

## Demir Ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) Odunundan Üretilen Orta Yoğunlukta Lif Levhaların (MDF) Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Osman ÇAMLİBEL<sup>1\*</sup>, Murat AYDIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Kırıkkale, Türkiye.

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Makine Bölümü, Isparta, Türkiye.

\*Sorumlu Yazar e-posta: [osmancamlibel@kku.edu.tr](mailto:osmancamlibel@kku.edu.tr)

Geliş Tarihi: 05.04.2022 Düzeltme Geliş Tarihi: 30.05.2022 Kabul Tarihi: 30.05.2022

### Öz

Bu çalışmada, Demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) odunu kullanılarak, kuru life oranla 1.17 mol üre formaldehit (ÜF) reçinesi (%12.5), katı parafin (%1.5) ve %10'luk amonyum klorür solüsyonu (%1,30) eklenerek MDF üretim hattında 0.694 g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta levhalar üretilmiştir. Bu levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Fiziksel özelliklerden levhaların yoğunluğu 0.694 g/cm<sup>3</sup>, kalınlığına şişme değerleri 2 ve 24 saat için sırası ile %2.53 ve %6.01 olarak ölçülmüştür. Mekanik özelliklerden eğilme mukavemeti 35.20 MPa, elastikiyet modülü 2982.8 MPa ve çekme mukavemeti 0.42 MPa ölçülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre, Demir ağacından (*Casuarina equisetifolia* L.) üretilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri çekme mukavemeti hariç TS EN standardının üzerinde ölçülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Demir ağacı, *Casuarina equisetifolia* L., MDF, Mekanik özellikler, Fiziksel özellikler

## Investigation of Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fibreboards (MDF) Produced from Iron Tree (*Casuarina equisetifolia* L.) Wood

### Abstract

In this study, ironwood (*Casuarina equisetifolia* L.) raw material was used. 1.17 moles of urea-formaldehyde (UF) resin (12.5%), solid paraffin (1.5%) and 10% ammonium chloride solution (1,30%) were added to the fibers. Boards with a density of 0.694 g/cm<sup>3</sup> were produced in the MDF production line. The physical and mechanical properties of the boards were evaluated. Swelling in thickness for 2 and 24 h were 2.53% and 6.01%, respectively. Modulus of rupture, modulus of elasticity, and internal bond strength were 35.2 N/mm<sup>2</sup>, 2982.8 MPa, and 0.42 MPa, respectively. Average moisture content of the boards was 7.9%. According to results, except for IB, both physical and mechanical properties of the boards produced using ironwood (*Casuarina equisetifolia* L.) were higher than the TS EN standard.

**Key words:** Ironwood, *Casuarina equisetifolia* L., MDF, Density, Mechanical properties, Physical properties,

### Giriş

Lif levhalar, inşaat ve özellikle mobilya üretimi için yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalardan biridir. Lif levhalar düşük, orta ve yüksek yoğunlukta olarak sınıflandırılır fakat inşaat ve mobilya sektöründe orta yoğunluklu 640-800 kg m<sup>-3</sup> lif levha (MDF) öne çıkmaktadır (Levy 2012).

Lif levha üretiminde, odun ve geri dönüştürülmüş odun hammaddeleri kullanılmakta

ve hammadde talebi sürekli artmaktadır. Talebin kesintisiz şekilde karşılanabilmesi amacıyla sürdürülebilir alternatif odun hammaddesi üzerine çalışılmaktadır. Kubba (2010)'ya göre, kompozit ahşap bazlı bir ürün olan MDF, geleneksel olarak yumuşak ağaç türleri kullanılarak üretilir iken hammaddenin gün geçtikçe azalmasıyla günümüzde ahşap, atık ahşap malzemesi, geri dönüştürülmüş kâğıt, bambu, karbon fiberler ve

polimerler, çelik, cam ve orman içi atık hammaddelerinin seyyar yongalama makineleri aracılığıyla yongalanarak elde edilen hammaddelerle de üretilebilmektedir. Geleneksel olarak kullanılan yumuşak ağaç türlerinin yanı sıra, MDF üretiminde sert ağaç türlerinin kullanılabilirliği veya farklı ahşap karışımlarının yumuşak ve sert ağaç ile karıştırılarak üretilen lif levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi orman ürünleri ve teknolojisi biliminin önemli araştırma alanlarından. Bu doğrultuda ahşap kaplama malzemeleri, sert ve yumuşak ağaç türlerinin lifleri, tarımsal atıkların lif karışımları, ısı işlem görmüş lif kullanımı, presleme parametreleri, reçineler, levha yüzey özellikleri, sayısal modelleme ve analiz gibi modifikasyon yöntemleri sürdürülebilir MDF üretiminde değerlendirilen parametrelerden bazılarıdır. Farklı türlerin karışım ya da yalnız olarak kullanıldığı ve MDF'nin özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmalardan bazıları şunlardır;

