



## Yoğunlaştırılmış Çam ve Kavak Ahşabının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Kayın Ahşabı ile Karşılaştırılması

### Comparison of Physical and Mechanical Properties of Densificated Pine and Poplar Wood with Beech Wood

Uğur ÖZKAN<sup>1</sup>, Onur AYKANAT<sup>1</sup>, Mahmut Ali ERMEYDAN\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

Sorumlu yazar:

Mahmut Ali ERMEYDAN

E-mail:

mahmut.ermeydan@btu.edu.tr

Gönderim Tarihi:

29/10/2020

Kabul Tarihi:

27/11/2020

Bu makaleye atıf vermek için:  
Özkan, U., Aykanat, O., Ermeýdan, M.A. 2020. Yoğunlaştırılmış Çam ve Kavak Ahşabının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Kayın Ahşabı ile Karşılaştırılması. Ağaç ve Orman, 1 (2), 13-19.

#### Özet

Çalışmada, günümüzde mobilya sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan ancak temin edilmesi sorunlu olan kayın ahşabına alternatif olarak yaygın bulunabilen kavak ve çam ahşap türlerinin yoğunlaştırma yöntemiyle fiziksel ve mekanik dayanımlarının artırılması amaçlanmıştır. Yoğunlaştırma yönteminden yararlanarak 150°C sıcaklık ve 10 ton basınç altında pres yardımıyla kavak ve çam ahşaplarından elde edilen numunelerin yoğunluğunun artırılması hedeflenmiştir. Yoğunlaştırma işlemi uygulanan numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için yoğunluk, eğilme direnci, su alma oranı, liflere paralel basınç direnci testleri uygulanmıştır. Referans olarak alınan kayın ahşabının yoğunluğuna en yakın sonuç 1.2 kalınlığındaki çam ahşabına ait olduğu sonucu elde edilmiştir. Yoğunlaştırmanın % 20 oranında başarılı olduğu örneklerin mekanik özelliklerinde kayda değer oranda iyileştiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yoğunlaştırma, mekanik özellikler, çam ve kavak, sıcak pres

#### Abstract

In the study, our aim is to increase the physical and mechanical strength of widely available poplar and pine wood as an alternative to beech wood, which is widely used in the furniture industry but problematic to obtain. To achieve this goal, we used the densification method to increase the density of the poplar and pine wood samples with the help of 150 °C temperature and 10 tons pressure by using hot press. Density, bending strength, water uptake rate, and compression strength parallel to the grain tests were carried out to determine the physical and mechanical properties of the samples that were densified. The closest result to the density of the reference beech wood was obtained as pine wood with 1.2 thickness. It was observed that samples densified about 20%, had significantly improved mechanical properties.

**Keywords:** Densification, mechanical properties, pine and poplar, hot press

#### 1. Giriş

Dünyada mobilya sektörü önemli bir ekonomik hacme sahiptir. Dünyada mobilya sektöründeki ithalat oranı 2016 yılı verilerine göre 171 milyar dolar iken ihracat oranı ise 172 milyar dolardır (TOBB, 2018). Ülkemizde ise ithalat oranı 2016 yılı verilerine göre 605.7 milyon dolar iken ihracat oranı 2.2 milyar dolardır (Terece ve Erdiñç, 2020). Ülkemizde mobilya sektörü günden güne büyümektedir. Ağaç malzeme olarak, mobilya endüstrisinde en çok kullanılan yerli ağaç türlerimizden ikinci sınıf kayın ahşabı (*Fagus orientalis* Lipsky) kullanılmaktadır (Örs ve Efe, 1998). Kayın ağacının ülkemizde yayılışı ise 1.961.659 hektar (Ha) alana sahiptir (Orman, 2013). Kayın ağacı her ne kadar geniş kapsamlı bir

alana sahip olmuş olsa da artan nüfus ile beraber bu oran günden güne hızlı bir şekilde azalmaktadır. Bu durum ülkemizdeki hammadde sıkıntısını meydana getirmektedir.

Hammadde kaynaklarındaki azalmalardan dolayı orman endüstri sektöründe alternatif ağaç türlerine başvurulmuştur. Literatür çalışmalarında elde edilen bilgilere göre, kayın ağacı yerine kullanılabilecek ağaç türleri olarak Gümüşi Kayın, Koto, Abura ve Tali öne çıkmaktadır (Kurtoglu ve Sofuoğlu, 2013). Ancak bu ağaç türlerini yurtdışından ithal etmemiz son derece maliyetli ve aynı zamanda temini çok zordur. Ağaç türünün pahalı elde edilmesi ve maliyetlere doğrudan etki etmesi önlenmeli, endüstriyel ahşap üretiminde dışa bağımlılığa alternatif ağaç türü arayışına yönelmesi gerekmektedir (Özen vd., 2017). Ülkemizde mobilya

