



Alçak yoğunluklu polietilen ve yüksek yoğunluklu polietilen karışımının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine atık MDF tozunun etkisi

Bekir Cihad Bal^{1*} 

ÖZ: Odun plastik kompozitlerin (OPK) üretilmesinde, endüstriyel atıkların kullanımı üzerine yapılan bilimsel çalışmalar son yıllarda artmıştır. Geri dönüşüm konusuna bazı ülkelerin daha fazla önem vermesi bu ilgiyi artırmıştır. Özellikle Türkiye’de başlatılan sıfır atık projesi kapsamında, endüstriyel atıkların yeniden değerlendirilmesi ve ekonomiye kazandırılması konusundaki çalışmalar ilgi çekmektedir. Bu noktadan hareketle, bu çalışmada, mobilya fabrikalarında oluşan atık orta yoğunluklu lif levha (MDF) tozunun dolgu maddesi olarak odun-plastik kompozit malzemelerin üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, geri dönüştürülmüş alçak yoğunluklu polietilen (G-AYPE) ile yeni yüksek yoğunluklu polietilen (Y-YYPE) karışımına %10, %25 ve %40 oranlarında MDF tozu eklenerek odun plastik kompozit plakalar başarılı şekilde üretilmiştir. G-AYPE ile Y-YYPE polimerlerin karışımı ekstruder makinesinde homojen bir şekilde yapılmıştır. Elde edilen kompozitlerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre; kompozit içerisindeki dolgu maddesi oranı arttıkça, eğilme direnci, eğilmede deformasyon, çekme direnci, kopmada uzama, kalıplama daralması ve doğrusal termal genleşme katsayısı azalmıştır. Ancak, bunun aksine yoğunluk, eğilmede elastikiyet ve çekmede elastikiyet artmıştır.

Anahtar kelimeler: OPK, Mekanik özellikler, MDF tozu, Mobilya fabrikası atıkları

Effect of waste MDF powder on some physical and mechanical properties of blend of low density polyethylene and high density polyethylene

ABSTRACT: Scientific studies on the use of industrial waste in the production of wood-plastic composites (WPCs) have increased in recent years. The increased emphasis placed on recycling in some countries has increased this interest. Studies on the reuse and economic recovery of industrial waste, particularly within the scope of the zero waste project launched in Turkey, are attracting significant interest. Based on this perspective, this study investigated the utilization of waste Medium Density Fiberboard (MDF) dust generated in furniture factories as a filler in the production of wood-plastic composite materials. In the study, wood-plastic composite panels were successfully produced by adding 10%, 25%, and 40% MDF dust to a blend of recycled low-density polyethylene (R-LDPE) and virgin high-density polyethylene (V-HDPE). The blend of R-LDPE and V-HDPE polymers was made homogeneously in the extruder machine. Some physical and mechanical properties of the resulting composites were investigated. According to the obtained data, as the amount of filler in the composite increased, the flexural strength, deformation at bending, tensile strength, elongation at break, molding shrinkage, and coefficient of linear thermal expansion decreased. However, on the contrary, density, flexural modulus and tensile modulus increased.

Keywords: WPC, Mechanical properties, MDF dust, Furniture factory waste

Makale tarihçesi: Geliş:16.10.2025, Düzeltme: 30.11.2025, Kabul:01.12.2025, Yayınlanma:03.12.2025, *bcbal@hotmail.com

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye.

Atıf: Bal B.C., (2025), Düşük yoğunluklu polietilen ve yüksek yoğunluklu polietilen karışımının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine atık MDF tozunun etkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 321-333, DOI: 10.33725/mamad.1804675

1 Giriş

OPK üretiminde atık bazı malzemelerin dolgu maddesi olarak kullanılması geri dönüşümün amacına hizmet eden önemli bir konudur. Özellikle, OPK üretiminde kullanılan matris, geri dönüşümden elde edilen bir matris ise, bu durum geri dönüşüm amaçları için son derece önemlidir. Geri dönüşüm konusuna, bazı ülkeler daha fazla önem vermekte, atık malzemelerin geri dönüştürülmesi konusuna hem özel sektör ilgi göstermekte hem de bilimsel araştırma faaliyetleri bu yönde artış göstermektedir. Özellikle Türkiye’de 2017 yılında başlatılan sıfır atık projesi kapsamında, atıkların yeniden değerlendirilmesi ve ekonomiye kazandırılması konusundaki çalışmalar ilgi çekmektedir. Ayrıca, bu türden atıkların geri dönüştürülmesi ve yeni ürünlerin üretilmesi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde *Sorumlu Tüketim ve Üretim* hedefi altında tanımlanmaktadır.

Araştırmacılar tarafından birçok atık malzeme dolgu maddesi olarak OPK üretiminde denenmiştir. Örneğin; Rosa ve ark., (2009) tarafından yapılan çalışmada, bir tarımsal atık olarak pirinç kabuğu unu dolgulu polipropilen (PP) esaslı odun plastik kompozit malzemeler üretilmiş ve bazı özellikleri test edilmiştir. Tufan ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmada atık kağıt bardaklar dolgu maddesi olarak kullanılmış ve YYPE ve PP esaslı odun plastik kompozitler üretilmiş ve bazı özellikleri araştırılmıştır. Sadık ve ark., (2021) geri dönüştürülmüş YYPE ve atık cam unu kullanarak kompozitler üretmiş ve üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemiştir. Bhaskar ve ark., (2021) atık cam unu takviyeli polimer kompozitin bazı mekanik özelliklerini araştırmıştır. Kuzmin ve ark., (2024) tarafından arpa sapı ve araç lastiklerinden elde edilen atık kauçuk ile YYPE esaslı kompozit malzeme üretmiş ve bazı seçili özellikleri araştırılmıştır. Ayrılmış ve ark., (2025) tarafından atık cam unu ve arpa samanı takviyeli YYPE kompozitler üretilmiş ve bazı özellikleri araştırılmıştır. Taşdemir (2020) atık öğütülmüş ürefoormaldehit tozu dolgu maddesi olarak YYPE ile beraber kompozit üretiminde kullanmıştır. Bal (2023a) atık ceviz kabuğu unu ve odun unu ile doldurulmuş YYPE kompozitlerin bazı özellikleri araştırmıştır. Avella ve ark., (2009) atık aseptik karton kutu (Telra Pak) ile doldurulmuş YYPE esaslı kompozit levhaların bazı özelliklerini araştırmıştır. Ebadi ve ark., (2016 ve 2017) atık aseptik karton kutu ile doldurulmuş polietilen esaslı kompozit levhaların bazı teknolojik özelliklerini belirlemiştir. Mohareb ve ark., (2017) ve Hamouda ve ark., (2019) atık aseptik karton kutu kullanılarak üretilen kompozitlerin bazı mekanik özelliklerini ve çürüme direncini araştırmıştır. Bal (2023b) geri dönüştürülmüş polietilen kullanılan, atık cam unu ve odun unu ile doldurulan kompozitlerin bazı mekanik özelliklerini belirlemiştir. Bal ve Narlıoğlu (2024) geri dönüştürülmüş PP ve atık aseptik karton kutu ile kompozit malzeme üretmiş ve bazı seçili teknolojik özelliklerini belirlemişlerdir.

