



## Atık Malzeme İçeren Polimer Bazlı Kompozitlerin Isıl İletkenlik Özelliklerinin İncelenmesi

### Investigation of Thermal Conductivity Properties of Polymer Based Composites Containing Waste Materials

Mehmet Nuri Kolak<sup>1</sup> , Meral Oltulu<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojisi Programı, 12000 Bingöl, TÜRKİYE  
<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240 Erzurum, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 06/11/2020

Kabul / Accepted: 18/01/2021

Çevrimiçi Basım / Published Online: 29/01/2021

Son Versiyon/Final Version: 18/06/2021

#### Öz

Mineral yünlerden (taş yünü, cam yünü) oluşan yalıtım malzemesi üretimi esnasında, doğal kaynak tüketimi ve yüksek enerji maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Doğal kaynak tüketimini azaltmak için alternatif yalıtım ürünlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kapsamda, kullanım ömrünü tamamlamış ve atık konumundaki mineral yün (taş yünü, cam yünü), tarımsal atık olan ceviz kabuğu ve endüstriyel atık olan MDF tozu kullanılarak polyester reçineli kompozit malzemeler üretilmiştir. Polimer matris ağırlığının %10'u oranında belirlenen atık malzemeler (taş yünü, cam yünü, ceviz kabuğu ve MDF tozu) polimerle ikame edilmiştir. Üretilen kompozit malzemelerin birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik değerleri incelenmiştir.

Yapılan deneylerde, ceviz kabuğu takviyeli numunenin ısı iletkenlik değerinin, kontrol numunesine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. MDF tozu takviyeli kompozitin ısı iletkenlik değerinin kontrol numunesinden kısmen daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Taş yünü ve cam yünü katkılı kompozitlerde kısmen çökme gözlenmiştir. Isıl iletkenlik değeri kontrol numunesine göre yüksek çıkmıştır.

#### Anahtar Kelimeler

"Isıl iletkenlik, polimer kompozit, taş yünü, cam yünü, ceviz, MDF tozu"

#### Abstract

Natural resource consumption and high energy costs occur during the production of insulation materials made of mineral wools (e.g. rock wool, glass wool). Alternative insulation products are needed to reduce the consumption of natural resources. In this scope, composite materials with polyester resin were produced by using mineral wool (rock wool, glass wool), which is a waste, walnut shell, which is agricultural waste, and MDF powder, which is industrial waste. Waste materials (e.g. rock wool, glass wool, walnut shell and MDF powder) determined at the rate of 10% of the polymer matrix weight were replaced with polymer. Unit volume weight, ultrasound transmission velocity and thermal conductivity values of the produced composite materials were examined.

In the experiments, it was determined that the thermal conductivity value of the walnut shell reinforced sample was higher than the control sample. It was determined that the thermal conductivity value of the MDF powder reinforced composite was slightly lower than the control sample. The rock wool and glass wool-reinforced composites partial collapse was observed. Thermal conductivity value is higher than the control sample.

#### Key Words

"Thermal conductivity, polymer composite, rock wool, glass wool, walnut, MDF powder"

## 1. Giriş

Isıtma ve soğutma maliyetlerinin yüksek olması, doğal kaynak tüketimi ve atık bertaraf maliyetleri nedeniyle uygun yalıtım malzemesi kullanımı ve uygulamaları sık araştırılan konulardandır. Yalıtım ürünlerinde seri üretim çalışmaları 20. yüzyılın başlarında Almanya'da başlamıştır. 20. yüzyılın ilk yıllarından itibaren giderek kullanımı artan yalıtım uygulamaları 1990 yılı ve sonrasında enerji verimliliği uygulamalarının artmasına paralel olarak daha yaygınlaşmıştır (Binici vd., 2014).