sektöründe yaygın olarak kullanılmayan ancak yüksek miktarlarda yayılış gösteren kaynaklarımız mevcuttur. Bu kaynaklarımızın başında çam ağacı ve kavak ağacı yer almaktadır. Ülkemizde çam ağacının toplam alansal dağılımı yapılan araştırmalar sonucunda 12.027.380 hektar (Ha) olarak tespit edilmiştir (OGM, 2013). Kavak ağacının ise alansal dağılımı toplam 6.546 hektar (Ha) olarak tespit edilmiştir (OGM, 2013). Orman ürünleri ve mobilya sanayinin çeşitli alt dallarında girdilerin içinde masif malzemenin payı mobilyada oldukça önemlidir (Öncer, 1991). Masif malzeme tercih edilmesinin nedenleri ise; çok çeşitli renk ve görünümde olmaları, boya veya cila ile çekiciliğinin artırılması, tutkal, vida, çivi ve çeşitli yöntemlerle kolayca birleştirilmesi, özgül ağırlığının düşük olmasına rağmen direnç özelliklerinin yüksek olması ve son olarak üretimin ve taşımının kolay ve ekonomik olmasıdır (Ahşap, 2018). Mobilya sektöründe çam ve kavak ağacının masif olarak tercih edilmemesinin nedeni yoğunluğunun düşük olmasına paralel olarak direnç özelliklerinin de düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ahşabın mekanik özellikleri genellikle yoğunluk ile pozitif ilişkili olduğundan, düşük yoğunluklu ahşap türlerine talep ve bu türlerin değeri yoğunlaştırılarak artırılabilir (Kutnar vd., 2012). Hızlı büyüyen ağaçlardan elde edilen ve düşük yoğunluktaki ahşap türlerinin mobilya üretiminde kullanabilmek için yoğunlaştırma işlemi kullanılabilir. (Tu vd., 2014). Ahşap, polimerik bileşenlerden oluşur, hiyerarşik ve poröz bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, ısı ve sıkıştırma yükü kullanarak gözenekleri kısmen veya tamamen ortadan kaldırarak bir sıkıştırma seti oluşturarak ahşabı enlemesine yoğunlaştırmak mümkündür (Navi ve Heger, 2004).

### 1.1 Ahşap malzemenin yoğunlaştırılması

Termo-mekanik (TM) yoğunlaştırmada ahşap malzeme, sıcaklık ve basıncın etkisiyle açık bir sistemde yoğunlaştırılır. TM işlemi 150°C-200°C arasında, %20, %40, %50 ve %60 sıkıştırma oranlarında uygulanır. Ahşap malzemenin termo mekanik (TM) yoğunlaştırma özellikleri, yoğunluğa, ahşap oranına, hücre çeper hacmine) ve sıkıştırma yönüne bağlıdır (Kutnar vd., 2007). Ahşap malzemenin elastik davranışı nedeniyle, TM yönteminde, uygulanan basınç kaybolduktan sonra, sıkıştırmadan önce orijinal şekline geri dönme eğilimi vardır. Sıkıştırma oranının yüksek olması durumunda, daha fazla yayılma meydana gelir ve bu, malzeme yapısındaki daha fazla baskıdan kaynaklanabilir (Laine vd., 2013). TM yoğunlaşmasına maruz kalan ahşap malzemede, eğilme direncinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü, sıkıştırma oranındaki artışa paralel olarak artmaktadır (Tabarsa ve Chui, 1997). TM yoğunlaştırmada elastikiyet modülünü etkileyen en önemli faktör sıkıştırma oranıdır ve ön sıcaklık önemli bir etkiye sahip değildir (Gong ve Lamason, 2007). TM yoğunlaştırma işleminden sonra, ahşap malzemenin sertliği artırılabilir (Dubey, 2010). TM yoğunlaştırma işleminden sonra, direnç değerindeki artışlar, ahşap malzemenin boşluk hacmindeki azalmadan ve yük taşıma özelliği olan birim hacmindeki hücre çeper maddesindeki artıştan kaynaklanabilir (Ulker vd., 2012). Yoğunlaşma süresinin bir

sonucu olarak yoğunluğun artmasıyla, liflere paralel basınç direncinde, radyal ve teğet yönlerde eğilme direncinde ve Brinell sertlik değerlerinde artış olabilir (Blomberg vd., 2005).

### 1.2 Termo-mekanik (TM) yoğunlaştırma yöntemi ile ilgili örnek çalışmalar

Tabarsa ve Chui, 1997'de yaptıkları çalışma ile 20°C ile 200°C arasında, %12 ile %32 arasında sıkıştırma oranı ile Beyaz ladin (*Picea glauca*) ahşabına TM yoğunlaştırma işlemi uygulamıştır. Elastikiyet modülü genellikle sıkıştırma ve sıcaklık seviyesi ile artmıştır, ancak istisnai olarak, 100°C'de yoğunlaşan ahşap direnci diğer sıcaklık değerlerinden daha düşük bulunmuştur (Tabarsa ve Chui, 1997). Diğer çalışmalarda, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) deney numuneleri açık sistemde üç farklı sıcaklıkta (120°C, 140°C ve 160°C) termo mekanik yöntemiyle yoğunlaştırılmıştır. Yoğunlaşma işleminden sonra, yoğunlaşmaya bağlı boşluk hacmindeki düşüşten ve yük taşıma özelliğine sahip birim hacimdeki hücresel çeper maddesindeki artıştan kaynaklandığı, sarıçamın direnç özelliklerinin önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, liflere paralel eğilme, kopma ve basınç direnci için ideal sıcaklığın 120°C, Brinell sertlik değeri için 140°C olduğu belirtilmiştir. Yoğunlaşma sonrası eğilme direncinde %42, basınç direncinde %47, radyal doğrultuda sertlikte %242, teğet doğrultuda sertlikte %268 artış sağlanmıştır (Ulker vd., 2012).

