



## Melamin ve Üre Formaldehit Tutkalı ile Üretilmiş Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Cengiz GÜLER<sup>1</sup>, Barış ALTINTAŞ<sup>2</sup>, A.Kemal YÜKSEK<sup>2</sup>

### Özet

Bu çalışmada melamin üre formaldehit (MÜF) ve üre formaldehit (UF) tutkalları ile farklı sertleştirici kimyasallar (alüminyum sülfat, amonyum sülfat ve amonyum klorür) kullanılarak fabrikasyon ortamında üretilen 30 mm kalınlıktaki yonga levhanın teknolojik özellikleri incelenmiştir. Üretimi yapılan deney levhaları fabrika ortamında ve sürekli pres kullanılarak üretilmiştir. Deney levhalarında fiziksel; özelliklerden rutubet miktarı, kalınlık artımı ve su alma miktarları, mekanik özelliklerden; eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik yönde çekme testleri ilgili standartlara göre yapılmıştır. Farklı tutkal ve sertleştirici türüne göre sonuçlar irdelenmiştir.

Sonuçta, 30 mm kalınlıkta ve hedeflenen ortalama 633 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta fabrikasyon ortamında üretilen tüm levhalar TS-EN 312’de belirtilen kullanım alanları için standartlara uygun bulunmuştur. Üretimde farklı sertleştiriciler kullanmanın önemli bir fark oluşturmadığı, ancak nemli ortamlar için MÜF tutkalı, sertleştirici olarak amonyum sülfat veya amonyum klorürün tercih edilebileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yongalevha, Melamin üre formaldehit, Alüminyum sülfat, Amonyum sülfat, Amonyum klorür,

## Investigation of some Technological Properties of Composite Panels Manufactured with Melamine Urea Formaldehyde

### Abstract

In this study, the technological properties of particleboard using melamine urea formaldehyde (MÜF) and urea formaldehyde (UF) adhesives and different hardener chemistries (aluminum sulphate, ammonium sulphate and ammonium chloride) were investigated. Continuous press is used for the production of panels. Physical properties; Moisture content, thickness increase and water uptake and mechanical properties; bending strength, modulus of elasticity and tensile strength were investigated according to the relevant standards. The results were compared according to different resin and hardener types.

As a result, all boards were found to meet the standards (TS-EN 312) produced at a density of 30 mm thickness and a target average of 633 kg / m<sup>3</sup>. It has been shown that using different hardeners in production board does not make a significant difference. However, it is suitable to use MÜF resin for damp environments. As the hardener, ammonium sulfate or ammonium chloride may be preferred.

**Key Words:** Particleboard, Melamine urea formaldehyde, Aluminum sulfate, Ammonium sulfate, Ammonium chloride

### Giriş

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

Odun esaslı levha üretiminde kullanılan kimyasal maddelerden özellikle yapıştırıcılar önemli bir rol oynamaktadır. Yapışma kalitesinin değişmesiyle odun esaslı levhaların niteliği

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman End. Müh. Böl. Konuralp Kampüsü, Düzce

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman End. Müh. ABD Yüksek Lisans Öğr.,

değişmektedir. Odun esaslı levhaların niteliğini yapıştırıcının türü, kalitesi ve muhteviyatı belirlemektedir.

Yongalevha liflevha ile kontrplak arasında yer alan bir malzemedir. Orman ve endüstri atıkları kullanılmasının artmasıyla odun giderlerini azaltmıştır. Levha özellikleri her geçen gün artırılarak daha az oranda tutkal kullanmak sureti ile sadece yöntem değişiklikleri ile kalite artırılarak kullanım alanı genişlemektedir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). TS EN 309 (2008)'a göre yongalevha; odun parçalarından (yonga, testere talaşı, rende talaşı vb.) veya lignoselülozik malzemelerden (keten, kenevir ipliği, kendir ipliği, suyu çıkarılmış şeker kamışı posası vb. odunlaşmış bitkilerden) elde edilen yongaların tutkallandıktan sonra, sıcak preslemesiyle elde edilen levhadır.