Günümüzde kullanılan geleneksel mineral yün kaynaklı yalıtım uygulamaları her ne kadar iyi yalıtım değerleri sağlasa da doğal kaynak tüketimi nedeniyle araştırmacılar, alternatif uygulanabilir yalıtım uygulamalarına yönelmiştir. Bu bağlamda organik atıkların yalıtım malzemesi olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Binici vd., 2014). Bu çalışmalar incelendiğinde bio-kompozit olarak adlandırabileceğimiz atık ürünlerin (mısır koçanı, ayçiçeği sapı, pirinç kabuğu, hurma çekirdeği, Jüt, kenevir, ağaç kabukları, buğday kabuğu, odun lifleri, muz, ananas vb.) kullanıldığı görülmektedir (Abu-Jdayil, Hittini, vd., 2019; Abu-Jdayil, Mourad, vd., 2019; Ahmad vd., 2014; Alsewailem & Binkhder, 2010; De Albuquerque vd., 2000; De Farias vd., 2009; Devireddy & Biswas, 2016; Dhakal vd., 2007; Muthukumar vd., 2020; Mwaikambo & Bisanda, 1999; Patnaik & Nayak, 2018; Reddy vd., 2018; Satyanarayana vd., 1983; Subba Raju vd., 2018). Bu ürünlerin kullanımı neticesinde tarımsal atıkların çevreye vereceği zarar en aza indirilmiş ve ekonomiye kazandırılmış olacaktır.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde daha çok doğal liflerle güçlendirilmiş polimer kompozit ürünler üzerinde çalışmalar görülmektedir (Abu-Jdayil, Mourad, vd., 2019). Doğal lifli polimer kompozitlerle yapılan çalışmalarda polimer olarak epoksinin kullanıldığı; epoksi-mısır koçanı (Binici vd., 2014), epoksi-jüt (Ahmad vd., 2014; Devireddy & Biswas, 2016; Patnaik & Nayak, 2018), epoksi-cam elyaf (Aygün, 2020) ve polyesterin kullanıldığı; polyester-hurma çekirdeği (Alsewailem & Binkhder, 2010; Abu-Jdayil, Hittini, vd., 2019), polyester-jüt (De Albuquerque vd., 2000; Reddy vd., 2018; Subba Raju vd., 2018), polyester-muz-pamuk (Satyanarayana vd., 1983), polyester-şeftali palmyesi (De Farias vd., 2009), polyester-kenevir (Dhakal vd., 2007; Subba Raju vd., 2018) ve polyester-pamuk-kapok (Mwaikambo & Bisanda, 1999) mevcuttur. Farklı polimer matris ürünlerine bağlı olarak literatürde yapılan çalışmaların detayları Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Farklı polimer matris ürünleri kullanılarak üretilen kompozitlerin kullanım oranlarına bağlı olarak ısı iletkenlik değerleri

Yazar	Kullanılan Malzeme	Malzeme türü (Toz /Lif)	Faz Malzeme Kullanım oranları	Isıl iletkenlik değerleri (W/mK)
Ahmad vd., (2014)	Epoksi-jüt	Lif	%5,10,15,20,25,30,35 (ağırlıkça)	---
Devireddy & Biswas, (2016)	Epoksi-muz, jüt	Lif	Muz:%0-30, Jüt:%0-30 (ağırlıkça)	0,130-0,230
Patnaik & Nayak, (2018)	Epoksi-silikon karbür, jüt	Lif	jüt:%40, silikon karbür: %0,5,10,15 (ağırlıkça)	0,255-0,292
Aygün, (2020)	Epoksi-cam elyaf	Lif	%5, 10, 15 (ağırlıkça)	0,166-0,199
Binici vd., (2014)	Epoksi-mısır koçanı	Lif	%67, %57 (ağırlıkça)	0,075-0,098
Subba Raju vd., (2018)	Polyester-jüt, cam elyaf, kenevir	Lif	%18,24,30,36 (hacimce)	0,230-0,190
Reddy vd., (2018)	Polyester-jüt, ananas yaprağı, cam elyaf	Lif	%18-42 (hacimce)	0,230-0,181
De Albuquerque vd., (2000)	Polyester-jüt	Lif	%0,10, 20, 30 (hacimce)	---
De Farias vd., (2009)	Polyester-şeftali palmyesi	Lif, Toz	%10 (ağırlıkça)	---
Satyanarayana vd., (1983)	Polyester-muz, pamuk	Lif	%9, 14, 18 (ağırlıkça)	---
Dhakal vd., (2007)	Polyester-kenevir	Lif	%0, 10, 15, 21, 26 (hacimce)	---
Özel vd., (2015)	Polyester-Mineral (CEN kumu)	İnce agrega	%0, 30, 60 (hacimce)	0,090-0,250
Özel vd., (2015)	Polyester-polipropilen lif	Lif	%0, 4.5, 9 (hacimce)	0,090 -0,130
Alsewailem & Binkhder, (2010)	Polistren-hurma çekirdeği tozu	Toz	%0, 5, 10, 20, 30, 40 (ağırlıkça)	---
Abu-Jdayil, vd., (2019)	Polistren-hurma çekirdeği tozu	Toz	%0, 10, 20, 30, 40,50 (ağırlıkça)	0,052-0,056