Eroğlu ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada, buğday sapları ile odun lifi karışımı 50/50 oranlarındaki MDF üretiminde optimum verimi sağladığı (yapıştırıcı oranı %12; pres süresi 6 dakika; pres sıcaklığı 150 °C; sıcak pres basıncı; 200-220 kPa/cm<sup>2</sup>, sertleştirici madde; %1)'ni ifade etmişlerdir. Fiziksel özelliklerde su alma değerini azaltmak amacıyla parafin tüketimini %1 veya 2 oranında artırılmasıyla çözülebileceğini açıklamıştır. Ayrılmış (2000) saplı meşe (*Quercus robur* L.) ve Akgül ve Çamlıbel (2008) mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum*) sert ağacının lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve ve hücre duvar genişliğini üzerine araştırma yapmışlar ve bu ağaç türlerinden ürettikleri MDF levhalarının özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar bu ağaç türlerinin MDF üretiminde kullanılabilirliğini açıklamışlardır.

İstek ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, ülkemiz ahşap esaslı levha üretiminde Dünyanın ilk 5. ve Avrupalının ilk 2. en büyük üreticidir. Dolayısıyla ahşap esaslı levha sektörünün hem hammadde ihtiyacı hemde hammadde fiyatları sürekli artmakta olduğunu ve düşük kalite ve değerde odun ile diğer lignoselülozik maddeleri ekonomiye kazandırması bakımından orman kaynaklarımızın etkili ve verimli kullanılmasına gerektiğini açıklamışlardır. İstek ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, MDF ürününün yanmaya karşı direnç performansını artırmak amacıyla yangın geciktirici olarak; kalsit, boraks, borik asit ve çinko borat kimyasalları levha yüzeyleri melamin formaldehit ile kaplanmıştır. Araştırmaları sonucunda, MDF levha yüzeyinde kaplı borik asit yangına karşı en iyi sonucu gösterdiğini açıklamışlardır.

Akgül ve ark. (2007) meşe ağacı kullanarak 18 mm kalınlık ve 600, 700 ve 800 kg m<sup>-3</sup> yoğunlukta MDF levhaları üretmişlerdir. Araştırmacılar, yoğunluk farkının 2 ve 24 saat kalınlığına şişme, eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, çekme mukavemeti, janka yüzey sertlik özellikleri üzerine etkisini araştırmış ve yoğunluğun sonuçlar üzerinde önemli etkileri olduğunu ifade etmişlerdir.

Akbulut ve Koç (2006) meşe, kayın, çam, dişbudak ve kavak türlerinin karışımlarını kullanarak 750 kg m<sup>-3</sup> yoğunlukta 18mm MDF levhaları üretmiş ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini karşılaştırmışlardır.

Akgül ve ark. (2012) orman gülü (*R. ponticum* L.), sarı çam ve saplı meşe odunlarının lifleri kullanılarak 18mm kalınlığında 730 kg m<sup>-3</sup> yoğunluğunda levhalar üretilmiş ve %11 nem ile ıslanabilirliğini ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır.

Çamlıbel ve Akgül (2020) kayın (*Fagus orientalis* L.), meşe (*Quercus robur* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) liflerine kalsit inorganik mineralleri ekleyerek ürettikleri MDF levhaların su alma, kalınlığına şişme, yüzey renk testi, yüzey toluen testi, eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, çekme mukavemeti, janka sertlik değeri, yüzey vida tutma mukavemeti değerlerini ölçmüştür. Kalsit mineralinin MDF üretiminde belirtilen oranlarda kullanılabilirliğini açıklamışlardır.

Akgül ve ark. (2017) %30 sarı çam, %35 kayın, %35 meşe lif karışımlarına ağırlıkça %20 tarımsal atık hammadde olarak bamya ve tütün sapları, fındık ve ceviz kabuğu ve çam kozalağı lifleri ekleyerek 707 kg m<sup>-3</sup> yoğunlukta 18 mm MDF levhalar üretmişlerdir. Kalınlığına şişme, su alma, eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, çekme mukavemeti, yüzey vida tutma mukavemeti değerleri belirlenmiştir.

Çamlıbel (2020) kayın, meşe, sarı çam odun liflerine ağırlıkça %3, %6, %9 zeolit eklemiş 737-742 kg m<sup>-3</sup> yoğunlukta 14mm MDF levhaları üretmiştir. Levhaların rutubet, su alma, suda şişme, eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, çekme mukavemeti ve formaldehit emisyon değerleri belirlenmiş ve zeolit mineralinin formaldehit tutucu olarak kullanılabilirliğini ifade etmiştir.

İstek ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, ham MDF levhalarının yüzeylerine melamin emdirilmiş dekor kağıtları, polivinil klorür (PVC), ve lake boya ile kaplanmıştır. Yüzey kaplı levhaların yüzeyindeki kaplama malzemelerinin performans dayanımı test en iyi sonucu PVC kaplı levhalar olduğunu açıklamışlardır.