Bir başka çalışmada, farklı derecelerde hazırlanan ahşap malzemeler, farklı sürelerdeki 175°C baskı sıcaklığında ve %13-22 oranında sıkıştırma seviyelerinde termo mekanik yoğunlaştırmaya maruz bırakılmıştır. Buna göre, yoğunlaşma seviyesine bağlı olarak bazı çatlakların olduğu belirtilmiştir (Adlam, 2005). Şenol ve Budakçı yaptıkları çalışmada çatlakların, malzeme yüzeyinde meydana gelmiş az ve sürekli olmayan, pres tablası ile yoğunlaştırılacak malzemenin temasından sonra meydana geldiğini aktarmıştır. Bu çatlakların %22 sıkıştırma seviyesinde işlem görmüş malzemede daha yaygın olduğu, ancak bu malzemelerde daha düzgün bir yüzey elde edildiği eklenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, sertlikte bir artış görüldüğü ve sertlikte %13 ve %22 sıkıştırma seviyelerinde artış oranlarının sırasıyla %23 ve %31 olduğu belirtilmiştir (Şenol ve Budakçı, 2016).

Budakçı ve arkadaşları, termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısıl işlemin ıhlamur (*Tilia grandifolia* Ehrh.) ahşabının fiziksel özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yoğunlaştırma işlemi 100°C ve 140°C sıcaklıkta, %25 ve %50 sıkıştırma oranında radyal yönde uygulanmıştır. Bu işlemden sonra numunelere 185°C ve 212°C sıcaklıkta 2 saat boyunca ısıl işlem uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, her iki sıkıştırma oranında 100 °C'de yoğunlaştırma işlemi uygulanan numunelerde yoğunluk artışı gözlemlenmiştir (Budakçı vd., 2015).

Bu çalışmada, çam ve kavak ahşap türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve kayın ahşabına alternatif olarak kıyaslanması bilimsel olarak incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada hammadde olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Akkavak (*Populus alba* L.) kullanılmıştır. Kullanılan hammaddeler İnegöl Sanayi Bölgesinden temin edilmiştir.

Bu araştırmada, ahşap malzemenin yoğunlaştırılması yöntemi kullanılarak mobilya sektöründe kullanılmak üzere alternatif ahşap malzeme ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda kimyasal kullanılmadan yoğunlaştırılmış ahşap malzeme yönteminden yararlanarak ülkemizde yetişen ve ekonomik değeri düşük olan ağaç malzemeye katma değer katılmıştır. Böylece günümüzde meydana gelen mobilya sektöründeki hammadde sıkıntısına yeni çözümler oluşturulmuştur.

Deneme deseni aşağıda belirtilmiş olup, her bir ahşap türü için toplam 10 adet örnek ile çalışılmıştır (Çizelge 1).

### 2.1 Örnek ahşapların seçimi ve deney örneklerinin hazırlanması

Temin edilen ahşap türlerinde test yöntemlerinde belirtilen standartlara uygun ebatlarda kesme işlemi yapılmıştır (Şekil 1). Daha sonra kesilen parçalar arasında, yapılan çalışmaya uygun ayırma işlemleri yapılmıştır. Ayırma sırasında dikkat edilecek unsurlar ise; çatlak olmaması, yıllık halkalarının düzenli bir şekilde dağılması, mavi renklenme olmaması, lif kıvrıklığı meydana gelmemesi gibi temel unsurlara dikkat edilerek parça seçimleri yapılmıştır. Seçilen parçalara daha sonra BTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında zımparalama işlemi yapılmıştır. Doğal kurumaya bırakılan kerestelerin rutubetleri kontrol edilerek denge rutubetine gelmeleri beklenmiştir.

### 2.2 Presle yoğunlaştırılmış ahşap malzeme (densification)

Bu çalışmada kullanılan ahşap malzeme fırında kurutulmuş olan referans olarak kullanılan kayın, çam ve kavak ahşap

numuneleridir. Örnekler, istenen son sıkıştırma miktarı test örnekleri kalınlığında olacak şekilde, Kavak (radyal), Çam (teğet) yönde preslenmiş olup 1x1x20 cm boyutlarına getirilmesi amaçlanmıştır. Sonuçta 1\*1 referans kayın örneği olarak, 1.2 ve 1.4 cm kavak ve çam örnekleri de %20 ve %40 preslenmiş örnekler olarak bu çalışmada kullanılmıştır. Daha sonra tüm örnekler en az 24 saat boyunca %65 bağıl nemde 20°C koşullandırılmıştır. Son olarak örnekler 150°C'de 30 dk ve 10 ton basınç altında preslenmiştir.



