

**YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KALIP AYIRICI KİMYASAL
KULLANIMININ LEVHANIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

ALİ FURKAN DURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ODUN MEKANİĞİ VE TEKNOLOJİSİ PROGRAMI**

DANIŞMAN

DOÇ. DR. HALİL İBRAHİM ŞAHİN

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KALIP AYIRICI KİMYASAL
KULLANIMININ LEVHANİNTEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ

Ali Furkan Duran tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Program'ında **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Ümit BÜYÜKSARI
Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa ASLAN
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 14/12/2023

BEYAN

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

14 Aralık 2023

Ali Furkan DURAN

TEŐEKKÜR

Bu tez sadece bir akademik çalışma değil, aynı zamanda sabır, azim ve özverinin bir ürünüdür. Bu yolculuğumda bana rehberlik eden, değerli hocam Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN'e en içten dileklerle teŐekkür ederim.

Bünyesinde çalıŐmakta olduğum Kastamonu Entegre Ağaç SAN. VE TİC. A.Ő Őirketine ve yöneticilerime, yüksek lisans öğrenimime sağladığı imkân ve olanaklar dolayısıyla ayrıca teŐekkür ederim.

Tez yazdığım süre boyunca tezimin her aşamasında titizlikle çalıŐmamı inceleyen ve değerli geri bildirimlerini esirgemeyen değerli dostum Mak.Yük. Müh. Orhan ŞAHİN'e teŐekkür ederim.

Bu alıŐma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, motivasyon kaynağım olan sevgili eŐim Betül DURAN'a ve aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Aralık 2023

Ali Furkan DURAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	Vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	X
SİMGELER	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 YONGALEVHA ENDÜSTRİSİ.....	2
1.2 YONGALEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRMASI	3
1.2.1 Yongalevhaların Sınıflandırılması	4
1.3 YONGALEVHA ÜRETİM TEKNOLOJİSİ	5
1.3.1 Hammadde	6
1.3.2 Yongalama	8
1.3.3 Yongaların Depolanması.....	8
1.3.4 Öğütme.....	9
1.3.5 Kurutma	12
1.3.6 Eleme.....	13
1.3.7 Tutkallama	15
1.3.8 Serme.....	17
1.3.9 Ön Presleme.....	18
1.3.10 Sıcak Pres.....	19
1.3.11 Ebatlama	19
1.3.12 Klimatize Etme.....	19
1.3.13 Depolama	20
1.3.14 Zımparalama	20
1.4. LİTERATÜR ÖZETİ.....	21
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
2.1 MATERYAL	24
2.1.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasal ve Özellikleri	27
2.1.2.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasala Ait Temas Açısı	30
2.2 YÖNTEM	31

2.2.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasal Kullanımı.....	31
2.2.2 Deneme Levhalarından Test Numunelerinin Hazırlanması.....	32
2.2.3 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini.....	33
2.2.3.1 Fiziksel Özellikler	34
2.2.3.1.1 Yoğunluk (Özgül Ağırlık) Tayini	34
2.2.3.1.2 Rutubet Tayini	34
2.2.3.1.3 Su Alma Oranı ve Kalınlık Artım Oranı Tayini	35
2.2.3.1.4 Yüzey Absorpsiyonu (Toluen) Değerinin Tayini	36
2.2.3.2 Mekanik Özellikler	36
2.2.3.2.1 Eğilme Direnci	36
2.2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü	37
2.2.3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci	37
2.2.3.2.4 Vida Tutma Direnci	38
2.2.3.2.5 Yüzey Sağlamlığı Direnci	39
2.2.4. Üretim Hızı	39
2.2.5. İstatistiksel Değerlendirmeler	39
3. BULGULAR VE İRDELEME.....	40
3.1. LEVHALARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR.....	40
3.1.1 Yoğunluk.....	40
3.1.2 Rutubet	41
3.1.3 Su Alma Oranı	43
3.1.4 Kalınlık Artım Oranı.....	44
3.1.5 Yüzey Absorpsiyonu	46
3.2 LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR.....	48
3.2.1 Eğilme Direnci.....	48
3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	50
3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci	51
3.2.4 Vida Tutma Direnci	52
3.2.5 Yüzey Sağlamlığı.....	55
3.3 LEVHA ÜRETİM HIZINA AİT BULGULAR	57
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
5. KAYNAKÇA	62
ÖZGEÇMİŞ.....	68

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 Yongalevha görseli.	4
Şekil 1.2 Yongalevha üretim proses şeması.	6
Şekil 1.3 Kaba yongalama makinesi.	8
Şekil 1.4 Diskli elek ile boyutlarına göre yonga sınıflandırma	9
Şekil 1.5 Değirmen genel görünüş.	10
Şekil 1.6 Değirmen çalışma prensibi	10
Şekil 1.7 Yonganın değirmende öğütülmesi.	11
Şekil 1.8 Döner tamburlu kurutucu.	12
Şekil 1.9 Mekanik elek.	14
Şekil 1.10 Tutkallama makinesi genel görünümü.	17
Şekil 1.11 Ön presleme.	18
Şekil 1.12 Conti pres.	19
Şekil 1.13 Yıldız soğutucu.	20
Şekil 2.1 Serme bandına kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme işlemi.	29
Şekil 2.2 Levha taslağı üzerine kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme işlemi.	29
Şekil 2.3 Deney levhalarında test parçasının kesim yeri.	32
Şekil 2.4 Test parçalarının kesim planı.	32

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1.1 Yongalevhelerde kullanılan hammaddeler.	7
Çizelge 2.1 Üre formaldehit tutkalına ait analiz sonuçları.	25
Çizelge 2.2 Tutkal-sertleştirici jel testi sonuçları (orta tabaka).	25
Çizelge 2.3 Tutkal-sertleştirici jel testi sonuçları (dış tabaka).	26
Çizelge 2.4 Sertleştirici analiz sonuçları.	26
Çizelge 2.5 Parafin analiz sonuçları.	27
Çizelge 2.6 Kalıp ayırıcı kimyasala ait analiz sonuçları.	28
Çizelge 2.7 Temas açısı değerlerine ait bulgular.	30
Çizelge 2.8 Deneme numunelerine verilen kalıp ayırıcı kimyasal miktarı.	31
Çizelge 2.9 Analiz test standartları, yöntemler ve örnek boyutları	33
Çizelge 3.1 Deneme levhalarına ait yoğunluk değerleri (kg/m^3).	40
Çizelge 3.2 Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	41
Çizelge 3.3 Deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).	42
Çizelge 3.4 Deneme levhalarının rutubet değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	42
Çizelge 3.5 Deneme levhalarına ait 2 ve 24 saatlik su alma oranları (%).	43
Çizelge 3.6 Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik su alma oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.	44
Çizelge 3.7 Deneme levhalarına ait 2 ve 24 saatlik kalınlık artım oranları (%).	45
Çizelge 3.8 Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik kalınlık artım oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.	46
Çizelge 3.9 Deneme levhalarına ait yüzey absorpsiyon değerleri (mm).	47
Çizelge 3.10 Deneme levhalarının yüzey absorpsiyon değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	47
Çizelge 3.11 Deneme levhalarına ait eğilme direnci değerleri (n/mm^2).	48
Çizelge 3.12 Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	49
Çizelge 3.13 Deneme levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri (n/mm^2). .	50
Çizelge 3.14 Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	51

Çizelge 3.15 Deneme levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri (n/mm ²).....	51
Çizelge 3.16 Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.....	52
Çizelge 3.17 Deneme levhalarına ait yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerleri (n).	53
Çizelge 3.18 Deneme levhalarının yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	54
Çizelge 3.19 Deneme levhalarına ait yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerleri (n).....	54
Çizelge 3.20 Deneme levhalarının yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	55
Çizelge 3.21 Deneme levhalarına ait yüzey sağlamlığı direnci değerleri (n/mm ²).	56
Çizelge 3.22 Deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.	56
Çizelge 3.23 Kalıp ayırıcı kimyasal kullanım miktarlarına bağlı olarak ölçülen tesis üretim hızları.....	57

KISALTMALAR

A.Ş.	Anonim Şirket
Abs.	Absorpsiyon
BS	British Standards
CL1	Orta tabakanın altı
CL2	Orta tabakanın üstü
cm ³	Santimetre küp
dk	Dakika
EN	European National
g	Gram
HG	Homojenlik grupları
KAK	Kalıp ayırıcı kimyasal
kg	Kilogram
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
MDF	Medium Density Fiberboard (Lif Levha)
µL	mikrolitre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
N	Örnek sayısı
pH	potential of hydrogen (hidrojen potansiyli)
PMDI	Polimerik Metilen Difenilin İzosiyanat
PVC	Polivinil Klorür
S	Standart sapma
SE	Standart hata
SL1	Alt tabaka

SL2	Üst tabaka
sn	Saniye
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
vd	ve diğerleri
X	Ortalama değer
X_{mak}	En yüksek değer
X_{min}	En düşük değer
YDÇ	Yüzeye dik çekme direnci

SİMGELER

A	Örneğin enine kesit alanı
a	Örnek genişliği
b	Örnek kalınlığı
E	Eğilmede elastikiyet modülü
f	Elastik bölgede P yüküne karşı örnekte meydana gelen deformasyon
F	Eğilme direnci değeri
F_{max}	Kırılma anındaki maksimum yük
H	Rutubet
KA	Kalınlık artım oranı
k_1	İlk ölçülen kalınlık
k_2	Suda bekletildikten sonra ölçülen kalınlık
L_s	Dayanak noktaları arasındaki açıklık
M_{12}	Deney örneğinin hava kurusu ağırlığı
M_0	Deney parçasının kurutmadan sonraki ağırlığı
M_H	Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki ağırlığı
M_r	Suda bekletildikten sonra ölçülen ağırlık
P	Elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yük
SA	Su alma oranı
δ_{12}	Yoğunluk
V_{12}	Deney örneğinin hava kurusu hacmi

ÖZET

YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KALIP AYIRICI KİMYASAL KULLANIMININ LEVHANIN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ali Furkan DURAN

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Halil İbrahim ŞAHİN

Aralık 2023, 67 sayfa

Bu çalışmada günümüzde levha üretimlerinde kullanılan kalıp ayırıcı kimyasalın yongalevha üretiminde çeşitli miktarlarda kullanılarak, üretim parametrelerine, levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla 18 mm kalınlığında ve 630 kg/m^3 yoğunluğundaki yongalevha üretiminde sırasıyla alt ve üst tabakalara 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 g/m^2 olacak şekilde kalıp ayırıcı kimyasal kullanılmıştır. Laboratuvar testleri Kastamonu Entegre A.Ş.'nin Gebze yongalevha fabrikası laboratuvarında TS EN standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Levhanın fiziksel özelliklerinden; yoğunluk, rutubet, su alma oranı, kalınlık artım oranı ve yüzey absorpsiyonu testleri yapılırken, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci ve yüzey sağlamlığı direnci değerleri belirlenmiştir. Bununla beraber üretim parametresi olarak da verilen kimyasal miktarının pres üretim hızına etkisi değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, kalıp ayırıcı kimyasal katılımı ile yüzey absorpsiyon değeri, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü arasında belirgin bir etkileşim tespit edilmiştir. Aynı zamanda üretime hızlanabilme kabiliyeti sağlayarak yongalevha üretim kapasitesinde önemli bir artış sağlamıştır. Aynı zamanda yongalevha üretim bandında oluşabilecek yapışmaları minimize ederek, levha kalitesine olumlu etki sağladığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Fiziksel ve Mekanik Özellikler, Kalıp Ayırıcı Kimyasal, Üre Formaldehit, Yongalevha.

ABSTRACT

THE EFFECT OF USING MOLD RELEASE AGENT IN PARTICLEBOARD PRODUCTION ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF THE BOARD

Ali Furkan DURAN

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Industry Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Halil İbrahim ŞAHİN

December 2023, 67 pages

This study investigates the influence of mold release agent, widely utilized in panel production, on the physical and mechanical properties of particleboard by introducing varying quantities into the production process. To this end, tests were carried out and analyzed by adding mold release agent to the top and bottom layers of the particleboard production with a thickness of 18 mm and a density of 630 kg/m³ in amounts ranging from 0 to 25 g/m² in increments of 5. Subsequent to this, the outcomes were examined. Laboratory analyses were executed in compliance with the TS EN standards at Kastamonu Entegre Inc.'s Gebze Particleboard Factory Laboratory. Physical properties of the board, including density, moisture content, swelling, water absorption, and surface absorption, were tested, while changes in mechanical properties such as bending strength, modulus of elasticity, surface perpendicular tensile strength, screw holding strength, and surface durability were examined. Furthermore, the influence of chemical amount, as a production parameter, on the press production speed has also been evaluated.

As a result of analysis, a significant interaction between the chemical addition of the mold release agent and the surface absorption value, bending strength and bending modulus of elasticity values was observed. Additionally, it was noted that while enhancing the ability to accelerate production, it also contributes to capacity expansion and minimizes potential adhesion on the production line, hence positively affecting the quality of the panel.

Keywords: Mold Release Agent, Urea Formaldehyde, Particleboard, Physical and Mechanical Properties.

1. GİRİŞ

Ağaç ve orman ürünleri, insanların yerleşik yaşama geçiş yapmalarının ardından barınmak ve korunmak amacıyla kullanılan en köklü yapı malzemeleri arasındadır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, ağaç malzeme, hem masif hem de kompozit levha formunda çeşitli uygulamalar için tercih edilir hale gelmiştir. Masif ahşabın uygun boyutlarda bulunamadığı geniş yüzeyli uygulamalar, anizotropik yapısı ve ormanların yok olma riski, hem mali kaygılar hem de sanayileşmenin gelişimi göz önünde bulundurularak, odun hammaddesinin farklı üretim süreçlerine dahil edilmesine yol açmış ve bu süreçler sonucunda kontrplak, lif levha ve yongalevha gibi ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiştir (Er, 2016).

2020 yılında Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre, Türkiye'nin ormanlık alanı 22.9 milyon hektarı bulmaktadır. Ülkenin ormanları, yaklaşık 1.7 milyar metreküp ağaç hacmi barındırmakta olup, bu hacmin %32'si yapraklı ormanlardan (örneğin meşe, kayın, kızılğaç, kestane, gürgen vb.), %48'i ibreli ormanlardan (örneğin kızılçam, karaçam, sarıçam, göknar, ladin, sedir vb.) ve kalan %20'lik kısım ise hem ibreli hem yapraklı türlerin karışımından oluşan ormanlardan meydana gelmektedir. Ağaç türlerinin yayılımı açısından, 6.75 milyon hektarlık bir alanı kapsayan meşe, en geniş yayılıma sahip türdür. Ardından, alan büyüklüğüne göre sırasıyla kızılçam (5.22 milyon ha), karaçam (4.20 milyon ha), kayın (1.88 milyon ha), ardıç, sarıçam, göknar, sedir, ladin, fıstıkçamı, kızılğaç, kestane, gürgen, sahilçamı, kavak, fındık, defne, dişbudak ve diğerleri takip etmektedir (OGM, 2020). Bu ağaç türlerinin büyük bir çoğunluğu, orman ürünleri endüstrisinde çeşitli kullanım alanlarına sahiptir.

Nüfusun artması, yeni kullanım alanları ve teknolojik gelişmeler yongalevha tüketimini her geçen gün artırmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2018 istatistiki verilerine göre Türkiye'de üretilen yongalevha miktarı 4.29 milyon m³ olup, bu üretim miktarı ile Dünya'da beşinci, Avrupa'da ise dördüncü en büyük yongalevha üreticisi durumundadır. Orta ve yüksek yoğunlukta liflevha (MDF ve HDF) üretiminde ise 4.75 milyon m³ ile Dünya'da, Çin'den sonra ikinci sırada, Avrupa'da ise piyasanın lideri konumundadır

(FAO, 2018). Yine 2016 yılı FAO verilerine göre Türkiye, ahşap esaslı levha tüketiminde 10 milyon m³ ile Dünya'daki en büyük beşinci tüketici ülkesidir (Şahin 2020).

Levha endüstrisi ağırlıklı olarak farklı ağaç türü odunlarını hammadde olarak kullanmaktadır. Hammadde odun maliyetleri, toplam levha üretim maliyetlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Tarımsal ve orman atıklarından elde edilen alternatif hammaddeler, daha ucuz olmaları nedeni ile levha endüstrisi için önemli doğal kaynaklardır (Bektas vd., 2005). Yongalevha ve MDF üretiminde, farklı lignoselülozik atıklar odunu tamamlayıcı ya da oduna doğrudan alternatif bir hammadde olarak kullanılabilir (Guler vd., 2016; Gokdai vd., 2017; Kowaluk vd., 2020; Şahin 2020). Orman ürünleri sektörü birçok ürün çeşidiyle beraber giderek gelişmekte olup bu ürünlerin piyasada en çok talep görenlerinden birisi yongalevha endüstrisidir. Bu endüstrinin temel hammaddesi odun olup, kereste fabrikası artıkları, yıllık bitkiler gibi tüm lifli lignoselülozik kaynaklar hammadde olarak kullanılabilir (Günaydın 2021; Yaglıca 2019). İnşaat ve lojistikte geniş kullanım alanına sahip olan bu levhalar çoğunlukla mobilya sektöründe kullanılmaktadır (Güler, 2016).

Genel olarak levha yüzey kalitesini artırmak ve pres ısısının orta tabakaya iletimini hızlandırmak için yongalevhaların alt ve üst tabakalarına su püskürtülmektedir. Ancak talebin artması ve yüksek levha yüzey kalitesinin sağlanmasındaki güçlükler nedeni ile dış tabaka yüzeylerine su yerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanılmaya başlamıştır. Yapılan literatür araştırmalarında, kalıp ayırıcı kimyasalın levha üretiminde kullanımı ile ilgili bir araştırmaya ulaşılamamıştır. Bu çalışmada yongalevhaların alt ve üst tabakalarına farklı miktarlarda püskürtülen kalıp ayırıcı kimyasalın, levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri ortaya konulmuştur.

1.1 YONGALEVHA ENDÜSTRİSİ

1940'larda Dünya genelinde, doğal hataları giderilmiş, homojen ve izotropik bir yapıya sahip yongalevhanın üretimi başlamıştır. Türkiye'de ise yongalevha, 1950'lerde popülerlik kazanmaya başlamış ve özellikle II. Dünya Savaşı'nın ardından şehirler yeniden inşa edilirken ortaya çıkan büyük ölçekli malzeme talebiyle üretimi artmıştır (Er, 2016).

Yongalevha endüstrisi, hammadde olarak piyasadan ve orman işletme şefliklerinden satın alınan odunları, kereste fabrikalarından alınan kapak tahtası ve testere talaşını kullanır. Bunlar öğütülerek küçük talaş boyutlarına getirilir, termoset tutkallarla karıştırıldıktan sonra yüksek ısı ve basınç altında sıkıştırılır. Bunun sonucunda tutkal tepkimeye girerek yüksek teknolojik direnç değerlerine sahip levha üretilmiş olur. (Gözalın, 2016).