Kartal ve Green (2003) %20 karaçam, %40 meşe, %40 kayın liflerinin karışımını kullanarak 763,

758, 764, and 767 kg m<sup>-3</sup> yoğunlukta MDF levhaları üretmiş ve levhaların mantarlara karşı çürüme dirençleri incelemiştir.

Akgül ve ark. (2013) yanmış çam odunu ile yanmamış kayın ve meşe odunlarını karıştırarak MDF levhaları üretmiş ve yoğunluk, eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü, çekme mukavemeti, yüzey vida tutma mukavemeti, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey renk özelliklerini incelemiştir. Yanan çam odununu belli karışım oranlarında MDF üretiminde kullanılabileceğini açıklamıştır.

Demir ağacı, hızlı büyüyen ve 1 m'ye kadar çap ve 40m'ye kadar boy verebilen bir türdür (Anonim, 2022). Syahbudin ve ark. (2013) demir ağacının Yogyakarta'daki yayılışını incelemiştir. Coşkun Hepcan ve Cangüzel (2021) 483 adet yetişkin demir ağacının ortamın hava kalitesine etkisini incelemiştir. Uday ve ark. (2021) plantasyon olarak yetiştirilen *Casuarina equisetifolia*'nın MDF üretiminde kullanılabilirliğini 12mm'lik levhaları laboratuvar ekipmanları ile üre-formaldehit (ÜF) reçenesi kullanarak değerlendirmiştir. Literatür taramasında görülebileceği gibi, odun lifinin farklı kullanım yüzdelerinin MDF'nin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri üzerine çalışmalar görülmektedir. Fakat Demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) odununun MDF üretiminde kullanımı üzerine sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada demir

ağacı kullanımının MDF levha özelliklerine etkisi araştırılmaya çalışılmıştır.

## Materyal ve Metot

Bu çalışmada, Demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) odunları Sakarya ilinden temin edilmiştir. Demir ağacı odunları %100 olarak kullanılmıştır. Reçine 1.17 mol üre formaldehit (ÜF) tutkalı Polisan Tutkal Tesislerinde üretilmiştir. Üretimde ÜF tutkalı (katı madde; 65±1, ÜF mol oranı; 1.17, yoğunluk (20 °C g cm<sup>-3</sup>); 1.227, vizkosite (25 °C cps); 20-35 sn, jelleşme süresi (100°C) (10% ((NH<sub>4</sub>Cl)); 20-45 sn, pH: 7.5- 8.5, serbest formaldehit: %0.25 maksimum, metilol grupları: %12-15, raf ömrü: 90 gün) belirtilen özelliklerde üretimde kullanılmıştır. Sertleştirici amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl) Gebze'deki özel bir işletmeden tedarik edilmiştir. Parafin katı olarak İzmir ilinden tedarik edilmiştir. Parafinin yoğunluğu 0.98 g cm<sup>-3</sup> ve pH'si 9-10 olan parafin kirli beyaz katı madde (%100) olarak kullanılmıştır.

## Üretim Parametreleri

Levha üretim parametreleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Üretimde %100 Demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) lifleri kullanılmıştır. Levhalar, Düzce ilinde üretim yapan özel bir MDF üretim fabrikasında üretilmiştir.

Çizelge 1. Levha Üretim parametreleri

Demir odunu lifi (%)	ÜF (1.17 mol) (kg m <sup>-3</sup> )	Katı Parafin (kg m <sup>-3</sup> )	Yoğunluk (g cm <sup>-3</sup> )	Press Süresi (sn)	Press Basıncı (kg cm <sup>-2</sup> )	Press Sıcaklığı (°C)	Press Hızı (mm sn <sup>-1</sup> )	Levha Ölçüsü (mm)
%100	85	1.5	0.694	285	32	185	140	18x2100x4900

## MDF Levhaların Üretimi

Demir ağacı odunları, fabrika hammadde sahasında ayrı bir alana depolanmıştır. Odunlar yongalama makinasında yongalanmıştır ve yonga silosunda depolanmıştır. Yongalar, sarsıntılı ve çalkantılı mekanik elekte elenmiştir. İstenilen standart boyutlardaki yongalara katı formda parafin karıştırılmıştır. Parafin karışımı yongalara ön pişirme silosunda 135 °C'de ve 2.7 bar buhar basınç altında ön buharlama işlemi yapılmıştır. Yongalar helezon vasıtasıyla asplund-defibratör kazan sistemine taşınmıştır.