Yongalevha ile ilgili dünyada ve ülkemizde bir çok çalışma yapılmıştır. Ülkemizde fabrikasyon ortamında üretilen yongalevhaların teknolojik özellikleri ilk olarak Akbulut (1995) tarafından incelenmiştir. Ülkemizde çeşitli hammadde kaynakları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları, kızılçam kabuklarının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi (Çolakoğlu ve ark, 1993), okaliptüs (Çolak ve ark, 2007), yıllık bitkiler (Güler ve ark, 2001), Kızılçam ve Huş (Göker ve ark, 1993), Sahil çamı (Kalaycıoğlu, 1991), Kızılağaç (Kalaycıoğlu ve ark, 1998) sayılabilir.

Bu çalışmada; sürekli pres sistemi ile üretim yapan bir fabrikada üretim sırasında iki farklı tutkal ve üç farklı sertleştirici kullanılarak elde edilmiş odun kökenli kompozit malzemenin (yongalevha) teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Fabrika ortamında üretilen 30 mm kalınlığındaki deney levhalarında yapıştırıcı olarak ÜF ve MÜF tutkalları kullanılmıştır. ÜF tutkalı; orta tabakaya %65'lik, yüzey tabakaya %55'lik olarak, MÜF tutkalı orta ve yüzey tabakaya %65'lik konsantrasyonda verilmiştir. Çizelge 1'de MÜF ve ÜF tutkallarının teknik özellikleri gösterilmiştir. Deney levhalarının üretiminde sertleştirici madde olarak, Alüminyum sülfat, Amonyum sülfat ve Amonyum klorür kullanılmıştır. Çizelge 2'de sertleştiricilere ait konsantrasyon ve tutkalların kullanım oranları verilmiştir.

**Çizelge 1.** Melamin-üre formaldehit ve üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	MUF	UF	UF
Çözelti (%)	65±1	65±1	55±1
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.298	1.293	1.242
pH (25°C)	8.5	7.5~8.5	7.5~8.5
Viskozite, cps 25°	200	150~200	150~200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	40~50	30~35	55~65

**Çizelge 2.** Deney levhaları ve üretim şartları

Levha Grupları	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Sertleştirici		Tutkal Türü	Tutkal Kullanım Oranları (%)	
		Türü	Konsantrasyon (%)		Dış Tabaka	Orta Tabaka
A	648	Alüminyum Sülfat	25	UF	13.5	8.00
B	641	Amonyum Sülfat	25	UF	13.5	8.00
C	642	Amonyum Klorür	25	UF	13.5	8.00
D	628	Alüminyum Sülfat	25	MÜF	16.10	11.00
E	616	Amonyum Sülfat	25	MÜF	16.10	11.00
F	619	Amonyum Klorür	25	MÜF	16.10	11.00

## Yongalevha Üretimi

Bu çalışmada sonsuz pres kullanılarak deney levhaları üretilmiştir. Fabrikasyon ortamında gerçekleştirilen levha üretimlerinin genel aşamaları aşağıda özetlenmiştir.

### Hammaddenin Depolanması ve Yonga Üretimi

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

Elde edilen yongaların geometrisi levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli unsurlardan birisidir. Yonga kalınlığı artıkça eğilme direnci değerlerinde azalma fakat yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerinde artış görülmektedir. Yonga uzunluğu artıkça eğilme direnci artmasına rağmen yüzeye dik yönde çekme direncinde bir azalma görülür. Yonga içerisindeki toz miktarının artışı eğilme ve yüzeye dik çekme direncinin azalmasına neden olur. Bu nedenle kaliteli yonga elde etmek için odun rutubetinin %30 ' un altında olmaması gerekir.

