geçirilen taslak, ardından sıcak preslenerek plaka haline getirildi. Plakanın kenar ve boy kesmeleri yapıldı ve yıldız tipi soğutma ünitesin alınan plakalar burada soğutularak Melamin-Üre formaldehit ve Üre formaldehit tutkallarıyla Alüminyum sülfat,

Amonyum sülfat ve Amonyum klorür çözeltileriyle birlikte kullanılarak deney levhaları elde edilmiş olundu.



Şekil 2.1. Üretimi yapılan deney levhaları.

Fabrika ortamında üretimi yapılan deney levhaları 30 mm kalınlığında, farklı sertleştiriciler kullanılarak üretilmiştir. Deney levhaları Şekil 2.1 'de görülmektedir. Üretilen levhaların üretim şartları ve proses bilgileri Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3 'te verilmiştir.

Çizelge 2.2. Deneme levhaları ve üretim şartları.

Levha Grupları	Yoğunluk (kg/m ³)	Sertleştirici		Tutkal Türü	Tutkal Kullanım Oranları (%)	
		Türü	Konsantrasyon (%)		Dış Tabaka	Orta Tabaka
A	648	Alüminyum Sülfat	25	UF	13,5	8,00
B	641	Amonyum Sülfat	25	UF	13,5	8,00
C	642	Amonyum Klorür	25	UF	13,5	8,00
D	628	Alüminyum Sülfat	25	MÜF	16,10	11,00
E	616	Amonyum Sülfat	25	MÜF	16,10	11,00
F	619	Amonyum Klorür	25	MÜF	16,10	11,00

Çizelge 2.3. Deneme levhalarının proses bilgileri.

Pres bölge sıcaklıkları (°C)	234-229-229-209-194
Pres basınçları (N/cm ²)	50-150-240-260-250-225-200-160-140-110-100-85-80-75-70-65-65-200-200-200-200-200-50
Levha ebatı (mm)	30*1830*4200
Pres hızı (mm/sn)	150
Pasta yüksekliği (mm)	92
Nem (%)	Orta tabaka:7,5 – Dış tabaka:12,5

2.3 FİZİKSEL VE MEKANİKSEL ÖZELLİKLER

Bu çalışmada üretimi yapılan levhalardan hazırlanan deney örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini için Yıldız Sunta MDF A.Ş tesislerinin laboratuvarında İmal marka Üiversal test makinası kullanılmıştır. Bu makinaların kalibrasyonu TSE tarafından yapılmaktadır.

2.3.1 Fiziksel Özellikler

2.3.1.1 Yoğunluk

TS-EN 323 (1999)'da belirtilen esaslara göre 50x50 mm boyutlarında 20 adet numune kullanılmıştır [46]. TS-EN 326-1 (2012) 'de belirtilen esaslara göre 20 ± 2 ° C ve bağıl nemi $\%65 \pm 5$ olan ortamda klimatize edilen numuneleri 0,01 gr hassasiyetli tartım yapabilen terazide tartılmış ve boyutları ise 0,01 hassasiyetle ölçüm yapabilen kumpasla ölçülmüştür. Buna göre, yoğunluk Eşitlik 2.1 'de verilmiştir [47].

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

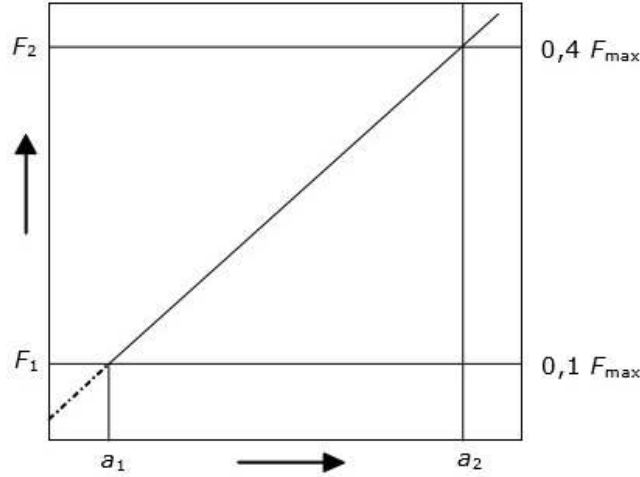
Burada;

d= Yoğunluk (kg/m³)

m= Numune ağırlığı (kg)

b_1, b_2, t = Numune hacmi (en x boy x yükseklik) (m)

b_1, b_2 kenar uzunlukları test parçasının kenarlarına paralel ve karşılıklı iki kenarın orta yerinden olmak üzere iki noktadan 0,1 mm hassasiyetle Şekil 2.2' de gösterdiği gibi ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.2. Ölçme noktaları ve ölçüm parçası.

2.3.1.2 Rutubet Miktarı

Rutubet miktarının belirlenmesinde TS-EN 326-1 (2012)' da belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 20 adet olarak standartlara uygun biçimde 50x50 mm boyutlarda hazırlanan numunelerde belirlenmiştir. Örnekler $\pm 0,01$ g hassasiyetli terazide tartılmıştır. Daha sonra kurutma fırınına koyulan numuneler 103 ± 2 °C' de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuştur [47].

6 saat ara ile yapılan ölçümlerde, birbirini izleyen iki tartım arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlıklarının 0,01' inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu yoğunluk değişmez yoğunluk olarak kabul edilmiştir.

Daha sonra deney numuneleri kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01 gram hassasiyetli terazide tartımı yapılmıştır.

Bunlara göre numunelerin rutubet miktarları Eşitlik 2.2 ' de verilmiştir.

$$r = \frac{mr-mo}{mo} \times (100) \quad (2.2)$$

Burada;

r = Rutubet miktarı (%)

m_r = Klimatize edilmiş durumdaki numune ağırlığı (g)

m_o = Tam kuru haldeki numune ağırlığı (g)

2.3.1.3 Su Alma Miktarı

2 saat ve 24 saat su alma miktarlarının belirlenmesinde 50x50 mm ebatlarında 20 adet numune kullanılmıştır.

