

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONTRPLAK ÜRETİMİ SIRASINDA OLUŞAN ODUNSU ATIK VE ARTIK
MATERYALLERİN YONGALEVHA ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. Cenk DEMİRKİR

**Ağustos 2006
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONTRPLAK ÜRETİMİ SIRASINDA OLUŞAN ODUNSU ATIK VE ARTIK
MATERYALLERİN YONGALEVHA ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Orm. End. Müh. Cenk DEMİRKİR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Orman Endüstri Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.07.2006
Tezin Savunma Tarihi : 18.08.2006**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Semra ÇOLAK
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI**

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2006

ÖNSÖZ

Kontrplak üretimi sırasında oluşan odunsu atık ve artık materyallerin yongalevha üretiminde değerlendirilmesi adlı bu çalışma, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde bilgi, destek ve yakın ilgilerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU başta olmak üzere, Sayın Doç. Dr. Semra ÇOLAK, Doç. Dr. İsmail AYDIN ve Doç. Dr. Gökay NEMLİ hocalarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca araştırmanın yürütülmesi esnasında yardımlarını gördüğüm dostlarım Erhan GÖKALP, Mustafa ASLAN, Samet DEMİREL'e ve diğer mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Araştırmada kullanılan ağaç malzemenin temin edilmesinde yardımcı olan EKS Kontrplak Fabrikası yetkililerine ve tutkal temininde yardımcı olan POLİSAN firmasına teşekkürlerimi sunarım.

Bu günlere ulaşmamda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cenk DEMİRKİR

Trabzon, 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. GİRİŞ	1
1.2. Odun Kökenli Atıkların Tanımı ve Sınıflandırılması.....	3
1.3. Odun Kökenli Atıkların Elde Edildiği Kaynaklar.....	3
1.4. Odun Atıklarının Geri Dönüşümünü Etkileyen Faktörler.....	4
1.5. Odun Artıklarında Bulunan Olası Kirlilikler.....	6
1.6. Odun Atıklarının Geri Dönüşüm Alternatifleri	6
1.6.1. Yeniden Kullanım.....	7
1.6.1.1. Mobilyanın Geri Dönüşümü.....	7
1.6.1.2. Yeniden Mobilya Üretimi.....	7
1.6.2. Doğrudan Geri Dönüşüm.....	8
1.6.2.1. Atık Levhaların Yongalanarak Değerlendirilmesi.....	9
1.6.2.2. Liflendirme Yöntemi.....	10
1.6.2.3. Mikrodalga Yöntemi.....	11
1.6.2.4. Termohidroliz Yöntemleri.....	11
1.6.2.4.1. Sandberg Yöntemi.....	12
1.6.2.4.2. Pfeleiderer Yöntemi	12
1.6.2.4.3. WKI Yöntemi (Kimyasal-Termo-Mekanik Yöntem)	12
1.6.2.5. Retro Yöntemi.....	14
1.6.2.6. Ekstrusyon Yöntemi.....	14
1.6.3. Dolaylı Geri Dönüşüm.....	15
1.6.4. Enerji Üretimi.....	16

1.7.	Odun Atıklarının Geri Dönüşümünü Etkileyen Faktörler.....	17
1.8.	Yongalevha Üretimi.....	17
1.8.1.	Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	20
1.8.1.1.	Ağaç Malzeme.....	20
1.8.1.2.	Yıllık Bitkiler.....	21
1.8.2.	Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretim Tekniği.....	21
1.9.	Kontrplak Üretimi.....	25
1.9.1.	Tanımlar.....	25
1.9.2.	Kontrplak Üretim Teknolojisi.....	26
1.9.2.1.	Tomrukların Depolanması.....	26
1.9.2.2.	Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması.....	27
1.9.2.3.	Soyma Yöntemi İle Kaplama Üretimi.....	27
1.9.2.4.	Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması	28
1.9.2.5.	Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yanyana Eklenmesi....	28
1.9.2.6.	Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	28
1.9.2.7.	Kontrplak Levhalarının Preslenmesi.....	28
1.10.	Ağaç Malzemenin Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırıcılar.....	29
1.10.1.	Ağaç Malzeme Yapıştırıcılarının Tarihsel Gelişimi.....	29
1.10.2.	Sentetik Yapıştırıcılar.....	30
1.10.2.1.	Üre Formaldehit Tutkalı.....	30
1.10.2.2.	Fenol Formaldehit Tutkalı.....	33
1.10.2.3.	Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalları	34
1.10.2.4.	Resorsin Formaldehit Tutkalı.....	35
1.10.2.5.	Epoksi Tutkalları.....	35
1.10.2.6.	İzosiyanat Tutkalları.....	36
1.10.3.	Diğer Yapıştırıcılar.....	36
1.10.4.	Anorganik Tutkallar.....	37
1.11.	Katkı ve Dolgu Maddeleri.....	37
1.11.1.	Sertleştirici Maddeler.....	37
1.11.2.	Hidrofobik Maddeler.....	38

1.11.3.	Koruyucu Maddeler.....	38
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	39
2.1.	Materyal.....	39
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	39
2.1.1.1.	Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i>) Odun Özellikleri.....	39
2.1.1.2.	Kontrplak, Kaplama ve Öz Odun Atıkları.....	40
2.1.2.	Tutkal.....	40
2.1.3.	Sertleştirici Madde.....	41
2.2.	Deneme Levhalarının Üretimi.....	41
2.2.1.	Hidrotermik İşlem.....	41
2.2.2.	Yongaların Üretimi	42
2.2.3.	Yongaların Elenmesi.....	42
2.2.4.	Yongaların Kurutulması.....	42
2.2.5.	Tutkallama.....	42
2.2.6.	Levha Taslağının Hazırlanması.....	44
2.2.7.	Presleme.....	44
2.2.8.	Pres Sonrası İşlemler.....	44
2.3.	Araştırma Yöntemi.....	45
2.3.1.	Fiziksel Özellikler.....	45
2.3.1.1.	Özgül Ağırlık	45
2.3.1.2.	Rutubet Miktarı.....	45
2.3.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	46
2.3.2.	Mekanik Özellikler.....	46
2.3.2.1.	Eğilme Direnci.....	46
2.3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	47
2.3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	48
2.3.3.	Formaldehit Emisyonu.....	48
2.3.3.1.	WKI - Şişe Yöntemi.....	48
2.3.3.2.	Perferatör Yöntemi.....	49
2.3.4.	Kimyasal Özellikler	51
2.3.4.1.	pH Değerleri	51
2.3.4.2.	Tampon (Buffer) Kapasitesi	51
2.4.	İstatistik Yöntemler.....	52

3.	BULGULAR.....	53
3.1.	Fiziksel Özellikler.....	53
3.1.1.	Özgül Ağırlık.....	53
3.1.2.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı.....	53
3.1.3.	Rutubet Miktarı.....	55
3.2.	Mekanik Özellikler.....	56
3.2.1.	Eğilme Direnci.....	56
3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	57
3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	58
3.3.	Formaldehit Emisyonu.....	60
3.4.	Kimyasal Özellikler	61
4.	İRDELEME.....	62
4.1.	Fiziksel Özellikler.....	62
4.1.1.	Özgül Ağırlık	62
4.1.2.	Kalınlık Artışı (Şişme)	63
4.1.3.	Rutubet Miktarı.....	64
4.2.	Mekanik Özellikler.....	65
4.2.1.	Eğilme Direnci.....	65
4.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	66
4.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	67
4.3.3.	Formaldehit Emisyonu.....	68
4.4.	Kimyasal Özellikler.....	70
5.	SONUÇLAR.....	72
5.1.	Fiziksel Özellikler	72
5.1.1.	Özgül Ağırlık.....	72
5.1.2.	Rutubet Miktarı.....	72
5.1.3.	Kalınlık Artışı Oranı.....	72
5.2.	Mekanik Özellikler.....	73
5.2.1.	Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü.....	73
5.2.2.	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	74
5.3.	Formaldehit Emisyonu.....	74
5.4.	Kimyasal Özellikler.....	75
6.	ÖNERİLER.....	76

7 .	KAYNAKLAR	78
	ÖZGEÇMİŞ	86

ÖZET

Bu çalışmada; kontrplak endüstrisinde oluşan atıkların yongalevha endüstrisinde hammadde yada ilave madde olarak değerlendirilme imkanları araştırılmıştır. Çalışmada kontrplak üretim safhalarında ortaya çıkan kaplama parçaları, soyma artığı (çekirdek) ve kontrplak kırıntılarından üretilen yongalevhalar ile normal odundan üretilen yongalevhaların teknolojik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla, laboratuvar koşullarında her atık grubu için 2 şer adet yongalevha üretilmiştir. Yongalevha üretiminden önce, kontrplak parçalarının ihtiva ettikleri tutkalı çözebilmek için hidro termik işleme tabi tutulmuştur. Deneme levhalarının formaldehit emisyonları perferatör metodu ve WKI şişe metodu ile fotometrik olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyleri EN 310, yüzeye dik çekme direnci deneyi EN 319, kalınlık artışı oranı EN 317, rutubet EN 322 ve özgül ağırlık EN 323/1' de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

Sonuç olarak, kontrplak ve kaplama atıklarından üretilen yongalevhaların mekanik özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlar, TSE'nin ilgili standartlarında genel kullanım amaçlı yongalevhalar için belirtilen değerleri sağlamıştır. Kontrplak kırıntılarından üretilen yongalevhaların normal odun yongalarından üretilen yongalevhalara göre formaldehit emisyonu da dahil olmak üzere daha iyi teknolojik özellikler gösterdiği belirlenmiştir.

Kontrplak kırıntıları ihtiva eden grupların (C, D, E grubu) kalınlık artımı değerleri, diğer gruplardan (kontrol, A, B grubu) daha düşük bulunmuştur. Eğilme dirençleri arasında büyük bir fark belirlenememiş fakat hidrotermik işlem görmüş C grubunun eğilme direnci diğer gruplardan yaklaşık %20 daha yüksek çıkmıştır. Yüzeye dik çekme direnci değerleri kontrol ve B grubunda en düşük, D grubunda ise en yüksek belirlenmiştir. Formaldehit emisyonu değerlerine bakıldığında en yüksek emisyon değeri soyma çekirdeklerinden üretilen B grubunda, en düşük değerler ise kontrplak kırıntılarından üretilen C ve D gruplarında görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kontrplak Endüstrisi Atıkları, Geri Dönüşüm, Yongalevha, Mekanik ve Fiziksel Özellikler, Formaldehit Emisyonu.

SUMMARY

Utilization of Wood Based Waste and Residue Materials From Plywood Production for Particleboard Manufacturing

In this study, it was investigated to use waste occurred in plywood industry for particleboard manufacturing as raw or additive materials. Physical, mechanical and chemical properties of particleboard manufactured from veneer pieces, residue of peeling and plywood edge pieces compared to those of manufactured from solid wood.

For that purpose, it was produced two panels for each waste group in laboratory condition. Before manufacturing particleboard, thermo-hydrolyse operations were applied to solve adhesive which remains in some of plywood particles. Formaldehyde emission of testing panels were determined by perforator method and WKI bottle method as photometric, bending strength and modulus of elasticity by EN 310, tensile strength by EN 319, thickness swelling by EN 317, moisture by EN 322, specific gravity by EN 323/1.

Finally, mechanical properties of particleboard produced from plywood waste met values defined in standard of TSE. All properties of the panels manufactured from plywood edge pieces were better than those of manufactured from solid wood. Also formaldehyde emission of panels manufactured from plywood waste was lower than those of manufactured from solid wood.

Thickness swelling ratio of panels manufactured from plywood pieces (C, D, E groups) were lower than those of others groups. There was no different between the groups according to bending strength, but bending strength of C groups manufactured with plywood pieces was the highest. While internal bond of control and B groups was the lowest, that of the D group was the highest. Formaldehyde emission value of B group manufactured from peeling residue was lower than those of other groups. The lowest formaldehyde emission value was determined C and D groups.

Keywords: Plywood Waste, Recycling, Particleboard, Mechanical and Physical Properties, Formaldehyde Emission.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yeniden Üretimin Şematik Diyagramı	8
Şekil 2. WKI Prosesinin Şematik Diyagramı	13
Şekil 3. Hayvan Yatağı İçin Kullanılan Odun Yongası, Kompost Ürün	16
Şekil 4. El ile Tutkallama İşlemi	43
Şekil 5. WKI – Şişe metodu deney düzeneği	49
Şekil 6. Deneme Levhalarının Özgül Ağırlık Değerleri	62
Şekil 7. Üretilen Levha Gruplarına Göre Kalınlık Artımı	63
Şekil 8. Üretilen Levha Gruplarına Göre Rutubet Miktarı	64
Şekil 9. Üretilen Levha Gruplarına Göre Elde Edilen Eğilme Direnci Değerleri.....	65
Şekil 10. Üretilen Levha Gruplarına Göre Elde Edilen Elastikiyet Modülü Değerleri.	66
Şekil 11. Üretilen Levha Gruplarının Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerleri.....	67
Şekil 12. Perferatör Yöntemi İle Elde Edilen Formaldehit Emisyonu Miktarları.....	68
Şekil 13. Şişe Yöntemi İle Elde Edilen Formaldehit Emisyonu Miktarları.....	69
Şekil 14. Yongalara ait pH ve tamponlama kapasitesi değerleri	70

TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Atık Odun Kimyasal Analizi.....	5
Tablo 2. Deneme Levhası Tipleri	43
Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri (gr/cm^3)	53
Tablo 4. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (gr/cm^3)	54
Tablo 5. Levha gruplarına göre kalınlık artışına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	54
Tablo 6. Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin Duncan test sonuçları.....	55
Tablo 7. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarları değerleri	55
Tablo 8. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	56
Tablo9. Levha Gruplarının eğilme direnci üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi Sonuçları.....	56
Tablo 10. Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin Duncan test sonuçları.....	57
Tablo 11. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2).....	57
Tablo 12. Levha Gruplarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerine ilişkin Varyans Analizi sonuçları.....	58
Tablo 13. Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin Duncan Test sonuçları.....	58
Tablo 14. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm^2)..	59
Tablo 15. Levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci üzerine etkilerine ilişkin varyans Analizi sonuçları.....	59
Tablo 16. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin Duncan testi Sonuçları.....	59
Tablo 17. Deneme Levhalarından Ayrışan Formaldehit Miktarları.....	60
Tablo 18. Deneme levhalarının pH ve tamponlama kapasitesi değerleri.....	61

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun; pek çok endüstri tarafından kullanılan oldukça değerli bir üründür. Yenilenebilir bir kaynak olmakla birlikte, son yıllarda hızla artan talep, dünya orman varlığının yetiştirme sürecinden çok daha hızlı bir şekilde yok edilmesine neden olmaktadır. Yapılan periyodik envanter ve değerlendirmeler, gelişmekte olan ülkelerin ağırlıkta olduğu çoğu ülke ve bölgelerde orman alanının azaldığı, dünya genelinde ise orman alanının yılda %0,2 civarında gerilediğini göstermektedir [1]. Bunun sonucu olarak doğal odun fiyatları hızla artmaya devam etmektedir.

Odun kökenli ürünlerin günümüzde en yaygın kullanıldığı alanlar mobilya ve iç mekan tasarımlarıdır. Bu tip ürünlerin kullanım süreleri son yıllarda önemli ölçüde değişmiştir. Geçmişte mobilyalar uzun süreler kullanılmaktayken bugün mobilya ve iç donanımlar tüketim malları haline gelmiştir. Bir moda unsuru olarak pek çok odun esaslı levha ürününün yaşam döngüsü gün geçtikçe kısalmaktadır. Dekoratif amaçlı zemin levhalarının kullanım süreleri 10-15 yıl olarak tahmin edilmektedir [2].

Bir yandan odun kökenli ürünlerin çeşitliliğindeki artış, diğer yandan bu ürünlerin kullanımları ile ilgili anlayışın değişmesi odun kökenli atıkların hem miktar hem de çeşitliliğini artırmaktadır. Bu gelişmeler nedeniyle hala kullanılabilir durumdaki ürünler bile büyük bir atık sorunu haline alabilmektedir. Yapım ve yıkım endüstrileri de geniş miktarlarda atık odun oluşturmaktadır. Bu durum sadece orman endüstrisi için bir hammadde problemi olarak kalmayıp çevresel olarak da büyük bir çöp problemi haline gelmektedir. Ayrıca atık odun materyallerinin boş alanlara bırakılmasının sosyo-politik ve çevresel açıdan iyi bir seçenek olmadığı genel olarak kabul görmekte ve ülkelerin açık alan vergilerini artırmasının altındaki başlıca sebep de bu olmaktadır. Bu nedenle odun atıklarının değerlendirilmesi açısından tekno-ekonomik, çevresel ve sosyo-politik kriterler dikkate alınarak araziye bırakmadan başka alternatifler düşünülmelidir.

Biyolojik olarak bozundurulabilir (çürüyerek çeşitli gazlar ayrıştırabilir) ürünler olmaları dolayısıyla, gelişmiş ülkeler kullanım süreleri sonunda yok edilmelerinin çevre açısından problem olabileceği düşüncesi ile bu tip atıkları paketlenerek geri dönüştürülme

ve açık alana bırakılabilme ile ilgili yasal düzenlemelerde öncelikli atıklar arasına almaktadırlar [3]. Bu nedenle özellikle yonga levha ve MDF üretimi için hammadde alternatifleri arasında, son yıllarda çevreye olan katkısı da göz önüne alındığında, kullanılmış odun ve odundan üretilen malzemelerin geri kazanılması çalışmaları dikkat çekmektedir[4].

Odunun arazilere bırakılması şeklinde elden çıkarılması bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Odun yüksek karbon ve azot içermesi, en uygun şartlarda bile bozulmasının yavaş olmasına neden olmaktadır. Bu tür atıkların değerlendirilmesinde iki düşünce söz konusudur. Bunlar: Hammadde olarak kullanılmak üzere geri kazanılması yada enerji üretiminde değerlendirilmesidir. “Geri dönüşüm” kelimesi önceleri sadece gazete ve cam malzemeleri çağrıştırırken günümüzde odun kökenli atıkları da akıllara getirmektedir [3].

Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde pek çok eyalette bu atıkların yıllık miktarları ve ne şekilde değerlendireceği yasal düzenlemelere bağlanmıştır. Ayrıca 01.06.1993 tarihinde yürürlüğe giren çöp kanunu değişikliğinin 2005 yılında uygulamaya konulması ile teknik talimatnamede endüstri ve ev çöpleri depolarında %5’den fazla organik madde ihtiva eden kullanılmış yada ömrünü tamamlamış odun ve odun ürünlerinin hareketli çöp olarak depolanamayacağı bildirilmektedir. Özellikle çöp kanunlarında yapılan değişikliklerle bu tip atıkların miktarlarındaki sınırlandırmalar için kademeli geçişler planlanmıştır. Ülkemizde ise odun kökenli atıkların ne yıllık miktarı ve sınıflandırılmaları ne de geri kazanılmalarına dair her hangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada bir kontrplak fabrikasında oluşan odunsu atık ve artıkların doğrudan geri kazanım işlemleri incelenmiştir. Bu doğrultuda kontrplak atıklarındaki tutkalı ayırtmak için hidrotermik işlem uygulama ve yongalama, hidrotermik işlemsiz doğrudan yongalama ve fabrika artığı olarak oluşan kaplama ve soyma çekirdeği artıklarını yongalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kontrplak endüstrisinden alınan atıklar kullanılarak üretilen yongalevhaların fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üretilen levhaların yongalevha sektöründe alternatif bir ürün olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceği araştırılmıştır.

1.2. Odun Kökenli Atıkların Tanımı ve Sınıflandırılması

Odun kökenli atıkları; kullanım sürecini tamamlamış ürünler, her türlü endüstriyel işleme atıkları (testere talaşı, biçme artıkları v.s.) ve sınıflandırma dışı ürünler olarak tanımlayabiliriz. Atık yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle ormanda oluşan kesim atıkları bu tanımlamanın dışında tutulmaktadır. Bu tanımlamaya göre odun kökenli atıklar üç ana kategoriye ayrılmaktadır:

1. Muamele edilmemiş atıklar (Masif odun)
2. Levha ürünleri (yonga levha, lif levha, kontrplak, v.s.)
3. Emprenyeli Ürünler (CCA, kreozot gibi çeşitli koruyucularla muamele edilmiş ürünler)

Bu tür atıklarının yeniden değerlendirilmesinden önce bir sınıflandırma işlemine gerek vardır. Bu sınıflandırma işlemi oldukça komplike bir işlemdir. Çünkü her bir ürün kullanım yeri ve amacına göre çeşitli işlemlere maruz kaldığından farklı özelliklere ve bunlarla ilişkili avantaj ve dezavantajlara sahiptir [5].

1.3. Odun Kökenli Atıkların Elde Edildiği Kaynaklar

Odun kökenli atıkların elde edildikleri kaynaklar 4 ana kategoride toplanabilir [6, 7].

1-Ticari ve Endüstriyel Kaynaklar: Yonga levha, lif levha, kontrplak gibi levha ürünleri ticari ve endüstriyel odun aktivitelerinde oluşan odun atıklarının büyük bir kısmını oluştururlar. Muamele edilmemiş ve muamele edilmiş kerestelerin ticari ve endüstriyel odun atıklarına katkısı nispeten düşüktür.

2-Yapım ve Yıkım Esnasında Oluşan Atıklar: Yıkım sırasında; oluşan muamele edilmemiş veya muamele edilmiş kereste ürünleri (direk, mertek, kiriş, kapı, çerçeve, taban ve tavan döşemeleri) yanında mutfak ve banyo gibi çeşitli alanlarda kullanılan levha ürünleri de bu grupta yer almaktadır. Ayrıca bir binanın kullanım süresi içerisinde yonga levha veya lif levhadan yapılmış bir mutfak 5 kere değiştirilebilir ve her defasında bunlar yapım ve yıkım odun atıklarına dönüşmektedir.

3-Ambalajlama ve Taşıma Atıkları: Ambalajlama ve taşıma olaylarından oluşan atıklardır. Bunlar arasında; atık paletler (genelde sert odun), tek yönlü paletler (genelde yumuşak odun) ve tek yönlü konteynırlar (genelde kontrplak) sayılabilir.

4- Kamu Hizmet Atıkları: Kamu hizmetlerinin odun atıkları; genelde elektrik ve telefon direkleri, demiryolu traversleri, köprü, rıhtım destekleri ve kalasları dahildir.

Kaynaklar genellikle ekonomiye ham materyal olarak giriş yapar. İlk üretim safhasında ham materyaller bir ürüne dönüştürülerek değerleri artırılır. Sonra bu ürünler ikinci üretim safhasına geçer ve orada daha gelişmiş ürünlere dönüştürülürler.

1.4. Odun Atıklarının Geri Dönüşümünü Etkileyen Faktörler

Odun atıklarının çoğunluğunun yeniden dönüştürülme, yeniden kullanılabilme olasılığı vardır. Ancak bu olasılık önemli ölçüde kaliteye ve odun atıklarının oluşum durumuna bağlıdır. Kirlilik derecesi ve atığın durumu yeniden üretim maliyetlerini etkilemektedir [7]. Yeniden değerlendirilmede kullanılan atığın sınıfı üretilebilecek sonuç ürün potansiyelini direkt olarak etkilemektedir. Bir ürünün ilk kullanım yeri için gerekli olan çivi, vida, plastik gibi fiziksel veya boya, vernik, tutkal gibi kimyasal maddeler, bu ürünün kullanım süresini tamamladıktan sonra bir atık olarak geri dönüşümünde oldukça etkin bir rol oynamaktadır [8]. Fiziksel kirleticiler daha ziyade makinelerle işlenmede sorun yaratırken, kimyasal kirleticiler ilave muameleler gerektirmektedir.

Muamele edilmemiş odun ürünlerin geri dönüşüm işlemleri en kolay olmakla birlikte kalitesini ve direncini düşürecek şekilde kullanım yerinde mantar ve böcek tahribatına uğrayabilmektedir. Odun kökenli levha ürünlerinin geri dönüşüm işlemleri kullanılan yapıştırıcı ve uygulanan vernik, cila ve diğer yüzey kaplama malzemeleri nedeniyle çok daha zor olmaktadır.

Muamele edilmiş ürünler ise kullanım yerinde ahşap malzemeyi mantar ve böcekler karşı korumakta ancak kullanılan koruyucu kimyasallar bu tür atıkların geri dönüşüm işlemlerini tamamen sınırlandırmaktadır [4]. Tablo 1.'de % 16 rutubete sahip atık odunun kimyasal analizi verilmektedir [9].

Tablo 1. Atık odun kimyasal analizi

Eleman	Ağırlıkça Miktar (%)
Karbon	41,20
Hidrojen	5,03
Oksijen	34,55
Azot	0,24
Klor	0,09
Kükürt	0,07

Odunun yakılması da elden çıkarılmada kullanılan yaygın metotlardan biridir. Odunun yakılarak elden çıkarılmasını savunanlar, bu işlem sırasında oluşan karbondioksitin bir ağaç çürüdüğünde oluşan CO₂ gibi doğal karbon dönüşümü içinde absorbe edildiğine dikkat çekmektedirler. Ancak şunu bilmek gerekir ki; bir ağaç yaklaşık 20-30 yılda çürümekte ve bundan dolayı yavaş ayrılan CO₂ kademeli olarak uzun zamanda absorbe edilmektedir. Oysaki yakmada CO₂ çok daha kısa bir zamanda ve belirli bir yerde toplanarak oluşmaktadır. Odunun yakılmasının sınırlandırılması, karbon döngüsünün CO₂ emisyonu ile aşırı yüklenmesini engelleyecektir.