Fabrikada yonga üretiminde önce kaba yongalama yapılmaktadır, ardından üretim safhasına uygun hale getirmek amacıyla inceltme değirmenlerinde yongalama işlemi yapılır.

İnceltme değirmenlerinin sayısı üretim kapasitesine göre belirlenmektedir (Şekil 1). Macro ve micro inceltme değirmenleri olarak adlandırılmaktadır. Macro değirmenler 850 dev/dak olarak çalışırlar ve daha çok levhanın orta tabakasında kullanıma uygun yongalar üretilmektedir. Micro değirmenler ise; 1300 dev/dak hızda çalışarak macrolara göre daha küçük boyutlarda yongalama yapmaktadırlar. Micro değirmenlerden beklenen, olabildiğince dış tabakada kullanılacak yonga üretebilmektir.

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

Ayrıca burada kesici bıçak ömrü çok önemlidir. Bıçak ömrü bittiğinde rotor çıkarılıp bıçak bileme işlemi yapılmaktadır. Bıçak ömrü bittiği halde çalıştırılmaya devam edilmesi hem yonga kalitesini kesin olarak bozmakta hem de elektrik tüketimini artırmaktadır. Kaliteli yonga üretebilmek için kaba yongaların temizliği, boyutları ve kesici bıçakların ömürlerinin standartlarda olmasına dikkat edilir.



Şekil 1. İnceltme değirmenleri (Anonim, 2016)

## Yongaların Kurutulması ve Elenmesi

Yongalevha üretiminde yonga rutubeti çok önemlidir. Bu sebeple yongaların homojen bir şekilde kurutulması önem arz etmektedir. Yongaların rutubetlerinin %1.5~3 arasında olması sağlanmıştır.

Bu çalışmada tek geçişli döner silindir kurutucu kullanılmıştır. 55 ton/h kapasiteli bu kurutucuda yakıt olarak doğalgaz ve/veya toz ile çalışabilen brülör mevcuttur. 650~710 °C sıcak hava 1000 Kw'lık bir motora sahip radyal bir fan sayesinde yongaların sıcak havayla buluşması ve kurutma işleminin gerçekleştirilmesi sağlanır. Yongaların kurutucudan çıkışı kış ve yaz şartlarına göre değişmekte olup ortalama 130 °C de %1.7 rutubette olmaktadır. Bu rutubet yongaların tutkallama öncesinde yeterli bir rutubettir. Yongaların geometrisi de kurutma işleminde önemlidir. İnce ve toz malzeme daha erken kurutucudan çıkarken, kalın yongalar diğerlerine göre daha uzun kurutma işlemine tabi kalmaktadır. Kurutucu dönerli ve silindir tip olduğundan yongalar kurutucudan kurumadan çıkma ihtimali yoktur. Bu işlem silindir dönerken arkadan gelen sıcak havanın, kuruyarak hafifleyen yongaların silindir boyunca çıkışa doğru ilerlemesi şeklinde olmaktadır. Kuruma tam gerçekleşmeyen yongalar yerçekimi ile serbest düşme yaparak tekrar sıcak havayla temasa geçip kuruyup hafifleyene kadar işleme tabi kalmaktadır. Bu sayede yongaların homojen bir şekilde kurutulması sağlanmıştır.

Kurutma işleminden çıkan yongalar elek kısmına nakil edilir. Eleklerde 10x10 – 0.7x2.1 – 1x3 – 0.2x0.2 mm gibi çeşitli ölçülerde eleklerden geçirilerek orta ve dış tabakalarda kullanılacak levha yapımına uygun yonga profili oluşturulur.

Yongalevha üretiminde nem ve yonga geometrisi çok önemli olduğundan eleklerde eleme işlemi titizlikle yapılmaktadır. Eleklerde elenen yongalar dört farklı gruba ayrılır.

- 1-Tekrar işlenecek yonga
- 2-Orta tabaka yongası
- 3-Dış tabaka yongası
- 4-Elek altı (yakıt) olarak ayrılmaktadır.