(---): bilgi yok

Tarımsal atık konusunda ülkemizdeki mevcut miktarlar bu tip çalışmalar yapılması açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de üretilen sert kabuklu meyve ürünlerinden bazılarının 2015-2019 yılları arasındaki üretim ve atık miktarları Tablo 2’te gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Türkiye’deki sert kabuklu meyve üretim ve atık kabuk miktarları (Akçay & Tosun, 2005; Balık vd., 2015; Çetinkaya, 2016; Kalkancı, 2013; TÜİK, 2020; Yaman, 2012)

Ürün Çeşiti	Atık Kabuk Yüzdesi	Üretim Miktarı ( x10 <sup>3</sup> ton) / Atık Kabuk Miktarı (x10 <sup>3</sup> ton)				
		2015	2016	2017	2018	2019
Antep fıstığı	%30,00	144/43,2	170/51	78/23,4	240/72	85/25,5
Badem	%58,68	80,0/46,9	85/49,9	90/52,8	100/58,7	150/88,0
Ceviz	%48,42	190/92,0	195/94,4	210/101,7	215/104,1	225/108,9
Fındık	%48,23	646/311,5	420/202,6	675/325,6	515/24,8	776/374,3
Kestane	%20,00	63,8/12,8	64,8/12,9	62,9/12,6	63,6/12,7	72,7/14,5

Çalışmada seçilen bir diğer atık ürünler de mineral yünlerdir. Yalıtım ürünlerinin aynı zamanda yangına karşı dayanıklı olması beklenir. Tablo 3’teki malzemeler incelendiğinde, cam yünü ve taş yünü yangın dayanımı açısından en iyi malzemeler olarak öne çıkmaktadır. Mineral yünler (MY), yüksek su emilimi açısından dezavantajlı olsa da su ile temasını azaltacak uygulamalar sayesinde, yüksek oranda tercih edilmektedir. Çalışmada bu malzemelerin düşük ısı iletkenliğinden dolayı üretilen yeni kompozitlerde de kullanılması araştırılmak istenmiştir.

**Tablo 3.** Isı yalıtım malzemelerinin karşılaştırılması (Özer & Acun Özgünler, 2019)

Malzeme	Özellik										
	Isıl İletkenlik (w/m.k)	Yangın Dayanım Sınıfı	Birim Hacim Kütle (kg/m <sup>3</sup> )	Ort. Su Emilimi	Buhar Difüzyon Direnci	Basınç Dayanımı (kpa)	Kimyasallara Dayanıklılık	Parazitlere Dayanıklılık	Çürümezlik	İşlenebilirlik	Maliyet
Cam yünü	0,035 0,050	A1-A2	15 150	Yüksek	1	15 80	+++	+++	°	+++	Orta
Taş yünü	0,035 0,050	A1	20 200	Yüksek	1	15 80	++	+++	°	+++	Orta
Ahşap yünü levha (WF)	0,065 0,090	B	360 460	Yüksek	2 5	40 200	++	++	•	+++	Orta
Ahşap lifli levha (WW)	0,035 0,070	B	110 450	Yüksek	5	150 200	++	+++	•	++	Orta