Test parçaları % 65 $\pm$ 5 nisbi rutubet ve 20 $\pm$ 2 ° C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Her deney parçası 0,01 g hassasiyetli terazide tartıldıktan sonra içerisindeki suyun sıcaklığı 20 $\pm$ 1 ° C olan termostatlı su banyosuna numuneler birbirine değmeyecek şekilde su yüzeyinden 25 mm aşağıda kalacak şekilde koyulmuştur. 2 saat ve 22 saat dilimlerde numuneler sudan dışarı çıkarılıp bir bez yardımıyla numunelerin fazla suyu alınmış ve bu haldeki ağırlıkları 0,01 g hassasiyetli terazide tartılmıştır. Kullanılan su her defasında değiştirilmiştir. Buna göre su alma miktarı Eşitlik 2.3'de verilmiştir.

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times (100) \quad (2.3)$$

Burada;

G_t = Su alma miktarı (%)

t_1 = Deney numunesinin suya daldırılmadan önceki ağırlığı (g)

t_2 = Deney numunesinin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (g)

2.3.1.4 Kalınlık Artımı

24 saat su içerisinde bekletilen numunelerin kalınlık artımlarının belirlenmesi için su alma deneylerinde kullanılan örneklerden yararlanılmıştır. Kalınlıklar TS-EN 317 (2012)' da belirtilen esaslara uygun olarak 20 adet numune hazırlanmıştır. Numuneleri tam orta kısımlarından $\pm$ 0,01 mm hassasiyetli kumpasla ölçülmüştür. Deney numuneleri 20 $\pm$ 1 ° C sıcaklıkta temiz suda 2 saat ve 22 saat süre ile su yüzeyinden 25 mm aşağıda olacak şekilde yerleştirilmiştir. 2 saat ve 22 saat sonra sudan çıkarılan numunelerin fazla suları bir bez parçası yardımıyla alınmış ve kalınlıklar ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Bunlara göre kalınlık artışı Eşitlik 2.4' de verilmiştir [49].

$$Ka = \frac{m_y - e_k}{e_k} \times (100) \quad (2.4)$$

Burada;

K_a = Kalınlık artımı (%)

m_y = Suda bekletilen numunelerin kalınlığı (mm)

e_k = Klimatize edilmiş durumdaki numune kalınlığı (mm)

Su alma ve kalınlık artımı için yapılan test çalışmaları Şekil 2.3' de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Su alma ve kalınlık artımı testi için parçaların suda bekletilmesi.

2.3.2 Mekanik Özellikler

2.3.2.1 Eğilme Direnci

Eğilme direnci testleri TS-EN 310 (2012) standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Örnek boyutları 450x50x38 (levha kalınlığı) mm olarak alınmıştır. Deney numuneleri 65 ± 5 °C nispi rutubet ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki ölçme arasında ağırlık farkının, deney parçası kütlesi tartımlarda % 0,1' inden fazla olmaması durumuna geldiğinde bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir. 20'şer adet numunenin klimatize etme işlemi bittikten sonra genişlik için yükün uygulanacağı yaklaşık bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde iki noktadan 0,01 mm hassasiyetli kumpasla ölçerek ortalamaları alınmıştır. Buna göre eğilme direnci Eşitlik 2.5' de belirtilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü testinin yapılışı Şekil 2.4' de

gösterilmiştir [50].

$$f_m = \frac{3xF_{max}x l_1}{2xbxt^2} (N/mm^2) \quad (2.5)$$

Burada;

f_m =Eğilme direnci (N/mm²)

l_1 =Dayanakların eksenleri arasındaki mesafe (mm)

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

b = Deney numunesinin genişliği (mm)

t = Deney numunesinin kalınlığı (mm)



Şekil 2.4. Eğilme direnci testinin yapılışı.

2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü TS-EN 310 (2012) standartlarına göre yapılmıştır. Deney numuneleri % 65 ± 5 nispi rutubet ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşınca kadar kondisyonlanmıştır. Kuvvet deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60 ± 30 saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Her deney parçasının elastikiyet modülü Eşitlik 2.6' daki formülasyonla hesaplanır [50].

$$Em = \frac{l^3 x(F_2 - F_1)}{4xbxt^3x(a_2 - a_1)} (N/mm^2) \quad (2.6)$$

Burada;

E_m = Eğilme elastikiyet modülü (N/mm²)

F = Deformasyonu sağlayan kuvvet (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

Δ_e = Eğilme miktarı (sehim) (mm)

b = Numune genişliği (mm)

d = Numune kalınlığı (mm)

2.3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyleri TS-EN (2012)' da belirtilen standartlara uygun şekilde yapılmıştır. Her deneme numunelerinden 10 adet olmak üzere 50x50 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numuneler nispi rutubeti % 65 ± 5 ve sıcaklığı 20 ± 2 °C olan bir ortamda değişmez kütleye gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. Daha sonra her bir deney numunesinin uzunluk ve genişliği TS-EN 325 (2012)' a uygun olarak 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülmüştür [51].

Bu işlemlerin ardından numunelerin her iki yüzeyine standartlarda belirtilen profillere uygun alüminyum aparatlar yapıştırılmıştır. Bu amaç için polivinil asetat tutkalı (PVAC) kullanılmıştır.

Numune test makinasının kavrama çenelerine özel aparatlarla takılarak ve çekme kuvveti uygulanarak numunenin ayrılması sağlanmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü test boyunca sabit olarak uygulamasına ve 60 ± 30 saniyede, deney parçasını koparacak maximum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deney numunesinin kopmasını sağlayan maximum kuvvet % 1 hassasiyetle ölçüm yapılarak kayıt edilmiştir. Buna göre yüzeye dik çekme direnci Eşitlik 2.7'de olduğu gibi hesaplanmıştır.

Yüzeye dik çekme testinin yapılışı Şekil 2.5 ' te gösterildiği gibi yapılmıştır.

$$ft = \frac{F_{max}}{axb} (N/mm^2) \quad (2.7)$$

Burada;

f_t = Yüzeye dik çekme kuvveti (N/mm²)

F_{max} = Kopma yükü (N)

a = Numune genişliği (mm)

b = Numune uzunluğu (mm)



Şekil 2.5. Yüzeye dik çekme testinin yapılışı.

2.3.2.4 Yüzey Sağlamlığı

TS-EN 312-2 (2005)' e göre deney numuneleri 50x50 mm ölçülerinde 10 adet kare ve köşeleri dik bir biçimde kesilmiştir. Deney parçalarının alt ve üst yüzeylerinin tam ortasından, iç çapı 35,7 mm olan bir oyuk frezeyle açılmıştır. Frezenin derinliği $0,3 \pm 0,1$ mm olarak ölçülmüştür. Deney parçaları bu testin yapılması için özel yapılmış aparatlara yapıştırılmadan önce $\% 65 \pm 5$ nispi rutubette ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşınca kadar klimatize edilmiştir. Bu aparatlar ısıtılarak alt yüzeyine termoplastik tutkal maksimum 0,3 gram ve yüzeye düzgünce yayılacak şekilde sürülmüştür. Bu esnada yaklaşık olarak 0,1-0,2 N/mm²' lik bir basınç uygulanmıştır.