Bu yapılan çalışmaların yayında, mobilya fabrikalarında üretim esnasında oluşan atık MDF tozunun OPK üretiminde dolgu maddesi olarak kullanıldığı bazı çalışmalarda yapılmıştır. Örneğin; Chavooshi ve Madhoushi (2013) farklı seviyelerdeki MDF tozu ve alüminyum tozu ile kompozit malzeme üretmişler ve bu kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Altuntaş ve ark., (2016) tarafından AYPE ile MDF tozu ile beraber kompozit üretilmiş ve Bor bileşiklerinin kullanımının kompozitin yangına karşı dayanımı araştırılmıştır. Altuntaş ve ark., (2017a) tarafından, PP ve atık MDF tozu ile üretilmiş OPK üzerinde farklı yangın geciktirici bileşiklerin ve çinko boratın sinerjik etkileri araştırılmıştır. Altuntaş ve ark., (2017b), yüksek oranda (%40-70) odun lifi dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırmışlardır. Bir başka çalışmada Chavooshi ve ark., (2014) tarafından, atık MDF tozu ve PP ile üretilen kompozitlerin bazı özellikleri üzerine, malzeme karıştırma yönteminin ve dolgu maddesi

içeriğinin etkisi araştırılmıştır. Özmen ve ark., (2014) tarafından, PP ve %10 ile %50 arasında atık MDF tozu kullanılarak kompozitler üretilmiş ve odun unu ile doldurulmuş test örnekleri karşılaştırılmıştır. Bir başka çalışmada ise, Güler ve Doğan (2022) MDF fabrikalarında, zımparalama bölümünde oluşan MDF tozu atıklarının, MDF üretiminde kullanımını araştırmışlar ve bu atıklarının MDF üretiminde değerlendirilmesinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan önceki çalışmalarda, G-AYPE ve Y-YYPE karışımı ile üretilen kompozitin özellikleri araştırılmış ancak, bu karışımın bazı özellikleri üzerine MDF tozunun etkisi araştırılmamıştır. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amacı; G-AYPE ve Y-YYPE karışımının seçili özelliklerini ve ayrıca MDF tozunun dolgu maddesi olarak bu karışımın bazı özellikleri üzerine etkisini araştırmaktır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada polimer matris olarak, geri dönüşümden elde edilmiş alçak yoğunluklu polietilen (G-AYPE) kullanılmıştır. G-AYPE özel bir işletme olan Vepsan plastik San. ve Tic. LTD firmasından satın alma yolu ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan yeni yüksek yoğunluklu polietilen (Y-YYPE) ise PETKİM firmasının ürünüdür.

Çalışmada kullanılan MDF tozu mobilya üretimi yapılan bir iş yerinden temin edilmiştir. MDF tozu önce 40 mesh elekten elenmiş ve elek altına geçen tüm partiküller kullanılmıştır. Odun-plastik kompozit malzeme üretilirken içerisine başka bir malzeme eklenmemiştir.

Odun plastik kompozit levhalar üretilirken 6 farklı grup oluşturulmuştur. Sadece G-AYPE kullanılan grup, sadece Y-YYPE kullanılan grup, bu iki polimerin %50 oranında karışımı olan grup ve MDF tozu oranı ağırlık hesabına göre %10, %25 ve %40 dolgu maddesi olarak katılan gruplar olmak üzere 6 grup oluşturulmuştur (Tablo 1). Bu çalışmada, G-AYPE'nin çoğu kullanım alanı için düşük mekanik performansa sahip olması nedeniyle Y-YYPE karışıma güçlendirmek için eklenmiştir.

MDF tozu ise, endüstriyel bir atık olması nedeniyle, OPK üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. 40 mesh altındaki tüm partiküllerin kullanılmasının nedeni ise, bu atık malzemenin büyük bir bölümünün kullanılmasının amaçlanmasıdır.

Tablo 1. Kompozitlerin karışım oranları (%)

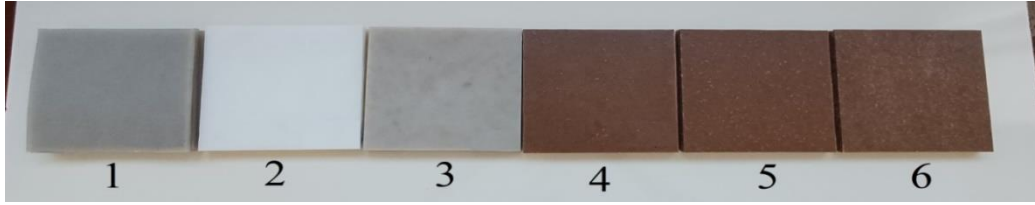
İçerik	Gruplar					
	1	2	3	4	5	6
G-AYPE (%)	100	0	50	45	37.5	30
T-YYPE (%)	0	100	50	45	37.5	30
MDF tozu (%)	0	0	0	10	25	40

2.2 Kompozitlerin üretilmesi

MDF tozu ile polimer, bir kaptaki karıştırıldı ve daha sonra, karışım namlu sıcaklığı 165, 175 ve 190 °C sıcaklıklardaki tek vidalı ekstruder ile karıştırıldı. Karışım, ekstruder çıkışındaki 3 mm çaplı bir nozuldan iplik halinde alındı ve bir masa üzerinde soğumaya bırakıldı. Daha sonra, bu malzeme kesildi ve küçük peletler elde edildi. Homojen bir karışım elde etmek için, malzeme ekstruderde iki kez işlendi. Daha sonra, bu peletler tekrar ekstruderden geçirildi, masa üzerinde tekrar soğutuldu ve tekrar kırılarak küçük peletler elde edildi. Bu peletler metal bir kalıba bırakıldı ve kalıpla beraber 180°C sıcaklıktaki elektrikle ısıtılan bir sıcak prese

yerleştirildi. Yapışmayı önlemek için yapışmaz pişirme kağıdı kullanıldı. Peletler 5 ton basınç altında ve 12 dakikalık bir süre boyunca ısıtıldı ve eritildi. Bu sürenin sonunda erimiş karışım metal kalıpla birlikte sıcak presten alınarak hemen soğuk prese yerleştirildi. Soğuk preste 5 dakika boyunca toplam 10 ton basınç uygulandı ve bu şekilde soğutuldu. Kompozit plakaların üretiminde ASTM D4703 numaralı standartta belirtilen usullere uyuldu ve bu standartta belirtilen Tip 2’de açıklanan kalıp sistemi (Flash-Type Mold) kullanıldı.