Diğer yandan klor içeren yüzey kağıtları ve kenar kaplama materyallerinin yakılması dioksin oluşumuna yol açmaktadır. Pek çok ülkede yakma kapasitelerinde eksiklikler vardır. Genelde yakmanın tehlikelerinin farkına varılamamaktadır. Böylelikle, odun fiyatlarının sürekli arttığı bu zamanda önemli bir hammadde kaynağı da yok edilmektedir [2].

Avrupa Birliği koruyucularla muamele edilmiş ahşap atıklarının tehlikeli atıklar olduğunu kabul etmiştir. Avrupa Parlamentosu bu tip atıkların Klor gibi halojenli maddeleri içermeleri nedeniyle yakılmalarının 1100 °C de olması gerektiğini belirtmiştir. Bu atıklar içerisinde mevcut her kimyasalın oluşumunu ve miktarını belirlemek kolay değildir [3].

Yüksek taşıma maliyeti ve yeterli materyal olmaması nedeniyle başlangıçta odun atıklarını toplamak ekonomiklik sağlamayabilir. Ancak bu sorun bir stok kontrol yöntemiyle çözülebilir. Geri dönüşümlü yonga kullanıcıları materyalin sürekli kalite ve miktar açısından iyi olmasını talep etmektedir. Bu nedenle odun dönüşümü için kapsamlı bir kalite kontrol sistemi gereklidir [7].

1.5. Odun Artıklarında Bulunan Olası Kirlilikler

Mekanik Olarak

Tuğla, seramik kiremit, cam

Plastik, beton

Amyant (yanmaz taş)

Asfalt

Halı, yer döşeme malzemesi

Laminant, kaplama, metal, kağıt

Fiziksel ve Kimyasal Olarak

Kreozot

Organik koruyucular

Vaks, Yağ

Yapıştırıcılar

Su

Yangın geciktiriciler

1.6. Odun Atıklarının Geri Dönüşüm Alternatifleri

Odun kökenli atık ürünlerin belli bir alana bırakılması sosyo-politik ve çevresel açıdan uygun bir çözüm olarak düşünülmemektedir. Atıkların belli alanlarda toplanması için ülkelerin uygulamış olduğu yüksek vergilerin arkasındaki temel neden, bu çözümü uygun bir alternatif olmaktan çıkarmaktır. Bu çözümün dışındaki diğer yöntemlerle atıkların geri dönüşüm oranını arttırmak için başka yasal zorunluluklar da mevcuttur. Diğer alternatifler araştırılırken optimum bir değerlendirme amaçlanmalıdır. Ahşap kökenli atıkların geri dönüşüm ürünleri çok çeşitli olmakla birlikte uygulanan işlemlere göre bunları 4 kategoride toplamak mümkündür: 1- Yeniden kullanım, 2- Doğrudan geri dönüşüm, 3- Dolaylı geri dönüşüm 4- Enerji Üretimi.

1) Yeniden Kullanım: Odun atıkların yeniden kullanımı işleminde, atık ürünler yine benzer malzemelerin üretimi için endüstriye geri dönmektedir.

2) Doğrudan Geri Dönüşüm: Doğrudan geri dönüşüm; atığın bir ahşap ürün olarak kullanımı için yeniden işlenmesidir.

3) Dolaylı Geri Dönüşüm: Dolaylı geri dönüşüm; atık ürünün ahşap malzeme dışında çeşitli kullanım yerlerinde değerlendirilmesidir.

4) Enerji Üretimi: Odun kökenli atıkların elektrik üretimi için yakıt olarak kullanılmaları mümkündür.

1.6.1. Yeniden Kullanım

1.6.1.1. Mobilyanın Geri Dönüşümü

Mobilya üretiminde; yaygın olarak, MDF ve yongalevha gibi yapıştırıcı olarak sentetik reçineler (ÜF, MF, MÜF, FF gibi) veya doğal yapıştırıcılar (tanen ve kazein gibi) kullanılarak üretilen ürünler kullanılmaktadır. Kullanım süresi sona ermiş mobilyaların yeniden kullanımı hem daha az hammadde kullanımı açısından, hem de daha az atığın arazilere bırakılması açısından iyi bir yoldur.

Mobilyanın yeniden kullanımı gerçek bir üretim işlemi değildir. Bu bir teknolojiyen daha ziyade genel bir kavramdır. Bu kavramın dayanak noktası; herhangi bir değişiklik yapılmadan mobilyanın yeniden kullanımı düşüncesidir. Yani masanın masa olarak, dolabın dolap olarak kullanılması gibi.

Yeniden kullanım şeklindeki geri dönüşümün başlıca problemleri; depolama, taşıma ve uygun pazarı bulmaktır.

Waste and Resources Action Programme (WRAP) (2004a) bütün ofis mobilyalarının %20'ye kadar olan kısmının yeniden kullanılabilir olduğunu öne sürmektedir. Hatta bu oranın ev ve konutlarda daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir [11].

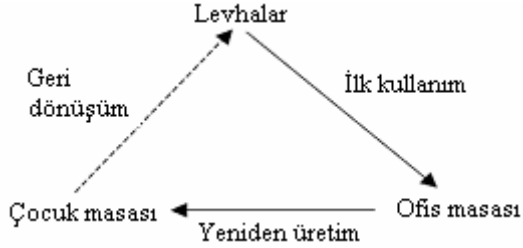
Taşıma işlemi; bölgesel alanlarda olmak koşulu ile kısa mesafeler içinde yapılması durumunda mobilyanın yeniden kullanımı; atıkların azaltılması ve çevresel açıdan en iyi yöntem olup, ilk sahibi tarafından genellikle bağış yoluyla elden çıkarılan ürünlerin satılması ile de hem kişisel gelir hem de hükümetin aldığı vergi geliri artırılabilir.

Yöntem; mobilyanın bu şekilde değerlendirilmesinde özellikle toplama ve dağıtım işlemlerinin bireysel olarak yapılmasının çok güç olması, uzun mesafelerde taşımının gündeme gelmesi durumunda çevresel açıdan uygunluğunu yitirmesi, ucuz olmaları nedeniyle yeniden kullanım için kar oranlarının daha düşük olması ve çoğu insanın ikinci el malzeme almaya pek sıcak bakmaması gibi dezavatajlara sahiptir [12].

1.6.1.2. Yeniden Mobilya Üretimi

Yine bu seçenek de birkaç işleme dayanmasına rağmen, bir yöntem değil bir kavramdır. Bu kavram; mobilya malzemelerinin bazı değişikliklerle orijinal amaçlarına

benzer şekillerde değerlendirilebileceği fikrini esas almaktadır. Örneğin büyük bir masadan küçük masa yapmak, yetişkin karyolasından çocuk karyolası yapmak veyahut bir ofis masasından bir bilgisayar masası yapmak gibi.



Şekil 1. Yeniden üretimin şematik diyagramı

Avantajları;

1. İlk sahibi tarafından genellikle bağış yoluyla elden çıkarılan ürünlerin satılması ile hem kişisel gelir hem de hükümetin aldığı vergi geliri artırılmasını sağlaması.
2. Yeniden üretimle demode olma durumunun ortadan kalkması ve arzu edilen, moda uygun ürünü meydana getirmeyi mümkün kılması.

Dezavantajları;

1. Kullanımının henüz yaygınlaşmaması.
2. Daha fazla işgücü ve lojistiğe ihtiyaç duyması.
3. Temel ürünlerinin nisbeten ucuz olması ve taleplerin sürekli değişken olması gibi dezavantajlara da sahiptir [12].

1.6.2. Doğrudan Geri Dönüşüm

Doğrudan geri dönüşüm; atığın bir ahşap ürün olarak kullanımı için yeniden işlenmesidir. Geçmişte odun atıklarının odun kökenli levha endüstrisinde değerlendirilmesi oldukça sınırlı iken günümüzde bu oran oldukça yüksektir. Örneğin ABD’de yonga levhaların neredeyse tamamı atıklardan üretilmektedir [13]. 1999 da İngiltere’de üretilen yonga levhaların % 11’i geri dönüşmüş yongalardan üretilmiştir. 2001 yılında ise bu endüstride kullanılan geri dönüşmüş yonga miktarı 770.000 ton olarak tahmin edilmektedir [7].

Geri dönüşmüş yongaların taşıma maliyetleri, normal odun yongalarının yüksek rutubet içerikleri (toplam ağırlığın % 50 kadarı) dolayısıyla oldukça düşüktür. Normal odun yongaları kullanımdan önce gerekli olan kurutma işlemi için enerji maliyetlerini önemli ölçüde arttırmaktadır. Halbuki düşük rutubet içerikli geri dönüşmüş yongaların üretimde kullanılması halinde enerji maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır [4, 6].

Literatür ve patent bilgilerine göre kullanılmış yada eski odunların geri kazanılmasında [14]; mekanik yongalama [15], mekanik yongalama ve tanen kullanımı [16], termo-hidrolik parçalama [17] ve kimyasal-termik işlemler [14] kullanılmaktadır. Wilhelm Klauwitz Enstitüsünde (WKI) geliştirilen bir kimyasal-termik-mekanik yöntemle eski mobilyalardan ve üretim artıklarından lif ve yongalar geri kazanılabilmektedir. Kaplamalar, kenarlar, ve diğer odun olmayan elemanların ayrıştırılabildiği bu yöntem ekonomik ve ekolojik istekleri karşılayabilmektedir. Yeni yonga yada lif kullanılmaksızın geri kazanılmış yonga ve liflerden ilk ürünle aynı hatta daha iyi özelliklere sahip levhalar üretmek mümkün olmaktadır. Buna teknik özellikler yanında formaldehit emisyonu da dahildir [2].

Yapılan bir çalışmada geri dönüşüm liflerinin yalıtım levhaları üretiminde kullanılabileceği ve plastik laminatlar yerine geri dönüşmüş lif levhalarının kullanımının tercih edilmesi gerektiği belirtilmektedir [18]. Doğrudan geri dönüşüme yönelik çalışmalar neticesinde şimdiye değin geliştirilen yöntemler 6 tane olup, bunlar:

1. Atık levhaların yongalanarak değerlendirilmesi
2. Liflendirme yöntemi
3. Mikrodalga yöntemi
4. Termohidroliz yöntemleri
5. Retro Yöntemi
6. Ekstrusyon (Vidalı Parçalayıcı) Yöntemi

1.6.2.1. Atık Levhaların Yongalanarak Değerlendirilmesi

Yongalevha üreticileri bu teknolojiyi yıllardır uygulamaktadırlar. Üreticiler kendi levha artıklarını, kesilmiş parçaları ve kullanılmayan materyalleri yongalayıp üretim hatlarında kullanılmaktadırlar. Ancak yongalama işleminden sonra orijinal yonga geometrisi

olumsuz yönde etkilenmektedir. Çoğu yongalevha üreticisi üretim içersindeki atık içeriğini %5'den daha az olacak şekilde sınırlandırmaktadır.

Masif odun yongalandıktan sonra, bütün odun yongaları homojen olmaktadır. Yonga levha üretiminde, yongaların birbirleri ile çok sıkı bir şekilde yapıştırılması gerekmektedir. Yeniden yongalamada ise; tutkal hatlarından gelişigüzel kırıldıklarından düzensiz boyut ve şekillerde yongalar oluşmaktadır. Bu da yeniden üretimde üreticilerin, ne kadar yonga-tutkal karışımı kullanacaklarını, preslemenin nasıl olacağını ve levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl değişeceğini tahmin etmelerini güçleştirmektedir.

Bu durum iki önemli problemi de beraberinde getirmektedir. Bunlardan ilki artan tutkal sarfiyatı ile maliyetin büyümesi, diğeri ise; üretilecek levhanın özgül ağırlığında görülen değişimdir. Yonga geometrisi değiştiği ve daha fazla toz, küçük parçalar olduğundan, yonga-tutkal oranının yeniden hesaplanması gerekecektir. Böylelikle ikinci büyük sorun olan özgül ağırlık değişimi meydana gelecektir.

Bu yöntemde yongaların tekrar kurutulması gerekmediğinden enerji tüketimi daha düşük olmakta ve de yongalanan materyal kullanılmamış materyalin yerini aldığından, doğal kaynaklar korunmaktadır.

İkinci defa yapılan yongalama işlemi ile yonga geometrisi bozulmaktadır. Yöntemin maliyeti ise enerji tüketimi açısından düşük olmakla birlikte artan tutkal sarfiyatından dolayı toplam maliyet açısından nisbeten daha yüksek olmaktadır [12].

1.6.2.2. Lifledirme Yöntemi

Bu yöntem, liflevha ve yonga levhaları parçalayarak, odunu bireysel lif veya yonga haline getirmek için basınç, vakum, buhar ve mekanik parçalama işlemlerinden oluşmaktadır. Lif kalitesinin bozulmaması için nispeten 100-200 kpa gibi düşük basınç kullanılmaktadır.

DTI (Department of Trade and Industry) tarafından İngiltere'de bu yöntem desteklemiş ve proje bir pilot tesiste uygulanmaya konulmuştur. Geri kazanılan lifler ile birincil lifler aynı kalite özelliklerine sahip bulunmuştur [19].

Geri kazanılmış ve %100 birincil liflerden, aynı koşullar ve aynı işlem parametreleri kullanılarak üretilmiş liflevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında her iki grup liflevha arasında fiziksel ve mekanik özellikler açısından istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir[19].

Sürekli olarak aynı kalitede lifler elde edilebilmesi, tüketilen su hacmi liflerin absorbe ettiği suya eşit olduğundan hemen hemen hiç atık sıvı oluşmaması, ayrıca gaz emisyonunun da çok düşük değerlerde olması yöntemin başlıca avantajları olarak sıralanabilir.

Geri kazanılmış lif rutubeti %150 civarında olduğundan kurutma işlemine ihtiyaç duyması, lif üzerinde kalan tutkalın son kullanım ürünlerinde sorun teşkil etmesi ve yöntemin sadece liflevha ve yongalevha üretimi için kullanılabilir olması yöntemin dezavantajlarıdır[12].

1.6.2.3. Mikrodalga Yöntemi

Bu yöntemde amaç; liflevhalardan liflerin ve yonga levhadan da yongaların geri kazanımını sağlamaktır. Yöntemde, geri dönüşüm için mikrodalga teknolojisi ve su kullanılmaktadır. Yüzeyi kaplanmış yada kaplanmamış atık liflevha örnekleri öncelikle parçalara ayrılmakta, daha sonra metal olmayan ve içinde su bulunan bir hazneye daldırılan parçalar mikrodalga ışınına maruz bırakılmaktadır. Böylece levhaların kalınlığına şişmesi sağlanarak odun lifleri geri kazanılmaktadır. Geri kazanılmış liflerin görünümü liflendirme yöntemiyle elde edilen liflerin görünümüne benzemektedir [20].

Yöntem; liflerin fiziksel ve mekanik özelliklerine olumsuz bir etki yapmaması ve MDF üretim işlemi için gerekli lif kalitesini sağlayabilmesi gibi avantajlara sahiptir. Fakat ticari anlamda uygulanmadığından üretim maliyeti kesin olarak ortaya konulmamıştır [12].

1.6.2.4. Termohidroliz Yöntemleri

Bu güne kadar birbirine benzer 3 termohidroliz yöntem geliştirilmiştir. Patent alınan yöntemlerin tümü, odun ve tutkal arasındaki bağı, doymuş bir buhar ortamında hidroliz etme esasına dayanmaktadır. Bu teknolojilerin maliyetleri ve enerji ihtiyaçları; uygulanan sıcaklık, basınç ve buhar nedeniyle yüksek olmaktadır [14, 21].

Bu teknolojiler kullanılarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri, levha üretim endüstrisi için uygun olmasına rağmen, üretim yönetimi için tamamıyla yeni bir işlem gündeme geldiğinden ekonomik olarak uygulanabilirliği düşük bulunmaktadır.

1.6.2.4.1. Sandberg Yöntemi (1965)

Sandberg mekanik olarak yongalanan yonga levha atıklarını, geniş bir otoklav içerisinde, 500 kPa basınca kadar çıkarılabilen bir ortamda yaklaşık olarak 4 saat buhar muamelesine tabi tutmuştur. Bu işlem sonucunda mekanik ayrılma kolay bir şekilde gerçekleşmiştir. Geri kazanılan materyalden yaklaşık %30 oranında alınarak, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli bir kayıp olmaksızın kullanılmamış yongalara ilave edilebilmiştir. Geri kazanılan materyalin levha üretimi öncesinde kurutulmasına gerek yoktur.

Bu yöntem 1965 yılında ilk geliştirildiğinde, bir yonga levha fabrikası günde 25 ton atık materyali üretim içinde yeniden kullanabilmiştir [20]. Ancak bu yöntem, hiçbir zaman endüstriyel anlamda geniş bir şekilde kullanılamamıştır [21].

1.6.2.4.2. Pfleiderer Yöntemi (1994)

Pfleiderer yönteminde ise; materyalin otoklav içerisinde kalış süresi 2 dakika, sıcaklık 180°C olarak uygulanmıştır. Geri kazanılmış yongalarda iyi bir yapışma sağlanabilmesi için, daha yüksek miktarda formaldehit oranı içeren üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılarak yeni bir tutkal karışımı hazırlanmıştır. Arzu edildiği takdirde, geri kazanılmış yongalardaki tutkal kalıntıları, su ile yıkanabilmektedir. Bu durumda daha sonra bir kurutma işlemi gerekmektedir.

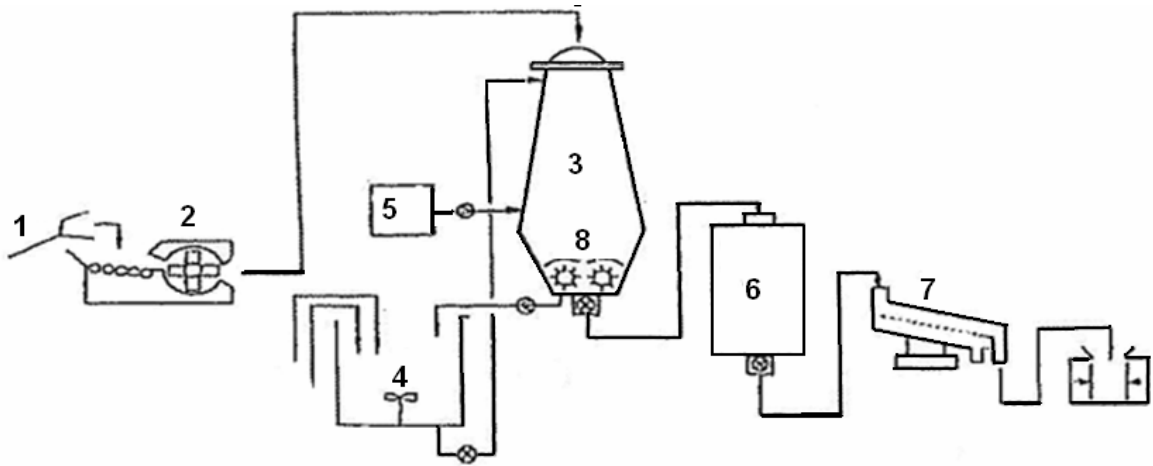
Bu teknolojinin yonga levhalarda ve kullanılmış mobilyalarda (metalik parçalar içerseler dahi) uygulanması mümkündür [14]. Metalik parçalar, mekanik parçalamadan sonra elekler yardımı ile uzaklaştırılabilmektedir. Yine bu yöntem de sadece bir fabrikada denenmiş ve ne yazık ki endüstriyel anlamda geniş bir uygulaması olmamıştır [21].

1.6.2.4.3. WKI Yöntemi (Kimyasal-Termo-Mekanik Yöntem)

“Chemi-thermo-mechanical” adı verilen yöntem WKI tarafından geliştirilmiş olup Şekil 1’deki iş akışına göre geri kazanım işlemini gerçekleştirmektedir. Yöntemin ilk adımı, yongalanan yonga levha veya MDF atıklarından yonga veya lifleri ayırmak için, su ve üreden oluşan bir empenye çözeltisi ile muamele işlemidir. İkinci adımda, ayrışan

yongalara bir basınç kabında (200 kPa) tutkal-odun bağı ayrışana kadar 80-120°C sıcaklıkta bir hidrotermik işlem uygulamaktır [22]. Bu işlemden sonra yongaların kurutulması gerekmektedir [14].

Yapılan araştırmalar neticesinde; bu yöntem ile %100 geri dönüşümlü yongalar kullanılarak levha üretiminin mümkün olduğu ortaya konulmuştur [4]. Bu şekilde üretilen levhaların, normal yongalardan üretilen levhalara göre daha az formaldehit ayrışmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca üretimde kullanılan tutkal miktarının azaltılabileceği ve bu tür levhaların, daha iyi teknik ve mekanik özellikler gösterdiği ifade edilmektedir [22]. Ayrıca yapılan bir çalışmada herhangi taze yonga veya lif kullanılmadan geri kazanılmış yonga ve liflerle üretilen levhaların esas ürünle benzer hatta formaldehit emisyonu da dahil olmak üzere daha iyi teknik özellikler verdiği belirtilmiştir [2].



Şekil 2. WKI prosesinin şematik diyagramı;

Ana Bölümler

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| 1: Materyal girişi | 5: Isı |
| 2: Yongalayıcı | 6: Kurutucu |
| 3: Otoklav | 7: Davul Elek |
| 4: Emprenye çözeltisi konteyniri | 8: Karıştırıcı |

WKI yöntemi ile üretilen levhalar, normal yonga veya liflerden üretilen levhalara göre daha iyi özellikler göstermektedirler [22]. Ayrıca bu yöntem, arazilere bırakılan atık yonga levhaların büyük bir bölümünü dönüştürebilecek kapasiteye sahiptir.

Sandberg ve Pfleiderer'in uygulamış oldukları yöntemler endüstriyel anlamda kullanılmadıkları gibi sadece ÜF tutkalı ile yapılandırılmış yonga levhaların geri kazanımında

kullanılmakta ve yeniden üretilecek levhaların tutkallanmasında da yine ÜF reçinesi kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu yöntemde ise böyle bir zorunluluk yoktur [12].

1.6.2.5. Retro Yöntemi

Bu yöntem; eski yonga levha ve lif levha atıklarından, yapıştırıcı olarak tanenin kullanımı ile yeni levhaların üretimi esasına dayanmaktadır [23]. Atık levhalar önce yongalanmakta, daha sonra tanen ilavesi yapılmaktadır. Elde edilen bu yongalar ÜF reçinesi ile tutkallanmış kullanılmamış diğer yongalar ile karıştırılabilir.

Bu yönteme göre yapılan bir çalışmada; %10 oranında ÜF kullanılarak üretilmiş olan yonga levha atıklarından elde edilen yongalara %40'lık tanen çözeltisi ilave edilerek deneme levhaları üretilmiştir. Bu şekilde üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bir azalma belirlenmemiştir [23].

Bu yöntemin avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz; sadece eski yonga levhaların lignoselülozik atık materyalleri yeniden kullanılmakla kalmamakta, aynı zamanda tutkal da reaktif hale getirilmektedir, bir kurutma işlemine ihtiyaç duyulmadığından enerji tasarrufu sağlamaktadır, sentetik tutkallar çok az kullanıldığından ve kullanılan tanen ÜF ve FF tutkallarına göre daha ucuz olduğundan hammadde maliyetleri daha düşük miktarlarda olmaktadır [24]. Doğal ve yenilenebilir bir hammadde olan tanen kullanılarak, petrol kökenli yapıştırıcıların kullanımı azaltılabilir. Bu yöntemle üretilen levhaların formaldehit emisyonu %100 birincil yongalar ile üretilen levhaların formaldehit emisyonundan daha düşük bulunmuştur [14].

Yöntemin avantajlarının yanısıra; sadece ÜF tutkalı kullanılarak üretilmiş levhalarda kullanılması, ÜF tutkalı kullanılarak üretilecek yonga levhalarda, bu yöntemle elde edilmiş yonga oranının sadece %10 kadar olabilmesi ve bu kadar düşük bir miktar için böyle bir maliyet altına girilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır [12].

1.6.2.6. Ekstrüzyon Yöntemi

MDF ve yonga levha atıkları için geliştirilen bu yöntemde ikiz vidalı bir parçalayıcı (ekstruder) kullanılmaktadır. Yöntemde, aynı zamanda atık levhaların yapıştırılmasında kullanılan tutkalı reaktif hale getirmek de amaçlanmaktadır. İşlem süresince parçalama

işlemine tabi tutulan materyal aynı zamanda parçalayıcı içinde yüksek makaslama hareketi altında termo-hidrolize maruz bırakılmaktadır. Böylesi bir makaslama hareketi ile materyal ayrışmakta ve lifler arası bağlar kopmaktadır.