Bu sıraya göre elenerek ayrılmış yongalar Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Eleklerde elenen yongalar

## Yongaların depolanması ve tutkallanması

Yongalevha fabrikalarında farklı işlemlere tabi tutulmuş kuru yongaların tutkallama öncesinde depolanması için silolar kullanılmaktadır. Eleklerde elenen yongalar orta ve dış tabaka olarak ayrı silolarda depolanmaktadır. Bu silolarda tutkallama öncesinde bekleyen yongaların rutubetleri yaklaşık olarak %2~2.5 civarına kadar gelmektedir. Üretim hacmine göre talep edilen yongalar buradan tutkallama ünitesine nakil edilir.

Tutkallamanın üniform bir şekilde yapılması levhanın direnç özelliklerini artırmaktadır. Bunun için değişik sistemler geliştirilmiş olup en uygun tutkallama noktasal tutkallamadır. Bu yöntem tutkal çözeltisini aynı büyüklükte çok küçük taneciklere ayırmak ve bunları yonga üzerine eşit şekilde dağıtmaktır. Tutkal zerreciklerinin boyutları küçüldükçe, birim ağırlıktaki

tutkaldan üretilen tane sayısı ve dolayısıyla yonga yüzeylerinin tutkalla örtülme imkanı artmaktadır. Yonga kalınlığı artıkça ve tutkal zerresinin çapı küçüldükçe her ne kadar yongada meydana gelen noktasal yapışma artsa da yonga boyutlarının çok fazla büyümesi levhanın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini kötüleştirir. Eğer tutkal zerresinin çapı çok küçülürse havaya dağılır ve yonga yüzeyine gelen oranı tespit etmek güçleşir.

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

Tutkallamada tutkallama makinesindeki yonganın hareketi önemlidir. Yongaların hareketiyle püskürtülen tutkal uyum içerisinde olmalıdır. Bu çalışmada da olduğu gibi enjektörlü püskürtmelerde tutkal yolunun ve hava kanalının açık olması iyi bir tutkallama için çok önemlidir. Bu şartlar sağlanması durumunda yongalar homojen tutkallanmadığı için üretim sırasında sıkıntılar yaşanacağı gibi oluşturulan levhaların direnç değerlerini de olumsuz etkileyecektir. Havalı enjektörlü tutkallama makinası Şekil 3’de görülmektedir.



**Şekil 3.** Tutkallama makinesi (Anonim, 2016)

### **Serme işlemi**

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

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

ince ebatlar yapabilmeyi kolaylaştırmanın yanında, levha taslağında dış tabakalara yakın yerlere ince talaşın gelmesi merkeze doğru kalın yongaların serme işlemine izin vermesidir.

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

### **Presleme İşlemi**

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

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

Presleme; ön pres (soğuk pres) ve sıcak pres olarak iki tipte gerçekleştirilir. Oluşturulan pastanın sıcak prese verilmeden önce ön (soğuk) presten geçirilir. Burada pasta kalınlığı düşürülerek sıcak prese hazırlanır. Ön pres pasta kalınlığını düşürürken aynı zamanda pastanın içindeki havayı da pastadan uzaklaştırmaktadır. Böylelikle pasta sıkılaştırılmış olunur. Ön pres rutubetinde etkisiyle dış ve iç tabaka yongalarının birbirine tutunmasını dolayısıyla pastanın yüzeyindeki talaşların sıcak prese girişi sırasında uçuşmasını engeller. Böylece yüzey düzgünlüğü sağlanmış olunur. Ön pres kullanılmadığı durumlarda yüzeylerdeki düzensiz form yapısı sıcak preste kapatılmadığından plakanın yüzeyinde yüzey kusuru olarak görülebilir. Bir bakıma ön pres sıcak prese taslağı hazırlamış olmaktadır.