Soğuk presleme işleminden sonra kompozit levha metal kalıptan çıkarıldı ve yaklaşık olarak 3.5x175x175 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ölçülerinde kompozit levha elde edildi. Her grup için 5 adet kompozit levha üretildi. Bu çalışma için toplam 30 adet levha üretildi (Şekil 1). Bu levhalardan deney numuneleri hazırlandı. Eğilme deneyi için her levhadan 3 adet deney numunesi kesildi. Çekme deneyi için ise her levhadan 2 adet deney numunesi hazırlandı. Deney numuneleri laboratuvar tipi şerit testere kullanılarak kesildi. Çekme deneyi için hazırlanan her bir deney numunesinin kenarları CNC freze ile şekillendirildi. Test örnekleri hazırlandıktan sonra oda şartlarında 2 hafta bekletildi ve sonra testleri yapıldı.



Şekil 1. Üretilen kompozit levhaların görüntüsü

2.3 Metot

2.3.1 Yoğunluk, kalıplama daralması ve doğrusal ısı genleşme katsayısı

Üretilen kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri, ASTM 792 da belirtilen şekilde yapılmıştır. Test örneklerinin normal şartlarda ölçülen ağırlığı, suda ölçülen hacmine bölünerek yoğunluklar hesaplanmıştır. Yoğunluk hesabı aşağıdaki formülle (1) yapılmıştır.

$$d = M/V \quad (1)$$

Burada: d: yoğunluk (g/cm³), M: test örneğinin ağırlığı (g), V: test örneğinin sudaki hacmi (cm³)

Kalıplama daralması, kompozit plakalar üretilirken kullanılan kalıbın iç ölçüleri ile üretilen kompozit plakanın genişlik ölçüsüne oranlanması ile aşağıdaki formül (2) ile hesaplanmıştır.

$$\beta_k = ((G_k - G_p) / G_k) \times 100 \quad (2)$$

Burada: β_k : kalıplama daralması (%), G_k : kalıp iç genişliği (mm), G_p : plaka dış genişliği (mm)

Doğrusal ısı genleşme katsayısının (α_L) belirlenmesi için, öncelikle test örnekleri -12±2 °C ye kadar buzlukta soğutulmuştur. Test örnekleri buzlukta tek tek çıkarılarak soğuk haldeki uzunluk ölçüleri hemen alınmıştır. Daha sonra, test örnekleri +60 °C ye kadar kurutma fırınında ısıtılmış ve fırından tek tek çıkarılarak sıcak haldeki ölçüleri hemen alınmıştır. Isıtma sonucunda uzunluğunda meydana gelen artış miktarı ile α_L hesaplanmıştır. α_L , malzemenin sıcaklığının 1°C artması ile boyutunda meydana gelen uzama miktarını gösteren bir katsayıdır. α_L aşağıdaki formülle (3) hesaplanmıştır.

$$\alpha_L = d_L / (L_1 \times d_t) \text{ (}^\circ\text{C}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

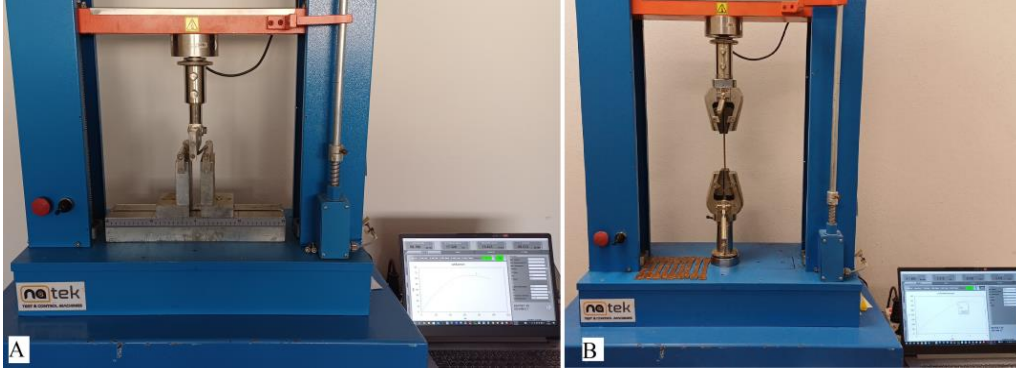
Burada; d_L sıcaklık ile meydana gelen uzama miktarı (mm), d_t sıcaklık farkı (°C), L_1 ise ilk uzunluktur (mm). α_L değeri çok küçük olduğu için “x10⁻⁵” şeklinde gösterilmiştir.

2.3.2 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Kompozit malzemelerin eğilme direnci testleri ASTM D 790 ve çekme direnci testleri ASTM D638'e göre yapılmıştır. Mekanik testler, 1 ton kapasiteli, elektromekanik prensiple çalışan universal test makinesinde yapılmıştır (Şekil 2).

Eğilme direnci testinde, her grup için 15 test örneği üzerinde ölçüm yapılmıştır. Eğilme direnci testinde, ön yük 5 N, mesnet açıklığı 56 mm, test hızı 2 mm/dk, test sonu ise ölçülen maksimum kuvvetin %75'i olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci testi esnasında elde edilen yük ve yer değiştirme verileri ile yük-deformasyon grafikleri oluşturulmuştur. Eğilme direnci testinde, test sonundaki maksimum deformasyon değeri, eğilmede deformasyon olarak kaydedilmiş ve çizelgelerde gösterilmiştir. Eğilme testi esnasında elastikiyet modülü değerleri de hesaplanarak ilgili çizelgede verilmiştir.