Yongalevha, ağaç levha endüstrisinde en yüksek üretim oranına sahiptir (Nemli, 2006). Düşük üretim maliyetleri nedeniyle, lif levhaya kıyasla daha tercih edilen bir konumdadır. Fakat, yongalevha teknolojisiyle benzer bir teknoloji kullanılarak kuru yöntemle üretilen orta yoğunluktaki lif levhaların (MDF) üretimi giderek artmaktadır. Levhalar üzerindeki dalgalanmalar minimuma indirilmiş ve kalite, tüketicinin taleplerini karşılayacak düzeye çıkarılmıştır. Artan endüstriyel atık kullanımıyla maliyetler azaltılmış, etkili yapıştırma teknikleri ile yapıştırıcıdan tasarruf edilmiştir. Mobilya endüstrisinin gereksinimlerini karşılamak üzere, levha yüzeyleri daha pürüzsüz hale getirilmiş ve yüzey kaplama materyallerine uygun hale getirilmiştir. Farklı kullanım alanlarına yönelik, su ve neme karşı dayanıklı levhalar gibi, özellikle inşaat, gemi yapımı ve araç endüstrisinde kullanılacak ürünler geliştirilmiştir. Yongalevha, geniş bir kullanım yelpazesine hitap edecek fiziksel ve mekanik özellikler sunar. İhtiyaç duyulan her kalınlıkta üretilebilir, homojen bir yapıya sahiptir ve çivi, vida ya da yapıştırıcı ile monte edilebilir. Ayrıca, mantar ve böceklere karşı dayanıklı levhaların üretimi de mümkündür (Nemli, 2006).

1.2 YONGALEVHA TANIMI VE SINIFLANDIRMASI

TS 180 (1978) ve TS 1617 (1974) standartlarına uygun olarak, yongalevhalar; odun ya da odunsu materyallerin yongalarının, sentetik reçine bazlı yapıştırıcılarla şekillendirilip preslenmesiyle üretilen levhalardır, şeklinde tanımlanmıştır (Bozkurt ve Göker, 1990).

BS 1811 (1969) İngiliz standartlarına göre, odun veya diğer ligno-selülozik bitkisel hammaddeler (odun yongaları, testere tozu, keten lifleri gibi) kullanılarak, bu lifli materyallerin kurutulup sıcaklık ve basınç altında, yapıştırıcı varlığında ya da yokluğunda, hidrolik bağlayıcılarla birleştirilerek bütünlük kazandırıldığı levhalar olarak tanımlanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yongalevhalar, yoğunluklarına göre üç farklı kategoriye ayrılmaktadır: Avrupa standartlarına göre, 500 kg/m³ altı ağırlıklara sahip levhalar 'hafif' olarak

sınıflandırılırken, 500-600 kg/m³ aralığındakiler 'orta' ve 650 kg/m³ üzerindeki 'yüksek' yoğunluklu olarak kabul edilmektedir. Yine de, piyasada bulunan yongalevhaların büyük bir kısmının yoğunluğu genellikle 600-700 kg/m³ arasında değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yongalevhalar, kullanım amaçlarına göre yapısal ve genel kullanım olarak iki, uygulama yerlerine göre kapalı alanlar ve açık hava olmak üzere iki, ve özgül ağırlıklarına göre düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç farklı kategoride sınıflandırılmaktadır (Kalaycıoğlu, 1991). Şekil 1.1, bir yongalevhanın görsel temsilini içermektedir.



Şekil 1.1 Yongalevha görseli.

1.2.1 Yongalevhaların Sınıflandırılması

Yongalevhaları kesin bir şekilde sınıflandırmak mümkün değildir. Farklı kriterlere göre sınıflandırılabilir (TS EN 309, 2008).

TS EN 309 'a göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

1. İmalat sürecine göre
 - Düz (yatay) preslenmiş
 - Dikey preslenmiş
 - Kalıplanmış
- a) Delikli
- b) Deliksiz
2. Yüzey durumuna göre
 - Preslenmiş haliyle (zımparalanmamış)
 - Zımparalanmış veya planyalanmış

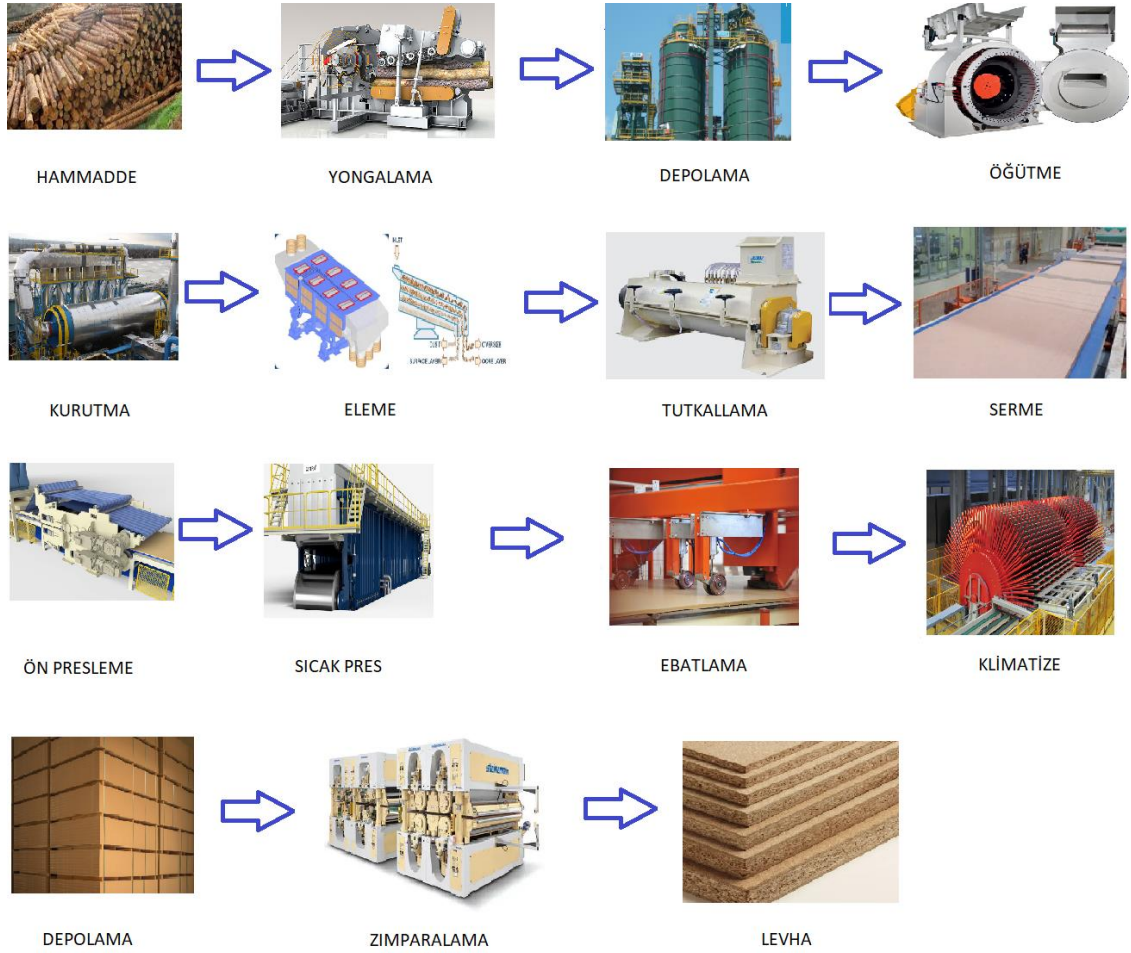
- Sıvı maddelerle kaplanmış (örneğin, boya)
 - Katı bir madde ile basınç altında kaplanmış (lam kaplama vb.).
3. Şekil ve formlarına göre
- Düz
 - Yüzeyi profillendirilmiş
 - Kenarı profillendirilmiş
4. Yongaları ölçü ve şekillerine göre
- Yongalevha
 - Diğer parçacıklardan yapılan levhalar (örneğin, keten lifli levha)
5. Levhaların yapısına göre
- Tek tabakalı levhalar
 - Çok tabakalı levhalar
 - Yongaların büyüklüğüne göre kademelendirilmiş levha (en kesitte)
 - Kalıplanmış (delikli) levha
6. Kullanım amacına göre
- Kuru şartlarda kullanılan, genel kullanım amaçlı levhalar
 - Kuru şartlarda kullanılan iç mekan uygulamaları (mobilya) için levhalar
 - Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar
 - Kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar
 - Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar
 - Kuru şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar
 - Nemli şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar

1.3 YONGALEVHA ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Yongalevhalar, hem içeriklerindeki bağlayıcı ve su itici maddeler nedeniyle hem de yonga yapısının farklılıklarıyla yüksek, orta ve düşük seviyelerde su alışveriş özelliklerine sahip bir ağaç malzemedir.

Yongalevhalarının niteliklerine etki eden unsurlar arasında; kullanılan ağaç çeşidi, özgül kütlesi, sıkışma derecesi, pH değeri, ekstraktif bileşenler, geçirgenlik, odunun nem oranı, presleme şartları ve bağlayıcı türü ile miktarı bulunmaktadır.

Yongalevha üretim prosesi aşağıdaki Şekil 1.2'deki gibi sıralanabilir.



Şekil 1.2 Yongalevha üretim prosesi şeması.

1.3.1 Hammadde

Bir dizi ağaç türü kullanılsa da, genelde Çam, Meşe ve Kayın gibi türlerden elde edilen kapak tahtaları ve testere talaşı tercih edilmektedir. Lignoselülozik atık ve lifli materyaller gibi alternatif ham madde kaynaklarına olan araştırmalar rağmen, bu kaynaklar oldukça geniş bir şekilde kullanıma sahiptir. Teknolojik ilerlemeler ve nüfus artışının hızına paralel olarak, günlük yaşamda temel bir yere sahip bu ürünler için talep artmış, fakat orman kaynakları bu talebi karşılamada yetersiz kalmıştır. Hammadde eksikliğini telafi etmek ve ahşap ürünlerine olan talebi karşılamak adına, masif keresteye alternatif olabilecek materyaller üzerine yapılan bilimsel incelemeler hız kazanmıştır.

Araştırmacılar, buğday sapı, pirinç kabuğu, kivi budama artıkları ve şeker kamışı bagası gibi lignoselülozik hammadde ve atıklar üzerine çalışmalar yürütmüştür. Bir başka çalışma, okaliptüs, bambu, pirinç sapı ve turunçgil ağaçları gibi malzemelerin yongalevhaların nitelikleri üzerindeki etkisini incelemiştir (Aras, 2017).

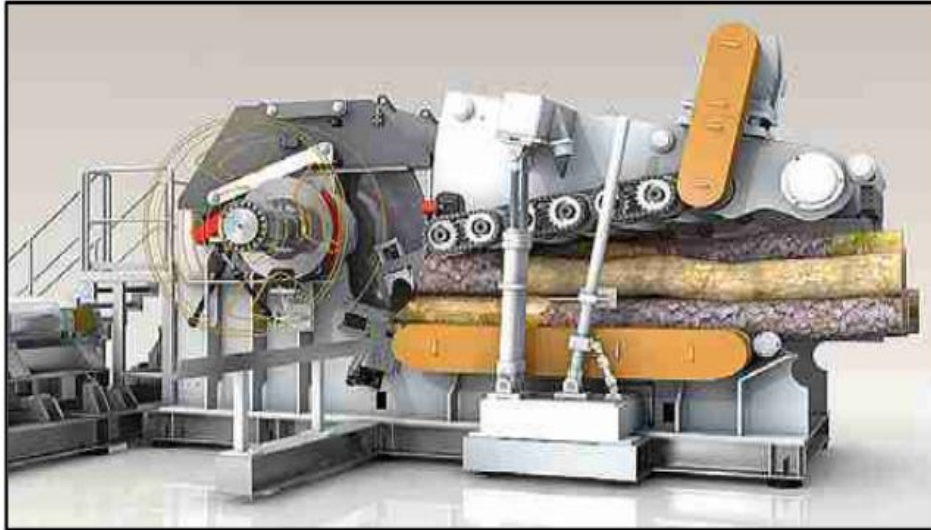
Çizelge 1.1 Yongalevhalarda kullanılan hammaddeler.

Hammaddeler	Ağaç Malzemeler	Odun	
		Sanayi Artığı	Kapak, Çıtalar
			Testere Talaşı, Planya Talaşı
	Orman Artıkları		
	Tutkal	Yıllık Bitkiler	
		Organik (Sentetik) Tutkallar	Üre Formaldehit
			Melamin Formaldehit
			Fenol Formaldehit
			Resorsin formaldehit
		İzosiyonat tutkalı	
		Termoplastik tutkallar	
		Doğal Tutkallar	Hayvansal Tutkallar
Bitkisel Tutkallar			Glutin (Kan albümini)
			Tanen
Anorganik Tutkallar	Sülfat atık suyu		
	Soya fasulyesi		
	Çimento		
Katkı Maddeleri	Hidroforik Maddeler	Parafin	
		Alkil keten dimer	
	Sertleştirici Maddeler	Amonyum klorür	
		Amonyum sülfat	
		Paraformaldehit	
Potasyum karbonat			
Potasyum persülfat			
Koruyucu Maddeler	Fenol		
	Pentaklorfenol tuzları		
	Kromlu bakır arsenat		
	Amonyaklı bakır arsenat		
Yanmayı Geciktirici Maddeler	Amonyum fosfat		
	Arsenik		
	Bakır tuzları		
	Boraks		
	Borat		
	Borik asit		
	Çinko		

Yongalevha üretiminde kabuksuz ağaç istense de piyasa şartlarında genellikle kabuklu odun gelmektedir. Kabuğu soyulmadan yongalanarak üretime verilmektedir. Yongalama makinesine girmeden önce ağaçlarında arasındaki yabancı maddeleri ayırmak amacıyla geçirilen disklerin arasında yabancı maddeler ayrılırken bir kısım kabuk da soyulmaktadır.

1.3.2 Yongalama

Genellikle kaba yongalama olarak adlandırılan bu işlem ağacın belli boyutlara ufaltılmasıdır. Gerek MDF gerek yongalevha üretimi için bu işlem zaruridir. Silindir bir gövde üzerine yerleştirilmiş farklı sayıda bıçaklar bulunan yongalama makinaları gövdede bulunan sabit bıçaklarla odunu arasına alarak liflere dik yönde kesme işlemi uygulamaktadır. Kesme işlemi uygulanırken ağaçlar çekici dişli adı verilen mekanizma arasına sıkıştırılarak bıçağa doğru ilerlemektedir. Makinanın arka kısmında elek bulunmakta ve elekten geçebilecek boyutlara gelene kadar kesme işlemi devam etmektedir. Elek gözleri zaman zaman aşınma nedeniyle zarar görmektedir. Yonga boyutlarının homojen olması için sık sık kontrol edilmesi gerekmektedir. Silindir gövdedeki bıçakların ve sabit bıçağın belli periyotlarda bilenmesi gerekmektedir. Şekil 1.3’de kaba yongalama makinesine ait görsel görülmektedir.



Şekil 1.3 Kaba yongalama makinesi (Hombak, 2022).

1.3.3 Yongaların Depolanması

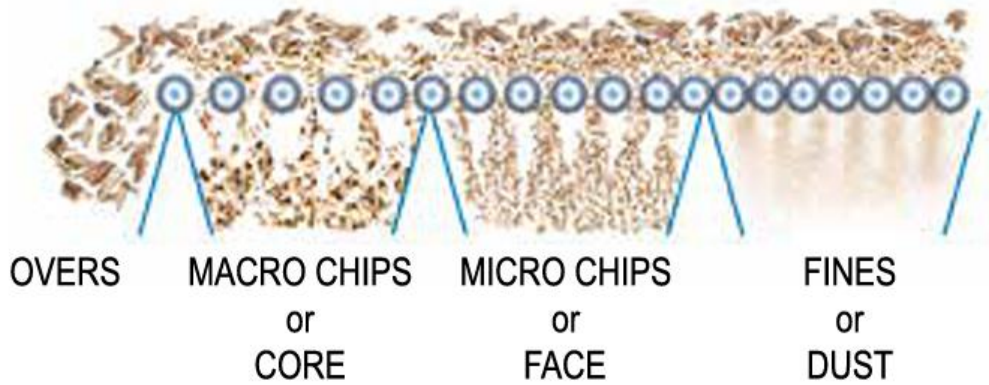
Yongalevha üretiminde birden fazla ağaç türü kullanılmaktadır. Bu ağaç türleri sert ağaç ve yumuşak ağaçlardan oluştuğu için yoğunlukları farklılık gösterir. Üretilmek istenen

levha yoğunluğuna göre kullanılan farklı ağaç türlerinin oranlanarak üretime verilmesi gerekmektedir. Bu oranlama değişkenlik gösterebileceğinden üretime yongaları hazır bulundurmak için depolama yapılması gerekmektedir. Yan yana bitişik silolarda depolanan farklı yonga türleri deponun alt kısmında bulunan hidrolik kızaklı bir sistem veya helezon yardımıyla oranlanarak tüm silolara uğrayacak olan taşıyıcı bantlı sisteme dökülür. Bantlı konveyör veya farklı taşıyıcı sistemlerle yongalar ufaltılmak üzere değirmenlere taşınır.

Yongalama makinesinde oluşabilecek duruşlara karşı (arıza, bakım ve bıçak değişimi gibi) üretimde duruş yaşamamak adına belirli miktar stok bulundurmak için depolama işlemi yapılmaktadır.

1.3.4 Öğütme

Yonga depolarından üretime uygun hale gelmesi amacıyla değirmenlere taşınan yongalar önce kendi içinde boyutlandırmaya tabi tutulur. Bu işlem bir disk elek ile yapılır. Art arda dizilen disklerin aralarındaki mesafeler giderek artar, dönen diskler üzerinde ilerleyen yongalar Şekil 1.4'te görüldüğü gibi disklerin arasındaki boşluklardan aşağıdaki bölmeye düşerek boyutuna göre sınıflandırılmış olur.



Şekil 1.4 Diskli elek ile boyutlarına göre yonga sınıflandırma (Pal, 2022).

