



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

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BATTANIYE VE İPLİK ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAĞLAR TAHTA

ŞUBAT 2016

UŞAK

Çağlar TAHTA tarafından hazırlanan Battaniye ve İplik Atıklarının Değerlendirilmesi adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Erkan TÜRKER

Tez Danıőmanı, Tekstil Mühendisliği A.B.D.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Necla YAMAN TURAN

Tekstil Mühendisliği A.B.D., Uşak Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Erkan TÜRKER

Tekstil Mühendisliği A.B.D., Uşak Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İdris KAYNAK

Makine Metal Teknolojileri Bölümü, Uşak Üniversitesi

Tarih:

Bu tez Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıőtir.

Prof. Dr. Lütfullah TÜRKMEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Çağlar TAHTA



BATTANIYE VE İPLİK ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Çağlar TAHTA

UŞAK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2016

ÖZET

Bu çalışmada laboratuvar ortamında farklı tutkallar (üre formaldehit, melamin-üre formaldehit, fenol formaldehit) ve farklı elyaf miktarları (768 g, 922 g, 1076 g, 1230 g, 1383 g) kullanılarak tekstil elyaf atıklarından lifli levhalar üretilmiştir.

Üretilen lifli levhaların bazı fiziksel (yoğunluk, rutubet, 24 saat su içerisinde bekletilme sonrası kalınlıktaki ve ağırlıktaki değişim, bağıl neme bağılı kalınlıktaki ve uzunluktaki değişim) ve mekanik özellikleri (eğilme direnci ve elastikiyet modülü, vida tutma mukavemeti) TS-EN standartlarına uygun olarak deneysel çalışmalar yoluyla belirlenmiştir.

Deney sonuçlarından elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiş ve tablolar halinde listelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sunta ve MDF'nin fiziksel ve mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu tezin araştırma sonuçlarına göre; tekstil atıklarından üretilen lifli levhaların suntadan daha üstün fiziksel ve mekanik özeller gösterdiği ve bazı özelliklerde de MDF'den daha üstün özelliklere sahip olduğu elde edilen veriler yoluyla gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Tekstil elyaf atıkları, yonga levha, lifli levha, fiziksel ve mekanik özellikler, tutkal, üre formaldehit, melamin-üre formaldehit, fenol formaldehit

Sayfa Adedi : 97

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Erkan Türker

Evaluation of Blanket and Yarn Wastes

(M.Sc. Thesis)

Çağlar TAHTA

USAK UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

February 2016

ABSTRACT

In this study, fibreboards with different types of adhesive (urea formaldehyde, melamine-urea formaldehyde, phenol formaldehyde) and different amounts of fiber (768 g, 922 g, 1076 g, 1230 g, 1383 g) using textile fiber wastes have been manufactured.

Some physical properties (density, moisture content, swelling in thickness after immersion on water, dimensional changes associated with changes in relative humidity) and mechanical properties (bending strength, modulus of elasticity in bending, resistance to axial withdrawal of screws) of the manufactured fibreboards have been determined by experimental studies according to TS-EN standards.

The data obtained from the test results have been statistically analyzed and listed in tables. Obtained test results have been compared with mechanical and physical properties of particle board and MDF.

According to research results of this thesis; fibreboards manufactured from textile fiber wastes have better physical and mechanical properties than particleboard, and some of properties have better than MDF has been observed.

Key Words : Textile fiber wastes, particle board, fibreboard, physical and mechanical properties, adhesive, urea formaldehyde, melamine-urea formaldehyde, phenol formaldehyde

Page Number : 97

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Erkan Türker

TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın her aşamasında yardım ve desteklerini esirgemeyen, karőılaőtım zorluklarda bilgi ve tecrübesiyle bana yardımcı olan değerli danıőman hocam Yrd. Doç. Dr. Erkan TÖRKER'e sonsuz teőekkÖrlerimi bir borç bilirim.

2014/TP017 No'lu proje numarasıyla maddi olarak projemi destekleyen Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimine teőekkÖr ederim.

Yapılan bu çalışmanın TÖrkiye ekonomisine ve benzer çalışmalar yapan araőtırmacı ve uygulamacılara yararlı olmasını dilerim.

ağlar TAHTA
Uşak, 2016



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin tanımlanması	2
1.2. Hipotez	3
1.3. Amaç	3
1.4. Çalışmanın kapsam ve yöntemi	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Atık kavramı	5
2.1.1. Katı atık	5
2.1.1.1. Atıkların azaltılması	7
2.1.1.2. Atıkların kullanımı ve geri kazanımı	7
2.1.1.3. Atıkların bertarafı	9
2.1.2. Tekstil atıkları	9
2.1.2.1. Tüketim öncesi tekstil atıkları	10
2.1.2.2. Tüketim sonrası tekstil atıkları	12
2.1.3. Tekstil atıklarının kullanım alanları	12
2.1.4. Tekstil atıkları üzerine yapılmış araştırma özetleri	13
2.2. Yonga levha	15
2.2.1. Yonga levha üretiminin tarihçesi	16

2.2.2. Yonga levhaların sınıflandırılması	17
2.2.3. Yonga levha üretiminin avantajları	21
2.2.4. Yonga levha üzerine yapılmış araştırma özetleri	22
2.2.5. Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddeler	28
2.2.5.1. Orman atıkları	28
2.2.5.2. Yıllık bitkiler	29
2.2.6. Yonga levha üretim teknolojisi	32
2.2.6.1. Hammadde odunun depolanması	33
2.2.6.2. Kabuk soyma	34
2.2.6.3. Yongalama	34
2.2.6.4. Kurutma	39
2.2.6.5. Yongaların sınıflandırılması (Eleme)	39
2.2.6.6. Depolama	40
2.2.6.7. Tartma ve tutkallama (Dozajlama)	40
2.2.6.8. Taslak oluşturma (Serme)	41
2.2.6.9. Presleme	41
2.2.6.10. Finisaj işlemleri	42
2.3. Orta yoğunlukta lifli levha (MDF, medium density fibreboard)	43
2.3.1. Orta yoğunlukta lifli levha üretimi	44
2.4. Yonga levha ve lif levha endüstrisinde kullanılan tutkallar	48
2.4.1. Üre formaldehit tutkalı	48
2.4.2. Melamin formaldehit tutkalı	48
2.4.3. Fenol formaldehit tutkalı	49
2.4.4. İzosiyanat tutkalı	49
2.4.5. Sülfite asit suyu	49
2.5. Yonga levha ve lif levha endüstrisinde kullanılan katkı maddeleri	50

3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	51
3.1. Materyal.....	51
3.1.1. Tekstil atıkları.....	51
3.1.2. Yapıştırıcı madde.....	51
3.1.3. Serleştirici maddeler.....	53
3.1.4. Sunta ve MDF.....	53
3.2. Yöntem.....	53
3.2.1. Lifli levhaların üretimi.....	53
3.3. Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini.....	58
3.3.1. Fiziksel özellikler.....	59
3.3.1.1. Lifli levhaların yoğunluğunun belirlenmesi (TS EN 323).....	59
3.3.1.2. Lifli levhaların rutubet miktarının belirlenmesi (TS EN 322).....	59
3.3.1.3. Lifli levhaların su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini (TS EN 317).....	60
3.3.1.4. Lifli levhaların bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarında meydana gelen değişikliğin tayini (TS EN 318).....	61
3.3.2. Mekanik özellikler.....	62
3.3.2.1. Lifli levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi (TS EN 310).....	62
3.3.2.2. Lifli levhaların vida tutma mukavemetinin belirlenmesi (TS EN 320:2011).....	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	67
4.1. Fiziksel özellikler.....	67
4.1.1. Yoğunluk verileri.....	67
4.1.2. Rutubet miktarı verileri.....	68
4.1.3. Su içerisine daldırma işleminden sonra ağırlık değişimi ve kalınlığına şişme verileri.....	70

4.1.4. Bağlı nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarında meydana gelen değişiklik verileri	73
4.2. Mekanik özellikler	77
4.2.1. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü verileri	77
4.2.2. Vida tutma mukavemeti verileri.....	83
5. SONUÇ.....	85
5.1. Yoğunluk verilerinin değerlendirilmesi.....	85
5.2. Rutubet miktarı verilerinin değerlendirilmesi.....	86
5.3. Su içerisine daldırma işleminden sonra ağırlık değişimi ve kalınlığına şişme verilerinin değerlendirilmesi.....	87
5.4. Bağlı nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarda meydana gelen değişiklik verilerinin değerlendirilmesi.....	87
5.4.1. Bağlı nemin kalınlıktaki değişimine ait verilerin değerlendirilmesi.....	87
5.4.2. Bağlı nemin uzunluktaki değişimine ait verilerin değerlendirilmesi	88
5.5. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü verilerinin değerlendirilmesi.....	89
5.6. Vida tutma mukavemeti verilerinin değerlendirilmesi	91
KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ.....	97

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1.Bitkisel esaslı yonga levhaların yoğunluk, tutkal türü ve miktarları [34]	31
Çizelge 2.2.Bitkisel esaslı yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri [34]	32
Çizelge 3.1. Üre Formaldehit tutkalının özellikleri	52
Çizelge 3.2. Melamin-Üre Formaldehit tutkalının özellikleri	52
Çizelge 3.3. Fenol Formaldehit tutkalının özellikleri	53
Çizelge 3.4. Levhaların üretim parametreleri (60x60 cm kalıp içine konulan).....	58
Çizelge 4.1. Yoğunluk değerlerine (g/cm^3) ait genel istatistikler.....	67
Çizelge 4.2. Rutubet miktarlarına (%) ait genel istatistikler	68
Çizelge 4.3. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışına (%) ait genel istatistikler .	70
Çizelge 4.4. 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler	72
Çizelge 4.5. Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler.....	73
Çizelge 4.6. Bağıl nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler.....	74
Çizelge 4.7. Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışına (%) ait genel istatistikler.....	75
Çizelge 4.8. Bağıl nemin %85'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışına (%) ait genel istatistikler.....	76
Çizelge 4.9. Levha enine eğilme direnci değerleri (N/mm^2) ait genel istatistikler	77
Çizelge 4.10. Levha boyuna eğilme direnci (N/mm^2) değerleri ait genel istatistikler	79
Çizelge 4.11. Levha enine elastikiyet modülü (N/mm^2) değerleri ait genel istatistikler....	80
Çizelge 4.12. Levha boyuna elastikiyet modülü (N/mm^2) değerleri ait genel istatistikler..	82
Çizelge 4.13. Vida tutma mukavemeti değerlerine (N/mm) ait genel istatistikler	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Atık akış şeması [7].....	7
Şekil 2.2. Tüketim öncesi tekstil atıklarının sınıflandırılması [7].....	10
Şekil 2.3. Tüketim sonrası tekstil atıklarının sınıflandırılması [7].....	12
Şekil 2.4. Yonga levha üretim teknolojisi [29].....	33
Şekil 2.5. Yongalamada kullanılan kesme yöntemleri [26].....	34
Şekil 2.6. Silindirli yongalama makineleri [26].....	36
Şekil 2.7. Yıldız bıçaklı ince yongalama makineleri [26].....	37
Şekil 2.8. Diskli değirmen.....	38
Şekil 2.9. Çekiçli değirmen.....	38
Şekil 2.10. Dikey bunkerler.....	40
Şekil 3.1. Ölçme noktaları [45].....	59
Şekil 3.2. Kalınlık ve genişlik ölçme noktaları (mm) [47].....	61
Şekil 3.3. Statik eğilme direnci deneyinin yapılış şeması [49].....	63
Şekil 3.4. Yük-sehim diyagramı içerisindeki elastiklik sınırı [49].....	63
Şekil 4.1. Yoğunluk değerleri (gr/cm^3) karşılaştırma grafiği.....	68
Şekil 4.2. Rutubet miktarları (%) karşılaştırma grafiği.....	69
Şekil 4.3. Rutubet miktarı - yoğunluk regresyon analizi grafiği.....	69
Şekil 4.4. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	71
Şekil 4.5. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışı - yoğunluk regresyon analizi grafiği.....	71
Şekil 4.6 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	72
Şekil 4.7. Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	74
Şekil 4.8. Bağıl nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	75
Şekil 4.9. Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	76
Şekil 4.10. Bağıl nemin %85'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışı (%) karşılaştırma grafiği.....	77

Şekil	Sayfa
Şekil 4.11. Levha enine eğilme direnci değerleri (N/mm ²) karşılaştırma grafiği.....	78
Şekil 4.12. Levha enine eğilme direnci - yoğunluk regresyon analizi grafiği.....	78
Şekil 4.13. Levha boyuna eğilme direnci değerleri (N/mm ²) karşılaştırma grafiği	79
Şekil 4.14. Levha boyuna eğilme direnci - yoğunluk regresyon analizi grafiği.....	80
Şekil 4.15. Levha enine elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²) karşılaştırma grafiği.....	81
Şekil 4.16. Levha enine elastikiyet modülü - yoğunluk regresyon analizi grafiği	81
Şekil 4.17. Levha boyuna elastikiyet modülü değerleri (N/mm ²) karşılaştırma grafiği.....	82
Şekil 4.18. Levha boyuna elastikiyet modülü - yoğunluk regresyon analizi grafiği	83
Şekil 4.19. Vida tutma mukavemeti değerleri (N/mm) karşılaştırma grafiği.....	84
Şekil 4.20. Vida tutma mukavemeti - yoğunluk regresyon analizi grafiği.....	84

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yongaları depolama	45
Resim 2.2. Serme bunkerı	45
Resim 2.3. Bunker camından iç görünüş	45
Resim 2.4. Serme işlemi	45
Resim 2.5. Bunker çıkışı	46
Resim 2.7. Kurutma işlemi	46
Resim 2.6. Sürekli pres çıkışı	46
Resim 2.8. Depolama	46
Resim 2.9. MDF üretim şeması	47
Resim 3.1. Tekstil atıkları	51
Resim 3.2. Elyaf açma makinesi	54
Resim 3.3. Sıkma makinesi	54
Resim 3.4. Tutkallanmış elyafın kalıp içerisine tiftiklenerek doldurulduktan sonraki hali	55
Resim 3.5. Kalıp içerisinde ön presleme işlemi	55
Resim 3.6. Kalıp kaldırıldıktan sonra	56
Resim 3.7. Üst polyester film ve takozların konulması	56
Resim 3.8. Sıcak pres makinesi	57
Resim 3.9. Universal test cihazında eğilme direnci deneyi	64
Resim 3.10. Deney vidası [50]	65
Resim 3.11. Vida tutma mukavemeti deneyi yapılış prensibi [50]	65
Resim 3.12. Universal test cihazında vida tutma mukavemeti deneyi	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
P	Yoğunluk (kg/m^3)
H	Rutubet miktarı (%)
G_t	Suya daldırmadan sonraki kalınlık artışı (%)
G_m	Suya daldırmadan sonraki ağırlık artışı (%)
$\delta t_{65,50}$	Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık değişimi (%)
$\delta t_{85,65}$	Bağıl nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık değişimi (%)
$\delta l_{65,50}$	Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk değişimi (%)
$\delta l_{85,65}$	Bağıl nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk değişimi (%)
F	Eğilme direnci (N/mm^2)
E_m	Elastikiyet modülü (N/mm^2)
f_v	Vida tutma mukavemeti (N/mm)
M	Deney parçasının kütlesi (g)
T	Deney parçasının kalınlığı (mm)
b_1	Deney parçasının genişliği (mm)
b_2	Deney parçasının uzunluğu (mm)
t_{50}	%50 Bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)
t_{65}	%65 Bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)
t_{85}	%85 Bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)
l_{50}	%50 Bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)
l_{65}	%65 Bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)
l_{85}	%85 Bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)
F_{\max}	Kırılma anındaki maksimum kuvvet (Newton)
L_1	Dayanakların eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

1.GİRİŞ

Dünya nüfusunun giderek artması insanların ihtiyaçlarında da artışa neden olmaktadır. Yaşam düzeyinin yükselmesi, teknolojinin günden güne gelişimi sonucunda doğal kaynaklar zorlanmakta ve çevreye olumsuz etkileri hızlanmaktadır. Çevrenin kirlenmesi insanların ve tüm canlıların hayatını doğrudan ve olumsuz olarak etkilemektedir. Bunun sonucunda ekolojik sorunlar konusu gündeme gelmektedir. Giderek artan bu ekolojik sorunların çözümü için temel bilimlerin yanı sıra uygulamalı bilimlerde (mühendislik, mimarlık vb.) de çalışmalar yapılmaktadır [1].

Bütün bu çalışmalarda amaç, ekolojik dengeyi bozmadan insanın doğadan çok yönlü yararlanmasını sağlamaktır. Bu konudaki en önemli strateji, atıkları en aza indirmektir. Atıklar hiçbir zaman sıfırlanamayacağından bunların ikinci bir kullanım için yeniden işlenmesi gündeme gelmektedir, ki bu hem ekolojik hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır [1].

Türkiye'nin en önemli sanayi dallarından birisi olan tekstil sanayisi, yüksek üretim kapasitesine paralel olarak, yüksek oranda üretim ve kullanım atığına sahiptir. Hammaddeden, son ürüne kadar farklı aşamalardan geçen tekstil malzemesi, her aşamada farklı karakterde ve farklı oranlarda atık oluşturmaktadır. Tekstil üretim atıkları ve kullanılmış tekstil atıkları doğaya atıldıklarında, sentetik esaslı atıklar hariç olmak üzere, çevre açısından önemli sorunlar oluşturmaları da çok önemli ekonomik değere sahiptir. Dünyada tekstil atıklarının geri kazanımı ayrı bir sektördür ve önemli ekonomik girdiler sağlamaktadır. [1]

Bir tekstil ürününün ekonomik süreci:

- Araştırma/geliştirme,
- Üretim,
- Satış,
- Kullanma ve
- Elden çıkarma olarak sıralanabilir.

Üretim sırasında oluşan tekstil teleflerinin ve elden çıkarma aşamasında oluşan atıkların günümüzün ekonomik ve ekolojik zorunlulukları sonucunda geri kazanımı söz konusu olmaktadır [2].

Yonga levha; odun ve odunlaşmış bitkilerden elde edilen, nitelikli yongaların, çeşitli yapıştırıcılar ile belirli sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ile elde edilen ahşap esaslı bir malzemedir. Yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanılan yonganın özellikleri, üretilen yonga levhanın mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemektedir [3].

Lifli levha; termomekanik olarak odun veya diğer lignoselülozik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür [4].

Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye’de de ormanlar yalnız odun değeri ile değil odun dışı orman ürünü ve fonksiyonları ile de önem kazanmıştır. Kesilen her ağaçtan %100 verim sağlamak amacıyla odunlar sadece masif olarak değerlendirilmesin yanı sıra yonga ve lif levha olarak da kullanılmaktadır. Ağaç levha endüstrisinde ekonomiye katkıda bulunma amacıyla masif yongasına alternatif malzeme arayışı son yıllarda hız kazanmıştır [5].

Masif üretim ve koruma sektöründe ekonomiye katkıda bulunma arayışı bazı atık madde ve artık malzemelerin endüstriye kazandırılması ile sonuçlanmıştır. Bu çalışmaların bazıları orman ve lignoselülozik bitki artıklarından yonga levha üretimi yaparak atıkların değerlendirilmesini sağlamak üzerine yoğunlaşmıştır. Bu gelişmelerin, sınırlı bir kaynak olan ve varlığı giderek azalan ormanlara olan talebi azaltması beklenmektedir [5].

1.1. Problemin tanımlanması

TOBB Sanayi veri tabanına kayıtlı tekstil işletmeleri arasında yapılan bir ankete göre her ay:

- 3424 ton elyaf atığı,
- 2293 ton kumaş-kırpıntı atığı,
- 1562 ton iplik atığı ortaya çıkmaktadır [6].

Bu atıkların büyük bir bölümü dolgu maddesi, keçe, iplik üretimi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ancak bu şekilde de atıklar sıfırlanamamaktadır. Yapılan tüm geri kazanım faaliyetlerine rağmen büyük miktarlarda geri dönüştürülemeyen atık meydana gelmektedir.

1.2. Hipotez

Uşak ili Türkiye’de tekstil teleflerinin geri kazanımında merkez konumdadır. Teleflerin %70’inden fazlası bu ilde geri kazanılmaktadır. Uşak Organize Sanayi Bölgesinde günlük 40 tona yakın elyaf atığı ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların lif boyu çok kısa olduğu için tekrar iplik üretiminde kullanılmamaktadır. Ayrıca bu atıkların büyük bölümünün sentetik esaslı olması yakılarak bertaraf edilmesinin çevreye vereceği zararlardan dolayı zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmanın hipotezi geri dönüşüm elyaf ile iplik ve battaniye üretimi sırasında meydana gelen elyaf atıklarının yonga ve lifli levha endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılar ile lifli levha üretiminde değerlendirilmesidir.

1.3. Amaç

Bu çalışmadaki amaç, yaygın olarak ortaya çıkan elyaf atıklarının lifli levha olarak değerlendirilebilirliğini araştırmaktır.

Burada ekonomik katkısı olmayan atıkların değerlendirilmesi ve yeni bir endüstri ürünü elde edilmesi hedeflenmektedir.

1.4.Çalışmanın kapsam ve yöntemi

Bu çalışmada %100 elyaf atığı kullanılarak 60x60x0,8 cm ölçülerinde 3 farklı yapıştırıcı ve 5 farklı elyaf ağırlığı kullanılarak toplam 15 adet lifli levha üretilmiştir.

Bunlar;

- Üre Formaldehit reçinesi
- 1. 768,8 gram elyaf kullanılarak
- 2. 922,5 gram elyaf kullanılarak
- 3. 1076 gram elyaf kullanılarak

4. 1230 gram elyaf kullanılarak
5. 1383 gram elyaf kullanılarak

➤ Melamin Üre Formaldehit reçinesi

6. 768,8 gram elyaf kullanılarak
7. 922,5 gram elyaf kullanılarak
8. 1076 gram elyaf kullanılarak
9. 1230 gram elyaf kullanılarak
10. 1383 gram elyaf kullanılarak

➤ Fenol Formaldehit reçinesi

11. 768,8 gram elyaf kullanılarak
12. 922,5 gram elyaf kullanılarak
13. 1076 gram elyaf kullanılarak
14. 1230 gram elyaf kullanılarak
15. 1383 gram elyaf kullanılarak

Bu levhalar üzerinde;

- Yoğunluk,
- Rutubet miktarı,
- 24 Saat su içerisinde bekletilme sonrası kalınlıktaki ve ağırlıktaki değişim,
- Bağlı neme bağlı kalınlıktaki ve uzunluktaki değişim gibi fiziksel,
- Eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi,
- Vida tutma mukavemeti belirlenmesi gibi mekanik özelliklere ilişkin testler yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Atık kavramı

Atık, üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddedir. Başka bir tanımda atık, insan faaliyeti sonunda ortaya çıkan ve üretenin işine yaramayan her türlü maddedir şeklinde ifade edilmektedir. Atıklar, üretici tarafından doğrudan bir yararı olmaması sebebiyle değersiz görülmeleri ve bulunduğu ortamda yer işgal etmeleri sebebiyle uzaklaştırılmak istenmektedir. Uzaklaştırma işinin kontrolsüz gerçekleşmesi ise atığın ekonomik değerini tamamen kaybetmesine ve önemli bir çevre sorunu haline dönüşmesine sebep olmaktadır [7].

Endüstri ve teknoloji alanında meydana gelen hızlı gelişmeler, insanların yaşam düzeylerindeki yükselme, hızlı nüfus artışı ve kentleşme gibi değişkenler atık oluşum miktarlarını da arttırmaktadır. Yüksek miktardaki atık ve bunların kontrolsüz bertaraf edilmesi tüm canlıları tehdit edecek boyutlara varan hava, su ve toprak kirlenmesine neden olmaktadır [7].

Atıklar maddesel formlarına göre katı atıklar, sıvı atıklar ve gaz atıklar olmak üzere üçe ayrılmaktadır ve sahip oldukları fiziksel özellikleri nedeniyle atık yönetim biçimleri farklılık göstermektedir [7].

2.1.1.Katı atık

Sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp fen ve sanat kurallarına, bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı şeylere katı atık denir [8]. Katı atık yönetimi ise, atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren bir yönetim biçimidir [7].

Türkiye’de Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan bir “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” bulunmaktadır. Bu yönetmeliğin amacı; her türlü atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması ve benzeri faaliyetlerin yasaklanması, çevreyi

olumsuz yönde etkileyebilecek olan tüketim maddelerinin idaresini belli bir disiplin altına alarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozmasının önlenmesi ile buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir [9].

Bu yönetmelikte bahsi geçen bazı tanımlar şu şekildedir:

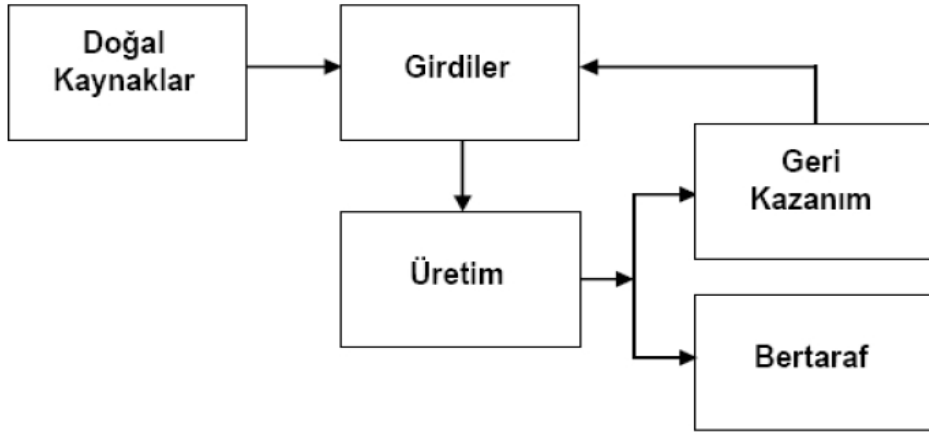
Katı atık: Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu (iri katı atık, evsel katı atık, bu Yönetmelikte “katı atık” olarak anılmaktadır) ifade eder.

Geri Dönüşüm: Atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak, orjinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere, organik geri dönüşüm dahil diğer amaçlar için yeniden işlenmesini ifade eder.

Geri kazanım: Tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan; atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesini ifade eder.

Bertaraf etme: Katı atıkların, konut, işyeri gibi üretildikleri yerlerde geçici olarak biriktirilmesi, bu yerlerden toplanması, taşınması, geri kazanılması gibi işlemlerden sonra, çevre ve insan sağlığı açısından zararsız hale getirilmesi ve ekonomiye katkı sağlanması amacıyla kompostlaştırma, enerji kazanmak üzere yakma ve/veya düzenli depolama işlemlerinin tümünü ifade eder.

Katı atıkların kontrolü yönetmeliğindeki katı atık üretim aşamasında uyulacak esasların 4. maddesine göre katı atık üreten kişi ve kuruluşlar, en az katı atık üreten teknolojiyi seçmekle, mevcut üretimdeki katı atık miktarını azaltmak, katı atık içinde zararlı madde bulundurmamakla, katı atıkların değerlendirilmesi ve maddesel geri kazanma konusunda yapılan çalışmalara katılmakla yükümlüdür.



Şekil 2.1. Atık akış şeması [7]

Katı atık yönetimi üç ana basamakta şu şekilde toplanılabilmektedir:

- 1) Atıkların azaltılması,
- 2) Atıkların kullanımı ve geri kazanımı,
- 3) Atığın bertarafı.

2.1.1.1. Atıkların azaltılması

Atık yönetiminde ilk adım atığın üretimi aşamasında alınacak çeşitli tedbirlerle azaltılmasıdır. Özellikle endüstri atıklarında üretim sistemleri, makine ve üretim teknolojileri, makine ayarları vb. unsurlarda yapılacak atık azaltma odaklı değişiklikler ve yeniliklerle atıkların en alt seviyeye indirgenmesi açısından önemli bir çalışma konusudur. Atık azaltma işlemi için bilgilendirme, bilinçlendirme, planlama ve yönetim, teknolojinin yeterli ve doğru kullanımı gibi unsurlar büyük önem taşımaktadır [7].

2.1.1.2. Atıkların kullanımı ve geri kazanımı

Atık yönetiminin ikinci önemli adımı ise oluşması önlenememiş olan çeşitli atıkların uygun yöntemlerle tekrar değerlendirilmesi işlemidir. Üretim sonucu oluşan atığın değersiz bir çöp olarak algılanmasının önüne geçilerek, bu atıkların farklı kullanım alanlarında tekrar değerli kılınması hem çevresel hem de ekonomik yararlar sağlamaktadır. Etkin bir geri kazanım, atıkların kaynakta ayrıştırılması ile mümkün olabilir [7].

Kaynakta ayrıştırma [9];

- Geri kazanılabilir malzemenin organik atıklarla karışmasını önleyerek, atıkların geri dönüşebilirlik oranını ve toplanan malzemenin kalitesini artırır,
- Bertaraf edilecek atık miktarını ve hacmini azaltarak depolama sahalarının kullanım ömrünü uzatır,
- Halkın çevre bilincinin artmasında olumlu rol oynar,
- Ekonomiye daha yüksek bir girdi sağlar,
- Taşıma maliyetlerini ve taşımadan kaynaklanan gürültü, hava kirliliği ve trafik gibi sorunları azaltır.

Atıkların geri dönüşümü, doğal kaynaklarda olduğu kadar enerji kaynaklarında da önemli ölçüde tasarruf sağlar. Bilimsel araştırma sonuçlarına göre örneğin metal ve plastik ambalajların geri kazanılması için harcanan enerji, bunların ilk üretimlerinde kullanılan enerjinin sadece %5'i kadardır. Yani geri dönüşüm yoluyla enerji kullanımında %95 oranında bir tasarruf söz konusudur. Keza 1 ton kâğıt için harcanan 7600 kw/h enerji, 1 ton geri dönüştürülmüş kâğıtta 2800 kw/h'a inmektedir [8].