(+++): iyi, (++): orta, (+): kötü, (°): Çürümez, (•):Çürüyebilir

Bunların yanı sıra yalıtım ürünü olarak kullanılan cam yünü, taş yünü, ve mobilyacılıkta kullanılan MDF atıklarının tekrar kullanılması önemlidir. Yapılarda kullanım ömrünü tamamlamış atık yalıtım malzemelerinin bertarafı çevre kirliliğine neden olmaktadır. Türkiye’de ısı, ses ve yangın yalıtım malzemesi yıllık üretimi 2014 yılı için 456285 ton iken, 2018 yılı itibarıyla 715242 tona ulaşmıştır (İMSAD, 2019).

Binalarda kullanım ömrünü tamamlamış atık mineral yünlerde çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çalışma kapsamında atık ürünlerin öğütülerek kullanılabilirliğinin belirlenmesi ile çevre kirliliğine neden olan malzemelerin ekonomiye kazandırılması hedeflenmiştir. Ayrıca MDF tozu ve ceviz kabuğunun, sanayisi gelişmemiş küçük şehirlerde geri dönüşümde kullanımının sağlanması amaçlanmıştır. Öğütülmüş taş yünü, cam yünü ve ceviz kabuğu ürünlerinden elde edilen yalıtım malzemeleri ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmanın olmaması, çalışmanın özgün niteliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, polyester reçine içerisine MDF tozu, öğütülmüş taş yünü, cam yünü ve ceviz kabuğundan oluşan atık ürünlerin her biri ayrı ayrı olarak %10 oranında polimer matrisi ile ikame edilerek 5 farklı kompozit üretilmiştir. Üretilen kompozit numunelerin yalıtım malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla, ısı iletkenliği, birim hacim ağırlığı ve ultrases geçiş hızı değerleri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Malzeme Seçimi

Çalışmada kullanılan taş yünü ve cam yünü, Bingöl Üniversitesi Eğitim yapısı imalatında kullanılan malzemelerden artan ve kullanılmayacak durumda olan atıl halleri öğütülerek kullanılmıştır. Ceviz kabuğu, Bingöl yöresinde yetişen ceviz kabukları öğütülerek kullanılmıştır. MDF tozu ise Bingöl Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet yürüten Kardelen Mobilya firmasının atık depolama alanından temin edilmiştir. Öğütülmüş malzemeler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan öğütülmüş malzemeler ceviz kabuğu (a), cam yünü (b), taş yünü (c), MDF tozu (d)

Matris ve faz malzemeden oluşan polimer bazlı kompozit için kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri Tablo 4’te belirtilmiştir.

Tablo 4. Kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri

Polimer Kompozit Bileşenleri		Kullanılan Ürün	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )
Matris	Reçine	Doymamış polyester	1,353
	Sertleştirici	Methyl ethyl ketone peroxide (Mekp)	1,17
	Hızlandırıcı	Kobalt	0,92
Takviye malzeme	Taş yünü	Öğütülmüş taş yünü	1,960
	Cam yünü	Öğütülmüş cam yünü	1,756
	Ceviz kabuğu	Öğütülmüş ceviz kabuğu	1,259
	MDF tozu	Planya atığı (MDF tozu)	0,749

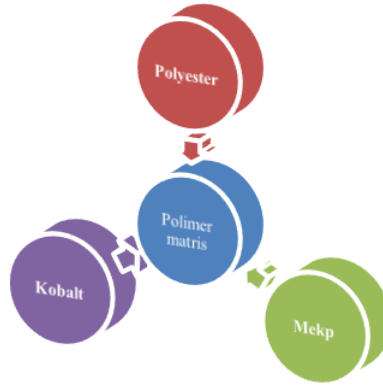
Çalışma kapsamında kullanılan TP100 döküm tipi polyester reçinenin özellikleri Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Polyester reçine özellikleri (Turkuaz Polyester, 2020)