Çekme testi her grupta 10 test örneği üzerinde yapılmıştır. Çekme testi esnasında ön yük 5 N ve test hızı 2 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Çekme testi esnasında elde edilen mukavemet ve yüzde uzama verileri ile mukavemet-uzama grafikleri elde edilmiştir. Çekme testi sonunda kopmada uzama değerleri kaydedilmiş ve ilgili çizelgede gösterilmiştir. Çekme testi esnasında elastikiyet modülü değerleri de hesaplanarak çizelgelerde verilmiştir.



Şekil 2. Eğilme testleri (A) ve çekme testlerinin yapılması (B)

2.3.3 İstatistik hesaplarının yapılması

Testler sonunda elde edilen veriler excel programına kaydedilmiş ve gruplar arasında fark olup olmadığı SPSS programında One-Way ANOVA testi ile belirlenmiştir. Gruplar arasında istatistiksel bir fark belirlenen gruplar için Duncan testi ile birbirlerinden farklılık gösteren gruplar belirlenmiştir. Elde edilen istatistik sonuçları çizelgelerde verilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Yoğunluk testine ait bulgular, gruplar arasında fark olup olmadığını gösteren ANOVA testi sonuçları ve hangi grupların birbirlerinden farklı olduğunu gösteren Duncan testi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda verilen yoğunluk değerleri incelendiğinde en düşük yoğunluk grup 1'de 920 kg/m^3 (%100 G-AYPE içeren grup) ve en yüksek ise grup 6'da (%30 G-AYPE + %30 Y-YYPE + %40 MDF tozu içeren grup) 1059 kg/m^3 olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki yoğunluk farklılıkları istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.001$) ve ayrıca Duncan testine göre tüm grupların yoğunlukları birbirlerinden farklıdır. Grup 3, grup 1 ile grup 2'nin karışımı ile oluşturulan gruptur ve bu iki grubun yoğunluk değerlerinin ortalamasına çok yakın yoğunluk değeri ölçülmüştür (935 kg/m^3). Bu durum aslında, grup 3'de polimer malzemenin homojen şekilde karıştığını göstermektedir. Yapılan önceki çalışmalarda da, G-AYPE ve Y-YYPE polimerlerin karışımının, yoğunluk olarak ortalama bir değer verdiği rapor

edilmiştir (Akdoğan 2020). Ayrıca, MDF tozu dolgu oranı arttıkça yoğunluk değeri de artmıştır. Bunun en önemli nedeni, MDF tozunu oluşturan odun hücre çeperinin yoğunluğunun (yaklaşık 1500 kg/m³) polimerin yoğunluğundan daha yüksek olmasıdır. Yüksek pres basıncı ile odun hücrelerindeki boşluklar kapanmakta ve hücre çeperi yoğunluğuna yakın bir yoğunluk oluşmaktadır. Sunulan bu çalışmada elde edilen yoğunluk değerleri ile ilgili sonuçlara benzer sonuçlar, mobilya fabrikası atıklarının dolgu maddesi olarak kullanıldığı bir çalışma ile benzerdir (Mengeloğlu ve ark. 2015). Ancak, yapılan bir başka çalışmada ise MDF tozu oranı arttıkça, yoğunluğun azaldığı rapor edilmiştir. MDF tozu oranı %40 iken kompozit yoğunluğu 840 kg/m³ ve %50 iken 830 kg/m³ olarak ölçülmüştür (Chavooshi ve Madhoushi, 2013). Ancak, bu farklı sonuç elde edilen çalışmada kompozit malzeme ekstruder kullanılmadan üretilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada alüminyum tozu diğer dolgu maddesi olarak ve MAPP kullanılmıştır. Bu nedenle, kompozitin bileşenlerinin yeterince karışmadığı ve içerisinde fazlaca mikro boşlukların kaldığı açıktır. Bu durumun bir diğer açıklaması ise; odun plastik kompozitler konusunda yapılan önceki çalışmalarda da dolgu maddesinin miktarı arttıkça kompozit malzemenin yoğunluğunun arttığı yönünde bildirilen çalışmalardır (Matuana and Stark 2015; Çavuş 2020; Bal 2023b, Bal ve ark., 2023).

Tablo 2. Yoğunluk testine ait bulgular, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

	Gruplar						
Yoğunluk (kg/m ³)	1	2	3	4	5	6	P değeri
$\bar{x}$	920 A	952 B	935 C	964 D	1010 E	1059 F	P<0.001
ss	3.0	4.0	2.5	3.2	5.6	6.9	

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, *Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Kalıplama daralması testlerine ait bulgular, ANOVA testi önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. En küçük kalıplama daralması grup 6’da %1.37 ve büyük kalıplama daralması ise grup 1’de %3.49 olarak ölçülmüştür. Kalıplama daralması kompozit içeriğindeki dolgu maddesi miktarı arttıkça azalmıştır. Grup 1, 2 ve 3 arasında (dolgu maddesi kullanılmayan gruplar) istatistiksel olarak bir farklılık yoktur, ancak, dolgu maddesi kullanılan gruplarla ve grup 4 ve 5 ile grup 6 arasında önemli farklılık vardır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde dolgu maddesi miktarı arttıkça kalıplama daralması azalmıştır. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Yazıcıoğlu ve Borat (2018) tarafından, plastik polimerlere dolgu ya da takviye malzemesi eklenmesinin kalıplama daralmasını azalttığını bildirmiştir. Stark ve Berger (1997) kalıplama daralmasının, dolgu maddesi miktarının artmasıyla azaldığını rapor etmiştir. Yaptığı çalışmada kullandığı 4 farklı odun unu dolgu maddesi için, dolgu maddesi içeriğindeki her %10’luk artışta genel olarak %1,3 oranında kalıplama daralmasının azaldığını bildirmiştir. Ancak, bu çalışmada polimer matris PP’dir. Sunulan çalışmada ise PE kullanılmıştır. PE malzemenin PP malzemeye göre kalıplama daralması daha fazladır. Revilla-Díaz (2007) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar rapor edilmiştir.