Şekil 1. Deney örneklerinin hazırlanması

### 2.3 Örneklerin tam kuru haldeki yoğunlukları

TS 2472 standardına göre 1x1x20 mm (radyal x teğet x lifler yönü) boyutlarındaki test ve kontrol örneklerinin tam kuru ağırlıkları (Şekil 2)belirlenmiştir. Yoğunlukları formül 1'e göre belirlenmiştir.

$$d = \frac{m}{v} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

Bu formülde;

m: Tam kuru rutubet miktarındaki ağırlık (g),

v: Tam kuru rutubet miktarındaki hacim (cm<sup>3</sup>)

### 2.4 Eğilme direnci

Eğilme direncinde örnekler TS EN 2474'e göre 1x1x20cm (teğet x radyal x lifler yönü) boyutlarında hazırlanmıştır. Kırılma anında maksimum yük ( $P_{maks}$ ) için eğilme direnci (Formül 2):

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot P_{maks} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad (2)$$

Çizelge 1. Yoğunlaştırılmış ahşap malzeme yöntemine ait deneme deseni

Ağaç Malzeme Türü	Yöntem	Test/Analizler	Tekrar Sayısı
Kayın	İşlem görmemiş	Eğilme Direnci	10
		Liflere Paralel Basınç Direnci	10
		Kalınlığa Şişme	10
		Yoğunluk	10
Çam	150 °C sıcaklık 10 ton basınç 30 dk. bekleme süresi	Eğilme Direnci	10
		Liflere Paralel Basınç Direnci	10
		Kalınlığa Şişme	10
		Yoğunluk	10
Kavak	150 °C sıcaklık 10 ton basınç 30 dk. bekleme süresi	Eğilme Direnci	10
		Liflere Paralel Basınç Direnci	10
		Kalınlığa Şişme	10
		Yoğunluk	10



Şekil 2. Örneklerin kurutulması ve daha sonra kondisyonlanması

Burada,  $\sigma_c$ : eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>),  $P_{maks}$ : kırılma anında uygulanan maksimum yük (N), L: dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), b: deney parçasının genişliği (mm), h: deney parçasının kalınlığı (mm).

## 2.5 Elastikiyet modülü

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır (Formül 3).

$$E = \frac{\Delta F.L^3}{4.b.h^3.\Delta f} \quad (3)$$

Bu formülde; E: Elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>),  $\Delta F$ : Uygulanan kuvvetler farkı (N), L: Destek noktaları arası açıklık (mm), b: Deney numunesi genişliği (mm), h: Deney numunesi en kesit kalınlığı (mm),  $\Delta f$ : Net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm).

## 2.6 Liflere paralel basınç direnci

Ahşap örneklerini sıkıştırmaya, ezmeye ve bu şekilde deforme etmeye, kırmaya çalışan kuvvete karşı gösterilmiş olan dirençtir. Liflere paralel basınç direnci TS EN 2595'e göre 1x1x2 cm (teğet x radyal x lifler yönü) boyutlarındaki örneklerde yapılmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

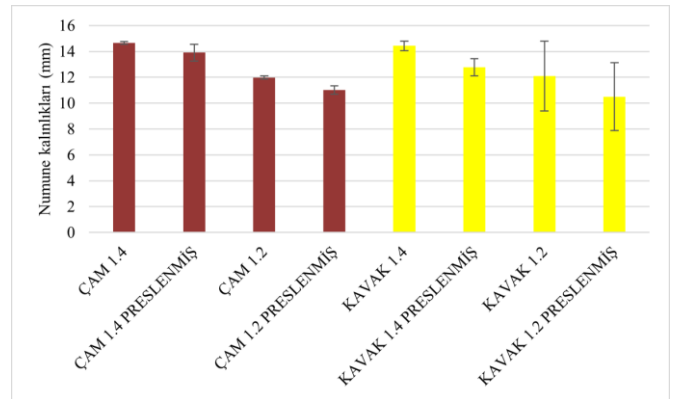
Örneklerin preslemeden önceki ve sonraki değerleri, eğilme testi maksimum gerilme ve eğilme değerleri, yoğunluk değerleri, liflere paralel basınç değerleri, 24 saat ve 1 hafta sonraki su alma değerleri aşağıdaki grafiklerde gösterilmiş olup yorumlanmıştır.

### 3.1 Fiziksel özelliklere ait bulgular

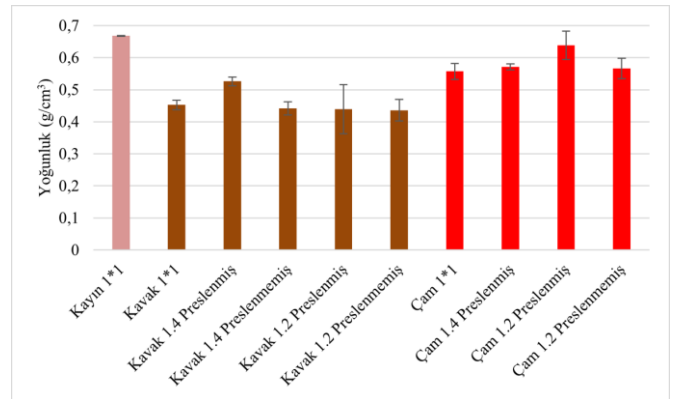
Kullanacağımız numuneleri kalınlıklarına göre sınıflandırdıktan sonra presleme işlemi yapılmadan önceki kalınlıkları ölçülmüştür. Daha sonra presleme işlemi yapılmış, bundan sonra ne kadar preslendiğine, ne kadar sıkışma gösterdiğine dair kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Preslemeden önceki ve sonraki kalınlık ölçüm değerleri Şekil 3'de gösterilmiştir.