Bu yöntemle elde edilen geri kazanılmış liflerden %15 oranında ve birincil liflerden %85 oranında kullanılarak üretilen levhalar, odun kökenli levha endüstrisinde yaygın olarak kullanılan üretim metodları ile üretilen levhalarla kıyaslandığında geri dönüşümlü levha özelliklerinde önemli bir olumsuzluk görülmemiştir [25].

Geri kazanılan liflerdeki mevcut tutkalın reaktif hale getirilmesi, tutkal tüketimini azaltarak ekonomiklik sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntemde, petrol kökenli tutkal kullanımı azaltılmaktadır. Yine kullanılmamış liflerden üretilen levhalara nazaran, bu tür liflerden karışım halinde üretilen levhaların formaldehit emisyonu daha düşük bulunmuştur.

Bu yöntem de henüz ticari olarak kullanılmamaktadır. Oysaki yapılan denemeler, endüstriyel ölçekte dikkate değer oranda başarı göstermektedir [12].

1.6.3. Dolaylı Geri Dönüşüm

Dolaylı geri dönüşüm ise; atık ürünün ahşap malzeme dışında çeşitli kullanım yerlerinde değerlendirilmesidir. Nispeten düşük nem içerikleri dolayısı ile yüksek nem alma kapasiteleri geri dönüşüm yongalarını hayvan yataklarında ideal kılmaktadır. Ancak metal, plastik yada kimyasal kirleticiler içermeleri halinde hayvan sağlığı açısından sorun olabilirler. Bu nedenle, bu amaçla kullanılmadan önce kirliliklerinden arındırılmalıdırlar. Piyasada oldukça yeni bir üründür [6]. Geri dönüşüm yongaları çeşitli boyalarla renklendirilerek çocuk oyun parkları, park ve bahçe düzenlemeleri ve çeşitli tarımsal faaliyetlerde ve toprak ıslahında değerlendirilmektedir. Ayrıca bu tür atıkların kompost üretiminde değerlendirilmesi de oldukça yaygındır [7]. Odun kökenli atıkların başarı ile değerlendirildiği bir başka alan ise odun-plastik kompozitleridir [26]. Odun/Plastik kompozitler başlıca plastik ve kullanışlı odun liflerinin oluşturduğu materyallerdir. Geleneksel plastik prosesler kullanılarak imal edilmektedirler. Odun/Plastik kompozitler %100 dönüşüm ürünlerinden elde edilebilirler. Bu materyallerin dizaynında özel hassasiyet gerekmektedir.



Şekil 3. Hayvan yatağı için kullanılan odun yongası, kompost ürün

1.6.4. Enerji Üretimi

Odun kökenli atıkların elektrik üretimi için yakıt olarak kullanılmaları mümkündür. Ancak son yıllarda uygulanan yasal kısıtlamalar bu uygulamayı sınırlandırmaktadır. Almanya'da 1996 da yeniden düzenlenen ve ticari dolaşım ve çöp kanununa (KrW-/AbfG) göre atıkların yakılarak enerji üretiminde değerlendirilebilmesi için; atığın ısı değerinin en az 11000 kJ/kg ve yanma randımanının ise en az % 75 olması istenmektedir. Aynı kanuna göre oluşan ısıdan faydalanılabilmeli ve bu işlemlerin sonunda da arta kalanlar ikinci bir işleme tabi tutulmadan depolanabilmelidir [27, 28].

Odun atıklarının yakıt değeri uygun olsa bile hava kalitesi ile ilgili yasal düzenlemeler şehir merkezleri için bu uygulamayı sınırlandırmaktadır. CO₂ ve diğer zararlı gazlar üzerine yapılan tartışmalar atık yönetimi ve planlamasında oldukça büyük bir etkiye sahiptir. Seçilen geri dönüşüm teknolojisinde ayrıca oluşan uçucu gazların temizlenmesi söz konusu ise, optimum çözüm için emisyonlar da önemli bir faktördür [4]. Ancak bu problem odun kökenli atıkları etanol ve metanol gibi bir diğer yakıt formuna dönüştürmek suretiyle çözülebilir. Odunu direkt yakmak yerine giderek yaygınlaşan bir başka çözüm yolu ise; özel tasarlanmış sobalar için testere talaşları ve rendeleme artıklarından küçük topaklar şeklinde yakıtlar üretmektir. Bu şekilde üretilen yakıt normal yakacak odundan çok daha düşük rutubet içerdiğinden çok daha iyi ısı vermekte ve kül miktarı çok düşüktür. Kuzey Amerika'da 1998 de 690.000 ton bu tip yakıt tüketildiği belirtilmektedir [4].

1.7. Odun Atıklarının Geri Dönüşümünü Etkileyen Faktörler

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. Kirlilik | 7. Yıkımın yapımdan fazla olması |
| 2. Pazar Eksikliği | 8. Ürün sınıflandırması |
| 3. Materyalin Özellikleri | 9. Ana maliyetler |
| 4. Stokların Yoğunluğu | 10. Eğitim |
| 5. Pazarların Değişkenliği | 11. Kimyasal/koruyucularla odunun muamelesi |
| 6. Kalite Bilgisi Eksikliği | |

Çalışmanın ana konusu kontrplak endüstrisi atıklarının yongalevha endüstrisinde değerlendirilmesi olduğu için hem kontrplak hem de yongalevhada üretim safhaları kısaca anlatılmaktadır.

1.8. Yongalevha Üretimi

Yongalevha odun veya odunlaşmış lignoselülozik bitkisel hammaddelerden elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkalları ile veya tutkalsız olarak sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda oluşan levhadır [29,30].

Yongalevhalar değişik kriterlere göre sınıflandırılmaktadır.

1. Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar üç kategoride toplanmaktadır [31]:

a. Düşük Özgül Ağırlıktaki Yongalevhalar: Özgül ağırlıkları 0.590 gr/cm^3 'ten daha düşük olan levhalardır.

b. Orta Özgül Ağırlıktaki Yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0.590-0.800 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişen levhalardır.

c. Yüksek Özgül Ağırlıktaki Yongalevhalar: Özgül ağırlıkları 0.800 gr/cm^3 'ten daha fazla olan levhalardır.

2. Yongalevhalar presleme yöntemlerine göre iki grupta toplanmaktadır [32]:

a. Yatay Yongalı Levhalar: Bu tip levhalarda yongalar levha yüzeyine paraleldir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.

b. Dik Yongalı Levhalar (Okal): Bu tip levhalarda ise presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongaların yönü levha yüzeyine dik durumdadır.

3. Tabaka sayılarına göre yongalevhaları iki gruba ayırmak mümkündür [33].

a. Tek Tabakalı (Homojen) Yongalevhalar

b. Üç Tabakalı Yongalevhalar

4. Yonga büyüklüğü ve geometrisine göre yongalevhaları dört grupta toplamak mümkündür;

a. Normal Yongalevhalar (Particleboard): Bu tip yongalevhalar genel olarak yonga kalınlıkları 0.25-0.40 mm, genişlikleri 2-6 mm ve uzunlukları 10-25 mm kadardır [33].

b. Etiket Yongalı Levhalar (Waferboard): Etiket yongalevha, halen ülkemizde ve Avrupa'da üretilmemekle birlikte Kuzey Amerika'da önemli bir yapı malzemesidir. Yongaların kalınlıkları 0.5-0.7 mm, genişlikleri 25-40 mm ve uzunlukları 35-75 mm kadardır [34]. Etiket yongalevha; çatı kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması, döşeme veya döşeme altı olarak kullanılmaktadır [35].

c. Yönlendirilmiş Yongalı Levha (Oriented Structural Board: OSB): Bu tip levhalarda genel olarak yonga kalınlıkları 0.4-0.8 mm, genişlikleri 6-25 mm ve uzunlukları 38-63 mm kadardır [36]. Özellikle yapıların içinde özel döşeme malzemesi, taban döşemesi, mobilya yapımı, prefabrike ev yapımı, dam ve duvar örtüleri, depo inşaatı, ambalaj sandıkları ve inşaat için kalıp tahtası olarak tercih edilmektedir.

d. Şerit Yongalı Levha (Flakeboard): Bu tip levhalarda yonga kalınlık ve uzunlukları etiket yongalı levhalarınkinin aynı, genişlik ise 9-10 mm'dir [33].

5. Kullanılan bağlayıcı madde türüne bağlı olarak yongalevhalar, sentetik reçineli ve çimentolu yongalevhalar olarak ikiye ayrılır. Anorganik yapıştırıcı ile üretilenlerde hammadde olarak; çimento, ağaç yongası veya tarımsal bitkiler ve su ile birlikte az miktarda kimyasal katkı maddeleri (CaCO_3 , SiO_2 , AlO_3 gibi) kullanılmaktadır. Bu tip yongalevhalar mantar ve böcekler tarafından tahrip edilememektedir [37]. Sentetik reçineli levha üretiminde ise; üre, melamin, fenol formaldehit ve izosiyanat tutkalları kullanılmaktadır.

6. Kalıplanmış Yongalevhalar: Uygun yapıştırıcı maddeler ile tutkallanmış odun yongalarının, özel kalıp preslerde, sıcaklık ve basınç etkisi altında tek kademe biçimlendirilmesi ve uygun malzeme ile kaplanmasıyla imal edilen bir mamuldür [38].

7. Yongalevhalar kullanılan hammadde türüne göre üç grupta incelenmektedir [39].

- a. Odun yongaları kullanılarak üretilen levhalar
- b. Bitkisel atıklar kullanılarak üretilen levhalar

8. Yongalevhalar yüzey işlemlerine göre iki grupta toplanmaktadır [39]:

- a. Zımparalanmış levhalar
- b. Zımparalanmamış levhalar

9. Yongalevhalar kalınlıklarına göre; 3, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50 ve 60 mm kalınlığındaki yongalevhalar olmak üzere 16 grupta ele alınmaktadır [39].

10. Yongalevhalar tutkal ve bağlayıcı madde cinsine göre 6 grupta incelenmektedir [39].

- a. Üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş levhalar
- b. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş levhalar
- c. Melamin formaldehit tutkalı ile üretilmiş levhalar
- d. İzosiyanat tutkalı ile üretilmiş levhalar
- e. Doğal yapıştırıcılar (kazein, soya, kan tutkalları, tanen) ile üretilmiş levhalar

11. Kaplanmış yongalevhalar iki grupta toplanmaktadır [40].

a. Sıvı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Sıvı yüzey işlemlerinde desen baskı ve lake boya uygulanmaktadır [41].

b. Katı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Yongalevha endüstrisinde kullanılan katı yüzey kaplama malzemeleri; melamin, diallayl phthalate, polyester emdirilmiş kağıtlar, yüksek basınç (HPL) ve rulo-bobin laminatları (CPL), folyolar, ahşap kaplama levhaları, fenolik kraft kağıtları, polivinil klorür (PVC), lignin dolgulu laminatlar, polietilen kağıtlar, ısı transfer filmleri, vulkanize lifler, PVA+ üre ve üre+ amonyum klorür esaslı kağıtlardır [42, 43].

12. Kullanım yerine göre yongalevhalar;

a. Kapalı mekanlarda kullanılanlar

b. Hava etkisine açık mekanlarda kullanılanlar olmak üzere iki grupta incelenmektedir [44].

1.8.1. Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

1.8.1.1. Ağaç Malzeme

Genellikle, bakım ve aralama kesimleri ve ağaçların budanması sonunda elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları, ağaç endüstrisi artıkları yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. TS 1351 (1973)'e göre; boyu 0.5-2 m, ince uç çapı en az 4 cm, kalın uç çapı en çok 20 cm olan yuvarlak ve yarma odun, kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar ve tane büyüklüğü en az 2 mm olan testere talaşı, yonga ve lif odunu olarak kullanılabilir. Levha üretiminde kullanılacak odun çürüklük içermemelidir. Lif ve yonga odununda budak, çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunabilir [45].

Levha üretiminde odun hammaddesinin kabuk içermemesi istenir. Fakat, yongalar genellikle kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmektedir. Kabuk kumlu olmadığı sürece fazla sakınca yoktur [46]. Genellikle son yıllarda kabuğun yongalevha endüstrisinde değerlendirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Kabuk kullanımı sonucu yongalevhaların kalınlığına şişme oranlarının azalması, kabukta yüksek miktarda vaks ve reçine bulunmasından kaynaklanmaktadır [47].

Yongalevha üretiminde kullanılan hammaddelerin %90'ı odun veya lignoselülozik malzemelerdir. Bu bakımdan odunun yoğunluğu, asiditesi, içerdiği ekstraktif maddeler ve rutubeti levha kalitesini etkilemektedir.

Yongalevha endüstrisinde birçok ağaç türü kullanılabilir. Batı Avrupa'da başlangıçta iğne yapraklı ağaç odunları (ladın, çam, göknar ve Sıtka ladini) tercih edilirken, daha sonraları ekonomik olmaları ve kolay temin edilmelerinden dolayı kayın, huş, kavak, kızılbaş ve söğüt gibi yapraklı ağaç türleri kullanılmaya başlanmıştır.

Çolak ve arkadaşlarına göre (2005) yongalama işleminden önce okaliptus tomruklarının buharlanması boyutsal stabiliteyi olumlu yönde etkilemiştir. Okaliptus odunundan üretilen yongalevhaların mekanik özellikleri standart değerlerin üzerinde bulunmuştur [48].

1.8.1.2. Yıllık Bitkiler

Odun hammaddesine dayalı endüstri sayısının zamanla artması, yonga ve lif odunu bulmakta ortaya çıkan güçlükler ve buna bağlı olarak artan hammadde fiyatları yongalevha endüstrisinde yıllık bitkilerin kullanılması imkanlarının araştırılmasına sebep olmuştur.

Yapılan çalışmalarda pamuk sapı, pirinç çeltiği, keten, kenevir ve ayçiçeği saplarının yongalevha üretimine uygun olduğu belirlenmiştir [49]. Ayrıca çay fabrikası bitkisel atıklarının yongalevha üretimi için uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir [50, 51].

1.8.2. Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretim Tekniği

Yongaların hazırlanmasında ilk işlem kabuk soymadır. Bu işlem, elle veya makine ile yapılır. Özellikle dış tabakalarda kullanılacak yongalar için kabuk soyma zorunludur. Levhaların, dış ve orta tabakalarında kullanılan yongalar farklı fiziksel yapıdadırlar. Dış tabaka yongaları, bıçaklı makinelerde elde edilen ince yongalardır. Orta tabaka yongaları ise, kalın olup çekiçli değirmenlerde üretilirler. Yongalevha üretimine uygun ince yongalar, genellikle kesici aletlerle liflere paralel yönde kesmek sureti ile elde edilmektedir. Bunlara, kesme yongası denilmektedir. Liflere dik ve az meyilli kesilen daha kalın odun parçalarına ise kaba yonga denmektedir. Levha için uygun yonganın üretilmesi iki ayrı sistemle olmaktadır. Birincisinde, önce kaba yongalar üretilir, daha sonra bunlar değirmenlerde veya ince yongalama makinelerinde üretime uygun hale getirilirler. Bu yongalar, genellikle orta tabakada kullanılmaktadır. İkincisinde, yuvarlak odundan doğrudan levha üretimine uygun incelikte ve uzunlukta fakat geniş yongalar üretilir. Bu yongalar, ince yongalama makinelerinde isteğe bağlı olarak küçültülebilirler [31, 40, 43].

Kaba yongalama makineleri, genellikle kereste endüstrisi artıklarının yonganmasında kullanılmaktadır. Bu makinelerden elde edilen yongaların boyları 10-60 mm arasında değişmektedir. Bu amaçla, silindir veya diskli kaba yongalama makineleri kullanılmaktadır. Odunlar, ya liflere dik olarak ya da 45°'lik açı yapacak şekilde kesilirler [40].

Yuvarlak odundan doğrudan levha üretimine uygun kalınlık ve uzunlukta yonga hazırlanma işlemine normal yongalama denilmektedir. Genişlik sınıflandırması yoktur. Normal yongalama için, diskli ve silindirik yongalama makineleri kullanılmaktadır. Kaliteli levha üretimi için yonganın her iki yüzünün birbirine paralel, kalınlığının homojen ve ince

olması şarttır. Dış tabakalarda kullanılacak yongaların genellikle 0.15-0.25 mm, orta tabakada kullanılacakların ise 0.3-0.5 mm kalınlıkta olması istenir. Yongalama sırasında yonga kalitesine, boyutlarına ve verimine etki eden bir çok faktör vardır. Bunların bir kısmı kullanılan hammadde ile, bir kısmı uygulanan teknoloji ile bir kısmı da makinelerin durumu ile ilgilidir [31].

Yongalevha üretiminde, levhanın presten çıktıktan sonraki rutubetine bağlı olarak, yongaların % 3 - % 6 rutubete kadar kurutulması gerekir. Tutkallanmış yongaların optimum rutubet içeriği ise orta tabaka için %6-7, dış tabaka için %11-13'dür [52]. Levha taslağında belirli bir toplam rutubet sağlayabilmek için orta tabaka rutubet içeriği ne kadar düşükse, dış tabaka rutubeti o kadar yüksek olmalıdır. Aksi takdirde pres sonrası ayrılma ve patlamalar oluşabilir [52]. Kurutma makinelerine sevk edilen yongaların rutubetleri, genellikle % 35 - % 120 arasında değişmektedir. Yongaların kurutulması; ağaç türüne, yonga boyutlarına, özellikle yonga kalınlığına, özgül ağırlığına ve yongaların başlangıç rutubetine bağlıdır. Ayrıca kurutma makinesinin tipi ve çalışma sisteminin de kurutma üzerine büyük etkisi vardır.

Aynı kurutma şartları altında kurutma süresi yonga kalınlığı ve ağaç türüne bağlıdır. Yonga kalınlığının artmasına bağlı olarak kuruma süresi uzamakta, yapraklı ağaç yongaları, iğne yapraklı ağaç yongalarına oranla daha uzun kurutma süresine ihtiyaç duymaktadır.

Değişik tipte kurutma makineleri olmakla birlikte, bunlar arasında döner silindri kurutucular, çok bantlı kurutucular, kontak kurutucular ve boru demetli kurutucular önemli bir yer tutmaktadır. Kurutma makinelerinde yakıt olarak doğal gaz, propan, fuel-oil ve zımpara tozu kullanılmaktadır. Yongaların kurutulma süresi çok kısa olduğu için, kurutucu içinden çok çabuk geçirilmelidirler. Rutubet miktarı bakımından kurutulacak hammaddeler arasında büyük farklılıklar varsa, bunlardan elde edilen yongalar ayrı kurutulmalıdır [53].

Yongalama makinesinde, heterojen boyutlarda yonga üretimi önlenememektedir. Yongalar kurutulduktan sonra, toz ve küçük parçacıkların uzaklaştırılması gerekir. Eğer bu materyaller ayrılmazsa, liflerin kısa ve zayıf olmasından dolayı levhanın direnci düşecektir. Çok kaba yongalarında tekrar ufalanmak üzere ayrılması gerekir. Kaba yongaların dış tabakalarda kullanılması yüzey düzgünlüğünü azaltır, orta tabakada kullanılması durumunda ise porozite artacağından daha sonra yapılacak olan kenar kaplama işlemini olumsuz yönde etkileyecektir [53]. Bunun için iki sistem mevcuttur [31]:

- a. Yongaların içinde bulunan çok kaba ve çok ince kısımların uzaklaştırılması.

b. Yongaların, boyutlarına göre arzu edildiği kadar gruplara ayrılması.

Toz ve çok kaba yongalar ayrıldıktan sonra geriye kalan kullanılabilir yongalar tekrar ince ve kalın yongalar olmak üzere ikiye ayrılırlar. İnce yongalar levhanın yüzey tabakalarında, kalın yongalar ise orta tabakada kullanılmaktadır. Çok kaba yongalar ufalanmak üzere tekrar değirmenlere gönderilirken, toz ve ince parçalar yakılmak suretiyle değerlendirilmektedir.

Yongalevha fabrikalarında; yaş, kuru ve tutkallanmış yongaları depolamak için silolar kullanılmaktadır. Yonga siloları, yongaların hareket yönüne göre; yatay, düşey ve rotasyon siloları olmak üzere üçe ayrılmaktadır [44].

Yongalevha üretimi sırasında, yongaların kademeler arasında taşınması gerekmektedir. Taşınırken yonga kalitesi bozulmamalıdır. Bu sebeple, transport seçiminde yongaların ağırlık, hacim ve rutubet gibi özellikleri dikkate alınmalıdır. Bu maksatla kullanılan yonga transportörleri mekanik ve pnömatik olmak üzere iki çeşittir [31, 40].

Yongalevha üretiminde, m²'ye 2 gr kuru tutkal kullanılması öngörülmektedir. Tutkallama için hava girdaplı enjektörler, yüksek basınçlı enjektörler, merkezkaç enjektörü, tutkallama silindirleri ve vantilatörler kullanılmaktadır. Tutkal çözeltisi; tutkal, sertleştirici, parafin ve zararlılara karşı koruyucu maddelerin karışımı ile elde edilir. Tutkal çözeltisi hazırlanırken, üretici firmanın önerilerine uyulmalıdır. Yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı tutkallanmaktadır. Yüzey tabakalarında kullanılan yongalar ince ve spesifik yüzey alanları daha fazla olduğu için daha fazla tutkal kullanılmalıdır. Tutkalın mümkün olduğunca üniform boyutta küçük taneciklere ayrılması, bütün yonga yüzeylerinin tutkalla kaplanması için büyük bir önem arz etmektedir. Orta ve yüzey tabakalarında kullanılan tutkalın reçetesi farklılık göstermektedir. Orta tabakanın sıcak preste iyi bir şekilde sertleşmesini sağlamak için daha fazla sertleştirici ilave edilirken, yüzey tabakalarından sıcak prese varmadan önce ön sertleşme olmaması için daha az miktarda sertleştirici katılmalıdır. Yüzey tabakalarındaki rutubet miktarının orta tabakadan yüksek olması için, yüzey tabakalarında kullanılacak tutkala daha fazla su ilave edilebilir [53].

Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların homojenleştirme depolarında iyice karıştırılması gerekir. Bu depolar iki adet olup, birincisi alt ve üst tabakada kullanılacak yongaların, diğeri ise orta tabakada kullanılacak yongaların homojenleştirilmesinde kullanılmaktadır. Homojenleştirme depolarından tutkallı yongalar lastik bant ve tırmıklı taşıyıcılar vasıtası ile serme makinelerinin ilgili silosuna taşınmaktadır.

Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların yeknesak bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazırlanması yongalevha üretiminin en önemli aşamasıdır. Serme işlemi; dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemleri ile yapılmaktadır. Üç tabakalı yongalevha üretimi için en az üç adet serme başlığına gerek vardır. Bunlardan ikisi alt ve üst tabakaları, diğeri ise orta tabakanın serilmesinde kullanılmaktadır. Rüzgarlama sisteminde düşmekte olan yongalara dik yönde hava püskürtülerek, yüzey ağırlığı az olan yongalar daha uzağa, çok olanlar ise daha yakına olacak şekilde serme başlığının altındaki sonsuz bant veya transport saclarının üzerine düşerler. Taslağın diğeri yanının oluşması için birincisine aksi yönde hava püskürtülür. Böylece elde edilen levhanın enine kesitinde ortadan yüzeylere doğru kalın yongadan daha ince yongalara doğru kademesiz sürekli bir geçiş vardır. Yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı tutkallandıktan sonra uygun ortamlarda dozajlanarak birlikte serme başlığına verilir. Bu sistem, Bison serme sistemi olarak adlandırılır. Savurma sistemi Behr- Himmelbeher grubu tarafından geliştirilmiştir. Bison sisteminden tek farkı hava akımı yerine yongalar bir silindir tarafından fırlatılmakta ve savrulmaktadır. Kalın olan yongalar uzağa düşerken, hafif yongalar yakına düşmektedir. Levhanın diğeri yanının oluşması için birincinin aksi yönde savurma yapılmaktadır. Levha taslağı, serme başlangıcından, presleme işlemine kadar sarsıntısız çalışmalıdır. Aksi takdirde taslak kenar ve köşeleri dökülerek kırılabilir, levha simetrisi bozulabilir ve malzeme kaybı olabilir.

Yongalevha endüstrisinde soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı presleme uygulanmaktadır. Soğuk prese aynı zamanda ön pres de denilmektedir ve basıncı 15-20 kg/cm² arasında değişmektedir. Okal tipi yongalevha üretiminde soğuk presleme uygulanmamaktadır. Yongaların soğuk preslenmesinin amaçları aşağıda açıklanmıştır:

1. Orta ve yüzey tabakaları birbiri ile daha iyi kenetlenir.
2. İnce yongaların sarsıntı sonucu taslak tabanına kayması önlenir.
3. Sıcak preslerde pres plakalarının açılma yükseklikleri daraltılmış ve ısı kaybı ile pres kapanma süresinden tasarruf edilmiş olur.
4. Serme sırasında meyilli yer alan yongalar soğuk presleme sonucu kısmen düz duruma getirilir.