Tablo 3. Kalıplama daralması bulguları (%), ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

	Gruplar						
(%)	1	2	3	4	5	6	P değeri
$\bar{x}$	3.49 C	3.15 C	3.27 C	2.22 B	2.05 B	1.37 A	P<0.001
ss	0.23	0.46	0.35	0.17	0.11	0.18	

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, *Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Doğrusal ısı genleşme katsayısı verileri, ANOVA testi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, ısı genleşme katsayısı en büyük grup 1’de 15.0×10^{-5} ve küçük grup 6’da 8.1×10^{-5} ölçülmüştür. Diğer grupların ısı genleşme katsayıları bu değerler arasında yer almıştır. Gruplar arasında fark olup olmadığı ANOVA testi ile belirlenmiş ve gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Yapılan Duncan testi ile birbirlerinden farklılık gösteren gruplar belirlenmiştir. Buna göre, grup 2, grup 4 ve grup 5 arasında fark vardır ancak istatistiksel olarak önemli değildir. Grup 3’de ölçülen değer grup 1 ile grup 2’nin yaklaşık olarak ortalaması kadardır. Grup 3 bu haliyle genel kompozit kuralına uygundur. Doğrusal ısı genleşme katsayısı, bir malzemenin sıcaklığa bağlı olarak genleşme oranını belirlemek için kullanılır. Uygulamada, malzeme veya yapı tasarımında, ısı genleşmeden kaynaklı bir hasarın oluşup oluşmayacağını öncesinde belirlemek için kullanılabilir bir parametredir. Bazı polimerlerin ısı genleşme katsayısı üzerine yapılan önceki çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Mussa ve Salih (2021) tarafından yapılan çalışmada, YYPE ve PP polimer ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin ısı genleşme katsayısı dolgu maddesi miktarının artması ile azalmıştır. Huang ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlar rapor edilmiştir.

Tablo 4. Isı genleşme bulguları, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

Gruplar							
$\times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	1	2	3	4	5	6	P değeri
$\bar{x}$	15.0 D	11.1 B	13.5 C	11.3 B	10.9 B	8.1 A	P<0.001
ss	0.9	1.3	1.3	1.6	1.9	1.1	

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, *Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Eğilme direnci testine ait bulgular, ANOVA testi önem düzeyi ve Duncan çoklu ayırım testine ait sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, en küçük eğilme direnci değerinin grup 1’de ölçüldüğü (14.0 N/mm^2), en büyük değerin ise grup 2’de ölçüldüğü (36.4 N/mm^2), diğer grupların bu değerler arasında sıralandığı görülebilir. Ayrıca, grup 1 ile grup 2’nin karışımı olan grup 3’de bu 2 grubun ortalamasına yakın bir değer (25.1 N/mm^2) ölçülmüştür. Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.001$). Yapılan Duncan testi sonuçlarına göre, sadece grup 3 ile grup 4 benzerdir. Diğer tüm gruplar istatistiksel olarak birbirlerinden farklıdır. Ayrıca, Kompozit malzeme içerisindeki MDF tozu dolgu maddesi miktarı arttıkça eğilme direnci değeri azalmıştır. MDF tozu kullanılan gruplara göre kullanılmayan kontrol grubu grup 3’dür. Bu kontrol grubuna göre, MDF tozu kullanılan deney gruplarının (grup 5 ve grup 6) eğilme direnci önemli derecede azalmıştır. Grup 6’nın eğilme direnci, kontrol grubuna (grup 3) göre yaklaşık olarak %20 oranında azalmıştır. Eğilme direnci değeri, kompozit malzemenin içerisine katılan dolgu maddesi miktarı arttıkça azalmaktadır. Bu konuda yapılan çoğu önceki çalışmada da MDF tozu oranının artması ile kompozit malzemenin eğilme direncinin azaldığı bildirilmiştir (Chavooshi ve Madhoushi 2013; Chavooshi ve ark., 2014). Ancak, bazı çalışmalarda ise, MDF tozu oranının artması ile kompozit malzemenin eğilme direncinin arttığı bildirilmiştir (Özmen ve ark., 2014; Mengeloğlu ve ark., 2015). Bunun yanında, genel olarak, odun-plastik kompozit malzemelerin üretiminde kullanılan lifsel yapıdaki veya tanecik yapıdaki dolgu maddeleri genel olarak kompozitin eğilme direncini azaltmaktadır (Matuana ve Stark 2015; Altuntaş ve ark., 2017b; Çavuş 2020; Bal 2023a,b).

Eğilmede elastikiyet modülü değerleri, ANOVA testi ve Duncan testi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, en küçük elastikiyet modülü grup 1’de (257 N/mm^2) en yüksek ise grup 2’de (1028 N/mm^2) ölçülmüştür. Diğer grupların elastikiyet modülü değerleri

bu aralıkta sıralanmıştır. Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.001$). Duncan testi sonuçlarına göre, tüm grupların elastikiyet modülü değerleri birbirlerinden farklıdır. Elastikiyet modülü değeri, kompozit içerisindeki dolgu maddesi yüzdesi arttıkça artmıştır. Bu durum genel kompozit kuralına göre beklenen bir sonuçtur. Kompozit malzemenin özellikleri, kompoziti oluşturan bileşenlere benzerlik gösterir. MDF tozunun genel olarak yoğunluğu ve elastikiyet modülü değeri PE malzemeye göre daha yüksek olduğu için kompozit malzemenin elastikiyet modülü değeri daha yüksektir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da kompozit malzemenin elastikiyet modülü değeri ile ilgili benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Chavooshi ve Madhoushi 2013; Chavooshi ve ark., 2014; Özmen 2014; Mengeloğlu ve ark., 2015; Altuntaş ve ark., 2017a,b; Bal 2023a,b).

Eğilme direnci testi sonunda elde edilen, Eğilmede deformasyon değerleri, ANOVA testi ve Duncan testi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde, En küçük eğilmede deformasyon değeri grup 6’da ve en büyük değer ise grup 3’de elde edilmiştir. ANOVA testi sonuçlarına göre, gruplar arasında fark vardır. Ancak, Duncan testi sonuçlarına göre, grup 1, grup 2 ve grup 4 arasında önemli bir fark yoktur. Eğilmede deformasyon değeri, eğilme yükü altında malzemenin kırılmadan veya maksimum yükün altında tanımlanan bir yüke kadar kırılmadan dayanabildiği deformasyon değerini göstermektedir. Sunulan bu çalışmada, eğilme direnci testi sonu, kırılma veya maksimum yükün %75 i olarak tanımlanmıştır. Test örnekleri kırılmamış ve yük değeri, maksimum yükün %75’ine kadar azalma gösterdiğinde test tamamlanmıştır. Elde edilene bulgulara göre, genel olarak, kompozit içerisindeki dolgu maddesi arttıkça eğilmede deformasyon değeri azalmıştır. Yapılan önceki çalışmalarda, eğilmede deformasyon değeri, çoğu çalışmada bildirilmemiştir. Ancak, bildirilen çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Fiore ve ark., 2014; Bal 2023a; Bal ve ark., 2023)