Ayrıca geri kazanılan kâğıt nedeniyle tahrip olmaktan kurtulan ormanların doğaya ve ortak geleceğimize katkısı ölçülemez boyutlardadır. Özetle her bir geri dönüşüm işleminin tabiatın geleceği ve canlıların yaşamı üzerinde önemli etkileri söz konusudur [8].

Katı atığın içindeki geri dönüştürülebilir malzemelerin önemli bir miktarını yiyecek ve içecek ambalajlarında kullanılan metal plastik ve cam atıklar ile kâğıt ve karton oluşturmaktadır. Bunun yanında kemik, tekstil parçaları da özel ayırma tesislerinde geri dönüştürülebilmektedir [9].

Geri dönüşüm prosesinin önemine baktığımızda temelde dört ana unsurun ön plana çıktığını görülmektedir [9]. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Doğal kaynakların korunması,
- Enerji tasarrufu,
- Toplam atık miktarının azalması,
- Geleceğe ve ekonomiye yatırım sağlanması.

2.1.1.3. Atıkların bertarafı

Eğer, üretime entegre edilmiş çevre korumanın tüm imkânları kullanılmış ise, depolama sayesinde atık maddenin imha edilmesi veya yakılması ya da yanma sonu gazların ve atık suların temizlenmesi için alışılmış, konvansiyonel teknolojilerin uygulanması düşünülebilir. Böylece, üretime entegre edilmiş çevre koruma önlemlerine, ilâve çevre koruma sistemleri eklenebilir [8].

Atık yönetiminin son aşaması da oluşması önlenememiş ve tekrar değerlendirilmesi mümkün olmayan atığın yakma ve düzenli depolama gibi yöntemlerle varlığının en aza indirgenmesidir. Oluşan tüm atıkların veya oluşanların hepsinin tekrar değerlendirilmesi ve ekonomiye katılması mümkün olamamaktadır. Bu aşamada bu tip atıkların farklı yöntemler kullanılarak yok edilmesine çalışılmaktadır [7].

Bilimsel esaslara ve mühendislik prensiplerine göre işleme tabi tutulmayan katı atıklar çevrede pek çok kirlenme problemine sebebiyet vermektedir. Katı atık yönetiminin bir başka amacı bunlardan hammadde kaynağı olarak yararlanmayı öğretmek ve özendirme. Bu durum katı atık yönetim maliyetlerinin makul seviyelere çekilmesinde önemli katkı sağlayacaktır [9].

2.1.2. Tekstil atıkları

Tekstil atıkları, tekstil fabrikalarında üretim sürecinde ortaya çıkan veya tüketicilerin tüketim sonrası çıkan atıklardır. Bu bağlamda, tekstil atıkları, tüketim öncesi ve tüketim sonrası atıklar olarak sınıflandırılabilir. Tüketim sonrası tekstil atıkları, müşteri kullanımına sunulduktan sonra kullanım ömrünün sona ermesi veya kullanıcı tarafından daha fazla kullanılmak istenmemesi sebebiyle uzaklaştırılmak istenen atıklardır. Tüketim öncesi tekstil atıkları ise genel olarak endüstriyel tekstil atıkları olup, hammadde sürecinde veya üretim aşamaları sırasında çeşitli biçimlerde ve farklı işlem basamaklarında üretimden ayrılan malzemelerdir [12].

2010 yılı TÜİK verilerine göre, belediyelerin 52 tane düzenli depolama tesisi, 2 tane yakma tesisi, 5 tane kompost tesisi bulunmakta olup, bu bertaraf ve geri dönüşüm tesislerine getirilen toplam atık miktarı 14.632.790 tondur. Bu atıkların 10.000 tonunu tekstil atıkları oluşturmaktadır [10].

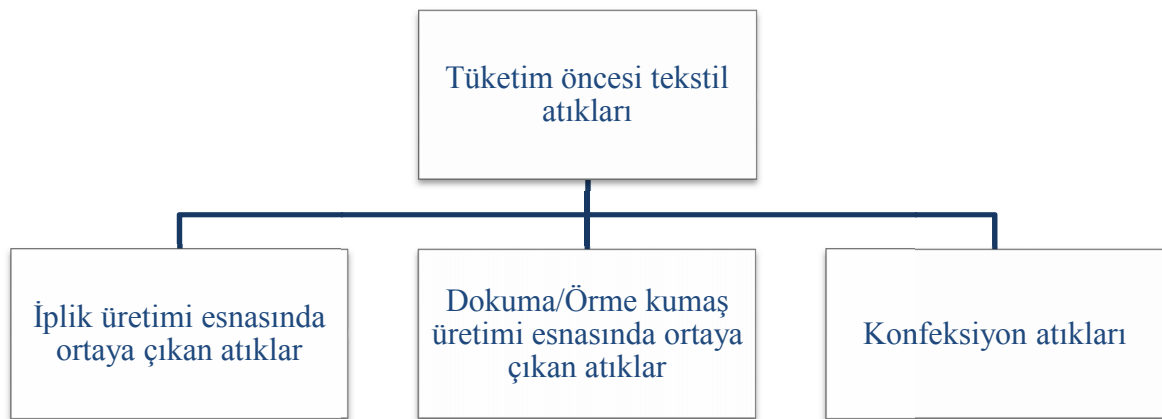
Tekstil atıkları üç ana grup altında toplanabilir. Birincisi iplik fabrikalarından çıkan atıklar, ikincisi tekstil imalatı atıkları, üçüncüsü ise tüketicilerin tekstil atıklarıdır [16].

Tekstil atıklarının geri dönüşümü için kullanılan geleneksel bazı yöntemler bulunmaktadır. Tekstil atıkları kullanımıyla, tekrar tekstil ürünü eldesi için atıklar, çeşitli ve kademeli işlem basamaklarından geçirilir. Atıklar garnet, şifanöz gibi makinelerde yolunarak lifler elde edilir. Daha sonra üretilecek ipliğin cinsine göre tümüyle atıktan veya atık karışımından yapılmış malzemeler elde edilmekte, bunlardan önce iplik üretilmekte, daha sonra boyama, dokuma-örme ve diğer aşamalar gelmektedir [9].

Günümüzde ise bu yöntemlerin yanı sıra tekstil atıklarının çeşitli alanlarda takviye ve dolgu malzemesi olarak kullanımıyla alternatif bir geri dönüşüm yöntemi uygulanmaya çalışılmaktadır [7].

2.1.2.1. Tüketim öncesi tekstil atıkları

Tüketim öncesi tekstil atıkları genel olarak endüstriyel tekstil atıkları olarak ifade edilebilmektedir. Endüstriyel tekstil atıkları da farklı işlem basamaklarında çeşitli form ve oranlarda oluşan katı atıklardır. Atıkların oluşumları hammadde kalitesi, kullanılan makineler ve makine üretim ayarları, işletmenin verimlilik politikası gibi önemli değişkenlerden etkilenmekte ve işletmeden işletmeye atık oluşum oranları değişmektedir [7].



Şekil 2.2. Tüketim öncesi tekstil atıklarının sınıflandırılması [7]

Tekstil sektöründeki işletmelerde, üretimde yeniden kullanılabilir ya da kullanılamaz atıkların meydana geliş sebepleri karışık bir sorun olup çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler: işletmelerde hammadde değişkenliği, işletme klima şartları değişkenliği, işletme üretim programına alınan sipariş miktarlarının değişkenliği, yetersiz çalışma programları ve yetersiz kontrollerdir. İşletmelerde atık kontrolü adım adım ele alınmalı ve optimum koşullar sağlanmalıdır. Atık türleri sınıflandırılmalıdır. Genellikle aynı özellikleri olan (lif kalitesi, uzunluğu gibi) atıklar bir arada toplanmalıdır. Aksi takdirde atığın değeri düşecektir. Atık sorununa çözüm getirebilmek için öncelikle çalışanların atıkların azaltılması konusunda eğitilmeleri ve dikkatli davranmaları gerekir [12].

Tekstil sanayinde oluşan atıkların geneline bakıldığında bu atık miktarları içerisinde sadece tekstil malzemelerinin bulunmadığı görülmektedir. Özellikle tekstil sanayinde kullanılan yüksek miktardaki suyun boya ve benzeri kimyasallarla kirlenmesiyle yüksek hacimde atık su yani sıvı atık oluşmaktadır. Tekstil sanayinde oluşan katı atıklar ise hacimsel olarak sıvı atıklardan sonra ikinci sırada bulunmaktadır ve bu atıkların hepsini yine tekstil malzemesi oluşturmamaktadır. Terbiye işlemleri sırasında kullanılan plastik bidonlar, konfeksiyon işlemleri sırasında kullanılan kâğıt ve kartonlar, iplik ve kumaş üretimleri sırasında kullanılan masura ve bobinler, ambalajlama işlemlerinde kullanılan çeşitli kâğıt ve plastik ambalaj ürünleri tekstil sanayinde oluşan katı atıklar kapsamına girmektedir [7].

Amerikan Tekstil Üreticileri Enstitüsü (ATMI) yaptığı çalışma sonucu tekstil endüstrisinde oluşan bazı atıklar aşağıdaki gibi listelemiştir:

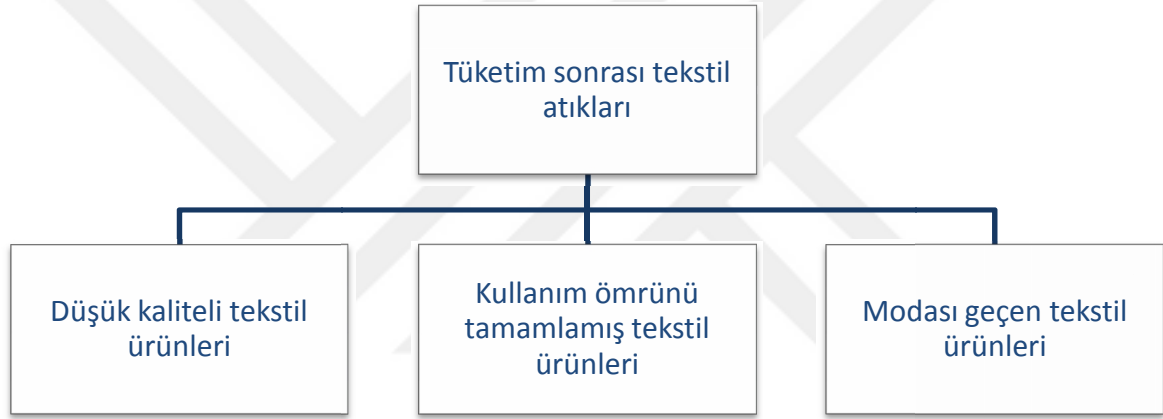
- Tarak atıkları
- Kumaş atıkları
- Hızır atıkları
- Mukavva
- Ofis kâğıtları
- Atık su çamurları
- Halı kırıntıları
- Lif atıkları
- Kumaş kenarları
- Sert plastikler
- Kâğıt torbalar
- Artık halı parçaları
- İplik atıkları
- Paket kâğıtları
- Cam
- Plastik konteynırlar

İşletmeden işletmeye katı atık miktarlarının oranları değişkenlik göstermekle beraber, tekstil malzemesinin diğer katı atıklara oranının yaklaşık %50 civarlarında olduğu gözlenmiştir [12].

2.1.2.2. Tüketim sonrası tekstil atıkları

Tekstil Geri Dönüşüm Konseyi (Council of Textile Recycling)'ne göre; tüketici sonrası tekstil atıkları, sahibinin daha fazla kullanmak istemediği ve elden çıkarmak istediği her tür giysi ve evsel tekstil ürünlerini kapsamaktadır [13].

Tüketici sonrası tekstil atıklarının oluşumunun çeşitli sebepleri olmakla beraber, ana sebepleri; düşük kaliteli ürünlerin daha fazla kullanılmak istenmemesi, kullanılan ürünlerinin modasının geçmesi ve uzun süre kullanılan ürünlerin kullanım ömürlerini tamamlaması sebebiyle elden çıkarılmak istenmesi olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.3) [7].



Şekil 2.3. Tüketim sonrası tekstil atıklarının sınıflandırılması [7]

2.1.3. Tekstil atıklarının kullanım alanları

Tekstil işletmelerinde toplam telef miktarı 439.884 ton/yıl olarak hesaplanmıştır [6].

Tüm kullanım alanları birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'de tekstil atıklarının başlıca kullanım alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [6]:

a) Tekstil atıklarından plastik malzeme üretimi: Özellikle poliamid 6 atıkları bu amaçla kullanılmaktadır. Ancak PA 6 üretiminin Türkiye'de durması nedeniyle, yurt dışından atık ithal edilmektedir. İthal PA 6 kumaşlarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar da kullanılmaktadır [6].

b) Polyester esaslı atıkların PET şişelerle beraber, yeniden eritilerek iplik üretiminde kullanılması. Türkiye’de bu amaçla kurulu 10 civarında işletme bulunmaktadır [6].

c) Tekstil atıklarının açılarak elyaf haline getirilmesi (Bu lifler, iplik üretimi ve dokusuz yüzey üretiminin hammaddesidir. Bazı işletmeler atıkları kendileri açmakta ve iplik veya dokusuz yüzey haline getirmekte, bazı işletmeler ise, bu tülbentleri bir başka işletmeden satın alarak, iplik üretiminde kullanmaktadır) [6].

Elde edilen dokusuz yüzey kumaş ve ipliklerin başlıca kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- Keçe olarak yatak sanayisinde,
- Keçe olarak otomotiv tekstillerinde,
- Keçe olarak inşaat sektöründe,
- Kulak pamuğu, temizlik bezleri üretiminde,
- Open-end iplik üretiminde (elde edilen iplikler, döşemelik kumaş üretiminde, örme kumaş ve çorap sektöründe, masa örtüsü, kilim, battaniye vb. üretiminde kullanılmaktadır) [6].

2.1.4. Tekstil atıkları üzerine yapılmış araştırma özetleri

Binici ve ark. (2005), atık maddelerin ve bazı stabilizatörlerin mekanik özelliklerini ayrıntılı bir şekilde incelemişlerdir. Elyaf takviyeli çamur tuğlalarının ASTM ve Türk standartlarının basınç dayanımı ve ısı iletkenliği gereklerini yerine getirdiklerini belirlemişlerdir. Plastik elyafli çamur tuğlaların, saman, polistren ve diğer elyaflardan daha yüksek basınç dayanımı gösterdiklerini kanıtlamışlardır. Bazaltik pomza katkısının, elyaf takviyeli çamur tuğlanın ısı iletim katsayısını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Elyaf takviyeli çamur tuğla evlerin, yaz ve kış aylarında iç sıcaklığı sabit tutma bakımından, beton evlere göre çok daha iyi olduklarını belirlemişlerdir [14].

Aral ve ark. (2009), tekstil atıklarının geri kazanımı amacı ile atık kumaşların takviye malzemesi olarak kullanıldığı polimer matrisli kompozit yapılar elde etmeye çalışmışlardır. Takviye malzemesi olarak ikisi %100 polyester ve diğeri %100 pamuk hammaddeli üç farklı bezayağı (düz) dokuma kumaş, matris malzemesi olarak ise doymamış polyester reçine kullanmışlardır. Takviye malzemesi olarak kullanılan kumaşları tek yönlü ve sürekli

veya küçük boyutlarda ve gelişigüzel olarak oryante etmişlerdir. Kompozit malzemeleri baskı kalıplama yöntemi ile üretmişlerdir. Plakalar şeklinde elde edilen numunelerin darbe ve çekme deneylerini yapmış ve deney sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen verileri saf reçine değerleriyle karşılaştırdıklarında, üretilen tüm kompozit plakalarda darbe dayanımı kazancı sağlandığını görmüşlerdir. Çekme sonuçlarına baktıklarında ise kompozit plakaların daha yüksek uzama değerlerine sahip olduğunu ve saf reçineye göre daha sünek davranış gösterdiğini ortaya koymuşlardır [15].

Kozak (2010), tekstil atıklarının yapı malzemesi olarak kullanımını araştırmıştır. Tekstil, tekstil üretim kolları, atık, atıkların geri kazanılmasının önemi, Türkiye'deki atıkların bertaraf ve geri kazanım tesisleri ve kapasiteleri, tekstil atıklarının Türkiye'deki miktarları, geri kazanımı ve geri kazanım sonrasındaki kullanım alanlarına yer vermiştir. Çeşitli tekstil atıklarının geri dönüşümü yapılarak ne gibi materyaller elde edilebileceği hakkında bilgiler sunmuştur. Sonuçlara göre, Pamuk linter hamuru; odunsu ve metal nesnelere ile mimari kaplamalar da kullanılan nitroselüloz verniklerin üretiminde kullanılmaktadır. Kadife tıraş tozunun beyaz olanı tutkal üretiminde kullanılmaktadır. Tekstil atıkları ve pamuk linter hamuru; suda çözünebilir, yüksek viskozite ve molekül ağırlığına sahip eter polimerlerinin üretiminde kullanılır. Bu polimerlerden, metilselüloz, karboksi metil selüloz ve hidroksi etil selüloz; boya, duvar kâğıdı pastası, birleştirme elemanı, petrol kuyusu açma çamuru üretiminde kullanılmaktadır. Pamuk ve jüt artıkları; sıcak su geçen boruların izolasyonunda kullanılan halat ve hortum şeklindeki organik izolasyon malzemeleri yapımında kullanılabilir [16].

Briga-Sa ve ark. (2012), dokuma kumaş atığını ve dokuma kumaşın ikincil atığını, ısı yalıtımı yapı malzemesi olarak olası uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarda, bu iki tip atık ile doldurulan hava kutusu ve harici bir çift duvar kullanılarak, bunların ısı özellikleri belirlenmiştir. İki ısı akışı ölçeri ve 4 yüzey sıcaklık sensörünü atıkların ısı iletkenliğini belirlemek için duvar yüzeyine yerleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, dokuma kumaş atığının ve dokuma kumaşın ikincil atığının dış çift duvar uygulamalarında ısı yalıtım özelliklerinin sırasıyla, %56 ve %30 arttığını görmüşlerdir [17].

Binici ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, atıkların yalıtım malzemesinde katkı olarak kullanımını araştırmışlardır. Çalışmalarında ayçiçek sapı ve çeşitli tekstil atıklarını

kullanmışlardır. Üretilen blok ve panel yalıtım elemanları üzerinde ısı iletim katsayısı tayini, ultrasonik ses geçirgenliği tayini, su emme ve birim hacim ağırlık deneylerini yapmışlardır. Ürettikleri numuneleri, XPS ve gaz beton örnekleriyle karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, atıklardan üretilen ve tamamen yerli ürün olan yalıtım malzemesinin XPS ve gaz betondan daha iyi ısı yalıtımı olduğunu göstermişlerdir. Sonuçlar söz konusu atıklarının yalıtım malzemesi üretiminde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Turak (2013), yaptığı çalışmada, yün, pamuk elyaf atıkları, pamuk ipliği atıkları, kumaş atıkları, kağıt atıkları, çimento ve selülozik elyaflara yanmazlık özelliği kazandıran Fire-0 alev almazlık solüsyonu materyallerinde kullanarak ısı iletim katsayısı düşük yalıtım malzemesi üretimini araştırmıştır. Atıklar çimento-ince kum karışımı ile karıştırıldıktan sonra kalıba dökülmüş ve 1 hafta bekletilerek kuruması sağlamıştır. Üretilen kalıplar üzerinde ısı iletim katsayısı ölçümleri yapmıştır. Araştırma sonucunda tekstil endüstrisi atıklarının yalıtım amaçlı izolasyon maddesi olarak hem kompozit oluşturularak hem de şilteler halinde (ara boşluklara) uygulanabileceğini ortaya koymuştur [10].

2.2. Yonga levha

Ağaç malzeme günümüzde hem masif hem de odun kompozitleri olarak çok geniş ve değişik alanlarda değerlendirilmektedir. Masif ağaç malzemenin anizotrop yapısı, geniş yüzey gerektiren kullanım yerlerinde yetersiz kalması ve ekonomik nedenlerle odun hammaddesinden teknik yollarla yonga levha, lif levha, kontrplak vb. ahşap levhalar üretilmektedir [18].

Yonga levha; genellikle odun hammaddesinden elde edilen küçük yonga parçacıklarının, sentetik bir reçine ile veya yapıştırıcı kullanılarak belirli sıcaklık ve basınç altında preslenmesi sonucu oluşturulan geniş yüzeyli levhalardır [19].

TS EN 309 (1999)'a göre yonga levha; 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 preslenmesiyle elde edilen levhadır.

Yonga levhalar birçok kullanım yeri için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri taşırlar, düzgün yüzeilidir, istenilen kalınlıkta üretilebilir. Homojen bir yapıya sahiptir, çivi, vida ve tutkalla diğer malzemelerle birleştirilebilir. Büyük ebatlarda üretilmiş olması işçilikten tasarruf sağlar, üst yüzey işlemleri uygulanabilir, yongaların koruyucu yanmayı geciktiren ve hidrofobik maddelerle muamele edilmesiyle çeşitli özelliklerle kazandırılabilir, işlenmesi kolaydır, masif ağaç malzemedeki görülen budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunmaz ve nispeten ucuzdur. Bütün bu özelliklere sahip olmasından dolayı oldukça büyük bir üretim artışı gerçekleştirmiştir [20].

2.2.1. Yonga levha üretiminin tarihçesi

Yonga levha fikri dünya orman varlığının her gün azalmasına rağmen nüfusun taleplerini karşılayabilmek için endüstriyel atıkların değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmaların sonucu ortaya çıkmıştır.

Yonga levha hakkında ilk fikirler 1887 yılında Ernst Hubbard odun atıklarının değerlendirilmesi adlı yayınında, testere talaşı ve kan albümininden yararlanarak basınç ve sıcaklık tatbiki ile üretimi şeklinde başlamıştır [21].

1905 yılında Amerikalı Watson ince odun parçacıklarını presleyerek levha haline getirmek üzere patent almıştır. Alman Freundeberg 1926 yılında planya talaşlarını tutkalla işlemek suretiyle üretileceğini de öne sürmüştür. Bu metotta tutkal miktarı günümüze yonga levha üretiminde kullanılmakta olan oranlarla eşit miktarlardadır [21].

Her ne kadar yonga levha üretimi fikri 1880'li yıllara dayansa da, gerek hammadde olan yonganın elde edilmesinde kullanılan teknolojinin yetersizliği, gerekse yapıştırıcı teknolojisindeki yetersizliklerden dolayı ticari amaçla yonga levha üretimi yapılan ilk fabrika 1941 yılında Almanya'da Torfit-WerkeAg firması tarafından Bremen şehrinde kurulabilmiştir. Bu fabrikada üretilen yonga levhalar ladin yongalarından, fenol reçinesi kullanılarak elde edilmiş olup bu fabrikanın günlük kapasitesi 10 tondur. Bu fabrikadan sonra Almanya'da iki fabrika daha kurulmuş; bunlarda tutkal olarak üre reçinesi, yonga olarak kontrplak üretim atıkları kullanılmıştır [22].

II. Dünya Savaşının ardından yonga levha üretimi büyük gelişmeler göstermiştir. Gelişen tutkal teknolojisi sayesinde yonga levha üretiminde pahalı bir malzeme olan fenol reçinesi

yerine, daha ucuz ve daha düşük sıcaklıklarda sertleşebilen üre reçineleri kullanılmaya başlanmıştır. Yine bu yıllarda büyük gelişmeler gösteren makine ve üretim metotları sayesinde yonga levha üretimi hızlı ilerleme kaydetmiştir. Bütün bu gelişmelerin yanı sıra, levha kalitesini etkileyen faktörler üzerine yapılan araştırmalar artırılmış, yonga levha üretiminde kullanılan yongaların biçim ve büyüklükleri, ağaç türleri, levhaların özgül ağırlıkları üzerinde durularak, yonga kalınlığının levha kalitesi üzerinde büyük etkisinin olduğu Klauditz tarafından belirlenmiştir. Buna göre yonga kalınlığı arttıkça, eğilme direncinde azalma meydana gelmektedir [21].

Türkiye'de ilk yonga levha fabrikası 1955 yılında İstanbul Kartal'da (3000 m³/yıl kapasiteli) kurulmuştur. Üretim 2009 yılında toplam 43 fabrika ile 4.134.300 m³/yıl ulaşmıştır. Bu fabrikaların 29'u yonga levha, 14'ü lif levha üretmektedir. Hammadde olarak odun ve odun kırıntıları ile testere talaşı kullanılmakta olup, bağlayıcı olarak çimentolu yonga levha dışında sentetik reçineler kullanılmaktadır [23].

2.2.2. Yonga levhaların sınıflandırılması

1. Yoğunluklarına Göre;

- a. Hafif: Yoğunlukları 500 kg/m³'den düşük,
- b. Orta: Yoğunlukları 500-650 kg/m³ arasında,
- c. Ağır: Yoğunlukları 650 kg/m³'den yüksek [24].

2. Tabaka Sayılarına Göre;

- a. Tek tabakalı yonga levhalar,
- b. Üç tabakalı yonga levhalar,
- c. Beş tabakalı yonga levhalar,
- d. Tabakaları belirsiz yonga levhalar [25, 26].

3. Yüzey işlemlerine göre;

- a. Zımparalanmış levhalar,
- b. Zımparalanmamış levhalar [27].

4. Yüzey kaplama malzemesine göre:

a . Kaplamasız,

b. Ağaç kaplamalı,

c. Laminatlı,

- Yonga levha üzerine kendi kendine yapışan laminatlar,

- Yonga levhalar üzerine tutkalla yapıştırılmış lamine levhalar veya folyolar,

d. Sıvı yüzey kaplama maddeleriyle kaplanmış yonga levhalar (lake boya vb.) [24].

5. Kalınlıklarına göre;

- 3-6-8-10-13-16-19-22-25-28-32-36-40-45-50-60 (mm) [24].

6. Tutkal ve bağlayıcı cinsine göre;

a. Üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş,

b. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş,

c. Melamin tutkalı ile üretilmiş,

d. Polyizosiyanat tutkalı ile üretilmiş,

e. Bağlayıcı olarak sülfat atık suyu kullanılmış,

f. Bağlayıcı olarak doğal yapıştırıcılar (Kazein, soya, kan tutkalları, tanen) kullanılmış [28, 29].

7. Kullanış amacına göre;

a. Genel amaçlar için üretilmiş,

b. Özel amaçlar için üretilmiş.

8. Üretim Metoduna göre

a. Çimentolu yonga levhalar (betopan-beyopan),

- b. Yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB, oriented strand board),
- c. Etiketli yonga levhalar (wafer board),
- d. Şerit yonga levhalar (flake board),
- e. PVC+Polystren atıklı yonga levhalar,
- f. Manyezitli yonga levhalar (heraklit),
- g. Üzerine baskı yapılmış yonga levhalar [29].

9. Üretimde kullanılmış hammadde cinsine göre;

- a. Odun hammaddesinden üretilmiş yonga levhalar,
- b. Bitkisel materyal yada atıklardan üretilmiş yonga levhalar.

10. Presleme yöntemine göre;

- a. Yatık preslenmiş yonga levhalar,
- b. Dik preslenmiş yonga levhalar.

11. Kalıplanmış yonga levha üretim metoduna göre;

- a. Termodin metodu,
- b. Callipress metodu,
- c. Werzalithmetod.

Yonga levhalar malzeme olarak ekonomik ve teknik açıdan üstün özelliklere sahiptirler. Bu özellikler şöyle sıralanabilir [19]:

1. Odun tamamıyla yongaya dönüştürülerek hiç fire vermeden istenilen boyutta levhalar üretilir.
2. Yongaların istenilen yönde şekillendirilmesi yapılarak levhanın dayanımı artırılabilir.
3. Preslenme öncesinde veya sırasında yongalara hidrofobik özellik kazandırılabilir.

4. Çok geniş yüzeyli, istenilen kalınlıkta ve özel amaçlı levhalar üretilebilir.
5. Yongalar yangın, böcek ve mantarlara karşı koruyucu maddelerle emprenye edilebilir.

Ülkemizde en çok 550–600 kg/m³ yoğunluktaki yatay preslenmiş yonga levhalar tüketilmektedir. Bunlar zımparalanmış ve lamine edilmiş olarak kullanılmaktadır. Mobilya endüstrisinde genel olarak 13-22 mm arasında çok tabakalı levhalar mobilyanın alt, yan ve ön cephelerinde, 4-8 mm kalınlıktaki levhalar ise mobilyanın arka kısımlarında arkalık veya çekmecelerde çekmece altı olarak kullanılmaktadır [30].

Açık hava koşullarında özel olarak üretilmiş ve emprenye edilmiş yonga levhalar konutların dış cephelerinde başarılı bir şekilde kullanılabilir. Özel kullanım ortamları için yonga levhaya istenilen özelliği kazandırabilecek değişik tutkallar kullanılarak üretilmiş yonga levhalar kullanılabilir [28].

Yatay preslenmiş yonga levhaların yüzeyleri masif ağaç malzemenin çekici renk, motif ve tekstürüne sahip değildir. Bu nedenle yüzeyleri ve kenarları çeşitli malzeme ile kaplanmış yonga levhalar iç dekorasyonda ve mobilya üretiminde kullanılmaktadır. Böylece, dekoratif bir yüzey kazandırılıp, levhaların çalışmaları en aza indirildiği gibi insan sağlığına zararlı olan formaldehit emisyonu kısıtlanmaktadır [28].