Disklerin mesafesinin en dar olduğu bölümden geçen yongalar talaş olarak adlandırılan, değirmene tabi tutulmadan üretimine vermeye hazır malzemelerdir. Bir sonraki bölümden geçenler küçük boyutlu yongalar olup yüzeyde kullanmaya hazır hale getirilmek üzere değirmenlere gönderilir. En geniş bölümden geçenler büyük boyutlu yongalar olup orta tabakada kullanılmaya hazır hale getirilmek üzere değirmenlere gönderilir. Disklerin arasından geçemeyenler büyük malzemeler olduğu için tekrar

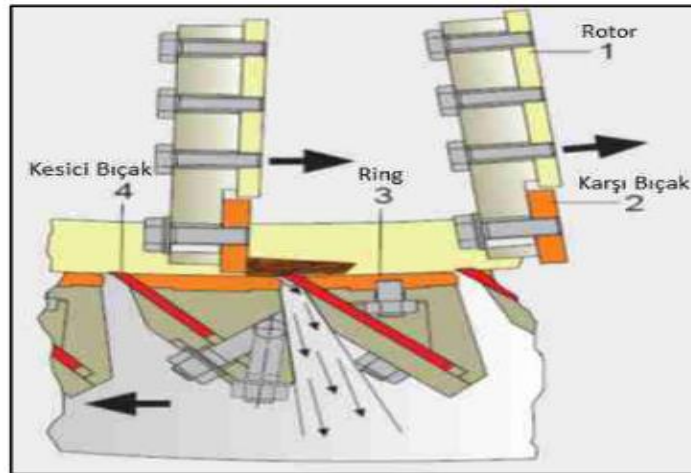
yongalanmak üzere küçük boyutlu bir yongalama makinesine gönderilir veya dışarıya atılarak yakıt olarak kullanılır. Boyutlarına göre ayrılan yongalar değirmenlere gönderilmeden önce büyük boyutlu yonga deposu ve küçük boyutlu yonga deposu olarak iki ayrı siloda depolanır.

Değirmenler yongaları üretimine uygun boyutlarda ufaltırlar. Değirmen genel görünüşü Şekil 1.5'te yer almaktadır.



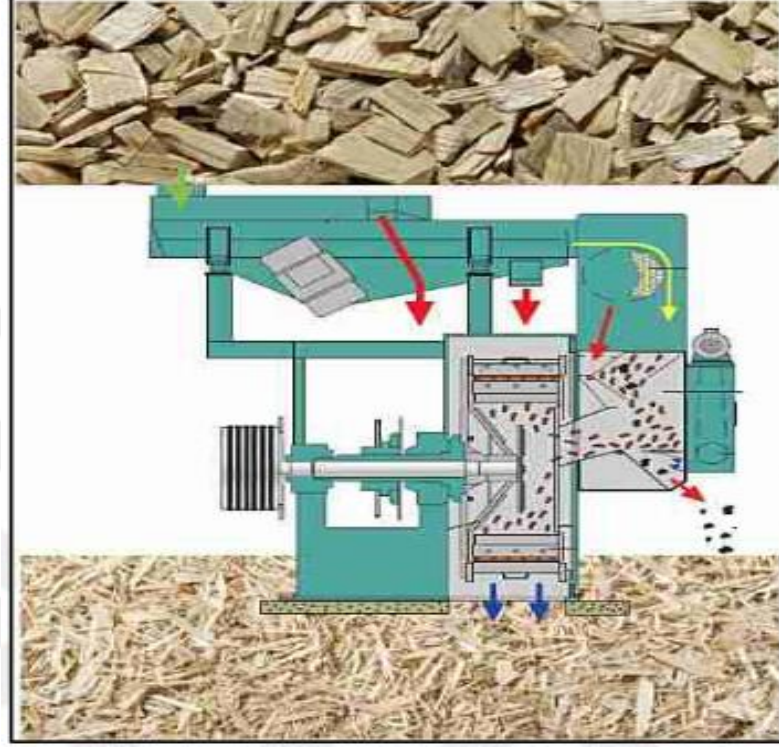
Şekil 1.5 Değirmen genel görünüş (Gözalın, 2016).

Yongalama makinesinin aksine değirmenlerde dönen rotora bağlı sabit bıçaklar bulunmaktadır. Rotor üzerine yerleştirilen ringde ise kesici bıçaklar bulunmaktadır. Rotor ve ring birbirine ters yönde belirli devirde döner. Yongaları dönme işlemi esnasında sabit bıçak ve kesici bıçak ile araya alarak kesme ve sıkıştırma kuvvetiyle birlikte üretime uygun boyutlara getirir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Değirmen çalışma prensibi (Gözalın, 2016).

Yongalar, titreşimli bir tava kullanılarak değirmene aktarılır. Değirmen kapağında yer alan hava ile çalışan ayırıştırma sistemi sayesinde, yongalar arasında bulunan cam, taş, metal gibi istenmeyen materyaller ve büyük boyutlu yongalar ayrıştırılıp dışarı atılır. İnce öğütülmüş yongalar, değirmenin alt bölümünde bulunan taşıma mekanizması aracılığıyla silolara yönlendirilir.



Şekil 1.7 Yonganın değirmende öğütülmesi (Gözalan, 2016).

Küçük boyutlu ve büyük boyutlu olarak ikiye ayrılan yongaların öğütüldüğü değirmenler farklıdır. Küçük boyutlu yongalar yüzeyde kullanılmak üzere kesici bıçak çıkıntısının daha az olduğu ve daha yüksek devirle dönen değirmenlerde ufaltılırlar. Büyük boyutlu yongalar ise orta tabakada kullanılmak üzere kesici bıçak çıkıntısının daha fazla olduğu daha az devirle dönen değirmenlerde ufaltılırlar.

Yongalevha üretiminde yongaların ince olması, kalınlılarının homojen olması kalitesini etkileyen en önemli faktörler arasındadır. Yonga kalınlığı olarak yüzey tabakaları için çoğunlukla 0,15-0,25 mm, orta tabaka için ise 0,3-0,5 mm istenmektedir. Yonga kalitesini etkileyen diğer faktörler ise hammadde, kullanılan teknoloji ve makine ekipman durumu olarak sıralanabilir (Kalaycıoğlu, 1991; Çakmak, 2008; Gözalan 2016).

1.3.5 Kurutma

Yongalevha üretiminde yongaların rutubeti üretimi direk olarak etkileyen önemli bir esastır. Ağaçlar yaş halde yongalama yapılır, rutubetleri % 35 ile % 120 arasında değişmektedir. Kurutma sonrasında ise yongaların rutubeti % 2 - % 3 arasında olması gerekir. Tutkallamadan sonra ise yongaların rutubeti % 10 - % 18 arasında istenmektedir (Biçer, 2014; İstek, 2010; Çakmak, 2008). Yonga rutubetinin istenen değerlerden yüksek veya çok kuru olması üretim esnasında kalite sorunlarına yol açacaktır.

Ağaç türü, yoğunluğu, başlangıç rutubeti, yonga kalınlığı ve kurutucu tipi kurutmayı etkileyen başlıca unsurlardır. Piyasada sık kullanılan kurutucu tipleri bantlı kurutucular ve döner tamburlu kurutucular olmakla beraber başka türleri de bulunmaktadır (Özen, 1980; Aydın, 2016).



Şekil 1.8 Döner tamburlu kurutucu.

1.3.6 Eleme

Ne kadar teknolojik ve ileri seviyede olursa olsun, yongalama makineleriyle üretilen yongaların tamamıyla homojen boyutlarda olması pratikte imkânsızdır. Farklı boyutlardaki yongaların karışık bir şekilde yongalevha üretiminde kullanılması, levhanın yüzey düzgünlüğünü ve kalitesini olumsuz etkileyebilir. Örneğin, aşırı kaba yongalar levhanın orta kısmında yoğunlaşırsa, levhanın kenarlarının düzgün bir şekilde şekillendirilmesi zorlaşır ve levhanın porozitesi artar. Benzer bir biçimde, aşırı ince veya toz kıvamındaki partiküllerin kullanımı, bu partiküllerin aşırı yapıştırıcı emmesine yol açar. Bu durum da yongalevhanın fiziksel ve mekanik niteliklerini olumsuz etkiler.

Bu sorunları çözmek için yongaların boyutlarını standartlaştırmak önemlidir. Bu, genellikle mekanik elekler kullanılarak yapılır ve yongalar genellikle kurutma işleminden sonra sınıflandırılır. Yongaların nemliyen sınıflandırılması, ince yongaların daha kaba olanlara yapışmasına ve dolayısıyla etkili bir sınıflandırmanın yapılamamasına neden olabilir.

Yongalevha üretiminde homojen olmayan yongalar kullanıldığında, son ürünün yüzey kalitesi ve düzgünlüğü zarar görür. Aşırı kaba yongaların aşırı kullanımı, levhanın işlenmesini ve sonraki kullanımını zorlaştırırken, çok ince parçacıklar ve tozlar, tutkalın uygulanması, serilmesi ve yapıştırılması sırasında sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, yongaların homojen bir yapıya kavuşturulması için sınıflandırma işlemi şarttır. Bu, aşağıdaki yöntemlerle gerçekleştirilebilir:

- Yongalar içindeki aşırı kaba ve ince parçaların uzaklaştırılması.
- Yongaların belirli boyutlara göre sınıflandırılması.

Bu işlemler, ürünün kalitesini korumak ve yongalevhanın sonraki kullanımlarında ortaya çıkabilecek sorunları en aza indirmek için hayati öneme sahiptir (Bozkurt ve Göker, 1985; Günsel 2004).



Şekil 1.9 Mekanik elek.

Eleme işlemi, yongalevha üretiminde kullanılacak yongaların boyutlarını standartlaştırmak için kritik bir adımdır. Bu süreçte, yongalar genellikle dört farklı sınıfa ayrılır, bu ayırım yongaların boyutlarına göre yapılır:

- Çok Küçük Boyuttakiler: Bu kategoriye giren en küçük yongalar ve tozlar, genellikle yakıt olarak kullanılır. Bu materyallerin yakıt olarak değerlendirilmesi, atık miktarını azaltmaya ve üretim sürecinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunur.
- Çok Büyük Boyuttakiler: Büyük boyuttaki yongalar genellikle uygun boyutlara getirilmek üzere yeniden değirmene gönderilir. Bu, levhanın düzgünlüğünü ve kalitesini sağlamak için gereklidir çünkü çok büyük yongalar levhanın yapısını ve estetiğini bozabilir.
- Yüzeyde Kullanılacak Yongalar: Orta boyuttaki yongalar genellikle yongalevhaların dış katmanlarında kullanılır. Daha düzgün ve ince oldukları için levhanın dış yüzeyinin daha düzgün ve estetik olmasını sağlarlar.

- Orta Tabakada Kullanılacak Yongalar: Genellikle biraz daha kaba olan yongalar, levhanın iç katmanlarında kullanılır. Bu yongalar, levhaya gerekli mukavemeti ve destek yapmayı sağlar.

Bu sınıflandırma ve ayırıştırma işlemi, yongalevhaların üretim sürecinin bir parçası olarak, ürünün nihai kalitesini, kullanım ömrünü ve dayanıklılığını doğrudan etkiler. Homojen boyutlarda yongalar kullanmak, levhanın mekanik özelliklerini iyileştirir ve ürünün son kullanım yerlerinde daha iyi performans göstermesini sağlar (Akbulut 2000; Günsel 2004).

1.3.7 Tutkallama

Yongalevhaların üretiminde kullanılan yapıştırıcı madde, levhanın nihai kalitesi ve dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tutkalın kalitesi ve yapışma direnci, levhanın yapısal bütünlüğü ve uzun ömürlülüğü için hayati önem taşır. Aynı zamanda, tutkalın yongalara nasıl uygulandığı da levhanın son performansını büyük ölçüde etkiler. Noktasal tutkallama yöntemi, bu süreçte sıklıkla kullanılan bir tekniktir ve birkaç avantaja sahiptir:

- Daha İyi Yapışma: Tutkal çözeltisinin ince taneciklere bölünmesi ve yongalar üzerine püskürtülmesi, yongaların yüzeyine daha homojen bir yapıştırıcı kaplama sağlar. Bu, yapıştırıcının yonga yüzeyine daha iyi yapışmasını ve dolayısıyla daha güçlü bir bağ oluşmasını sağlar.
- Tutkal Kullanımında Verimlilik: Noktasal tutkallama, tutkalın daha verimli kullanılmasına olanak tanır çünkü yalnızca gereken yerlere uygulanır. Bu, gereksiz israfın önlenmesine ve maliyetlerin düşürülmesine yardımcı olur.
- Hızlı Kuruma: Daha küçük tutkal tanecikleri, yüzeyde daha geniş bir alana yayıldığı için daha hızlı kurur. Bu, üretim sürecinin hızlandırılmasına ve enerji tasarrufuna katkıda bulunur.
- Daha İyi Mekanik Performans: Tutkalın eşit şekilde dağıtılması, levhanın mekanik özelliklerini iyileştirir. Daha homojen bir yapışma, levhanın tüm bölümlerinde daha tutarlı bir mukavemet ve dayanıklılık sağlar.
- Kusursuz Uygulama: Noktasal tutkallama, yongaların her birinin uygun miktarda yapıştırıcı ile kaplanmasını sağlar, bu da düzensizlikleri ve potansiyel zayıf noktaları en aza indirir.

Bu yöntem, yongalevhaların üretiminde tutkalın etkin ve verimli bir şekilde uygulanması için endüstride yaygın olarak kabul görmüş bir yöntemdir. Bununla birlikte, bu sürecin başarısı, tutkallama ekipmanının doğru çalışması, tutkalın kalitesi ve uygulama sırasındaki parametrelerin doğru kontrolü gibi bir dizi faktöre bağlıdır (Çakmak, 2008).

Yongalevha üretiminde tutkallama işlemi, ürünün kalitesi ve performansı üzerinde doğrudan bir etkiye sahip kritik bir adımdır. Tutkallama işlemi sırasında dikkate alınması gereken birkaç önemli faktör vardı. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yonga Geometrisi ve Yüzey Düzgünlüğü: Yongaların boyutu ve şekli, tutkalın yonga yüzeyine ne kadar iyi yapışacağını etkiler. Düzensiz veya pürüzlü yüzeyler tutkalın eşit dağılmamasına neden olabilir, bu da zayıf yapışma bölgeleri oluşturabilir.
- Tutkal Miktarı: Çakmak'ın (2008) belirttiği gibi, her metrekare levha için genellikle 2 gram kuru ve 8-12 gram sıvı tutkal kullanılır. Bu oranlar, levhanın nihai mukavemeti, dayanıklılığı ve diğer fiziksel özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
- Yonga Ağırlığına Göre Tutkallama: Farklı ağırlık ve boyutlardaki yongalar farklı miktarlarda tutkal gerektirir. Daha ağır yongalar daha az yapıştırıcı ihtiyacı duyarken, daha hafif ve ince yongalar ya da odun tozları daha çok yapıştırıcı kullanımını gerektirebilir. Bu, tutkalın etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve malzeme israfını önlemek için yongaların uygun şekilde sınıflandırılması gerektiği anlamına gelir.
- Tutkallama Teknolojisi: Hava girdaplı, yüksek basınçlı ve merkezkaç enjektörler, tutkalın yongalar üzerine ince bir şekilde püskürtülmesini sağlar. Tutkallama silindirleri ve vantilatörler, tutkalın yongalar üzerinde eşit olarak dağıtılmasına yardımcı olur ve yongaların hareketini kontrol eder.

Tüm bu faktörler, yongalevha üretiminin kalitesini ve verimliliğini etkileyen tutkallama sürecinin önemli yönleridir. Etkili bir tutkallama işlemi, yongaların yüzeyine tutkalın doğru miktarda ve eşit bir şekilde uygulanmasını sağlayarak, dayanıklı ve yüksek kaliteli yongalevhaların üretime katkıda bulunur. Bu sürecin optimizasyonu, üretim maliyetlerini düşürmeye, atıkları azaltmaya ve ürün performansını iyileştirmeye yardımcı olur.



Şekil 1.10 Tutkallama makinesi genel görünümü.

1.3.8 Serme

Yongalevha üretim sürecinde, tutkallanmış yongaların homojen bir şekilde serilmesi ve düzenlenmesi, nihai ürünün kalitesi açısından hayati öneme sahiptir. Bu işlem sırasında dikkate alınması gereken birkaç kritik nokta vardır. Bunlar:

- **Homojen Dağılım:** Yongaların eşit olarak dağıtılması, levhanın tümünde tutarlı bir özgül ağırlık ve mekanik özellikler sağlar. Düzensiz yonga dağılımı, levhanın belli bölgelerinde yoğunlaşma veya boşluklar yaratarak, ürünün fiziksel özelliklerinde ve performansında istenmeyen değişikliklere yol açabilir.
- **Serme Yöntemleri:** Serme işlemi genellikle dökme, rüzgarlama veya savurma yöntemleri kullanılarak yapılır. Her yöntem, yongaların levha üzerinde nasıl dağıtılacağını ve düzenleneceğini etkiler. Bu aşamada, yongaların gevşek ve kalın bir keçe oluşturacak şekilde serilmesi gerekmektedir. Keçenin kalınlığı, genellikle nihai levha kalınlığının yaklaşık 20 katıdır.
- **Taslak İstikrarı:** Serme işlemi sırasında levha taslağının istikrarı korunmalıdır. Eğer taslak sarsılır veya bozulursa, kenar ve köşeler kırılabilir, levhanın simetrisi bozulabilir ve malzeme kaybına yol açabilir. Bu da ürün kalitesinin düşmesine ve üretim verimliliğinin azalmasına neden olur.

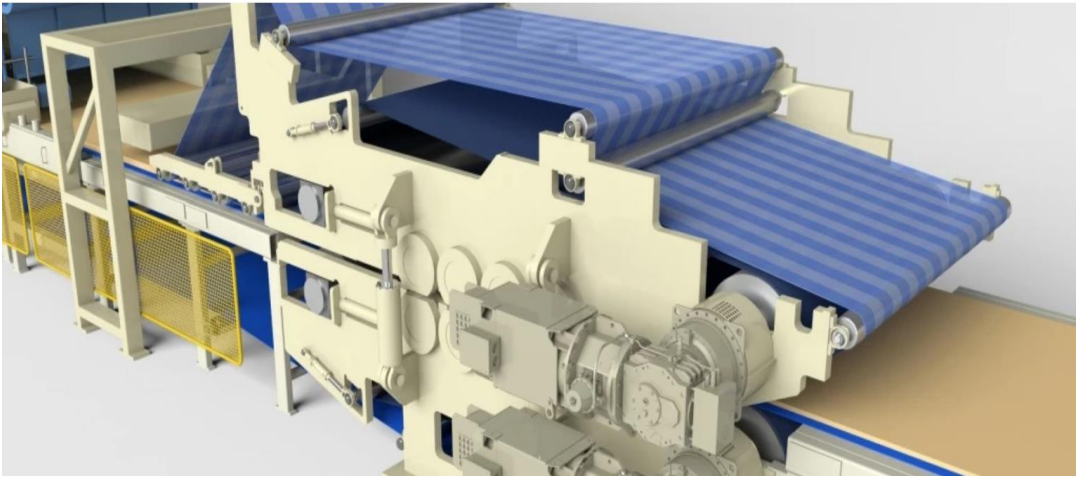
- Presleme Uygunluđu: Eđer serme iřlemi dűzgűn yapılmazsa, levhaların uygun bir řekilde preslenmesi zorlařır. Özellikle zgűl ađırlıkta meydana gelen deđiřiklikler, levhanın mekanik özelliklerini etkileyebilir ve çarpılma veya eđrilmelere yol açabilir.