Tablo 5. Eğilme testi bulguları, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Gruplar						P değeri
		1	2	3	4	5	6	
Eğilme Direnci N/mm ²	$\bar{x}$	14.0 A	36.4 E	25.1 D	24.5 D	23.4 C	20.2 B	P<0.001
	ss	1.0	1.5	0.3	0.6	1.0	0.7	
Eğilmede Elastikiyet N/mm ²	$\bar{x}$	257 A	1028 F	578 B	659 C	853 D	985 E	P<0.001
	ss	17.9	63.7	12.7	28.9	44.4	77.8	
Eğilmede Deformasyon mm	$\bar{x}$	19.9 CD	19.4 CD	20.3 D	20.0 CD	18.6 B	15.3 A	P<0.001
	ss	0.7	0.2	0.3	0.3	1.0	2.1	

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, *Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Çekme testine ait veriler, ANOVA önem düzeyi değerleri ve Duncan testi sonuçları Tablo 6’de sunulmuştur. Sunulan bu veriler incelendiğinde, en küçük çekme direnci değeri grup 6’da (7.1 N/mm²) ve en büyük çekme direnci grup 2’de (22.0 N/mm²) ölçülmüştür. Çekme direnci gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.001$). Duncan testi sonuçlarına göre tüm gruplar birbirinden farklılık göstermiştir. Grup 3, grup 1 ile grup 2’nin ortalamasına yakın bir çekme direnci göstermiştir. Ayrıca, MDF tozu ile doldurulan grupların çekme direnci kompozit üretiminde kullanılan MDF tozu miktarı arttıkça azalmıştır. MDF tozu kullanımı %40 olan grup 6’nın çekme direnci kontrol grubunun (grup 3) çekme direncine kıyasla yaklaşık olarak %53 azalma göstermiştir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da benzer şekilde dolgu miktarının artması ile çekme direnci azalmıştır (Rosa ve ark., 2009;

Chavooshi ve Madhoushi 2013; Chavooshi ve ark., 2014; Mengeloğlu ve ark., 2015; Çavuş 2020; Bal 2023a,b; Bal ve ark., 2023) OPK üretiminde kullanılan dolgu maddesinin, çekme direncini bu şekilde azaltmasının nedeni, kompozit içerisindeki dolgu maddesinin polimerik malzemenin özelliğini değiştirmesidir. Matuana ve Stark (2015)'a göre, polimerik matrislere odun unu dolgu maddesi eklenmesi, OPK malzemesini polimerik malzemeye göre daha kırılğan hale getirerek matrisin sünek davranışını azaltmaktadır. Bu nedenle, çekme direnci, dolgu maddesi eklenmeyen polimerik matrise kıyasla azalmaktadır. Ayrıca, Bouafif (2009)'a göre; farklı dolgu maddelerinin lif morfolojilerindeki, kimyasal içeriklerindeki, yoğunluklardaki, selüloz-lignin içeriklerindeki ve en-boy oranlarındaki farklılıklar, lignoselülozik-polimer kompozitlerdeki farklı güçlendirme etkisinin nedenidir.

Tablo 6. Çekme testi bulguları, ANOVA önem düzeyi ve Duncan testi sonuçları

		Gruplar						P değeri
		1	2	3	4	5	6	
Çekme Direnci N/mm ²	$\bar{x}$	10.6 C	22.0 F	15.1 E	12.8 D	9.1 B	7.1 A	P<0.001
	ss	1.2	1.1	0.3	0.4	0.9	0.5	
Çekmede elastikiyet N/mm ²	$\bar{x}$	224 A	400 C	264 AB	278 B	448 D	484 D	P<0.001
	ss	49	31	17	25	78	42	
Kopmada uzama %	$\bar{x}$	190.1 B	19.1 A	21.5 A	13.0 A	4.6 A	3.1 A	P<0.001
	ss	169.3	1.9	1.3	1.8	0.8	0.5	

$\bar{x}$: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, *Duncan testi sonuçları büyük harfle gösterilmiş ve küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

Çekmede elastikiyet modülüne ait veriler, ANOVA önem düzeyi değerleri ve Duncan testi sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur. Bu veriler incelendiğinde, genel olarak çekme direnci verilerinin aksine bazı veriler elde edildiği görülebilir. En büyük çekmede elastikiyet değeri grup 6'da (484 N/mm²) ve en küçük grup 1'de (224 N/mm²) elde edilmiştir. Deney gruplarının elastikiyet değerleri, kontrol grubuna göre, dolgu maddesi içeriği arttıkça artış göstermiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. Ancak, grup 5 ile grup 6 arasındaki fark önemli değildir. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda da, çekmede elastikiyet sonuçları hakkında benzer sonuçlar bildirilmiştir (Rosa ve ark., 2009; Özmen ve ark., 2014; Mengeloğlu ve ark., 2015; Çavuş 2020; Bal 2023a,b; Birinci ve Kaymakçı 2023; Bal ve ark., 2023). Çekme direnci ve eğilme direncinin dolgu maddesi miktarının artması ile azalması ve eğilmede ve çekmede elastikiyetin dolgu maddesi miktarının artması ile artması aslında bir çelişki olarak düşünülebilir. Çünkü hem direnç ve hem de elastikiyet mekanik bir özelliktir. Ancak, direnç ile elastikiyetin genel tanımı bu çelişkiyi açıklamaktadır. Direnç, kompozit malzemenin kuvvet uygulandığında bir arada kalma yeteneğidir. Elastikiyet ise, bir malzemenin uygulanan kuvvete, karşı koyma yeteneğidir. Bu nedenle, her ikisi de mekanik bir özellik olsa bile, gösterdikleri yetenek farklıdır.

Çekme testi esnasında elde edilen kopmada uzama verileri, ANOVA önem düzeyi değerleri ve Duncan testi sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur. Bu verilere göre; en yüksek kopmada uzama yüzdesi grup 1'de ve en küçük grup 6'da ölçülmüştür ve sadece grup 1 ile diğer gruplar arasındaki fark önemlidir. Diğer gruplar arasında fark vardır ancak farklar istatistiksel olarak önemsizdir. MDF tozu eklenen grupların kopmada uzama değerleri dolgu maddesi yüzdesi arttıkça azalmıştır. Yapılan önceki çalışmalarda benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Rosa ve ark., 2009; Mengeloğlu ve ark., 2015; Taşdemir 2020; Çavuş 2020; Bal 2023a,b; Bal ve ark., 2023).