Çimentolu yonga levhaların yangına dayanıklılığı ve rutubet karşısında boyut stabilizesinin yüksek olması nedeni ile prefabrik ev, okul, işletme ve yönetim binaları, kırsal alan konutları, danışma ve kamp binaları gibi tek ve çift katlı binalarda özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılmaktadır. Otoyollarda gürültü koruma duvarları, konteynir gibi kullanım yerleri de mevcuttur. Ayrıca, çöp kovaları ve havalandırma kanallarında, çatılarda kiremit altlığı olarak, yer döşemelerinde parke yerine, depo, sahne spor salonlarında duvar, ev ara bölmelerinde, iç dekorasyonda, yat ve tekne dekorasyonunda fayans altında yükseltilmiş taban ve dekoratif tavan yapımlarında da kullanılmaktadır [30].

Etiket yongalı levhalar genellikle kontrplağın kullanıldığı her yerde değerlendirilmektedir. Tutkal türüne bağlı olarak açık hava koşullarında çatı kaplamaları, iç ve dış duvar kaplamaları, döşeme ve döşeme altı materyali olarak da değerlendirilebilmektedir. Bunlar daha çok 6–8 mm, 9–11 mm ve 15 mm olarak üç kalınlık sınıfında üretilmektedir. İnce

olanlar duvar kaplamaları, kalın olanlar ise döşeme ve çatı malzemesi olarak tüketilmektedir [28].

Okal tipi yonga levhaların delikli olanları ısı ve ses yalıtımı için uygun malzemelerdir. Prefabrik yapılarda özellikle delikli olanlar tercih edilmektedir delikler su ve elektrik borularının döşenmesinde de işe yaramaktadır. Okal tipi delikli levhalar hazır kapıların iç kısımlarında dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadır [28].

2.2.3. Yonga levha üretiminin avantajları

Yonga levha üretiminin hemen hemen hiçbir malzemede görülmemiş hızla artmasının başlıca nedenleri;

- Yonga levha, lif levha ile kontrplak arasında yer alan bir malzemedir. Lif levha üretiminde enerji giderleri çok fazladır. Kontrplak üretiminde ise odun hammaddesi gideri fazladır [5].

- Dünyada 30'dan fazla fabrikada hammadde olarak bitkisel materyal kullanılmaktadır. Hatta kullanılmış odunlar dahi levha endüstrisinin hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Öyle ki Avrupa birliğine bağlı ülkelerde kullanılmış odunlardan üretilen levhalar için üretiminde hiçbir ağaç kesilmedi diye reklam sloganları kullanılmaktadır. Ülkemizde ise bitkisel atıklar levha endüstrisinde hak ettikleri yeri alamamışlardır [5].

- Levha özelliklerinde devamlı düzelmeler olmuştur. Böylece maliyet azalmıştır. Bunun nedeni daha düşük değerde odun ve daha az oranda tutkal kullanmak sureti ile sadece yöntem değişiklikleri ile kalite artırılmıştır [5].

- Geliştirilen teknoloji ve yöntemler sayesinde kaliteyi bozmadan %40'a kadar endüstri artışı odun ve yaklaşık %8–10 yapıştırıcı madde kullanmak yeterli hale gelmiştir [5].

- Orta ve dış tabakalarda daha ince yonga ve hatta odun tozu kullanmak sureti ile levha kaplama vb. yüzey işlemleri için daha uygun hale getirilmiştir [5].

- Yüksek rutubet ve açık hava koşullarının her türlüüne dayanıklı levha türlerinin geliştirilmesi ile yonga levhanın kullanma alanı genişlemiştir [23].

2.2.4. Yonga levha üzerine yapılmış araştırma özetleri

Güler ve diğerleri, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için üretilmiş pamuk sapı yonga levhaların bazı teknolojik özelliklerini incelemişlerdir. Levhaların üretiminde %55'lik üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak %33'lük amonyum klorür kullanılmıştır. Deneme levhaları pres sıcaklığı 150 °C, pres süresi 6 dakika, pres basıncı 2,4–2,6 N/mm², levha kalınlığı 20 mm, dış tabakalar levha kalınlığının %35'ini orta tabaka ise %65'ini oluşturacak şekilde 3 tabakalı levhalar üretmişlerdir. Pamuk sapı yonga levhalarının 0,600 ve 0,700 g/cm³ özgül kütlede üretilen levhalarda eğilme direncini 11,6–16,7 N/mm², yüzeye dik çekme direnci değerlerini 0,35-0,56 N/mm² arasında değişiklik gösterdiğini belirtmişler ve standartlara uygun bulmuşlardır [24].

Ayçiçeği sapsarından, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için üre formaldehit tutkalı kullanarak üretilen yonga levhaların teknolojik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, ayçiçeği sapsarından genel amaçlı ve kapalı ortamlar için yonga levha üretilebileceği tespit edilmiştir. Böylece yeterince değerlendirilmeyen yaklaşık 3 milyon ton/yıl ayçiçeği sapı yonga levha endüstrisi için yeni bir hammadde olarak tespit edilmiştir [31].

Mengeloğlu ve Alma “ Buğday sapsarının kompozit levha üretiminde kullanılması” isimli çalışmalarında yıllık buğday sapı üretimi ve potansiyelini göz önüne alarak, Türkiye'nin yonga ve lif levha gibi ürünlere alternatif olacak kompozitler üretilme potansiyelini araştırmışlardır. Sonuç olarak, buğday sapı ile üretilen yonga ve lif levhaların odundan üretilenlerden birçok özellik (fiziksel ve mekanik) bakımından daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir [32].

Alma ve diğerleri, melamin üre formaldehit ve üre formaldehit tutkalı kullanarak, pamuk sapsarından elde edilen yongalar ile üretilmiş yonga levha özelliklerini araştırmışlardır. Melamin üre formaldehit ile yoğunluğu 0,700 g/cm³ olarak hazırlanan levhaların, üre formaldehit ile yapılan levhalara göre daha iyi fiziksel ve mekanik sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Genelde vida tutma direnci dışında bütün özellikler, yaygın olarak kullanılan yonga levhalara yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca, üretimde yapılacak iyileştirme çalışmalarında fiziksel özelliklerin iyileştirilmesinin amaçlanması gerektiği vurgulanmıştır [33].

Beyhan KARAKUŞ (2007), tarafından yapılan bir çalışmada çeşitli bitkisel sera atıkları kullanılarak yonga levhalar üretilmiştir. Levha üretiminde 3 farklı hammadde, 4 farklı yoğunluk ve 2 farklı tutkal kullanılmıştır. Hammadde olarak patlıcan, biber ve domates sapları kullanılmıştır. Tutkal olarak üre formaldehit ve melamin-üre formaldehit tutkalları kullanılmıştır. Levha yoğunlukları 530, 630, 730 ve 780 kg/m³'tür. Levhaların üretiminde pres sıcaklığı 150-155 °C, pres basıncı 2,5-3 N/mm², presleme süresi 4 dakika olarak uygulanmıştır. Üretilen levhalar 40x40 cm boyutlarında, 16 mm kalınlığında olmuştur.

Üretilen levhalar üzerinde su içerisine daldırma işleminden sonraki kalınlığına şişme değerlerinin belirlenmesi, levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi, eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesi araştırmaları yapılmıştır.

Patlıcan atıklarından üretilen yonga levhaların:

- 24 saatlik su içerisine daldırılma sonrası şişme değerleri %77 - %115 aralığında çıkmış olup değerler çok yüksek bulunmuştur.
- Eğilme dirençleri 8 – 14,20 N/mm² aralığında çıkmış olup değerler genel olarak uygun bulunmuştur.
- Yüzeye dik çekme dirençleri 0,3 – 0,96 N/mm² aralığında çıkmış olup uygun bulunmuştur.

Biber atıklarından üretilen yonga levhaların:

- 24 saatlik su içerisine daldırılma sonrası şişme değerleri %44 - %98 aralığında çıkmış olup değerler patlıcan atıklarından üretilmiş yonga levhalara göre daha düşüktür ancak TS EN 312 standardının ön gördüğü değerlerin çok üzerindedir.
- Eğilme dirençleri 6 – 15,40 N/mm² aralığında çıkmış olup değerler genel olarak uygun bulunmuştur.
- Yüzeye dik çekme dirençleri 0,3 – 0,83 N/mm² aralığında çıkmış olup uygun bulunmuştur.

Domates atıklarından üretilen yonga levhaların:

- 24 saatlik su içerisinde daldırılma sonrası şişme değerleri %50 - %113 aralığında çıkmış olup değerler çok yüksek bulunmuştur.
- Eğilme dirençleri 5,4 – 10,9 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de belirtilen (P1) 11,5 N/mm²'ye göre düşük bulunmuştur.
- Yüze dik çekme dirençleri 0,3 – 0,73 N/mm² aralığında çıkmış olup uygun bulunmuştur.

Araştırma sonucu olarak melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların kalınlığına şişme değerleri üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalara göre daha düşük olduğu görülmüştür. En fazla kalınlığına şişme patlıcan saplarından üretilen yonga levhalarda, en az kalınlığına şişme biber atıklarından üretilen yonga levhalarda görülmüştür. Genel olarak bakıldığında sera atıklarından üretilen levha örneklerinin kalınlığına şişme değerlerinin yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer yıllık bitkilerde yapılan bir çok araştırmada da aynı sonuca varılmış ve buda yıllık bitkilerde geçirgenliğin yüksek olmasından kaynaklanabilmektedir. Bunu engellemek için parafin vb. hidrofobik katkı maddeleri kullanılabileceği belirtilmiştir.

Çalışmada üretilen levhaların yoğunluk ve tutkal kullanım oranı arttıkça eğilme direnci değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. En iyi eğilme direnci 730 kg/m³ yoğunluklu ve %10-12 oranında melamin-üre formaldehit reçinesi ile biber atıklarından üretilmiş olan yonga levhada elde edilmiştir. En düşük eğilme direnci ise domates atıklı yonga levhalarda elde edilmiştir. Melamin üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalara göre daha yüksek eğilme direnci değerleri elde edilmiştir.

Yüze dik çekme dirençleri yoğunluk ve tutkal kullanım oranının artmasıyla artmıştır. En yüksek değerler patlıcan atıklarından melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalardan elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre sera atıkları kullanılan bu levhalarda üretim gerçekleştirilebilmesi için 730 kg/m³ yoğunluk ve %10-12 oranında tutkal kullanımıyla levha üretiminin gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Atıklardan daha iyi sonuçlar elde edilmesi için melamin-üre formaldehit tutkalının kullanılması tavsiye edilmiştir. Bu

hammadde grubundan daha iyi sonuçlar elde edilebilmesi için biber atıklarının kullanılması tavsiye edilmiştir.

Mehmet YENİOCAK (2008), tarafından yapılan bir çalışmada bağ budama atıkları kullanılarak yonga levhalar üretilmiştir. Üre formaldehit tutkalı kullanılarak hammadde içeriği %100 bağ atığı, %75 bağ atığı - %25 çam odunu, %50 bağ atığı - %50 çam odunu, %25 bağ atığı - %75 çam odunu, %100 çam odunu olmak üzere 5 çeşit yonga levha üretilmiştir. Levhaların üretiminde pres sıcaklığı 150 °C, pres basıncı 2,4-2,6 N/mm², presleme süresi 5-7 dakika olarak uygulanmıştır. Üretilen levhalarda 55x55 cm boyutlarında, 20 mm kalınlığında ve 700 - 800 kg/m³ arasında yoğunluk değerleri elde edilmiştir.

Üretilen levhalar üzerinde rutubet miktarının belirlenmesi, su içerisine daldırma işleminden sonraki kalınlığına şişme değerlerinin belirlenmesi, levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi, eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesi araştırmaları yapılmıştır.

Deney numunelerinin:

- Rutubet değerleri %7 - %12 aralığında çıkmış olup TS EN 312-1 standardının ön gördüğü %5 - %13 aralığında bulunduğu için uygun bulunmuştur.
- 24 Saatlik su içerisine daldırılma sonrası şişme değerleri %22 - %41 aralığında çıkmış olup TS EN 312 standardının ön gördüğü yük taşıyıcı olmayan levhalarda olması gereken (P3) %14 değerinin çok üzerinde kalmıştır.
- Dik çekme dirençleri 0,45 – 0,79 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de b genel amaçlı levhalar için (P1) belirtilen 0,24 N/mm²'ye göre uygun bulunmuştur.
- Eğilme dirençleri 12,38 – 13,36 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de genel amaçlı levhalarda (P1) belirtilen 11,5 N/mm²'ye göre uygun bulunmuştur.

Araştırma sonucu olarak çeşitli karışım yüzdeleri ile bağ budama atıkları ve sarıçam odunu kullanılarak üretilmiş olan yonga levhaların su içerisinde kalınlığına şişme miktarları haricindeki diğer testlerde standartlara uygun değerler elde edilmiştir. Su alma miktarının

yapıştırıcı türü değiştirilerek veya su itici maddeler kullanılarak standarda uygun hale getirilebileceği düşünülmüştür.

Bülent TOPBAŞLI (2013), tarafından yapılan bir çalışmada atık muz kabukları kullanılarak yonga levhalar üretilmiştir. Üre formaldehit tutkalı kullanılarak hammadde içeriği %100 kızılçam yongası, %75 kızılçam yongası - %25 muz kabuğu yongası, %50 kızılçam yongası - %50 muz kabuğu yongası, %25 kızılçam yongası - %75 muz kabuğu yongası ve %100 muz kabuğu yongası olmak üzere 5 çeşit yonga levha üretilmiştir. Levhaların üretiminde pres sıcaklığı 150-155 °C, pres basıncı 2,5-3 N/mm², presleme süresi 4 dakika olarak uygulanmıştır. Üretilen levhalarda 35x35 cm boyutlarında, 12 mm kalınlığında ve 640 - 690 kg/m³ arasında yoğunluk değerleri elde edilmiştir.

Üretilen levhalar üzerinde su içerisine daldırma işleminden sonraki kalınlığına şişme değerlerinin belirlenmesi, levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi, eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesi testleri yapılmıştır.

Deney numunelerinin:

- 24 Saatlik su içerisine daldırılma sonrası şişme değerleri %17,74 - %44,96 aralığında çıkmış olup TS EN 312 standardının ön gördüğü yük taşıyıcı olmayan levhalarda olması gereken (P3) %14 değerinin üzerinde kalmıştır.
- Dik çekme dirençleri 0,20 – 0,51 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de belirtilen genel amaçlı levhalar için (p1) 0,24 N/mm²'ye göre uygun bulunmuştur.
- Eğilme dirençleri 7,42 – 13,9 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de belirtilen genel amaçlı levhalarda (P1) 11,5 N/mm² değerinin altında kalmıştır.

Tutkal miktarının ve muz kabuğu yongası kullanım oranının artırılması ile kalınlığına şişme oranının azaldığı görülmüştür. Eğilme direnci verilerinde tutkal miktarının artırılmasıyla birlikte eğilme direncinin arttığı, muz kabuğu yongasının kullanımının arttıkça eğilme direncinin azaldığı görülmüştür. %100 ve %75 muz kabuğu kullanılan yonga levhalardan eğilme direnci sonucu alınmamıştır. Dik çekme verilerinde tutkal miktarının ve muz kabuğu yonga kullanımının artmasıyla birlikte dik çekme dirençlerinin de arttığı görülmüştür.

Gözde ÇAKIR (2012), tarafından yapılan bir çalışmada bağ budama atıkları kullanılarak yonga levhalar üretilmiştir. Daha sonra bu yonga levhalar bor katkılı zeytin karasuyu ile emprenye edilmiştir. Üre formaldehit tutkalı kullanılarak %4, %1 ve %0 bor katkılı zeytin karasuyu ile emprenye edilmiş 3 tip yonga levha üretilmiştir. Levhaların üretiminde pres sıcaklığı 150 °C, pres basıncı 2,4-2,6 N/mm², presleme süresi 5-7 dakika olarak uygulanmıştır. Üretilen levhalarda 55x55 cm boyutlarında, 20 mm kalınlığında ve 600-800 kg/m³ arasında yoğunluk değerleri elde edilmiştir.

Üretilen levhalar üzerinde rutubet miktarının belirlenmesi, su içerisine daldırma işleminden sonraki kalınlığına şişme değerlerinin belirlenmesi, levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi, levha yüzeyine paralel çekme dirençlerinin belirlenmesi, eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesi testleri yapılmıştır.

Deney numunelerinin:

- Rutubet değerleri %7 - %12 rutubet miktarı aralığında çıkmış olup TS EN 312-1 standardının ön gördüğü %5 - %13 rutubet miktarı aralığında bulunduğu için uygun bulunmuştur.
- 24 Saatlik su içerisine daldırılma sonrası şişme değerleri %26 - %28 aralığında çıkmış olup TS EN 312 standardının ön gördüğü yük taşıyıcı olmayan levhalarda olması gereken (P3) %14 değerinin üzerinde kalmıştır.
- Dik çekme dirençleri 0,052 – 0,242 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de belirtilen genel amaçlı levhalar için (p1) 0,24 N/mm²'ye göre düşük bulunmuştur.
- Paralel çekme dirençleri 0,665 – 1,187 N/mm² aralığında çıkmış olup ASTM 1037 standardının ön gördüğü 3,5 N/mm² değerinin altında kalmıştır.
- Eğilme dirençleri 1,37 – 3,27 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 312-2'de belirtilen genel amaçlı levhalarda (P1) 11,5 N/mm² değerinin altında kalmıştır.
- Vida tutma dirençleri 13,67 – 18,23 N/mm² aralığında çıkmış olup TS EN 320 standardının ön gördüğü 13,4 N/mm² değerine göre uygun bulunmuştur.

Araştırma sonucunda bor katkılı bağ budama atıklarının su içerisine daldırılma sonrası kalınlığına şişme miktarlarının standardın çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bu değeri azaltmak için su itici kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Levhaların yüzeye dik çekme direnci $0,242 \text{ N/mm}^2$ ile en yüksek olan %1 borlu yonga levhada, $0,121 \text{ N/mm}^2$ ile en düşük direnç ise bor katkısı olmayan yonga levhada elde edilmiştir. Levha yüzeyine dik çekme verilerinin düşük çıkmasının yonga geometrisinin levhanın her yerinde aynı olmaması, homojen bir serme işlemi yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Levhaların yüzeye paralel çekme dirençleri $1,187 \text{ N/mm}^2$ ile en yüksek bor katkısı olmayan yonga levhada, $0,665 \text{ N/mm}^2$ ile en düşük %4 borlu yonga levhada elde edilmiştir. Buradan tutkal yonga karışımının homojen yapılamadığı, tutkal miktarının dengeli olmadığı sonucu çıkmıştır.

Eğilme direnci verilerinde %1 ve %4 borlu yonga levhaların eğilme direnci standardının ön gördüğü $11,5 \text{ N/mm}^2$ sınırının altında bulunmuştur. Bunun sebebinin bağ çubuğu yongaları arasında iç yapışmanın sağlanamaması olabileceği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, $2,387 \text{ N/mm}^2$ ile en yüksek değer bor katkısı olmayan yonga levhada elde edilmiştir. Bunun sebebinin bor konsantresi yükseldikçe eğilme direncinin düşmesi olabileceği belirtilmiştir.

TS EN 320 Standardına göre bor katkısı olmayan, %1 ve %4 borlu yonga levha tipleri yüzeye dik vida tutma değerleri kabul edilebilir düzeyde çıkmıştır. En yüksek vida tutma değeri $18,24 \text{ N/mm}^2$ ile %1 borlu yonga levhada, en düşük vida tutma değeri ise $13,63 \text{ N/mm}^2$ ile %4 borlu yonga levha tipinde bulunmuştur. Emprenye işleminin yüzeye dik vida tutma değerini artırdığı bilinmektedir. Buna göre %4 borlu yonga levhanın direnç düşüşünün serme işleminin homojen yapılamamasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

2.2.5. Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddeler

2.2.5.1. Orman atıkları

Boyu 0,5-2 m arasında değişen kalın uç çapı 20 cm, ince uç çapı 4 cm olan dallar ile 20 cm kalınlığı geçmeyen odunlar bu sınıfa girerler. “Ster” olarak satılırlar. Orman artıklarının

istiflenmiş 1 m³'üne (1 ster) denir. Kayın odunu 460 kg/ster, çam ise 335-350 kg/ster'dir. 1 ster odun yaklaşık olarak 0,6 m³'tür [5].

Ph değeri düşük olan her türlü orman artığı yonga levha üretiminde kullanılabilir. Bundan başka yonga levha üretiminde kullanılacak odunun rutubetinin % 35-50 arasında olması gerekir. Bundan daha yüksek rutubet dereceleri, kesme etkinliğinin azalmasına, kurutma süresinin artmasına, daha düşük rutubet dereceleri, yongalanma esnasında daha fazla tozlanmaya neden olarak kullanılabilir, yonga oranını azaltmaktadır [20].

Kereste eldesi esnasında meydana çıkan artıklar, kapak tahtaları, testere talaşları ile kaplama ve parke üretiminde fire olarak çıkan parçalar ve makine talaşları yonga levha üretimi için elverişlidir [5].

Yonga levha üretiminde kullanılacak odunlarda budak, böcek yeniği, eğrilik, lif kıvrıklığı, çatlaklar vb. bulunabilmektedir. Odunlarda çürüklük bulunmamalı, öz çürüklüğü ise enine kesitin yarısına kadar olabilmektedir [5].

Levha üretiminde odun hammaddesinin kabuk içermemesi istenir. Fakat yongalar genellikle kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmektedir. Diğer taraftan ağaç türüne, yaşına, yetiştirme ortamına bağlı olarak kabuk miktarı yaklaşık %5-25 arasında değişebilir. Bu miktardaki materyalin atılmasına gerek yoktur. Ayrıca yuvarlak ince odunların kabuğu soyulması zor ve pahalıdır. Ancak kabuğu yuvarlak olması sakıncalıdır [37].

Yonga levha üretimi için en uygun ağaç türlerinin iğne yapraklılardan çam, ladin, göknar ve sedir, geniş yapraklılardan ise kızılğaç, ıhlamur, kayın, kavak ve söğüt türlerinin olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu maksatla ormangülü, sahil çamı, titrek kavak ve yalancı akasya türlerinin de kullanılabilceği bildirilmektedir [19].

2.2.5.2. Yıllık bitkiler

Yonga levha üretiminde temel hammadde olarak odun kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda odun hammaddesinin bulunmasında ortaya çıkan güçlüklerden dolayı yonga levha üretiminde yıllık bitkilerin kullanılması bu sıkıntıya çözüm olarak görülmüştür. Yıllık bitkilerin hammadde olarak değerlendirilmesinde farklı özellikleri vardır. Bunlar iki gruba ayrılırlar. İlki sert odunlara uygunluk gösteren tahıl sapları gibi, şeker kamışı, ayçiçeği sapı, bambu, mısır sapı vb. bitkilerdir. İkinci grup ise; yumuşak odunlara uygunluk

gösteren pamuk karpelleri, yer fıstığı kabuğu, ayçiçeği çekirdeği kabuğu, kenaf, saz, saman vb. bitkilerdir. Bunların kullanım için yeterli miktarda olması toplama, taşıma, depolama ve hazırlanmalarının kolay, ucuz ve mantarlar tarafından herhangi bir bozulmaya maruz kalmamış olmaları gerekmektedir. Yıllık bitkilerin kullanılmasında en büyük sorun materyalin homojen olmayışıdır [24].

Bir çok sebep için tarımsal atıklar levha üretiminde odun lifleri yerine çok iyi alternatif madde olarak kullanılabilir. Özellikle çiftçilerde bu kullanımdan çok memnundurlar. Sanayiye, insan sağlığına ve çevreye destek için kullanılan tarımsal atıklardan örnek verildiğinde buğday saplarından dönümde 1-3 ton elde edilmektedir. Sanayiye satıldığında ise buğday saplarından her bir ton için 45 \$ kazanç elde edilmektedir. Üreticilerde gerçek mahsulün satışından atıkların satışının daha karlı olduğunu iddia etmektedirler [38].

Şeker kamışı, bambu, pamuk, jüt, kenaf, pamuk, pirinç sapı, pirinç kabuğu, muz, buğday, tütün, ananas, ay çiçeği sapı, mısır sapı, kenevir, yulaf sapı, pamuk sapı, saman, çavdar, arpa, keten gibi birçok lignoselülozik materyalden kompozit materyal üretilebilmesi üzerine laboratuvar ortamında araştırma yapılmıştır [39].

Çizelge 2.1 ve 2.2' de çeşitli bitkisel esaslı levhalara ait bazı fiziksel ve mekanik özellikler gösterilmiştir.

Çizelge 2.1.Bitkisel esaslı yonga levhaların yoğunluk, tutkal türü ve miktarları [34]

Hammadde Türü	Levha Tipi	Yoğunluk (gr/cm ³)	Tutkal Miktarı (%)
Buğday	Yüksek yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.77	UF
Prinç	Yüksek yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.75	UF
Kenaf/Odun	Yüksek yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.70	% 8 O.T. %12 Y.T. UF
Şeker kamışı	Yüksek yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.84-0.90	% 5-8 DMDI
Asma/Odun	Orta yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.65-0.74	%8 UF
Asma/Odun	Orta yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.69	% 8 O.T. %12 Y.T. UF
Hindistan cevizi	Orta yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.72-0.76	% 2-8 EMDI
Kenaf	Düşük yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.1-0.3	Yok
Yer fıstığı	Orta yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.59-0.80	UF, PF, DMDI
Ayçiçeği sapı/Kavak	Orta yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.70	% 9 O.T. %11 Y.T. UF
Pamuk sapı	Düşük ve Orta yoğ. YL (Üç tabaka)	0.40-0.70	% 6-8-10 O.T. % 8-10-12 Y.T. UF
Pamuk karpeli	Orta yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.70	% 9-11 UF, % 9-11 MUF
Kenaf	Düşük yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.235-0.239-0.249	% 8 UF,% 4 PF, %3 PMDI
Prinç kabukları/Odun	Yüksek yoğunlukta YL (Tek tabaka)	0.90	Tanen
Ayçiçeği sapı/Kızılçam	Orta yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.70	% 9 O. T. % 11 Y.T. UF
Fındık kabukları	Orta yoğunlukta YL (Üç tabaka)	0.60-0.70	% 8 – 10 UF, PF,MUF

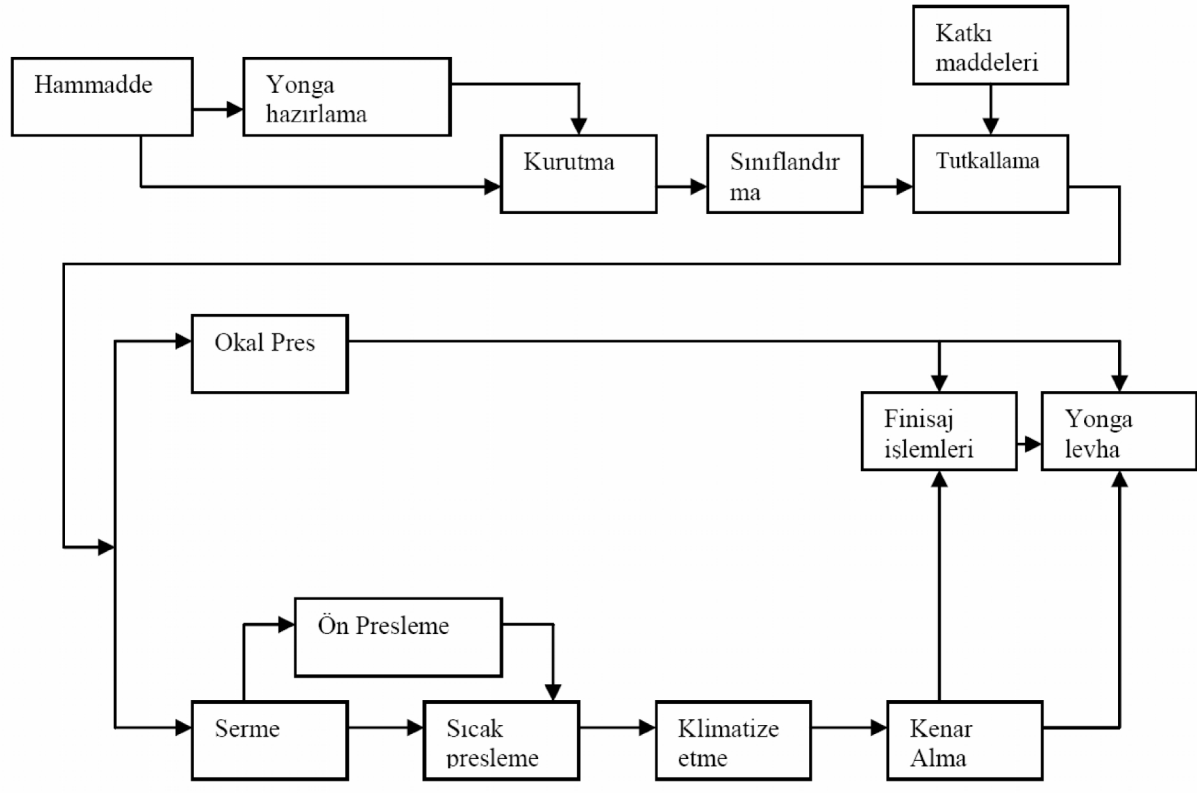
Çizelge 2.2.Bitkisel esaslı yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri [34]

Hammadde	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	Yüzeye Dik Çekme Direnci(N/mm ²)	Kalınlığına Şişme(%)
Buğday	20	-	0.57	15
Prinç	21	-	0.48	14
Kenaf/Odun	17.66-29.58	-	0.67-1.03	16.4-26.5
Şeker kamışı	19,11-27,88	2300-3790	1.63-2.70	8,6-11,9
Asma/Odun	8.5-17,8	1048-2340	0.65-1.13	17.5-25.1
Asma/Odun	10.9-19.9	1518-2798	0.70-0.84	12.1-16
Hindistan cevizi	10,58-20,5	-	0,38-1,18	7,1-36,8
Kenaf	Maks 1,1	Maks 300	Maks 0,10	Min 6,6
Yer fıstığı	3-15.37	1279-1296	-	2.70-5.27
Ayçiçeği sapı/Kavak	15.65-25.30	1800-2963	0.46-0.69	17.99-25.05
Pamuk sapı	3.31-15.67	750.99-2705.77	0.113-0.536	14.51-24.07
Pamuk karpeli	9.4-13.1	-	-	16.76-37.65
Kenaf	10.5-13.5	1517-2096	0.25-0.35	14-16
Prinç kabukları/Odun	3.40-13	989-2500	0.20-0.34	-
Ayçiçeği sapı/Kızılcam	15.67-18.74	1800-2204	0.469-0.584	21.17-22.57
Fındık Kabukları	7.70	0.343-0.505	-	16.2-29.3

2.2.6. Yonga levha üretim teknolojisi

Yonga levha üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi ve kalıplaşmış yonga levha üretimidir.