Bu nedenlerle, yongalevha üretiminin bu ařamasında dikkat ve hassasiyet gerekmektedir. Serme iřlemi sırasında hatalar, sadece levhanın fiziksel özelliklerini ve zgűl ađırlıđını etkilemekle kalmaz, aynı zamanda sonraki presleme ařamasını ve dolayısıyla nihai rűnűn bűtűn performansını da olumsuz yűnde etkileyebilir (Avcı, 2007).

1.3.9 n Presleme

Serme işlemi sonrasında oluşan taslak içerisinde hava boşlukları vardır ve gevşektir. Bu gevşekliği alınması ve pastanın sıkıştırılması için n pres olarak adlandırılan soğuk presleme işlemine tabi tutulur. n presleme adımı, pasta katmanının sıcak pres öncesindeki kalınlığını azaltır, bu da sıcak presin giriş açısını kűűltűr ve ısı kaybını minimize ederek pres kapanma zamanından tasarruf sağlar. Aynı zamanda dűzgűn bir form oluşturduğu için yan alma kesiminde de tasarruf sağlamaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

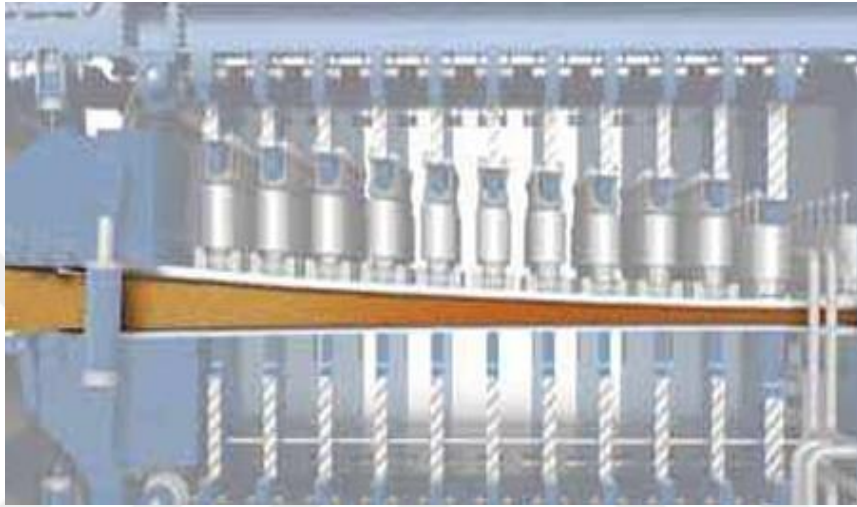
Serme iřlemi sonrası oluřan levha taslađı n presleme iřlemine tabi tutulmayarak direk sıcak presleme iřlemine maruz bırakılırsa presin kapandıđı sırada yűzey dűzgűnlűđűnű sađlayan kűűk boyutlu yongalar uçuřarak yer deđiřtirir ve yűzey dűzgűnlűđű bozulur.



şekil 1.11 n Presleme (Siempelkamp, 2023).

1.3.10 Sıcak Pres

Levha taslağı ön presleme işleminde belirli kalınlığa kadar sıkıştırıldıktan sonra formu bozulmadan sıcak prese girer. Sıcak preste belirli sıcaklık ve basınç altında sıkıştırılarak istenilen levha kalınlığına indirilir. Bu sıcaklığın etkisiyle tutkal sertleşir, münferit yongalar arasında basınçla birlikte yapışma sağlanır. Böylece stabil bir malzeme ortaya çıkar (Bozkurt ve Göker, 1985).



Şekil 1.12 Conti Pres (sürekli pres, Siempelkamp, 2023).

1.3.11 Ebatlama

Sıcak ve conti presten sonsuz şekilde çıkan levha pres sonrası 30° olarak konumlandırılmış testereler tarafından hareketli şekilde hattan akarken çapraz olarak istenilen boya göre kesilir. Levhanın pres sonrası yan profillerini traşlamak için de yanlarda bulunan yan alma olarak adlandırılan testerelerde yanlar alınır ve istenilen ölçülerde enine yönde ebatlanır.

1.3.12 Klimatize Etme

Levhanın ebatlamadan sonraki yüzey sıcaklığı 80 °C civarındadır. Levhaların ebatlamadan sonra soğutulması bu sıcaklığın yaklaşık 50 °C civarına düşürülmesi gerekmektedir. Soğutma işlemi için genel olarak Şekil 1.13'te görülen yıldız soğutucular kullanılmaktadır.



Şekil 1.13 Yıldız soğutucu.

Bu soğutucular levhaların birbirine temas etmeden bir süre soğumasını sağlar. İstenilen sıcaklığa düşürüldüğünde üst üste istiflenerek depolanır. Sıcak şekilde üst üste istiflenmesi durumunda levhalar arası rutubet alışveriş olmakta ve levha formunda bozulmalar görülmektedir.

1.3.13 Depolama

Ambarlarda istiflenen bu levhalar minimum bir gün beklettikten sonra bir sonraki işlem olan zımparalamaya verilir. Bu bekleme süresi içerisinde levhada kondisyonlama olarak adlandırılan fiziksel ve kimyasal değişiklikler oluşmaktadır. Levhanın her yerinde sıcaklık ve rutubet miktarı dengelenir. Tutkal sertleşir ve levhanın mukavemet değerleri artar.

1.3.14 Zımparalama

Presten çıkan levhaların kalınlıkları homojen değildir ve melamin preslerde tutkal emprenye edilmiş kağıtlarla basılmaya hazır halde değildir. Zımparalama işleminde kalınlık hataları giderilerek levha kalınlığı homojen hale getirilir. Kaba zımparalama ve ince zımparalama olarak iki kademeli zımparalama işlemi yapılır.

1.4. LİTERATÜR ÖZETİ

Ahşap esaslı levhaların (yongalevha, OSB, MDF, HDF vb) üretiminde kullanılacak ağaç türü, yonga-lif boyutları, geometrisi, tutkal türü ve oranı, presleme süresi, sıcaklığı ve basıncı, yonga rutubeti ve levhanın hedef yoğunluğu gibi değişkenler levha kalitesini etkilemektedir (İstek vd., 2010; Bardak, 2010; Sanabria vd., 2013). Yapılan bir çalışmada dış tabaka yonga rutubetinin %1'den %3'e çıkarılması ile levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşmeler sağlanmış, özellikle rutubet artışının levhanın yüzey kalitesini olumlu etkilediği ifade edilmiştir (Nemli vd., 2006).

Atar (2012) araştırmasında, farklı sertleştirici maddelerin (amonyum klorür, amonyum sülfat, alüminyum sülfat), üre varlığı veya yokluğu ve farklı depolama sürelerinin (bir gün ile bir ay) yongalevhanın çeşitli kalite parametreleri üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Bulgular, amonyum klorürün sertleştirici madde olarak seçilmesi durumunda, kalınlıkta artış, eğilme dayanımı, elastik eğilme modülü, pH dengesi, formaldehit salınımı ve yüzey nitelikleri açısından alternatiflerine nazaran üstün performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Bardak (2019) araştırmasında, yongalevha üretim sürecinde sıcak pres basıncının artırılmasının, ortalama yoğunluk, yüzey yoğunluğu, kalınlık artım oranı, eğilme mukavemeti ve eğilmede elastikiyet modülünde pozitif değişiklikler meydana getirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, sıcak presten çıkış basıncının yükseltilmesinin, ortalama yoğunluk, orta katman yoğunluğu, kalınlık artım oranı ve çekme dayanımında gelişmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Sıcak presin giriş ve çıkışındaki basınçların yükseltilmesi, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine pozitif bir etki yapmıştır. Cülfük (2017) araştırmasında, PMDI yapıştırıcısı ve üre formaldehit yapıştırıcısı kullanarak hazırlanan iki çeşit levhayı analiz etmiştir. Araştırma, PMDI yapıştırıcısıyla yapılan levhaların çekme mukavemeti, eğilme direnci ve elastik modül açısından üre formaldehit yapıştırıcısı kullanılarak yapılanlara kıyasla daha üstün olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan, üre formaldehit yapıştırıcısıyla hazırlanan levhaların kalınlıkta şişmeye karşı direncinin, PMDI yapıştırıcısıyla üretilenlere nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yıldırım'ın (2022) araştırması, laminasyon sürecinden kaynaklanan atık PVC'lerin yongalevha üretiminde kullanılmasının, levhaların nitelikleri üzerindeki etkisini ele

almıştır. Bulgu olarak, PVC atıkların yongalevhalarının mekanik niteliklerinde belirgin bir azalmaya yol açmadığı ve %10 oranına kadar kullanımının mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Sarı'nın (2011) çalışması, yongalevha üretiminde kurutma sıcaklığının kademeli artışının etkilerini incelemiştir. Çalışma, kurutma sıcaklığının yükseltilmesinin özgül ağırlık ve nem üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını, ancak kalınlık artım oranını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir. Diğer yandan, kurutma sıcaklığının yükseltilmesi, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülünü ve yüzeye dik çekme dayanımını olumsuz yönde etkilemiştir. Ek olarak, kurutma sıcaklığının aşamalı olarak artırılması, temas açısını ve yüzey pürüzlülüğünü artırmış, bu durum da ıslanabilirlik kapasitesini kötüleştirmiştir.

Ntalos ve Grigoriou (2002), çalışmalarında, budanmış asma dallarının atıklarının yongalevha üretimindeki potansiyel kullanımını değerlendirmişlerdir. Endüstriyel odun yongaları ile asma budama atıklarının belirli oranlarda birleştirilerek hem tek katmanlı hem de üç katmanlı yongalevhalar üretmişler ve bu süreçte yapıştırıcı olarak üre formaldehit tutkalı tercih etmişlerdir. Mekanik ve higroskopik özellikler açısından yapılan değerlendirmeler, odun yongalarının yerine asma budama atıklarının kullanılmasının levhaların tüm özelliklerini olumsuz etkilediğini göstermiştir.

Brinkman, Bucking ve Heller (1976) çalışmalarında, şeker kamışı, pamuk sapı, mısır sapı ve saman gibi odunsu bitkilerin ince ve kalın çimentolu yongalevha üretiminde alternatif hammadde olarak kullanımını genişletme amacıyla teknik yöntemlerin geliştirilmesine odaklanmışlardır. Araştırmaları, bu materyallerin yongalevha üretiminde etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Philippou ve Karastergiou (2001), çalışmalarında, formaldehit emisyonu düşük yongalevhalar üretirken kenaf, miskantus, kamış ve pamuk sapsarı gibi odunsu bitkileri alternatif hammadde olarak kullanmayı incelemiştir. Bu süreçte, endüstriyel odun olarak kavak yongaları tercih edilmiştir. Araştırmacılar, yıllık bitkilerin kavak yongaları ile belirli oranlarda karıştırılmasının, yongalevha üretiminde herhangi bir sakınca teşkil etmediğini belirtmişlerdir. Ek olarak, yıllık bitki atıklarından elde edilen düşük yoğunluklu yongalevhalar, yapısal elemanlar için iyi ısı ve ses yalıtımı özellikleri sunarak tatmin edici sonuçlar vermiştir.

Gözalın (2016), yongalevha üretim sürecinde en uygun parafın miktarını tespit etmek ve gereksiz maliyetleri azaltmak için farklı oranlarda (450-300-150-50 ml/dk) parafın ekleyerek deneyler gerçekleştirmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, parafın verilme miktarında değişiklik yapılması veya eklenmemesi, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine etki etmemekte; rutubet, 24 saatlik şişme ve 24 saatlik su alma dışında, TS EN standartlarıyla belirlenen değerlerle çelişen bir bulgu ortaya koymamaktadır. Ceyhan (2019), konut ve sanayi ağaç artıklarından yapılan yongalevhaların teknolojik özelliklerini araştırmıştır. 18 mm kalınlığa ve 0,69 g/cm³ yoğunluğa sahip levhalar, fabrika koşullarında %65 üre formaldehit tutkal kullanılarak üretilmiştir. Elde edilen bulgular, mekanik ve fiziksel test sonuçlarının standartlara uygun olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, konut ve sanayi kaynaklı artıkların yongalevha yapımında etkili bir şekilde hammadde olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 MATERYAL

Bu araştırmada, yongalevhalara uygulanan kalıp ayırıcı kimyasal miktarının, bu levhaların fiziksel ve mekanik niteliklerinde ne gibi değişikliklere yol açtığı değerlendirilmiştir.

Bu amaçla, Kastamonu Entegre AŞ. Gebze fabrikasının yurtiçi piyasadan temin etmiş olduğu hammaddelerden, yongalevha üretim prosesleri çerçevesinde deney yapılmak üzere levha üretimleri gerçekleştirilmiştir. Levhalar 18 mm kalınlığında, 630 kg/m³ yoğunluğunda ve 2100×2800 mm ebatlarında olarak üretilmiştir. Yongalevhaların üretiminde kullanılan yonga içeriği; % 45 çam, % 27 kapak tahtası, % 18 meşe ve % 10 testere talaşından oluşmaktadır. Bağlayıcı olarak üre formaldehit, katkı maddesi olarak amonyum sülfat ve suya karşı direnç için parafin tercih edilmiştir.

Levha üretiminde kullanılan tutkal Kastamonu Entegre AŞ. Gebze fabrikasının içerisinde tutkal üretim tesisinde üretilmiş olup sertleştirici, parafin ve kalıp ayırıcı kimyasal dışarıdan satın alma yöntemiyle temin edilmiştir. Kalıp ayırıcı kimyasal olarak su bazlı Multiboard Spezial LF (Zeller+Gmelin GmbH & Co. KG, Eislingen/Fils, Germany) kimyasalı kullanılmıştır.

Üretim esnasında pres hızı 550 mm/sn'dir. Dış tabaka rutubet değeri % 13,62, orta tabaka rutubeti ise % 6,33'dür. Serme oranları olarak alt tabaka(SL1) % 16, orta tabakanın altı(CL1) % 34,5, orta tabakanın üstü(CL2) % 34, üst tabaka(SL2) ise % 15,5 olarak serilmiştir.

Orta tabakaya tam kuru yonga miktarına oranla % 6,3 tutkal ilave edilmiştir. Orta tabaka tutkalı mol oranı 1,22 olup katı miktarı % 65'dir. Dış tabakaya tam kuru yonga miktarına oranla % 11 tutkal ilave edilmiştir. Dış tabaka tutkalı 1,15 mol oranına sahip olup, katı madde miktarı ise % 50'dir. Levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına ait analiz sonuçları Çizelge 2.1'de yer almaktadır.

Çizelge 2.1 Üre formaldehit tutkalına ait analiz sonuçları.

Özellikler	Orta Tabaka	Dış Tabaka
pH	8,8	8,66
Yoğunluk (gr/cm ³)	1,279	1,205
Katı Madde (%)	62,57	51,07
Akma Zamanı (sn)	38	14

Çizelge 2.2’de orta tabaka tutkalı için kademeli olarak sertleştirici miktarı artırılarak tutkal ve sertleştirici karıştırılmış olup jelleşme süreleri belirlenmiştir. Orta tabaka için 35±10 sn içerisinde jelleşme istenir.

Çizelge 2.2 Tutkal-Sertleştirici jel testi sonuçları (orta tabaka).

Deney No	Sertleştirici Katsısı (%)	Sertleştirici Miktarı (gr)	Tutkal Katsısı (%)	Tutkal Miktarı (gr)	Jelleşme Süresi (sn)
1	20	2,5	65	50	43
2	20	3,3	65	50	40
3	20	4,1	65	50	38
4	20	5,2	65	50	36
5	20	5,7	65	50	39
6	20	6,5	65	50	41

Çizelge 2.3’de dış tabaka tutkalı için kademeli olarak sertleştirici miktarı artırılarak tutkal ve sertleştirici karıştırılmış olup jelleşme süreleri belirlenmiştir. Dış tabaka için 50±10 sn içerisinde jelleşme istenir.

Çizelge 2.3 Tutkal-Sertleştirici jel testi sonuçları (dış tabaka).

Deney No	Sertleştirici Katısı (%)	Sertleştirici Miktarı (gr)	Tutkal Katısı (%)	Tutkal Miktarı (gr)	Jelleşme Süresi (sn)
1	20	1,2	50	50	65
2	20	1,6	50	50	57
3	20	2,1	50	50	52
4	20	2,5	50	50	51
5	20	2,7	50	50	47
6	20	3	50	50	49

Sertleştirici olarak % 21'lik Amonyum Sülfat kullanılmakta olup, tam kuru yonga miktarına oranla orta tabakaya % 2,8 yüzey tabakasına % 2 olarak ilave edilmiştir. Levha üretimlerinde hızlı bir sertleşme için katalizörlere ihtiyaç duyulur. Yaz aylarında sertleştirici % 20 katı olacak şekilde hazırlanarak kullanılırken kış aylarında % 25 katı miktarı oluşturacak şekilde hazırlanır ve üretimde kullanılır. Çizelge 2.4'te sertleştiriciye ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 2.4 Sertleştirici analiz sonuçları.

Özellikler	Test Sonuçları
pH	5,47
Rutubet (%)	0,37

Parafin tam kuru tutkal miktarına oranla her iki tabakaya % 0,2 olarak ilave edilmiştir. Parafin katı miktarı % 60'dır. Çizelge 2.5'de kullanılan parafine ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 2.5 Parafin analiz sonuçları.

Özellikler	Test Sonuçları
pH	10,19
Yoğunluk (gr/cm ³)	0,925
Katı Madde (%)	59,66
Akma Zamanı (sn)	16
Erime Noktası Tayini (°C)	55

Bu levhalar, çeşitli oranlarda kalıp ayırıcı kimyasal eklenerek hazırlanmış ve TS EN 325 (2012) kriterlerine uygun olarak spesifik boyutlarda örnekler seçilmiştir. Her levha grubundan alınan örnekler, ilgili standardın belirttiği şekilde kesilmiştir.