Yongalevha taslağı, levha özelliğini sıcak preslerde kazanır. Tesisin kapasitesi sıcak prese bağlıdır. Sıcak presleme esnasında, basınç ve sıcaklığın etkisi ile yongalar plastikleşir stabil ve istenilen kalınlıkta bir malzeme oluşur. Presleme süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığı ve presin kapanma süresine bağlıdır. Pres sıcaklığı,

süresi ve basıncı yongalevhanın teknolojik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Sıcak presler fasıllı ve fasılasız olmak üzere ikiye ayrılır. Fasıllı presler tek katlı ve çok katlı olabilirler. Tek katlı preslerde presleme periyodunda bir adet levha preslenirken çok katlı preslerde bu sayı 4-22 arasında değişmektedir.

Pres sacları kullanılan presleme sistemlerinde taslak metal saclar, elekli bantlar veya çelik bantlar ile sıcak prese taşınmaktadır. Pres sacı kullanılmayanlarda ise taslak sonsuz bant üzerinde taşınarak prese iletilmektedir. Sıcak preslemede uygulanan basınç levha özgül ağırlığı ve taslak kalınlığına göre $20-35 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlı olarak $150-220^\circ\text{C}$ arasında değişmektedir. Presin kapanma süresinin kısa olması yüzey tabakalarının normalden daha yüksek orta tabakanın ise daha düşük özgül ağırlıkta olmasına neden olur. Presleme koşullarının yetersiz olması levhalarda patlamaya sebep olmaktadır [53].

Presten çıkarılan levhalar soğutma kanalı, soğutma presi veya soğutma yıldızları kullanılarak soğutulurlar. Üre formaldehit ile üretilen levhalar aralarına lata konularak, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar ise latasız üst üste istif edilmektedir. Soğutulan levhaların dört yanı birbirine dik olarak kesilip belli genişlik ve uzunlukta yongalevhalar elde edilir. Daha sonra, zımparalama makineleri kullanılarak yongalevha yüzeylerindeki kalınlık hataları giderilerek mobilya üretiminde üst yüzey işlemlerinden önce düzgün ve en az pürüzlü yüzeyler elde edilir. Bundan sonra, levhalar olgunlaştırma hangarlarına alınır. Düz bir altlığın üzerine üst üste konulmak suretiyle istiflenen levhalar depoya yerleştirilir. Depoların sıcaklığı $18-24^\circ\text{C}$, bağıl nemi % 60-65 olmalıdır.

1.9. Kontrplak Üretimi

1.9.1. Tanımlar

TS 2128 [54] de Kontrplak, ardışık gelen tabakalarının lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde yapıştırılmış (orta tabaka veya göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetrik) bir levha olarak tanımlanmaktadır.

ASTM D-907 [55] ye göre Kontrplak, ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90° açı yapacak şekilde tutkallanmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7 gibi tek sayıdadır.

Ancak 1982 yılında, orta tabakaları birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhasından oluşan kontrplakların üretimine başlanmasından sonra literatürde [56], kontrplağın herbir tabakası tek bir tabakadan oluşabileceği gibi, iki veya daha çok kaplama levhalarının birbirine paralel yapıştırılması ile teşkil edilebileceği bildirilmektedir.

DIN 68708 [57] ye göre ise Kontrplak, lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiş en az üç adet yapıştırılmış tabakadan oluşan dış ve iç tabakaları öz veya orta tabakanın her iki tarafına simetrik olarak tesbit edilmiş levha olarak ifade edilmektedir.

1.9.2. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplak için üretilecek olan kaplama levhalarının özelliklerini; kullanılacak olan tomruğun elde edildiği ağaç türünün özgül ağırlığı, yıllık halka yapısı, ilkbahar ve yaz odununun katılım oranı, özgül ağırlık dağılımı ve her ikisi arasındaki geçişin durumu, çeşitli makroskopik hatalar ve özellikle liflerin durumu, reaksiyon odununun varlığı ve yapraklı ağaçlarda trahelerin halkalı veya dağınık oluşu gibi çeşitli özellikler belirler. İdeal kaplamalık tomruğun; silindirik formda olması ve özün her iki ucun geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzeyin yani çevrenin ve tomruk uçlarının kusursuz olması, odun yapısında ve özgül ağırlığında az bir değişmeyi gösteren yıllık halkaların yavaş ve homojen büyümesi, liflerin düzgün ve öze paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu olmaması, reaksiyon odununun bulunmaması, verimi düşürecek çatlakların olmaması ve çapın soyma kaplama üretimi için en az 35 cm olması istenmektedir [58]. Kontrplak üretimi aşağıdaki safhalarda gerçekleşmektedir.

1.9.2.1. Tomrukların Depolanması

Depolama esnasında tomrukların enine kesitlerinde ve çevrelerinde kuruma ve çatlamalardan dolayı oluşabilecek kusurları önlemek amacıyla; tomruk enine kesitlerine çeşitli koruyucu maddeler sürülmesi, uygun bir yağmurlama sistemiyle ıslatılmaları veya su içinde istiflenmeleri yoluna gidilebilir.

1.9.2.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Üretime başlamadan tomrukların soyma işlemine hazırlanması için hatalı kısımlarının uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makineleri için uygun uzunlukta kesilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılması gibi bazı ön işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Isıtma işlemi ülkemizde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işleminin amacı; önce odunu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolayca işlenebilecek bir hale getirmek, kontrplağı oluşturan levhaların bir biri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini arttırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak kolayca soyulmasını sağlamaktır.

Yurdumuzdaki kontrplak fabrikalarında tomrukların yumuşatılması için buharlama odaları ve buharlama mahzenleri kullanılmakla birlikte genellikle buharlama doğrudan veya dolaylı ısıtma ile yapılmaktadır [59].

Buharla muamelede; esas itibariyle pektin maddesi ve az miktarda ligninin çözünmesiyle odunsu hücrelerdeki orta lamel gevşetilmekte böylece soyma işlemi kolaylaşmaktadır [60].

Tomruklar buharlandıktan sonra, makina bıçaklarının zarar görmesini önlemek amacıyla temizleme makinalarından geçirilerek kabuk, iç kabuk ve kirlere arındırılır [59].

1.9.2.3. Soyma Yöntemi İle Kaplama Üretimi

Kontrplak üretiminde genel olarak soyma yöntemi ile üretilmiş kaplamalar kullanılmaktadır.

Kontrplağın özelliklerini büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi etkiler. Kaplama kalitesi ise ağaç türüne, bunun soymaya hazırlanışına, soyma makinesi ve ayarına bağlıdır [61]. Özellikle soyma makinesinin bıçak ve basınç levhasının ayarı (açı ve açıklıklar) kaplama kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir.

1.9.2.4. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması

Soyma makinesinden çıkan sonsuz bant halindeki levha; tablalı masa veya sargı bobin sistemleriyle, boyutlandırma ve kusurlarından temizlenmesi için giyotinlere gönderilir. Kuru metodla kaplama üretiminde, soyma makinesinden çıkan levha doğrudan kurutuculara taşınmakta ve levhanın sonsuz bant halinde kurutulmasından sonra boyutlandırma ve kusurlarından temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Üre formaldehit (ÜF) reçinesi ile kontrplak üretimi için; soyma kaplama levhalarının % 6-8 rutubete kadar kurutulmaları gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için geliştirilen kurutma makinelerinde, kaplamalar makinenin bir ucundan girerken yanlardan, alttan ve üstten veya makinenin çıkış ucundan kurutucu hava püskürtülmektedir. Kaplama levhaların makine içindeki hareketini silindirler veya tel örgü bantlar sağlamaktadır.

1.9.2.5. Dar Soyma Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yanyana Eklenmesi

Geniş ve çok tabakalı kontrplakların üretiminde soyma suretiyle elde edilen dar kaplama levhaları birbirine eklenerek arzu edilen ölçülere getirilir. Ekonomik bakımından da çok önemli olan bu işlem kağıt şeritler, iplik halindeki tutkal veya şerit kullanmayan kenar yapıştırma makineleriyle gerçekleştirilir.

1.9.2.6. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Üretilecek kontrplak boyutlarına göre, uygun şekilde kesilmiş ekli veya eksiz soyma kaplama levhaları; dökme, püskürtme ve sürme esasına göre çalışan makinelerle tutkallanmaktadır [56].

1.9.2.7. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi

Sıcak preslemeden önce uygulanacak olan soğuk presleme tutkal-odun bağıni kuvvetlendirir, verimliliği artırır ve üretim kusurlarını azaltır. Uygun olmayan bir ön presleme ise özellikle tutkal-odun bağına zarar verir. Ön preslemeye, tutkal türü ve

reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, sıcaklığı ve rutubeti, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi, ön pres basıncı ve süresi etki etmektedir.

Ön pres süresi genellikle 3-5 dak, basıncı ise 7-12 kg/cm² arasında değişir [56]. Sentetik reçine kullanılarak üretilen kontrplak levhalarında iyi bir yapışma sağlanabilmesi için sıcak presler kullanılmaktadır. Kontrplakların preslenmesinde, pres basıncı, sıcaklığı ve süresi oldukça önemlidir. Pres basıncı öncelikle ağaç cinsine (yumuşak veya sert ağaç), elastikiyet ve sertliğe, üst yüzeylerin özelliğine, iç tabakanın ölçü tamlığı ve yapısı gibi faktörlere bağlı bulunmakta ve aynı tabaka içinde değişik ağaç türlerinin kullanılmasında pres basıncı yumuşak ağaca göre belirlenmektedir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlıdır ve her tutkal için uygun bir sertleşme sıcaklığı vardır. Üre formaldehit 90-120°C, fenol formaldehit ise 140-170°C arasındaki sıcaklıklarda sertleşmektedir [59]. Sıcak preslerde presleme süresinin belirlenmesi için 100°C sıcaklıktaki ısının orta tabakaya ulaşınca kadar her bir mm levha kalınlığı için 1dk olarak hesaplanmakta ve buna kullanılan tutkalın 100°C deki yapışma (sertleşme) süresi ilave edilmektedir [59].

1.10. Ağaç Malzemenin Yapıştırılmasında Kullanılan Yapıştırıcılar

1.10.1. Ağaç Malzeme Yapıştırıcılarının Tarihsel Gelişimi

Ağaç malzemenin tutkal kullanılarak yapıştırılması işlemi, uygarlığın ilk yıllarından beri uygulanmaktadır. Eski Mısırlıların İsa'dan yaklaşık 3500 yıl önce ahşap kaplama sanatını bildikleri ve ahşap süslemelerde birleştirme amacıyla yapıştırıcıları kullandıkları bildirilmiştir [62]. Yine Mısırlılar, eski çağlarda yay ve mobilya yapımı için odunun birleştirilmesinde hayvansal esaslı tutkalları ve kazein tutkalını kullandıkları belirtilmiştir [63].

Eski çağlarda kullanılan yapıştırıcılar; hayvan parçaları (deri, kemik vb.), balık derisi ağaç reçineleri, bitki sakızları, tahıl nişastası, böcek ekstraktları (balmumu vb.) ve diğer yapışkan malzemeler (hayvan yumurtalarından elde edilen albümin ve sütten elde edilen kazein vb.) gibi birçok doğal malzemedен elde edilmiştir [64].

1930'lu yılların başlarında sentetik reçineler ortaya çıkmaya başlamış ve bu tutkallar, sağladıkları birçok avantajlar nedeniyle ağaç işleme endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Uygun şekilde kullanıldığında bazı sentetik yapıştırıcılar, korumasız halde açık

hava koşullarına maruz bırakıldığında bile, odunun kendisi kadar dirençli bir birleştirme sağlayabilmektedir [63].

Ağaç malzemenin birleştirilmesinde kullanılan yapıştırıcıları temel olarak 2 gruba ayırabiliriz. Birinci grup; hayvan, bitki, kazein ve kan tutkalları gibi doğal kökenli malzemelerden hazırlanan tutkallardan, ikinci grup ise; petrol, doğal gaz ve kömür gibi petrokimya ve benzeri endüstrilerin ürünlerinden elde edilen sentetik reçinelerden oluşmaktadır [62].

1.10.2. Sentetik Yapıştırıcılar

Sentetik reçineler, fiziksel özellikler açısından doğal reçinelere benzeyen yapay polimerlerdir. Bu reçinelerin suya karşı dayanımları doğal tutkallara göre daha yüksektir. Ağaç işleme endüstrisi, sentetik reçineler ile 1930'lu yıllarda tanışmış, ancak bu reçinelerin asıl gelişmesi II. Dünya Savaşı sırasında olmuştur. Günümüzde sentetik reçinelerin kullanımı giderek artmaktadır [62].

Sentetik reçineler; termosetting (sıcakta sertleşen) ve termoplastik (sıcakta yumuşayan) reçineler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Termosetting yapıştırıcıların çapraz bağlanma reaksiyonu esnasında tutkal, geri döndürülmez fiziksel ve kimyasal değişikliklere uğrayarak çözünmez hale gelir. Bu reaksiyon, ısı veya kimyasal madde veya bunların her ikisinin yardımıyla kendiliğinden başlayabilir. Üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit ve fenol-resorsin formaldehit tutkalları bu gruba dahil olan yapıştırıcılardır. Bu reçinelerin tamamı formaldehit esaslıdır.

Termoplastik reçineler sertleşirken kimyasal bir çapraz bağlanma reaksiyonu oluşmaz, bu nedenle reaksiyon geri döndürülebilir ve ısıtma ile tutkal kolayca yumuşayabilmektedir. Polivinil asetat emülsiyonları ve hot-melt tutkalları bu gruba dahil olan yapıştırıcılardır.

Sıcak preslemede sertleşme süresi kısa, kullanımı kolay ve ucuz olduğundan, Dünya yongalevha üretiminin yaklaşık % 90'ı üre formaldehit tutkalı ile gerçekleştirilmektedir.

1.10.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit (ÜF) reçineleri, dünyada ağaç malzemenin yapıştırılmasında en yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılardır [63, 64, 65]. Amino grubu reçinelerinden olan üre

formaldehit, termosetting bir polimer olup üre ile formaldehitin kondenzasyonu sonucu meydana gelmektedir. Formaldehit/Üre mol oranı 1.1:1 den 2.0:1 e kadar değişmektedir. Asidik ortamda sertleşen bir tutkaldır. Reaktif yapısı nedeniyle ÜF reçineleri, en hızlı sertleşen tutkallar arasında yer almaktadır.

Üre formaldehit reçineleri, doğrusal ve dallanmış oligomerik ve polimerik moleküllerden oluşmaktadır. Tepkimeye girmemiş üre, çoğunlukla depolama sırasında daha iyi stabilite sağlamada faydalıdır. Serbest formaldehitin varlığı sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesi için gereklidir. Ancak presleme esnasında ve sonrasında formaldehit ayrışmasına neden olmaktadır [65].

ÜF reçineleri normalde sıvı halde satılırlar, toz haldeki sertleştiricinin ilave edilmesiyle sıvı tutkalın sertleşmesi sağlanır. Tutkalın sertleşmesi reçine ve sertleştirici karıştırıldığında başlar. Sertleşme reaksiyonunun hızı ısı ile artar. Normal oda sıcaklığında tutkalın sertleşmesi için birkaç saat gerekirken, 80°C’ de birkaç dakika ve 125°C’de 1 dakikadan daha az bir zaman gerekmektedir. Bazı ÜF tutkalları reçine ve sertleştiriciyi birlikte içeren toz halinde de satılmakta olup, su ilavesi ile reaksiyon başlatılabilmektedir.

Sıcak presleme sırasında polimerizasyon ve kondenzasyon reaksiyonları tamamlanmaktadır. Asidik koşullarda sertleşen bir tutkal türü olan üre formaldehit için en iyi sertleşme 120°C sıcaklık ve pH: 3-4 civarında gerçekleşmektedir. Sıcak preslemede ısı etkisi ile ön kondenze olmuş olan tutkal, çapraz bağlanma reaksiyonları ile düzgün bir film oluşturmaktadır. Reaksiyon tersinirdir. Gereğinden fazla ısı uygulaması üre formaldehit tutkalının hidrolizine neden olabilmektedir. Preslemede gereğinden fazla ısı uygulanmamalı, preslemeden sonra üretilen levhalar soğutulmalıdır. Üç tabakalı levha üretiminde, yüzey tabakaları orta tabakadan daha hızlı sertleşecektir. Bu nedenle yüzey tabakasında kullanılan tutkalın sertleşmesinin geciktirilmesi önerilmektedir [65, 66, 67].

Üre ile formaldehit arasındaki reaksiyon temel olarak, alkali metilolasyon ve ardından da asidik bir kondenzasyon olmak üzere iki aşamalı bir işlemdir. Alkali metilolasyon aşamasında mono-, di-, tri-metilol üreler oluşmaktadır. Bu reaksiyonun geri dönüşümlü bir reaksiyon olması, ÜF reçinelerinin en önemli özelliklerinden biridir. Bu ayrıca, formaldehit ayrışmasının ve ÜF reçinelerinin rutubet ve suyun sebep olduğu hidroliz olayına karşı düşük dirençli olmasının sebebidir.

ÜF polimeri, asidik kondenzasyon aşamalarında oluşur. Sistem içinde var olan metilol, üre ve serbest formaldehit; orta ve hatta yüksek molekül ağırlığına sahip doğrusal ve kısmen dallanmış moleküller oluşturacak şekilde reaksiyona girer. Üre molekülleri

arasındaki bağı türü, kullanılan koşullara bağlıdır. Yüksek sıcaklıklar ve düşük pH' lar daha düzenli metilen (-CH₂-) köprülerinin oluşmasını sağlarken, düşük sıcaklık ve zayıf asidik ortam, metilen köprülerinin (-CH₂-O- CH₂-) oluşmasına yardımcı olur. Eter köprüleri, formaldehiti parçalayarak metilen köprülerini yeniden düzenleyebilir. Bir eter köprüsü, iki formaldehit molekülüne ihtiyaç duyar ve bir metilen köprüsü kadar stabil değildir. Bu nedenle, ÜF reçinelerinde bu tür eter gruplarından kaçınmak gerektiği tavsiye edilmektedir [65].

Sertleşmiş ÜF tutkalı; özellikle yüksek sıcaklıkta ürenin azotu ve metilen köprülerinin karbonu arasındaki bağların zayıf olması nedeniyle ıslak veya nemli koşullar altında hidroliz olabilir. Bu reaksiyon boyunca formaldehit serbest kalabilir [68, 69]. Hidroliz için başlıca faktörler; sıcaklık, pH ve tutkalın sertleşme derecesidir [70]. Özellikle tutkalın sertleşmesini sağlayan asit hidrolize neden olmaktadır. Üre formaldehit tutkalı 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, sıcaklığın etkisi ile hidroliz olmakta ve yapısı bozulmaktadır [71]. Sertleşmiş halde ÜF reçineleri zehirli değildir. Üre bileşeni zehirli olmamakla birlikte, serbest formaldehit oldukça reaktiftir ve insan vücudundaki proteinlerle kolayca birleşebilir. Dünyada serbest formaldehit ile ilgili yasal sınırlamalar getirilmiştir. 2004 haziran ayında uluslar arası kanser araştırma ajansı (Dünya Sağlık Organizasyonu Bölümü) formaldehiti 2A kategorisinden daha kanserojen bir madde sınıfı olan kategori 1'e yükseltmiştir. Üre formaldehit tutkalının avantaj ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır [65, 66, 67].

- a. Güçlü adhezyon özelliğine sahiptir.
- b. Düşük sıcaklıklarda hızla sertleşmektedir.
- c. Suda çözünebilir.
- d. Kokusuzdur.
- e. Tutuşmaz.
- f. Kısmen opak bir özellik arz etmektedir.
- g. Fiyatı ucuzdur.
- h. Çok iyi termal özelliklere sahiptir.
- i. Sertleşmiş tutkal filmi renksizdir.
- j. Rutubet ve suya karşı dayanıksızdır.
- k. Formaldehit emisyonu yüksektir.

Üre formaldehit tutkalları, süreklilik arz eden ıslanma ve kurutma periyotlarına karşı dayanıklı olmayıp 60°C ve % 60 bağıl nem koşullarında bozunmaya başlamaktadır. % 15-20'lik odun rutubeti 60°C'nin altında üre formaldehit tutkalının degradasyonunu hızlandırmaktadır. Bütün aminoplastik tutkallar fenolik veya polifenolik tutkalların aksine genellikle sertleşmeden sonra açık renkli, görünmeyen bir tutkal hattı oluştururlar. Bununla birlikte asidik sertleştiriciler açık sarıdan koyu kırmızıya kadar değişen tutkal hattında bazı renk bozukluklarına yol açabilirler. Bu nedenle sertleştirici ya tutkaldan önce püskürtülmekte veya malzeme yüzeyine daha sonra uygulanmaktadır [72].

1.10.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehit (FF) reçineleri 1872 yılında A. Von Bayer tarafından keşfedilmiştir. Endüstriyel olarak fenol ve formaldehitin bir katalizör varlığında reaksiyonu ile üretilmektedir. FF reçineleri genel olarak, kullanılan katalizörün türü ve tepkimeye giren maddelerin mol oranlarına göre novalak ve resol adı verilen iki gruba ayrılır. Bu iki reçine türü, sahip oldukları özellikler ve uygulamaları bakımından birbirlerinden oldukça farklıdır [73].

Novalaklar formaldehidin aşırı miktarda fenol ile asidik koşullar altında (pH=1-6) reaksiyonu ile elde edilmektedir. Tipik fenol/formaldehit oranları yaklaşık olarak 1: 0,70-0,85'tir. En yaygın kullanılan endüstriyel katalizörler; oksalik, hidroklorik, sülfürik, fosforik ve toluen sülfonik asitlerdir [74]. Bu tür reçineler yapılarında reaktif metilol grubu içermediklerinden sertleştirici kullanılmadan sertleşmezler. Reaksiyonu tamamlamak için çapraz bağlı novalak reçinesine formaldehit ilave edilir [74]. Asit katalizörün oduna zarar verebilmesi nedeniyle ağaç işleri endüstrisinde kullanımı sınırlıdır [54].

Resol tipi fenol formaldehit reçineleri ise alkali koşullar altında elde edilmektedir. Odun kompozit ürünler üretiminde resol tipi fenol formaldehit reçineleri kullanılmaktadır [75]. Kontrplak, OSB (oriented strandboard), waferboard, yongalevha ve LVL (laminated veneer lumber) gibi odun kompozitlerinin üretiminde bu reçinelerden yararlanılmaktadır. Odunun yapıştırılmasında kullanılan resol tip reçine için formaldehit/fenol mol oranı 1.6/1.0 – 2.5/1.0 arasındadır. Formaldehitin fazla olması; sertleşmiş durumda rutubete karşı mükemmel bir direnç, düşük tutuşma kabiliyeti ve yüksek çekme direnci sağlamaktadır [76].

Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Düşük sıcaklıklarda depolanması tavsiye edilir. pH derecesinin değişmemesi gerekir. Fenolik tutkallar üre tutkallarından daha yavaş sertleşirler. Ayrıca daha yüksek pres sıcaklığı uygulamak gerekir. Katalizörler presleme süresini kısaltır. Tutkal sertleştikten sonra ısı ve kimyasal maddelere karşı direnç kazanır. Fenolik tutkallar yüksek molekül ağırlığındadır. Güçlü ve suya karşı dayanıklı yapışmalar sağlamaktadır. Fenol formaldehit tutkalı ağacın rengini koyulaştırır, çok derine nüfuz eder ve kokusu uzun süre çıkmaz. Bu nedenle, tutkallama yapılan hacimde çok iyi havalandırma yapılmalı, eller sabunla yıkanmalı, koruyucu elbiseler giyilmeli ve fenol reçinesi tenneffüs edilmemelidir [31].

1.10.2.3. Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin-Üre Formaldehit (MÜF) Tutkalları

Melamin formaldehit (MF) reçineleri, üre formaldehit reçinesine benzer şekilde melamin ve formaldehit arasındaki kondenzasyon sonucunda elde edilir. Bu reçinelerin sertleşmesi için ısı ve asit katalizör gerekmektedir [57]. Açık renkli mükemmel bir dayanıklılığa sahip olan melamin formaldehit tutkalı, 60-70°C sıcaklıkta sertleşebilmektedir [77]. Bununla birlikte, birçok uygulama için sertleşme sıcaklığı en az 115°C'dir. Melamin-üre formaldehit reçinesi ise, sıcak pres tutkallarının özel bir grubudur. Kuru toz halindeki üre ve melamin reçinelerinin karışımıyla veya iki ayrı reçinenin solüsyon halindeki karışımıyla üretilmektedir [78, 67].

MF ve MÜF reçineleri daha çok dış ve iç ortamlardaki rutubetli yerlerde değerlendirilecek odun levhalarının üretiminde ve düşük ve yüksek basınçlı kağıt laminatların hazırlanmasında ve yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçinesine göre en önemli üstünlüğü suya karşı çok daha dirençli olmasıdır. MF yapıştırıcısı oldukça pahalıdır. Bundan dolayı üre ilavesi ile elde edilen MÜF reçinelerinin fiyatları düşürülmüş bulunmaktadır. Yaygın kullanımı ve ekonomik önemine rağmen, ÜF'ye göre, bu yapıştırıcılara literatürde daha az yer ayrılmıştır [78, 67].