Test	Değer
Renk	Renksiz
Özgül ağırlık	1,17
Vizkozite	350-500 cps
Parlama noktası	23-60 °C

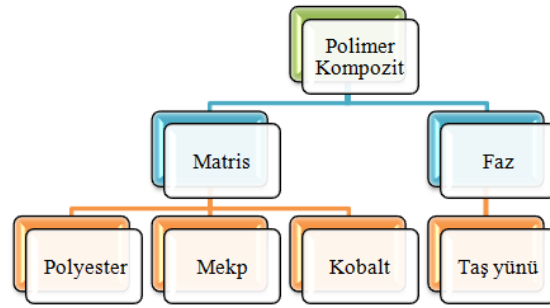
### 2.2. Polimer Kompozitlerin Üretilmesi

Literatürden hareketle tüm malzemeler (MDF tozu, öğütülmüş cam yünü, taş yünü ve ceviz kabuğu) için polyester ile ikame oranı %10 olarak seçilmiş (Özel vd., 2015; Aygün, 2020) ve 5 farklı kompozit üretilmiştir.



Şekil 2. Polimer Matris Bileşenleri

Çalışma kapsamında kullanılacak polimer kompozit üretiminde polyester reçine, bağlayıcı matris olarak kullanılmıştır. Ayrıca MDF tozu, öğütülmüş taş yünü, cam yünü ve ceviz kabuğu panel üretiminde faz malzemeler olarak kullanılmıştır.



Şekil 3. Polimer Kompozit Bileşenleri

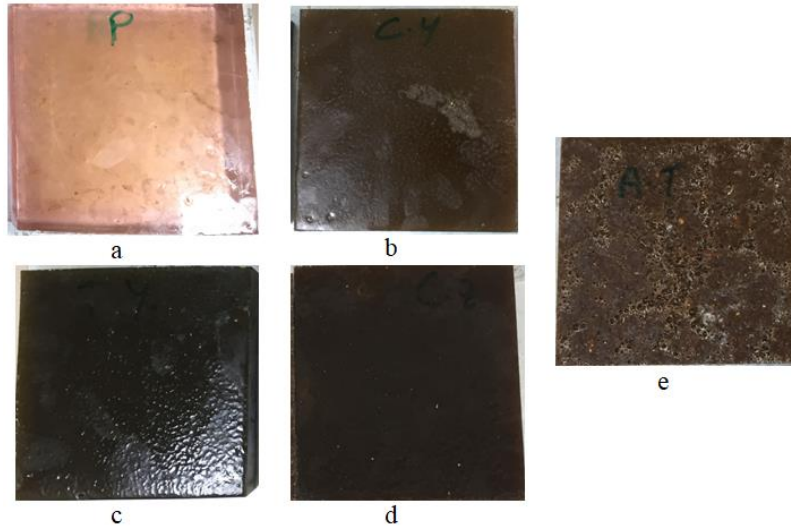
Polimer matris oluşturulurken sertleştirici olarak Mekp (metil, etil, keton ve peroksit) ve hızlandırıcı olarak organik peroksit (Kobalt) kullanılmıştır (Özel vd., 2015). Ayrıca üretilen numunelerin kalıptan kolay bir şekilde çıkarılması için kalıp ayırıcı vaks kullanılmıştır (Polat & Oltulu, 2018). Matris malzemeye faz malzemeleri de katılarak polyester matrisli polimer numuneler üretilmiştir (Şekil 3).