Çam teğet yönden, kavak radyal yönden preslenmiştir. Bu işlemler sırasında örnekler, çam için (1.4 - 1.2 kalınlık) ve kavak için (1.4 - 1.2 kalınlık) kullanılmıştır. Bu değerler (çam ve kavak ağacının 1.4 ve 1.2 kalınlıklarında olan halleri) preslenmeden önceki değerleri ile preslemeden sonraki değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çam 1.4 preslenmiş

değerlerine bakılacak olursa, uygulanan pres süresi ve sıcaklık (10 ton basınç, 150°C, 30 dk) doğrultusunda gözle görülebilir bir sıkıştırma miktarı elde edilmiştir. Çam ahşabı 1.2 kalınlıkta preslenmiş numunelerdeki yoğunlaştırma oranı 1.4 kalınlıkta preslenmiş numunelere göre daha fazladır. Kavak ahşabı 1.2 kalınlıkta yoğunlaştırılmış numunelerde, hedeflenen kalınlık olan 1 cm'e yakın değerler elde edilmiştir. Kavak 1.2 kalınlıkta daha çok sapma meydana geldiği görülmektedir. Çam ağacında olduğu gibi 1.2 kalınlık 10 ton karşısında 1.4 kalınlıktan daha iyi sonuç vermiş olup, daha çok sıkıştırılmıştır (1.4 örnekler %10 kadar sıkıştırılabilirken, 1.2 örneklerde ortalama %15 sıkışma görülmüştür). Çam ve kavak örnekleri karşılaştırıldığında, uygulanan presleme işlemi sonucunda preslemeden önceki ve sonraki değerlere bakılarak kavak ağacının daha çok preslendiği ve sıkıştırıldığı görülmektedir.

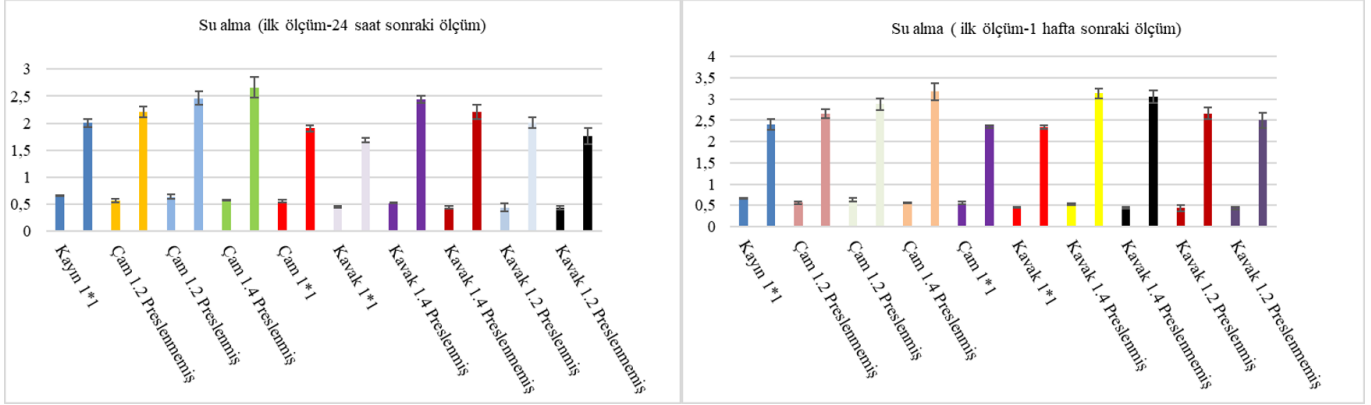


Şekil 3. Numunelerin preslemeden önceki ve sonraki kalınlık değerleri



Şekil 4. Örneklerin yoğunluk değerleri

Yoğunluk karşılaştırılması yapıldığında kullanılan örnekler; Kayın ahşabı (1\*1 kalınlık), kavak ahşabı (1\*1-1.4 ve 1.2 kalınlık), çam ahşabı (1\*1-1.4 ve 1.2 kalınlık) şeklindedir. Kullanılan ahşap örneklerinin preslenmiş ve preslenmemiş yoğunluk değerleri, 1\*1, 1.2, 1.4 cm kalınlıklarda ayrı ayrı karşılaştırılmış olup Şekil 4'de gösterilmiştir. Kullanılan ahşap türlerinin yoğunluk kıyaslamalarına bakılacak olursa, kavak 1.4 preslendikten sonra, kavak 1.2'nin preslendikten sonraki yoğunluk değerinden daha büyük olduğu ve daha çok yoğunlaştığı ortalama olarak gözlenirse de istatistik olarak kayda değer fark bulunmamıştır. Kavak 1.2' de ciddi bir std. sapma meydana gelmiş olup yoğunluk ölçümü yapılan parça ölçümlerinde çok bir fark gözlemlenmemiştir.