Tutkal soğuduktan sonra deney parçası test makinasına konulup kopma işlemi 30~90 saniye içinde gerçekleştirilmiştir. Deney numunesinin yüzeyinden ayrılmasını sağlayan maksimum kuvvet %1 hassasiyetle ölçülerek kayıt edilmiştir. Buna göre yüzey sağlamlığı Eşitlik 2.8' de verildiği gibi hesaplanmıştır.

$$YS = \frac{F_{max}}{A} (N/mm^2) \quad (2.8)$$

Burada;

YS = Yüzey sağlamlığı (N/mm²)

F_{max} = Kopma anındaki maksimum kuvvet (N)

A = Parçanın yüzey alanı (1000 mm²)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLER

3.1.1 Rutubet Miktarı

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama rutubet değeri (χ), standart sapma (s), Varyans katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.1’de, levhalara ait çoğul varyans analizi (ÇVA) sonuçları Çizelge 3.2’de, duncan test sonuçları Çizelge 3.3 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).

Levha Grubu	n	χ	V	s	Min.	Mak.
1	20	5,91	0,05	0,35	5,21	6,82
2	20	6,20	0,04	0,25	5,57	6,87
3	20	7,07	0,02	0,21	6,72	7,50
4	20	8,22	0,01	0,16	7,93	8,46
5	20	8,09	0,03	0,26	7,66	8,42
6	20	7,96	0,02	0,22	7,61	8,60

n: Örnek sayısı, X: Ortalama, V: Varyasyon katsayısı, S: Standart sapma

Rutubet miktarlarına göre (%) değerlendirme yapıldığında, en düşük 5,91 ile 1. grubu levhada gözükürken en yüksek rutubet değeri 8,22 ile 4. grubu levhasında meydana gelmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme levhalarının rutubet değerlerine ait çoğul varyans analizi (ÇVA).

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Model	6394,380	6	1065,730	1,740	0,000
Tutkal Türü:B	6378,985	2	3189,493	5,207	0,000
Sertleştirici Türü:A	4,691	2	2,346	38,292	0,000
A*B	10,704	2	5,352	87,367	0,000
Hata	6,983	114	0,061		
Toplam	6401,363	120			

Çizelge 3.3. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ait duncan testi sonuçları.

Grup	N	1	2
3	40	7,0615	
4	40	7,1460	
5	40		7,5168

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama rutubet değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.3). Elde edilen sonuçlara göre; 3 ve 4 numaralı grupların rutubet değerleri arasında fark olmayıp, 5 numaralı gruptaki levha rutubet değerinin diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.1. Deney levhalarının ortalama rutubet değerleri (%).

Yapılan deney levhalarının ortalama rutubet değerleri (%) Şekil 3.1 'de gösterilmiştir. Buna göre, 5,91 ile en düşük rutubet değeri A levhasında görülürken, 8,22 ile en yüksek rutubet değeri D levhasında görülmektedir.

3.1.2 Özgül Ağırlık (Yoğunluk) Değeri

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş yonga levhalara ait ortalama yoğunluk değeri (χ), standart sapma (s), Varyasyon katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.4' te, levhalara ait ÇVA sonuçları Çizelge 3.5'de, Duncan test sonuçları ise Çizelge 3.6 'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri (kg/m³).

Levha Grubu	n	χ	V	s	Min.	Mak.
A	20	648	0,02	18,49	616	693
B	20	641	0,02	17,66	612	675
C	20	642	0,01	12,19	608	670
D	20	628	0,01	8,87	614	658
E	20	616	0,01	8,61	599	630
F	20	619	0,01	10,19	600	643

Çizelge 3.5. Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F- Oranı	P- Değeri
Model	4,842	6	8070313,150	3,652	0,000
Tutkal Türü:A	54,133	1	154,133	0,698	0,405
Sertleştirici Türü:B	3625,317	2	1812,658	8,204	0,000
A*B	5696,117	2	2848,058	12,890	0,000
Hata	25189,100	114	220,957		
Toplam	4,845	120			

Çizelge 3.6. Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Grup	N	1	2
5	40	6,2740	
4	40		6,3878
3	40		6,3932

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama yoğunluk değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.6). Elde edilen sonuçlara göre: 3 ve 4 numaralı grup levhalarının istatistiksel olarak aralarında fark olmadığı, 5 numaralı grup levhasının ise diğerlerinden farklı olduğu görülmektedir.

Şekil 3.2. Deney levhalarının ortalama yoğunluk değerleri.

3.1.3 Su Alma Oranı

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş yonga levhalara ait ortalama su alma oranları (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.7’de, deneme levhalarına ait ÇVA sonuçları Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.8.1’de, duncan test sonuçları ise Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.9.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama su alma oranları (2 s ve 24 s) (%).

Levha Grubu	Suda bekleme Süresi	n	χ	s	Min.	Mak.
A	2 s	20	31,03	4,27	23,26	41,44
	24 s		66,02	5,69	56,61	77,96
B	2 s	20	28,91	4,16	20,84	36,29
	24 s		63,63	4,92	54,86	71,16
C	2 s	20	25,68	7,40	20,24	56,30
	24 s		57,14	8,72	48,13	91,42
D	2 s	20	22,22	1,50	19,60	24,88
	24 s		37,84	1,67	34,53	42,34
E	2 s	20	14,80	1,46	12,60	18,29
	24 s		35,96	3,46	30,33	42,31
F	2 s	20	22,39	2,20	19,09	26,47
	24 s		37,72	2,69	34,10	41,94

Çizelge 3.8. Deneme levhalarının 2 s su alma oranlarına (SAO) ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	73428,332	6	12238,055	738,089	0,000
Tutkal Türü:A	2290,230	1	2290,230	138,126	0,000
Sertleştirici Türü:B	455,953	2	227,976	13,749	0,000
A*B	585,282	2	292,641	17,649	0,000
Hata	1890,205	114	16,581		
Toplam	75318,537	120			