Asplund-defibratörde 185 °C ve 8.3 bar buhar basıncında 3.5 dakika süreyle pişirme işlemi yapılmıştır. Pişirme kazanında (digester) yumuşayan yongalar boşaltma helezonu vasıtasıyla defibrilasyon işlemiyle rafinerideki segmentlerde

lifler üretilmiştir. Üretilen liflere, lif akış hattı siteminde %10'luk amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl) sertleştirici çözeltisinin yoğunluğu 0.97 g cm<sup>-3</sup>, pH'si 6.7 ve kuru life oranla %1,30 olarak verilmiştir. Reçine hazırlama ünitesinde %65 katı madde ÜF tutkalı su katılarak ve homojen karışım sağlayarak katı maddesi %50 oranı düşürülmüş ve sevk pompasıyla blow line hattındaki liflere pulverize olarak sprey edilmiştir. ÜF tutkalı kuru life oranla %11 olarak liflere verilmiştir. Lifler kurutucuda %12 rutubete kadar kurutulmuştur.

Kuru liflerin homojen karışımı, lif toplama silolarındaki tırmıklar. Lifler, serme istasyonunda pasta (mat) haline getirilmiştir. Pastanın enine ölçü fazlalıkları kenar temizleme testeresi ile kesilmiş ve emiş sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Pastalar enine yönde boyutlandırılmıştır. Mat, ön presleme işleminde 110-90-105 kg cm<sup>-2</sup> basınç

uygulanarak kalınlığına sıkılaştırılmıştır. Pasta boyu, serme istasyonunda diyagonal testere ile 4960 mm olarak boyutlandırılmıştır. Sıcak pres ölçülerine uygun hale getirilen pastalar, Şekil 1-A'da görüldüğü üzere katlı yükleme asansörüne yüklenmiştir. En ve boy ölçüleri 2170mm ve 4960mm olarak ebatlanan pastalar 8 katlı ön yükleme asansörüne doldurulmuş ve 8 katlı sıcak prese yüklenmiştir.

Levhalar, 185°C sıcaklıkta 32kp cm<sup>-2</sup> basınç uygulanarak 285 saniye süre ve 140 mm sn<sup>-1</sup> pres hızı ile üretilmiştir. Pres işlemi sonrasında levhaları pres boşaltma asansörüne taşınmıştır. Levhalar

yıldız soğutucuda (Şekil 1-B) soğutma işlemi yapılmıştır. Levhalar ebatlama ünitesinde 18X2100X4900 mm ölçülerinde boyutlandırılmıştır. Şekil 1-C'de görüldüğü üzere, levhalar stok alanında beş gün dinlendirmeye alınmıştır. Levhalar dinlendirildikten sonra hem alt hem de üst yüzeyleri 40, 80, 120 kum zımpara kâğıdı ile zımparalama işlemi yapılarak kalınlıkları 18 mm düşürülmüştür. Böylece üretim hattında 18X2100X4900 mm ölçülerinde nihai ürün üretilmiştir. Deneme levhaları hava akımı olmayan yüzeyi düzgün beton zemin üstünde takoz üzerinde depoda stoklanmıştır.



Şekil 1. Üretim süreçleri; A) pastanın asansöre yüklenmesi, B) levhalarının klimatize edilmesi ve C) levhaların depolanması.

#### Test metotları ve istatistiki değerlendirme

Deney levhaları %65±5 bağıl nem ve 20±2°C koşullarında %12 rutubete kadar TS 642-ISO 554 (1997) standardına göre kondisyonlanmıştır. TS EN 309 (1999)'a göre sınıflandırılan levhalardan TS EN 326-1 (1999)'a göre hazırlanan örnekler kullanılarak testler gerçekleştirilmiştir. TS EN 622-5 (2006)'da belirtilen kuru işlem MDF için gerekler doğrultusunda, su içerisine daldırma sonrası kalınlığına şişme (TS EN 317, 1999), birim hacim ağırlık (TS EN 323, 1999), deney numune boyutu (TS EN 325, 1999), eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü (TS EN 310, 1999), levha yüzeyine dik çekme dayanımı (TS EN 319, 1993) tayinleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, İmal IB200 (İmal s.r.l., San Damaso,İtalya) laboratuvar test cihazı kullanılmıştır. Her bir test için 10 tekrarlı deney yapılarak ortalamalar alınmıştır.

#### Bulgular ve Tartışma

Demir ağacından üretilen MDF levhalarının fiziksel özellikleri Çizelge 2 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. MDF levhaların ortalama yoğunluğu 0.694 g cm<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. Standart sapma ve varyasyon katsayılarına göre levhaların yoğunluklarının homojen olarak dağıldığı görülmektedir. Levhaların yoğunluk değerleri TS EN standardı ile uyum içindedir. Levhalarının rutubet değeri ortalama %7.9'dur. Yoğunluktaki gibi çok düşük varyasyon katsayısı elde edilmiştir.