1.10.2.4. Resorsin Formaldehit Tutkalı

Resorsin formaldehit reçinesi, 1 mol resorsinin 1 mol'den az formaldehit ile birleştirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Sertleştirici madde olarak genellikle paraformaldehit kullanılmaktadır [59]. Resorsinol fenolik bir maddedir, ancak fenole göre çok daha fazla reaktiviteye sahiptir. Bu reçinelerin en önemli avantajı, ortam sıcaklığında sertleşebilmesidir [57].

Bu tutkallar, fenol formaldehit tutkalına göre daha pahalı olup, uçaklarda kullanılan odun elemanlarının yapıştırılması gibi bazı özel amaçlar için kullanılmaktadır. Kullanımından önce toz veya sıvı haldeki sertleştirici ilave edilmektedir. Sertleşme sıcaklığı 20-65°C arasındadır.

Resorsin formaldehit tutkalı fenol formaldehit tutkalına oranla daha düşük sıcaklıklarda sertleşebilmekte ve daha uzun süreli depolanabilmektedir [79]. Resorsin açık hava koşulları ve kaynamış su şartlarında başarılıdır. Gemi ve uçakların ağaç malzeme kısımlarının tutkalanmasında kullanılır. Ayrıca, gerek sentetik gerekse doğal kauçuğun, tekstil ve seramik malzemelerin yapıştırılmasına uygundur [74].

1.10.2.5. Epoksi Tutkalları

Epoksi tutkalları özellikle tekne yapımı ile yapısal odun bileşenlerinin tamir ve restorasyon işlerinde kullanılmaktadır. Genellikle termosetting tutkallar sınıfı içinde yer alırlar. Reçine ve katalizör veya sertleştiricinin karışımından oluşan iki bileşenli bir tutkaldır. Bu tutkallar, yüksek makaslama direncine sahiptir ve rutubete karşı dayanıklıdır [77].

Epoksi tutkalları ağaç malzemelerin yapıştırılmasında iyi bir direnç sağlamaktadır. Ayrıca metaller ve seramik malzemeler ile mükemmel yapışma sağlar. Epoksi tutkalları, özellikle yapısal konstrüksiyonlarda odunun beton gibi malzemelere yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Epoksi tutkalları ile yapıştırılmış odun birleştirmeleri ile elde edilen direnç genellikle masif odunun kendi direncinden daha azdır. Bu nedenle, epoksi birleştirmeleri genellikle odun birleştirmeler için tavsiye edilmemektedir. Bununla birlikte, epoksi tutkalları çok iyi bir termal stabiliteye ve mikroorganizmalara karşı çok yüksek bir dayanıma sahiptir [79].

1.10.2.6. İzosiyanat Tutkalları

İzosiyanat esaslı tutkallar ilk defa 1940'lı yıllarda kullanılmıştır. Fiyatlarının yüksek olması, uygulanmasındaki teknik güçlükler ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle ticari uygulamalarda çok fazla yer almamıştır. Levha ürünlerine olan talebin artması ile beraber bu ürünlerden ayrılan serbest formaldehit miktarı ile ilgili sınırlamalar, yongalevha üretiminde izosiyanat tutkallarının kullanımına ön ayak olmuştur. Rutubete karşı gösterdikleri mükemmel direnç nedeniyle dış ortamlardaki uygulamalar için uygundur [80].

İzosiyanat tutkalları odun yüzeyini kolayca ıslatabilmekte ve düşük molekül ağırlığı sayesinde ağaç malzeme içersine iyi bir şekilde penetre olmaktadır. Fenol formaldehitden daha pahalı tutkallardır. Termal stabilitesi fenol formaldehit kadar iyi değildir, ancak daha hızlı sertleşir. Yapısındaki zehirli maddeler nedeniyle taşınmasında zorluklar olsa da, bu tutkalın en önemli avantajı, formaldehit emisyonunun olmayışıdır.

1.10.3. Diğer Yapıştırıcılar

Kazein, soya ve kan tutkalları yanında, tanen ve sülfat atık suyu da son zamanlarda yapıştırıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır [81].

Tanenler olarak bilinen doğal polifenoller, dış maksatlarda kullanılan tutkalların hammaddesini oluşturmakta, bunlar odun ve kabuklardan elde edilmektedir. Mimoza ve Kebrako, en önemli tanen kaynaklarıdır. Kebrako odun ve kabuktan ekstraksiyon yolu ile elde edilmektedir. Bu madde formaldehit ile reaksiyona tabi tutulduğunda, suya dayanıklı ve suda çözünmeyen bir reçine oluşmaktadır [81].

Ülkemizde yetişen Kızılçam (*pinus brutia*)'da yapıştırıcılar açısından araştırma konusu olmuştur. Çamex adı verilen çam kabuğu ekstraksiyonundan elde edilen bu tanenli tutkalların, yongalevha üretiminde yararlanma imkanlarının bulunduğu ortaya çıkarılmıştır [81].

Selüloz üretimi esnasında elde edilen sülfat atık sularının da yongalevha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılabilmesi ortaya konulmuştur. Bu metoda göre, sülfat atık suyunun ısı ve basınç altında yongalevhelerde suda çözünmeyen bir yapışma sağlayabilmesi için basit bir asitlendirme işlemine gerek vardır. Bu yapıştırıcı ile elde edilen yongalevhalar dış maksatlarda kullanılabilir [81].

1.10.4. Anorganik Tutkallar

Bunlar; çimento, alçı ve magnezit olup çoğunlukla inşaat sektöründe yalıtım için kullanılan levhalar ve çeşitli biçimdeki malzemeler ile özellikle son yıllarda ambalajlık kapların üretilmesinde kullanılmaktadır. Magnezyum ve Portland çimentosu kullanılarak çimentolu yongalevha üretilmektedir [44].

1.11. Katkı ve Dolgu Maddeleri

Yongalevha ve kontrplak endüstrisinde, sentetik reçinelere ilave edilmek sureti ile kullanılan katkı maddeleri; preste sertleşmeyi hızlandırma, tutkal viskozitesini ayarlama, stabilite sağlama, yanmayı geciktirme, sıcak presleme esnasında tutkaldan gaz çıkışını dengeleme, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özellikler de olabilirler [40].

Kontrplak endüstrisinde yapıştırıcı olarak, genel amaçlı kontrplaklar için ÜF, yapı kontrplakları için ise FF reçineleri kullanılmakta ve her iki tutkal türü için, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metodu ve pres şartlarına göre çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Genel olarak buğday, çavdar, patates, soya, mısır gibi proteinli ve nişastalı maddeler katkı, ligno selülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmaktadır.

1.11.1. Sertleştirici Maddeler

Yongalevha üretiminde kullanılan sertleştirici maddeler, kullanılan tutkal türüne göre değişiklik göstermektedirler.

Sertleşme reaksiyonu asidik kondenzasyon işleminin devam etmesidir. Reaktörde sertleşmeden kaçınılırken, aynı işlem tutkal hattında meydana gelmektedir. Asidik koşullara uyum sağlamak için ; sertleştirici ilavesi, doğrudan alüminyum sülfat gibi suda çözünen asidik madde ilavesi yada maleik asit, formik asit, fosforik asit gibi direk asit ilave edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan sertleştiriciler amonyum klorür ve amonyum sülfatdır. Odun kökenli levha ürünlerinde Almanya ve Avusturya'da korozyon problemlerine neden olduğundan ve dioksin oluşumundan şüphelenildiğinden amonyum klorür kullanımı azalmaktadır. Amonyum sülfat, sülfirik asit oluşturmak için tutkaldaki

formaldehitte reaksiyona girer ve böylece pH düşer. Düşük pH değeri mevcut serbest formaldehitin ve sertleştiricinin miktarına bağlı olarak belirli oranda oluşmakta ve sıcaklığın artması ile hızlandırılmaktadır [82, 83].

Üre formaldehit, fenol formaldehit ve melamin formaldehit reçinelerinin sertleştirilmesinde kullanılanlar ve kullanma şartları aşağıda açıklanmıştır.

Üre formaldehitin kullanımında, mutlaka bir katalizör maddeye ihtiyaç vardır. Bu maksatla genellikle amonyum klorür veya amonyum sülfat ilave edilmektedir [40, 44].

Melamin formaldehit, 90-140°C'de ki sıcaklıklarda sertleştirici karıştırılmaksızın sertleşebilmektedir. Sertleşmenin hızlandırılabilmesi için amonyum klorür veya potasyum persülfat gibi tuzlar kullanılabilir.

1.11.2. Hidrofobik Maddeler

Yongalevhalarda tutkal dışında boyutsal stabilite sağlamak ve levhanın su alarak şişmesini önlemek için çeşitli mumlar ve parafin kullanılmaktadır. En çok kullanılan hidrofobik madde parafindir. Genellikle, iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla % 0.3-0.5, yapraklı ağaçlarda ise % 0.5-1 oranında parafin kullanılmaktadır. Özellikle, % 0.2-0.3 oranında parafin kullanılması durumunda, levhanın şişme özelliklerinde dikkate değer bir azalış olduğu ve mekanik özelliklerde bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir [31].

1.11.3. Koruyucu Maddeler

Yongalevhalarda, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı, fenol ve pentaklorfenol tuzları, kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C) ve amonyaklı bakır arsenik gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır [84]. Yanmayı önleyici madde olarak ise; borat, çinko, arsenik, bakır, boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler tercih edilmektedir [31].

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

2.1.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada bir kontrplak fabrikasında oluşan odunsu atık ve artıkların doğrudan geri kazanım işlemleri incelenmiştir. Bu doğrultuda kontrplak atıklarındaki tutkalı ayırtırmak için hidrotermik işlem uygulama ve yongalama, hidrotermik işlemsiz doğrudan yongalama ve fabrika artığı olarak oluşan kaplama ve öz odunu artıklarını yongalama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelenerek geri kazanılan yongaların yongalevha üretim sanayiinde kullanılmak üzere uygun sonuçlar verip veremeyeceği araştırılmıştır.

Bu amaçla, deneme levhalarının üretiminde kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) soyma çekirdeği artıkları, kontrplak kırıntıları, kaplama atıkları kullanılmıştır.

2.1.1.1. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Odun Özellikleri

Fagaceae familyası türlerindedir. 30-40 m boy ve 100-150 cm çapa kadar ulaşabilmektedir. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. 80 yaşın üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzenli olmayan, iç kısımda dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun mevcuttur. Dağınık trahelidir. Yıllık halka sınırları, koyu renkli yaz odununda trahelerin az sayıda olması ile belirgindir. Traheler küçük çaplıdır.

Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmektedir. Yıllık halka sınırlarında kalın öz ışınları genişlemektedir. Sert ve ağır bir odunu vardır.

Çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi dolayısı ile dikkatli kurutulur. İşlenmesi kolaydır. Soyulabilir, kesilebilir, yapıştırma ve yüzey işlemlerinde güçlük yoktur. İyi boya ve vernik kabul eder.

Böcek ve mantarlara karşı çok hassas olup dayanıksızdır. Çabuk ardaqlanır. Diri odunu iyi empenye edilirken öz odunu kırmızı yürek oluşumundan dolayı empenye edilmez.

Geniş bir kullanım alanına sahiptir. Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri ve alet sapları yapımında, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levhası ve parke üretiminde, fiçı sanayiinde, karoser yapımında, lif, yonga ve kağıtlık odun olarak kullanılmaktadır.

Emprenye edildiği taktirde travers yapımında da kullanılır. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir [85].

2.1.1.2. Kontrplak, Kaplama ve Öz Odun Atıkları

Çalışmanın amacına uygun olarak, Tokat Erbaa'da bulunan EKS Kontrplak fabrikasından yongalevha üretiminde kullanılmak üzere atıklar temin edilmiştir. Tamamı kayın olan bu atıklar;

A) Kaplama atıkları

B) Soyma artığı olarak 12-15 cm çap arasındaki çekirdekler alınmıştır. Tamamı buharlanmış olan bu atıklarda kırmızı yürek oluşumu görülmüştür.

C) Kenar düzeltme işlemleri sırasında çıkan E1 sınıfı üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş kontrplak kırıntıları alınmıştır. Bu atıklar laboratuarda iki gruba ayrılmış, gruplardan biri önce hidrotermik işleme tabi tutulmuş sonra yongalanmış, diğer grup ise doğrudan yongalanmıştır.

D) Diğer taraftan baş kesme işlemleri sırasında ortaya çıkan diri odun ihtiva eden kısımları da kontrol grubu olarak yongalama işlemine alınmıştır.

Atıkların alındığı fabrikada, kontrplakların üretimi sırasında 12 kg/cm²'lik bir pres basıncı ve 110°C'lik bir pres sıcaklığı uygulanmıştır. Kontrplakların üretiminde kullanılan tutkal reçetesi ise şu şekilde hazırlanmaktadır:

100 br Tutkal (Üre Formaldehit Tutkalı)

14 br Un

1,1 br NH₃ (Amonyak)

1,5 br NH₄Cl (Nişadır)

1 br Üre gübresi

2.1.2. Tutkal

Deneme levhalarının üretimi için üretici firmadan sağlanan üre formaldehit tutkalına ilişkin bazı teknik özellikler aşağıda verilmiştir.

Üre Formaldehit Tutkalı:

Görünüş	Yarı saydam sıvı
Katı Madde Oranı(%)	55±1
Yoğunluk (20°C)	1,22-1,23 g/cm ³
Viskozite (20°C)	100-200 cps
Akma Zamanı (20°C)	25-45 sn
pH (20°C)	7,5-8,5
Serbest Formaldehit (%)	0,8 max
Jelleşme Zamanı (100°C)	15-25 sn
Depolama Zamanı (20°C)	90 gün

2.1.3. Sertleştirici Madde

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan tutkal çözeltisinde sertleştirici olarak, amonyum klorürün % 20'lik sulu çözeltisi kullanılmıştır.

2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

2.2.1. Hidrotermik İşlem

Soymadan kalan çekirdek, kontrplak kırıntıları, kaplama atıkları laboratuara getirilmiş ve gruplara ayrılarak çeşitli işlemlere tabi tutulmuştur. Çekirdek, kaplama atıkları ve kontrplak kırıntılarının üçte birlik kısmı doğrudan kaba yongalama makinesine verilmiştir. Kontrplak kırıntılarının kalan üçte ikilik kısmı ise öncelikle 15 cm boyunda 5 cm eninde parçalara bölünmüş, 110°C'de 20 dak. süre ile içerisinde su bulunan ve 15 lt. kapasiteli 25 kg/cm² basınca dayanıklı, otomatik ısı kontrollü, elektrikle ısıtılan ve dakikada 2 kez devir yapan laboratuvar tipi döner kazanda hidrotermik işleme tabi

tutulmuştur. Bu işlem sonrasında elde edilen materyal doğal kurutulmuş ve kaba yongalama makinesinde yongalanmıştır.

2.2.2. Yongaların Üretimi

Kaba yongalama işleminde kullanılan materyaller, kaba yongalama makinesinin kullanım talimatına uygun olacak şekilde 2,5 cm kalınlıkta biçilmiştir. Kaba yongalama işleminde; Robert Hildebrand marka, laboratuvar (20/6/2) tipi, iki bıçaklı bir kaba yongalayıcı kullanılmıştır. Makine silindirinin altında mevcut kesici ızgara sayesinde yaklaşık aynı boyutlarda yonga elde edilmektedir. Kaba yongalama makinesinde elde edilen yongalar; 6 çekiç, 16 bıçaktan oluşan bıçak halkalı ince yongalama makinesinde levha üretimi için uygun boyutlara getirilmiştir.

2.2.3. Yongaların Elenmesi

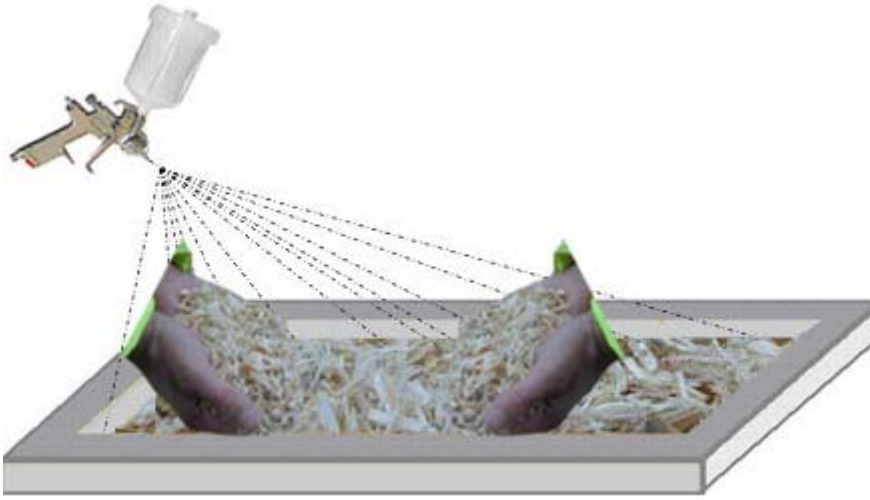
Yongaların tasnif edilmesinde Algemaier marka, yatay hareket eden dört kademeli bir elek kullanılmıştır. 3 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar tekrar ince yongalama makinesinde yongalanmışlardır. 3mm gözenekli elekten geçip 1,5 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar orta tabakada, 1,5 mm gözenekli elekten geçen 0,5 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar ise dış tabakalarda kullanılmak üzere tasnif edilmiştir.

2.2.4. Yongaların Kurutulması

Elenen yongalar, laboratuvar tipi bir kurutma fırınında 90°C’de %3 rutubete kadar kurutulmuşlardır.

2.2.5. Tutkallama

Yongaların tutkallanmasında 500 ml. kapasiteli, 18 mm uçlu, üstten hazneli tek enjektörlü hava tabancası kullanılmıştır. Tutkallama işleminde; tutkal yongalar üzerine hava tabancası ile püskürtülmüş ve yongalar el ile düzenli bir şekilde karıştırılarak homojen bir tutkallama sağlanmıştır.



Şekil 4. Yongaları tutkallama işlemi

Tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabaka için % 10, orta tabaka için ise %8 oranında tutkal kullanılmıştır. Hazırlanan tutkal çözeltisine sertleştirici madde olarak % 1 oranında % 20'lik amonyum klorür ilave edilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen deneme levhası tipleri Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme levhası tipleri

Levha Tipi	Açıklama
Kontrol	Kayın Tomruk ^a
A Grubu	Kayın Kaplama Atıkları ^b
B Grubu	Kayın Öz Odun Artıkları ^c
C Grubu	Kayın Kontrplak Atıkları ^d
D Grubu	Kayın Kontrplak Atıkları ^e
E Grubu	A-B-E Grupları Karışımı ^f

Not: ^a- 70°C'de buharlanmış kayın tomruğu, ^b- 100°C'de kurutma sonrası kayın kaplama atıkları, ^c- 70°C'de buharlanmış kayın odunu soyma sonrası çekirdek artığı, ^d- pişirme kazanında sadece su ile işlem görmüş ve ağırlıkça örnekle 1:1 oranında su koyulmuştur, ^e- kontrplak kırıntıları, ^f- % 33 kaplama, % 33 öz odun, %33 kontrplak kırıntıları

2.2.6. Levha Taslağının Hazırlanması

Levha taslağının hazırlanmasında 56,5x56,5 cm boyutlarında şekillendirme çerçevesi ve 1,8 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılmıştır. Üretilen levhaların dış tabakaları, levha kalınlığının % 35'ini, orta tabaka ise % 65'ini oluşturacak şekilde hazırlanmıştır. Levha özgül ağırlığı 0,68 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Presten çıkış rutubeti %8 olarak tayin edilmiştir. Çerçeve pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, önce tutkallanmış dış tabaka yongaları el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde serilmiş ardından tutkallanmış orta tabaka ve ardından diğer dış tabaka yongaları serilmiştir. Serme işleminden sonra yongalar şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla ile bastırılarak sıkıştırılmıştır. Şekillendirme tablası yavaş yavaş ve levha kenarlarına zarar vermeden çıkarılmıştır. Daha sonra levha taslağı üzerine üst pres sacı yerleştirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir.

2.2.7. Presleme

Levha taslakları; presleme alanı 70x89 cm olan, elektrikle ısıtılan laboratuvar tipi bir tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Preslemede 1.8 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılarak tüm levhaların homojen kalınlıklarda olmaları sağlanmıştır. Her levha tipinden 2'şer adet olmak üzere toplam 12 adet levha üretilmiştir. Pres sıcaklığı 149°C, pres süresi 10 dakika ve pres basıncı 23-25 kg/cm² olarak uygulanmıştır.

2.2.8. Presleme Sonrası İşlemler

Her gruptan levhalar preslendikten sonra tutkalın sertleşmeye devam etmesini sağlamak için, pres sacları arasında soğuyuncaya kadar bekletilmişlerdir. Bu şekilde soğuyan levhalar, TS 642 [86] standardına uygun olarak 18-22°C sıcaklık ve % 60-70 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında üç hafta süre ile bekletilmiş ve iklimlendirilen bu levhalardan denemeler için gerekli örnekler kesilmiştir.

2.3. Araştırma Yöntemi

Deneme levhalarının teknolojik özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1.Fiziksel Özellikler

2.3.1.1.Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık; yongalevhanın fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri olup, TS EN 323/1 (1999)' de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir. Örneklerin hava kurusu özgül ağırlık değerlerinin belirlenmesinde 1 Nolu eşitlik kullanılmıştır:

$$\delta = \frac{Mr}{a_1 x a_2 x e} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Burada;

δ = Hava kurusu haldeki özgül ağırlığı (gr/cm³)

Mr= Ağırlık (gr)

a₁= Örnek genişliği (mm)

a₂= Örnek uzunluğu (mm)

e= Örnek kalınlığı (mm)

2.3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarları EN 322' de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir [87]. 50x50 mm boyutlarında hazırlanan 20 adet örneğin ağırlıkları ± 0.01 g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra 103 \pm 2°C sıcaklıktaki bir etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kurutularak tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Örneklerin rutubet miktarının belirlenmesinde 2 nolu eşitlikten yararlanılmıştır:

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

Burada;

r = Deney parçasının sahip olduğu rutubet miktarı (%)

m= İklimlendirilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m₀= Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

2.3.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artışlarının belirlenmesi için, EN 317' de [88] belirtilen esaslara uygun olarak 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Örneklerin kalınlıkları tam orta noktasından ±0.01 mm duyarlıklı bir mikrometreyle ölçüldükten sonra 19-21°C sıcaklıktaki temiz suda, su yüzeyinden 25 mm aşağıda olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıklar ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek 3 Nolu eşitliğe göre kalınlık artışları (KA) tespit edilmiştir.

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (3)$$

Burada;

e_y= Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k= İklimlendirilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)

2.3.2.Mekanik Özellikler

2.3.2.1.Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi EN 310 [89] standardına uygun olarak yapılmıştır. 400x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı 18-22°C ve bağıl nemi % 60-70 olan bir iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerin

genişlikleri kumpas ile yükleme hattında bir, kalınlıkları ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde 2 noktanın ortalaması alınarak 0.01 mm duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anında itibaren 1-2 dak. içerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Örneklerin eğilme direnci değerlerinin belirlenmesinde 4 Nolu eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3xFL}{2xbd^2} \text{ kg/cm}^2 \quad (4)$$

Burada;

F= Kırılma anındaki maksimum kuvvet (kg)

L= Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d= Örnek kalınlığı (cm)

b= Örnek genişliği (cm)

2.3.2.2.Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü, EN 310 [89] standardına uyularak belirlenmiştir. Sıcaklığı 18-22°C ve bağıl nemi % 60-70 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilen 20 adet örneğin elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları belirlenmiştir. Deformasyon bölgesinde eğilme miktarı komparatör ile 0.01 mm ve kırılma anındaki maksimum yük makine göstergesinden 1 kg duyarlıkla belirlenmiştir. Örneklerin elastikiyet modülü (E) değerleri, 5 Nolu eşitlikten faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$E = \frac{FL^3}{4x\Delta ebxd^3} \text{ kg/cm}^2 \quad (5)$$

Burada;

Δe = Eğilme miktarı (sehim) (cm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (kg)

2.3.2.3.Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyi EN 319'da [90] belirlenen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her levha grubundan 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı 18-22°C ve bağıl nemi % 60-70 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilen örneklerin boyutları 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır. Kayın takoz yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış, sıkıştırma süresi bir gün olarak belirlenmiştir. Kırılmaları levha yüzeylerine çok yakın örnekler hesaplara dahil edilmemiştir. Yüzeye dik çekme direncinin hesaplanmasında 6 Nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$\sigma_{cd} = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (kg/ cm}^2\text{)} \quad (6)$$

Burada;

F_{\max} = Kırılma anındaki max kuvvet (kg)

A= Örnek enine kesit alanı (cm²)

2.3.3. Formaldehit Emisyonu

2.3.3.1. WKI - Şişe Yöntemi

Farklı rutubet koşullarına ulaşıncaya kadar iklimlendirilen kaplama levhalarından üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu değerleri, EN 717-3 [91] standardı uyarınca şişe yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu metoda göre, içerisinde 50 ml destile su bulunan 500 ml.lik polietilen şişelere, üretimi yapılan her yongalevha grubuna ait 25x25xlevha kalınlığı (mm) boyutlarındaki örneklerden rastgele seçilen 15-17 g ağırlıktaki numuneler bir lastik yardımıyla destile suya değmeyecek şekilde asılmış ve şişenin ağzı sıkıca kapatılmıştır (Şekil 5). Şişeler 40°C sıcaklıktaki fırında 3 saat tutulduktan sonra çıkarılmış ve içerisindeki örnekler uzaklaştırılarak kapakları kapalı şekilde 1 saat

soğumaya bırakılmıştır. Bu süre sonunda şişelerden alınan çözelti analiz edilerek yongalevhaların formaldehit emisyonu değerleri aşağıdaki 7 Nolu formüle göre belirlenmiştir.

$$F = \frac{(A_s - A_b) \times f \times 50 \times 10 \times (100 + R)}{M} \text{ mg} \quad (7)$$

Burada;

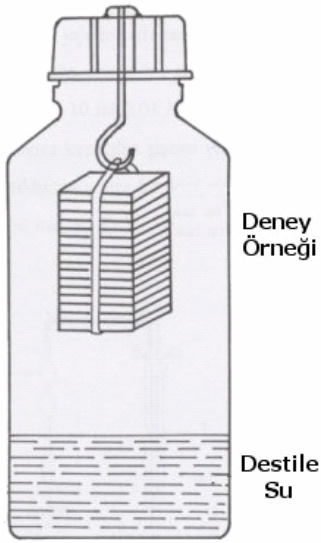
A_s : Ekstraksiyon çözeltisinin absorbanası

A_b : Kör deneyinin absorbanası

F : Kalibrasyon eğri faktörü

R : Levhanın rutubet miktarı

M : Örnek ağırlığı



Şekil 5. WKI – Şişe metodu deney düzeneği

2.3.3.2. Perferatör Yöntemi

Bu yöntemde ekstraksiyon yolu ile levha içindeki serbest formaldehit belirlenmektedir. Standartlara göre toluen içinde kaynatılan levha örneklerinden serbest formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltideki formaldehit miktarı fotometrik olarak belirlenerek tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır [92].