2.1.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasal ve Özellikleri

Kalıp ayırıcı kimyasal, kalıplanmış ürünün kalıptan ayrılmasını kolaylaştıran, ürün üzerinde koruyucu bir film oluşturarak kalıbın yüzey kalitesini sağlayan bir katkı maddesidir. Kalıp ayırıcı kimyasallar, su bazlı ayırıcı maddeler, yağ bazlı ayırıcı maddeler ve toz bazlı ayırıcı maddeler olmak üzere üç ayrılırlar. Su bazlı kalıp ayırıcı kimyasallar, fiyatlarının düşük olması, ayırma etkinliğinin yüksek olması, çevreyi kirletmemesi, pürüzsüz yüzey oluşumu sağlaması, yüksek hava sızdırmazlığı ve otomasyon sistemlerine uygun olması nedeniyle tercih edilmektedirler (Liang vd. 2022). Ayrıca kalıp ayırıcı kimyasalların yüzeylere uygulamasından sonra, yapıştırma, sıcak pres uygulaması, zımparalama, kaplama ve baskı işlemleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Son yıllarda levha endüstrisinde kullanılmaya başlanan kalıp ayırıcı kimyasallar, plastik ve kavucuk gibi kalıplanmış endüstriyel ürünlerde, kağıt, tekstilde, boya, vernik ve yiyecek endüstrisinde, ayakkabı üretiminde, otomobil

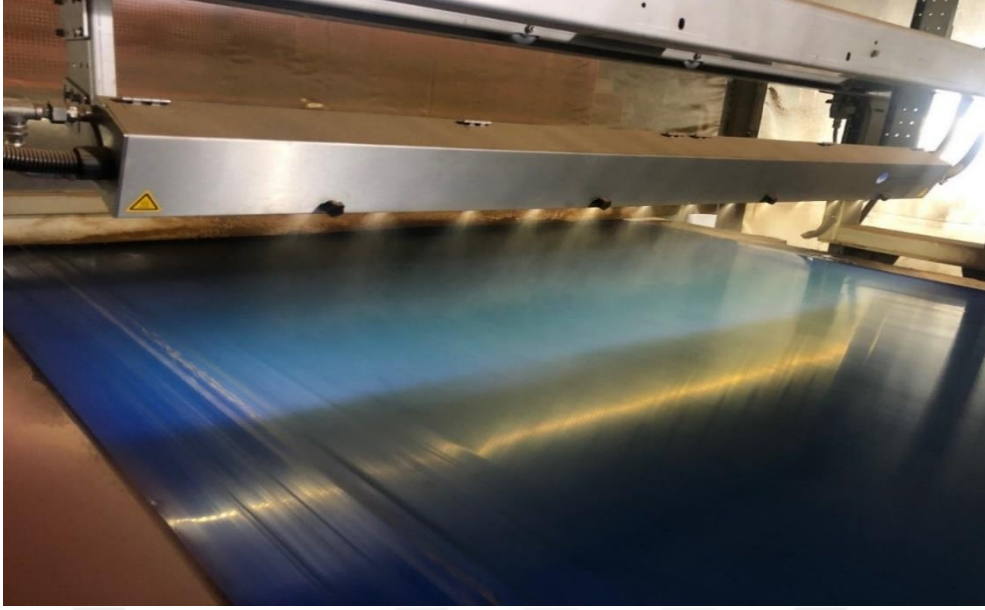
sektöründe ve köpük önleyici olarak kullanılmaktadır (Damborenea vd., 1997; Figueiredo vd., 2012; Cerpnjak vd., 2015; Chaydarreh vd., 2017; Anonim 2023).

Yongalevha üretiminde dış tabakanın rutubetinin fazla olması istenir. Bu sebeple her iki dış tabakaya da eskiden beri su püskürtülür (Anonim, 2023). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeni kimyasal formüller bulunmuş ve orman ürünleri sektöründe de yerini almıştır. Kalıp ayırıcı olarak adlandırılan bu kimyasal levha taslağının alt ve üst yüzeyine % 97 oranında su ile seyreltilerek kullanılmaktadır. Çizelge 2.6’da kullanılan kalıp ayırıcı kimyasala ait analiz sonuçları verilmiştir. Yüzey gerilimi 20°C’de Attension marka cihaz ile ölçülmüştür.

Çizelge 2.6 Kalıp ayırıcı kimyasala ait analiz sonuçları.

Özellikler	Test Sonuçları
pH	8,35
Yoğunluk (gr/cm ³)	1,03
Katı Madde (%)	9,36
Yüzey Gerilimi (mN/m)	26,53

Levha taslağının serilme işleminden önce kalıp ayırıcı kimyasal, püskürtme başlıkları yardımı ile küçük partiküller halinde, Şekil 2.1’deki gibi serme bandının üst yüzeyine temas edecek şekilde uygulanmıştır.



Şekil 2.1 Serme bandına kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme işlemi.

Daha sonra levha taslağının üst yüzeyine ise Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ön (soğuk) presleme sonrası, sıcak presten hemen önce püskürtme işlemi uygulanmaktadır.



Şekil 2.2 Levha taslağı üzerine kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme işlemi.

Kalıp ayırıcı kimyasal kullanımının avantajları;

- Bantta yapışmayı engeller.

- Sıcak presleme işlemi esnasında dış tabaka rutubeti fazla olduğundan hızlı şekilde buharlaşır ve buharla birlikte orta tabakaya ısı iletimi hızlanır. Buda daha hızlı pişme avantajı sağlar ve kapasiteyi artırır.
- Yüzey düzgünlüğünü artırarak pürüzsüz bir yüzey oluşumunu sağlar.
- Dış katmanlardaki yongalar yumuşayarak daha sıkı bir hale gelir, bu da özgül ağırlığın yükselmesine ve eğilme direncinin artmasına katkıda bulunur.
- Zımparalama ve kesim kalitesini artırır.

2.1.2.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasala Ait Temas Açısı

Oda koşullarında saf su ve kalıp ayırıcı kimyasal (KAK) % 2 -3 çözeltileri pres sacına ve serme bandına, 2 µl damlatılarak yüzeye yaptığı temas açıları incelenmiştir. Ölçüm Biolin Scientific marka cihaz yardımıyla drop weight (damla ağırlığı) metodu kullanılarak yapılmıştır. Kimyasallar surfactant olarak suyun yüzey gerilimini düşürerek temas açısını düşürmesi ve yüzeye daha çok yayılması hedeflendiği için referans olarak saf su kullanılmıştır. Çizelge 2.7’de saf su ve kimyasalların temas açısı değerleri verilmektedir.

Çizelge 2.7 Temas açısı değerlerine ait bulgular.

Numune	Serme Bandı İle Temas Açısı (°)	Pres Sacı İle Temas Açısı (°)
Saf Su	79,90	63,11
KAK % 2	13,49	30,73
KAK % 3	13,28	21,33

Temas açısı değerleri, yüzey gerilimleri ile uyumludur. Kalıp ayırıcı kimyasalın eklenmesi ile (tüm % oranlarında) saf suyun pres sacı ve serme bandıyla yapmış olduğu temas açısı değerlerinde yüksek oranda düşme gözlemlenmiştir. Temas açısındaki düşüş çözeltilerin pres sacı ve yüzeyinde çok daha kolay ve çok daha hızlı yayıldığını göstermektedir.

Kimyasalların sabit % de (% 2) temas açıları değerlendirildiğinde; kimyasalın oranı % 3’e çıkartıldığında serme bandında temas açıları hemen hemen aynıken, pres sacında

temas açısını 21,33° değerine kadar düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu durumda, kalıp ayırıcı kimyasalın katkı oranının artırılması sadece pres sacına etki edeceği, serme bandında ise büyük bir değişiklik göstermeyeceği şeklinde ifade edilebilir.

2.2 YÖNTEM

2.2.1 Kalıp Ayırıcı Kimyasal Kullanımı

Deneme levhalarına kalıp ayırıcı kimyasal püskürtme makinesi olarak adlandırılan makine yardımıyla küçük partiküller halinde Şekil 2.1 ve 2.2’de görüldüğü gibi püskürtme yöntemiyle levha taslağının hem alt yüzeyine hem üst yüzeyine temas edecek şekilde verilmiştir. Üretilen deneme levhalarının tüm proses şartları aynı olup, levhalara kalıp ayırıcı kimyasal verilme miktarı kademeli olarak artırılarak her kademedeki testleri alınarak analiz edilmiştir. Çizelge 2.8’de kalıp ayırıcı kimyasal verilme miktarları belirtilmiştir.

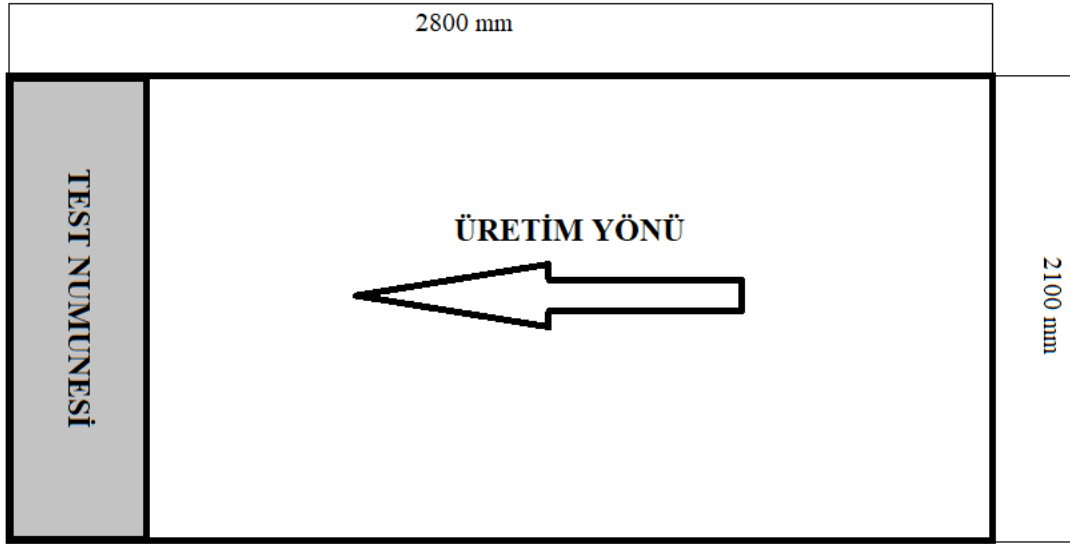
Çizelge 2.8 Deneme numunelerine verilen kalıp ayırıcı kimyasal miktarı.

Levha Türü	Alt yüzeye verilen kimyasal miktar (g/m ²)	Üst yüzeye verilen kimyasal miktar (g/m ²)
A (Kontrol) Grubu	0	0
B Grubu	5	5
C Grubu	10	10
D Grubu	15	15
E Grubu	20	20
F Grubu	25	25

Kullanılan kalıp ayırıcı kimyasal kullanımına bağlı olarak, üretim sırasında oluşan pres üretim hızları da kayıt altına alınmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

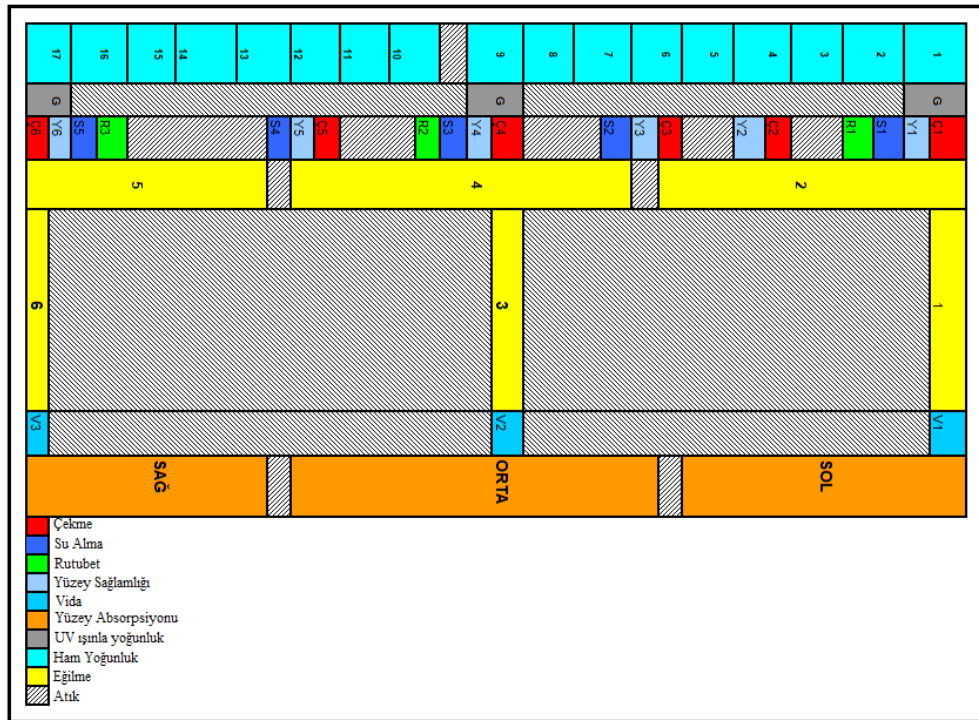
2.2.2 Deneme Levhalarından Test Numunelerinin Hazırlanması

Araştırmaya konu olan deney levhaları pres sonrasında 2100x2800 mm olarak ebatlanmıştır. Test için alınan levhanın üretim yönüne göre en kısmından 60 cm'lik parça kesildi. Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3 Deney Levhalarında test parçasının kesim yeri.

Koyu olarak belirtilen alan, Şekil 2.4'te gösterildiği üzere TS EN 325 (2014) standartlarına uygun test örnekleri elde etmek amacıyla kesime tabi tutulmuştur.



Şekil 2.4 Test parçalarının kesim planı.

2.2.3 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini

Bu çalışmada uygulanacak test yöntemlerinin dayandığı standartlar, numune boyutları ve numune adetleri Çizelge 2.9'da belirtilmiştir.

Çizelge 2.9 Analiz test standartları, yöntemler ve örnek boyutları.

Standart No	Standardın adı	Test Adı	Numune Ebatları (mm)	Numune Adedi
TS EN 323	Ahşap esaslı levhalar – Birim hacim ağırlığının tayini	Yoğunluk Tayini	100x100	20
TS EN 322	Ahşap esaslı levhalar – Rutubet miktarının tayini	Rutubet tayini	50x50	3
TS EN 317	Yonga levhalar ve lif levhalar – Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini	Su alma tayini	50x50	3
TS EN 317	Yonga levhalar ve lif levhalar – Su içerisine daldırma işleminden sonra	Kalınlığına Şişme tayini	50x50	3
TS EN 382-1	Lif levhalar yüzey absorpsiyonu tayini	Yüzey abs. Tayini	125x550	3
TS EN 310	Ahşap esaslı levhalar – Eğilme dayanımı ve elastikiyet direncinin tayini	Eğilme direnci tayini	50x410	6
TS EN 310	Ahşap esaslı levhalar – Eğilme dayanımı ve elastikiyet direncinin tayini	Elastikiyet modülü tayini	50x410	6
TS EN 319	Yonga levhalar ve lif levhalar – Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini	Yüzeye dik Çekme direnci Tayini	50x50	6
TS EN 320	Yonga levhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini	Vida tutma direnci tayini	75x75	3
TS EN 311	Ahşap esaslı levhalar – Yüzey sağlamlığı – Deney metodu	Yüzey sağlamlığı tayini	50x50	6

2.2.3.1 Fiziksel Özellikler

Deneme levhalarının fiziksel özellikleri; yoğunluk, rutubet miktarı, kalınlık artım oranı (2 ve 24 saat), su alması (2 ve 24 saat) ve yüzey emilimi (toluen) testleri için Kastamonu Entegre A.Ş. Gebze yongalevha fabrikası laboratuvarındaki olanaklar kullanılarak belirlenmiştir.

2.2.3.1.1 Yoğunluk (Özgül Ağırlık) Tayini

TS EN 323 (1999) standartlarına uygun olarak, TS EN 325 (2014) kriterlerine göre deney örneklerinin boyutları 100x100 mm olarak belirlendi ve her deney levhasından 20 parça örnek alındı. Deney numuneleri, TS EN 326-1 (1999) yönergelerine göre kesildi ve %65±3 bağıl nemde ve 20±2 °C sıcaklıkta ağırlığı değişmeyinceye kadar iklimlendirme odasında bekletildi. İklimlendirme odasından çıkarılan numunelerin hava kurusu ağırlıkları hassas bir teraziyle tartıldı ve boyutları ±0,01 hassasiyetindeki bir kumpas ile ölçüldü.

Levhaların hava kurusu yoğunluk değerleri, aşağıda belirtilen formül kullanılarak hesaplandı (TS EN 323, 1999).

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}}$$

δ_{12} : Hava kurusu yoğunluk değeri (gr/cm³)

M_{12} : Deney örneğinin hava kurusu ağırlığı (gr)

V_{12} : Deney örneğinin hava kurusu hacmi (cm³)

2.2.3.1.2 Rutubet Tayini

Rutubet miktarının ölçümü için TS EN 322 (1999) standardında belirtilen yöntemlere uygun olarak deney numunelerinin boyutları belirlendi ve her bir levhadan 50x50 mm boyutlarında üçer adet örnek alındı. TS EN 326-1 (1999) standardına göre, örnekler hassas bir teraziyle tartıldı ve daha sonra 103±2 °C sıcaklıkta sabit bir ağırlığa ulaşuncaya kadar kurutuldu. Altı saat arayla yapılan tartımlar sırasında, ardışık iki tartım arasındaki ağırlık farkı, deney parçasının toplam ağırlığının %0,01'inden az olduğunda, bu ağırlık sabit ağırlık olarak kabul edildi. Her deney parçası, kurutma fırınından çıkarıldıktan sonra

desikatörde soğutuldu ve daha sonra 0,01 gram hassasiyetinde bir terazide tartıldı, bu sırada %0,1'den fazla rutubet artışı önlenmiş oldu. Rutubet miktarı, TS EN 322 (1999) standardında belirtilen yöntemlere göre hesaplandı.

$$H = \frac{M_H - M_0}{M_0} \times 100$$

H: Rutubet (%)

M_H : Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki ağırlığı (g)

M_0 : Deney parçasının kurutmadan sonraki ağırlığı (g)

2.2.3.1.3 Su Alma Oranı ve Kalınlık Artım Oranı Tayini

Su alma ve kalınlık artım oranı tespiti için TS EN 317 (1999) standardında belirtilen yönergelere uygun olarak deney numunelerinin boyutlarına karar verildi ve her levhadan 50x50 mm boyutlarında beşer örnek alındı. Her deney parçasının ağırlığı hassas bir teraziyle ($\pm 0,01$) ve kalınlıkları dijital bir kumpasla ($\pm 0,1$) ölçüldü. Deney örnekleri, 20 ± 2 °C sıcaklıkta, su yüzeyinin 25 mm altına batırılarak 2 ve 24 saat süreyle bekletildi. Örnekler, birbirlerine ya da kabın iç yüzeyine temas etmeyecek şekilde, suya batırıldı. 2 ve 24 saat sonunda örnekler sudan çıkarıldı, bir bez ile yüzeylerindeki fazla su alındı ve bu durumda olan ağırlıkları ve kalınlıkları yeniden ölçüldü. Elde edilen verilere göre, kalınlıkta şişme oranı ve su alma miktarı 2 ve 24 saatlik periyotlar için ayrı ayrı hesaplandı (TS EN 317, 1999).

$$KA = \frac{k_2 - k_1}{k_1} \times 100$$

KA: Kalınlık artım oranı (%)

k_1 : İlk ölçülen kalınlık (mm)

k_2 : Suda bekletildikten sonra ölçülen kalınlık (mm)

$$SA = \frac{M_H - M_r}{M_r} \times 100$$

SA: Su Alma Oranı (%)

M_H : İlk ölçülen ağırlık (g)

M_r : Suda bekletildikten sonra ölçülen ağırlık (g)

2.2.3.1.4 *Yüzey Absorbsiyonu (Toluen) Değerinin Tayini*

Deney levhaları bir zımpara makinesi kullanılarak zımparalama işlemine tabi tutuldu. Ardından, her levhanın sol, orta ve sağ kısımlarından $125 \times 700 \pm 3$ mm boyutlarında deney numuneleri kesildi ve bir destek üzerine yerleştirildi. Tutucuda bulunan pipet, deney numunesinin yüzeyinden $1 \pm 0,1$ mm uzaklıkta ve 90° lik dik bir açıyla konumlandırıldı. Pipetten, zımparalama yönüne 90° açı oluşturacak şekilde, 4 ± 1 saniye içinde ve 20 ± 2 °C sıcaklıktaki hava ortamında 1 ml toluen, deney numunesinin yüzeyine boşaltıldı. Toluene, eğimli deney parçasının yüzeyinden serbestçe akması için olanak tanındı. Düzgün iki yüzeye sahip levhalar için, her iki yüzeyde de deney tekrarlandı ve toluenin oluşturduğu izin maksimum uzunluğu, deney numunesinin kenarlarına paralel bir çizgi boyunca hassas bir şekilde ölçüldü (TS EN 382-1 (1999)).