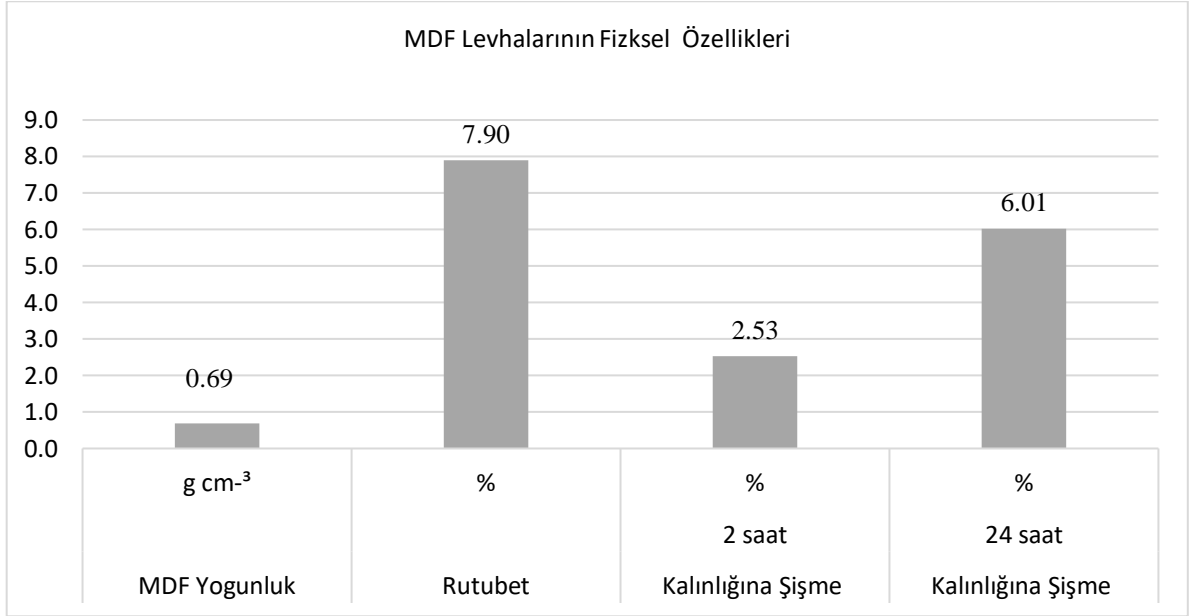
Parrotta (1993) öz odunu donuk kırmızı koyu kahverengi olan ve pembemsi diri odundan ayrıtılabilemeyen demir ağacının sert ve ağır olduğunu, hava kurusu yoğunluğunun 0.61g cm<sup>-3</sup> olduğunu belirtmiştir. Chowdhury ve ark. (2007) yaptıkları araştırmada; 25 yaşındaki *Casuarina equisetifolia* L ağacının yoğunluğunu 0.80 g cm<sup>-3</sup> olarak ölçmüşlerdir. Chowdhury ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada; yoğunluk değerinin özden uzaklaştıkça kayda değer şekilde artmakta ve ortalama yoğunluğun 0.68±0.02 g cm<sup>-3</sup> olduğunu belirtmiştir. Vishnu ve Revathi (2019) ise 0.656 gr cm<sup>-3</sup> olarak ölçmüştür.

Levhaların su içerisine daldırma sonrası kalınlığına şişme ortalama değerleri 2 saat ve 24 saat uygulaması için sırası ile %2.53 ve %6.01 olarak ölçülmüştür. TS EN 317'de belirtilen referans değerden yaklaşık %49 daha düşük şişme değeri elde edilmiştir. Dolayısı ile levhaların suda şişme yüzdesi beklentinin üzerindedir. Fakat 2 saatlik kalınlığına şişme uygulaması sonuçlarına kıyasla 24 saat sonuçlarının bu dağılımdaki değerleri ortalamaya göre %42.8'lik bir değişim göstererek yüksek bir varyasyon katsayısı elde edilmiştir. Yüksek bir varyasyon katsayısı elde edilmiştir. Bunun sebebi ise ortalama altında elde edilen kayda değer oranda düşük şişme değerleridir.

Akgül ve Çamlıbel (2008) mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum*) odunundan ürettikleri MDF levhaların 24 saat kalınlığına şişme değerini %10.99 olarak belirtmiştir. Demir ağacı odunu ile üretilen levhaların suda kalınlığına şişme

değeri *R. ponticum* L. odunundan üretilen MDF levhalara göre %45.22 oranında daha küçük ölçülmüştür. Dolayısı ile kalınlığına şişmeye neden

olabilecek koşullarda demir ağacından üretilen levhanın kullanılması önerilebilir.



Şekil 2. Levhalarının fiziksel özellikleri.