Çizelge 3.9. Deneme levhalarının 24 s su alma oranlarına (SAO) ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	316398,281	6	52733,047	2,046	0,000
Tutkal Türü:A	18889,258	1	18889,258	732,763	0,000
Sertleştirici Türü:B	405,697	2	202,848	7,869	0,001
A*B	483,750	2	241,875	9,383	0,000
Hata	2938,707	114	25,778		
Toplam	319336,988	120			

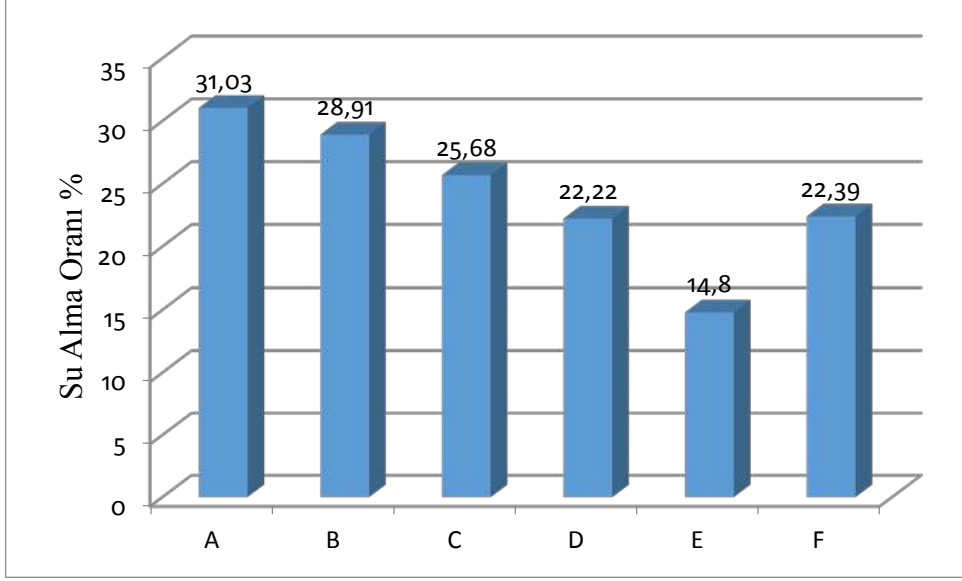
Çizelge 3.10. Deneme levhalarının 2 saat SAO ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2	3
4	40	21,8518		
5	40		24,0345	
3	40			26,6207

Çizelge 3.11. Deneme levhalarının 24 saat SAO ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
5	40	47,4268	
4	40		49,7972
3	40		51,9285

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama SAO arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$, Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11). Elde edilen sonuçlarda; 2 saatlik SAO değerlerinde 3, 4, 5 numaralı grup levhaları farklılık göstermektedir. 24 saatlik SAO değerlerinde, 3 ve 4 numaralı grup levhaları istatistiksel olarak farklılık göstermezken, 5 numaralı grup levhası diğerlerinden farklılık göstermektedir.



Şekil 3.3. Deney levhalarının 2 saat su alma oranları (%).

Şekil 3.4. Deney levhalarının 24 saat su alma oranları (%).

Deney levhalarının su alma oranlarının 2 saat ve 24 saat olarak ölçümleri yapılmış ve Şekil 3.3 'te 2 saat olarak, Şekil 3.4 'te ise 24 saat olarak değerleri verilmiştir.

3.1.4 Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama kalınlık artışı oranı (χ), standart sapma (s), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.12’de, deneme levhalarına ait ÇVA sonuçları Çizelge 3.13 ve Çizelge 3.14’te, deneme levhalarına ait duncan test sonuçları ise Çizelge 3.15 ve Çizelge 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.12. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama kalınlık artış oranları (2 saat ve 24 saat) (%).

Levha Grubu	Suda bekleme Süresi	n	χ	s	Min.	Mak.
A	2 s	20	5,05	0,50	4,08	5,91
	24 s		9,54	0,45	8,66	10,23
B	2 s	20	4,49	0,49	3,72	5,23
	24 s		9,73	0,66	8,67	10,83
C	2 s	20	3,58	0,49	2,99	5,32
	24 s		8,54	0,52	7,68	10,16
D	2 s	20	2,04	0,18	1,68	2,32
	24 s		4,58	0,18	4,31	4,91
E	2 s	20	1,19	0,16	0,94	1,48
	24 s		4,33	0,33	3,75	5,15
F	2 s	20	2,05	0,55	0,00	2,68
	24 s		4,96	0,27	4,69	5,59

Çizelge 3.13. Deneme levhalarının 2 saat kalınlık artış oranlarına ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	1372,657	6	228,776	1,591	0,000
Tutkal Türü:A	199,718	1	199,718	1,389	0,000
Sertleştirici Türü:B	12,620	2	6,310	43,890	0,000
A*B	20,041	2	10,021	69,703	0,000
Hata	16,389	114	0,144		
Toplam	1389,046	120			

Çizelge 3.14. Deneme levhalarının 24 saat kalınlık artış oranlarına ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	6457,835	6	1076,306	5,790	0,000
Tutkal Türü:A	6437,469	2	3218,734	1,732	0,000
Sertleştirici Türü:B	2,316	2	1,158	6,231	0,003
A*B	18,050	2	9,025	48,550	0,000
Hata	21,191	114	0,186		
Toplam	6479,026	120			

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama kalınlık artışı oranları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$, Çizelge 3.13 ve Çizelge 3.14). Bu nedenle, ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.15 ve Çizelge 3.16).

Çizelge 3.15. Deneme levhalarının 2 saat kalınlık artış oranlarına ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
4	40	2,8418	
5	40	2,8650	
3	40		3,5410

Çizelge 3.16. Deneme levhalarının 24 saat kalınlık artış oranlarına ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
5	40	6,7502	
4	40		7,0283
3	40		7,0593

Elde edilen 2 saat ve 24 saatlik kalınlık artışı değerlerine göre; 2 saatlik olanlardan 4 ve 5 numaralı grup levhalarının aralarında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, 3 numaralı grup levhasının diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir. 24 saatlik olan değerlerde ise; 3 ve 4 numaralı grup levhalarının aralarında istatistiksel olarak fark olmadığı, 5 numaralı grup levhasının ise; diğerlerinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır.

Şekil 3.5. Deney levhalarının 2 saat kalınlık artımı (şişme) oranı (%).