Bütün üretim metotlarında temel olarak işlem aynıdır. Yonga levhaların genel üretim süreci Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yonga levha üretim teknolojisi [29]

2.2.6.1. Hammadde odunun depolanması

Ülkemizde odun üretimi yılın her ayında ve her mevsiminde olmadığından dolayı, fabrikalar yıllık hammadde gereksinimini depo etmek durumundadırlar. Fabrikanın depo kapasitesi fabrikanın yıllık hammadde gereksinimine denk olmalıdır. Depoda tomruklar, kapak tahtaları, çiteler, iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç odunları, yerli ve yabancı ağaç odunları, levhanın dış ve orta tabakaları için yongalar elde edilmek üzere ayrı ayrı istif edilmelidir. Depolamada; çürüklük ve mantar tahribatına karşı hava sirkülasyonunun iyi bir şekilde sağlanmasının yanında kabukları iyice soyulmuş odunun toprak zemini üzerinden takriben 50 cm'lik mesafede depolanması gerekir [40].

Ağaç malzemenin depolanmasında bakteri saldırılarından dolayı porozite (gözeneklilik) artması, çürüme ve oksidasyon lekesi, mantar ve böcek zararlıları, donma ve ısınmadan dolayı lif ayrılması, çatlama, enine kesitlerde ve çevresinde kuruma ve çatlama nedeniyle

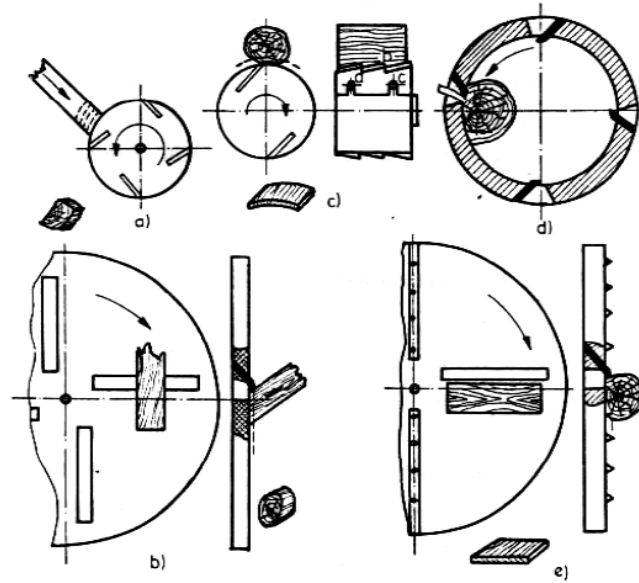
mavi renklenme ile hoş olmayan koku oluşumu görülebilir. Bu nedenle su ile depolama ve yağmurlama sistemi gibi önlemlerin yanında bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı kimyasal maddelerin kullanılması gerekir. En iyi yöntem ağaç malzemenin hemen üretime verilmesi veya su altında depolama ya da üzerine su püskürtmedir [24].

2.2.6.2. Kabuk soyma

Yongaların hazırlanmasındaki ilk işlem kabuk soymadır. Yonga levha endüstrisinde orta tabaka yongalarının üretiminde kabuk soyma ünitesi kullanılmamaktadır. Kabuk üretime katılarak verim artışını sağladığı için tercih edilmekte ve doğrudan doğruya levha üretimine katılmaktadır. Fakat yonga levha üretiminde üst tabakalarda kullanılacak odun kabukları soyulması istenmektedir. Üretimde kabuk kullanılmaması durumunda elde edilen levhaların direnç değerleri daha yüksek ve levhanın rengi daha homojendir. Bu nedenle levha ağırlığına oranla kabuk miktarı % 10' nu geçmemelidir [24].

2.2.6.3. Yongalama

Yongalar, orman artıklarından değişik kesme yöntemleri elde edilir. Dolayısıyla elde edilen yongaların biçim ve boyutları kullanılan makineye göre değişir. Yongalamada kullanılan değişik kesme yöntemleri ve bu yönteme bağlı elde edilen talaş türleri Şekil 2.5'de gösterilmiştir [27].



Şekil 2.5. Yongalamada kullanılan kesme yöntemleri [26]

- a) Silindirli ve boyuna eğik yongalama,
- b) Diskli ve boyuna eğik yongalama,
- c) Silindirli ve enine yongalama,
- d) Santrifüjlü yongalama,
- e) Diskli ve enine yongalama.

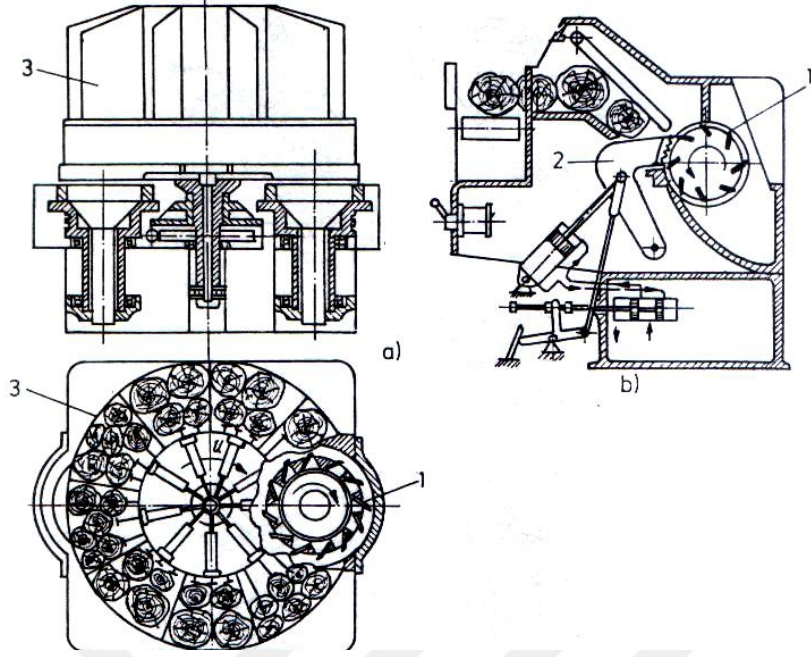
Yonga levha üretiminde talaş biçimi önemlidir. Genellikle orta tabakalarda iğne yapraklı ağaçlarda elde edilen kıymık talaşı, kübik talaş, kibrit talaş, dış tabakalarda geniş yapraklı hafif ağaçlardan elde edilen banda talaşı, dekor talaşı ve testere talaşı kullanılmaktadır. Talaşların bu özelliklere sahip olması için orman artıkları kaba yongalama ve ince yongalama olmak üzere iki yongalama işleminden geçirilir [26].

2.2.6.3.1. Kaba yongalama

Yongalama işleminde çok çeşitli türde yongalama makineleri kullanılmaktadır. En çok kullanılanlar; diskli ve silindirli yongalama makineleridir [19].

Diskli kaba yongalama makineleri: Diskli yongalama makineleri, liflerin dik yönde kesimi için kullanılır. Yatay ve dikey diskli olabilirler. Bıçaklar diskler üzerine ekstenel yerleştirilir. Bıçakların diskten taşkınlığı kesilecek talaş kalınlığını belirler. Yongalanacak odunlar, diskte, çift taraftan konveyörlerle yapılır. Modele göre değişmekle beraber, 1500 mm çaplı ve 10 mm bıçaklı diskle, 330 mm uzunlukta ve 220 mm çaplı odunlar kullanarak, 10–15 mm boy ve 0,15–0,6 mm kalınlıklı talaşlar üretilebilir [26].

Silindirli kaba yongalama makineleri: Silindirli yongalama makineleri, dikey bıçak toplu veya yatay bıçak toplu olup, döner magazin beslemeli veya itici olabilir (Şekil 2.6 a-b). Makinede aynı eksen çizgisinin üzerinde olmak üzere dikey konumlu iki kesici vardır. Hidrolik elemanlar tarafından sıkıştırılmakta olan yuvarlak odunlar, birinci kesici hizasına gelince, bıçak boyunca, yuvarlak odunun alt tarafından kesim yapılır [26].



Şekil 2.6. Silindrikl yongalama makineleri [26]

a) Dikey kesicili

b) Yatay kesicili

1) Bıçaklı silindir

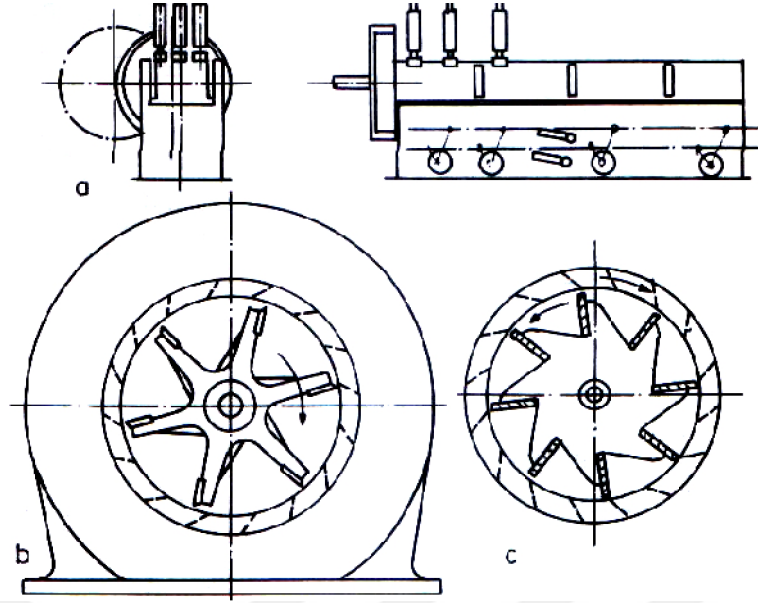
2) İtici

3) Döner besleme magazini

2.2.6.3.2. İnce yongalama

Kaba yongalardan levha yapımına uygun yongaların elde edilmesi işlemine ince yongalama denir. Dış tabakalarda kullanılacak yongaların 0,15–0,25 mm, orta tabakada kullanılacakların 0,3–0,5 mm kalınlıklarda olması gerekir [26].

Yıldız bıçaklı ince yongalama makineleri: Yıldız bıçaklı ince yongalama makineleri kaba yongaları merkezden alır ve merkezkaç kuvveti etkisi ile dışa fırlatırken bıçakları arasında ufalar (Şekil 2.7).



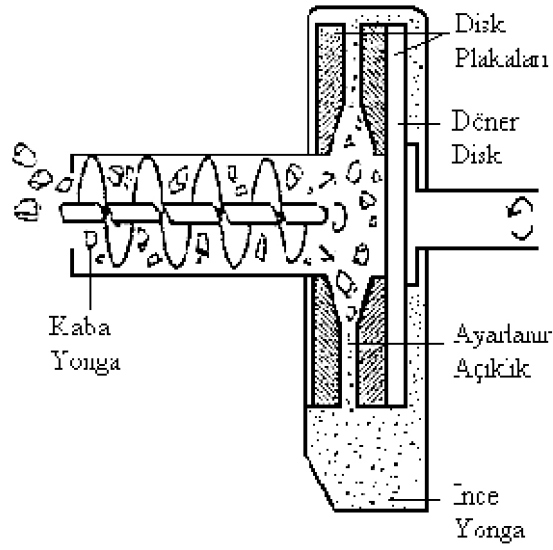
Şekil 2.7. Yıldız bıçaklı ince yongalama makineleri [26]

2.2.6.3.3. Santrifüjlü yongalama

Diskli ve silindirik yongalama makinelerinden çıkan kaba yongaların ince yongaya çevrilmesinin yanında, küçük ebatlı yuvarlak odunların yongalanması amacı ile kullanılabilir. Kaba yongalar, özel besleme kanalından makinenin merkezine alınır. Burada, talaşlar, rotor kanatları tarafından kesici topun iç yüzeyine fırlatılırlar. Bu bıçak boşluğu içerisinde kaba talaşlar, bıçaklar tarafından, liflere dik kesimli ince talaş haline çevrilerek, bıçak boşluğunu sınırlayan duvara açılmış deliklerden makinenin özel deposuna fırlatılırlar [26].

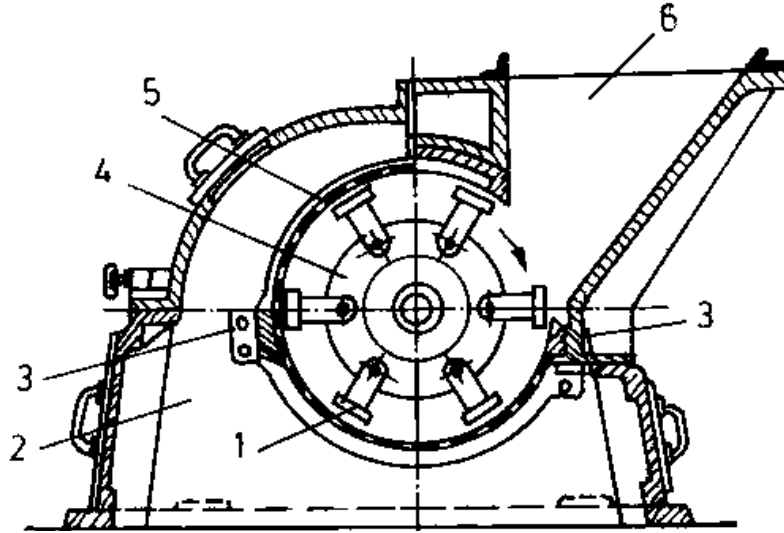
Diskli değirmen: Özellikle dış tabakalarda kullanılacak yongaların daha homojen olması için öğütülmelerine ihtiyaç vardır. Öğütme, diskli çekiçli veya elekli değirmenlerde yapılır. Bu değirmenlerde öğütülecek malzeme rutubetinin %50–60 arasında bulunması gerekir (Şekil 2.8) [26].

Çekiçli değirmen: Çekiçli değirmenler kaba yongaları ve artık talaşları ince yongalar haline getirmede kullanılır. Talaş veya kaba yongalar özel besleme kanalından çekiçler ve sabit bıçaklar bölümüne aktarılır.



Şekil 2.8. Diskli değirmen

Kesilerek veya parçalanarak elde edilen ince yongalar, merkezkaç kuvveti ile perdeye yönlendirilirler ve bu perdeden geçen talaşlar, perde ve dış duvar arasındaki boşluğa geçerler (Şekil 2.9) [26].



Şekil 2.9. Çekiçli değirmen

- | | | | | | |
|-------------|-----------|-------------------|----------|---------|-------------------|
| 1) Çekiçler | 2) Boşluk | 3) Sabit bıçaklar | 4) Rotor | 5) Elek | 6) Besleme kanalı |
|-------------|-----------|-------------------|----------|---------|-------------------|

Elekli değirmenler: Elekli değirmenlerde hammaddenin yerleştiği öğütme boşluğu çok daha büyük olup kapasiteleri yüksektir. Bu boşluğun yonga ile tamamen doldurulması gerekir. Elekli değirmenler hammaddenin makineye verilmesine göre çevreden beslenenler ve merkezden beslenenler olarak iki gruba ayrılırlar. Bu makineler, parçalayıcı ve kesici bıçaklarının ve bunları taşıyan döner kısımlarının özelliklerine göre haçlı değirmen, çok çekiçli değirmen, çekiçli değirmen, kesici değirmen gibi isimler alırlar. Talaşı merkezden alıp çevreden veren veya çevreden alıp merkezden veren tipleri vardır. Esas öğütmeyi yapan bıçakların durumuna göre çekiçli değirmen, haçlı değirmen gibi pek çok çeşitleri vardır. Öğütme işleminden sonra çıkan talaşlar alt tarafa yerleştirilmiş elekten geçirildiği için bu adı almışlardır [26].

2.2.6.4. Kurutma

Üretilen yongalar %30–120 arasında çok değişik nem oranlarına sahiptir. Bunun %3–5 oranına kadar kurutulması gerekir. Presleme tekniği açısından dış tabaka yongaları daha nemli, orta tabaka daha kuru olarak hazırlanır. Kurutma 140–260 °C sıcaklıkta, yonganın 1–4 m/sn'lik bir hızla kurutma silindirin etrafında 30–35 dakikalık bir yolculuğu sırasında gerçekleşir [26].

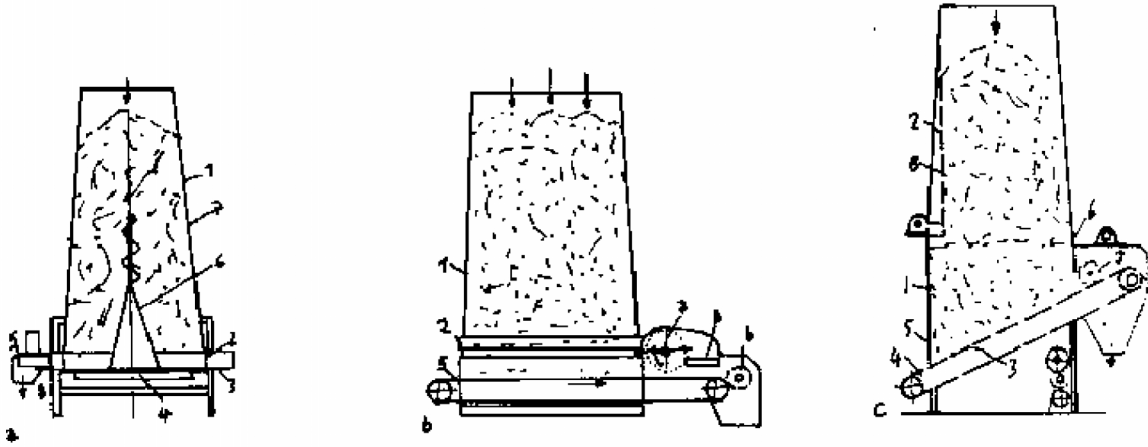
2.2.6.5. Yongaların sınıflandırılması (Eleme)

Yongalama makineleri ne kadar gelişmiş olursa olsun homojen boyutlarda yonga üretimi yapılamamaktadır. Değişik boyutlarda elde edilen yongalar karışık halde yonga levha üretiminde kullanılırsa yüzey düzgünlüğü bozulur. Çok kaba yongalar orta kısımda toplanarak, levha kenarlarının kaplanmasını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca çok küçük veya toz halindeki parçacıkların elimine edilmeden kullanılması durumunda bu parçacıklar çok fazla tutkal absorbe edeceğinden dolayı, yonga levhanın mekanik ve fiziksel dirençlerini düşürürler. Bu nedenle yonga boyutlarında bir sınıflandırmaya gitmek zorunluluk haline gelir. Sınıflandırma genellikle kurutmadan sonra yapılır. Kurutulmadan sınıflandırmaya çalışıldığında, ince yongalar kaba yongalara yapışarak sınıflandırmanın gerektiği gibi yapılamamasına neden olur. Sınıflandırma mekanik elekler veya pnömatik makinelerle yapılır. Günümüzde yongalar çoğunlukla pnömatik havalandırma sistemleri süspansiyon, püskürtme ve rüzgârla sınıflandırma olmak üzere üç değişik şekilde sınıflandırılır [41].

Sınıflandırma tamamlandıktan sonra çok ince, toz halindeki yongalar elimine edilir. Çok kaba yongalar tekrar ufalanmak üzere diskli veya elekli değirmenlere geri gönderilir. Geriye kalan yongalar en az ikiye ayrılarak, ince yongalar levhanın dış tabakalarında, kaba yongalar orta tabakalarda kullanılmak üzere ayrı ayrı depolanır [3, 41]

2.2.6.6. Depolama

Elekten geçirilen talaşlar cinslerine göre, yaşlılık durumlarına göre ayrı ayrı depolara alınarak bir süre bekletilirler. Bu depoların büyüklerine silo, küçüklerine bunker denir. Bunkerlerin dikey ve yatay olmak üzere iki türü vardır. Dikey bunkerler kuru yonganın bekletilerek daha homojen bir nem oranına sahip olması için kullanılır. Silindirik, köşeli ve tabanı paletli türleri vardır (Şekil 2.10) [26].



Şekil 2.10. Dikey bunkerler

a) Silindirik

b) Köşeli

c) Köşeli, tabanı paletli

2.2.6.7. Tartma ve tutkallama (Dozajlama)

Levhalarındaki yonganın hacmine ve ağırlığına göre %50 katı maddeli üre formaldehit ya da fenol formaldehit tutkalları kullanılır [27].

Tutkal çözeltisi içerisine sertleştirici, parafin, zararlılara karşı koruyucu maddeler de karıştırılır. Ancak bu oran, kuru talaş miktarının %20'sini geçmemelidir. Tutkallanacak yongalar, taşıyıcı bantlarla bir kefe üzerine aktarılır. Tutkallama makinesine dökülen talaşlar üzerine, otomatik olarak, miktarı önceden belirlenmiş tutkal pülverize edilerek püskürtülür. Aynı zamanda karıştırıcı kollarla devamlı alabora edilen talaşlar, yeterince

karıştırıldıktan sonra, makineden çıkarılarak iletim bantları vasıtasıyla yatay bunkerlere nakledilir [26].

2.2.6.8. Taslak oluşturma (Serme)

Tutkallama makinelerden çıkan yonga levhaların homojen bir taslak halinde serilmesi işlemine hazır hale getirilmesi yonga levha üretiminin en önemli aşamasıdır. Serme işleminin uygun bir şekilde yapılmaması sonucu meydana gelebilecek bir hata, levhanın fiziksel özelliklerin ve özgül ağırlığın değişmesine, bununla birlikte uygun preslemenin yapılamamasına neden olacaktır. Özgül ağırlıkta değişiklikler, levhanın mekanik özelliklerinin değişmesine neden olmakla birlikte, bundan daha çok çarpılma ve eğilmeler meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Serme işlemi de amaç mümkün olduğunca üniform bir taslak elde etmektir. Yonga levhalar da özgül ağırlık levhanın bütününde aynı olmalıdır. Levha taslağının oluşturulmasında, en çok savurma yöntemi olmak üzere üç yöntem vardır [19].

Dökme yöntemiyle taslak oluşturmada, eleme ve pnömatik sistemle tasnif edilen yongalar, kat sayısı kadar olmak üzere, ayrı ayrı silo veya bunkerlere alınır. Taslak oluşturma ise, tahrikli bant üzerinde, direkt olarak, katları ardışık olarak üst üste dökmek suretiyle gerçekleştirilir. Serpme yöntemiyle taslak oluşturmada (serme) yukarıda miktarı ayarlanarak gelen talaşlar, aşağıda döner bir çarka çarpar. Çarka çarpan yongaların iri ve ağır olanları daha ileriye, ince ve hafif olanları daha yakına düşer. Bu serpme işlemi, karşılıklı olarak yapıldığı takdirde, yongalar otomatik olarak, çift yüzeye, kalından inceye doğru katmanlaşmış olur. Savurma yönteminde, katkı maddeleri ilave edilmiş yongalar serbest olarak düşmeye bırakılır. Aynı anda, tek veya çift taraflı olarak, talaşa hava üflenir. Bu durum da serpme işleminin tersine, ağır ve büyük talaşlar daha yakına, küçük ve hafif talaşlar daha uzağa düşerek, levha ortasından itibaren kalından inceye doğru serme işlemi gerçekleştirilmiş olur [26].

2.2.6.9. Presleme

Serme makinelerinde, gerek hacim gerekse ağırlık bakımından eşit şekilde serme işlemi, çok katlı pres kullanılacaksa levha ebadından biraz daha büyük çelik saçlar üzerine, tek katlı pres kullanılacaksa sonsuz çelik band üzerine yapılır. Presleme sırasında levhalar dıştan içe doğru ısınacaklarından, dış yüzeyde bulunan nem, sıcaklığın etkisiyle buhara

dönüşerek süratle iç kısımlara nüfuz eder. Böylece her yer süratle 100 °C sıcaklığa erişerek, gittikçe artan basıncın etkisiyle, su buharı, levha kenarlarını çatlatarak dışarı çıkar. Pres zamanı sona erince, basınç 14 kg/cm²'ye düşürülerek tutkalın en uygun şartlarda kristalleşmesi sağlanır [26].

2.2.6.10. Finisaj işlemleri

Preslemeden önce ve presleme sırasında yapılan işlemler elde edilecek yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlara uygun olması sağlasalar da bu özelliklerin korunması ve düzeltilmesi için preslemeden sonra da birçok işlem yapmak gereklidir [19].

2.2.6.10.1. Levhaların klimatize edilmesi

Presten çıkan levhalar genellikle palet üzerinde toplanmaktadır. Daha sonraki işlemlere başlamadan önce 15 güne kadar uzayabilen bir süre için istiflenmektedir. Bu süre içinde levhada daha sonraki sertleşme ve kondisyonlama olarak ifade edilen kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelir. Ortaya çıkan en önemli değişim rutubet miktarı dengesinin oluşumudur. Eğer üst üste istifleme yapılırsa levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinde %40'a varan azalmalar olur [26].

Ayrıca presten çıkan yonga levhaların dış tabaklarındaki sıcaklık, pres plakalarındaki sıcaklıkla aynı olmasına karşın orta tabakadaki sıcaklık 100 °C'nin biraz üzerinde bulunur. Soğuma sırasında dış tabakalar hızla soğurken orta tabaka daha yavaş soğur. Bunun sonucunda kuru olan dış tabaka ve orta tabaka rutubetini dış tabakalara vererek daralır. Bu nedenle oluşan iç gerilim levhanın deforme olmasına neden olur. Bütün bu sakıncaları ortadan kaldırmak için en uygun yöntem, presten çıkan yonga levhaları klima odalarında çok yavaş soğutmaktır [19].

2.2.6.10.2. Ölçülendirme

Yonga levhaların üçlüleri DIN ve TSE standartlarına göre; kalınlıkları:4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 18, 22, 25, 28, 30, 35, 40, 50, 60 mm, ebatları:183x216, 183x222, 183x366, 183x420, 210x280, 205x366, 205x420 cm'dir. Özel üretim mümkündür [24].

2.2.6.10.3. Zımparalama

Presten çıkan levhaların özellikle mobilya endüstrisinde kullanılacak olanlar doğrudan kullanıma hazır değildirler. Yüzeyleri pürüzlü ve kalınlıkları homojen değildir. Yüzeyleri daha sonralar yapılacak işlemlere hazırlamak ve kalınlıkta olabilecek hataları gidermek için genellikle 2-4 silindiri zımparalama makineleri ile zımparalanır. Zımparalama makinelerinde kalınlık ayarı yapıldıktan sonra levha tek geçişte her iki yüzü zımparalanmış olarak çıkar [19].

2.3. Orta yoğunlukta lifli levha (MDF, medium density fibreboard)

MDF, “Orta Yoğunlukta Lifli Levha” anlamına gelen İngilizce “Medium Density Fibreboard” kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. MDF, termomekanik olarak odun veya diğer lignoselüzik hammaddelerden elde edilen liflerin, sentetik yapıştırıcı ilavesiyle belirli bir rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra oluşturulan levha taslağının sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen bir üründür [4].

MDF'nin her noktasında liflerin eşit dağılması ve çok yoğun bulunuşu levhanın her iki yüzünün olduğu kadar, kenarlarının da makineyle herhangi bir kırılma olmaksızın ya da malzeme parçacıkları arasında boşluklar ortaya çıkmaksızın işlenmesine imkan sağlamaktadır. MDF bu sayede masa tablaları, kapı panelleri, kenarları pahlı veya profil yüzeyli çekmece alınları gibi parçaların üretilmesinde başarıyla kullanılabilir. Son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahip olan MDF gerek boyamada, gerekse dekoratif folyo veya ahşap kaplamada çok iyi bir taban oluşturur [4].

MDF masif ahşap gibi işlenebilmekte, CNC tezgahlarda hatasız kesim, delik ve frezeleme imkanı sağlamaktadır. Temiz yüzeye ve düzgün kenarlara sahip olan levhalar, laklama, boyama ve kaplama gibi işlemler için çok elverişlidir. Kayın, meşe, cam gibi ağaç türlerinden üretilir [4].

İlk MDF üretimi ile ilgili ticari kuruluş, 1966 yılında Amerika'nın New York eyaletinde kurulmuştur. Avrupa'da ise 1973 yılında ilk ticari kuruluş kurulmuştur. Günümüzde ise Avrupa üretimi, Amerika'daki kuruluşlarla rekabet edebilecek düzeydedir [4]. MDF, işleme ve uygulanma alanında olduğu kadar fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından yüksek standartlara sahip olması sebebiyle ahşap ve yonga levhalarında yerini yüksek

oranda almıştır. Yoğunluğuna göre lif levhalar 3 çeşit olmasına rağmen içlerinde en fazla bilineni MDF dir. Yoğunluğuna göre lif levha türleri aşağıdaki gibidir [4]:

- Yüksek yoğunluklu lif levha (HDF): 800 kg/m^3 üzeri,
- Orta yoğunluklu lif levha (MDF): $640\text{-}840 \text{ kg/m}^3$ arası,
- Düşük yoğunluklu lif levha (LDF): 640 kg/m^3 'den daha az yoğunluğa sahip levhalardır.