2.2.3.2 *Mekanik Özellikler*

Test levhalarının mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla gerekli olan testler, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) standartlarına uygun bir şekilde, Kastamonu Entegre A.Ş. Gebze yongalevha tesis laboratuvarında gerçekleştirildi.

2.2.3.2.1 *Eğilme Direnci*

Eğilme direnci değerlerinin belirlenmesi sürecinde, TS EN 310 (1999) standardına uygun deneyler uygulanmıştır. 6 adet numune alımı ve deney parçalarının kesilmesi işlemi, TS EN 326-1 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir; deney parçaları dikdörtgen şeklinde, 50 mm genişliğinde tasarlanmış ve uzunlukları, deney parçasının nominal kalınlığının 20 katı olacak şekilde, maksimum 1050 mm ve minimum 150 mm arasında, milimetrik olarak ayarlanmıştır. Örnekler belirlenen boyutlarda (5 x 18 x 410 mm) kesildikten sonra, TS EN 325 (2014) standardına uygun olarak; kalınlıkları köşelerin kesişme noktasından, genişlikleri ise uzunluklarının ortasından mikrometre ile ölçülmüştür. Eğilme direnci testinde IMAL marka IB600 universal test cihazı kullanılmıştır. Yük, deney süresince sabit hızda uygulanmış ve yükleme başlığının hızı, maksimum kuvvete saniyede ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Uygulanan kuvvet 0,01 N hassasiyetle ölçülmüş ve yük-deformasyon diyagramı çıkarılmıştır. Maksimum uygulanan kuvvet %1 hassasiyetle kaydedilmiştir. Eğilme direnci değerleri, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (TS EN 310, 1999).

$$F = \frac{3 \times F_{\max} \times L_s}{2 a \times b^2}$$

F: Eğilme direnci değeri (N/mm²)

F_{max}: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L_s: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

a: Örnek genişliği (mm)

b: Örnek kalınlığı (mm)

2.2.3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi, TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci ölçümünde kullanılan örneklerle aynı olanlar üzerinden, eğilme direnci testi sırasında ölçüm aleti kullanılarak, eğilme miktarı deney parçasının ortasından (yükleme başlığının altından) 0,01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Eğilmedeki elastikiyet modülü değeri, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplandı (TS EN 310, 1999).

$$E = \frac{P \times L_s^3}{4 a \times b^3 \times f}$$

E: Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm²)

P: Elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yük (N)

L_s: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

a: Örnek genişliği (mm)

b: Örnek kalınlığı (mm)

f: Elastik bölgede P yüküne karşı örnekte meydana gelen deformasyon (mm)

2.2.3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme deneyleri, TS EN 319 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Deney makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirilen deney parçalarına yüzeye dik yönde çekme kuvveti uygulanmış ve uygulanan kuvvet %1 hassasiyetle ölçülmüştür. Numunelerin alınması ve deney parçalarının kesilmesi TS EN 326-1 (1999)'e uygun olarak gerçekleştirilmiş, kenar uzunluğu 50±1 mm olan 6'şar adet kare şeklinde, kenarları dik, uçları düzgün ve temiz olarak kesilmiştir. Hazırlanan her bir örneğin boyutları, alanı

belirlemek için TS EN 325 (2014)'e uygun olarak 0,01 duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Ölçme işlemi tamamlandıktan sonra, hazır olan örnekler, standartlara uygun şekilde hazırlanmış alüminyumdan yapılmış metal aparatlara sıcak silikon ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan örnekler 45 dakika bekletildikten sonra tam yapışma sağlandığından emin olundu ve deney örnekleri universal test makinesinin kavrama çeneleri arasına yerleştirildi. Deney parçalarına, kırılma meydana gelinceye kadar yüzeye dik yönde üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, yüzeye dik çekme direnci tayin edildi. Deney parçasının yüzeyine uygulanan maksimum çekme kuvveti, deney parçasının yüzey alanına oranlanarak yüzeye dik çekme direnci aşağıdaki formüle göre hesaplandı (TS EN 319, 1999).

$$YDÇ = \frac{F_{\max}}{A}$$

YDÇ: Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F max: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A: Örneğin enine kesit alanı (mm²)

2.2.3.2.4 Vida Tutma Direnci

Vida tutma direncinin belirlenmesi için TS EN 326-1 standardına göre deney numunelerinin boyutları belirlenmiş ve her bir levhadan 50×50 mm boyutlarında 3'er adet örnek kullanılmıştır. Parçalar, % 65±3 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında sabit bir kütleyle ulaşıncaya kadar iklimlendirme dolabında kondisyonlandırılmış ve buradan çıkarıldıktan 1 saat içinde deneye tabi tutulmuşlardır. Kondisyonlandırma işleminden sonra, vidalar kılavuz delikler aracılığıyla levha yüzeylerine dik olarak vidalanmıştır. Delikler, deney parçasının yüzeyine dik olacak şekilde açılmış ve vidalar, deney parçası üzerindeki deliklere tamamen gömülecek şekilde yerleştirilmiştir. Vida tutma testlerinde 4,2 mm x 38 mm boyutlarında vidalar kullanılmıştır. Her vida için, vida başlığının altında, aksenal yönde giderek artan bir çekme kuvveti uygulanarak ve (10±1) mm/dk hızla, vida tamamen çıkana kadar vida çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında, vida başının rahatlıkla girebileceği bir deliğe sahip olan bağlama tertibatı kullanılmıştır. Kenarlar ve yüzeyler için vida tutma deneyleri ayrı ayrı yapılmış, ve maksimum kuvvet 10 N hassasiyetle kaydedilmiştir. Deneyler sonucunda, deney parçasının kenarlarından ve yüzeylerinden alınan sonuçların aritmetik ortalamaları hesaplanmış, ve bu değerler

kullanılarak her bir levha için yüzeylerde vida tutma kabiliyeti değerlendirilmiştir (TS EN 320, 2011)

2.2.3.2.5 Yüzey Sağlamlığı Direnci

Yüzey sağlamlığı kabiliyetinin tespiti için TS EN 311 (2005) standardına uygun olarak deney numunelerinin boyutları belirlendi. Her bir levhadan 50 x 50 mm ebatlarında altışar örnek alındı ve deney parçaları 50 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlandı. Numuneler, % 65±3 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklık koşullarındaki iklimlendirme dolabında, sabit bir kütleye erişene kadar kondisyonlandırıldı ve dolaptan çıkarıldıktan 1 saat içinde test edildi. Deney sürecinde, kesilmiş numuneler üzerine sıcak test aparatı, termoplastik tutkal kullanılarak ve tutkal miktarı 0,3 gr geçmeyecek şekilde merkezi bir konumda yapıştırıldı. Numunelerin tamamen soğuması için beklenildi. Soğuma işlemi tamamlandıktan sonra, yapıştırılan aparatın çevresine, 0,3±0,1 mm derinliğinde bir freze kanalı açmak için budak matkabı kullanıldı. Test sırasında, belirlenen kuvvet 60 ila 90 saniye boyunca ve sabit bir hızda uygulandı. Test sonuçları, birim olarak N/mm² cinsinden kaydedildi (TS EN 311, 2005).

2.2.4. Üretim Hızı

Üretilen deneme levhalarının tüm proses şartları aynı olup, levhalara kalıp ayırıcı kimyasal miktarı kademeli olarak arttırılarak püskürtülmüştür. Kullanılan kalıp ayırıcı kimyasal miktarına bağlı olarak, her bir levha grubu için üretim sırasında oluşan pres üretim hızları da kayıt altına alınmıştır. Üretim hızı değerleri mm/sn olarak tespit edilmiştir.

2.2.5. İstatistiksel Değerlendirmeler

Yapılan analizler sonucu elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmesinde IBM SPSS 22 paket programından faydalanılmıştır. Tez çalışmasında bir faktör (kalıp ayırıcı kimyasal katılım oranı), üç ve daha fazla tekrar analizleri söz konusu olduğu için her bir özellik için basit varyans analizi gerçekleştirilmiş olup, gruplar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Anlamlı farklılıkların tespiti için ise Duncan testi gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. LEVHALARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

Deneme levhaları üzerinde yürütülen testlerden elde edilen yoğunluk, rutubet, kalınlık artım oranı (2 ve 24 saat), su alma oranı (2 ve 24 saat) ve yüzey absorpsiyonu gibi fiziksel özelliklerle ilgili bulgular, aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.

3.1.1 Yoğunluk

TS EN 323 standartlarına göre belirlenen deneme numunelerinin yoğunluk değerleri ile ilgili olarak, örnek sayıları (N), ortalamalar (X), standart sapmalar (S), standart hatalar (SE), en düşük (X_{min}) ve en yüksek rutubet değerleri (X_{mak}) ve istatistiksel analizden kaynaklı Homojenlik Grupları (HG), Çizelge 3.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 3.1 Deneme levhalarına ait yoğunluk değerleri (kg/m³).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	20	634	a	12,9	2,88	615	657
B Grubu	20	633	a	12,1	2,71	615	660
C Grubu	20	639	a	15,2	3,40	608	667
D Grubu	20	632	a	15,5	3,46	602	657
E Grubu	20	636	a	14,5	3,25	607	665
F Grubu	20	634	a	15,2	3,40	610	667

Kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranının deneme levhalarının yoğunluk değerleri üzerindeki etkisinin önem düzeyini tespit etmek için basit varyans analizi testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 3.2'de belirtilmiştir. Varyans analizi sonuçları, deneme levhalarının yoğunluk değerleri arasında %95 güven düzeyinde anlamlı bir farklılık olmadığını ortaya koymuştur ($p > 0,05$; Çizelge 3.2). Duncan testi sonuçlarına göre, levha yoğunluk değerleri açısından incelenen tüm gruplar benzer olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.2 Deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	674,5	5	134,9	0,661	0,653
Gruplar içi	23249	114	203,9		
Toplam	23922	119			

Üretilen levhalarda hedeflenen yoğunluk değeri 630 kg/m^3 'dür. TS EN 312 (2012)'e göre levhadaki ortalama yoğunluk sapması $\% \pm 10$ olarak belirtilmektedir. Bu değer üstünde veya altında bir yoğunluk sapması görülmemektedir. En düşük ortalama yoğunluk değeri 632 kg/m^3 olarak D grubu levhalarda görülürken, en yüksek ortalama yoğunluk değeri ise 639 kg/m^3 ile C grubu levhalarda görülmüştür. Literatürde yapılan farklı çalışmalarda ilgili standardın ön gördüğü yoğunluk değerlerinde sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Şahin ve Çavdar, 2019; Çamlıbel 2020). Günaydın (2021) yapmış olduğu bir çalışmada, üretmiş olduğu yongalevhaların yoğunluk değerlerinin $0,596\text{-}0,641 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiğini ifade etmiştir.

3.1.2 Rutubet

Deneme numunelerinin rutubet değerleri tayini TS EN 322'e göre tespit edilmiştir. Deneme levhalarının rutubet değerlerine ilişkin örnek sayıları, ortalama, standart sapma ve standart hata, en düşük ve en yüksek rutubet değerleri ile istatistiki analiz sonucu elde edilen homojenlik grupları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Deneme levhalarının rutubet değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.4'te gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının rutubet değerleri arasındaki farklılığın $\% 95$ güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$; Çizelge 3.4). Bu sebeple ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi gruplardan ortaya çıktığını belirlemek için Duncan analiz testi uygulanmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	3	8,18	a	0,01	0,003	8,17	8,18
B Grubu	3	7,32	b	0,10	0,06	7,26	7,44
C Grubu	3	7,38	b	0,22	0,13	7,17	7,61
D Grubu	3	7,42	b	0,20	0,11	7,27	7,64
E Grubu	3	7,29	b	0,19	0,11	7,08	7,43
F Grubu	3	7,50	b	0,15	0,09	7,33	7,60

Duncan analiz testi sonuçlarına bakıldığında, deneme levhalarının rutubet değerleri için, A grubu deneme levhaları (Kontrol grubu) dışında tüm levha gruplarının rutubet değerleri arasında istatistiksel anlamda herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Benzer durumlar literatürde de verilmektedir. Özellikle yongalevha üretim şartlarının aynı olması ve kondisyonlanması için örneklerin bekletildiği iklimlendirme odası şartlarının ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 3$ bağıl nem) benzer olması bu durumun en önemli sebebi olarak ifade edilmektedir (Yağlıca, 2019). Kontrol grubu levhaların (A Grubu) rutubet değerleri ise diğer tüm gruplardan yüksek çıkmış olup ($\% 8,18$) istatistiksel olarak bu gruplardan farklı bulunmuştur.

Çizelge 3.4 Deneme levhalarının rutubet değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	1,66	5	0,33	12,95	0,000
Gruplar içi	0,31	12	0,03		
Toplam	1,97	17			

TS EN 312 (2012)'e göre yongalevhaların rutubet değerleri $\% 5-13$ arasında olması istenmektedir. Üretilen tüm levha gruplarına ait deney levhalarının rutubet değerleri de standartta belirtilen asgari şartlara uygun olduğu görülmüştür. A grubu (Kontrol grubu)

levhalarındaki ortalama rutubet değeri % 8,18 ile diğer tüm gruplardan yüksek bulunmuştur.

3.1.3 Su Alma Oranı

Deney numunelerinin su alma değerleri TS EN 317'e göre tespit edilmiştir. Deneme levhalarının 2 saat ve 24 saatlik su alma oranlarına ilişkin örnek sayıları, ortalama, standart sapma ve standart hata, en düşük ve en yüksek su alma oranı değerleri ile istatistiki analiz sonucu elde edilen homojenlik grupları Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Deneme levhalarına ait 2 ve 24 saatlik su alma oranları (%).

Süre	Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
2 saat	A Grubu	5	62,4	a	11,62	5,20	52,2	79,4
	B Grubu	5	56,5	a	2,57	1,15	53,1	59,2
	C Grubu	5	59,2	a	5,36	2,40	52,1	66,3
	D Grubu	5	56,3	a	9,12	4,08	43,1	64,9
	E Grubu	5	57,3	a	4,35	1,94	52,7	64,0
	F Grubu	5	57,8	a	2,30	1,03	54,1	60,1
24 saat	A Grubu	5	94,2	b	2,92	1,30	91,6	98,0
	B Grubu	5	89,7	b	1,60	0,72	87,7	91,6
	C Grubu	5	90,1	b	3,97	1,78	86,4	95,3
	D Grubu	5	89,9	b	7,21	3,22	80,0	96,3
	E Grubu	5	90,0	b	2,01	0,90	87,6	92,1
	F Grubu	5	89,8	b	1,71	0,76	87,8	92,0

Kalıp ayırıcı kimyasalın kullanım oranının deneme levhalarının 2 ve 24 saat süresince su alma oranlarına etkisini değerlendirmek için basit varyans analizi uygulanmıştır ve ilgili bulgular Çizelge 3.6'da sunulmuştur. Varyans analizi bulgularına göre, deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik su alma oranları arasında %95 güven aralığında anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$; Çizelge 3.6). Ayrıca, Duncan testi sonuçları, 2 ve 24

saatlik su alma oranları açısından incelendiğinde, tüm test gruplarının benzer olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.6 Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik su alma oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Suda Bekleme Süresi	Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
2 saat	Gruplar arası	128,9	5	25,8	0,56	0,732
	Gruplar içi	1110	24	46,3		
	Toplam	1239	29			
24 saat	Gruplar arası	76,8	5	15,36	1,075	0,399
	Gruplar içi	342,9	24	14,29		
	Toplam	419,7	29			

Her iki suda bekletme süresi birlikte değerlendirildiğinde, tüm test levhalarının su alma oranları üzerine suda bekleme süresinin etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bekleme süresinin 2 saatten, 24 saate çıkması ile birlikte test örneklerinin su alma oranlarında artışlar görülmüştür. En düşük su alma oranı değerleri, 2 saatlik suda bekleme süresinde % 56,3 ile D grubu levhalarda elde edilmiştir. En yüksek su alma oranı değerleri ise suda bekleme süresinin 24 saat olduğu test örneklerinden A grubu levhalarda (% 94,2) görülmüştür. Literatürde yongalevhalarla ilgili, bekleme süresinin artışına bağlı olarak su alma oranı değerlerinde artışların meydana geldiği farklı çalışmalarda da belirtilmektedir (Günaydın, 2021; Mesquita vd., 2019 ve Güler vd., 2016).

3.1.4 Kalınlık Artım Oranı

Deney numunelerinin su alma değerleri TS EN 317'e göre tespit edilmiştir. Deneme levhalarının 2 saat ve 24 saatlik kalınlık artım oranlarına ilişkin örnek sayıları, ortalama, standart sapma ve standart hata, en düşük ve en yüksek kalınlık artım oranı değerleri ile istatistiki analiz sonucu elde edilen homojenlik grupları Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 Deneme levhalarına ait 2 ve 24 saatlik kalınlık artım oranları (%).

Süre	Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
2 saat	A Grubu	5	12,3	a	0,92	0,41	11,3	13,7
	B Grubu	5	11,7	a	0,91	0,41	10,4	12,4
	C Grubu	5	11,6	a	0,55	0,25	11,1	12,5
	D Grubu	5	11,6	a	1,40	0,63	10,1	13,3
	E Grubu	5	11,1	a	0,49	0,22	10,5	11,8
	F Grubu	5	11,2	a	0,89	0,40	10,6	12,7
24 saat	A Grubu	5	19,2	c	0,30	0,13	18,7	19,6
	B Grubu	5	17,8	b	0,56	0,25	17,2	18,4
	C Grubu	5	18,1	b	0,55	0,25	17,6	19,0
	D Grubu	5	17,9	b	1,15	0,51	16,5	19,3
	E Grubu	5	18,1	b	0,52	0,23	17,6	18,8
	F Grubu	5	17,8	b	0,43	0,19	17,4	18,5

Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik kalınlık artım oranları üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.8’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının 2 saatlik kalınlık artım oranları arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı ($p > 0,05$) ancak 24 saatlik bekleme sürelerinde elde edilen kalınlık artım oranlarının istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levhaların 2 saatlik kalınlık artım oranları bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.7). 24 saatlik kalınlık artım oranları bakımında A grubu (Kontrol grubu) levhalar, diğer tüm levha gruplarından farklı bulunmuştur. B, C, D, E ve F grubu levhalarının kalınlık artım oranları arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur.