Şekil 3.6. Deney levhalarının 24 saat kalınlık artımı (şışme) oranı (%).

TS EN 312 2012'ye göre Tip P7 de 32< ila <40 arası levhaların kalınlığına şışme 24 saat değeri % 9 olarak verilmektedir. Yapılan deney levhalarında C, D, E ve F levhaları bu standartları karşılamaktayken, en iyi şışme değeri E levhasında görülmektedir. 2 saatlik kalınlık artışı % 1,19 ve 24 saatlik kalınlık artışı % 4,33 olarak ölçülmüştür. Deneme levhalarının kalınlık artış oranları % olarak 2 saatlik Şekil 3.5 'te ve 24 saatlik Şekil 3.6 'da verilmiştir.

3.1.5 Yüzey Ağırlığı Değeri

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama yüzey ağırlığı değeri (χ), standart sapma (s), Varyasyon katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.), varyans katsayısı değerleri Çizelge 3.17'te, levhalara ait ÇVA sonuçları Çizelge 3.18'te, Duncan testi sonuçları ise, Çizelge 3.19'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzey ağırlığı değerleri (kg/m²).

Levha Grubu	n	χ	V	s	Min.	Mak.
A	20	25,00	0,02	0,71	23,88	26,78
B	20	24,91	0,02	0,73	23,66	26,36
C	20	24,80	0,01	0,46	23,71	25,95
D	20	24,11	0,01	0,33	23,56	25,22
E	20	23,70	0,01	0,34	23,00	24,24
F	20	23,97	0,01	0,39	23,30	24,81

Çizelge 3.18. Deneme levhalarının yüzey ağırlığı değerlerine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	69967,057	6	11661,176	3,854	0,000
Tutkal Türü:A	69953,981	2	34976,991	1,156	0,000
Sertleştirici Türü:B	5,549	2	2,775	9,169	0,000
A*B	7,527	2	3,763	12,437	0,000
Hata	34,496	114	0,303		
Toplam	70001,553	120			

Çizelge 3.19. Deneme levhalarının yüzey ağırlığı değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
5	40	23,8417	
4	40		24,2692
3	40		24,3220

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama yüzey ağırlığı değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Bu nedenle, ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.19).

Şekil 3.7. Deney levhalarının yüzey ağırlık değerleri (kg/m²).

Üretimi yapılan deneme levhalarında yüzey ağırlık değerleri birbirlerine yakın olmakla birlikte en düşük ortalama yüzey ağırlığı değeri E levhasında 23,70 kg/m² ve en yüksek ortalama yüzey ağırlığı değeri ise A levhasında 25,00 kg/m² olarak görülmektedir. Levhaların yüzey ağırlık değerleri Şekil 3.7 'de gösterilmiştir.

3.2 LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLER

3.2.1 Eğilme Direnci

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değeri (χ), standart sapma (s), Varyasyon katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.20’de, levhalara ait çoğul varyans analizi (ÇVA) sonuçları Çizelge 3.21’de, Duncan testi sonuçları ise Çizelge 3.22’de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Grubu	n	$\bar{x}$	V	s	Min.	Mak.
A	10	17,21	0,13	2,27	11,49	20,11
B	10	16,33	0,07	1,21	14,68	18,28
C	10	14,48	0,02	0,43	14,14	15,54
D	10	17,19	0,04	0,74	16,21	18,62
E	10	14,08	0,04	0,61	13,20	14,93
F	10	16,37	0,04	0,70	15,21	17,14

Çizelge 3.21. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait çoğul varyans analizi (ÇVA) sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	15342,53	6	2557,094	1,876	0,000
Tutkal Türü:A	15251,641	2	7625,820	5,594	0,000
Sertleştirici Türü:B	48,131	2	24,066	17,655	0,000
A*B	42,791	2	21,396	15,696	0,000
Hata	73,609	54	1,363		
Toplam	15416,173	60			

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama eğilme direnci değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.22).

Çizelge 3.22. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
4	20	15,2025	
5	20	15,4240	
3	20		17,2035

Eğilme direncine ait elde edilen değerlerden; 4 ve 5 numaralı grup levhalarının aralarında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, 3 numaralı grup levhasının ise; diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.8. Deney levhalarının eğilme dirençleri (N/mm²).

Üretimi yapılan deney levhalarının TS EN 312/2012 standartlarında Tip P7 ve Tip P2 'ye göre bakılmıştır. Tip P2'de A levhasının en iyi değeri verdiği görülmüştür. Tip P7 'de ise D levhasının en iyi değeri verdiği görülmektedir.

TS EN 312 / 2012 'de Tip P7 'ye göre eğilme direnci değeri 32< ila >40 (mm) için 16 N/mm² iken, Tip P2 'de ise bu değer aynı kalınlıklar için 8,5 N/mm² olarak istenmektedir. Eğilme direnci değerleri Şekil 3.8 'de verilmiştir [8].

3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş yonga levhalara ait ortalama elastikiyet modülü değeri (χ), standart sapma (s), Varyasyon katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri i Çizelge 3.23'da, levhalara ait ÇVA sonuçları ise Çizelge 3.24'de, Duncan testi sonuçları ise, Çizelge 3.25'de verilmiştir.

Çizelge 3.23. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Levha Grubu	n	χ	V	s	Min.	Mak.
A	10	2773	0,02	64,7	2682	2900
B	10	2640	0,04	109,2	2425	2827
C	10	2340	0,01	42,6	2280	2408
D	10	2304	0,00	20,8	2268	2339
E	10	2355	0,00	19,7	2321	2395
F	10	2035	0,15	305,7	1392	2324

Çizelge 3.24. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	3,513	6	5,856	3,132	0,000
Tutkal Türü:A	3,498	2	1,749	9,354	0,000
Sertleştirici Türü:B	1473080,735	2	736540,368	39,397	0,000
A*B	102320,087	2	51160,044	2,736	0,074
Hata	1009557,837	54	18695,515		
Toplam	3,524	60			

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.25).

Çizelge 3.25. Deneme levhalarının elastikiyet modülü değerlerine ait Duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
5	20	2,1877	
4	20		2,4975
3	20		2,5388

Elastikiyet modülünün duncan testi sonuçlarından elde edilen değerlerde; 3 ve 4 numaralı grup levhalarının aralarında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, 5 numaralı grup levhasının ise; diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.9. Deney levhalarının elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Deney levhalarının TS EN 312/2012 standartlarında Tip P7 ve Tip P2 'ye göre bakılmıştır. Tip P2'de A levhasının en iyi değeri verdiği görülmüştür. Tip P7 'de ise E levhasının en iyi değeri verdiği görülmektedir.