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

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

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

Pres süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığına bağlıdır. Presleme süresi ve rutubetine bağlı olarak pres basınç ve sıcaklığının etkisiyle tutkal sertleşir ve stabil bir kompozit malzeme oluşur. Tek katlı ve sonsuz pres Şekil 4'te görülmektedir.



**Şekil 4.** Sonsuz pres (Anonim, 2016)

### **Levhaların Klimatize Edilmesi**

Presten çıkan levhaların üst üste istiflenmesi halinde, levhanın sıcaklığı 70°C'ın üzerinde olduğunda tutkal ve rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve yapışma direncini büyük ölçüde düşürmektedir. Bu sebepten levhalar presten çıkar çıkmaz üst üste konulmayıp, atmosferde soğutularak istif yapılıır.

Bu çalışmada levhaların soğutma işlemi yıldız soğutucu vasıtasıyla yapılmıştır. Burada dört farklı yıldız soğutucu mevcut olup, levhalar hattan bu yıldız soğutucu kollarına alınarak soğutma işlemi yapıлып, istif bölgesine alınmaktadır.

### **Deney Numunelerinin Hazırlanması**

TS EN 326-1 (1999)'a göre numune alma ve kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney parçaları 1 atm de 20 ±2 °C sıcaklıkta ve % 65±5 ortalama nispi rutubette sabit kütle durumuna getirilmiştir. Fiziksel özelliklerden birim hacim ağırlık deneyi için TS\_EN 323 (1999)'a göre tam boyuttaki levhalardan alınan 50x50 mm enine kesitinde ve levha kalınlığındaki örnekler hazırlanmıştır. Rutubet tayini için TS-EN 321 (1999), su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini TS-EN 317 (1999)'e göre yapılmıştır. Mekanik özelliklerden eğilme direnci ve elastikiyet modülü TS-EN 319 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Her test için su alma kalınlık artımı deneylerinde 20, mekanik özelliklerde 10'ar adet deney örneği üzerine çalışılmıştır.

### **Bulgular**

Fabrika ortamında sürekli preste üretimi yapılan 30 mm kalınlıktaki deney levhalarında yoğunluk, su alma, kalınlık artımı, rutubet ve yüzey ağırlık değerleri Çizelge 3'de; eğilme direnci, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direncine ait ortalama değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Deneme levhalarının fiziksel özellikleri

Levha	Yoğunluk (Kg/m <sup>3</sup> )		Su Alma (%)				Kalınlık Artımı (%)				Yüzey Ağırlığı (kg/m <sup>2</sup> )		Rutubet (%)	
			2 Saat		24 Saat		2 Saat		24 Saat					
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
A	648	18.49	31.03	4.27	66.02	5.69	5.05	0.50	9.54	0.45	25.00	0.71	5.91	0.35
B	641	17.66	28.91	4.16	63.63	4.92	4.49	0.49	9.73	0.66	24.91	0.73	6.20	0.25
C	642	12.19	25.68	7.40	57.14	8.72	3.58	0.49	8.54	0.52	24.80	0.46	7.07	0.21
D	628	8.87	22.22	1.50	37.84	1.67	2.04	0.18	4.58	0.18	24.11	0.33	8.22	0.16
E	616	8.61	14.80	1.46	35.96	3.46	1.19	0.16	4.33	0.33	23.70	0.34	8.09	0.26
F	619	10.19	22.39	2.20	37.72	2.69	2.05	0.55	4.96	0.27	23.97	0.39	7.96	0.22

x:Ortalama değer, s: Standart sapma

**Çizelge 4.** Deneme levhalarının mekanik özellikleri

Levha	Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )		Elastikiyet Modülü (N/mm <sup>2</sup> )		Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	
	x	s	x	s	x	s
A	17.21	2.27	2773	64.70	0.53	0.11
B	16.33	1.21	2640	109.20	0.60	0.08
C	14.48	0.43	2340	42.60	0.67	0.20
D	17.19	0.74	2304	20.80	0.60	0.06
E	14.08	0.61	2355	19.70	0.73	0.03
F	16.37	0.70	2035	305.70	0.61	0.03