Şekil 5. Su alma testi değerleri

Çamda ise 1.2 kalınlık, 1.4 kalınlıktan daha çok yoğunlaşmış daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu yoğunluk grafiğine bakılarak, projenin asıl hedefi olan kavak ve çam türlerinin yoğunluğunun, presleme işlemi yapılarak kayın ahşabına yaklaştırılabileceği anlaşılmakta olup, presleme oranının artırılarak bu sonuca ulaşılabileceği düşünülmektedir. Bu sonuçlara göre, çam ahşabı 1.2 kalınlıkta preslenmiş numuneler, referans kayın ahşabının yoğunluğuyla benzerlik göstermektedir.

Şekil 5'te, kullanılan ahşap örneklerinin su alma testi yapıldığında ilk ölçüm, 24 saat ve 1 hafta sonraki ölçümde gözlemlenen değerleri gösterilmiştir. Sonuçlara bakılacak olursa, preslenen örnekler, preslenmeyen örnekler göre 24 saat sonra daha fazla su aldığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda 1.4 kalınlıkta olan ahşap örnekleri, 1.2 kalınlığa kıyasla 24 saat sonra daha fazla su aldığı görülmüştür.

Bu değerler sonucunda 24 saat sonra en fazla su alan ahşap türü preslenmiş çam 1.4 olarak gözlemlenmiştir. 24 saat sonra en az su alan ise kavak 1\*1 olarak görülmüştür. Kullanılan ahşap türlerinin su alma testi yapıldığında 1 hafta sonraki ölçümde gözlemlenen değerlere bakıldığında, preslenen ahşap türlerinin, preslenmeyen türlere göre yine daha fazla su aldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre, ahşap türlerinin 24 saat ve 1 hafta sonra aldığı su oranları karşılaştırılabilirse, kavak ahşabı 24 saat sonra 1.4 ve 1.2 kalınlıkta preslenmiş örneklerin preslenmeyen örneklerden fazla su aldığı görülmekte, ancak 1 hafta sonra bu farkın azaldığı görülmektedir. Aynı zamanda 24 saat sonraki ölçümde çam 1\*1 ve kavak 1\*1 örneklerine bakılacak olursa, çam 1\*1'in daha fazla su aldığı görülmüştür.

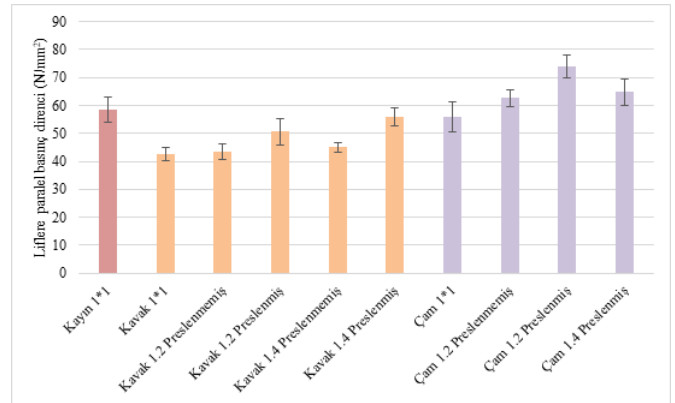
İki ahşap türünün bir hafta sonra 1\*1 boyutlarındaki değerlerine bakılacak olursa, kavak 1\*1 örneklerinin daha fazla su alarak aradaki farkın eşitlendiği görülmektedir. 24 saat sonra ahşap türleri arasında 1\*1 boyutlarında en fazla su alan kayın ağacı görülmektedir. Ancak 1 hafta sonra çam ve kavak daha fazla su alarak bu farkın eşitlendiği görülmektedir. Kayın 1\*1 ve çam 1\*1 örnek boyutlarının 24 saat sonra kavak 1.2 preslenmemiş örnekten daha fazla su aldığı görülmektedir.

Bu fark 1 hafta sonraki ölçümlerde tam tersi olup kavak 1.2 preslenmemiş örnek, kayın 1\*1 ve çam 1\*1 örneklerinden

fazla su aldığı görülmüştür. Sonuç olarak 24 saat sonraki ölçümlerde preslenmiş örnekler preslenmemiş örneklerden daha fazla su almış olup, 1 hafta sonraki ölçümlerde preslenmemiş örnekler daha fazla su alarak aradaki farkın azaldığı gözlemlenmektedir. Bunun sebebinin presleme işlemiyle birlikte yapısı bozulan hücrelerin başta su alım hızını arttırması olarak düşünülebilir.