TS EN 312 / 2012 'de Tip P7 'ye göre elastikiyet modülü değeri $32 < E < 40$ (mm) için 2600 N/mm² iken, Tip P2 'de ise bu değer aynı kalınlıklar için 1200 N/mm² olarak istenmektedir. Eğilme direnci değerleri Şekil 3.9 'da verilmiştir [8].

3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Farklı tutkal türü ve sertleştirici kullanılarak üretilmiş yonga levhalara ait ortalama yüzeye dik çekme direnci oranları (χ), standart sapma (s), Varyasyon katsayısı (V), maksimum (Mak.), minimum (Min.) değerleri Çizelge 3.26’de, deneme levhalarına ait ÇVA sonuçları Çizelge 3.27’de ve duncan testi sonuçları Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.26. Farklı tutkal ve sertleştirici kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Grubu	n	χ	V	s	Min.	Mak.
A	10	0,53	0,20	0,11	0,33	0,65
B	10	0,60	0,13	0,08	0,49	0,71
C	10	0,67	0,29	0,20	0,13	0,79
D	10	0,60	0,1	0,06	0,50	0,70
E	10	0,73	0,04	0,03	0,68	0,78
F	10	0,61	0,04	0,03	0,55	0,65

Çizelge 3.27. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F- Oranı	P- Değeri
Model	23,463	6	3,911	379,115	0,000
Tutkal Türü:A	23,272	2	11,636	1,128	0,000
Sertleştirici Türü:B	0,100	2	0,050	4,871	0,011
A*B	0,091	2	0,045	4,410	0,017
Hata	0,557	54	0,010		
Toplam	24,020	60			

ÇVA sonuçlarına göre, her bir varyasyonun ortalama yüzeye dik çekme değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$). Bu nedenle ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlardan kaynaklandığını

ortaya koymak için Duncan testi yapılmıştır (Çizelge 3.28).

Çizelge 3.28. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait duncan testi sonuçları.

Gruplar	N	1	2
3	20	0,5660	
5	20		0,6390
4	20		0,6620

Yüzeye dik çekme değerlerine ait Duncan tesitinden elde edilen sonuçlarda; 4 ve 5 numaralı grup levhalarının aralarında istatistiksel olarak bir fark olmadığı, 3 numaralı grup levhasının ise; diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.10. Deney levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

Deney levhalarının TS EN 312 / 2012 standartlarında Tip P7 ve Tip P2 'ye göre değerlendirilmiştir. Tip P2'de C levhasının en iyi değeri verdiği görülmüştür. Tip P7 'de ise E levhasının en iyi değeri verdiği görülmektedir.

TS EN 312 / 2012 'de Tip P7 'ye göre yüzeye dik çekme direnci değeri $32 < \sigma < 40$ (N/mm²) için 0,55 N/mm² iken, Tip P2 'de ise bu değer aynı kalınlıklar için 0,2 N/mm² olarak istenmektedir. Yüzeye dik çekme direnci değerleri Şekil 3.10 'da verilmiştir [8].

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Fabrikasyon ortamında gerçekleştirilen 30 mm kalınlıkta üretilen levhaların teknolojik özellikleri incelenerek TS EN 312 (2012)' ye göre “Kuru şartlarda (mobilya dahil) (Tip 2) kullanılan levhalar için belirlenen mekanik özellikler için gerekler” değerlendirilmiştir [8].

Üretilen levhaların ortalama rutubet miktarları en düşük A grubu levhalarda % 5.91, en yüksek D grubu levhalarda % 8.22 olarak tespit edilmiştir. Tutkal türüne göre levha grupları arasında istatistik anlamda önemli fark bulunsa da TS-EN 312 (2012)' de % 5 ile % 13 arasında olabileceği belirtilmiş olup elde edilen değerler bu sınırlar içerisinde [8].

Hedeflenen yoğunluk 600-650 kg/m³ tür. Yoğunluk, en yüksek A grubu levhalarda 648 kg/m³ , en düşük E grubu levhalarda 616 kg/m³ olarak tespit edilmiştir. Ortalama yoğunluk değeri 633 kg/m³ dür. TS-EN 312 de tek bir grup levha içerisinde yoğunluk dağılım toleransı ± 10 olarak kabul edilmiştir. Max. ve Min. değerlere bakıldığında levha içerisindeki yoğunluk farkı % 10 dan fazla değildir [8].

Su alma miktarı tutkal türü ve sertleştirici türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. 2 saat suda bekletme sonucunda en yüksek A grubu levhalarda (% 31), en düşük D grubu levhalarda (% 22) olarak tespit edilmiştir. 24 saat suda bekletme sonucunda en yüksek A grubu levhalarda (% 66), en düşük E grubu levhalarda (% 35) olarak tespit edilmiştir. Su alma miktarı ile ilgili standartlarda herhangi bir bilgi yoktur. Tutkal miktarının artırılması ve parafin ilavesi ile su alma hızında bir azalma meydana gelecektir.

Sürekli pres sisteminde daha homojen bir levha üretimi gerçekleştirilebildiğinden kalınlık artımı belirli sınırlar içerisinde gerçekleştiği görülmüştür. Kalınlık artışı 2 saat suda bekletme sonucunda en yüksek A grubu levhalarda (% 5), en düşük E grubu levhalarda (% 1) olarak gerçekleşmiştir. 24 saat suda bekletme sonucunda ise en yüksek B grubu levhalarda (9,5), en düşük E grubu levhalarda (% 4.5) olarak gerçekleşmiştir. Buna göre MÜF ile üretilen levhalarda daha iyi fiziksel sonuç elde edilmiştir. Ayrıca sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanımı fiziksel özellikleri amonyum klorür kullanımına göre kötüleştirmiştir. TS-EN 312'de kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı

levhalar için gerekli şartlarda (Tip 3) 24 saat sonra 25 mm ile 32 mm kalınlıklar arasındaki levhalar için en fazla %15 olabileceği belirtilmiş olup bu durumda elde edilen sonuçlar bu değerlerin altında olduğundan tüm gruplarda standartlara uygun bulunmuştur [8].