Çizelge 2. Levhaların fiziksel ve mekanik test sonuçları

Levha No	Yoğunluk (g cm <sup>-3</sup> )	Rutubet (%)	Kalınlığına Şişme 2 saat (%)	Kalınlığına Şişme 24 saat (%)	Eğilme Mukavemeti (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Standard	TS EN 323	TS EN 322	TS EN 317	TS EN 317 (≤12)	TS EN 310 (≥ 20.0 MPa)	TS EN 310 (≥ 2200 MPa)	TS EN 319 (≥ 0.55 MPa)
1	0.708	7.800	2.772	8.980	32.617	2896.038	0.378
2	0.717	7.700	2.048	8.246	33.810	2897.959	0.470
3	0.719	7.700	2.381	8.638	33.766	2992.617	0.444
4	0.703	7.900	2.278	5.056	35.295	3079.340	0.409
5	0.690	8.100	3.560	2.503	34.591	2971.546	0.433
6	0.680	8.100	2.216	3.213	36.240	2815.010	0.397
7	0.675	7.900	2.215	3.710	38.106	3058.661	0.427
8	0.684	7.800	3.265	4.649	32.854	2819.164	0.393
9	0.679	7.900	2.557	10.061	36.817	3125.090	0.435
10	0.683	8.100	2.003	5.064	37.902	3172.574	0.421
Ort.	0.694	7.90	2.53	6.012	35.20	2982.80	0.421
Std. Sapma	0.02	0.15	0.5	2.57	1.9	118.83	0.03
CoV	2.26	1.88	19.58	42.8	5.39	3.98	6.13

CoV: Varyasyon katsayısı.

Demir ağacından üretilen MDF levhalarının fiziksel ve mekanik test sonuçları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Chowdhury ve ark. (2007)'na göre demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) kimyasal bileşimi, anatomik özellikleri, fiziksel ve mekanik özellikleri ve doğal dayanıklılığın birbiriyle ilişkili olduğu tek malzemedir. Chowdhury ve ark. (2009)'na göre, demir ağacının odunsu bitkilerde, ksilem hücrelerinin sayısındaki kademeli artışla bağlantılı olan olgunlaşma modeli, öz ayrımı meydana geldikçe belirginleşir ve lif uzunluğu ortalama 1.04±0.07mm'dir. Vishnu ve Revath (2019) ise demir ağacı odunu ortalama lif uzunluğu, lif çapı, lif

duvar kalınlığı ve lif lümen genişliğini sırasıyla 1521.022 µm, 22.770 µm, 8.103 µm ve 6.565 µm olarak belirtmiştir.

MDF levhalarının mekanik özellikleri, Çizelge 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Ortalama eğilme mukavemeti 35.20 MPa olarak TS EN standardının yaklaşık %76 üzerinde ölçülmüştür. Levhaların ortalama elastikiyet modülü 2982.80 MPa olarak TS EN standardının yaklaşık %35.6 üzerinde ölçülmüştür. Levhaların ortalama çekme mukavemeti ise 0.421 MPa ölçülmüştür. Eğilme mukavemeti ve eğilmede elastikiyet modülünün aksine ortalama çekme mukavemeti TS EN standardının yaklaşık %23.5 altında olmuştur. 24

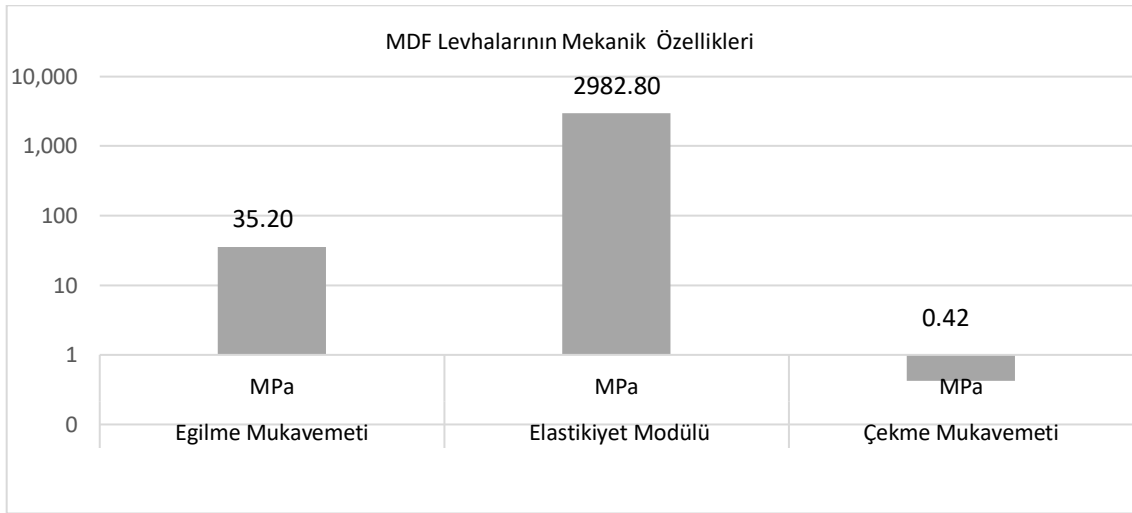
saat kalınlığına şişme haricindeki özelliklerde olduğu gibi mekanik özelliklerin de varyasyon katsayıları kayda değer derecede düşük hesaplanmıştır.