x:Ortalama değer, s: Standart sapma

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

Hedeflenen yoğunluk 600-650 kg/m<sup>3</sup> tür. Yoğunluk, en yüksek A grubu levhalarda 648 kg/m<sup>3</sup>, en düşük E grubu levhalarda 616 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Ortalama yoğunluk değeri 633 kg/m<sup>3</sup> dür. TS-EN 312 (2012)'de tek bir grup levha içerisinde yoğunluk dağılım toleransı  $\pm 10$  olarak kabul edilmiştir. Maksimum ve minimum değerlere bakıldığında levha içerisindeki yoğunluk farkı %10'dan fazla değildir.

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

Sürekli pres sisteminde daha homojen bir levha üretimi gerçekleştirilebildiğinden kalınlık artımı belirli sınırlar içerisinde gerçekleştiği görülmüştür. Kalınlık artımı 2 saat suda bekletme sonucunda en yüksek A grubu levhalarda (%5), en düşük E grubu levhalarda (%1) olarak gerçekleşmiştir. 24 saat suda bekletme sonucunda ise en yüksek B grubu levhalarda (%9.5), en düşük E grubu levhalarda (%4.5) olarak gerçekleşmiştir. Buna göre MÜF ile üretilen levhalarda daha iyi fiziksel sonuç elde edilmiştir. Ayrıca sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanımı amonyum klorüre göre kötüleştirmiştir. TS-EN 312 (2012)'de kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar için gerekli şartlarda (Tip 3) 24 saat sonra 25 mm ile 32 mm kalınlıklar arasındaki levhalar için en fazla %15 olabileceği belirtilmiş olup bu durumda elde edilen sonuçlar bu değerlerin altında olduğundan tüm gruplar standartlara uygun bulunmuştur.

Eğilme direnci en yüksek A grubu levhalarda 17 N/mm<sup>2</sup>, en düşük E grubu levhalarda 14.08 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Eğilme direncini en çok levha yoğunluğu



etkilemektedir. Özellikle A grubu levhaların yoğunluğu  $0.65 \text{ g/cm}^3$  değerine yakındır. Bu nedenle A grubu levhalarda daha yüksek bir değer ortaya çıkmıştır. TS-EN 312 (2012) ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalar için minimum eğilme mukavemeti  $9.5 \text{ N/mm}^2$  olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerler yüksek bulunmuş olup standartlara uygun bulunmuştur.

Elastikiyet modülü eğilme direncine paralel olarak en yüksek A grubu levhalarda  $2773 \text{ N/mm}^2$ , en düşük D grubu levhalarda  $2304 \text{ N/mm}^2$  olarak tespit edilmiştir. TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda kullanım için 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalarda minimum elastikiyet modülü  $1350 \text{ N/mm}^2$  olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerden oldukça yüksek bulunmuş olup standartlara uygun bulunmuştur.

Yüzeye dik çekme direnci en yüksek E grubu levhalarda  $0,73 \text{ N/mm}^2$  en düşük A grubu levhalarda  $0.53 \text{ N/mm}^2$  bulunmuştur. TS-EN 312 (2012)'ye göre kuru şartlarda iç donanım ve mobilya üretimi için 25 mm ile 32 mm kalınlıktaki levhalarda minimum yüzeye dik yönde çekme direnci  $0.25 \text{ N/mm}^2$  olarak belirtilmiştir. Buna göre tüm gruplarda bu değerden oldukça yüksek bulunmuş olup standartlara uygundur.