2.3.1. Orta yoğunlukta lifli levha üretimi

MDF, hem yumuşak hem de sert ağaç türleriyle üretilmektedir. Ancak fabrikalar, sert ağaçların daha iyi standartlara sahip olmasına rağmen yerel orman kaynağına bağlı olarak yumuşak ağaçları daha fazla kullanmaktadır [4].

MDF'yi oluşturan maddelerin %82'lik payla büyük kısmını odun lifi oluşturmaktadır. Kalan %18'lik kısmın %10'unu sentetik reçine, %7'sini su, %1'ini parafin %0,05'ide silisyumdan oluşmaktadır. En yaygın kullanılan yapıştırıcı ise üre formaldehit tutkalıdır [4].

Üretim için seçilen ağaçlar, kabuk soyma makinesinde kabuklarından temizlenir. Temizlenen odunlar yongalama makinesinden geçirilerek küçük parçalara ayrılır. Yonga adı verilen bu parçalar sert ağaç (kayın, meşe) ve yumuşak ağaç (çam) silolarında ayrı ayrı depolanır. Yongalar, rafineri ünitesinde yapılan işlemlerle liflere ayrılır sonra bu lifler kurutularak tutkal, parafin ve sertleştirici gibi birleştirici maddeler eklenir. Birleştirici maddeler ile karıştırılan lifler, serme bunkerine gelir [4].

Serme işlemi sonrası "mat" adı verilen lifler, sürekli preslerde yapılan ön presleme işlemi sırasında lif tabakaları yaklaşık yarı kalınlığa incek biçimde sıkıştırılır, kenarları tıraş edilip düzeltilir ve ebatlandırılır. Bunu izleyen sıcak presleme aşamasında ise yüksek sıcaklık ve büyük basınç altındaki lifler ve birleştirici maddeler tam kaynaşıp setleşerek istenilen kalınlıkta levhalar haline gelirler. Üretimin son aşaması sıcak prestan çıkan levhaların soğutulması ve zımparalanarak kusursuz bir yüzey kazandırılması işlemidir. Boy kesme, kenar düzeltme ve soğutma işleminden sonra istiflenerek yarı mamul ambarına taşınır. Mevsim şartlarına göre 3-7 gün dinlendirilen levhaların yüzeyleri, zımpara makinesinde zımparalanır ve satışa hazır hale getirilir [4].

Ham MDF'nin solgun saman sarısı renginde düzgün bir yüzey rengi vardır. MDF ham olarak satılmakla birlikte yüzeye ahşap kaplama, plastik kaplama, laminat kaplama vb. kaplamalar uygulanarak da satılmaktadır [4].



Resim 2.1. Yongaları depolama



Resim 2.2. Serme bunkeri



Resim 2.3. Bunker camından iç görünüş



Resim 2.4. Serme işlemi



Resim 2.5. Bunker çıkışı



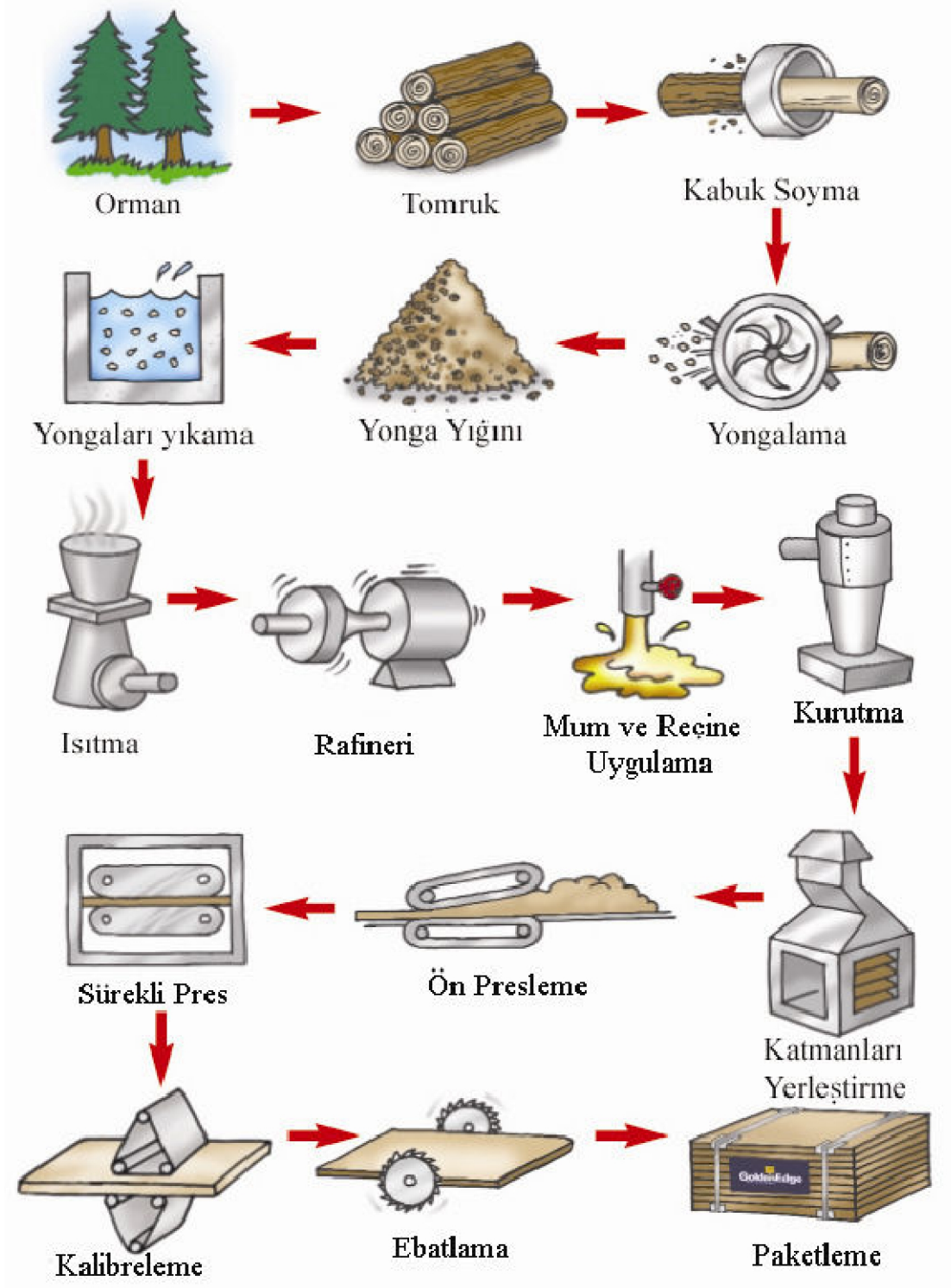
Resim 2.6. Sürekli pres çıkışı



Resim 2.7. Kurutma işlemi



Resim 2.8. Depolama



Resim 2.9. MDF üretim şeması

2.4. Yonga levha ve lif levha endüstrisinde kullanılan tutkallar

2.4.1. Üre formaldehit tutkalı

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

Yapıştırıcı üretiminde kullanılan üre-formaldehit yapay reçinesi; taşkömürü, su ve havadan polikondenseleşme yolu ile üretilir.

Yonga levhalarda yapıştırıcı olarak üre formaldehit kullanıldığında katalizör olarak amonyum sülfat veya amonyum klorür kullanılarak sertleşme süresi kısaltılır. Ayrıca sertleşme süresinin kısaltılabilmesi için ısıya ihtiyaç vardır. Son sertleşme için yonga levhanın orta kısmındaki sıcaklık 100 °C, alt ve üst kısımlarda ise pres sıcaklığına bağlı olarak 150–180 °C arasında değişmektedir [26, 42].

2.4.2. Melamin formaldehit tutkalı

Melaminin formaldehit ile kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Sertleştirici ilave edilmeden 90–140 °C sıcaklıklarda sertleşen bu tutkal, sulu çözeltisinin dayanma süresi çok kısa olduğundan toz halinde satılmaktadır [43].

Melamin formaldehit tutkalının, üre formaldehit tutkalına benzemekle birlikte suya karşı dirençli olması, ısı stabilitesinin daha yüksek olması ve düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmesi gibi bazı avantajlı yanları vardır.

Fenol formaldehit tutkalına ise parlaklık, açık renklilik ve dayanıklılık bakımından üstünlük sağlar. Bu avantajlara rağmen en büyük dezavantajı fiyatının üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkallarından yüksek olmasıdır. En önemli kullanım alanı üre formaldehit tutkalına karıştırılarak kullanılmasıdır. Saf olarak kullanıldığı takdirde kaynamaya ve dış hava şartlarına çok dayanıklıdır. Üre formaldehit tutkalı ile % 25 – 75 oranında karıştırıldığında ise suya yeterince dayanıklı kalabilmektedir [42].

2.4.3. Fenol formaldehit tutkalı

Fenol yapay reçinesinden üretilir. Fenol yapay reçinesi ise, taşkömürü, su ve havadan kimyasal yollarla üretilir. Toz şeklinde olanı, çoğunlukla alkol ve su ile karıştırılır. Oda sıcaklığında uygulanır. Sıvı şeklinde olanlara, bazı kimyasal maddeler ve dolgu maddeleri katılabilir.

Yüksek moleküller ağırlığa sahip olduğundan rutubet, yağ, organik çözücüler, birçok asit, mantar ve bakterilere çok dayanıklı bir tutkal çeşididir. Özellikle dış yapılarda kullanılacak yonga levhaların üretiminde daha çok kullanılır. Presleme sıcaklığı 200 °C'ye kadar çıkabilir. Katalizör yardımıyla presleme süresi kısaltılabilir. Fenol formaldehit reçine tutkalının derine nüfuz etme ve odun çeperini şişirme özelliğinden dolayı, sertleştiğinden oldukça mükemmel dayanımlı boyutsal bir stabilize sağlanır [19].

2.4.4. İzosiyanat tutkalı

Pahalı ve yapıştırma gücü yüksek bir tutkal türüdür. Suya ve bazı zayıf asit türlerine karşı iyi bir dirence sahiptir. Rutubete dayanıklılığı bakımından fenol formaldehit tutkalına eşdeğer, yapışma direnci bakımından ondan daha yüksektir. En büyük özelliği içerisinde su bulundurmamasıdır [10].

Diğer yapıştırıcılara kıyasla maliyetinin çok yüksek olması nedeniyle kullanımını dardır. Yapısal yonga levha, film laminasyonu ve montajda sınırlı kullanılır [27].

2.4.5. Sülfite asit suyu

Son yıllarda üretimi esnasında ortaya çıkan sülfite atık sularının yonga levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Bu şekilde yonga levha üreten ilk fabrikalar Danimarka ve Finlandiya da kurulmuştur. Kanada Orman Ürünleri laboratuvarlarında geliştirilen bir metotla, sülfite suyuna kuvvetli asitlerden sülfürik asit ilavesi ile suya karşı dayanıklı bir yapışma sağlayan, hem pratik, hem de ekonomik bir yapıştırıcı elde edilmiştir [21].

2.5. Yonga levha ve lif levha endüstrisinde kullanılan katkı maddeleri

Levhaların suya ve rutubete karşı dayanımını arttırmak, mantar ve böceklere karşı korumak için, yongalara bazı katkı maddeleri ilave edilir.

Suya ve rutubete karşı dayanımı arttırmak için kullanılan maddelerin başında parafin gelir. Parafinin, levhaların rutubet dayanımını arttırması yanında, presleme esnasında levhaların prese yapışmasını önler. Karışıma ilave edilecek parafin miktarı, tam kuru yonga ağırlığına oranla, iğne yapraklı ağaçlarda % 0,3-0,5, geniş yapraklı ağaçlarda ise % 0,5-1 olmalıdır [27].

Mantar ve böceklere karşı korumak için ise; flor ve pentaklorfenol tuzları yongalara içirilir veya tutkallarla karıştırılır. Bir başka uygulama şekli ise, bu maddeleri tutkallanmış levhalara püskürtmek veya sürmektir.

Yangına karşı dayanıklı levhalarda ise amonyum bileşikleri kullanılır. Amonyum bileşikleri, yangın sırasında levha yüzeyinde koruyucu bir gaz tabakası oluşturur. Ayrıca; havanın oksijeninin malzemeye ulaşmasını önleyici özellik taşıyan asbest ve alüminyum oksit gibi maddeler de kullanılabilir. Bu tür katkı maddeleri, kullanılan yonga miktarının %10'u kadardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Tekstil atıkları

Bu çalışmada orta yoğunlukta lifli levha üretimi için kullanılan tekstil atıkları geri dönüşüm iplik üretiminin yaygın olarak yapıldığı Uşak Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan işletmelerden temin edilmiştir. Kullanılan tekstil atığı iplikhanedeki tarak makinelerinden çıkan elyaf atıklarıdır.

Uşak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde yapılmış olan hammadde tayini doğrultusunda lifli levha üretiminde kullanılan elyaf %74 pamuk, %22 polyester, %4 akrilik (Resim 3.1) içermektedir.



Resim 3.1. Tekstil atıkları

3.1.2. Yapıştırıcı madde

Lifli levha üretiminde bağlayıcı olarak Üre formaldehit (ÜF), Melamin-Üre formaldehit (MÜF) ve Fenol formaldehit (FF) tutkalları kullanılmıştır. Kullanılan tutkalların özellikleri Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Üre Formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	ÜF
Çözelti (%)	64 - 66
Yoğunluk (g/cm ³)	1.27 - 1.28
pH (25 °C)	7.5 - 8.5
Viskozite, D _{1n} /cPs 25 °	400 - 700
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	30 - 35
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	60 - 90
Serbest CH ₂ O (max.) %	0.2

Çizelge 3.2. Melamin-Üre Formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	MÜF
Çözelti (%)	54 - 56
Yoğunluk (g/cm ³)	1.225 - 1.24
pH (25 °C)	8.5 - 9.5
Viskozite, D _{1n} /cPs 25 °	100 - 200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	70 - 110
Kullanma süresi (gün)	45
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	20 - 40
Serbest CH ₂ O (max.) %	0.1

Çizelge 3.3. Fenol Formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	FF
Çözelti (%)	46 – 48
Yoğunluk (g/cm ³)	1.2 - 1.21
pH (25 °C)	10.5 – 13
Viskozite, D _{1n} /cPs 25 °	250 – 500
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	10 – 25
Kullanma süresi (gün)	45
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	50 – 90
Serbest CH ₂ O (max.) %	1

3.1.3. Serleştirici maddeler

Üre formaldehit ve Melamin-Üre formaldehit tutkalları için sertleştirici madde olarak amonyum klorür (NH₄Cl) kullanılmıştır.

3.1.4. Sunta ve MDF

Tekstil atıklarından üretilecek olan lifli levhaların özelliklerini karşılaştırmak amacıyla piyasadaki 8 mm kalınlığında 1. kalite ham sunta ve 1. kalite ham MDF temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Lifli levhaların üretimi

Birbirleriyle sıkıca iç içe geçmiş olan elyafın daha iyi tutkalanabilmesi için öncelikle bir elyaf açma işlemine tabi tutulması gerekmiştir. Bu sebeple proje süresi içinde bir elyaf açma makinesi yapılmıştır. Fabrikadan gelen atık elyaf öncelikle bu elyaf açma makinesinden geçirilerek (Resim 3.2) mümkün olduğunca liflere ayrılması sağlanmıştır.



Resim 3.2. Elyaf açma makinesi

Açma işleminden sonra elyaf tartılarak tutkallama işlemine geçilmiştir. Tutkallama işleminde herhangi bir makine mevcut olmadığı için elyafı tutkal ile karıştırma el ile yapılmıştır. El ile karıştırmada yaşanacak olan homojenlik sorununu bir miktar azaltabilmek için merdaneli bir sıkma makinesi (Resim 3.3) yapılmıştır. Bu makine ile iki silindir arasından geçirilen elyaftaki tutkalın elyaf içine daha iyi dağılması ve fazla tutkalın uzaklaştırılması sağlanmıştır.



Resim 3.3. Sıkma makinesi

Sıkma makinesinden çıkan elyaf 60x60x15 cm boyutlarında bir çerçeve kalıp içine el ile tiftiklenerek mümkün olduğunca homojen bir şekilde doldurulmuştur (Resim 3.4).



Resim 3.4. Tutkallanmış elyafın kalıp içerisine tiftiklenerek doldurulduktan sonraki hali

Sıcak pres işleminden önce elyafın düzgün bir kalıpta çıkması için kullanılan kalıbın sac üzerinden alınması gerekmektedir. Elyafın kalıp olmadan sac üzerinde düzgün bir şekilde durabilmesi ve sıcak pres sırasında dağılmaması için elyaf üzerinde kalıp varken ön pres işlemi (Resim 3.5) yapılmıştır.



Resim 3.5. Kalıp içerisinde ön presleme işlemi



Resim 3.6. Kalıp kaldırıldıktan sonra

Ön presleme yapıldıktan sonra kalıp kaldırılmıştır (Resim 3.6). Tutkallı elyafın sıcak prese hazır olması için altına ve üstüne polyester ince film serilmiştir. Bu filmler tutkal sertleştikten sonra levhanın alt ve üst saclarına yapışmasını önlemek için kullanılmıştır. Sacın sağ ve sol kenarına ise levhaların birbirlerine yakın kalınlıkta üretilebilmesini sağlamak amacıyla 8 mm kalınlığında takozlar konulmuştur (Resim 3.7).



Resim 3.7. Üst polyester film ve takozların konulması

Üst polyester film ve takozların yerleştirilmesinin ardından bir sac levha da üstüne konularak hidrolik sıcak pres makinesinde 125-130 °C sıcaklıkta 40 dakika süresince preslenmiştir (Resim 3.8).



Resim 3.8. Sıcak pres makinesi

Yoğunluk ve tutkal çeşidine göre 15 adet levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen formaldehit tutkallı levhalar için tutkal miktarları %42 - %57 arasında, Melamin-Üre formaldehit tutkallı levhalar için tutkal miktarları %47 - %66 arasında, Fenol formaldehit tutkallı levhalar için tutkal miktarları %35 - %52 arasında değişmektedir. Elyaf-tutkal karışımının el ile yapılması sebebiyle tutkal miktarları kontrol altına alınamamıştır.

Çizelge 3.4. Levhaların üretim parametreleri (60x60 cm kalıp içine konulan)

Levha Grubu		Elyaf Miktarı (g)
Üre Formaldehit	ÜF-1	768,8
	ÜF-2	922,5
	ÜF-3	1076
	ÜF-4	1230
	ÜF-5	1383
Melamin-Üre Formaldehit	MÜF-1	768,8
	MÜF-2	922,5
	MÜF-3	1076
	MÜF-4	1230
	MÜF-5	1383
Fenol Formaldehit	FF-1	768,8
	FF-2	922,5
	FF-3	1076
	FF-4	1230
	FF-5	1383

3.3. Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini

Bu çalışmada; tekstil atıklarından üretilen ve dışarıdan temin edilen ham sunta ve MDF'nin yoğunluk, rutubet miktarı, su içerisine daldırma işleminden sonraki kalınlığına şişme tayini, bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarda meydana gelen değişiklik, eğilme direnci ve elastikiyet modülü, vida tutma mukavemeti tespit edilmiştir.

Deney numuneleri TS EN 326-1 (1999) standardına göre istenilen sayılarda ve ölçülerde alınmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirleneceği tüm deney örnekleri 20 ± 2 °C ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında kondisyonlanmışlardır. Tüm mekanik deneyler Uşak

Üniversitesi Mühendislik Fakültesi laboratuvarlarında mevcut olan 5 ton kapasiteli "Universal Test Cihazı" kullanılarak yapılmıştır.

3.3.1. Fiziksel özellikler

3.3.1.1. Lifli levhaların yoğunluğunun belirlenmesi (TS EN 323)

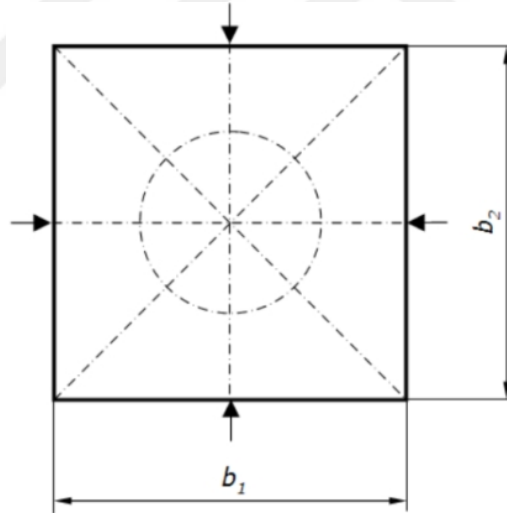
TS EN 323 (1999)'de belirtilen esaslara göre 50 x 50 mm ölçülerinde 6'şar adet 17 tip lifli levha hazırlanmıştır. Ağırlıkları hassas terazide (± 0.001) ve boyutları ise dijital kumpasla (± 0.01) ölçülmüştür. Buna göre yoğunluk (p); [45]

$$p = \frac{m}{b_1 b_2 t} \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

m: Deneş parçasının kütlesi (g)

b1, b2: Deneş parçasının boyutları (mm)

t: Deneş parçasının kalınlığı (mm)



Şekil 3.1. Ölçme noktaları [45]

3.3.1.2. Lifli levhaların rutubet miktarının belirlenmesi (TS EN 322)

Lifli levhaların rutubet miktarının belirlenmesinde TS EN 322 (1999)'de belirlenen esaslara göre 50 x 50 mm ölçülerinde 6'şar adet 17 tip lifli levha hazırlanmıştır. Örnekler hassas terazide (± 0.001) tartılmış ve daha sonra 103 ± 2 °C de değişmez kütleye ulaşınca kadar kurutulmuştur.

Altı saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartım arasında kütle farkının, deney parçası kütlelerinin ± 0.01 'den fazla olmaması durumuna gelindiğinde, bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir.

Her deney parçası kurutma fırınından çıkarılarak desikatörde soğutulduktan sonra ± 0.001 gram hassasiyetle hassas terazide ve $\%0.1$ 'den fazla rutubet artışına önleyecek çabuklukta tartılmıştır. TS EN 322'de belirtilen esaslara göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır. Buna göre rutubet miktarı (H); [46]

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \times 100 (\%)$$

m_H = Deney parçasının numune alımı sırasındaki ağırlığı (g)

m_0 = Deney parçasının kurutmadan sonraki ağırlığı (g)

3.3.1.3. Lifli levhaların su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini (TS EN 317)

TS EN 317 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50 x 50 mm boyutlarında 8'er adet örnek hazırlanmıştır. Kalınlık örneklerin tam ortasından ± 0.01 mm duyarlılıkta dijital kumpasla, ağırlık ± 0.001 gr hassasiyetle hassa terazi ile ölçülmüştür. Deney örnekleri Ph değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı 20 ± 1 °C olan su içerisinde 24 saatlik süre ile su yüzeyinden 25 ± 5 mm aşağıda tutulmuştur. Suda bekletilen numunelerin fazla suları bir bezle alınmış ve kalınlıkları ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Buna göre kalınlık artışı (G_t) ve ağırlık artışları (G_m); [47]

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

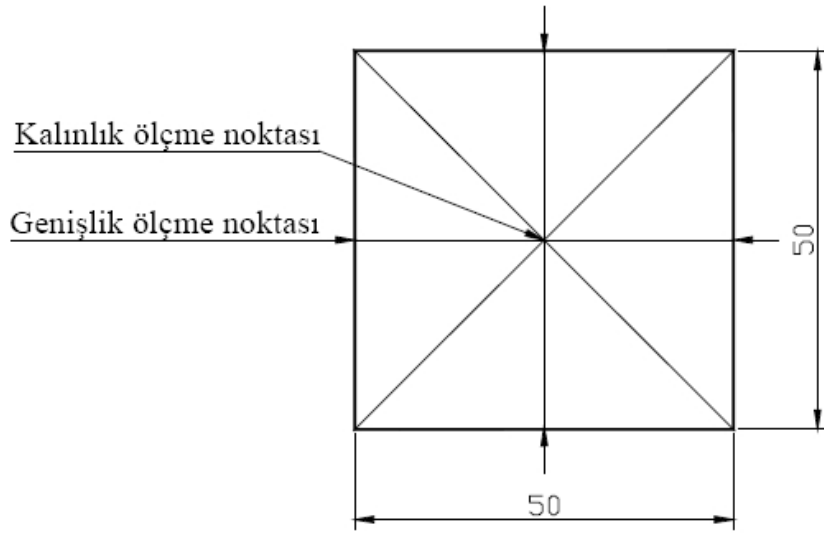
t_1 = İlk ölçülen kalınlık (mm)

t_2 = Suda bekletildikten sonraki kalınlık (mm)

$$G_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 (\%)$$

m_1 = İlk ölçülen ağırlık (g)

m_2 = Suda bekletildikten sonraki ağırlık (g)



Şekil 3.2. Kalınlık ve genişlik ölçme noktaları (mm) [47]

3.3.1.4. Lifli levhaların bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarında meydana gelen değişikliğin tayini (TS EN 318)

Bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarında meydana gelen değişikliğin tayini, TS EN 318 esaslarına göre yapılmıştır. Bu amaçla 210 x 50 mm ölçülerinde hazırlanan örneklerin kalınlık ölçüm noktaları işaretlenmiştir. Daha sonra örnekler sıcaklık 20 ± 2 °C'de sabit kalmak üzere ortamın bağıl nemi $\% 50 \pm 5$ 'e ayarlanmış ve örnekler değişmez ağırlığa ulaştığında l_{50} , t_{50} değeri belirlenmiştir. Aynı işlemler 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nemdeki ortamda tekrarlanarak l_{65} , t_{65} değeri belirlenmiştir. Son olarak 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 85 \pm 5$ bağıl nemdeki ortamda tekrarlanarak l_{85} , t_{85} değeri belirlenmiştir. Bu değerlere göre kalınlıktaki değişim (δt) ve uzunluktaki değişim (δl) miktarları; [48]

$$\delta t_{65,50} = \frac{t_{65} - t_{50}}{t_{50}} \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\delta t_{85,65} = \frac{t_{85} - t_{65}}{t_{65}} \times 100 \text{ (\%)}$$

t_{50} = 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50$ bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)

t_{65} = 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65$ bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)

t_{85} = 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%85$ bağıl nemde ölçülen kalınlık değeri (mm)

$\delta t_{65,50}$ = Bağıl nem %50'den %65'e çıkarıldıktan sonra kalınlıktaki değişim (yüzde)

$\delta t_{85,65}$ = Bağıl nem %65'ten %85'e çıkarıldıktan sonra kalınlıktaki değişim (yüzde)

$$\delta l_{65,50} = \frac{l_{65} - l_{50}}{l_{50}} \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\delta l_{85,65} = \frac{l_{85} - l_{65}}{l_{65}} \times 100 \text{ (\%)}$$

l_{50} = 20±2 °C sıcaklık ve %50 bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)

l_{65} = 20±2 °C sıcaklık ve %65 bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)

l_{85} = 20±2 °C sıcaklık ve %85 bağıl nemde ölçülen uzunluk değeri (mm)

$\delta l_{65,50}$ = Bağıl nem %50'den %65'e çıkarıldıktan sonra uzunluktaki değişim (yüzde)

$\delta l_{85,65}$ = Bağıl nem %65'ten %85'e çıkarıldıktan sonra uzunluktaki değişim (yüzde)

3.3.2. Mekanik özellikler

3.3.2.1. Lifli levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi (TS EN 310)

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri TS EN 310 (1999) belirtilen esaslara uygun olarak 210 x 50 mm boyutlarında 6'şar adet örnek hazırlanmıştır. Deneyler 5 ton kapasitesi Universal test cihazında yapılmıştır. Buna göre eğilme direnci (f); [49]

$$f = \frac{3F_{max}L_1}{2bt^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

F_{max} = En büyük kuvvet (Newton)

L_1 = Dayanak (desteklerin) eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

b= deney parçasının genişliği (mm)

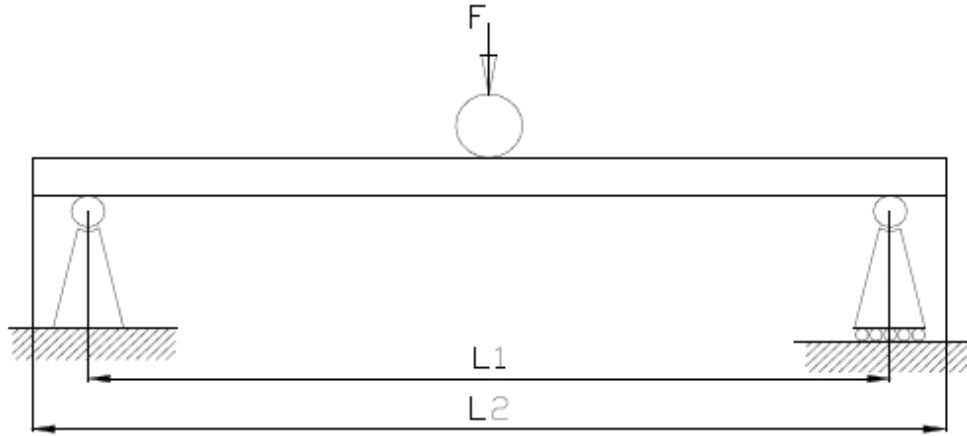
t= Deney parçasının kalınlığı (mm)

➤ Eğilmede elastikiyet modülü (E_m); [49]

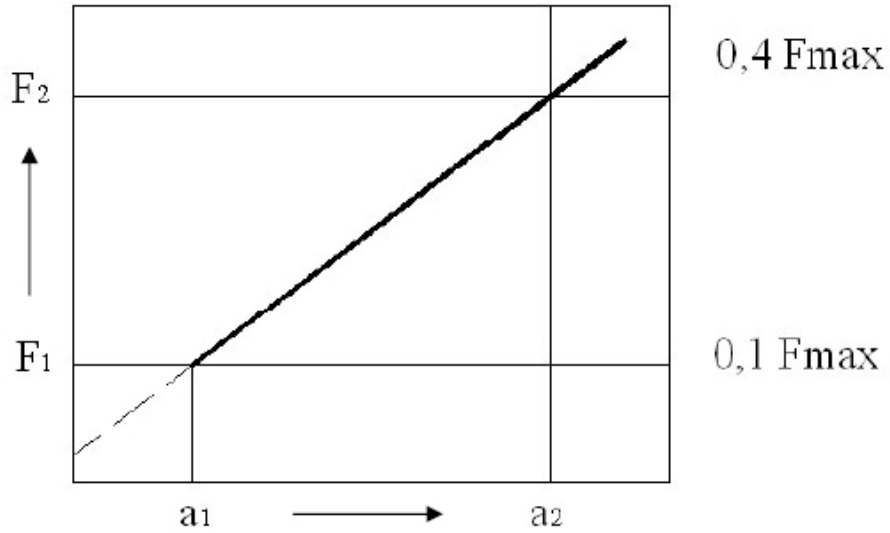
$$E_m = \frac{L_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$F_2 - F_1 =$ Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (Newton),

$a_2 - a_1 = (F_2 - F_1)$ kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır.