Çizelge 3.8 Deneme levhalarının 2 ve 24 saatlik kalınlık artım oranlarına ait basit varyans analiz sonuçları.

Suda Bekleme Süresi	Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
2 saat	Gruplar arası	4,4	5	0,89	1,072	0,401
	Gruplar içi	19,9	24	0,83		
	Toplam	24,3	29			
24 saat	Gruplar arası	6,6	5	1,31	3,169	0,025
	Gruplar içi	10,0	24	0,41		
	Toplam	16,5	29			

Her iki suda bekleme süresi birlikte değerlendirildiğinde, tüm test levhalarının kalınlık artım oranları üzerine suda bekleme süresinin etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür. Bekleme süresinin 2 saatten, 24 saate çıkması ile birlikte test örneklerinin kalınlık artım oranlarında artışlar görülmüştür. En düşük kalınlık artım oranı değerleri, 2 saatlik suda bekleme süresinde % 11,1 ile E grubu levhalarda elde edilmiştir. En yüksek kalınlık artım oranı değerleri ise su alma oranı değerlerine benzer şekilde, suda bekleme süresinin 24 saat olduğu test örneklerinden A grubu levhalarda (% 19,2) görülmüştür. Literatürde yongalevhalarla ilgili, bekleme süresinin artışına bağlı olarak kalınlık artım oranı değerlerinde artışların meydana geldiği farklı çalışmalarda da belirtilmektedir (Günaydın 2021; Yaglıca 2019; Mesquita vd., 2019 ve Güler vd., 2016). TS EN 312 (2012) standardına göre 18 mm kalınlığındaki yongalevhalar için kalınlık artım oranlarının % 15'in altında kalması istenmektedir. Tez çalışması kapsamında üretilen tüm test levhaların 2 saatlik kalınlık artım değerleri, standardın belirtmiş olduğu minimum değer altında bulunmuş iken 24 saatlik kalınlık artım değerleri ise bu değer üzerinde bulunmuştur.

3.1.5 Yüzey Absorpsiyonu

Deneme levhalarının yüzey absorpsiyon değerlerine ilişkin örnek sayıları, ortalama, standart sapma ve standart hata, en düşük ve en yüksek yüzey absorpsiyon değerleri ile istatistiksel analiz sonucu elde edilen homojenlik grupları Çizelge 3.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 Deneme levhalarına ait yüzey absorpsiyon değerleri (mm).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	3	403	a	35,1	20,3	370	440
B Grubu	3	415	a	56,3	32,5	380	480
C Grubu	3	417	a	46,5	26,8	385	470
D Grubu	3	427	a	37,9	21,9	400	470
E Grubu	3	440	a	22,9	13,2	420	465
F Grubu	3	455	a	49,2	28,4	415	510

Deneme levhalarının yüzey absorpsiyon değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.10'da gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının yüzey absorpsiyon değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levha yüzey absorpsiyon değerleri bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.10 Deneme levhalarının yüzey absorpsiyon değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	5278	5	1055,6	0,578	0,716
Gruplar içi	21900	12	1825		
Toplam	27178	17			

Deney numunelerinin yüzey absorpsiyon değerleri tayini TS EN 382-1'e göre tespit edilmiştir. Deneme levhalarında hedeflenen yüzey absorpsiyon değeri 150 mm'nin üzerinde olmasıdır. Sonuçlar incelendiğinde tüm levha gruplarına ait yüzey absorpsiyon değerlerinin tamamı standartta belirtilen sınır değerlerin üzerinde elde edilmiştir. En düşük değer 403 mm ile kontrol grubu levhalarda, en yüksek değer ise 455 mm ile F

grubu levhalarda tespit edilmiştir. Yongalevha üretiminde kullanılan kalıp ayırıcı kimyasal oranı arttıkça yüzey yonga rutubeti de artmakta, sıcak preslerde yüksek sıcaklık nedeni ile daha düzgün yüzeyler elde edilmekte böylece yüzey absorpsiyon değerlerinde iyileşmeler görülmektedir. Aydın (2016) tarafından yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Gündüz ve Masraf (2005) üretim parametrelerinin üç tabakalı yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, toluen testi uygulamaları sonucunda yüzey absorpsiyon değerlerinin levha üst tabakalarında 318-409 mm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

3.2 LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

Araştırma kapsamında elde edilen levhaların mekanik özellikleri; eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci ve yüzey dayanıklılığı gibi parametreler, aşağıda yer alan tablolarda bireysel olarak sunulmuştur.

3.2.1 Eğilme Direnci

Deney numunelerinin eğilme direnci değerleri TS EN 310'a göre tespit edilmiştir. Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ilişkin örnek sayıları (N), ortalama (X), standart sapma (S) ve standart hata (SE), en düşük (X_{min}) ve en yüksek (X_{mak}) eğilme direnci değerleri ile istatistiki analiz sonucu elde edilen Homojenlik Grupları (HG) Çizelge 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11 Deneme levhalarına ait eğilme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X_{min}	X_{mak}
A Grubu	6	13,4	a	1,97	0,81	11,1	15,6
B Grubu	6	14,3	a	2,25	0,92	11,8	17,5
C Grubu	6	14,5	a	2,09	0,86	12,1	16,7
D Grubu	6	14,5	a	2,70	1,10	11,8	18,3
E Grubu	6	14,8	a	2,10	0,86	12,9	18,6
F Grubu	6	14,9	a	1,59	0,65	13,4	17,2

Deneme levhalarının eğilme direnci değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.12’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının eğilme direnci değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levha eğilme direnci değerleri bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.11).

Deneme levhalarında eğilme direnci değeri en düşük A grubu (Kontrol) levhalarda 13,4 N/mm², en yüksek ise F Grubu levhalarda 14,9 N/mm² olarak ölçülmüştür. İlgili standardın Tip P2 kullanımları (kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar) için belirtmiş olduğu minimum eğilme direnci değeri 11 N/mm²’dir. Çalışma kapsamında üretilen tüm levha gruplarının bu standartta belirtilmiş minimum değerleri sağladığı görülmüştür (TS EN 312, 2012). Kalıp ayırıcı kimyasal katılım oranı arttıkça eğilme direncinde bir miktar artışlar görülmüştür. Ancak bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Levhaların eğilme direnci değeri üzerine levhaların yoğunluğunun önemli bir etkisi bulunmaktadır. Levha yoğunluğu arttıkça, levhanın mekanik özellikleri de artmaktadır. Bu çalışmada kalıp ayırıcı kimyasal kullanımının levha yoğunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkması, elde edilen eğilme direnci değerleri ile uyumlu bulunmuştur.

Çizelge 3.12 Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	8,3	5	1,659	0,361	0,871
Gruplar içi	137,7	30	4,591		
Toplam	146,0	35			

3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney numunelerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri, TS EN 310 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.13'te sunulan deneme levhalarına ait veriler; örnek sayısı, ortalamalar, standart sapma ve hatalar, en düşük ve en yüksek değerler ile istatistiksel analizden elde edilen homojenlik gruplarını içermektedir.

Çizelge 3.13 Deneme levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri (N/mm²).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	6	2350	a	350	143	1958	2799
B Grubu	6	2467	a	348	142	2094	2941
C Grubu	6	2562	a	330	135	2159	2975
D Grubu	6	2502	a	365	149	2134	2965
E Grubu	6	2633	a	317	129	2319	3057
F Grubu	6	2633	a	298	122	2300	2974

Deneme levhalarında eğilmede elastikiyet modülü değeri en düşük A (Kontrol) grubu 2350 N/mm², en yüksek ise 2633 N/mm² olarak E ve F grubu levhalarda tespit edilmiştir. Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılmak üzere üretilen levhalar için belirlenen eğilmede elastikiyet modülü değeri 1600 N/mm² ve üzeridir (TS EN 312 (2012)). Analiz sonuçları da standardın belirtmiş olduğu minimum değerleri karşılamış olup kalıp ayırıcı kimyasalın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.14'te gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir (p> 0,05). Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levha eğilmede elastikiyet modülü değerleri bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.14 Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	355676	5	71135	0,632	0,677
Gruplar içi	3376080	30	112536		
Toplam	3731755	35			

3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci değerlerinin belirlenmesi, deney numuneleri üzerinde TS EN 319 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. İlgili deneme levhalarının örnek sayıları, ortalamaları, standart sapmaları ve hataları, en az ve en çok yüzeye dik çekme direnci değerleri ve istatistiksel analizle belirlenen homojenlik grupları Çizelge 3.15'te detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.15 Deneme levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	6	0,41	a	0,04	0,02	0,33	0,44
B Grubu	6	0,41	a	0,02	0,01	0,39	0,45
C Grubu	6	0,39	a	0,05	0,02	0,33	0,47
D Grubu	6	0,44	a	0,05	0,02	0,39	0,53
E Grubu	6	0,41	a	0,02	0,01	0,38	0,44
F Grubu	6	0,42	a	0,03	0,01	0,38	0,46

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.16'da gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri arasındaki

farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levha yüzeye dik çekme direnci değerleri bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.16 Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,01	5	0,002	1,023	0,422
Gruplar içi	0,04	30	0,001		
Toplam	0,05	35			

Deneme levhalarında yüzeye dik yönde çekme direnç değerleri en düşük $0,39 \text{ N/mm}^2$ ile C grubu levhalarda elde edilir iken en yüksek değerler ise $0,44 \text{ N/mm}^2$ ile D grubu levhalarda tespit edilmiştir. Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılmak üzere üretilen levhalar için belirlenen yüzeye dik çekme direnci değeri $0,35 \text{ N/mm}^2$ ve üzerinde olması istenmektedir (TS EN 312 (2012)). Üretilen tüm levha grupları hedeflenen alt limit sınırı olan $0,35 \text{ N/mm}^2$ 'nin üzerinde olduğu ve ortalama yüzeye dik çekme direnci değeri ise $0,41 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerine benzer şekilde, yüzeye uygulanan kalıp ayırıcı kimyasal miktarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

3.2.4 Vida Tutma Direnci

Vida tutma direnci değerlerinin ölçümü, deney numuneleri üzerinde TS EN 320 (2011) standardına uygun bir şekilde yapılmıştır. Bu deneme levhaları için yüzeye dik yönde vida tutma direnciyle ilgili örnek sayıları, ortalama değerler, standart sapmalar ve hatalar, en alt ve en üst direnç değerleri, ayrıca istatistiksel analizle saptanan homojenlik grupları, Çizelge 3.17'de sunulmuştur.

Çizelge 3.17 Deneme levhalarına ait yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerleri (N).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	3	935	a	73,6	42,5	892	1020
B Grubu	3	973	a	155,9	90,0	802	1107
C Grubu	3	964	a	72,2	41,7	921	1047
D Grubu	3	1025	a	152,0	87,8	856	1150
E Grubu	3	986	a	125,4	72,4	847	1090
F Grubu	3	993	a	58,9	34,0	958	1061

Deneme levhalarına ait yüzeye dik yönde vida tutma direnci en yüksek D grubu levhalarda (1025 N), en düşük ise A grubu levhalarda (935 N) olduğu tespit edilmiştir. BS 2604 nolu standartta 20 mm kalınlığındaki yongalevhalarda levha kenarından vida tutma gücünün en az 360 N olması öngörülmektedir. Levha yüzeyine dik vida tutma gücünün ise bu değerden % 100-125 daha fazla olması istenmektedir (Nemli vd., 2004). Buna göre deney levhalarına ait yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerlerinin tamamı standartta belirtilen limitlerin üstünde ölçülmüştür. Tüm levhalar göz önüne alındığında levha yüzeylerine dik yönde vida tutma direnci ortalama 979 N olarak belirlenmiştir. Güler ve İbiş (2018) kapak tahtası kullanım oranına bağlı olarak üretmiş oldukları yongalevhaların yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerlerinin 1040-1142 N arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Deneme levhalarının yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.18'de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Duncan testi analiz sonuçlarına göre, levha yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerleri bakımından tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.18 Deneme levhalarının yüzeye dik yönde vida tutma direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	13796	5	2759,2	0,21	0,950
Gruplar içi	154479	12	12873,2		
Toplam	168274	17			

Deneme levhalarının yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerlerine ilişkin örnek sayıları, ortalama, standart sapma ve standart hata, en düşük ve en yüksek levha yüzeyine paralel yönde vida tutma direnci değerleri ile istatistiki analiz sonucu elde edilen homojenlik grupları Çizelge 3.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.19 Deneme levhalarına ait yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerleri (N).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	3	665	a	83,9	48,5	611	762
B Grubu	3	744	ab	41,0	23,7	698	776
C Grubu	3	765	ab	33,7	19,5	734	801
D Grubu	3	721	a	90,6	52,3	650	823
E Grubu	3	864	b	64,6	37,3	795	923
F Grubu	3	698	a	84,1	48,6	601	751

Kalıp ayırıcı kimyasalın kullanım oranının deneme levhalarının yüzeye paralel vida tutma direnci üzerindeki etkisinin ne derece önemli olduğunu saptamak için basit varyans analizi yapılmış ve bulgular Çizelge 3.20’de belirtilmiştir. Varyans analizi sonuçları, yüzeye paralel vida tutma direnç değerlerinde %95 güvenilirlikle anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Bu anlamlı farklılıkların hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.20 Deneme levhalarının yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	71048	5	14209,6	2,91	0,049
Gruplar içi	58628	12	4885,7		
Toplam	129676	17			

Duncan analiz testi sonuçlarına bakıldığında, deneme levhalarının yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerleri için, A, B, C, D ve F grupları ile B, C, E gruplarının kendi aralarında istatistiksel anlamda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak E grubu deneme levhalarına ait yüzeye paralel yönde vida tutma direnci değerleri ise diğer tüm gruplardan yüksek bulunmuştur (864 N).

Deneme levhalarının yüzeye paralel yönde vida tutma direnci en düşük A grubu levhalarda 665 N olarak, en yüksek ise E grubu levhalarda 864 N olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar ayçiçek sapı ve kızılçam yongası kullanılarak üretilen yongalevhalarda elde edildiği bildirilmiştir (Güler vd., 2006). Hedeflenen alt limit yüzeye paralel yönde 360 N olduğu düşünüldüğünde, deney levhaların tamamı standartta belirtilen limitlerin üstünde ölçülmüştür (BS 2604, 1970). Kalaycioglu vd. (2005) pavlonya odunundan üretilmiş yongalevhaların yüzey ve kenar vida tutma gücü değerlerinin ilgili standardı karşıladığı ifade edilmiştir. Tüm levhalar göz önüne alındığında levha yüzeylerine paralel yönde vida tutma direnci ortalama 743 N olarak belirlenmiştir.

3.2.5 Yüzey Sağlamlığı

TS EN 311 standardına uygun olarak deney numunelerinin yüzey sağlamlığı değerlerinin belirlenmesi yapılmıştır. Yüzey sağlamlığı direnç değerleriyle ilgili olarak, deneme levhalarından alınan örneklerin sayısı, ortalamalar, standart sapmalar ve standart hatalar, en düşük ve en yüksek direnç değerleri ve istatistiksel analizle saptanan homojenlik grupları, Çizelge 3.21'de sunulmuştur.

Çizelge 3.21 Deneme levhalarına ait yüzey sağlamlığı direnci değerleri (N/mm²).

Levha Türü	N	X	HG	S	SE	X _{min}	X _{mak}
A Grubu	6	1,40	ab	0,08	0,03	1,33	1,55
B Grubu	6	1,35	a	0,13	0,05	1,15	1,53
C Grubu	6	1,42	ab	0,10	0,04	1,32	1,60
D Grubu	6	1,50	b	0,11	0,05	1,38	1,65
E Grubu	6	1,49	b	0,10	0,04	1,33	1,60
F Grubu	6	1,31	a	0,05	0,02	1,23	1,36

Deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerleri üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kullanım oranı etkisinin önem düzeyini belirlemek amacı ile basit varyans analiz testi gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar Çizelge 3.22’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerleri arasındaki farklılığın % 95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bu sebeple ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi gruplardan ortaya çıktığını belirlemek için Duncan analiz testi uygulanmıştır (Çizelge 3.21).

Çizelge 3.22 Deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerlerine ait basit varyans analiz sonuçları.

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,17	5	0,03	3,485	0,013
Gruplar içi	0,30	30	0,01		
Toplam	0,47	35			

Duncan analiz testi sonuçlarına bakıldığında, deneme levhalarının yüzey sağlamlığı direnci değerleri için, A, B, C ve F grupları ile A, C, D ve E gruplarının kendi aralarında yüzey sağlamlığı direnci değerleri bakımından istatistiksel anlamda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak D grubu deneme levhalarına ait yüzey sağlamlığı direnci değerleri ise diğer tüm gruplardan yüksek bulunmuştur (1,50 N/mm²). En düşük yüzey

sağlamlığı direnci değeri (1,31 N/mm²) F grubu levhalarda görülmüştür. Kuru şartlarda ve iç mekân ahşap alanlarında (Tip P2) kullanılacak levhalar için belirlenen YS değeri 0.8 N/mm² ve üzerinde olması istenmektedir (TS EN 312, 2012). Üretilen tüm levha gruplarına ait yüzey sağlamlığı değerleri, standardın belirttiği alt limit sınır değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

3.3 LEVHA ÜRETİM HIZINA AİT BULGULAR

Araştırma sonucunda mevcut tesis şartlarında tüm parametreler sabit tutularak yalnızca kalıp ayırıcı kimyasal oranı artırıldıkça levha üretimine kazandırılan hız ile ilgili bulgular incelenmiştir. Çizelge 3.23’de farklı oranlarda kalıp ayırıcı kimyasal ilavesi ile levha üretim hattının, kalite şartlarını da göz önüne alarak yongalevha tesisinde ölçülen üretim hızı değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.23 Kalıp ayırıcı kimyasal kullanım miktarlarına bağlı olarak ölçülen tesis üretim hızları.