Bu yöntemde, yaklaşık olarak 110 ± 0.01 g ağırlıkta tartılan deney örnekleri perferatör cihazının cam balonu içine konulmuş ve bunun üzerine 600 ml toluen ilave edilmiştir. Cihazın gaz absorpsiyon şişesi yaklaşık 100 ml destile su ile doldurulmuş ve cihaza balonlu cam boru ile bağlanmıştır. Bu işlemden sonra soğutma ve ısıtma işlemi başlar. Ekstraksiyon süresi boyunca toluenin geri akışı dakikada 70-90 damla kadar olmalıdır. Ekstraksiyon işlemi toluenin sifo borusuna geri gelmesi ile başlar ve 2 saat devam eder. Sürenin sonunda perferatör içindeki su bir ölçü kabına alınmış ve ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2000 ml'lik balon jøjeye aktarılmıştır. Daha sonra balon joje içersindeki çözelti destile su ile 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın sadece toluen ile bir kör deneme yapılmıştır.

2000 ml'lik balon jøjede bulunan çözülden önce 10 ml alınarak destile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözeltinin 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10 ml 0.01 N asetil aseton ve 10 ml 0.01 N amonyum asetat ilave edilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40°C sıcaklıktaki bir su banyosunda 15 dakika süreyle bekletildikten sonra bir saat süreyle ışık almayan bir yerde soğutulmuştur. Bu çözeltilerin absorbans değerleri U.V. Spektrometre cihazında 412 nm'de fotometrik olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu absorbans değerleri kullanılarak 8 Nolu eşitlik yardımı ile örneklerin içerdikleri formaldehit miktarları tespit edilmiştir.

$$F = \frac{(A_s - A_b) \cdot f \cdot x(100 + R \cdot V)}{M} \text{ mg/100 gr tam kuru levha} \quad (8)$$

Burada;

A_s : Ekstraksiyon çözeltisinin absorbansı

A_b : Kör deneyinin absorbansı

F : Kalibrasyon eğri faktörü (EN 120'de belirtildiği gibi hesaplanır)

R : Levhanın rutubet miktarı

M : Örnek ağırlığı

V : Cam balonun hacmi (2000 ml)

2.3.4. Kimyasal Özellikler

2.3.4.1. pH Değerleri

Çalışma kapsamında kullanılan yongalevha gruplarına ait yongalar için pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. pH ölçümünde kullanılan yonga örnekleri TAPPI t m-45'e (93) göre hazırlanmıştır. Her test grubunu temsil eden yongalar Willey tipi değirmen ile öğütüldükten sonra 40 ve 60 mesh'lik eleklerde kademeli olarak elenmiş, 60 mesh'lik elek üzerinde kalan materyal kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır. Rutubetleri belirlendikten sonra, her test grubuna ait yaklaşık 5 gr odun örneği, içinde 150 ml destile edilmiş su bulunan bir erlenmayere yerleştirilmiş ve bir çalkalayıcı ile 24 saat çalkalanmıştır. Bu süre sonunda elde edilen çözelti bir vakum pompası yardımıyla süzülerek pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.3.4.2. Tampon (Buffer) Kapasitesi

pH ölçümleri için hazırlanan süzülmüş çözeltilerden 20 ml alınarak tampon kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu çözeltiler, pH değerleri 7'ye ulaşınca kadar 0.001 N'lik NaOH ile titrasyona tabi tutulmuş ve bu işlem için harcanan NaOH miktarı belirlendikten sonra, 9 Nolu formül yardımıyla tampon kapasiteleri hesaplanmıştır:

$$T.K. = \frac{N \times T \times I}{A \times K} \times 1000 \quad (9)$$

Eşitlikte;

T.K. : Tampon kapasitesi (ml/1000 g tamkuru odun)

N : Titrasyonda kullanılan NaOH çözeltisinin normalitesi (N) (0.001)

T : pH=7 oluncaya kadar çözeltiliye katılan NaOH miktarı (ml)

I : Çözeltideki su miktarı (ml)

A : Kullanılan odun örneğin ağırlığı (g)

K : Titrasyon için kullanılan çözelti miktarı (ml) (20 ml)' dir.

2.4. İstatistik Yöntemler

Örnekler üzerinde yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla basit varyans analizi uygulanmış ve değişkenlerin etkili olup olmadığı belirlenmiştir. Farkların anlamlı çıkması durumunda ortalama değerler Duncan testi yapılarak karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Özgül Ağırlık

Deneme levhalarının özgül ağırlıklarına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri (gr/cm^3)

Levha tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	0,667	0,016	2,40
A Grubu	0,681	0,026	3,82
B Grubu	0,680	0,024	3,53
C Grubu	0,662	0,031	4,68
D Grubu	0,679	0,029	4,27
E Grubu	0,682	0,018	2,64

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Üretilen yongalevha gruplarının özgül ağırlık değerleri, hedeflenen özgül ağırlık ($0,68 \text{ gr/cm}^3$) sınır değerleri arasında bulunmuştur. Levha gruplarının özgül ağırlık değerleri arasında bir fark gözlemlenmediğinden özgül ağırlık değerlerine basit varyans analizi yapılmamıştır.

3.1.2. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%)

Levha tipi	Suda bekletme süresi (saat)	\bar{X}	S	V
Kontrol	2	28,511	3,298	11,56747
	24	36,180	3,628	10,02764
A Grubu	2	30,162	3,401	11,27578
	24	35,754	4,019	11,2407
B Grubu	2	33,062	3,736	11,29998
	24	38,818	3,447	8,879901
C Grubu	2	20,082	2,867	14,27647
	24	25,152	3,948	15,69656
D Grubu	2	24,076	2,481	10,30487
	24	29,305	3,108	10,6057
E Grubu	2	22,795	1,775	7,786795
	24	28,797	2,305	8,004306

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Levhanın kalınlık artışı üzerine, üretilen levha grup etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Levha gruplarına göre kalınlık artışına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Grup	6261,479	5	1252,296	119,529	0,001
Süre	2494,779	1	2494,779	238,122	0,001
Grup*Süre	52,719	5	10,544	1,006	B.D.
Hata	2891,624	276	10,477		
Toplam	260493,437	288			

Varyans analizi sonucuna göre levha grupları arasındaki kalınlık artışı değerlerinin grup ve süre için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 0,001 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ancak grup ve süre birlikte incelendiğinde anlamlı olmadığı bulunmuştur. Kalınlık artışları arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla, levhalar arasında basit varyans analizi ile Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin duncan test sonuçları ($P \leq 0,001$)

Levha Tipi	\bar{X} (%) (2 saat)	\bar{X} (%) (24 saat)
Kontrol	28,511 c	36,180 c
A Grubu	30,162 c	35,754 c
B Grubu	33,062 d	38,818 d
C Grubu	20,082 a	25,152 a
D Grubu	24,076 b	29,305 b
E Grubu	22,795 b	28,797 b

Kontrol grubu ile A grubu kalınlık artışı miktarları 0,001 hata payı ile birbirinden farksız çıkmıştır. Aynı şekilde D ve E grubu kalınlık artışı miktarları 0,001 hata payı ile birbirinden farksız bulunmuştur. B ve C gruplarının kalınlık artışı miktarları ise 0,001 önem düzeyi ile hem birbirlerinden hemde diğer gruplardan farklı çıkmıştır. Ayrıca kontrol ve A grubunun kalınlık artımı miktarları 0,001 önem düzeyi ile D ve E grubunun kalınlık artımı miktarlarından farklı bulunmuştur.

3.1.3. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarları değerleri (%)

Levha tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	8,797	0,440	4,491
A Grubu	8,077	0,403	4,989
B Grubu	8,320	0,322	3,870
C Grubu	8,036	0,246	3,061
D Grubu	8,454	0,439	5,889
E Grubu	8,304	0,750	8,061

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Aynı koşullarda iklimlendirildiklerinden dolayı üretilen deneme levhalarının rutubet miktarları arasında bir fark belirlenmemiştir. Bu nedenle istatistiksel bir analiz uygulanmamıştır.

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarını eğilme dirençlerine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 8. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Levha tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	9,213	0,842	9,14
A Grubu	10,599	2,706	25,53
B Grubu	9,955	1,327	13,33
C Grubu	12,524	1,531	12,22
D Grubu	10,506	1,487	14,15
E Grubu	10,787	1,056	9,79

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Levha eğilme direnci üzerine levha grupları etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Levha gruplarının eğilme direnci üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	121,739	5	24,348	9,446	0,001
Gruplar içi	293,841	114	2,578		
Toplam	415,580	119			

Elde edilen varyans analizi sonucu ile levha gruplarının eğilme direnci üzerine etkisinin 0,001 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Eğilme dirençleri arası farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin duncan test sonuçları ($P \leq 0,001$)

Levha tipi	\bar{X}
Kontrol	9,213 a
A Grubu	10,599 b
B Grubu	9,955 ab
C Grubu	12,524 c
D Grubu	10,506 b
E Grubu	10,787 b

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. 0,001 hata payı ile A, B, D ve E gruplarının eğilme direnç değerleri birbirlerinden farklı bulunmuştur. C grubu eğilme direnç değeri ise 0,001 önem düzeyi ile diğer gruplardan farklı çıkmıştır.

3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 11’de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2)

Levha tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	1066,063	71,028	6,66
A Grubu	1565,796	337,831	21,58
B Grubu	1338,089	191,359	14,30
C Grubu	1717,875	146,513	8,53
D Grubu	1532,390	164,755	10,75
E Grubu	1530,093	181,821	11,88

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Levha eğilme direnci üzerine levha grup etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	5157566,4	5	1031513,276	26,063	0,001
Gruplar içi	4511804,5	114	39577,233		
Toplam	9669370,9	119			

Elde edilen varyans analizi sonucu ile levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkisinin 0,001 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ilişkin duncan test sonuçları ($P \leq 0,001$)

Levha tipi	\bar{X}
Kontrol	1066,063 a
A Grubu	1565,796 c
B Grubu	1338,089 b
C Grubu	1717,875 d
D Grubu	1532,390 c
E Grubu	1530,093 c

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. 0,001 hata payı ile A, D ve E gruplarının elastikiyet modülü değerleri birbirinden farksız bulunmuştur. Kontrol, B ve C gruplarının elastikiyet modülü değerleri ise 0,001 önem düzeyi ile hem birbirlerinden hem de A, D ve E gruplarının değerlerinden farklı çıkmıştır.

3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direncine ilişkin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 14’de verilmiştir. Denemeler $n = 20$ adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 14. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²)

Levha tipi	\bar{X}	S	V
Kontrol	0,111	0,009	8,11
A Grubu	0,242	0,036	14,88
B Grubu	0,126	0,012	9,52
C Grubu	0,258	0,048	18,60
D Grubu	0,330	0,075	22,73
E Grubu	0,258	0,064	24,81

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için basit varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Hesap	Önem derecesi
Gruplar arası	0,724	5	0,145	62,843	0,001
Gruplar içi	0,263	114	0,002		
Toplam	0,986	119			

Elde edilen varyans analizi sonucu ile levha gruplarının yüzeye dik çekme üzerine etkisinin 0,001 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direnci değerleri arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ilişkin duncan testi sonuçları ($P \leq 0,001$)

Levha tipi	\bar{X}
Kontrol	0,111 a
A Grubu	0,242 b
B Grubu	0,126 a
C Grubu	0,258 b
D Grubu	0,330 c
E Grubu	0,258 b

Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre levha tipleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. 0,001 hata payı ile A, C ve E gruplarının yüzeye dik çekme direnç değerleri birbirlerinden farksız çıkmıştır. Kontrol ve B grubunun yüzeye dik çekme direnci değerleri birbirlerinden 0,001 önem düzeyi ile farksız bulunmuştur. Ayrıca A, C ve E grupları ile kontrol ve B gruplarının yüzeye dik çekme direnci değerleri 0,001 hata payı ile birbirlerinden farklı çıkmıştır. C grubunun ise yüzeye dik çekme direnci değeri de bu gruplardan farklı bulunmuştur.

3.3. Formaldehit Emisyonu

Üretilen her levha grupları için formaldehit emisyonu miktarları perferatör ve şişe yöntemine göre belirlenmiştir. Deneme levhalarının formaldehit emisyonu değerleri Tablo 17' de verilmiştir.

Tablo 17. Deneme levhalarından ayrılan formaldehit miktarları

Levha Tipi	Perferatör Metodu (mg/100g Tam Kuru Levha)	Şişe Metodu (mg/100g Tam Kuru Levha)
Kontrol	55,4	7,05
A Grubu	42,1	7,15
B Grubu	51,3	9,46
C Grubu	32,8	4,90
D Grubu	34,2	5,02
E Grubu	46,9	8,53

Her bir grup için 2 formaldehit emisyonu değeri belirlenmiştir. Her bir grup ait 2 deney arasındaki farklar birbirine çok yakın olduğundan standart sapma değerleri hesaplanmamıştır.

3.4. Kimyasal Özellikler

Her bir levha grubunun üretiminde kullanılacak olan yongaların belirlenen pH ve tamponlama kapasitesi değerleri Tablo 18’ de verilmiştir.

Tablo 18. Yongaların pH ve tamponlama kapasitesi değerleri

Levha Tipi	pH	T.K. (ml/1000 g tam kuru odun)
Kontrol	5,90	2,78
A Grubu	6,7	1,40
B Grubu	6,25	1,81
C Grubu	5,42	5,64
D Grubu	5,2	6,38
E Grubu	5,90	3,42

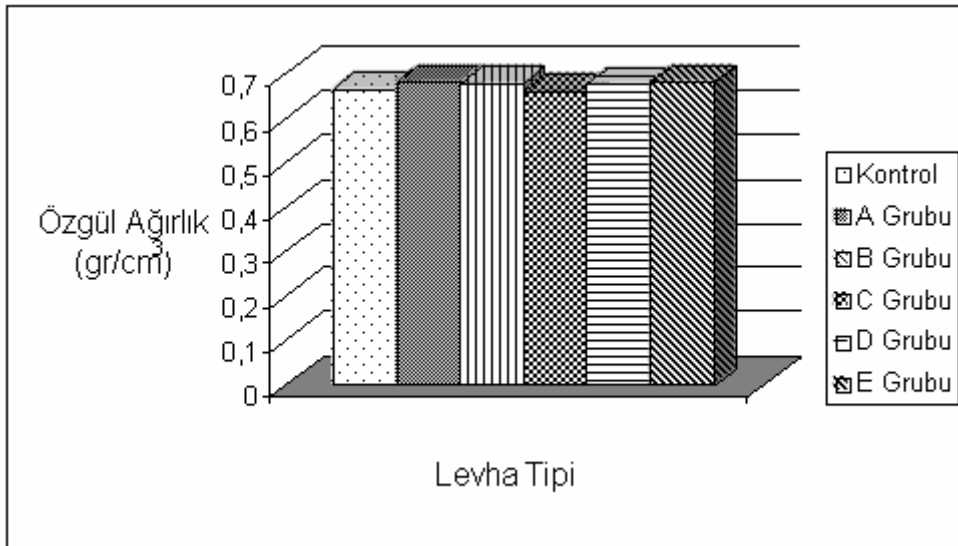
Her bir grup için 2 şer tekrarlı pH ve tamponlama kapasitesi deneyi yapılmıştır. Her bir grup ait 2 deney arasındaki farklar birbirine çok yakın olduğundan standart sapma değerleri hesaplanmamıştır.

4. İRDELEME

4.1. Fiziksel Özellikler

4.1.1. Özgül Ağırlık

Yapılan çalışmalar sonucu; üretilen yongalevha gruplarının özgül ağırlık değerleri, hedeflenen özgül ağırlık ($0,68 \text{ gr/cm}^3$) sınır değerlerine yakın bulunmuştur. Özgül ağırlık değerleri; kontrol grubunda $0,667 \text{ gr/cm}^3$, A grubunda $0,681 \text{ gr/cm}^3$, B grubunda $0,680 \text{ gr/cm}^3$, C grubunda $0,661 \text{ gr/cm}^3$, D grubunda $0,679 \text{ gr/cm}^3$, E grubunda ise $0,682 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Üretilen yongalevhalardan özgül ağırlığı diğerlerine göre bir miktar daha düşük olan grup C grubu ($0,662 \text{ gr/cm}^3$)'dur. C grubunda görülen özgül ağırlık düşüklüğünün nedeni tutkallama ve el ile serme esnasında oluşan kayıplardan kaynaklanabilir. Literatürde bir yongalevhanın özgül ağırlığının, odun yongasının özgül ağırlığından daha düşük olmasının memnuniyet verici bir sonuç olmadığı belirtilmektedir [94, 95, 96, 97]. Üretilen levha gruplarının özgül ağırlık değerleri şekil 6'da gösterilmiştir.

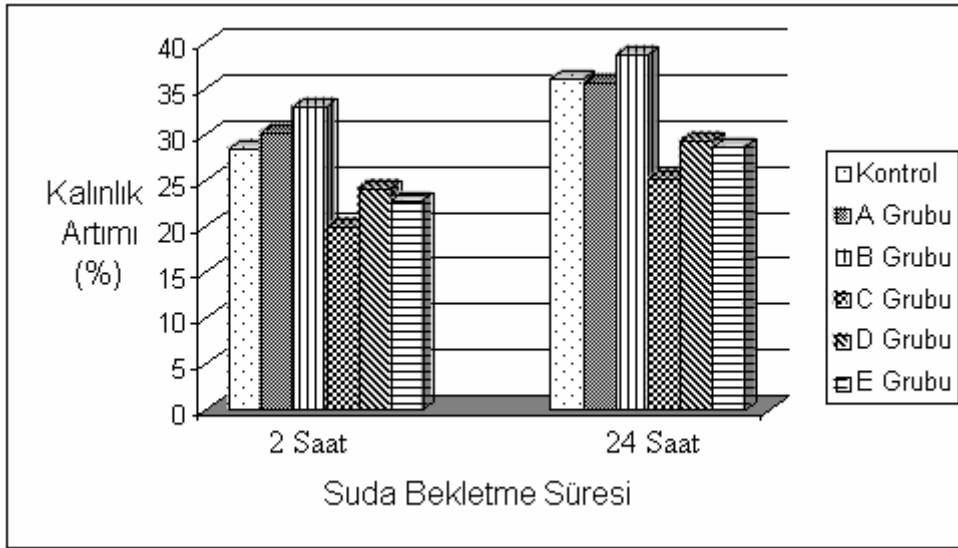


Şekil 6. Deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri

4.1.2. Kalınlık Artışı (Şişme)

Yapılan çalışmalar ve bu çalışmaların istatistiksel anlamda değerlendirilmesi sonucu üretilen yongalevha grupları arasında kalınlık artımı bakımından bir fark olduğu belirlenmiştir. Üretilen yongalevhalardan 2 ve 24 saat sürelerde kalınlık artımı en fazla soyma çekirdeğinden elde edilen levhalarda (B grubu) (2 saat %33,06; 24 saat %38,81) belirlenmiştir. Bu grubu sırasıyla A grubu (2saat %30,16; 24 saat %35,75), kontrol grubu (2 saat %28,51; 24 saat %36,18), D grubu (2 saat %24,07; 24 saat % 29,30), E grubu (2 saat %22,79; 24 saat 28,79), C grubu (2 saat %20,08; 24 saat %25,15) takip etmektedir.

Üretilen levha gruplarına göre elde edilen kalınlık artımı değerleri şekil 7' de gösterilmektedir.



Şekil 7. Üretilen levha gruplarına göre kalınlık artımı

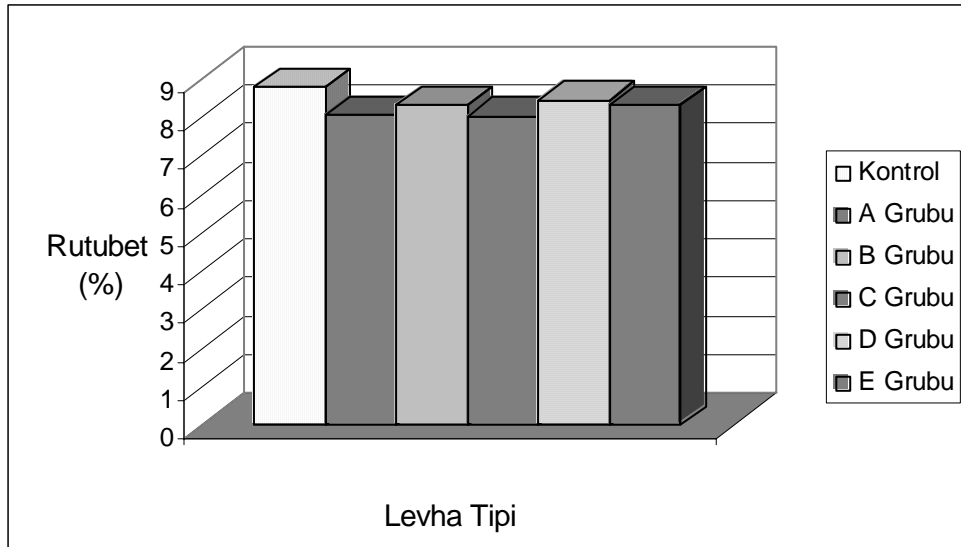
Şekil 7'de görüleceği üzere üretilen levha gruplarının kalınlık artımı değerleri iki grup halinde toplanmaktadır. Bu iki grup; yüksek kalınlık artımı değerleri veren kontrol, A ve B grupları ile bu gruplara göre daha düşük kalınlık artımı değerleri veren C, D ve E gruplarından oluşmaktadır. Bu sonuçlara dikkat edildiğinde, kontrplak kırıntıları ihtiva eden grupların (C, D, E) daha düşük kalınlık artımı değerleri verdiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak; kontrplakların üretimi aşamasında uygulanan sıcaklık, basınç ve tutkallama işlemleri ile hücrelerin sıkışması, ezilmesi ve tutkal ile kapanması neticesinde

kontrplak kırıntılarında üretilen grupların daha su itici bir özellik kazanmış olması gösterilebilir [98,99].

2 ve 24 saatlik sürelerde en düşük kalınlığına şişme oranı C grubunda görülmektedir. C grubu levhalar üretilmeden önce, yongaları bir pişirme kazanında 110°C’de 2 bar basınçta 20 dakika su ile hidro termik işleme tabi tutulmuştur. C grubunda görülen düşük kalınlığına şişme oranı bu pişirme işleminden kaynaklanabilir. Literatürde su ve su buharı ile muamele edildikten sonra ağaç malzemenin bünyesine su almak suretiyle genişleme kabiliyetinin azaldığı belirtilmektedir [81].

4.1.3. Rutubet Miktarı

Yapılan çalışmalar sonucu; deneme levhalarının rutubet miktarlarının % 8.03- % 8.79 arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen levha gruplarına göre elde edilen rutubet miktarları şekil 8’ de gösterilmektedir.