Uday ve ark. (2021) laboratuvar ortamında demir ağacının (*Casuarina equisetifolia* L.) MDF üretiminde hammadde olarak uygunluğunu belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada ÜF tutkalı kullanılarak 12 mm MDF levhalar üretmiş ve demir ağacı odun liflerinden MDF levha üretilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada ise levhalar laboratuvar tipi olmayıp levha üretimi yapan fabrikada üretilmiştir.

Kalınlığına şişme performansının aksine bu çalışmada elde edilen mekanik değerler, Akgül ve Çamlıbel (2008)'in *R. ponticum* L. odunu ile ürettikleri MDF'lerin mekanik test (eğilme mukavemeti, elastikiyet modülü ve çekme mukavemeti) değerlerinden daha düşük olmuştur.

Ayrılmış (2002) yaptığı çalışmada, levha içindeki liflerin uzunluğu arttıkça, liflerin birbirleri üzerindeki temas etme uzunluğu artacağından çekme mukavemetine karşı lifler arası bağın direnci çok yüksek olacağını ifade etmişlerdir. Üretimde, lifleri sıkıştırma oranı MDF levhalarının fiziksel, mekanik özellikleri üzerine güçlü bir etkiye sahip olduğunu ve sıkıştırma oranı levha yoğunluğunun ahşabın özgül ağırlığına oranı olarak ifade etmiştir. Yumuşak ağaç liflerine yüksek bir sıkıştırma oranı uygulanabilir. Yüksek sıkıştırma oranı sayesinde, sıcak presleme sırasında pastadaki lifler arası daha iyi yapışma sağlandığını ifade etmişlerdir.

Ayrılmış (2002) yaptığı çalışmanın sonucuna göre; Demir ağacı (*Casuarina equisetifolia* L.) ile uzun lifli ağaç türleri ile karıştırılarak üretilen MDF levhalarının mekanik özellikleri iyi olacağı anlamına gelmektedir.



Şekil 3. MDF levhalarının mekanik özellikleri.

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, demir ağacından üretilen MDF levhaların yoğunluk değerleri, sınırlı olan literatür verileri ile uyumluluk göstermiştir Fiziksel özelliklerinin standartlarla kıyaslandığında daha iyi bir performans gösterdiği belirlenmiştir. Demir ağacı lifleri, yapısına daha az su molekülü alarak levhanın kalınlığına daha az şişmesini sağlamıştır.

Levhaların mekanik özelliklerinden eğilme mukavemeti ve elastikiyet modülü, TS EN standardının üzerinde ölçülmüş olup iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Fakat levhanın iç yapışma direnci, TS EN standardının altında ölçülmüştür. Dolayısıyla üretimde kullanılan ÜF tutkalın tüketim miktarı artırılarak levhaların çekme mukavemet değeri artırılabilir.

Özellikle 24 saat kalınlığına şişme değerleri hariç fiziksel ve mekanik özelliklerin varyasyon katsayıları kayda değer şekilde düşük olmuştur.

Demir ağacı odunundan üretilen MDF levhaların fiziksel ve mekanik özellikler dikkate alındığında, bu ağaç türü MDF üretimde biokütle olarak kullanılabilir.

Hem demir ağacının anatomik ve lif morfolojisi üzerine hem de MDF levha üretimi üzerine daha fazla çalışma yapılmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar makalede herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Teşekkür

Divapan Entegre A.Ş., Fabrika müdürü ve üretim yöneticilerine yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