Matris malzeme üretilirken polyester malzemenin ağırlıkça %1'i oranında Mekp ve %0,2 oranında kobalt eklenmiştir. Takviye malzeme kullanım oranları Tablo 6'da belirtilmiştir. Numuneler 150x150x30 mm<sup>3</sup> ebatlarında üretilmiş ve oda sıcaklığında 28 gün kür işlemine tabi tutulduktan sonra deneylere başlanmıştır.

Tablo 6. Kompozit levhaların karışım oranları

Kod	Matris Malzeme	Kullanım Oranı (Ağırlıkça %)	Takviye Malzeme	Kullanım Oranı (Ağırlıkça %)
P1		100	-	0
T1		90	Taş yünü	10
C1	Polyester + Mekp + kobalt	90	Cam yünü	10
CZ1		90	Ceviz kabuğu	10
M1		90	MDF tozu	10

Polimer kompozit üretiminde, polimer matris (polyester reçine, mekp ve kobalt) 300 saniye mikserde karıştırılmıştır (Polat vd., 2020). Daha sonra takviye malzeme polimer matrise eklenip 300 sn daha karıştırılarak ahşap (parlak yüzeyli MDF) kalıplara yerleştirilmiştir.



**Şekil 4.** Üretilen polimer bazlı kompozit levhalar, polimer (a), cam yünü (b), taş yünü (c), ceviz (d) ve MDF (e)

#### *Birim hacim ağırlık (BHA) deneyi*

Üretilen kompozitlerin yoğunluklarının belirlenmesi için (TS EN 1015-10, 2001)'e göre birim hacim ağırlık deneyi yapılmıştır.

#### *Isıl iletkenlik katsayısının belirlenmesi*

Polimer kompozit numunelerinin ısıl iletkenlik ölçümleri, ASTM C 1113-90, sıcak tel yöntemine göre yapılmıştır (ASTM C1113/C1113M-09, 2013). Ölçümlerde Şekil 5'te gösterilen KEM QTM 500 marka cihaz kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları Tablo 7'de verilmiştir.



**Şekil 5.** Isıl İletkenlik Katsayısı Ölçme Cihazı (KEM QTM 500)

**Tablo 7.** Kullanılan malzemelerin ısıl iletkenlik katsayıları (Özer & Acun Özgünler, 2019)

Sıra No	Kullanılan Malzeme	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/mK)
1	Taş yünü	0,035-0,050
2	Cam yünü	0,035-0,050
3	Planya talaşı	0,070

#### *Ultrases geçiş hızının belirlenmesi*

Bu yöntemde incelenmek istenen numunede alıcı ile verici arasında ultrasonik ses dalgalarının geçiş süresi ölçülür. Ölçüm işleminde, ultrases cihazı ile ölçülen ses üstü dalganın gönderildiği yüzeyden alındığı numune yüzeyine kadar geçen zaman (mikrosaniye) ölçülür. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra ses üstü dalga hızı (m/s) elde edilir (Erdoğan, 2013). Kurama ve Eren Gültekin, (2014) yaptıkları çalışmada Ultrasonik dalga hızlarının ölçülmesiyle seramiklerin fiziksel özelliklerinin tahmin edilebileceğini ifade etmişlerdir. Polyester ve cam elyaf katkılı kompozitte elyaf miktarının artmasına bağlı olarak ultrases geçiş hızı artmaktadır (Wróbel