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, G-DYPE ve Y-YYPE karışımının bazı özellikleri üzerine dolgu maddesi olarak kullanılan MDF tozunun etkisi araştırılmıştır. Bunun için, G-DYPE, Y-YYPE ve farklı oranlarda MDF tozu extruder de karıştırılmış ve düz presleme yöntemi ile PE esaslı odun plastik kompozit levhalar üretilmiştir. Elde edilen kompozit malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- Çalışma kapsamında üretilen kompozitlerin; yoğunluk değerleri, eğilme direnci, çekme direnci, kalıplama daralması ve doğrusal ısıl genleşme katsayısı dolgu maddesi miktarı arttıkça azalmıştır. Eğilme direnci ve çekme direncinin azalması olumsuz bir sonuç ve kalıplama daralması ve doğrusal ısıl genleşme katsayısının azalması ise olumlu bir sonuç olduğu söylenebilir.
- Kompozitlerin eğilmede ve çekmede elastikiyet modülü değerleri, kullanılan dolgu maddesi miktarının artmasına paralel olarak, artış göstermiştir. Bu durumun olumlu bir sonuç olduğu söylenebilir.
- Çalışma kapsamında %40 seviyesine kadar, MDF tozu kullanılmış ve kompozitler başarılı bir şekilde üretilmiştir. Bu durumun, endüstriyel bir atık olan MDF tozunun OPK üretiminde kullanılabilmesi bakımından, olumlu bir sonuç olduğu söylenebilir. MDF tozunun odun-plastik kompozit malzemelerde kullanımı, hem çevresel hem de ekonomi açısından avantaj sağlayacaktır.

Yazar Katkısı

Bekir Cihad Bal: Kavramsallaştırma (araştırma fikri ve amaçlarının geliştirilmesi), Metodolojinin belirlenmesi, Araştırmanın yapılması, Analizlerin yapılması, Kaynaklar, Denetleme, Doğrulama, Görselleştirme, Makale Taslak oluşturma, Makale Yazma, inceleme ve düzenleme.

Finansal destek beyanı

Finansal destek alınmamıştır.

Çıkar çatışması

Yazar çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Kaynaklar

- Akdoğan, E., (2020). The effects of high density polyethylene addition to low density polyethylene polymer on mechanical, impact and physical properties, *European Journal of Technique (EJT)*, 10(1), 25-37, DOI: [10.36222/ejt.646693](https://doi.org/10.36222/ejt.646693)
- Altuntaş, E., Salan, T., ve Alma, M. H., (2016). Farklı bor bileşik kullanılarak MDF-AYPE odun plastik kompozitlerin yangına dayanıklılığının araştırılması, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 19-23.
- Altuntas, E., Narlioglu, N., and Alma, M., (2017a). Investigation of the fire, thermal, and mechanical properties of zinc borate and synergic fire retardants on composites produced with PP-MDF wastes, *BioResources*, 12(4), 6971-6983. DOI: [10.15376/biores.12.4.6971-6983](https://doi.org/10.15376/biores.12.4.6971-6983)
- Altuntaş, E., Yılmaz, E., ve Salan, T., (2017b), Yüksek oranda lif dolgu maddesi kullanımının odun plastik kompozit malzemenin mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması, *Turkish Journal of Forestry*, 18(3), 258-263, DOI: [10.18182/tjf.308969](https://doi.org/10.18182/tjf.308969)

- ASTM D 638., (2004). Standard test method for tensile properties of plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. 1–24s.
- ASTM D 790., (2004). Flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA. 1–9s.
- ASTM D 792 (2004) Standard test method for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement, Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards, Philadelphia, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States
- ASTM D4703-16 (2016) Compression molding thermoplastic materials into test specimens, plaques, or sheets, Annual Book of American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards, Philadelphia, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States.
- Ayrilmis, N., Kuzmin, A. M., Masri, T., Yagoub, M., Sedira, L., Pantyukhov, P., and Al-Farraj, S. A. (2025). Effects of reinforcement by both waste glass and barley straw on water resistance, mechanical, and thermal properties of polyethylene composite, *BioResources*, 20(3), 5967–5987, DOI: [10.15376/biores.20.3.5967-5987](https://doi.org/10.15376/biores.20.3.5967-5987)
- Avella M., Avolio, R., Bonadies, I., Carfagna C., Errico M.E., and Gentile G., (2009) Recycled multilayer cartons as cellulose source in HDPE-based composites: Compatibilization and structure-properties relationships. *Journal of Applied Polymer Science*, 114(5): 2978-2985, DOI: [10.1002/app.30913](https://doi.org/10.1002/app.30913)
- Bal, B. C. (2023a). Some mechanical properties of WPCs with wood flour and walnut shell flour, *Polímeros*, 33(2), e20230020, 1-8, DOI: [10.1590/0104-1428.20230005](https://doi.org/10.1590/0104-1428.20230005)
- Bal, B. C. (2023b). Comparative study of some properties of wood plastic composite materials produced with polyethylene, wood flour, and glass flour. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6(1), 70-79. DOI: [10.33725/mamad.1301384](https://doi.org/10.33725/mamad.1301384)
- Bal, B. C., Altuntaş, E., and Narlıoğlu, N. (2023). Some selected properties of composite material produced from plastic furniture waste and wood flour, *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 6(2), 233-244. DOI: [10.33725/mamad.1384214](https://doi.org/10.33725/mamad.1384214)
- Bal, B. C., and Narlıoğlu, N., (2024). Physical and mechanical properties of composites produced from recycled polypropylene and cardboard-polyethylene-aluminium mixture. *Tribology and Materials*, 3(4), 163-171, DOI: [10.46793/tribomat.2024.018](https://doi.org/10.46793/tribomat.2024.018)
- Bhaskar, K. B., Devaraju, A., and Paramasivam, A., (2021). Experimental investigation of glass powder reinforced polymer composite. *Materials Today: Proceedings*, 39, 484-487, DOI: [10.1016/j.matpr.2020.08.211](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.211)
- Birinci, E., and Kaymakci, A., (2023). Effect of processing technology, nanomaterial and coupling agent ratio on some physical, mechanical, and thermal properties of wood polymer nanocomposites, *Forests*, 14(5), 1036, DOI: [10.3390/f14051036](https://doi.org/10.3390/f14051036)
- Bouafif, H., Koubaa, A., Perré, P., and Cloutier, A., (2009). Effects of fiber characteristics on the physical and mechanical properties of wood plastic composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40(12), 1975-1981, DOI: [10.1016/j.compositesa.2009.06.003](https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2009.06.003)
- Chavooshi, A., and Madhoushi, M., (2013). Mechanical and physical properties of aluminum powder/MDF dust/polypropylene composites, *Construction and Building Materials*, 44, 214-220, DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2013.02.079](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.079)