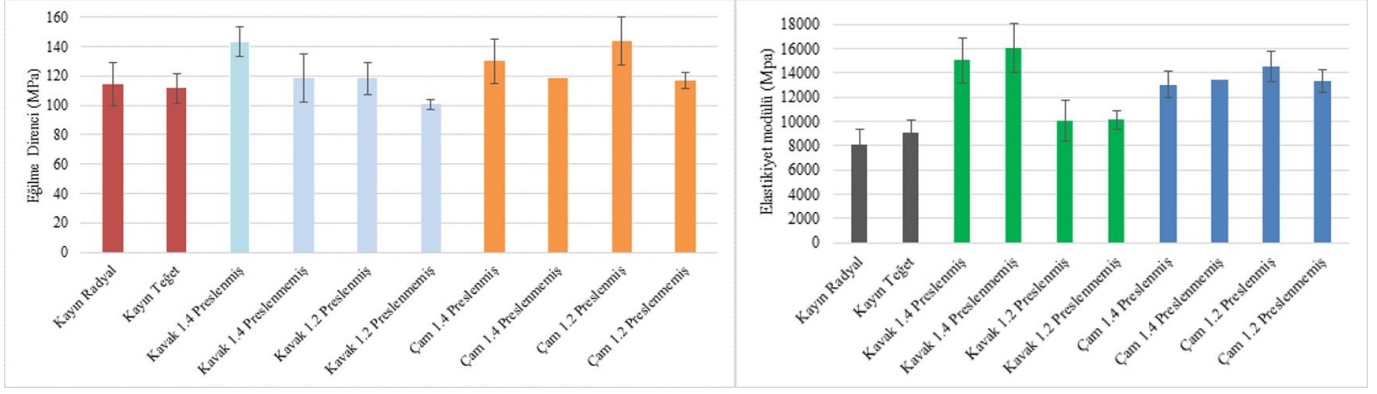
### 3.2 Mekanik özelliklere ait bulgular

Kullanılan ahşap örneklerine liflere paralel basınç direnci testi yapıldığında gözlemlenen değerler Şekil 6'da gösterilmiştir. Liflere paralel basınç direnci testi yapıldığında kullanılan ahşap örnekleri, kayın (1\*1 kalınlık), kavak (1\*1-1.2-1.4 kalınlık), çam (1\*1-1.2-1.4 kalınlık) şeklindedir. Sonuçlara bakılacak olursa, preslenen ahşap örneklerinin daha iyi mekanik değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan ahşap türlerinin 1\*1 boyutlarında preslenmemiş değerlerine bakılacak olursa, en iyi sonucu kayın ahşabının verdiği beklenen şekilde ölçülmüştür.



Şekil 6. Liflere paralel basınç direnci

Kavak ahşabı, 1.4 kalınlıkta kayın ahşabına değer olarak daha çok yaklaşmış olup, kavak 1.2 daha az yaklaşmıştır. Sonuç olarak, kavak ahşabı değerlerinin, kayın ahşabı değerine ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Çam ahşabı ise, preslendikten sonra liflere paralel basınç direncinde en iyi sonucu verdiği görülmüştür.



Şekil 7. Eğilme testi maks gerilme ve elastikiyet modülü değerleri

Presleme işlemi yapılmayan 1\*1 boyutlarında kayın ahşabı en yüksek değerlere sahip iken, presleme işlemi yapıldıktan sonra çam 1.4 ve 1.2 kalınlıkta, kayın değerlerini geçmiş olup daha iyi sonuçlar vermiştir. Çam ahşabı 1.4 ve 1.2 kalınlıktaki en iyi değeri ise 1.2 preslendikten sonraki değeridir. Bu sonuçlar yoğunluk artış sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Kullanılan ahşap türlerinin eğilme testi yapıldığında gözlemlenen maksimum gerilme değerleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri Şekil 7'de gösterilmiştir. Kullanılan ahşap türlerinin eğilme testi maksimum gerilme değerlerine bakılacak olursa, preslenen ahşap örneklerinin (Kavak 1.2-1.4, çam 1.2-1.4) kayda değer oranda iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Kayının eğilme testi radyal ve teğet olarak ayrı ayrı yapılmış ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.

Yapılan testlere ve sonuç grafiklerine göre karşılaştırılma yapılacak olursa, kavak 1.4 preslenmemiş örneğin kayının değerlerine göre hemen hemen aynı olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda kavak 1.4'te belirgin sapmalar meydana geldiği gözlemlenmiştir. Kavak 1.2 preslenmemiş örneğin kayın ağacının değerlerine göre maksimum gerilmesinin daha az olduğu görülmüştür.

Presleme işlemi yapıldıktan sonra kavak 1.2 kalınlığının az bir farkla kayın değerlerini geçtiğini, kavak 1.4 kalınlığının maksimum gerilmesi değerinin kayın değerlerine göre kıyaslandığında kayda değer anlamda yüksek maks gerilmeye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Preslenmemiş çam ahşabının maks gerilme değerleri preslenmemiş 1.2 ve 1.4 kalınlıkta kayına benzer ve kavaktan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Preslendikten sonra çam 1.2'nin maks gerilmesi çam 1.4'e göre daha çok arttığı gözlemlenmiştir. Çam eğilme direncinin 1.2 ve 1.4 kalınlıkta kayından kayda değer anlamda daha yüksek olduğu görülmektedir. Sonuç olarak maksimum gerilme presleme işlemi uygulandıktan sonra artmış olup, değerleri en fazla artan çam ahşabı olarak ölçülmüştür.