Şekil 8. Üretilen levha gruplarına göre rutubet miktarı

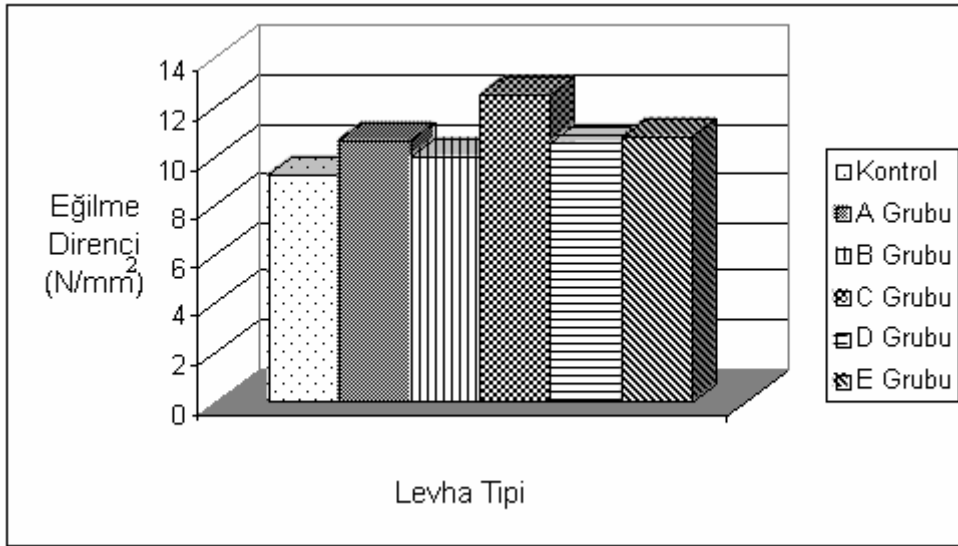
EN 312-1 (1996) nolu standartta yongalevhelerde rutubet miktarının % 9 ± 4 arasında olması öngörülmektedir. Levhalar bu bakımdan standartta belirtilen esaslara uymaktadır.

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci değerleri, istatistiksel olarak aynı homojenlik gruplarında bulunan kontrol ($9,21 \text{ N/mm}^2$) ve B grubunda ($9,95 \text{ N/mm}^2$) en düşük değerlerde bulunmuştur. En yüksek değer ise C grubunda ($12,52 \text{ N/mm}^2$) belirlenmiştir. Diğer grupların eğilme direnç değerleri ise sırasıyla D grubu ($10,50 \text{ N/mm}^2$), A grubu ($10,59 \text{ N/mm}^2$) ve E grubu ($10,78 \text{ N/mm}^2$) şeklinde belirlenmiştir.

Üretilen levha gruplarına göre elde edilen eğilme direnci değerleri şekil 9' da verilmiştir.



Şekil 9. Üretilen levha gruplarına göre elde edilen eğilme direnci değerleri

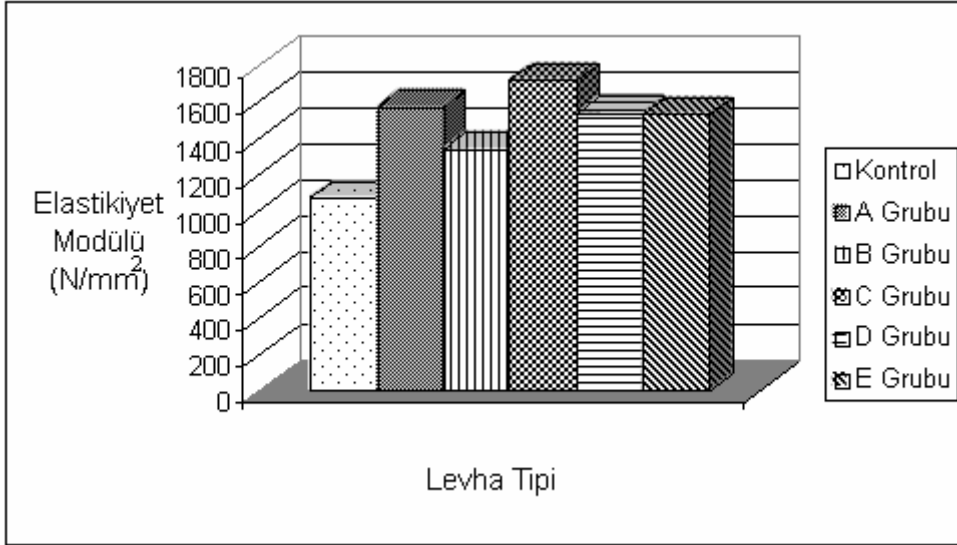
Yapılan çalışmalar sonucu, üretilen yongalevhaların eğilme direnç değerleri arasında çok büyük bir farklılık belirlenmemiştir. En yüksek eğilme direnci değerini bünyesindeki tutkalı çözmek için hidrotermik işlem uygulanmış kontrplak kırıntılarında üretilen C grubu levhaları vermiştir. Yapılan bir çalışmada bu tür bir hidrotermik işlem uygulanarak geri kazanılan yongalardan üretilen yongalevhaların daha iyi mekanik özellikler verdiği belirtilmiştir [2]. Ayrıca C grubu levhaların eğilme direnci değeri genel amaçlı yongalevha kullanım şartlarında belirtilen eğilme direnci standardında uygundur [100]. Kontrol ve B grubu değerlerinin düşük çıkması ise bu levhaların üretildiği ağaç malzemelere uygulanan

buharlama işlemi ile ilişkilendirilebilir. Nitekim literatürde buharlama işlemi görmüş ağaç malzemelerin mekanik özelliklerinde bir azalma olduğu belirtilmektedir [101]. A-B-D grupları karışımından üretilen E grubu değerleri beklenildiği gibi bu grupların eğilme direnci değerleri arasında çıkmıştır.

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü değerleri kontrol (1066,063 N/mm²) ve B grubunda (1338,089 N/mm²) en düşük değerlerde belirlenmiş daha sonra sırası ile E grubu (1530,093 N/mm²), D grubu (1532,390 N/mm²), A grubu (1565,796 N/mm²) ve en yüksek değer ise C grubunda (1717,875 N/mm²) bulunmuştur.

Üretilen levha gruplarına göre elde edilen elastikiyet modülü değerleri şekil 10' da verilmiştir.



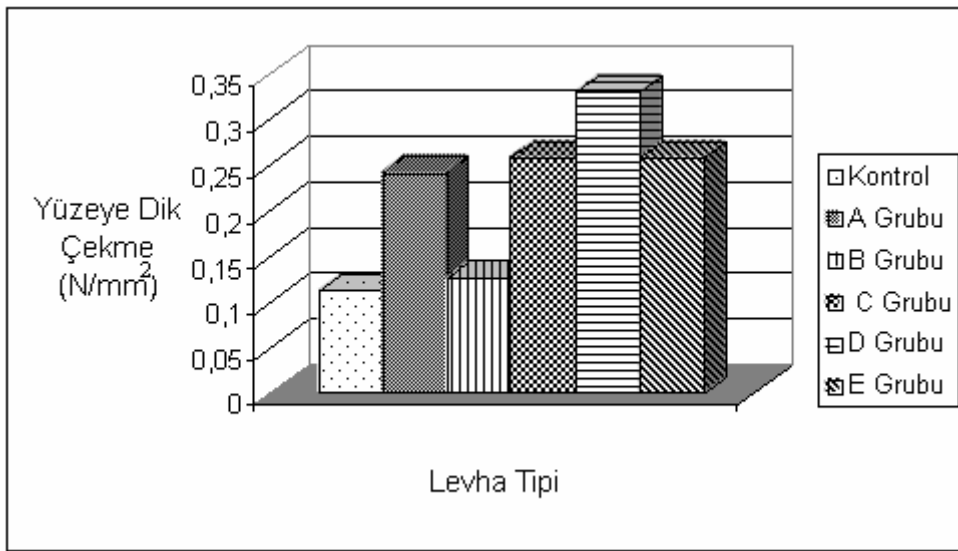
Şekil 10. Üretilen levha gruplarına göre elde edilen elastikiyet modülü değerleri

Burada da elde edilen değerler eğilme direnci değerleri ile doğrusal bir ilişki göstermiştir. Literatürde de eğilme direnci ile elastikiyet modülü arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirtilmektedir [102, 103]. Bu ilişki temel alındığında eğilme direnci için yapılan açıklamaların elastikiyet modülü için de geçerli olduğu söylenebilir.

4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci değerleri kontrol ($0,111 \text{ N/mm}^2$) ve B grubunda ($0,126 \text{ N/mm}^2$) en düşük değerlerde belirlenmiş, daha sonra sırası ile A grubu ($0,242 \text{ N/mm}^2$), C grubu ($0,258 \text{ N/mm}^2$), E grubu ($0,258 \text{ N/mm}^2$) ve en yüksek değer D grubunda ($0,330 \text{ N/mm}^2$) belirlenmiştir.

Üretilen levha gruplarına göre elde edilen yüzeye dik çekme direnci değerleri şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Üretilen levha gruplarının yüzeye dik çekme direnci değerleri

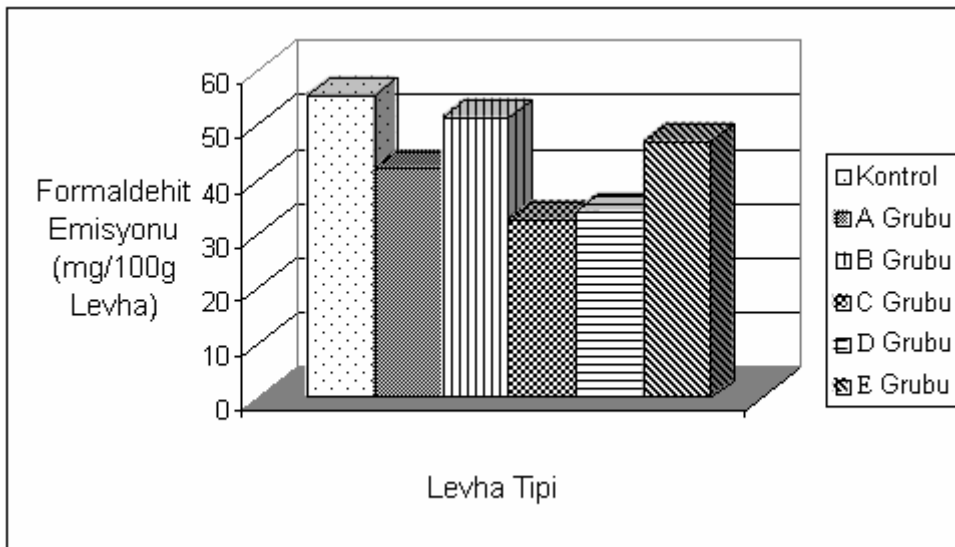
Kontrplak atıklarından oluşan D grubunun yüzeye dik çekme direnci değeri C grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni olarak, C ve D grubu yongalarının pH değerleri birbirine yakın olmasına karşın D grubu yongalarının tamponlama kapasitesinin diğerlerinden yüksek oluşu gösterilebilir. Çünkü böyle bir durum, D grubu yongaları asidik durumdan nötr (pH=7) duruma getirebilmek için daha fazla alkali (NaOH) kullanıldığının yani asit ortamda daha fazla kaldığının göstergesidir. Literatürde de yüksek alkalilik gösteren odunların yapıştırılmasının güç olduğu belirtilmektedir [104]. Ayrıca D grubunda elde edilen yüzeye dik çekme direnci değeri ($0,330 \text{ N/mm}^2$) genel amaçlı yongalevha kullanım şartlarında belirtilen yüzeye dik çekme direnci standardına uygundur [100]. En düşük değerleri ise yonga üretiminden önce buharlama işlemi görmüş olan kontrol ve B grupları vermiştir.

4.3. Formaldehit Emisyonu

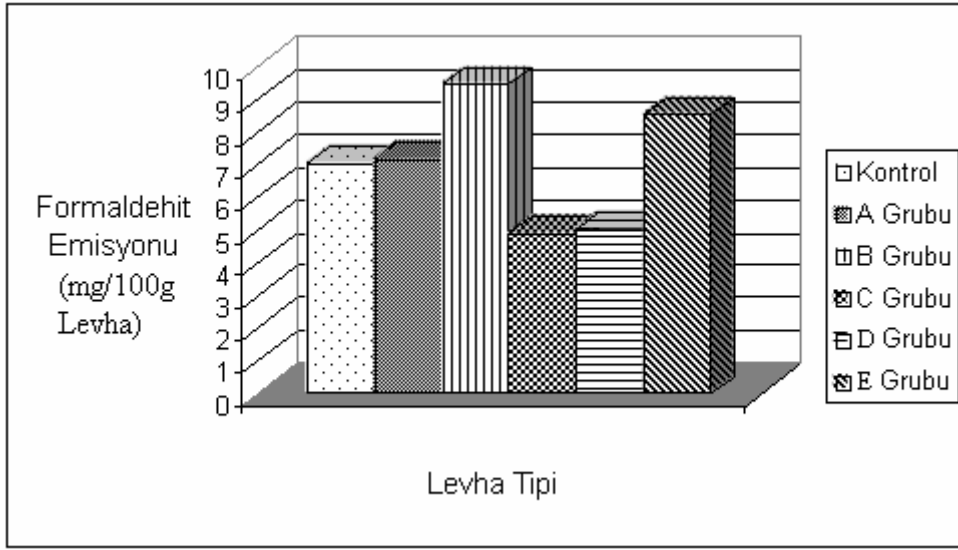
Deneme levhalarının formaldehit emisyonu değerleri iki ayrı yöntemle belirlenmiştir. Perferatör yöntemi ile yapılan ölçümlerde ekstraksiyon sonunda kontrplak kırıntılardan üretilen yongalevhaların en düşük formaldehit emisyonu değerini verdiği görülmüştür. Levha gruplarının formaldehit emisyonu değerleri sırası ile C grubu levhalar (perferatör yöntemi 32,8 mg; şişe yöntemi 4,90 mg), D grubu levhalar (perferatör yöntemi 34,2 mg; şişe yöntemi 5,02 mg), A grubu levhalar (perferatör yöntemi 42,1 mg; şişe yöntemi 7,15 mg), E grubu levhalar (perferatör yöntemi 46,9 mg; şişe yöntemi 8,53 mg), kontrol grubu levhalar (perferatör yöntemi 55,4 mg; şişe yöntemi 7,05 mg), B grubu levhalar (perferatör yöntemi 51,3 mg; şişe yöntemi 9,46 mg) şeklinde belirlenmiştir.

Kaplama, soyma çekirdeği ve kontrplak kırıntılardan üretilen yongalevhanın (E grubu) formaldehit değeri, kontrol (A grubu) ve soyma çekirdeklerinden (B grubu) üretilen yongalevhaların formaldehit değerlerinden farklı değildir. Tamponlama kapasitesi düşük olan ve pH değeri yüksek olan (Kontrol, A ve B grupları) yongalardan üretilen levhaların formaldehit miktarları daha yüksek bulunmuştur. Nitekim literatürde, pH değeri yüksek ağaç türlerinden üretilen levhaların daha yüksek formaldehit emisyonu değeri verdiği belirtilmektedir [105]. Bu bakımdan bulunan sonuçlar normaldir.

Üretilen levhaların perferatör ve şişe yöntemleri kullanılarak elde edilen değerleri şekil 12 ve şekil 13’de verilmiştir.



Şekil 12. Perferatör yöntemi ile elde edilen formaldehit emisyonu miktarları



Şekil 13. Şişe yöntemi ile elde edilen formaldehit emisyonu miktarları

Şişe yöntemi ile elde edilen formaldehit emisyonu değerleri, perferatör sonuçları ile karşılaştırıldıklarında benzerlik arz ettikleri görülmekte fakat tam olarak aynı sonuçlar elde edilememektedir. Perferatör yöntemi sonuçları hammaddenin kimyasal yapısı, rutubeti gibi faktörlerden etkilendiğinden dolayı şişe yöntemi ile birebir aynı sonuçlar elde edilememesi normaldir.

Kaplama atıkları buharlama işleminden sonra ayrıca bir teknik kurutma işlemine tabi tutulmuş ve buda A grubu levhalarda formaldehit emisyonu değerini bir miktar artırmıştır. Bu nedenle, doğal olarak kurutulmuş malzemedan üretilen kontrol grubuna göre daha yüksek formaldehit emisyonu değeri vermiştir. Yapılan bir çalışmada da teknik kurutulmuş kaplamalardan ayrışan formaldehit miktarının doğal olarak kurutulanlardan daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir [106]. Bu nedenle buharlama işleminin yanısıra kurutma işleminin de formaldehit emisyonu üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Geri kazanılan yongalardan üretilen D grubu herhangi bir hidrotermik işlem görmeden doğrudan yongalanarak levha üretilmiştir. Bu grubun formaldehit emisyonu miktarları C grubundan sonra en düşük değerdir. Bunun nedeni olarak; daha önce yüksek sıcaklık ve basınç altında bir presleme işlemi görmüş levhanın yongalandıktan sonra tekrar yüksek sıcaklık ve basınç altında preslenmesi ve bu sayede yapısındaki serbest formaldehitin uzaklaştırılması gösterilebilir. Literatürde de pres sıcaklık ve süresinin artırılmasının formaldehit emisyonunda bir azalmaya neden olduğu belirtilmektedir [107].

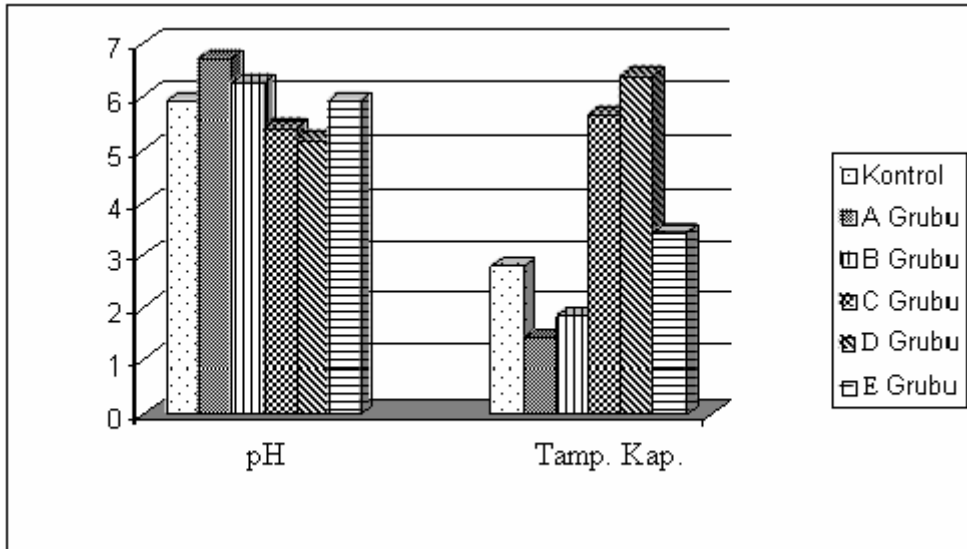
En düşük formaldehit emisyonu değerinin C grubunda görülme nedeni olarak ise; ısı ile ayrışma esnasındaki hidroliz ve geri kazanılmış materyallerde kalan üre tutkalı artıklarının tamponlama kapasitesi gösterilebilir. Nitekim yapılan bir çalışmada, herhangi taze yonga veya lif kullanmadan geri kazanılmış yonga ve liflerle üretilen levhaların esas ürünle benzer hatta formaldehit emisyonu dahil olmak üzere daha iyi teknik özellikler verdiği belirlenmiştir [2].

4.4. Kimyasal Özellikler

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan yongaların pH ve tamponlama kapasitesi değerlerine bakıldığında, en yüksek pH değerleri kaplama (6,7) ve soyma çekirdeği artıklarının yongalarında (6,25) görülmüştür. Diğer gruplar ise sırası ile; D grubu (5,2), C Grubu (5,42), E ve Kontrol grubu (5,90) olarak belirlenmiştir.

Tamponlama kapasitelerine bakıldığında ise, en yüksek tamponlama kapasitesi değeri D grubunda (6,38) görülmüştür.

Levhaların üretiminde kullanılan yongalara ait pH ve tamponlama kapasitesi değerleri şekil 14' de verilmiştir.



Şekil 14. Yongalara ait pH ve tamponlama kapasitesi değerleri

Bilindiği gibi, odunun pH ve buffer kapasitesi; odun rutubeti, ağaç yaşı ve yetişme yeri yanında odunun depolanması ile uygulanan buharlama ve termik işlemler gibi bir çok faktöre bağlı bulunmaktadır [104]. Bütün grupların hammaddesi kayın odunu olmasına rağmen, yongalanmadan önce atıkların gormuş olduğu işlemler, pH ve tamponlama kapasitelerinin farklı bulunmasına neden olmuştur. Bunun nedeni olarak ise termik-hidroliz işlemlerle meydana gelen biokimyasal yada kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan organik asitler gosterilebilir [108]. Ayrıca literatürde, aynı cins ağacın farklı türlerinin pH değerleri arasında bile buharlama işleminin etkisinin farklılık gosterdiği belirtilmektedir. Örneğin, pH değerleri 5,3-6,05 arasında olan Avrupa kayını odununda buharlama işleminden sonra 3,85-4,2 arasında pH değerleri elde edilmiştir. Bir başka kayın türü olan doğu kayınında buharlama öncesinde 4,73 olarak tespit edilen pH değerleri 100 saatlik buharlamadan sonra 5,28'e yükselmiştir [81]. Kontrplak kırıntıları ihtiva eden grupların (C, D ve E Grubu) pH değerleri daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni olarak ise; tutkal olarak üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak NH₄Cl (amonyum klorür) kullanılarak üretilen kontrplakların yapışma işlemi sırasında formaldehit ile amonyum klorürün reaksiyona girerek HCl (hidroklorik asit) gibi kuvvetli bir asit meydana getirmesi gosterilebilir [104]. Meydana gelen bu kuvvetli asitin pH değerini düşürmesi normaldir.

5. SONUÇLAR

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Özgül Ağırlık

Odun türü olarak kullanılan kayın odununun özgül ağırlığında hesaba katılarak hedeflenen özgül ağırlık değeri günümüzde sanayinde genelde tercih ettiği $0,68 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu üretilen levhaların özgül ağırlık değerleri, üretimden önce hedeflenen özgül ağırlık değerine yakın bulunmuştur.

5.1.2. Rutubet Miktarı

Yapılan çalışmalar sonucu; deneme levhalarının rutubet miktarlarının % 8.03- % 8.79 arasında değiştiği belirlenmiştir. EN 312-1 nolu standartta yongalevhelerde rutubet miktarının % 9 ± 4 arasında olması öngörülmektedir [109]. Levhalar bu bakımdan standartta belirtilen esaslara uymaktadır.

5.1.3. Kalınlık Artışı Oranı

1. Üretilen levhaların kalınlık artışı değerleri arasında bir fark olduğu belirlenmiştir. Levha grupları üretilmeden önce uygulanan işlemlerin kalınlık artımı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

2. 2 ve 24 saatte en yüksek kalınlığına şişme oranları soyma çekirdeği artıklarından üretilen yongalevhada (B Grubu) görülmüştür.

3. Yongalama yapılmadan önce kontrplak atıklarına uygulanan hidrotermik işlemin kalınlık artımı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. 2 ve 24 saatte en düşük kalınlığına şişme oranı C grubunda görülmüştür.

4. Kontrol, kaplama ve soyma çekirdeği artıklarından üretilen levhaların (Kontrol, A ve B Grubu) kalınlık artışı oranları birbirine yakın bulunmuştur.

5. Kontrplak kırıntıları kullanılarak üretilen levha gruplarının kalınlık artışı oranları birbirine yakın çıkmıştır (C, D ve E Grubu).

6. Kontrplak kırıntıları kullanılarak üretilen levha gruplarında 2 ve 24 saatte kalınlığına şişme oranları diğer gruplardan daha düşük bulunmuştur.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

1. 18 mm kalınlığındaki yongalevhelerde eğilme direncinin en az genel kullanım için 11.5 N/mm^2 , mobilya üretimi için 13 N/mm^2 , yük taşımada kuru şartlar için 15 N/mm^2 , nemli şartlar için 16 N/mm^2 , ağır yük taşımada ise kuru şartlar için 18 N/mm^2 ve nemli şartlar için ise 20 N/mm^2 olması öngörülmektedir [110, 111]. Yapılan eğilme direnci deneyleri sonucunda deneme levhalarının kuru ve nemli şartlarda yük taşımak için uygun özellik taşımadığı belirlenmiştir. Kontrplak kırıntılarından üretilen levhaların (C Grubu) genel kullanım için uygun olduğu saptanmıştır.

2. Elastikiyet modülü değerlerinin 18 mm kalınlığındaki levhalarda en az; mobilya üretimi için 1600 N/mm^2 , yük taşımada kuru şartlar için 2150 N/mm^2 , nemli şartlar için 2400 N/mm^2 , ağır yük taşımada ise kuru şartlar için 3000 N/mm^2 ve nemli şartlar için ise 3100 N/mm^2 olması öngörülmektedir. Yapılan deneyler sonucunda deneme levhalarının kuru ve nemli şartlarda yük taşımak için uygun özellik taşımadığı belirlenmiştir. C grubu levhaların mobilya üretimi için uygun olduğu belirlenmiştir.