Levha Türü	Üretim hızı (mm/sn)
A (Kontrol) Grubu	550
B Grubu	580
C Grubu	620
D Grubu	650
E Grubu	690
F Grubu	730

En düşük levha üretim hızı kalıp ayırıcı kimyasal verilmeyen A grubu (0 g/m²) kontrol levhaların üretiminde görülürken, maksimum levha üretim hızı ise kalıp ayırıcı kimyasal kullanım miktarı en yüksek olan F grubu (25 g/m²) levha üretiminde ölçülmüştür. Kalıp ayırıcı kimyasal kullanım miktarının artışına bağlı olarak levha üretim hızlarında artışlar tespit edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında levha üretim hızında %32.73’lük bir artış elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sürekli pres ile yongalevha üretiminde kalıp ayırıcı kimyasal kullanımının üretilen levhaların teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Levha üretiminde, levha taslağının her iki yüzeyine kalıp ayırıcı kimyasal püskürtülerek testler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın bulunmadığı kontrol grubu örneklerine ait yoğunluk değeri 634 kg/m^3 bulunmuştur. Kontrol grubu (A grubu levhalar) ile diğer gruplar arasında yapılan istatistiksel analizler sonucu, tüm levha grupları arasında anlamlı bir fark olmadığı, levha yoğunluk değerleri bakımından tüm grupların benzer olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.1). Test levhalarının üretiminde ortalama yoğunluk hedef değeri 630 kg/m^3 olarak belirlenmiş, standardın belirtmiş olduğu $\pm\%10$ 'luk değişim miktarını tüm gruplar sağlamıştır (TS EN 312 (2012)).

Test levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait ortalama rutubet değeri $\%8,18$ olarak bulunmuştur. Kontrol grubu dışındaki tüm levha gruplarının ortalama rutubet değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Çizelge 3.3). Tüm levha gruplarına ait ortalama rutubet değerleri TS EN 312 (2012)'de belirtilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait 2 saatlik su alma oranı $\% 62,4$, 24 saatlik değer ise $94,2$ olarak bulunmuştur. Suda bekleme süresinin artışına bağlı olarak su alma oranlarında artış görülmüştür. Her iki bekleme süresinde de kalıp ayırıcı kimyasal katılım oranının artışına bağlı olarak su alma oranlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilememiştir (Çizelge 3.5). 24 saatlik suda bekleme süresinde, en yüksek su alma oranı değerleri 2 saatlik uygulamaya benzer şekilde kontrol grubu örneklerinde tespit edilmiştir.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait 2 saatlik kalınlık artım oranı $\% 12,3$ olarak bulunmuştur. Bu değer 24 saatlik suda bekleme durumunda ise $\% 19,2$ 'dir. Suda bekleme süresinin artışına bağlı olarak kalınlık artım oranlarında artış gözlenmiştir. 2 saatlik suda bekleme süresinde kalıp ayırıcı kimyasal katılım oranının artışına bağlı olarak grupların su alma oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilememiştir (Çizelge 3.7). 24 saatlik suda

bekleme süresinde ise A grubu levhalar hariç diğer tüm gruplar birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait yüzey absorpsiyon değeri 403 mm olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre tüm gruplar benzer bulunmuştur (Çizelge 3.9). Ancak yüzey absorpsiyon değerleri kalıp ayırıcı kimyasal katılımı ile doğru orantılı olarak bir miktar yükseldiği görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında kalıp ayırıcı kimyasal miktarı arttıkça yüzey düzgünlüğünün görece olarak arttığı ve levhaların daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğunu göstermektedir.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait eğilme direnci değeri 13,4 N/mm² olarak bulunmuştur. İstatistik analiz sonuçlarına göre tüm levha grupları birbirine benzer bulunmuştur (Çizelge 3.11). Fakat kalıp ayırıcı kimyasal miktarı arttıkça eğilme direncinin % 11,2 oranında arttığı, yani kalıp ayırıcı kimyasalın eğilme direnci üzerine görece olarak pozitif yönde bir etkisinin olduğu söylenebilir. Kalıp ayırıcı kimyasal katılımının artması ile en yüksek eğilme direnci değeri F grubu levhalarda (14,9 N/mm²) tespit edilmiştir. TS EN 312 (2012)'e göre 18 mm kalınlığındaki yongalevhaların (Tip P2 için) eğilme direncinin en düşük 11 N/mm² olması istenmektedir. Deneme levhalarının tümü standardın belirlemiş olduğu minimum değerleri karşıladığı görülmüştür.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait eğilmede elastikiyet modülü değeri 2350 N/mm² olarak bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre tüm levha grupları birbirine benzer olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.13). Fakat eğilme direncinde olduğu gibi kalıp ayırıcı kimyasal miktarı arttıkça eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin de görece olarak arttığı (% 12) görülmüştür. Kalıp ayırıcı kimyasal katılımı ile en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerleri E ve F grubu levhalarda (2633 N/mm²) tespit edilmiştir. TS EN 312 (2012)'e göre 18 mm kalınlığındaki yongalevhaların (Tip P2 için) eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin en düşük 1600 N/mm² olması istenmektedir. Deneme levhalarının tümü standardın belirlemiş olduğu minimum değerleri karşıladığı görülmüştür.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait yüzeye dik çekme direnci değeri 0,41 N/mm² olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiksel

analizlere göre diğer tüm levha grupları ile arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3.15). En yüksek yüzeye dik çekme direnci değeri D grubu levhalarda ($0,44 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. TS EN 312 (2012)'e göre 18 mm kalınlığındaki yongalevhaların (Tip P2 için) yüzeye dik çekme direnci değerlerinin en düşük $0,35 \text{ N/mm}^2$ olması istenmektedir. Deneme levhalarının tümü standardın belirlemiş olduğu minimum değerleri karşıladığı görülmüştür.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait yüzeye dik yöndeki vida tutma direnci değeri 935 N/mm^2 olarak bulunmuştur. İstatiksel analiz sonucuna göre yüzeye dik yönde vida tutma direnç değerlerinde tüm levha grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3.17). En yüksek yüzeye dik yönde vida tutma direnci değeri D grubu levhalarda (1025 N) bulunmuştur.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait yüzeye paralel yönde vida tutma direnç değeri 665 N/mm^2 olarak bulunmuştur. İstatiksel analiz sonuçlarına göre levhaların yüzeyine paralel yöndeki vida tutma direnci değerleri bakımından anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 3.19). En yüksek yüzeye paralel vida tutma direnci değeri E grubu levhalarda (864 N) bulunmuştur.

Deneme levhalarında kalıp ayırıcı kimyasalın kullanılmadığı kontrol grubu örneklerine ait yüzey sağlamlığı değeri $1,40 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. İstatiksel analiz sonuçlarına göre diğer tüm gruplar ile arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 3.21). Ancak en yüksek yüzey sağlamlığı değeri D grubu levhalarda bulunmuştur ($1,50 \text{ N/mm}^2$).

Yongalevha üretimi sırasında kalıp ayırıcı kimyasal verilmediğinde, serme bandında bölgesel yapışmalar meydana gelmiş olup, A (kontrol) grubu levhalarda bu yapışma izlerine rastlanmıştır. Bu yapışmaların kalıp ayırıcı kimyasalın en düşük oranda (5 g/m^2) verildiği B grubu levhalarda da tespit edilmiştir. Kalıp ayırıcı kimyasal miktarının 5 g/m^2 'nin üzerine çıkarılması ile C, D, E, F grubu levhalarda herhangi bir bölgesel yapışma tespit edilememiştir. Böylelikle bu levhalar için kalite kontrol aşamasında herhangi bir değer kaybı oluşmamıştır.

Üretim esnasında yapılan tespitlere göre, pasta ve üretim bandı üzerine kalıp ayırıcı kimyasal verilmediğinde (A grubu levhalar) mevcut üretim için pres hattındaki en yüksek hız olarak 550 mm/sn 'ye çıkıldığı görülmüştür. Yongalevhaların alt ve üst yüzeylerine 25 g/m^2 olacak şekilde kalıp ayırıcı kimyasal püskürtüldüğünde ise (F grubu levhaların

üretimi sırasında) 730 mm/sn üretim hızına çıkılabildiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.23). Yüzey rutubetleri yükseldikçe ısı iletimi hızlanmakta ve orta tabakaya doğru presin ısısı hızla iletilmektedir. Buda daha hızlı levha üretimine imkân sağlayarak kapasitenin artırılmasına yardımcı olacaktır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre, fiziksel ve mekanik özellikleri yeterli, % 32.73'lük levha üretim hızı artışı kazandırması da göz önüne alındığında, deneme üretimlerinin gerçekleştirildiği tesis şartlarında optimum kalıp ayırıcı kimyasal kullanım miktarının 25 g/m² (F grubu) olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma ile yongalevha üretimi ile ilgili bir araştırmada ilk defa kalıp ayırıcı kimyasal kullanımının levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri bakımından hem literatüre hem de orman ürünleri endüstrisine önemli bilgiler sunulduğu düşünülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- Akbulut, T. (2000). Yonga levha endüstrisi. *Laminant Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi*, 7, 112-119.
- Anonim, (2023, 01 Kasım). [Online]. Erişim: <https://concentrol.com/en/water-based-mold-release-agents-for-the-production-of-wood-particleboards-with-urea-or-melamine-resins/>.
- Aras, U., Kalaycıoğlu H., Yel H., (2017). Katsura ağacının (*Cercidiphyllum japonicum*) yongalevha üretiminde hammadde olarak kullanım potansiyeli. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 2147-345.
- Atar, İ. (2012). ‘Serleştirici Türü, Üre Kullanımı ve Depolama Süresinin Yonga Levhanın Kalite Özelliklerinin Üzerine Etkileri’, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Avcı, E. (2007). ‘Türkiye’de Üretilen Yonga ve Lif Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin TS EN Standartlarına Uygunluğunun ve Tutarlılığının Belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, Türkiye.
- Aydın, U. (2016). ‘Yonga Geometrisi ve Taslak Rutubet Değişimlerinin Yonga Levha Özelliklerine Etkisi’, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Bardak, S. (2010). Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: V, 1887-1898, Artvin.
- Bardak, S. (2019). ‘Sıcak Pres Diyagramı ve Zımpara Tozu Kullanımının Yongalevhanın Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi’, Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Bektas, I. Guler, C. Kalaycıoğlu, H. Mengeloglu, F. & Nacar, M. (2005). The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials*, 39(5), 467-473.
- Biçer, A. (2014). ‘Sodyum Karboksümetilselüloz (Na-CMC) Modifiyeli Yonga Levha Üretimi’, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.

- Bozkurt, A., Göker, Y. *Yonga Levha Endüstrisi, Ders notları*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Cilt 3311/372, 1985.
- Brinkmann, E.B (1976). 'Forschungszentrum der Bison Werke, Bahre & Greten GmbH & Co. KG' 34(12) Springe, German Federal Republic, Holz-als-Roh-und-Werkstoff.
- British Standart Institution, Resin bonded wood chipboard (1970). BS 2604.
- Cerpnjak, K., Zvonar, A., Vrečer, F. & Gašperlin, M. (2015). Development of a solid self-microemulsifying drug delivery system (SMEDDS) for solubility enhancement of naproxen. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 41(9), 1548-1557.
- Ceyhan, G. (2019). 'Evsel Ve Endüstriyel Ahşap Atıklarından Üretilen Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Chaydarreh, K.C., Shalbafan, A. & Welling, J. (2017). Effect of ingredient ratios of rigid polyurethane foam on foam core panels properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(17), 224-675.
- Cülfük, M. (2017). 'İki Farklı Tutkal Kullanılarak Üretilen Yonga Levhaların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi', Yüksek Lisan Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- Çakmak, E. (2008). 'Bazı Kimyasallarla Emprenye Edilmiş Yonga Levhaların Yanma Direncinin Araştırılması', Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye.
- Çamlıbel, O. (2020). Sıcak pres parametrelerinin yongalevhanın fiziksel özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 276-283, Artvin, Türkiye.
- Damborenea, J.de., Bastidas, J.M. & Vazquez, A.J. (1997). Adsorption and inhibitive properties of four primary aliphatic amines on mild steel in 2 M hydrochloric acid. *Electrochimica Acta*, 42(3), 455-459.
- Er, E. (2016). 'Yonga Levha Endüstrisi Atık Sularının Kimyasal Arıtımı Ve Yanıt Yüzey Yöntemi İle Optimizasyonu', Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, Türkiye.

- FAO (2018). Forestry production and trade databased, Erişim: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>.
- Figueiredo, L., Bandeira, P., Mendes, A., Bastos, M.M., & Magalhães, F.D. (2012). Use of fluoropolymer permanent release coatings for molded polyurethane foam production. *Journal of Coatings Technology and Research*, 9(6), 757- 764.
- Gokdai, D. Borazan, A.A. & Acikbas, G. (2017). Effect of marble: pine cone waste ratios on mechanical properties of polyester matrix composites. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1855-1862.
- Gözalan, M. (2016). ‘Yonga Levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar’, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, Türkiye.
- Guler, C., Bektas, I., and Kalaycioglu, H. (2006). The experimental particleboard manufacture from sunflower stalks (*Helianthus annuus L.*) and Calabrian pine (*Pinus brutia Ten.*). *Forest Products Journal*, 56(4), 56-60.
- Güler, C., ve İbiş, M. (2018). Yongalevha üretiminde hammadde kaynaklarının optimizasyonu ve teknolojik yönden incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 808-817.
- Guler, C. Sahin, H.I. & Yeniay, S. (2016). The potential for using corn stalks as a raw material for production particleboard with industrial wood chips. *Wood Research*, 61(2), 299-306.
- Güler, C., Sancar S. (2016). Yongalevha fabrikasının çalışma prensibi ve farklı presleme tekniğinin levha kalitesi üzerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 87-95.
- Günaydın, B. (2021). ‘Hidro-Termal İşlem Uygulanmış Ayçiçeği Saplarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye.
- 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, Türkiye.
- Hombak (2022, 22 Kasım). Erişim: www.hombak.com

- İstek, A. (2010). *Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ders Notları*. Bartın Üniversitesi.
- İstek A., Aydemir, D. & Aksu, S. (2010). The effect of paper pattern and resin type on the physical, mechanical and surface quality properties of the particleboard coated with impregnated decor papers. *BioResources*, 5(2), 951-960.
- Kalaycıoğlu, H. (1991). 'Sahil Çamı (Pinus pinaster ait) Odunlarının Yonga Levha Üretiminde Kullanılması İmkanları', Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, I. & Hızıroğlu, S. (2005). Some of the properties of particleboard made from paulownia. *Journal of Wood Science*, 51, 410-414.
- Karakuş, B. (2007). 'Çeşitli Bitkisel Sera Atıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Kowaluk, G. Szymanowski, K. Kozłowski, P. Kukula, W. Sala, C. Robles, E. and Czarniak, P. (2020). Functional assessment of particleboards made of apple and plum orchard pruning. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 2877–2886.
- Liang, B., Yang, Y. & Li, J. (2022). *Research progress of water-based release agents*. In Matec Web of Conferences, Vol. 358 (01033), Tianjin, China.
- Mesquita, R. G. D. A., Sanadi, A. R., Marconcini, J. M., Correa, A. C., César, A. A. D. S., Andrade, L. M. F., Lopes, T. A. Simão, J. A. & Mendes, L. M. (2019). The effect of cellulose nanocrystals in sugarcane bagasse particleboards of pith and fibers. *Cerne*, 25, 203-213.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu H., Akbulut T. (2004). Pres çeşidinin yonga levha teknik özellikleri üzerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2, 89-85.
- Nemli, G., Demirel, S. (2006). Yonga rutubeti, parafin kullanımı ve ağaç cinsinin yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2), 81-93, Artvin, Türkiye.
- Nemli, G., Demirel, S. & Zekoviç, E. (2006). Yonga rutubeti, parafin kullanımı ve ağaç cinsinin yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 7(2), 81-93.

- Ntalos, G.A and Grigoriou, A.H (2002). Characterization and utilisation of vine prunings as a wood substitute for particleboard production. *Industrial Crops and Products*, 16(1), 59–68.
- Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye orman varlığı. *Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayınları*, 2020.
- Özen, R. (1980). *Yongalevha Endüstrisi, Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Pal (2022, 22 Kasım). Erişim: <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/dynascreen.pdf>.
- Philippou, J.L. and Karastergiou, S.P. (2001). Lignocellulosic Materials From Annual Plants and Agricultural Residues as Raw Materials For Composite Building Materials. Proceedings of the International Conference: Forest Research: A Challenge For an Integrated European Approach Volume II, (ss. 817-822), NAGREF- Forest Research Institute, Thessaloniki, Greece.
- Sanabria, S.J.U., Hilbers, J., Neuenschwander, P., Niemz, U., Sennhauser, H., Thömen, J.L. & Wenker, J. (2013). Modeling and prediction of density distribution and microstructure in particleboards from acoustic properties by correlation of non-contact high-resolution pulsed air-coupled ultrasound and X-ray images. *Ultrasonics*, 53(1), 157-70.
- Sarı, B. (2011). ‘Yonga Kurutma Sıcaklığının Yonga Levhanın Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Özellikleri Üzerine Etkisi’, Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Siempelkamp (2022, 10 Mayıs). Erişim: <https://www.siempelkamp.com/produkte/maschinen-undanlagenbau/holzwerkstoffanlagen/#span/span-formstrasse/3>.
- Şahin, H. İ., & Çavdar, V. (2019). PMDI ilaveli melamin üre formaldehit (müf) tutkalının yongalevha endüstrisinde değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (3), 1957-1968.
- Şahin, H.İ. (2020). The potential of using forest waste as a raw material in particleboard manufacturing. *BioResources*, 15 (4), 7780-7795.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Ahşap esaslı levhalar, Birim hacim ağırlığının tayini (1999). TS EN 323.

- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Ahşap esaslı levhalar, Deney numunelerinin boyutlarının tayini (2014). TS EN 325.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Ahşap esaslı levhalar, eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modulünün tayini (1993). TS EN 310.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Ahşap esaslı levhalar, yüzey sağlamlığı-deney metodu (2005). TS EN 311.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Ahşap levhalar, rutubet miktarının tayini (1999). TS EN 322.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Lif levhalar yüzey absorpsiyonu tayini (1999). TS EN 382-1.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Yonga levhalar, bütün levhalar için genel özellikler (2012). TS EN 312.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Yonga levhalar tarif ve sınıflandırma (2008). TS EN 309.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Yonga levhalar ve lif levhalar, levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini (1999). TS EN 319.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Yonga levhalar ve lif levhalar, su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini (1999). TS EN 317.
- TSE, Türk Standartları Enstitüsü. Yonga levhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini (2011). TS EN 320.
- Usta, P. (2011). 'Çay Bitkisi Atıklarından Elde Edilen Kompozit Levhanın Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma', Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Yaglıca, N. (2019). 'Kültür Mantarı Üretiminde Oluşan Kompost Atığının Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Yıldırım, S. (2022). 'Pvc Atıklardan Üretilen Yonga Levhanın Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali Furkan DURAN

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Endüstri Müh.	Düzce Üniversitesi	2023
Lisans	Çalışma Eko. Ve End. İliş.	Anadolu Üniversitesi	2017
Lisans	Orman Endüstri Müh.	İstanbul Üniversitesi	2016

TEZDEN ÇIKAN YAYIN

Duran, A.F ve Şahin, H.İ. (2023). Yongalevha üretiminde kalıp ayırıcı kimyasal kullanımının levhanın bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerine etkisi. yayımlanmak üzere gönderildi.