Şekil 3.3. Statik eğilme direnci deneyinin yapıış şeması [49]



Şekil 3.4. Yük-sehim diyagramı içerisindeki elastiklik sınırı [49]



Resim 3.9. Universal test cihazında eğilme direnci deneyi

3.3.2.2. Lifli levhaların vida tutma mukavemetinin belirlenmesi (TS EN 320:2011)

Vida tutma mukavemeti deneyleri TS EN 320:2011 standardına uygun olarak yapılmıştır. Deney parçaları her bir gruptan 50 x 50 mm boyutlarında 5'er adet hazırlanmıştır.

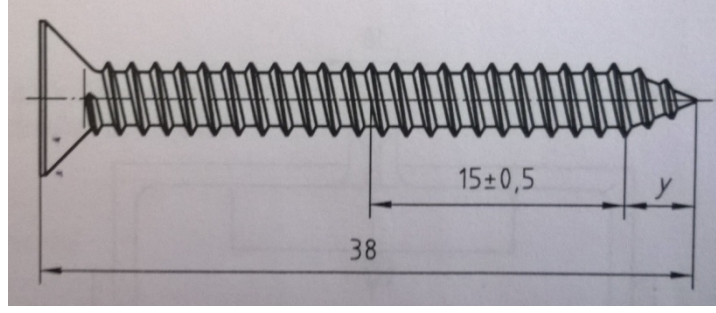
Deneylerde TS EN 320:2011 standardında belirtilen 4,2 x 38 mm boyutlarında Resim 3.10'da gösterilen vida kullanılmıştır. Vida tutma deneyi yapılış prensibi Resim 3.11'de, test düzeneği Resim 3.12'de gösterilmiştir.

TS EN 320:2011 standardına göre vida tutma mukavemeti, 15 milimetreden daha ince olan levhalarda Newton/milimetre olarak gösterilmiştir. Vidanın geri çekilmeye karşı gösterdiği direnç (f_v); [50]

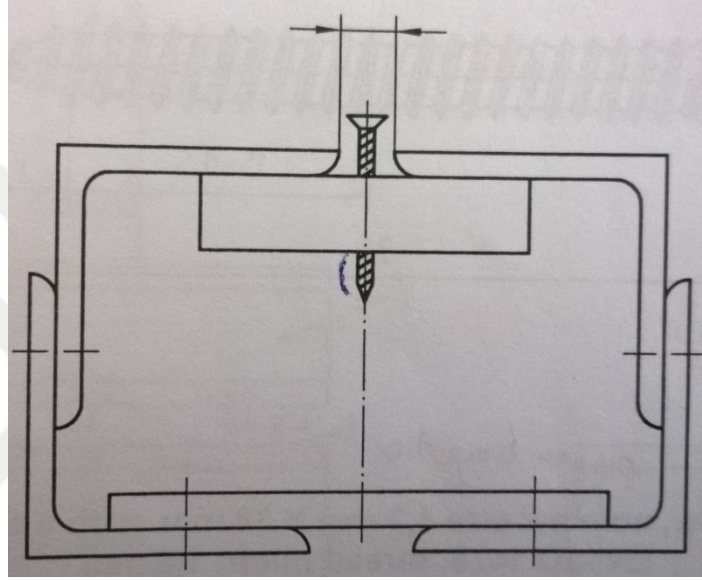
$$f_v = \frac{F_{max}}{t} \text{ (N/mm)}$$

F_{max} = Maksimum kuvvet (Newton)

t = Deney parçasının kalınlığı (mm)



Resim 3.10. Deney vidası [50]



Resim 3.11. Vida tutma mukavemeti deneyi yapılış prensibi [50]



Resim 3.12. Universal test cihazında vida tutma mukavemeti deneyi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel özellikler

4.1.1. Yoğunluk verileri

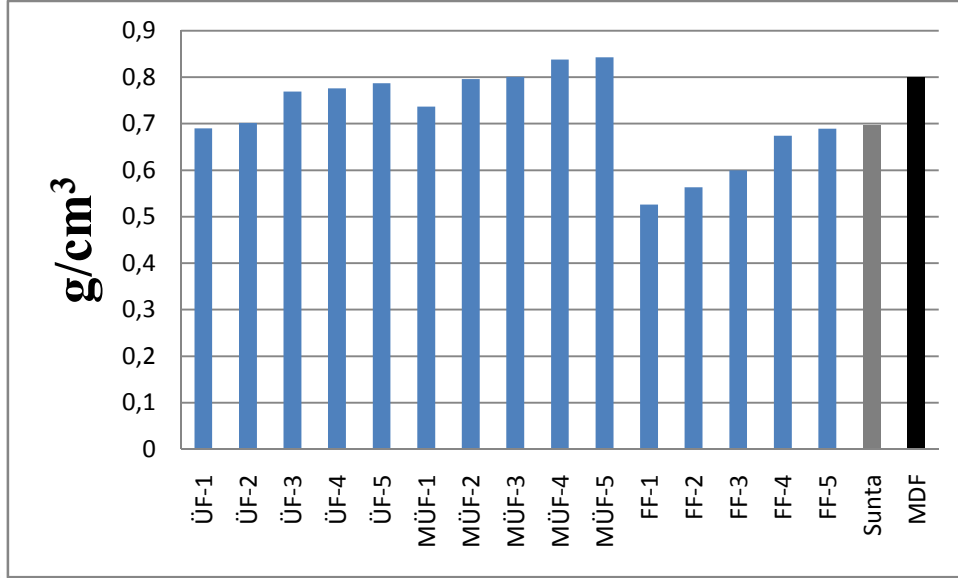
Deney örneklerinin kontrollerinde yoğunluk değerlerine ait genel istatistikler Çizelge 4.1'de, yoğunluk değerleri karşılaştırması Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yoğunluk değerlerine (g/cm^3) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{\min} (g/cm^3)	X_{\max} (g/cm^3)	X_{ort} (g/cm^3)	σ	Cv (%)
ÜF-1	0,628	0,749	0,690	0,039	5,68
ÜF-2	0,642	0,780	0,702	0,054	7,70
ÜF-3	0,742	0,779	0,769	0,014	1,82
ÜF-4	0,735	0,827	0,776	0,037	4,80
ÜF-5	0,765	0,830	0,787	0,025	3,23
MÜF-1	0,654	0,796	0,737	0,054	7,35
MÜF-2	0,734	0,825	0,796	0,032	4,13
MÜF-3	0,766	0,840	0,801	0,025	3,12
MÜF-4	0,798	0,862	0,838	0,023	2,79
MÜF-5	0,830	0,867	0,843	0,016	1,93
FF-1	0,507	0,559	0,526	0,016	3,20
FF-2	0,544	0,612	0,563	0,025	4,59
FF-3	0,565	0,624	0,600	0,021	3,54
FF-4	0,622	0,731	0,674	0,033	4,90
FF-5	0,645	0,737	0,689	0,031	4,55
Sunta	0,678	0,708	0,697	0,011	1,59
MDF	0,759	0,826	0,800	0,026	3,27

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Üretilen lifli levhaların büyük bir bölümünün sunta ve MDF yoğunluklarına yakın oldukları görülmektedir. Çizelge 4.1'deki yoğunluk değerleri incelendiğinde Melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhaların en yüksek yoğunluk değerlerine, Fenol formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhaların en düşük yoğunluk değerlerine, Üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhaların ise diğer iki tutkal ile üretilen lifli levhaların arasında yoğunluk değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Yoğunluk değerleri (gr/cm³) karşılaştırma grafiği

4.1.2. Rutubet miktarı verileri

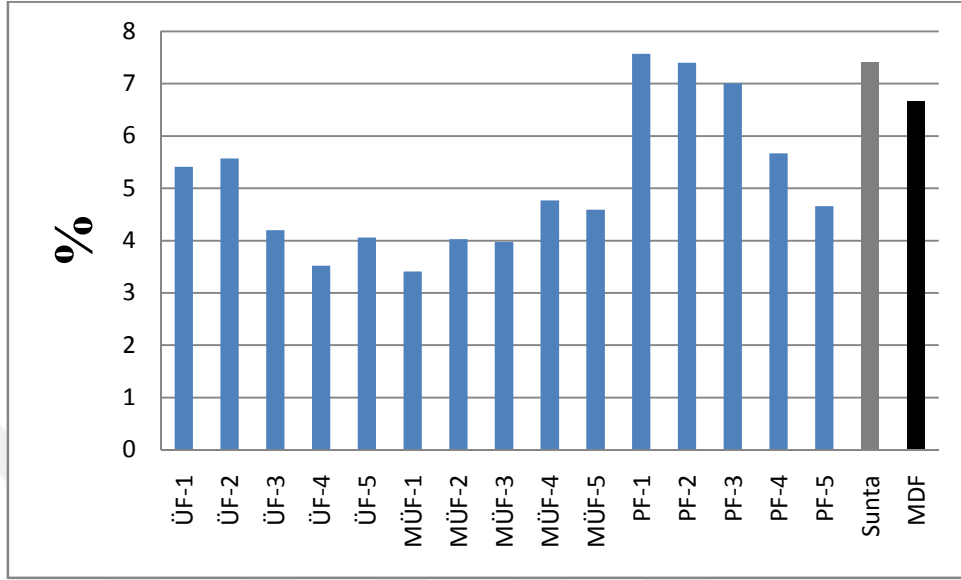
Deney örneklerinin kontrollerinde rutubet miktarlarına ait genel istatistikler Çizelge 4.2'de, rutubet miktarlarının karşılaştırması Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Rutubet miktarlarına (%) ait genel istatistikler

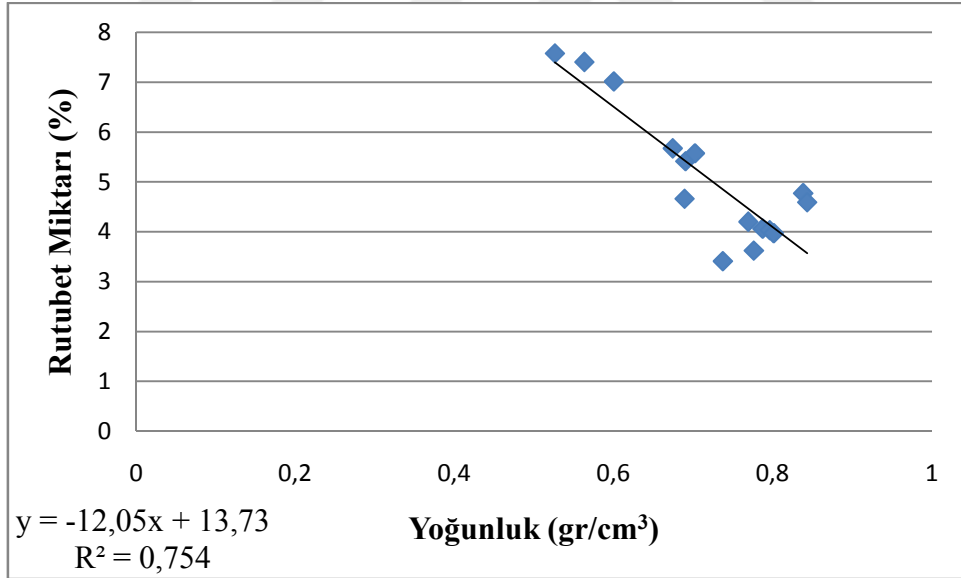
Levha Grubu	X _{min} (%)	X _{max} (%)	X _{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	5,01	5,86	5,41	0,41	7,57
ÜF-2	5,28	5,86	5,57	0,29	5,20
ÜF-3	3,59	4,80	4,20	0,60	14,26
ÜF-4	3,30	4,02	3,62	0,36	9,93
ÜF-5	3,69	4,45	4,06	0,38	9,34
MÜF-1	3,22	3,66	3,41	0,22	6,44
MÜF-2	3,79	4,19	4,03	0,21	5,20
MÜF-3	3,75	4,10	3,97	0,18	4,53
MÜF-4	4,48	4,97	4,77	0,25	5,23
MÜF-5	4,32	4,97	4,59	0,11	2,39
FF-1	6,51	8,41	7,57	0,96	12,67
FF-2	6,67	8,27	7,40	0,78	10,53
FF-3	6,90	7,11	7,01	0,14	1,99
FF-4	5,58	5,78	5,67	0,10	1,70
FF-5	3,85	5,68	4,66	0,93	19,95
Sunta	7,29	7,66	7,41	0,21	2,83
MDF	6,61	6,82	6,67	0,12	1,79

X_{min}: En küçük değer X_{ort}: Ortalama değer X_{max}: En büyük değer σ: Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.2 incelendiğinde lifli levhaların büyük bir bölümünde sunta ve MDF'ye göre daha düşük değerler elde edildiği görülmektedir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhaların rutubet miktarları diğer lifli levhalara göre yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.2. Rutubet miktarları (%) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.3. Rutubet miktarı - yoğunluk regresyon analizi grafiği

Rutubet miktarları ile yoğunluklar arasında yapılan regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0,754 (Şekil 4.3) ölçülmüştür. Bu değer rutubet miktarı ve yoğunluk arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

4.1.3. Su içerisine daldırma işleminden sonra ağırlık değişimi ve kalınlığına şişme verileri

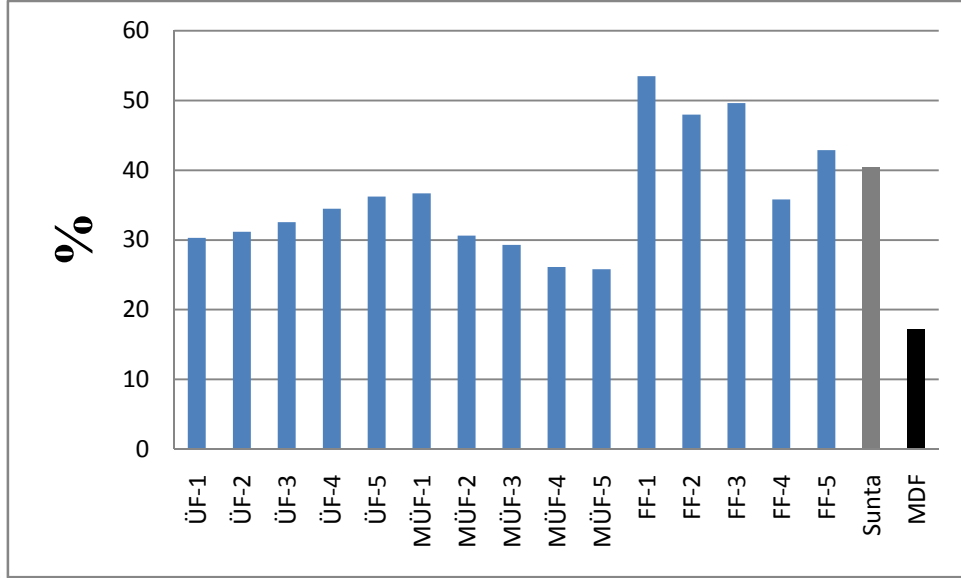
Deney örneklerinin kontrollerinde 24 saat sonraki ağırlık değişimine ait genel istatistikler Çizelge 4.3'de, kalınlık değişimine ait genel istatistikler Çizelge 4.5'de, ağırlık değişimlerinin karşılaştırması Şekil 4.4'de, kalınlık değişimlerinin karşılaştırması Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.3. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışına (%) ait genel istatistikler

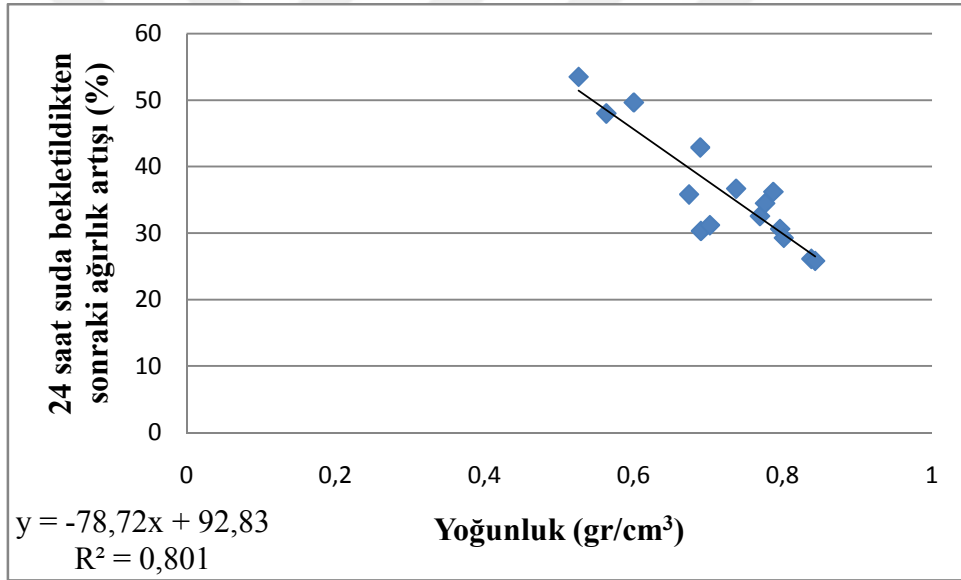
Levha Grubu	X_{\min} (%)	X_{\max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	21,5	32,73	30,31	5,39	19,17
ÜF-2	28,79	34,52	31,18	2,40	7,69
ÜF-3	31,01	24,70	32,55	1,54	4,73
ÜF-4	26,29	40,88	34,48	6,31	18,29
ÜF-5	34,18	37,41	36,20	1,52	4,19
MÜF-1	35,40	37,35	36,67	0,86	2,34
MÜF-2	28,29	33,12	30,63	2,20	7,18
MÜF-3	24,45	31,75	29,27	3,40	11,61
MÜF-4	24,39	27,38	26,12	0,86	3,29
MÜF-5	22,82	27,94	25,82	2,25	8,71
FF-1	48,96	57,74	53,46	3,64	6,80
FF-2	47,63	48,53	47,97	0,38	0,79
FF-3	48,03	50,89	49,62	1,18	2,37
FF-4	30,20	44,29	35,80	6,02	16,81
FF-5	39,20	46,41	42,86	3,84	8,95
Sunta	40,14	40,88	40,38	0,34	0,84
MDF	15,06	18,01	17,12	1,38	8,05

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.3'deki veriler incelendiğinde fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen FF-1, FF-2 ve FF-3 kodlu levhalarda suntadan daha fazla ağırlık artışı görülmüştür. Diğer levhalar suntaya göre daha az ağırlık artışı göstermiştir. MDF'nin ağırlık artışına bakıldığında ise tüm levhalardan daha düşük bir ağırlık artışına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışı (%) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.5. 24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışı - yoğunluk regresyon analizi grafiği

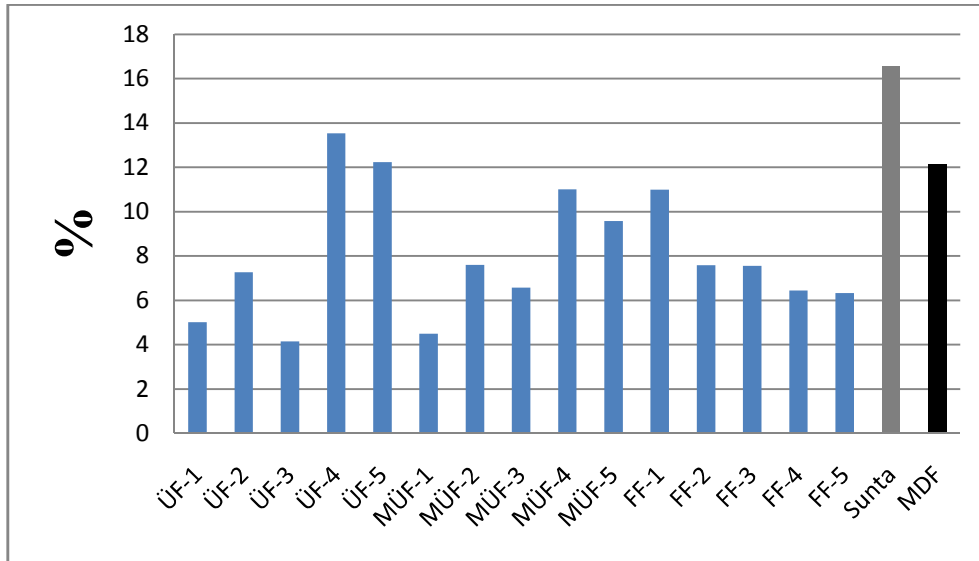
24 saat suda bekletildikten sonraki ağırlık artışı ile yoğunluk arasında R^2 değeri 0,801 (Şekil 4.5) ölçülmüştür. Bu değer yoğunluk ile ağırlık artışı arasında kuvvetli oranda olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4. 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{min} (%)	X_{max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	3,90	6,56	5,02	1,21	24,10
ÜF-2	5,97	8,48	7,27	1,10	15,11
ÜF-3	3,28	4,87	4,19	0,68	16,38
ÜF-4	12,48	14,98	13,54	1,08	7,97
ÜF-5	11,55	12,84	12,24	0,70	5,71
MÜF-1	3,84	6,22	4,50	1,14	25,28
MÜF-2	5,16	9,65	7,62	1,95	25,59
MÜF-3	5,56	8,58	6,57	1,39	20,58
MÜF-4	9,52	14,18	11,01	2,20	19,97
MÜF-5	7,31	11,48	9,58	1,95	20,35
FF-1	9,34	14,14	10,99	2,17	19,74
FF-2	6,50	8,29	7,59	0,84	11,05
FF-3	7,01	9,17	7,55	1,07	14,15
FF-4	5,77	7,07	6,44	0,54	8,38
FF-5	4,93	7,14	6,33	0,98	15,48
Sunta	15,72	17,13	16,56	0,60	3,62
MDF	12,08	12,27	12,15	0,09	0,74

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.4'deki kalınlık artışları incelendiğinde, üretilen tüm levhaların suntağa göre daha az kalınlık artışı gösterdiği görülmektedir. En düşük kalınlık artışı değerleri fenol formaldehit tutkalı kullanılan FF kodlu levhalarda görülmüştür. Üretilen lifli levhaların tümü MDF'den daha fazla ağırlık artışı göstermesine rağmen, levhaların büyük çoğunluğu MDF'den daha az kalınlık artışı göstermiştir.



Şekil 4.6 24 saat suda bekletildikten sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği

4.1.4. Bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarında meydana gelen değişiklik verileri

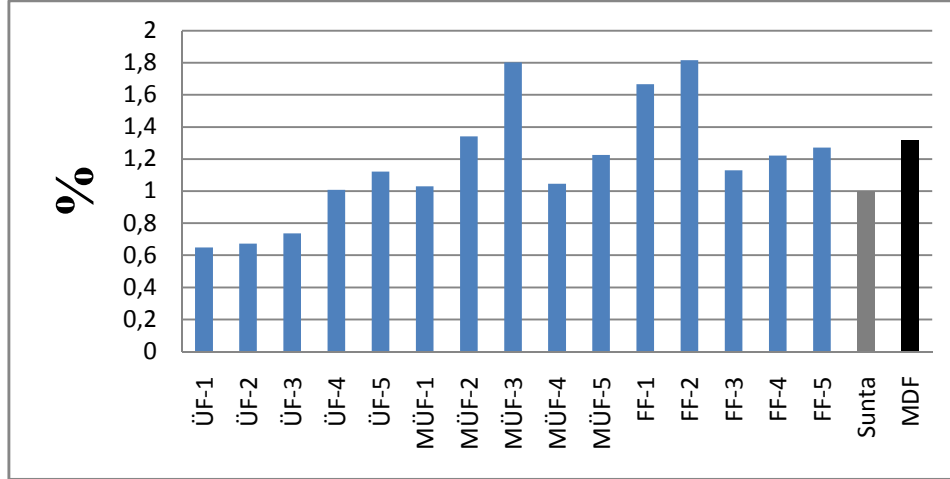
Deney örneklerinin kontrollerinde %50 ve %85 bağıl nemde kalınlık değişimine ait genel istatistikler Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'de, kalınlık karşılaştırması Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Bağıl nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{\min} (%)	X_{\max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	0,567	0,73	0,649	0,115	17,71
ÜF-2	0,553	0,792	0,672	0,169	25,14
ÜF-3	0,542	0,933	0,737	0,276	37,44
ÜF-4	0,802	1,215	1,008	0,291	28,86
ÜF-5	0,918	1,325	1,121	0,287	25,6
MÜF-1	0,98	1,078	1,029	0,069	6,7
MÜF-2	1,14	1,543	1,341	0,285	21,25
MÜF-3	1,384	2,222	1,803	0,592	32,83
MÜF-4	0,899	1,194	1,046	0,208	19,88
MÜF-5	0,94	1,51	1,225	0,403	32,89
FF-1	1,271	2,064	1,667	0,56	33,59
FF-2	1,193	2,442	1,817	0,882	48,54
FF-3	0,927	1,333	1,13	0,287	25,39
FF-4	1,176	1,267	1,222	0,064	5,23
FF-5	1,182	1,363	1,272	0,127	9,98
Sunta	0,872	1,126	0,999	0,179	17,91
MDF	1,13	1,5	1,318	0,265	20,1

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

ÜF-1, ÜF-2 ve ÜF-3 kodlu levhalar sunta ve MDF'ye göre daha az kalınlık artışı göstermiştir. Diğer levhaların kalınlık artış değerleri incelendiğinde sunta ve MDF'ye yakın değerler elde edildiği görülmektedir. En yüksek kalınlık artışı fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



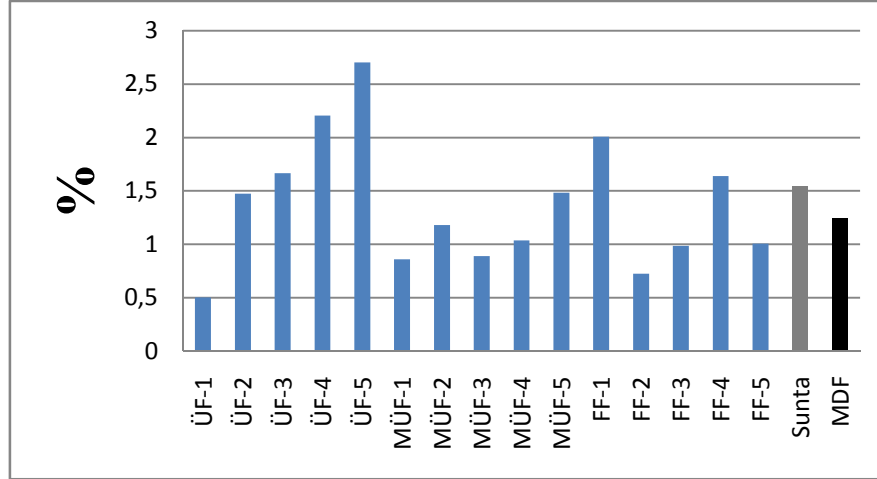
Şekil 4.7. Bağlı nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği

Çizelge 4.6. Bağlı nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışına (%) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{min} (%)	X_{max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	0,424	0,58	0,502	0,11	21,91
ÜF-2	1,103	1,846	1,475	0,52	35,59
ÜF-3	1,482	1,849	1,665	0,25	15,01
ÜF-4	1,779	2,635	2,207	0,6	27,18
ÜF-5	2,08	3,329	2,704	0,88	32,61
MÜF-1	0,809	0,914	0,861	0,07	8,13
MÜF-2	1,073	1,29	1,181	0,15	12,95
MÜF-3	0,869	0,91	0,89	0,02	2,24
MÜF-4	0,884	1,188	1,036	0,21	20,38
MÜF-5	1,091	1,875	1,483	0,55	37,08
FF-1	1,643	2,374	2,008	0,51	25,39
FF-2	0,524	0,927	0,725	0,28	38,62
FF-3	0,657	1,312	0,985	0,46	46,7
FF-4	1,319	1,958	1,638	0,45	27,47
FF-5	0,977	1,038	1,008	0,04	3,96
Sunta	1,359	1,732	1,546	0,26	16,81
MDF	1,112	1,366	1,239	0,17	13,72