Kullanılan ahşap türlerinin eğilmede elastikiyet modülü sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. Örneklerin eğilmede elastikiyet değerleri incelendiğinde, preslenen ve preslenmeyen ahşap malzemeler arasında ciddi bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Eğilmede elastikiyet değerleri,

kullanılan ahşap türlerinin (kayın, kavak, çam) arasında en az değerlere sahip kayın ahşabı olarak gözlemlenmiştir. Çam 1.2 kalınlık, kavak 1.2 kalınlıktan daha fazla değere sahip olmakla beraber kavak 1.4 değerleri çam 1.4'ten daha fazla değere sahip olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmanın sonucunda, çam ahşabı 1.2 kalınlıkta preslenmiş haliyle, kayın ahşabına en yakın yoğunluk değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. 24 saat sonraki ölçümlerde preslenmiş örnekler preslenmemiş örneklerden daha fazla su almış olup, 1 hafta sonraki ölçümlerde preslenmemiş örnekler daha fazla su alarak aradaki farkın azaldığı sonucu elde edilmiştir. Liflere paralel basınç direnci testinde en iyi sonuç çamın preslenmesinden sonra elde edilmiştir. Eğilme direnci testinde maks gerilme presleme işlemi uygulandıktan sonra artmış olup, değerleri en fazla artan çam ahşabı olarak ölçülmüştür. Böylece, %20 kadar yoğunlaştırma işleminin bile ahşabın mekanik özelliklerini ciddi anlamda arttırdığı bu çalışmayla bulunmuş, kayına alternatif olarak özellikle çam ahşabının kullanılması fikrinin farklı çalışmalar ile de desteklenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

#### Açıklama

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A desteği ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan TÜBİTAK'a ve BTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Adlam, R. 2005. Thermomechanical densification of timber: maksimising the potential of softwood timber through thermomechanical densification, MPhil Thesis, *University of Queensland*, Australia.
- Blomberg, J., Persson, B. and Blomberg, A. 2005. Effects of semiosstatic densification of wood on the variation in strength properties with density. *Wood Science and Technology*, 39(5): 339-350.
- Budakçı, M. 2015. Ihlamur (*tilia grandifolia* ehrh.) odununun bazı fiziksel özelliklerine yoğunlaştırma ve ısıl işlemin etkisi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2), 871-885.

- Dubey, M.K. 2010. Improvements in stability, durability and mechanical properties of radiata pine wood after heattreatment in a vegetable oil, Ph.D. Thesis, Forestry at the *University of Canterbury*, New Zealand.
- Gong, M. ve Lamason, C. 2007. Improvement of surface properties of low density wood: Mechanical modification with heat treatment”, Research report, Project No: UNB57, Value to Wood No: UNB57 *Natural Resources Canada*.
- <http://www.gncahsap.com/mobilya-ve-dograma-endustrilerinde-kullanilan-ahsap-veyamasif-malzeme-ve-ozellikleri/>
- <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Mobilya.pdf>
- <https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2018/MobilyaSektorleriMeclisi.PDF>
- Kurtoğlu, A. ve Sofuoğlu, S.D. 2013. Mobilya Ve Ağaç İşlerinde Kullanılan Ahşap Malzemeler 2 (Kapı ve Pencere Yapımında Ağaç Malzemenin Kullanılması), *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, Sayı:1, 19 Kasım – Aralık, 52-66.
- Kutnar, A. ve Šernek, M. 2007. Densification of wood, *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 82, 53-62.
- Kutnar, A., Rautkari, L., Laine, K. 2012. Thermodynamic characteristics of surface densified solid Scots pine wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70, 727-734.
- Laine, K., Rautkari, L., Hughes, M. and Kutnar, A. 2013. Reducing the set-recovery of surface densified solid Scots pine wood by hydrothermal post-treatment. *European Journal of Wood and Wood Products*, 71(1), 17-23.
- Navi, P., Heger, F. 2004. Combined densification and thermo-hydro-mechanical processing of wood. *Holzforschung*, 54(3), 287-293.
- Orman Genel Müdürlüğü, 2013. /Orman%20Atlası%20%20Orman%20Genel%20Müdürlüğü.pdf
- Öncer, M., 1991, Orman Ürünleri Sanayinde Üretim Planlaması ve Kontrolü, *MPM Yayınları* 443, Ankara.
- Örs, Y. ve Efe H. 1998. Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 21-27.
- Özen, E., Aydoğan, K., Dalkılıç, B., Tatlı, O.S. 2017. Mobilya İşletmelerinin Sorunları ve Çözüm Önerileri, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 276-288.
- Şenol, S. ve Budakçı, M. 2016. Mechanical Wood Modification Methods, *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(2), 53-59.
- Tabarsa, T. ve Chui, Y. 1997. Effects of hot-pressing on properties of white spruce. *Forest Products Journal*, 47(5), 71.
- Terece, Z., Edirne Erdiç, J. ve Seçer Kariptaş, F. 2020. “Türkiye’de Mobilya Sektörünün Durumu ve 2000’li Yıllardan Sonra Küreselleşme Etkisi ile Değişimi” *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3/1: 159-180.
- TS 2472. 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, TSE, Ankara.
- TS 2474. 1976. Odunun statik eğilme dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- TS 2478. 1976. Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini, TSE, Ankara.
- TS 2595. 1977. Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 317. 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE, Ankara.
- Tu, D., Su, X., Zhang, T., Fan, W., & Zhou, Q. 2014. Thermo-mechanical Densification of *Populus tomentosa* var. *tomentosa* with Low Moisture Content. *BioResources*, 9(3), 3846-3856.
- Ulker, O., Imirzi O. ve Burdurlu, E. 2012. The effect of densification temperature on some physical and mechanical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *BioResources*, 7(4), 5581-5592.