**Kaynaklar**

- Akbulut ,T., and Koç, E. 2006. The effect of the wood species on the roughness of the surface and profiled areas of medium density fiberboard. *Wood Res*, 51:77–86.
- Akgül, M., and Çamlıbel, O. 2008. Manufacture of medium density fiberboard (MDF) panels from rhododendron (*R. ponticum* L.) biomass. *Build. Environ.*, 43(2008):438-443
- Akgül, M., Çöpür, Y., Güler, C., Tozluoğlu, A., Büyüksari, Ü., 2007. Medium density fiberboard from *Quercus robur*. *J Appl Sci*,7:1085–7. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.1085.1087>
- Akgül, M., Korkut, S., Çamlıbel, O., Candan, Z., Akbulut, T., 2012. Wettability and surface roughness characteristics of medium density fiberboard panels from rhododendron (*Rhododendron Ponticum*) biomass. *Maderas Cienc y Tecnol*,14:185–93. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2012000200006>
- Akgül, M., Uner, B., Çamlıbel, O., Ayata, Ü. 2017. Manufacture of medium density fiberboard (MDF) panels from agribased lignocellulosic biomass. *Wood Res*, 62:615–24.
- Akgül, M., Ayrılmis, N., Çamlıbel, O., Korkut, S. 2013. Potential utilization of burned wood in manufacture of medium density fiberboard. *J Mater Cycles Waste Manag*,15:195–201. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0108-3>.
- Anonim. 2022. demir ağacı, doğu akdeniz ormancılık araştırma enstitüsü müdürüğü, demir ağacı.pdf (ogm.gov.tr)
- Ayrılmis, N. 2000. The effect of tree species on technological properties of MDF. MSc thesis, İstanbul University, İstanbul, Turkey.
- Camlibel, O., and Akgul, M. 2020. Mechanical and physical properties of medium density fibreboard with calcite additive. *Wood Res*, 65:231–44. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/65.2.231244>.
- Camlibel, O. 2020. Mechanical and formaldehyde-related properties of medium density fiberboard with zeolite additive. *BioResources*, 15:7918–32. <https://doi.org/10.15376/biores.15.4.7918-7932>.
- Chowdhury, Q., Rashid, A.Z.M., Newaz, S., Alam, M. 2007. Effects of Height on Physical Properties of Wood of Jhau (*Casuarina equisetifolia* L). *Australian Forestry*, 70(1):33-36. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2007.10676260>
- Chowdhury, Q., Ishiguri, F., Iizuka K., Takashima, Y., Matsumoto, K., Hiraiwa, T., Ishido, M., Sanpe, H., Yokota, S., Yoshizawa, N. 2009. Radial variations of wood properties in *Casuarina equisetifolia* growing in Bangladesh. *J Wood Sci*, 55:139-143. <https://doi.org/10.1007/s10086-008-1004-2>
- Coşkun Hepcan, Ç., and Cangüzel, A. 2021. Bornova üniversite caddesi yol ağaçlarının hava kalitesi üzerine etkisi. *Ege Univiversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58: 245–252.
- Eroğlu, H., İstek, A., Usta, M. 2001. Medium density fiberboard (MDF) manufacturing from wheat straw (*Triticum aestivum* L.) and straw wood mixture. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 7(2), 305-311.
- İstek, A., Özlüsoyulu, İ., Kızılkaya, A. 2017. Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138.
- İstek, A., Muğla, K., Onat, S. M. 2016. Farklı Kaplamaların MDF Panellerin Yüzey Özellikleri Üzerine Etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 121-125.
- İstek, A., Aydemir, D., Eroğlu, H. 2013. Combustion properties of medium-density fiberboards coated by a mixture of calcite and various fire retardants. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(5), 642-648
- Kartal, SN., and Green, F. 2003. Decay and termite resistance of medium density fiberboard (MDF) made from different wood species. *Int Biodeterior Biodegrad*, 51:29–35. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(02\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(02)00072-0)
- Kubba, S. 2010. Choosing Materials and Products. “From: *Green Construction Project Management and Cost Oversight*. (ed) Kubba, S., Elsevier, Burlington, USA, 221–66. <https://doi.org/10.1016/b978-1-85617-676-7.00006-3>
- Levy, S.M. 2012. Lumber—Calculations to Select Framing and Trim Materials. “From: *Construction Calculation Manual*. (ed) Levy, S.M. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 351–440. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-382243-7.00011-5>.
- Merev, N. 1983. The structure of Turkish Alnus wood. Karadeniz Technical University Faculty Publication No. 7/2, Trabzon.
- Parrotta, J A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex JR & G. Forst. *Casuarina*, Australian pine, USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, 11 p, (SO-ITF-SM; 56).
- Syahbudin, A., Adriyanti, D.T., Osozawa, K.,

- Ninomiya, I. 2013. Distribution of *Casuarina Equisetifolia* Along the Southern Coast of Yogyakarta After Sixteen Years (1996-2012). *Journal of Life Sciences and Technologies*, 1: 19–25. - doi: 10.12720/jolst.1.1.19-25
- TS 642-ISO 554. 1997. Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standart Atmosfer - Özellikler, TSE, Ankara
- TS EN 309. 1999. Ahşap yonga levha -tarifler ve sınıflandırmalar. TSE, Ankara.
- TS-EN 317. 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS-EN 323.1999. Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 325. 2008. Ahşap esaslı levhalar-deney numunelerinin boyutlarının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 326-1. 1999. Ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene bölüm 1: deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi. TSE, Ankara.
- TS EN 622-5. 2006. Lif levhalar özellikler-bölüm 1: genel özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 310. 1993. Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 319. 1993. Yonga levhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini, TSE, Ankara.
- Uday, DN., Mamatha, BS., Prakash ,V., Sujatha, D., Kiran, MC., Narasimhamurthy. 2021. Development of Medium Density Fibreboard (MDF) from Plantation Grown Timber Species *Casuarina*. *The Indian Forester*, 147(6):1- DOI: 10.36808/if/2021/v147i6/154990
- Vishnu, R., and Revath, R. 2019. Studies on physical, chemical and fibre morphological parameters of three pulpwood species viz. *Eucalyptus*, *Melia* and *Casuarina* for pulp and paper making. *International Journal of Chemical Studies*, 7: 3155–3162.