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Bağlı nem %85'e çıkarıldıktan sonra üretilen levhalarda görülen kalınlık artışları sunta ve MDF'ye yakın değerlerde görülmüştür. En düşük kalınlık artışı melamin üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



Şekil 4.8. Bağlı nemin %65'den %85'e çıkarıldıktan sonraki kalınlık artışı (%) karşılaştırma grafiği

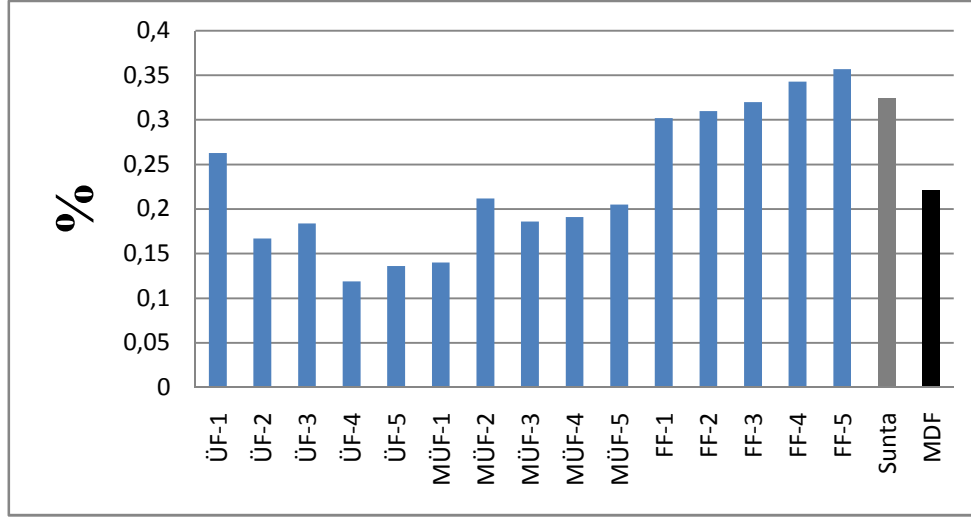
Deney örneklerinin kontrollerinde %50 ve %85 bağlı nemde uzunluk değişimine ait genel istatistikler Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'da, kalınlık karşılaştırması Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bağlı nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışına (%) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{min} (%)	X_{max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	0,2	0,325	0,263	0,087	33,07
ÜF-2	0,143	0,191	0,167	0,033	19,76
ÜF-3	0,172	0,196	0,184	0,017	9,23
ÜF-4	0,095	0,143	0,119	0,033	27,73
ÜF-5	0,1	0,172	0,136	0,051	37,5
MÜF-1	0,104	0,176	0,14	0,05	35,71
MÜF-2	0,183	0,24	0,212	0,04	18,86
MÜF-3	0,16	0,213	0,186	0,038	20,43
MÜF-4	0,143	0,239	0,191	0,067	35,07
MÜF-5	0,176	0,234	0,205	0,04	19,51
FF-1	0,222	0,382	0,302	0,113	37,41
FF-2	0,286	0,334	0,31	0,033	10,64
FF-3	0,252	0,387	0,32	0,095	29,68
FF-4	0,305	0,381	0,343	0,054	15,74
FF-5	0,333	0,38	0,357	0,033	9,24
Sunta	0,309	0,34	0,324	0,021	6,48
MDF	0,206	0,236	0,221	0,021	9,5

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.7 incelendiğinde üretilen levhaların çok düşük uzama gösterdikleri görülmüştür. Üretilen levhalar arasında en düşük uzama üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



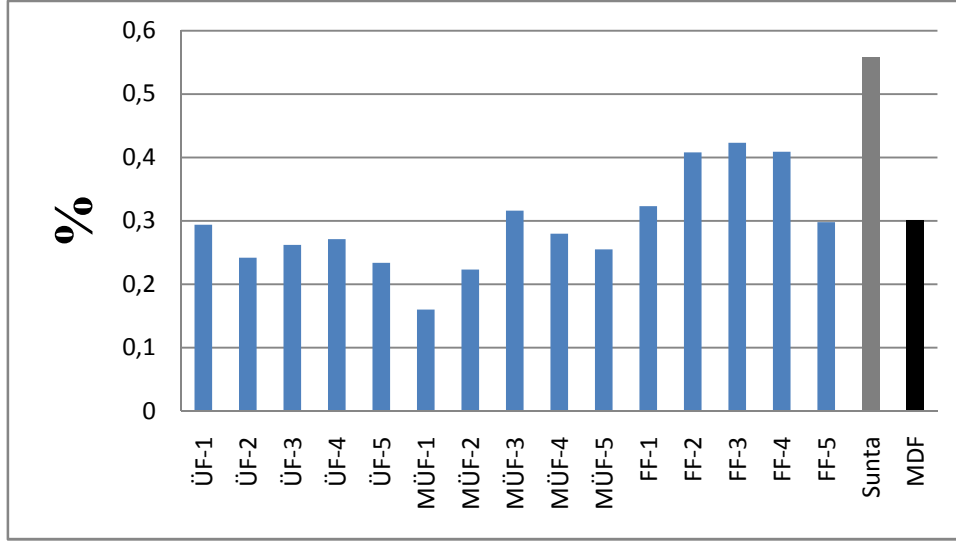
Şekil 4.9. Bağlı nemin %50'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışı (%) karşılaştırma grafiği

Çizelge 4.8. Bağlı nemin %85'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışına (%) ait genel istatistikler

Levha Grubu	X_{min} (%)	X_{max} (%)	X_{ort} (%)	σ	Cv (%)
ÜF-1	0,256	0,332	0,294	0,053	18,02
ÜF-2	0,195	0,29	0,242	0,067	27,68
ÜF-3	0,231	0,293	0,262	0,044	16,79
ÜF-4	0,253	0,289	0,271	0,024	8,85
ÜF-5	0,228	0,24	0,234	0,008	3,41
MÜF-1	0,131	0,189	0,16	0,041	25,62
MÜF-2	0,201	0,246	0,223	0,031	13,9
MÜF-3	0,3	0,331	0,316	0,021	6,64
MÜF-4	0,245	0,316	0,28	0,049	17,5
MÜF-5	0,239	0,272	0,255	0,023	9,01
FF-1	0,259	0,387	0,323	0,09	27,86
FF-2	0,405	0,41	0,408	0,003	0,73
FF-3	0,362	0,485	0,423	0,086	20,33
FF-4	0,369	0,449	0,409	0,056	13,69
FF-5	0,254	0,342	0,298	0,061	20,46
Sunta	0,534	0,583	0,558	0,034	6,09
MDF	0,293	0,308	0,301	0,01	3,32

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Üretilen lifli levhaların büyük çoğunluğu suntadan daha az uzama göstermiştir. En yüksek uzama fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Bağıl nemin %85'den %65'e çıkarıldıktan sonraki uzunluk artışı (%) karşılaştırma grafiği

4.2. Mekanik özellikler

4.2.1. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü verileri

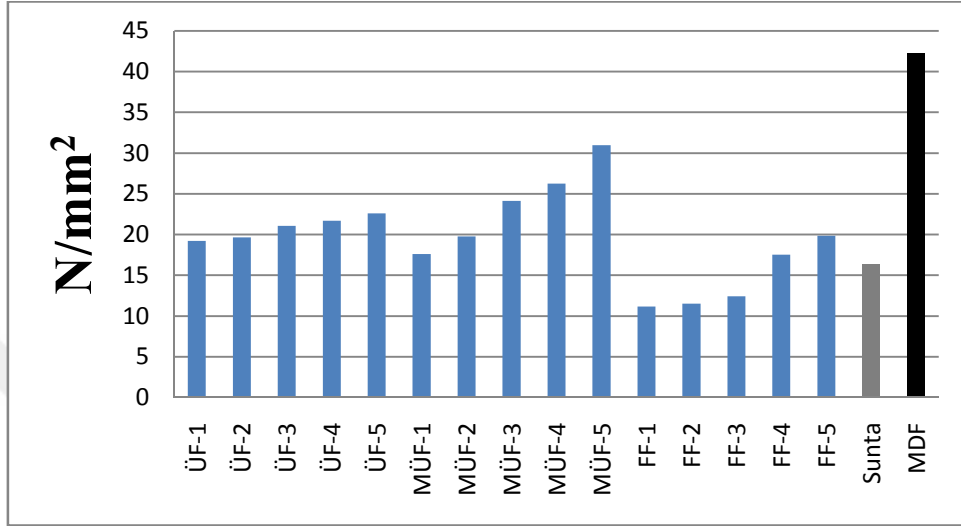
Deney örneklerinin kontrollerinde levha enine ve levha boyuna eğilme direnci değerlerine ait genel istatistikler Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da, levha enine ve levha boyuna eğilme dirençlerinin karşılaştırması Şekil 4.11 ve Şekil 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Levha enine eğilme direnci değerleri (N/mm^2) ait genel istatistikler

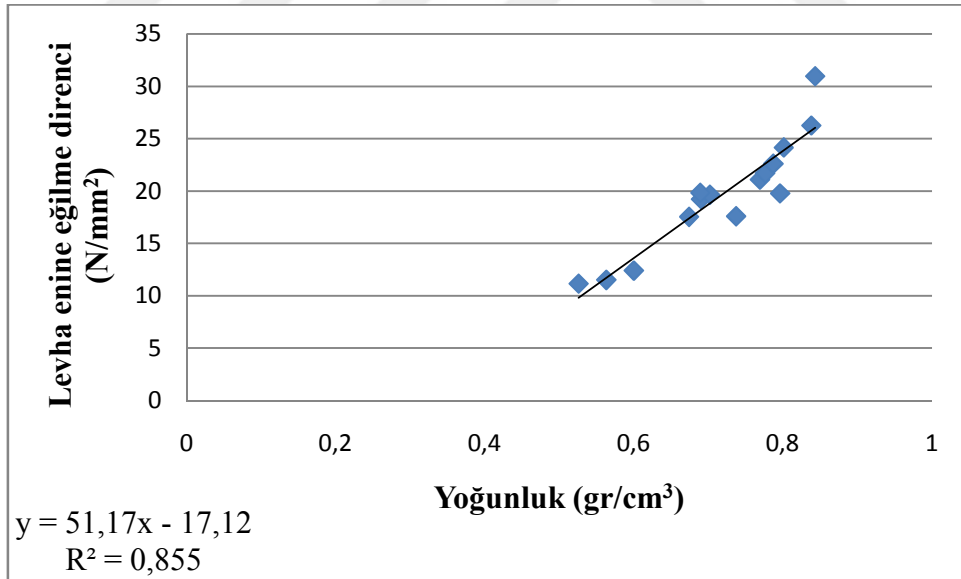
Levha Grubu	X_{min} (N/mm^2)	X_{max} (N/mm^2)	X_{ort} (N/mm^2)	σ	Cv (%)
ÜF-1	17,98	20,61	19,22	1,32	6,86
ÜF-2	16,38	25,21	19,64	4,85	24,69
ÜF-3	18,18	22,89	21,08	2,53	12
ÜF-4	18,72	27,66	21,70	5,16	23,77
ÜF-5	21,13	23,34	22,6	1,27	5,61
MÜF-1	16,31	19,31	17,59	1,54	8,75
MÜF-2	17,11	21,62	19,77	2,36	11,93
MÜF-3	19,54	29,09	24,15	4,78	19,79
MÜF-4	21,52	28,26	26,25	4,1	15,61
MÜF-5	23,92	32,54	30,95	6,38	20,61
FF-1	9,26	13,02	11,16	1,87	16,75
FF-2	10,41	12,61	11,51	1,1	9,55
FF-3	10,23	14,88	12,40	2,34	18,87
FF-4	13,31	23,23	17,53	5,11	29,13
FF-5	15,02	23,36	19,83	4,3	21,68
Sunta	15,03	18,95	16,36	2,24	13,69
MDF	40,26	43,74	42,2	1,77	4,19

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.9 incelendiğinde, fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhaların eğilme dirençlerinin diğer levhalara göre düşük olduğu görülmektedir. Ancak FF-5 kodlu levhada suntadan daha iyi eğilme direnci elde edilmiştir. En yüksek eğilme direnci değerleri melamin üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir. MDF'nin eğilme direnci incelendiğinde tüm levhalardan üstün olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11. Levha enine eğilme direnci değerleri (N/mm²) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.12. Levha enine eğilme direnci - yoğunluk regresyon analizi grafiği

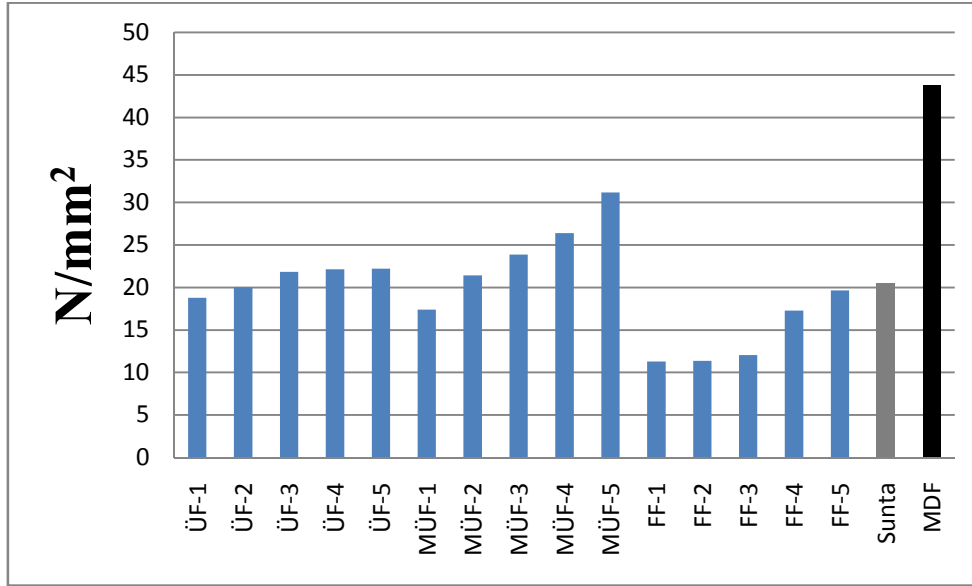
Regresyon analizi sonucunda R² değeri 0,855 (Şekil 4.12) ölçülmüştür. Bu değer yoğunluk ile levha enine eğilme direnci arasında kuvvetli ilişki olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.10. Levha boyuna eğilme direnci (N/mm^2) değerleri ait genel istatistikler

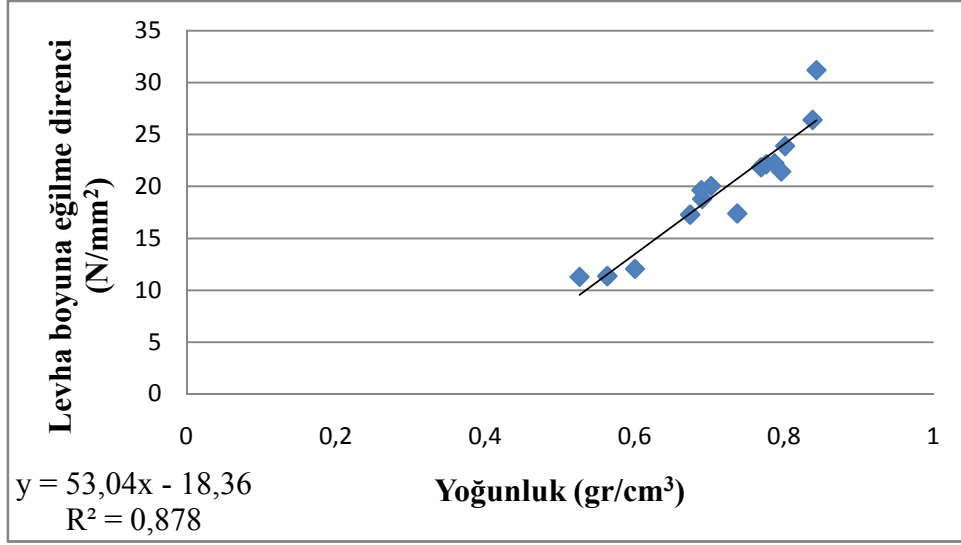
Levha Grubu	X_{min} (N/mm^2)	X_{max} (N/mm^2)	X_{ort} (N/mm^2)	σ	Cv (%)
ÜF-1	17,5	20,61	18,79	1,37	7,29
ÜF-2	16,38	25,21	20,04	4,04	20,15
ÜF-3	18,18	24,11	21,84	2,56	11,72
ÜF-4	14,48	27,66	22,13	6,61	29,86
ÜF-5	21,13	23,34	22,23	1,27	5,74
MÜF-1	13,31	21,83	17,39	3,54	20,35
MÜF-2	14,45	31,91	21,42	7,58	35,38
MÜF-3	15,48	29,75	23,88	6,81	28,51
MÜF-4	19,59	31,42	26,4	5	18,93
MÜF-5	22,3	39,23	31,19	6,96	22,3
FF-1	9,26	13,81	11,29	2,29	20,26
FF-2	10,41	12,61	11,36	0,94	8,26
FF-3	10,57	13,95	12,05	1,41	11,7
FF-4	14,6	23,23	17,28	4	23,19
FF-5	15,02	26,86	19,64	5,35	27,23
Sunta	17,06	23,41	20,52	2,68	13,05
MDF	34,75	49,4	43,81	7,02	16,02

X_{min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Levha boyuna eğilme dirençleri incelendiğinde suntanın eğilme direncinde levha enine eğilme direncine göre yükselme görülmektedir. Bu durumda FF-5 kodlu levha suntanın levha boyuna eğilme direncinden düşük olmaktadır. Üretilen levhaların levha enine ve levha boyuna eğilme dirençleri karşılaştırıldığında birbirine çok yakın değerler elde edildiği görülmüştür.



Şekil 4.13. Levha boyuna eğilme direnci değerleri (N/mm^2) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.14. Levha boyuna eğilme direnci - yoğunluk regresyon analizi grafiği

Yapılan regresyon analizi ile R^2 değeri 0,878 (Şekil 4.14) elde edilmiştir. Bu değer yoğunluk ile levha boyuna eğilme direnci arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.

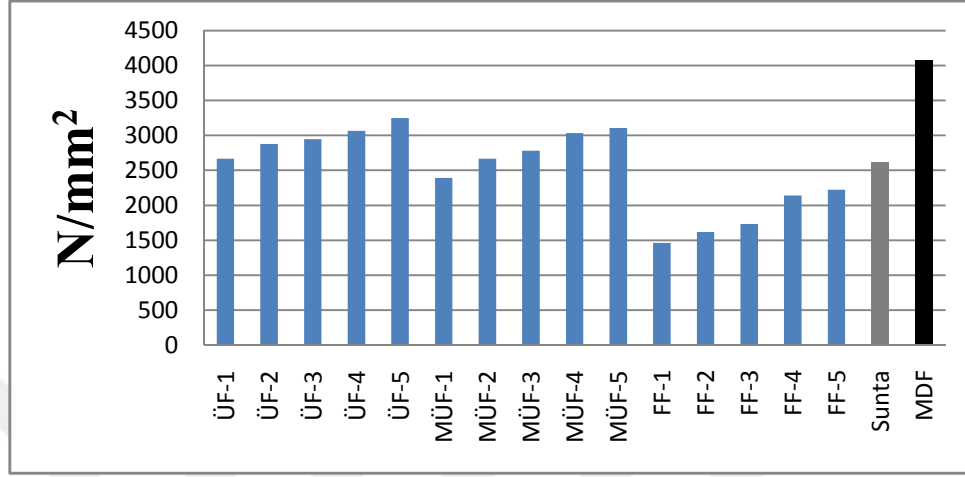
Deney örneklerinin kontrollerinde levha enine ve levha boyuna elastikiyet modülü değerlerine ait genel istatistikler Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de, levha enine ve levha boyuna elastikiyet modüllerinin karşılaştırması Şekil 4.15 ve Şekil 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Levha enine elastikiyet modülü (N/mm²) değerleri ait genel istatistikler

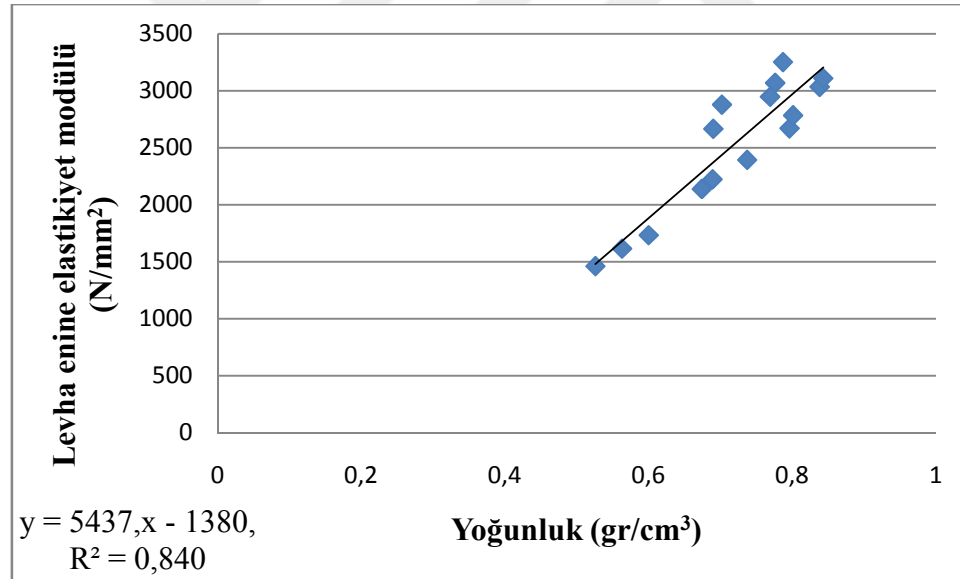
Levha Grubu	X_{\min} (N/mm ²)	X_{\max} (N/mm ²)	X_{ort} (N/mm ²)	σ	Cv (%)
ÜF-1	2516	2842	2665	164,53	6,17
ÜF-2	2747	3090	2877	185,73	6,45
ÜF-3	2521	3725	2946	675,8	22,93
ÜF-4	2801	3600	3067	461,33	15,03
ÜF-5	2692	3529	3250	483,36	14,87
MÜF-1	2191	2580	2393	195,09	8,14
MÜF-2	2596	2715	2669	63,98	2,39
MÜF-3	2281	3624	2783	732,93	26,33
MÜF-4	2663	3413	3033	375,29	12,37
MÜF-5	2548	3811	3108	643,26	20,69
FF-1	1384	1505	1462	67,4	4,6
FF-2	1270	1905	1616	321,6	19,89
FF-3	1594	1815	1733	121,76	7,02
FF-4	1317	2785	2138	749,09	35,02
FF-5	1453	2727	2223	677,17	30,45
Sunta	2428	2906	2614	256,07	9,79
MDF	4055	4081	4071	13,69	0,33

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Üretilen lifli levhaların büyük çoğunluğunun sultanın levha enine elastikiyet modülü değerinden daha yüksek, MDF'nin levha enine elastikiyet modülü değerinden daha düşük oldukları görülmektedir. En yüksek levha enine elastikiyet modülü değerleri üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Levha enine elastikiyet modülü değerleri (N/mm²) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.16. Levha enine elastikiyet modülü - yoğunluk regresyon analizi grafiği

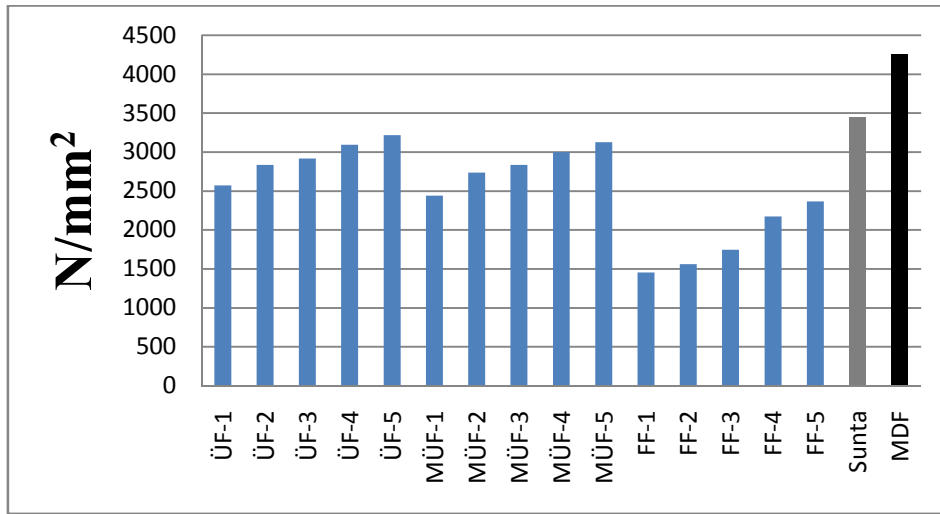
Yapılan regresyon analizi sonucunda R² değeri 0,840 (Şekil 4.16) ölçülmüştür. Bu değer yoğunluk ile levha enine elastikiyet modülü arasında kuvvetli oranda ilişki olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.12. Levha boyuna elastikiyet modülü (N/mm^2) değerleri ait genel istatistikler

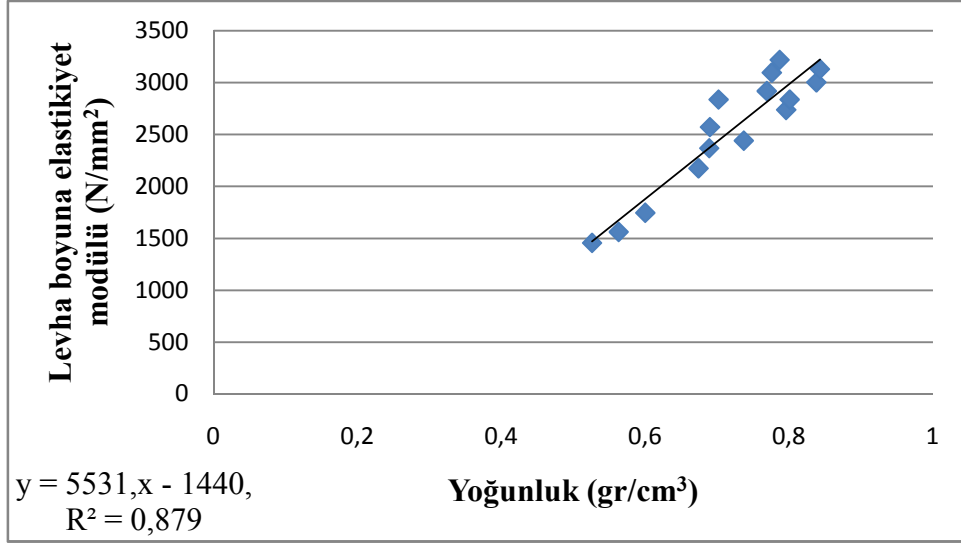
Levha Grubu	X_{\min} (N/mm^2)	X_{\max} (N/mm^2)	X_{ort} (N/mm^2)	σ	Cv (%)
ÜF-1	2262	2842	2571	241,1	9,37
ÜF-2	2710	3090	2835	173,06	6,1
ÜF-3	2592	3725	2917	540,78	18,53
ÜF-4	2307	3600	3095	626,93	20,25
ÜF-5	2692	3529	3217	400,22	12,44
MÜF-1	2270	2599	2440	137,88	5,64
MÜF-2	2401	3171	2736	328,07	11,98
MÜF-3	2555	3258	2836	298,89	10,53
MÜF-4	2250	3429	3001	527,3	17,56
MÜF-5	2742	3634	3129	414,08	13,23
FF-1	1204	1660	1456	189,53	12,98
FF-2	1208	1905	1562	374,26	23,95
FF-3	1594	1815	1746	102,46	5,86
FF-4	1602	2785	2174	500,4	23,01
FF-5	1843	2652	2367	357,87	15,11
Sunta	3241	3684	3447	182,19	5,2
MDF	3614	4653	4252	499,05	11,73

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Suntanın levha boyuna elastikiyet modülü değeri, levha enine elastikiyet modülü değerinden eğilme direnci sonuçlarında olduğu gibi daha yüksek çıkmıştır. Üretilen tüm lifli levhalarda sunta ve MDF'den daha düşük levha boyuna elastikiyet modülü değerleri elde edilmiştir. En düşük değerler fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Levha boyuna elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.18. Levha boyuna elastikiyet modülü - yoğunluk regresyon analizi grafiği

Levha boyuna elastikiyet modülü ile yoğunluk arasında yapılan regresyon analizi ile R^2 değeri 0,879 (Şekil 4.18) ölçülmüştür. Bu değer levha boyuna elastikiyet modülü ile yoğunluk arasında kuvvetli oranda ilişki olduğunu göstermektedir.