Yüzey sağlamlığı deneyinde en yüksek A grubu levhalarda 25 kg/m^2 , en düşük E grubu levhalarda 23.7 kg/m^2 olarak bulunmuştur. Kuru şartlarda iç donanımlarda kullanılan levhalar (Tip 2) için en az 0.8 N/mm^2 olarak belirlenmiş olup bulunan değerler standartlara göre tüm gruplarda uygundur.

Eğilme direnci en yüksek A grubu levhalarda 17 N/mm^2 , en düşük E grubu levhalarda 14.08 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Eğilme direncini en çok levha yoğunluğu etkilemektedir. Özellikle A grubu levhaların yoğunluğu 0.65 g/cm^3 değerine yakındır. Bu nedenle A grubu levhalarda daha yüksek bir değer ortaya çıkmıştır. TS-EN 312 ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dahil) şartlar için 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalar için minimum eğilme mukavemeti 9.5 N/mm^2 olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerler yüksek bulunmuş olup standartlara uygun bulunmuştur.

Elastikiyet modülü eğilme direncine paralel olarak en yüksek A grubu levhalarda 2773 N/mm^2 , en düşük D grubu levhalarda 2304 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Eğilme direncini en çok levha yoğunluğu etkilemektedir. A grubu levhaların yoğunluğu 0.65 g/cm^3 değerine yakındır bu nedenle A grubu levhalarda daha yüksek bir değer ortaya çıkmıştır. TS-EN 312'ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dahil) şartlar için 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalarda minimum elastikiyet modülü 1350 N/mm^2 olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerden oldukça yüksek bulunmuş olup standartlara uygun bulunmuştur.

Yüzeye dik çekme direnci en yüksek E grubu levhalarda 0.73 N/mm^2 en düşük A grubu levhalarda 0.53 N/mm^2 bulunmuştur. TS-EN 312'ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dahil) şartlar için 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalarda minimum yüzeye dik yönde çekme direnci 0.25 N/mm^2 olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerden oldukça yüksek bulunmuş olup standartlara uygundur [8].

Ülkemizde yonga levha üretiminde rekabet ortamı olmasından dolayı düşük maliyetle yüksek kalite elde etme amacı güdülmektedir. Bu durum göz önüne alındığında

üretilecek ürünün kullanım yerine ve kullanım şartlarına uygun en düşük maliyetler oluşturacak üretim yapılması esas olacaktır.

Bu çalışma, deneme levhaları fabrika ortamında sonsuz pres kullanılarak yapılmıştır. Burada iç yapışmayı sağlamak için UF ve MÜF tutkalları kullanılmıştır. MÜF tutkalı UF tutkalına göre daha yüksek maliyete sahiptir. Genel üretim koşullarında UF tutkalı seçilmektedir. Üretimlerde ürünün kullanılacak ortamı ve kullanım şekli belirlenip buna göre üretimler yapılmaktadır. Bu şekilde müşteri memnuniyeti sağlamak mümkün olabilmektedir.

Bu koşullar göz önünde bulundurularak bu çalışmada MÜF ve UF tutkallarıyla üretim yapılırken farklı sertleştirici maddeleri (alüminyum sülfat, amonyum sülfat ve amonyum klorür) kullanılarak en iyi sonucun hangi üretimde ortaya çıkabileceği araştırılmıştır. Ancak istatistik anlamda önemli farklılıklar bulunsa da elde edilen veriler değerlendirildiğinde daha ucuz tutkal ve daha ekonomik sertleştiricinin kullanılmasının sakıncası olmadığı anlaşılmaktadır.

Fakat buradan nemli ortamlarda ve şartlarda kullanılacak malzemelerin MÜF tutkalı ve amonyum klorür ya da amonyum sülfat sertleştirici kimyasalı kullanılarak üretiminin yapılmasının daha uygun olacağı görülmüş ve bu üretim metodu önerilebilir.

Kuru ortamlarda ve şartlarda ise, UF tutkalı ve alüminyum sülfat veya amonyum sülfat kullanılarak üretim yapılması daha uygun olacağı görülmektedir.

Mukavemet değerleri dikkate alındığında düşük yoğunluk olmasına karşın yüksek mukavemet değerini veren MÜF tutkalı ile kullanılan amonyum klorür kimyasallarıyla yapılacak üretim daha verimli olacağı görülmekte ve bu üretim önerilebilir.

Aynı şekilde UF tutkalı ve amonyum klorür ikilisinin kullanıldığı üretim levhalarının mukavemet değerlerinin yüksek olduğu görülmekte ve bu üretim kimyasalları kullanılması tavsiye edilir. Üretimde kullanılacak kimyasalların müşteri istekleri göz önünde bulundurularak kullanım yerine uygun nitelikte levhalar üretmek amacı ile seçilebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] H. Kalaycıoğlu, Yongalevha endüstrisi, *Ders Notları*, Trabzon, 2012.
- [2] Y. Alıcı, “Atık ve çimento kullanarak üretilen levhaların mekaniksel özellikleri,” lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2004.
- [3] *Ahşap yongalevhalar tarif ve sınıflandırma*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 309, 2012.
- [4] A. Y. Bozkurt ve Y. Göker, Yonga levha endüstrisi, *Ders Notları*, İstanbul, 1990.
- [5] H. Kalaycıoğlu ve R. Özen, Yongalevha endüstrisi, *Ders Notları*, Trabzon, 2012.
- [6] A. Y. Bozkurt, “Çimento yonga levhalar,” İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, s. 2, ss. 30-34, 1982.
- [7] G. Nemli, “Yüzey kaplama malzemeleri ve uygulama parametrelerinin yongalevha teknik özellikleri üzerine etkileri,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2000.
- [8] *Yongalevhalar-özellikler*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 312, 2012.
- [9] C. Güler, “Pamuk saplarından yonga levha üretimi olanaklarının araştırılması,” Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2001.
- [10] K. L. Döry, 4. Avrupa ahşap esaslı panel sempozyumu, Hannover, Almanya, 2004.
- [11] S. Dayanıklıoğlu, Türkiye’de yongalevha ve lif levha (MDF) sanayi, yonga levha sanayicileri derneği, 2009.
- [12] FAOSTAT (2015, 10 Şubat). Erişim: <http://faostat3.fao.org/download/F/FO/E>.
- [13] T. Akbulut, “Orüs-Vezirköprü yonga levha fabrikasında üretilen levhaların teknolojik özellikleri,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1991.
- [14] T. Bardak, “Farklı büyüme kusurlarının kontrplak ve yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2010.
- [15] G. Nemli, S. Demirel ve E. Zekovic, "Yonga Rutubeti, parafin kullanımı ve ağaç cinsinin yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri," Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, c.7, s. 2, ss.81-93, 2006.
- [16] Y. Göker ve T. Akbulut, “Yongalevha ve kontrplağın özelliklerini etkileyen faktörler,” I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Trabzon, Türkiye, 1992, ss. 269-287.
- [17] C. Demirkır ve S. Çolak, “Odun kökenli atıkların levha endüstrisinde yeniden kullanım imkânları,” Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, c.7, s. 1, ss. 41-50, 2006.