- Chavooshi, A., Madhoushi, M., Shakeri, A., and Khazaeian, A., (2014). A comparative study on the effects of material blending method on the physico-mechanical properties of WPCs made from MDF dust, *Journal of Applied Polymer Science*, 131(15), DOI: [10.1002/app.40513](https://doi.org/10.1002/app.40513)
- Çavus, V., (2020), Selected properties of mahogany wood flour filled polypropylene composites: The effect of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAPP), *BioResources* 15(2), 2227-2236, DOI: [10.15376/biores.15.2.2227-2236](https://doi.org/10.15376/biores.15.2.2227-2236)
- Ebadi M, Farsi M, Narchin P, and Madhoushi, M., (2016). The effect of beverage storage packets (Tetra Pak™) waste on mechanical properties of wood-plastic composites, *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 29(12): 1601-1610. DOI: [10.1177/0892705715618745](https://doi.org/10.1177/0892705715618745)
- Ebadi M, Farsi M, and Narchin P., (2017). Some of the physical and mechanical properties of composites made from Tetra Pak™/LDPE, *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 31(8), 1054-1065. DOI: [10.1177/0892705717734597](https://doi.org/10.1177/0892705717734597)
- Fiore, V., Botta, L., Scaffaro, R., Valenza, A., and Pirrotta, A. (2014), PLA based biocomposites reinforced with Arundo donax fillers, *Composites Science and Technology*, 105, 110-117, DOI: [10.1016/j.compscitech.2014.10.005](https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2014.10.005)
- Güler, C., ve Doğan, V., (2022). MDF üretiminde zımpara tozu kullanım olanaklarının araştırılması, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 1-7, DOI: [10.33725/mamad.1114080](https://doi.org/10.33725/mamad.1114080)
- Hamouda T, Hassanin AH, Saba N, Demirelli M, Kilic A, Candan Z, and Jawaid, M., (2019). Evaluation of mechanical and physical properties of hybrid composites from food packaging and textiles wastes, *Journal of Polymers and the Environment*, 27, 489-497. DOI: [10.1007/s10924-019-01369-3](https://doi.org/10.1007/s10924-019-01369-3)
- Huang, R., Xiong, W., Xu, X., and Wu, Q., (2012). Thermal expansion behavior of co-extruded wood-plastic composites with glass-fiber reinforced shells, *BioResources*, 7(4), 5514-5526.
- Kuzmin, A., Ashori, A., Pantyukhov, P., Zhou, Y., Guan, L., and Hu, C. (2024). Mechanical, thermal, and water absorption properties of HDPE/barley straw composites incorporating waste rubber, *Scientific Reports*, 14(1), 25232. DOI: [10.1038/s41598-024-76337-6](https://doi.org/10.1038/s41598-024-76337-6)
- Matuana, L. M., Stark, N. M., (2015). *The use of wood fibers as reinforcements in composites*, in: Biofiber Reinforcements in Composite Materials, Woodhead Publishing, Swaston, UK, pp. 648-688, DOI: [10.1533/9781782421276.5.648](https://doi.org/10.1533/9781782421276.5.648)
- Mengelöglü, F., Basboga, İ. H., and Aslan, T. (2015). Selected properties of furniture plant waste filled thermoplastic composites, *Pro Ligno*, 11(4), 199-206.
- Mohareb AS, Hassanin AH, Candelier K, Thévenon MF, and Candan Z., (2017) Developing biocomposites panels from food packaging and textiles wastes: physical and biological performance. *Journal of Polymers and the Environment*, 25, 126-135, DOI: [10.1007/s10924-016-0791-6](https://doi.org/10.1007/s10924-016-0791-6)
- Mussa, H. M., and Salih, T. W. M., (2021). Experimental investigation on thermal properties of wood-plastic composites as flat panels, *Journal of Engineering Research*, 9 (ICRIE-Special Issue), 1-16

- Özmen, N., Çetin, N. S., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., ve Altuntaş, E. (2014). MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 65-71. DOI: [10.18182/tjf.64025](https://doi.org/10.18182/tjf.64025)
- Rosa, S. M. L., Santos, E. F., Ferreira, C. A., and Nachtigall, S. M. B., (2009). Studies on the properties of rice-husk-filled-PP composites: effect of maleated PP, *Materials Research*, 12, 333-338. DOI: [10.1590/S1516-14392009000300014](https://doi.org/10.1590/S1516-14392009000300014)
- Revilla-Díaz, R., Sánchez-Valdés, S., López-Campos, F., Medellín-Rodríguez, F. J., and López-Quintanilla, M. L. (2007). Comparative characterization of PP nano-and microcomposites by in-mold shrinkage measurements and structural characteristics, *Macromolecular Materials and Engineering*, 292(6), 762-768
- Sadik, W. A., El-Demerdash, A. G. M., Abokhateeb, A. E., and Elessawy, N. A., (2021). Innovative high-density polyethylene/waste glass powder composite with remarkable mechanical, thermal and recyclable properties for technical applications, *Heliyon*, 7(4). e06627, DOI: [10.1016/j.heliyon.2021.e06627](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06627)
- Stark, N., and Berger, M. J., (1997). Effect of species and particle size on properties of wood-flour-filled polypropylene composites, *Proceeding of functional fillers for thermoplastic and thermosets*. December, 8-10.
- Taşdemir, M. (2020). Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)/atık üre formaldehit polimer karışımlarının mekanik özellikleri, *International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering*, 2(2), 51-55.
- Tufan, M., Güleç, T., Çukur, U., Akbaş, S., ve İmamoğlu, S., (2015). Atık bardaklardan üretilen odun plastik kompozitlerin bazı özellikleri, *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 15(2), 176-182. DOI: [10.17475/kuofd.76245](https://doi.org/10.17475/kuofd.76245)
- Yazıcıoğlu O., Borat, O. (2018). *İmalat Yöntemleri*, Seçkin Yayınevi, Ankara.