4.2.2. Vida tutma mukavemeti verileri

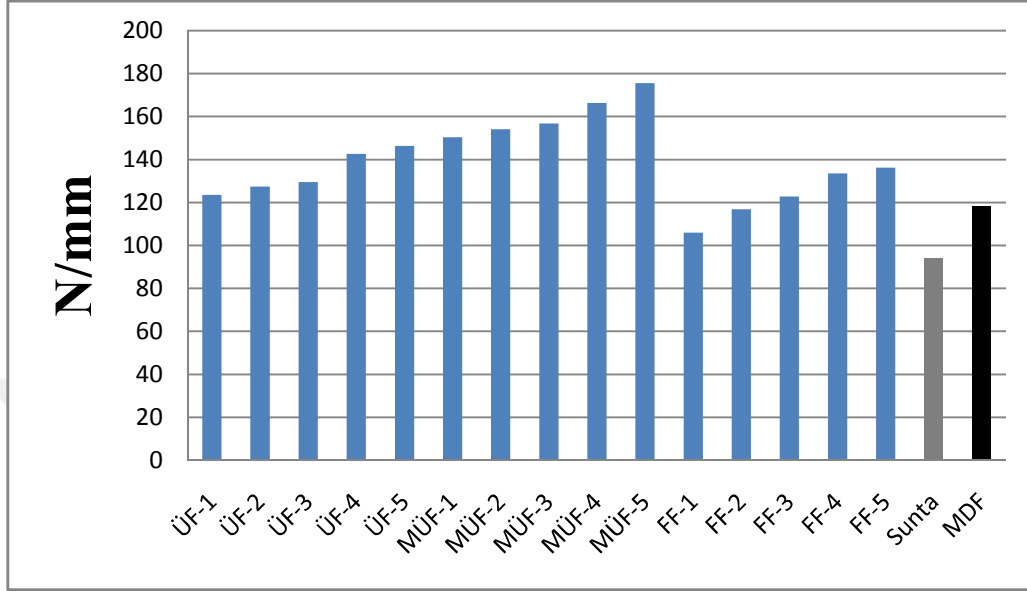
Deney örneklerinin kontrollerinde vida tutma mukavemeti değerlerine ait genel istatistikler Çizelge 4.13'de, vida tutma mukavemetlerinin karşılaştırması Şekil 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.13. Vida tutma mukavemeti değerlerine (N/mm) ait genel istatistikler

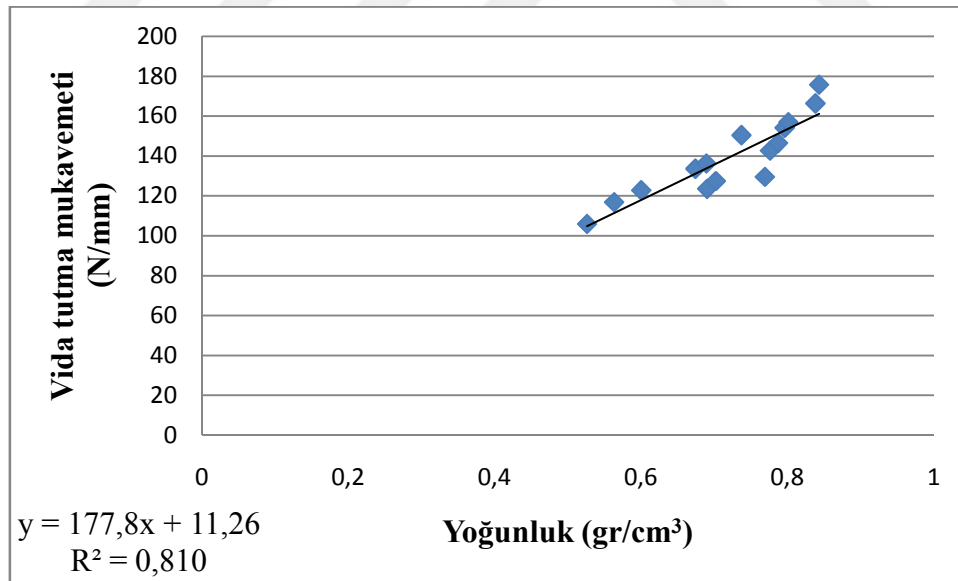
Levha Grubu	X_{\min} (N/mm)	X_{\max} (N/mm)	X_{ort} (N/mm)	σ	Cv (%)
ÜF-1	116,14	136,77	123,49	11,52	9,32
ÜF-2	120,97	138,08	127,38	7,41	5,81
ÜF-3	124,07	138,63	129,47	6,34	4,89
ÜF-4	123,02	151,88	142,63	15,94	11,17
ÜF-5	131,05	160,85	146,42	13,97	9,54
MÜF-1	139,15	163,32	150,36	11,64	7,74
MÜF-2	146,51	162,5	154,08	7,32	4,75
MÜF-3	138,83	171,8	156,83	13,57	8,65
MÜF-4	148,35	181,94	166,27	16,95	10,19
MÜF-5	159,7	193,69	175,61	14,59	8,3
FF-1	99,86	110,66	105,93	4,66	4,39
FF-2	109,64	121,52	116,83	5,15	4,4
FF-3	114,28	132,46	122,77	7,64	6,22
FF-4	129,19	140,67	133,57	5,14	3,84
FF-5	121	162,78	136,19	18,83	13,82
Sunta	81,91	104,86	93,89	10,52	11,2
MDF	112,15	125,95	117,95	5,98	5,06

X_{\min} : En küçük değer X_{ort} : Ortalama değer X_{\max} : En büyük değer σ : Standart Sapma Cv (%): Varyasyon katsayısı

Üretilen tüm lifli levhalarda sunta ve MDF'ye göre daha üstün vida tutma mukavemeti değerleri elde edilmiştir. En yüksek değerler melamin üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda, en düşük değerler ise fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.



Şekil 4.19. Vida tutma mukavemeti değerleri (N/mm) karşılaştırma grafiği



Şekil 4.20. Vida tutma mukavemeti - yoğunluk regresyon analizi grafiği

Vida tutma mukavemeti ile yoğunluk arasında yapılan regresyon analizi sonucunda R^2 değeri 0,810 (Şekil 4.20) ölçülmüştür. Bu değer vida tutma mukavemeti ile yoğunluk arasında kuvvetli oranda ilişki olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, 3 farklı tutkal ve 5 farklı elyaf miktarı kullanılarak atık tekstil liflerinden 526 - 843 kg/m³ arasında değişen yoğunluklarda 15 farklı lifli levha üretilmiştir. Üretilen lifli levhaların ve piyasadan satın alınan 1. kalite ham sunta ve 1. kalite ham MDF'nin TS-EN standartlarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Çalışmanın amacı; Uşak Organize Sanayi bölgesinde yaygın olarak çıkmakta olan tekstil elyaf atıklarından yonga-lifli levha endüstrisinde üretimi yapılan sunta ve MDF'ye benzer bir levha üreterek bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin karşılaştırılmasıdır.

5.1. Yoğunluk verilerinin değerlendirilmesi

Deneylede kullanılan lifli levhaların yoğunluk değerleri incelendiğinde, yoğunluklar 526 - 843 kg/m³ arasında değişmektedir. FF-1 ve FF-2 kodlu levhalar haricinde tüm levhalar orta yoğunlukta lifli levha (MDF) sınıfına girmektedir. Yoğunluk değerlerine ait ortalamalara bakıldığında en yüksek değer 843 kg/m³ ortalama ile MÜF-5 kodlu levhada görülmüştür. Suntainın yoğunluğu 708 kg/m³, MDF'nin yoğunluğu ise 800 kg/m³ bulunmuştur.

Aynı kod numarasına sahip (örneğin; MÜF-5, ÜF-5, FF-5 gibi) levhalar arasındaki yoğunluk değerlerinin birbirinden farklı çıkmasının nedeni, tutkal-elyaf karışımından kaynaklanmaktadır. Tutkal ve elyaf karışımı el ile yapıldığı için yoğunluk farklılıklarının yüksek olacağı tahmin edilmiş olup bunun için bir merdaneli sıkma makinesi yapılmıştır. Tutkal ve elyaf el ile karıştırıldıktan sonra sıkma silindirleri arasından geçirilerek fazla tutkalın atılması ve tutkalın elyaf içine daha iyi dağılımı sağlanmaya çalışılmıştır. Alınan bu tedbire rağmen her üretimde aynı miktarda tutkalın kullanımı ayarlanamamıştır. İkinci bir sebep olarak tutkallar arasındaki viskozite farkı elyaf ile tutkalın rahat bir şekilde karıştırılmasını zorlaştırmaktadır. Özellikle Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen lifli levhalarda yoğunluğun düşük olmasındaki en önemli faktör tutkalın viskozitesinden dolayı elyaf ile tutkalın karışımında yaşanan zorluk olmuştur. Tutkallama işlemini daha iyi gerçekleştirebilecek bir makine kullandığı takdirde daha az tutkal kullanımı ve homojen bir tutkal karışımı olacağı, böylece levhalar arasındaki yoğunluk farklarının azalacağı düşünülmektedir.

Bazı levhalardaki minimum ve maksimum yoğunluk değerleri arasındaki farkların daha büyük olmasının sebebi ise tutkallı elyafın levha kalıbına serilmesinde yaşanan sıkıntılardır. Sıkma silindirlerinden geçen tutkallı elyafı homojen bir şekilde kalıba serebilmek için kalıp 6 parçaya bölünmüş ve her bir parça içerisine belirli miktarda elyafın el ile yerleştirilmesi düşünülmüştür. Bu sebeple bazı levhalardan alınan numuneler arasında yoğunluk farkları daha yüksek çıkmıştır. Tutkallı elyafı homojen bir şekilde serebilecek bir makine kullanıldığı takdirde daha homojen bir yapı elde edileceği düşünülmektedir.

Homojen bir tutkal-elyaf karışımı, fazla tutkalın elyaf üzerinden atılması ve tutkalı elyaf içine daha iyi bir şekilde dağıtacak bir makine ile hem kullanılan tutkal miktarının azalacağı hem de tutkalın elyaf içinde homojen bir şekilde dağılacığı düşünülmektedir.

5.2. Rutubet miktarı verilerinin değerlendirilmesi

Rutubet verileri incelendiğinde, levhaların rutubet miktarlarının %3,41 ile %7,57 arasında değiştiği görülmektedir. Tüm levhaların 1. kalite ham suntuadan daha düşük rutubet miktarına sahip oldukları görülmektedir. 1. Kalite ham MDF'nin rutubet değeri ile karşılaştırma yapıldığında üretilen lifli levhaların büyük bir bölümünün daha düşük rutubet değerine sahip olduğu görülmektedir. %3,41 ile en düşük rutubet değerine sahip olan MÜF-1 kodlu lifli levha MDF'nin %6,67'lik rutubet değerine göre %48 daha iyi bir değere sahiptir. Üretimde kullanılan hammaddenin %75 civarında pamuk olması bu rutubet değerini etkilemiştir. Uşak Organize Sanayi bölgesinde çıkan elyaf atıklarının büyük bölümü sentetik liflerden oluşmaktadır. Eğer lifli levha üretimi sentetik liflerden yapılırsa rutubet değerinin çok daha az çıkacağı düşünülmektedir.

Üretilen lifli levhalar arasında karşılaştırma yapıldığında en düşük rutubet miktarlarının Melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda olduğu görülmektedir. En yüksek rutubet miktarları ise Fenol-formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda görülmüştür. Bu değerler sunta ve MDF ile karşılaştırıldığında yüksek bir değer olarak görünüyorsa bile daha da düşürülebileceği tahmin edilmektedir. Bunun sebebi Fenol formaldehit tutkalı ile elyafın karıştırılmasında yaşanan zorluk olmuştur. Tutkalın elyaf içinde homojen bir dağılım sağlanamadığı düşünülmüştür. Daha homojen bir tutkal dağılımı sağlanabildiği takdirde Fenol formaldehit tutkalından üretilen lifli levhalarında Melamin-üre formaldehit

ve Üre formaldehit tutkalından üretilen lifli levhalara yakın bir rutubet değerine ulaşabileceği tahmin edilmektedir.

5.3. Su içerisine daldırma işleminden sonra ağırlık değişimi ve kalınlığına şişme verilerinin değerlendirilmesi

Ağırlık artışı değerlerinin %25,82 ile %53,56 arasında değiştiği görülmektedir. Melamin-üre ve Üre formaldehit tutkalları ile üretilen lifli levhalarda sunmaya göre daha az ağırlık artışı elde edilmiştir. %25,82 ile üretilen levhalar arasında en düşük ağırlık artışına sahip MÜF-5 kodlu levha, MDF'nin %17,12'lik ağırlık artış değerine göre %33 daha yüksektir.

Kalınlık artışı değerleri ise %4,19 ile %13,54 arasında değişmektedir. Suntada %16,56 kalınlık artışı ile üretilen tüm lifli levhalardan yüksek bir değer elde edilmiştir. MDF'nin %12,15 kalınlık artışı ile üretilen lifli levhalar karşılaştırıldığında, ÜF-4 ve ÜF-5 kodlu levhalar haricinde tüm levhaların MDF den daha az kalınlık artışı gösterdiği görülmüştür.

Üretimde kullanılan hammaddenin %75 civarında pamuk olması ağırlık ve kalınlık artışı değerlerini etkilemiştir. Kullanılan elyaf içerisindeki sentetik elyaf yüzdesi arttıkça bu değerlerde düşüş sağlanabileceği düşünülmektedir.

En yüksek ağırlık artışı Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda görülmüştür. En yüksek kalınlık artış değerleri ise ÜF-4 ve ÜF-5 kodlu levhalarda görülmüştür. Bunun en önemli sebebinin tutkal ile elyaf karışımının homojen yapılamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4. Bağıl nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarda meydana gelen değişiklik verilerinin değerlendirilmesi

5.4.1. Bağıl nemin kalınlıktaki değişimine ait verilerin değerlendirilmesi

Levhaların %50 nemli ortamdan %65 nemli ortama geçmesinden sonraki kalınlık değişimine ait değerler incelendiğinde, kalınlık artışı değerleri %0,649 ile %1,817 arasında değişmektedir. Suntanın %0,999 kalınlık artışı ile ÜF-1, ÜF-2 ve ÜF-3 kodlu levhalar haricinde tüm levhalardan daha düşük bir değere sahip olduğu görülmüştür. MDF de ise %1,318'lik kalınlık artışı ile sunmaya göre daha yüksek bir değer ölçülmüştür. Üretilen lifli

levhalardaki kalınlık artışlarının sunta ve MDF'ye çok yakın değerler olduğu görülmektedir.

Levhaların %65 nemli ortamdan %85 nemli ortama geçmesinden sonraki kalınlık değişimine ait değerler incelendiğinde, kalınlık artışlarının %0,502 ile %2,704 arasında değiştii görülmektedir. F-1, MF-3, FF-2, FF-3 kodlu levhalarda MDF'nin %1,239 olan kalınlık artışından yüksek değerler elde edilmiştir. Üretilen levhaların geneline bakıldığında sunta ve MDF'ye yakın değerler elde edildiği görülmektedir.

Eğer levhalarda sentetik lif oranı arttırılırsa kalınlık artışının azaltılabileceği düşünülmektedir. Levhalar arasındaki bazı dengesiz kalınlık artışı değerlerinin en büyük sebebinin levha üzerinden alınan deney numunelerindeki tutkal dağılımının kötü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4.2. Bağıl nemin uzunluktaki değişimine ait verilerin değerlendirilmesi

Levhaların %50 nemli ortamdan %65 nemli ortama geçmesinden sonraki uzunluk değişimine ait değerler incelendiğinde, uzunluk artışı değerlerinin %0,14 ile %0,357 arasında değiştii görülmüştür. Suntadaki %0,324 uzunluk artışının, FF-4 ve FF-5 kodlu levhalar haricindeki tüm levhalardan daha yüksek olduğu görülmüştür.

Üretilen levhaların uzunluk artışı değerleri incelendiğinde Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar haricinde tüm levhaların MDF'ye çok yakın değerler olduğu görülmektedir. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların uzunluk artış değerlerinin ise suntaya çok yakın olduğu görülmektedir.

Levhaların %65 nemli ortamdan %85 nemli ortama geçmesinden sonraki uzunluk değişimine ait değerler incelendiğinde, uzunluk artışı değerleri %0,16 ile %0,423 arasında değişmektedir. Tüm levhalarda suntaya göre daha düşük uzama artışı görülmüştür. MDF'nin ise %0,301'lik uzunluk artışı ile Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen lifli levhalar ve MF-3 kodlu levha haricindeki tüm levhalardan daha yüksek bir değere sahip olduğu görülmektedir.

Üre formaldehit ve Melamin-re formaldehit tutkalı ile üretilen lifli levhaların uzunluk artışı değerleri incelendiğinde birbirine yakın değerler olduğu, sunta ve MDF'den daha düşük uzunluk artışı gösterdikleri görülmektedir. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen

levhalar diğer levhalara göre daha yüksek uzunluk artışı göstermesine rağmen suntanın uzunluk artış değerinden daha düşüktür.

5.5. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü verilerinin değerlendirilmesi

Levha enine eğilme direnci değerleri incelendiğinde, değerlerin 11,16 ile 30,95 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. FF-1, FF-2 ve FF-3 kodlu levhalar haricindeki tüm levhalar suntaya göre daha iyi bir eğilme direnci değerine sahiptir. Ancak MDF'nin 42,2 N/mm² olan eğilme direnci tüm levhalardan daha üstündür. Üretilen lifli levhalar arasında en yüksek eğilme direnci değerine sahip olan MÜF-5 kodlu levha 30,95 N/mm² değeri ile MDF'nin 42,2 N/mm² değerinden %36 daha düşüktür. Suntanın 16,36 N/mm² değerinden ise %89 daha yüksektir.

En yüksek levha enine eğilme direnci değerleri 17,59 - 30,95 N/mm² arasında olan Melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda, ardından 19,22 - 22,6 N/mm² arasında olan Üre formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda, en düşük levha enine eğilme direnci değerleri 11,16 - 19,83 N/mm² arasında olan Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda görülmüştür. Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalar en düşük levha enine eğilme direnci değerlerine sahip görünüyor olsalar da FF-4 ve FF-5 kodlu levhaların levha enine eğilme direnci değerleri suntaya göre daha yüksek bir değere sahiptir.

Levha boyuna eğilme direnci değerlerinin 11,29 ile 31,19 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. Suntanın levha boyuna eğilme direnci değerlerine bakıldığında levha enine eğilme direnci değerinden daha yüksek bir değer ölçüldüğü görülmektedir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalar ve ÜF-1, MÜF-1 kodlu levhalar haricindeki tüm levhalar suntanın levha boyuna eğilme direnci değerinden daha yüksek çıkmıştır.

MÜF-5 kodlu levha 31,19 N/mm² değeri ile MDF'nin 43,81 N/mm² değerinden %40 daha düşük, Suntanın 20,52 N/mm² değerinden ise %51 daha yüksektir.

En yüksek levha boyuna eğilme direnci değerleri 17,39 - 31,19 N/mm² arasında olan Melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda ve en düşük levha boyuna eğilme direnci değerleri 11,29 - 19,64 N-mm² arasında olan Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda elde edilmiştir.

Levha enine elastikiyet modülü değerleri 1462 ile 3250 N/mm² arasında değişmektedir. Suntanın levha enine elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalar ve MÜF-1 kodlu levha haricindeki tüm levhaların levha enine elastikiyet modülü değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. ÜF-5 kodlu levha 3250 N/mm² değeri ile MDF'nin 4071 N/mm² değerinden %25 daha düşük ve suntanın 2614 N/mm² değerinden ise %24 daha yüksektir.

En yüksek değerler 2665 - 3250 N/mm² arasında olan Üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda, en düşük elastikiyet modülü değerleri 1462 - 2223 N/mm² arasında olan Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda görülmüştür.

Levha boyuna elastikiyet modülü değerleri incelendiğinde, değerlerin 1456 ile 3217 N/mm² arasında olduğu görülmüştür. Suntanın levha boyuna elastikiyet modülü değerlerine bakıldığında levha enine elastikiyet modülü değerinden daha yüksek bir değer ölçüldüğü görülmektedir. Üretilen lifli levhaların hepsi sunta ve MDF'den daha düşük elastikiyet modülü değerine sahip çıkmıştır. Üretilen lifli levhalar arasında en yüksek levha boyuna elastikiyet modülü değerine sahip olan ÜF-5 kodlu levha 3217 N/mm² değeri ile suntanın 3447 N/mm² değerinden %7 daha düşüktür. MDF'nin 4252 N/mm² değerinden ise %32 daha düşüktür.

En yüksek değerler 2571 - 3217 N/mm² arasında olan Üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda, en düşük levha boyuna elastikiyet modülü değerleri 1456 - 2367 N-mm² arasında olan Fenol formaldehit tutkalı kullanılan levhalarda görülmüştür.

Tutkallı elyafın pres kalıbı içerisine tiftiklenerek serilmesi esnasında lifler herhangi bir yönlendirme yapılarak serilmemiştir. Bu sebeple levha enine ve levha boyuna eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri benzer değerlere sahiptir.

Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneylerinde gözlemlenen kırılma noktaları tutkal ile elyafın tam karışamadığı bölgelerde meydana gelmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi için gerekli numune boyutlarının 21x5 boyutlarında olması homojen tutkal karışımı olamayabilecek bölgelerin yüksek olmasına neden olmuştur. Bu sebeple daha homojen bir tutkal-elyaf karışımı sağlandığı taktirde tüm lifli levhaların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin daha iyi değerlerine sahip olacağı düşünülmektedir.

Üretilen lifli levhaların MDF'den düşük eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine sahip olmasının bir diğer sebebi ise tüm eğilme deneyi testlerinin 8 milimetre levha kalınlığına göre yapılmış olmasıdır. Üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların kalınlık ortalaması 7,66 mm, Melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların kalınlık ortalaması 6,64 mm, Fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların kalınlık ortalaması 7,5 mm, suntanın kalınlık ortalaması 7,97 mm, MDF'nin kalınlık ortalaması 7,97 mm ölçülmüştür.

5.6. Vida tutma mukavemeti verilerinin değerlendirilmesi

Deneyleerde kullanılan lifli levhaların vida tutma mukavemeti değerleri incelendiğinde, değerlerin 105,93 - 175 N/mm arasında olduğu görülmüştür. Tüm lifli levhalar suntadan daha yüksek bir vida tutma mukavemeti değerine sahiptir. MDF 117,95 N/mm değeriyle yalnızca FF-1 kodlu levhanın vida tutma mukavemetinden yüksektir. En yüksek vida tutma mukavemetine sahip olan MÜF-5 kodlu levha 175,61 N/mm değeri ile suntadan %87, MDF'den %48 daha büyüktür.

En yüksek vida tutma mukavemeti değerleri 150,360 - 175,61 N/mm arasında olan Melamin-üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda, ardından 123,49 - 146,42 N/mm arasında olan Üre formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda, en düşük vida tutma mukavemeti değerleri 105,93 - 136,19 N/mm ile Fenol formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhalarda görülmüştür. En düşük değerlere sahip olan fenol formaldehit tutkalı kullanılan lifli levhaların hepsi suntadan daha yüksek değere sahip olup, FF-3, FF-4 ve FF-5 kodlu levhaların vida tutma mukavemeti değerleri MDF'den de yüksek bir değerde ölçülmüştür.

Üretilen lifli levhaların sunta ve MDF kalınlığında üretilmesi durumunda vida tutma mukavemetlerinin yükseleceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Pınarlık, G., Şenol, M. F., 2012, "İkinci kullanım tekstil liflerinden yapılan open-end rotor ipliklerinin özellikleri", *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi*, Uşak, 169-180.
2. Kara, E., 1987, "Kumaş atıkları nereye koşuyor", *Konfeksiyon Teknik*, s. 75.
3. Akbulut, T., 2000, "Yonga Levha Endüstrisi", *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, Nisan-Mayıs, 119-122.
4. Avcı, E., 2009, "Türkiye'de üretilen yonga ve lif levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin TS EN standartlarına uygunluğunun ve tutarlılığının belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, 25-33.
5. Çakır, G., 2012, "Bor katkılı zeytin karasuyu ile emprenye edilmiş bağ budama atıklarından üretilmiş yonga levhaların fiziksel, mekanik ve çürüklük direncine olan etkisinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla, s. 1.
6. Altun, Ş., 2012, "Türkiye'deki tekstil ve hazır giyim atık miktarları ve geri kazanım imkanları", *1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi*, Uşak, 333-338.
7. Aral, N., 2009, "Tekstil atıklarından oluşturulan kompozitlerin performans özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-
8. Köse, H.Ö., Ayaz, S., Köroğlu, B., 2007, "Türkiye'de atık yönetimi, ulusal düzenlemeler ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi", T.C. Sayıştay Başkanlığı
9. Armağan, B., Demir, İ., Gök, Ö., 2006, "Katı atıkların ekonomide değerlendirilmesi" İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 2006-23 İstanbul.
10. Turak, B., 2013, "Tekstil atıklarından elde edilen kompozit ısı yalıtım malzemelerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta,
11. Katkar, P., Bairgadar, M., 2012, "Textile waste recycling", Erişim Tarihi: 30.04.2012, <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/28/2726/textile-waste-recycling1.asp>.

12. Bozkurt, Y., 1983, "Tekstil sektöründe atık sorunu ve değerlendirme olanakları", *II. Ulusal Çevre Mühendisliği Sempozyumu*, İzmir, s. 24.
13. Koch, K., Domina, T., 1999, Consumer Textile Recycling as a Means of Solid Waste Reduction Family and Consumer Sciences Research Journal Vol. 28, No. 1.
14. Binici, H., Aksoğan, O., Bodur, M.N., Akça, E., Kapur, S., 2005, "Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials", *Construction and Building Materials*, In Press.
15. Aral, N., Bakkal, M., Berkalp, Ö., Saikoğlu, K., 2009, "Atık kumaş takviyeli polimer matrisli kompozitlerin darbe ve çekme davranışlarının incelenmesi", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2, 139-140.
16. Kozak, M., 2010, "Tekstil atıklarının yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6, 65-68.
17. Briga-Sa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., 2012, "Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution", *Construction and Building Materials*, 38, s.156.
18. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, 2011, "Levha sanayi raporu", *Orta Anadolu Ağaç Mamülleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliği*, Ankara, s.1.
19. Bozkurt, Y., Göker, Y., 1985, "Yonga levha endüstrisi", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, s. 263.
20. Örs, Y., Akyıldız, M. H., 2003, "Türkiye yonga levha endüstrisinin dış ticaret durumu", *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 58-80.
21. Erdil, Y.Z., 1998, "Strength analysis and design of joints of furniture frames constructed of plywood and oriented strand-board", *Master of Science, Purdue University Graduate School, West Lafayette, Indiana, USA*.
22. Deppe, H.J., Ernst, K., 1964, "Technologie der spanplatten", *Holz-Zentralblatt Verlags, GmbH Stuttgart*.

23. Kalaycıoğlu, H., 2006, "Yonga levhaların tarihi gelişimi", Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi, 46, 144-148.
24. Güler, B., 2001, "Odun kompozitleri", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 135-160.
25. Akbulut, T., 1991, "ORÜS Vezirköprü yonga levha fabrikasında üretilen levhaların teknolojik özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
26. Burdurlu, E., 1994, "Ahşap kökenli kaplama ve levha üretim - kullanım teknolojisi", Bizim Büro Basımevi, Ankara, s. 322.
27. Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., 2000, "Yonga levha teknolojisi", Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi, 7, 120-126.
28. Göker, Y., 2000, "Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri", Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi, Nisan Mayıs, 7, 128-133.
29. Güller, C., Özen. R., Kalaycıoğlu, H., 2001, "Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri", Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(1), 99-108.
30. Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996, "Orman ürünlerinden faydalanma", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, s. 250.
31. Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H., 2002, "Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi", KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 28-41.
32. Mengeloğlu, F., Alma, H.M., 2002, "Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması", KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2), 37-48.
33. Alma H.M., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ., Tutus, A., 2005, "Properties of cotton carpel-based particleboards", Ind Crops and Prod, 22(2), 141-149.
34. Karakuş, B., 2007, "Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

35. Yeniocak, M., 2008, "Bağ budama atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Muğla.
36. Topbaşı, B., 2013, "Atık muz kabuklarından üretilen yonga levhanın mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
37. Özen, R., 1980, "Yonga levha endüstrisi ders notları", KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon, s. 185.
38. Hayes, M., 2005, Agricultural Residues: A promising alternative to virgin wood fiber, www.woodconsumption.org
39. Youngquist, J.A., English, B.E., Scharmer, R.C., Chow, P., Shook, S.R., 1994, Literature Review of Use of Nonwood Plant Fibers for Building Materials and Panels, United States.
40. Duran, A., 2004, "Çimento kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özellikleri", Lisans Tezi, KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon.
41. Günsel, U., 2004, "Türkiye mobilya endüstrisinde kullanılan bazı yonga levhaların temel fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
42. Huş, S., 1977, "Ağaç malzeme tutkalları", İstanbul Üniversitesi, s. 248.
43. Kalaycıoğlu H., 1992, "Bitkisel atıkların yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi", *Orenko*, 92(1.cilt), 288-292.
44. TS EN 326-1 Ahşap Esaslı Levhalar - Numune alma kesme ve muayene bölüm 1:Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi, TSE, Ankara, 1999.
45. TS EN 323 Ahşap Esaslı Levhalar - Birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara, 1999.
46. TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar - Rutubet miktarının tayini, TSE, Ankara, 1999.

47. TS EN 317 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar - Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE, Ankara, 1999.

48. TS EN 318 Ahşap Esaslı Levhalar - Nispi nem değişikliğine bağlı olarak boyutlarda meydana gelen değişikliğin tayini, TSE, Ankara, 2005.

49. TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar - Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara, 1999.

50. TS EN 320:2011 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar - Vida tutma mukavemetinin tayini, TSE, Ankara, 2011.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, soyadı : Çağlar TAHTA
Uyruğu : T.C.
Doğum yeri : Ahmetli / MANİSA
Doğum tarihi : 21.09.1990
Medeni durumu : Bekar
Yabancı dil : İngilizce
E-posta adresi : caglartahta@outlook.com
Cep Telefonu : 0 (505) 252 29 67



EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise : Uşak Hasan-Zeki Boz Lisesi (Mezuniyet: 2009)
Lisans : Uşak Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Tekstil Mühendisliği (Mezuniyet: 2013)
Ön Lisans : Celal Bayar Üniversitesi - Turgutlu Meslek Yüksek Okulu - Bilgisayar Programcılığı (Mezuniyet: 2015)
Yüksek Lisans : Uşak Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü - Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
-	-	-

YAYINLAR

-