3. Üretilen yongalevhelerde en yüksek eğilme direnci değerini hidrotermik işleme maruz bırakılan C grubu levhaları vermiştir.

4. Üretimden önce buharlama işlemi uygulanmış gruplar daha düşük eğilme direnci değerleri vermiştir.

5. Kontrplak kırıntılarından üretilen D grubu, C grubuna nazaran daha düşük eğilme direnci değerleri vermiştir.

6. En düşük eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri kontrol ve soyma çekirdeği artığından üretilen levhalarda (Kontrol ve B Grubu) belirlenmiştir.

5.2.2. Yüzeye Dik Çekme Direnci

1. Standartlarda en düşük yüzeye dik çekme direncinin 18 mm kalınlığındaki yongalevhelerde genel kullanım için 0.24 N/mm^2 , mobilya üretimi ve yük taşımada kuru şartlar için 0.35 N/mm^2 , nemli şartlar için 0.45 N/mm^2 , ağır yük taşımada ise kuru şartlar için 0.50 N/mm^2 ve nemli şartlar için ise 0.70 N/mm^2 olması öngörülmektedir [110, 111]. Yapılan yüzeye dik çekme direnci deneyleri sonucunda deneme levhalarının yük taşımada nemli şartlar için ve ağır yük taşımada hem nemli hemde kuru şartlar için uygun özellik taşımadığı belirlenmiştir. Fakat kontrplak kırıntılarında üretilen levha gruplarının (C, D ve E Grubu) genel kullanım amaçlı değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

2. En yüksek yüzeye dik çekme direnci doğrudan kontrplak kırıntılarında üretilen levhalarda (E grubu) görülmüştür.

3. En düşük yüzeye dik çekme direnci kontrol ve soyma çekirdeği artığından üretilen (B Grubu) levhalarda görülmüş, buharlama işleminin mekanik özellikler üzerindeki olumsuz etkisi belirlenmiştir.

4. Kaplama atıklarından üretilen levha grubu (A Grubu) standartlarda genel kullanım için belirtilen yüzeye dik çekme direncine yakın bulunmuş fakat tam olarak değeri karşılamamıştır.

5. Tamponlama kapasitesinin artışının yüzeye dik çekme direncini artırdığı belirlenmiştir.

5.3. Formaldehit Emisyonu

1. Üretilen levha grupları üzerinde farklı iki yöntem kullanılarak yapılan formaldehit emisyonu tayinlerinde en yüksek değeri veren grup soyma çekirdeği artıklarından üretilen levha grubu (B grubu) olmuştur. En düşük formaldehit emisyonu değerini veren grubun ise kontrplak kırıntılarında üretilen (C Grubu) grup olduğu belirlenmiştir.

2. Buharlama işlemi görmüş malzemelerden üretilen levhaların formaldehit emisyonu daha yüksek çıkmıştır.

3. Buharlama işlemi gördükten sonra teknik kurutulan malzemedan üretilen levhaların formaldehit emisyonu değeri, buharlama işlemi gördükten sonra doğal kurutulan malzemedan üretilen levhanın formaldehit emisyonu değerine göre daha yüksek bulunmuştur.

4. İkincil üretimden önce, ilk üretimleri esnasında da belirli bir pres sıcaklığı ve pres süresi görmüş kontrplak atıklarından üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu değeri diğer levhalara göre daha düşük belirlenmiştir.

5. Hidrotermik işlem ile ayrıştırma uygulamasının formaldehit emisyonunu azalttığı belirlenmiştir.

6. pH değerinin yüksek yongalardan üretilen levhaların daha yüksek formaldehit emisyonu gösterdiği belirlenmiştir.

5.4. Kimyasal Özellikler

1. Deneme levhalarının üretiminde kullanılacak yongaların pH değerleri farklı bulunmuştur.

2. En düşük pH değeri kontrplak kırıntılarının doğrudan yongalanmasının ardından elde edilen yongalarda görülmüş ve bu grup yongaların tamponlama kapasitesi de en yüksek değeri vermiştir.

3. Kontrplak kırıntıları ihtiva eden grupların (C, D ve E grupları) pH değerleri diğer gruplardan daha düşük bulunmuştur.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada; kontrplak endüstrisinde oluşan atık malzemelerin, yongalevha üretimi için hammadde olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Günümüzde tüketim malları haline gelen mobilyaların üretiminde kullanılan odun esaslı levha ürünlerinin yaşam döngüsü modanın bir sonucu olarak gün geçtikçe kısalmaktadır. Dekoratif zeminler için kullanılan laminat levhaların kullanım süresinin, yaklaşık olarak 10-15 yıl olduğu tahmin edilmektedir. Bu değişimler nedeniyle, hala kullanılabilir ürünler bile yakın gelecekte büyük bir katı atık sorunu haline gelebilecektir.

Dönüştürülen odun esaslı ürünler katı atık sorununu çözmeye ve dolayısı ile çevreye bırakılacak atık miktarını azaltmada önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca son zamanlarda artan hammadde fiyatları ve hammaddeye ulaşma sıkıntısını çözmeye de yardımcı olacaktır. Dolayısı ile bu tür geri dönüşüm işlemlerine önem gösterilmesi hem çevremiz, hem de milli sermayemiz adına önemli katkılar sağlayacaktır. Ülkemizin özellikle AB'ye giriş sürecinde, çevreyle ilgili vereceği sınavda bu sorun karşımıza çıkacak ve gerekli tedbirleri almamız gerekecektir.

Kalite ve miktar faktörleri atık odunların yeniden kullanılabilirliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Ahşap geri dönüşüm endüstrisini anlamak ve en uygun teknikleri geliştirerek, bu kaynakları ekonomik şekilde kullanmak için odun atıklarını her yönüyle ele alabilecek şekilde doğru bilgilere ulaşmakla mümkündür. Bu bilgiler, odunun geri dönüşüm endüstrisini geliştirmek için en uygun endüstriyel planlamayı yapmaya ve arazilere bırakılan atık odunların azalmasına yardımcı olacaktır.

Odun atıklarının elden çıkarılmasının planlanması ve elden çıkarılan atıkların verimli bir şekilde değerlendirilebilmesi için geri dönüşüm merkezi kurmak, kaynak sağlamak, kalite kontrol, teknoloji geliştirmek, atıkların toplanması gibi işlemler üzerinde durulması gerekmektedir. Böylesine bir işlemde başarılı olabilmek için çözülmesi gereken başlıca engeller; alt yapı, kirlilik, pazar, kaynak gizliliği, yasa ve kanunlara uyumdur. Odun atıklarının büyük boyutta geri dönüşümü için öncelikli olarak bu engellerin üstesinden gelinmelidir.

Bu çalışmada; bir kontrplak fabrikasında oluşan atık ve artıkların değerlendirilmesi üzerine araştırmalar yapılmış, oluşan bu atık ve artıkları arazilere bırakmak yada yakmak yerine yeniden endüstri içersinde değerlendirilebileceği görölmüştür. Kontrplak kırıntılarından üretilen yongalevhalar, kontrplak üretimi sırasında oluşan diğer atıklardan üretilen yongalevhalarından formaldehit emisyonu da dahil olmak üzere daha iyi teknolojik özellikler vermiştir. Bu nedenle yongalevha sektöründe hammadde olarak kontrplak kırıntılarının kullanılması önerilebilir. Ayrıca bu araştırmanın sadece fabrika kapsamlı değil; evlerde, işyerlerinde, vb. yerlerde oluşan ahşap atıkları üzerinde de ek bir çalışma yapılarak bu tür malzemelerinde geri kazanımı hakkında bir araştırma yapılması önerilebilir.

Ülkemizde halen ahşap levha üretim sektöründe ve üretim sonrası kullanım süresi sonunda atılan odunsu malzemelerle ilgili bir kayıt yada bilgi bulunmamaktadır. Kapsamlı bir anket çalışması ile üretim öncesi, üretim sırası, üretim sonrası ve kullanım ömrü sonunda yılda nekadard odunsu malzemelerin atık olarak elden çıkarıldığı konusunda bilgi toplanması ve bunların geri dönüşümü konusunda araştırmalar yapılması önerilebilir.

7. KAYNAKLAR

1. Hacıoğlu, H., Kaplan, E., Balı, R. ve Cilan, S., Yuvarlak Odun Üretim ve Pazarlaması, 1. Çevre ve Ormancılık Şürası, Mart 2005, Antalya, Cilt 3, s 804-840.
2. Michanicki, A., Recovery of Fibers and Particles From Wood-Based Products, The Use of Recyled Wood and Paper in Building Application Conference Proceedings, September 9-11, Madison, Wisconsin, 1996, p115-119.
3. Çolak, S., Demirkır, C. ve Çolakoğlu G., Odun Kökenli Atıkların Hammadde ve Enerji Kaynağı olarak Değerlendirilmesi, 1. Çevre ve Ormancılık Şürası, Mart 2005 Antalya, 3. Cilt, s 1009-10017.
4. Warnken, M., Utilisation Options for Wood Waste: A Review of European Technologies and Practices, Goldstein Report, 2001.
5. Glover, J., Which is Better? Steel, Concrete or Wood: A Comparison of Assesments On Tree Building Materials in the Housing Sector, Fourth Year Thesis, University of Sydney, Department of Chemical Engineering, 2000.
6. Anonim, Feedstock Specifications for UK Wood Recycling Applications, WRAP The Waste and Resources Action Program, UK, 2004.
7. Anonim, Wood Waste Arisings in Scotland, Assessment of Available Data on Scottish Wood waste arisings, Remade Scotland, Scotland, 2002.
8. Mckeever, D.B., Changes in the U.S. Solid Waste Wood Resource from 1990 to 1998, USDA Forest Service, Forest Product Laboratory, Wisconsin, 1999.
9. Tillman, D. A., The Combustion of Solid Fuels and Wastes, Academic Press, San Diego, 1991.
10. Plume, G.D., Reclaimed Timber: A Modern Construction Material, The Use of Recyled Wood and Paper in Building Application Conference Proceedings, September 9-11, Madison, Wisconsin, 1996, p 104-107.
11. Anonim, Evaluation of The Market Development Potential of The Waste Wood and Wood Products Reclamation and Reuse Sector. The Waste and Resources Action Program (WRAP), Banbury, 2004.

12. Anonim, Options for Increasing The Recovery of Panelboard Waste, WRAP (The Waste and Resources Action Program), June 2005.
13. Mckeever, D.B., Resource Potantial of Solid Wood Waste in the United States, The Use of Recyled Wood and Paper in Building Application Conference Proceedings, September 9-11, Madison, Wisconsin, 1996, p 13-20.
14. Franke, R., Zum Recycling von Holzspanplatten und mitteldichten Faserplatten
Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Fachbereichs für
Forstwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen,
1999.
15. Möller, A., Plattenförmiger oder geformter Holzwerkstoff, Weltorganisation für
geistiges Eigentum, internationales Aktenzeichen: PCT/DE93/00558, 1994.
16. Roffael, E., Kharazipour, A. and Nonninger, K., Verfahren zur Herstellung von
Holzspan- und Faserplatten, DE-OS 4428119, 1994.
17. Michanicki, A. and Boehme, C., Verfahren zur Wiedergewinnung von Spänen und
Fasern aus Holzwerkstoffreststücken, Altmöbeln, Produktionsrückständen, Abfällen
und anderen holzwerkstoffhaltigen Materialien, 1995, DE-OS 195 09 152 A 1.
18. Barrie, J., Specifying Recyled Wood for New Construction, The Use of Recyled Wood
and Paper in Building Application Conference Proceedings, September 9-11, Madison,
Wisconsin, 1996, p 137-139.
19. Kearley, V. and Goroyias G., Wood Panel Recycling at a Semi-Industrial Scale In:
Proceedings of the Eighth, Panel Products Symposium, Llandudno, Wales,UK,
October 2004.
20. Anonim, The use of Microwave Technology for the Recovery of Wood Fibre from
MDF Microrelease, Furniture Industry Research Association (FIRA), Stevenage,
2004.
21. Lohmann, U., Wood Lexicon, DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co., Leinfelden-
Echterdingen, Germany, 2003.
22. Anonim, Process for Recovering Chips and Fibres From Residues or Timber-Derived
Materials, Old Pieces of Furniture, Production Residues, Waste and Other Timber
Containing Materials, Patent specification No EP 0 697 941 B2, European Patent
Office (EPO), Munich, Germany, 2002.
23. Anonim, Process for the Fabrication of Chipboards and Fiberboards, Patent
Specification No EP 0 700 762 B1, European Patent Office (EPO), Munich, Germany,
2000.
24. Anonim, Plywood Glue from Local Sources, The International Development Research
Center (IDRC), Ottawa, Canada, 1996, available at http://web.idrc.ca/en/ev-3176-201-1-DO_TOPIC.html.

25. Mangan, C., High Added-Value Composite Panels Through Recycling of Waste Lignocellulosic Material, EC-supported research project (contract no QLK5-1999-01221) that ended 01.01.2003.
26. English, B., Wood Fiber-Reinforced Plastics in Construction, The Use of Recycled Wood and Paper in Building Application Conference Proceedings, September 9-11, Madison, Wisconsin, 1996, p 79-81.
27. Marutzky, R., Braucht man für Span- und Faserplatten noch Wald, Holz-Zentralblatt, Nr. 142, (1999) 34.
28. Roffael, E., Holz als Rohstoff in der Holzwerkstoffindustrie, Holz-Zentralblatt, 138 (2000) 1899-1902.
29. EN 309, Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1992.
30. BS 1811, Methods of Test for Wood Chipboards and Other Particleboards, British Standards Institution, London, 1969.
31. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3311/372, İstanbul, 1985.
32. TS 2129, Odunlifu ve Yongalevhalar (Terimler ve Tarifler), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1975.
33. Akbulut, T., ORÜS Vezirköprü Yongalevha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1991.
34. Özen, R., Waferboard-Etiket Yongalı Levha Üretimi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 5, 1 (1982) 135-150.
35. Özen, R., Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yongalevha (Waferboard) Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları, KTÜ Basımevi, Trabzon, 1981.
36. Çehreli, H.T., Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların (Oriented Structural Board) Üretimi, Teknolojik Özellikleri ve Kullanım Yerleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 4, 1 (1981) 98-120.
37. Bozkurt, A.Y., Çimentolu Yongalevhalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 32, 2 (1982) 30-34.
38. TS 4616, Yongalevhaları-Kalıp Preste Biçimlendirilmiş ve Kaplanmış Elemanlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1988.
39. Göker, Y., Değişik Yöntemlerle Üretilmiş Yongalevhaların Kullanım Yerleri, Laminart Dergisi, 7, 3 (2000) 128-133.

40. Nemli, G., Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
41. Soine, H., Modern Furniture Manufacture State of the Furniture Industry, Particleboards, Laminating and Coating with, Solid and Liquid Materials, Cutting to Size and Trimming of Boards Finishing of Edges, Folding, Boring, Packing, Auxiliary Equipment, Holz als Roh-und Werkstoff, 31, 4 (1973) 145-156.
42. Anonim, MDF and Laminated Paperboards, Wood Handbook, Insulation Board, Hardboard, Forest Products Laboratory, Washington, USA, 1972.
43. Çınar, S., Hazır Sentetik Kaplamalar, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 4 (1995) 14-17.
44. Kalaycıoğlu, H., Sahil Çamı (Pinus Pinaster Ait.) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.
45. TS 1351, Lif-Yonga Odunu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1973.
46. Özen, R., Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon, 1980.
47. Pasillias, C.N. and Voulgaridis, E.V., Water Repellant Efficiency of Organic Solvent Extractives from Aleppo Pine Leaves and Bark Applied to Wood, Holzforschung, 53 (1999) 151-155.
48. Çolak, S., Çolakoğlu, G., Aydın, İ. ve Kalaycıoğlu, H., Effects of Steaming Process on Some Properties of Eucalyptus Particleboard Bonded with UF and MUF Adhesives, Building and Environment, In Press, Corrected Proof, 2005.
49. Deppe, H.J. and Ernst, K., Taschenbuch Der Spanlatten Technic, 2.Überarbeitete Und Erweiterte Auflage, Drw-Werlag Leinfelden, 1977.
50. Örs, Y. ve Kalaycıoğlu, H., Çay Fabrikası Atıklarının Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15 (1991) 968-974.
51. Nemli, G. ve Kalaycıoğlu, H., An Alternative Material in Particleboard Industry: Residues of Tea Factory, Proceedings of The XI. World Forestry Congress, 4 (1997) 49.
52. Anonim, Wood Adhesion and Glued Products, Cost Action E13, State of The Art Report, March 2001.
53. Akbulut, T., Yongalevha Endüstrisi, Laminart Dergisi, 7, 3 (2000) 112-119.
54. TS 2128, Kontrplak, Terimler ve Tarifler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1975.
55. ASTM 907, Standart Definitions of Terms Relation to Adhesives, ASTM, Philadelphia, 1982.

56. Sellers, T., Plywood and Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.
57. DIN 68708, Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin, 1976.
58. Lutz, J.F., Wood Venner; Log Selection, Cutting and Drying, U.S. Dep. Agric., Tech. Bull. No 1577, Madison, 1977.
59. Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y., Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No 3401/378, İstanbul, 1986.
60. Göker, Y., Türkiyede Kontrplak, Kontrtabla ve Yongalevha Sanayii Gelişme Olanakları, Bu malzemelerin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No 3243/367, İstanbul, 1984.
61. Özen, R., Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fak. Yayın No: 9, Trabzon, 1981.
62. Eckelman, C.A., Brief Survey of Wood Adhesives, Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette, 2000.
63. Jang, E.G.Y., Adhesive Properties of Soy Protein as Wood Adhesive, Ph.D. Thesis, Texas A&M University, May 1997.
64. Pizzi, A. and Mittal, K.L., Handbook of Adhesive Technology, Chapter 13, Marcel Dekker, Inc., 1994.
65. Dunky, M., Urea-Formaldehyde (UF) Adhesive Resins for Wood, International Journal of Adhesion and Adhesives, 18 (1998) 95-107.
66. Pizzi, A., Advanced Wood Adhesives Technology, Marcel Dekker, Inc. New York, Basel Hong Kong, 1994.
67. Pizzi, A., Wood Adhesives: Chemistry and Technology, Vol. 1, Marcel Dekker, New York, 1983.
68. Myers, G.E., Hydrolytic Stability of Cured Urea Formaldehyde Resins, Wood Sci., 15, 2 (1982) 127-138.
69. Myers, G.E. and Koutsky, J.A., Procedure for Measuring Formaldehyde Liberation from Formaldehyde Based Resins, Forest Product Journal, 37 (9), (1987) 56-60.
70. Myers, G.E., Proceedings Wood Adhesives in 1985: Status and Needs, Madison, WI, 1985, 119-156.
71. Jackh, C., Processing Melamine Impregnating Resins in Laminating wood-Based Materials, European Plastic Laminates Forum, Hyatt Regency Köln, Germany, Course Notes, Tappı Press, May 18-20, 1993, p. 15-22.

72. Nemli, G. ve Çolak, S., Laminat Endüstrisinde Üre ve Melamin Formaldehid Tutkalları, Ağaç Makinaları, 4 (2002) 46-48.
73. Schmidt, R. G., Aspects of Wood Adhesion: Applications of ¹³C CP/MAS NMR and Fracture Testing, Ph. D. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 1998.
74. Sellers, T., McSween, J.R. and Nearn, W.T., Gluing of Eastern Hardwoods: A Review, USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, General Technical Report, SO-71, New Orleans, Louisiana, 1988.
75. Scoville, C. R., Characterizing the Durability of PF and pMDI Adhesive Wood Composites Through Fracture Testing, Msc. Thesis, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Department of Wood Science and Forest Products, Blacksburg, Virginia, 2001.
76. Baldwin, R.F., Plywood and Veneer- Based Products: Manufacturing Practices, Miller Freeman Books, San Francisco, California, USA, 1995.
77. Anonim, Technical Note, Structural Adhesives for Plywood Lumber Assemblies, APA, Number Y391 C, May 1998.
78. Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G. ve Çolak, S., Ahşap Sanayinde Melamin Formaldehit (MF) ve Melamin/Üre Formaldehit (MÜF) Yapıştırıcılarının Kullanımı, Mobilya Dekorasyon, 47 (2002) 130-138.
79. Gillespie, R.H., Countryman, D. and Blomquist, R.F., Adhesives in Building Construction, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No: 516, February 1978.
80. Anonim, Furniture and Joinery Industries for Developing Countries, United Nations Industrial Development Organization, UNIDO Publications, Sales No: E.88.III.E.7, Vienna, 1989.
81. Aydın, İ., Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2004.
82. Higuchi, M. and Sakata, I., Mokuzai Gakkaishi, J.Jap. Wood Residue Society 25 (1979) 496-502.
83. Higuchi, M., Sakata, I. and Shimokava, H., Mokuzai Gakkaishi, J.Jap. Wood Residue Society, 25 (1979) 630-635.
84. Kartal, S.N. and Clausen, C.A., Leacability and Decoy Resistance of Particleboard Made from Acid Extracted and Bioremediated CCA-Treated Wood, International Biodeterioration & Biodegradation, 47, 3 (2001) 183-191.

85. Bozkurt, A.Y., Odun Anatomisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 415, İstanbul, 1992.
86. TS 642, Kondisyonlama ve/veya Deneş için Standart Referans Atmosferleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.
87. EN 322, Wood Based Panels, Determination of Moisture Content, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
88. EN 317, Particleboard and Fiberboards, Determination of Swelling in the Thickness After Immersion, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
89. EN 310, Wood Based Panels, Determination of Modulus of Elasticity In Bending and Bending Strength, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
90. EN 319, Particleboards and Fiberboards, Determination of Tensile Strength Perpendicular to the Plane of The Board, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993.
91. EN 717-3, Bestimmung der Formaldehydabgabe, Teil 3. Formaldehydabgabe nach der Flaschen-Methode, CEN, Brüssel, 1996.
92. TS 4894, Odun Lifi ve Yongalevhalar-Ekstrakte edilebilen Formaldehit Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1986.
93. TAPPI T m-45, TAPPI Test Methods 1992-1993, TAPPI Press Atlanta, Georgia, U.S., 1992.
94. Larmore, F. D., Influence of Specific Gravity And Resin Content on Properties of Particleboard, Forest Product Journal, 9, 4 (1959), 131-134.
95. Lynam, F. C., Factors Influencing The Properties of Chipboard., J. Inst. Wood Science, 2, 4 (1959) 14-27.
96. Suchsland, O., Behavior of A Particleboard Manufacturing The Pressing Cycle, Forest Product Journal, 17, 2 (1967) 51-57.
97. Hse, C. Y., Properties of Flakeboards From Hardwoods Growing on Southern Pine Sites, Forest Product Journal, 25, 3 (1975) 48-53.
98. Maloney, T., Modern Particle Board and Dry-Process Fiberboard Manufacturing, Miller Freeman Publications, San Francisco, California, 1977.
99. Lehmann, W.F., Improved Particleboard Through Better Resin Efficiency, Forest Product Journal, 15(1974) 155-161.
100. TS EN 312-2, Yongalevhalar- Özellikler, Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Levhalar İçin Şartlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.

101. Aydın, İ. ve Çolak, S., Buharlama İşlemi Yapılmış Ladin Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, (2003) 63-67.
102. Shuler, C. E., Pilot Study of The Use of Pulpwood Chipping Residue for Producing Particleboard in Maine, Tech. Bull. No. 67, Life Sci. And Agr. Exp. Sta., Univ. Of Maine, 1974, Orono.
103. Lehmann, W. F., Properties of Structural Particleboard, Forest Product Journal, 24, 1 (1974) 19-26.
104. Çolakoğlu, G. ve Çolak, S., Odun Asiditesinin Yapışma Üzerine Etkisi ve Odun Levha Ürünlerinden Asit Emisyonunun Önemi, Ahşap Dergisi, 2, 9 (2002) 46-50.
105. Roffael, E. and Rauch, W., Extractstoffe in Eiche und ihr Einfluss auf die Verleimbarkeit mit alkalischen Phenol-Formaldehydharzen, Holz als Roh und Werkstoff, 32 (1974) 182 –187.
106. Çolak, S., Kontrplaklarda Tomruk Buharlama ve Kaplama Kurutma Şartlarının Formaldehit Emisyonu Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996.
107. Myers, G.E., How Mol Ratio of UF Resin Affects Formaldehyde Emission and other Properties: A Literature Critique, Forest Product Journal, 34, 5 (1984) 35-41.
108. Klauditz, W., Zur biologisch-mechanischen Wirkung der Acetylgruppen imfestigungsgewebe der Laubhölzer, Holzforschung, 11, 2 (1957) 47 –55.
109. EN 312-1, Particleboards Specifications Part 1: General Requirements for All Boards Types, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1996.
110. EN 312-2, Particleboards Specifications Part 2: Requiriments for Genarel Purpose Boards Use in Dry Conditions, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1996.
111. EN 312-3, Particleboards Specifications Part 3: Requiriments for Interrur Fitments (Including Furniture) for Use in Dry Conditions, Eurapean Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1996.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 1999 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2003 yılında bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Kasım 2005'de K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Araştırma Görevlisi olarak atanan Cenk Demirkır İngilizce bilmektedir ve evlidir.