## Sonuç ve Öneriler

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

Fabrikasyon ortamında gerçekleştirilen ve 30 mm kalınlıkta üretilen levhaların teknolojik özellikleri TS EN 312 (2012)' ye göre "Kuru şartlarda (mobilya dahil) (Tip 2) kullanılan levhalar için belirlenen mekanik özellikler için gerekler" incelenerek değerlendirilmiştir. Bunlara göre;

Nemli ortamlarda ve şartlarda kullanılacak malzemelerin MÜF tutkalı ve amonyum klorür ya da MÜF tutkalı ve amonyum sülfat kullanılarak üretiminin yapılmasının daha uygun olacağı görülmüş olup fabrikada bu üretim metodu önerilebilir.

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

Kullanım yerlerinde yüksek mukavemet değerleri dikkate alındığında, MÜF tutkalı ve amonyum klorür kimyasallarıyla yapılacak üretim daha verimli olacağı görülmekte ve bu üretim yöntemi önerilebilir.

Aynı şekilde ÜF tutkalı ve amonyum klorür ikilisinin kullanıldığı üretim levhalarının mukavemet değerlerinin yüksek olduğu görülmekte ve bu üretim kimyasalları kullanılması tavsiye edilir. Üretimde kullanılacak kimyasallar levhanın teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli etken olup kullanım yerine göre uygun nitelikte levhalar üretmek amacı ile seçilebilir.

## Kaynaklar

Akbulut T. 1995. Factors Affecting Particleboard Production PH.D. Thesis Science Institute, Istanbul University 138 p.

Anonim, 2016. <http://www.ysmas.com.tr> (Yıldız Sunta MDF fabrikası)

Çolakoğlu G., Kalaycıoğlu H., Örs Y., 1993. Kızılcım Kabuklarının Yongalevha ve Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Uluslararası Kızılcım Sempozyumu, Marmaris 18-23 Ekim, 700-710.

Çolak S., Çolakoğlu G., Aydın İ. and Kalaycıoğlu H. 2007. Effect of Steaming Process on Some Properties of Eucalyptus Particleboard Bonded with UF and MUF Adhesives, Building and Environment 42 (1): 304-309.

- Güler C, Özen R., Kalaycıoğlu H. 2001. Yıllık Bitki Atıklarının Yongalevha Üretiminde Değerlendirilmesi, Ulusal Sanayi Çevre Sempozyumu, Mersin 24-27 Nisan, P. 789-796.
- Göker Y., As N., Akbulut T., 1993. Kızılcım ve Huş Odunu Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, Uluslararası Kızılcım Sempozyumu, Marmaris, 18-23 Ekim, p. 692-699.
- Kalaycıoğlu H., 1991. Sahil Çamı (*Pinus Pnaster* Ait) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılma İmkânları, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kalaycıoğlu H., Nemli G., Çolak S., 1998. Kızılağaç (*Alnus Glutinosa Subsp Barbata*.) Odunlarının Yongalevha Endüstrisinde Kullanılması İmkânları, Dođu Karadeniz Bölgesinde Orman Mülkiyet Sorunları Sempozyumu, 8-10 Ekim, 1998. P. 480-485. Trabzon.
- Kalaycıoğlu H., Özen R., 2012. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, Orman Fak. Yayınları Yayın No: 89. Trabzon.
- TS-EN 309. 2008. Ahşap Yongalevhalar Tarif ve Sınıflandırma, TSE, Ankara.
- TS-EN 310. 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme ve Eğilme Direnci Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara.
- TS-EN 317. 1999. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.
- TS-EN 319. 1999. Yonga ve Lif Levhalar, Levha Yüzeyine Dik Çekme Direncinin Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.
- TSE-EN 323, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Birim Hacim Ağırlığının Tayini, TSE, Ankara.
- TSE-EN 321, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara.
- TSE-EN 326-1, 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Numune Alma Kesme ve Muayene, Bölüm 1: Deney Numunelerini Seçimi, Kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi, TSE, Ankara.
- TS-EN 312, 2012. Yongalevhalar-Özellikler, TSE, Ankara.