- [18] M. Baharoğlu, “Ağaç türü, parafin kullanım miktarı ve uygulama şeklinin yongalevhanın fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerine etkileri,” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2010.
- [19] L. Karlinasari, D. Hermawan, A. Maddu, B. Martiandi and Y. S. Hadi, “Development of particleboard from tropical fast-growing species for acoustic panel,” *Journal of Tropical Forest Science*, vol. 24, no. 1, pp. 64-69, 2012.
- [20] M. B. Arslan, “Orman ve tarımsal atıklardan üretilen kompozit levhalarda yüzey kimyasal özelliklerinin araştırılması,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2008.
- [21] M. Dunky, “Adhesives in Wood Industry,” A. Pizzi and K.L. Mittal *Handbook of Adhesive Technology*, Machel Dekker Inc, 887, Newyork, ABD, 2003.
- [22] M. Dunky, “Urea-formaldehyde adhesive for wood,” *International Journal of Adhesion and Adhesives*, vol. 18, pp. 95-107, 1998.
- [23] C. Güler, “Bazı üretim faktörlerinin kızılçam (*Pinus brutia* ten.) kontrplaklarının teknolojik özelliklerine etkileri,” Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1996.
- [24] H. Kalaycıoğlu ve R. Özen, *Yongalevha endüstrisi, Ders Notları*, Trabzon, 2009.
- [25] G. Nemli ve A. Aydın, “Üre formaldehit tutkalları,” *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, c. 57, s. 6, ss. 214, 2003.
- [26] A. Pizzi, *Advanced Wood Adhesives Technology*, CRC Press, New York, USA, 1994.
- [27] H. Eroğlu ve M. Usta, *Liflevha üretim teknolojisi*, Fakülte yayın no: 30, Trabzon, Türkiye, KTÜ Matbaası, 2000.
- [28] G. Çolakoğlu, İ. Aydın, G. Nemli ve S. Çolak. “Ahşap sanayinde melamin formaldehit yapıştırıcılarının kullanımı,” *Mobilya Dekorasyon*, c. 47, ss. 130-138, 2002.
- [29] A. Y. Bozkurt, ve Y. Göker, *Yongalevha endüstrisi, Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Türkiye, 1985.
- [30] S. Çolak, “Sentetik fenolik tutkallara alternatif olarak tanenli yapıştırıcılar,” *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, c.1-2, ss. 76-82, 2003.
- [31] M. Balaban, *Orman ürünleri kimyası, Ders Notları*, İstanbul, 2003.
- [32] J. Valenzuela, E. V. Leyser, A. Pizzi, C. Westermeyer and B. Gorrini, “Industrial production of pine tannin-bonded particleboard and MDF,” *European Journal of Wood Products*, vol. 70, no. 5, pp. 735-740, 2012.
- [33] S. M. Fidan, M. Ertaş ve M. H. Alma, “Orman ürünleri sanayisinde sentetik tutkallara alternatif olarak doğal tutkalların kullanılması,” III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin, Türkiye, 2010, ss. 1743-1753.
- [34] W. Huang, and X. Sun, “Adhesive properties of soy proteins modified by sodium dodecyl sulfate and sodium dodecylbenzene sulfonate,” *Journal of The American Oil Chemists Society*, vol. 77, no. 7, pp. 705-708, 2000.
- [35] C. A. Eckelman, *A Brief Survey of Wood Adhesives*, FNR 154, 1997, Indiana, ABD.

- [36] H. Kalaycıoğlu, "Sahil çamı odunlarının yongalevha üretiminde kullanılması imkânları," Doktora tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 1991..
- [37] F. C. Jorge, "Recent advances on lignocellulosic- based composites for performance and environmentally-compatilibity improvement," *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, vol. 484, pp. 417-436, 2008.
- [38] B. Karakuş, "Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2007.
- [39] İ. Atar, "Sertleştirici Türü, üre kullanımı ve depolama süresinin yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye, 2012.
- [40] 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs 2004, İzmir, Türkiye.
- [41] E. K. Aksay, A. Ünal, İ. Cöcen, E. Kaya ve A. Akar, "Alunit cevherinden potasyum ve alüminyum sülfat hammaddelerinin kazanımı," 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 13-14 Mayıs 2004, ss. 399-405.
- [42] DPT, "Orman ürünleri sanayii özel ihtisas komisyonu raporu," Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın 2376, ÖİK:445, VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ss. 95-102, 1995.
- [43] C. Çevre, *Organik Sınai Kimya*, Emel Matbaası, Ankara, 1992.
- [44] A. İkizler, *Organik kimya, Ders Notları*, KTÜ Basımevi, Trabzon, Türkiye, 1988.
- [45] N. Ayrılmış, "MDF'nin Teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi," Yüksek lisans tezi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2000.
- [46] *Ahşap esaslı levhalar, deney parçalarının boyutlarının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TSE-EN 323, 2012.
- [47] *Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 317, 2012.
- [48] *Ahşap esaslı levhalar, numune alma kesme ve muayene, bölüm 1: Deney numunelerini seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 326-1, 2012.
- [49] *Ahşap esaslı levhalar, eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modülünün tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 310, 2012.
- [50] *Ahşap esaslı levhalar, deney parçalarının boyutlarının tayini*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 325-2012.
- [51] *Yongalevhalar, Bölüm 2: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yongalevhaların özellikleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS-EN 312-2, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Barış ALTINTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 1977 Trabzon
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : altintasbaris@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Kompozit Malzeme Teknolojileri	Düzce Üniversitesi	2017
Lisans	Makina Müh.	Balıkesir Üniversitesi	2000
Lise		Trabzon Fatih Lisesi	1994