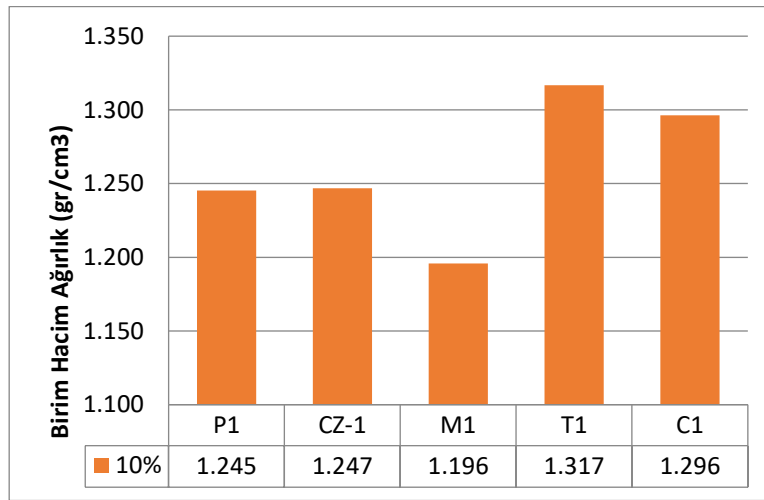
& Pawlak, 2007). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada camı faz miktarının artmasıyla birlikte ultrasonik dalga hızlarının da arttığı ifade edilmiştir (Gultekin vd., 2015).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Hazırlanan numuneler birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik katsayısı ölçüm işlemlerine tabi tutulmuştur.

#### 3.1. Birim Hacim Ağırlık Deney Sonuçları

Yapılan ölçümler neticesinde numunelerin BHA değerleri Tablo 8 ve Şekil 6'da verilmiştir. Kontrol numunesi olarak kullanılan polimer numunesinin BHA değeri 1,245 gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. M1 numunesinin BHA değerinde (1,196 g/cm<sup>3</sup>) düşüş meydana gelmiştir. Bunun nedeni olarak MDF tozunun yoğunluğunun daha düşük olması düşünülmektedir. Ancak mineral yünlerin ilave edilmesiyle birlikte elde edilen numunelerin BHA değerlerinde artışlar meydana gelmiştir (T1=1,317 g/cm<sup>3</sup>, C1=1,296 g/cm<sup>3</sup>). Ceviz kabuğu ilave edilerek elde edilen numunede ise kontrol numunesine daha yakın BHA değeri elde edilmiştir (1,247 g/cm<sup>3</sup>). Ceviz kabuğu yoğunluğunun kontrol numunesi olan polimerin yoğunluğuna yakın olmasından kaynaklı olarak BHA değerleri birbirine yakın çıkmıştır.



Şekil 6. Kompozit numunelerin birim hacim ağırlık (BHA) değerleri

#### 3.2. Isıl İletkenlik Deney Sonuçları

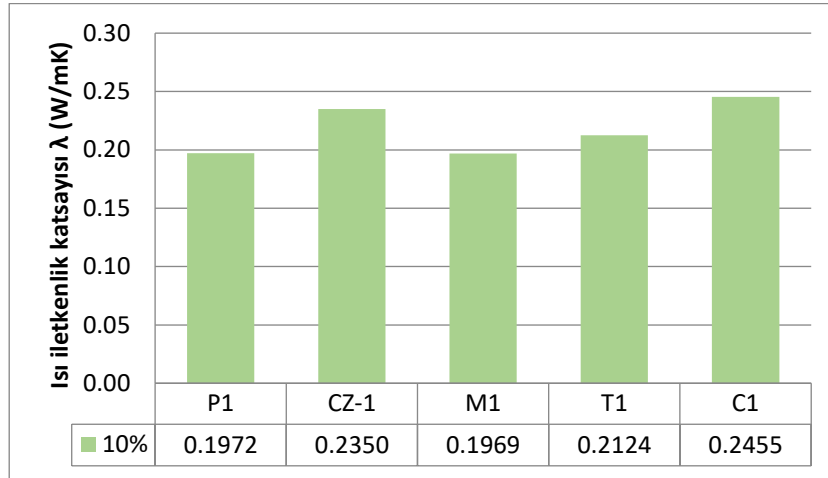
Numunelerin ön yüzünden 3, arka yüzünden 3'er adet olmak üzere toplamda 6 ölçüm yapılmıştır. Bu ölçüm değerlerinin ortalaması alınarak ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir. MDF tozu eklenerek elde edilen M1 numunesinin gözlemsel muayene neticesinde homojen bir dağılım gösterdiği ve istenen boşluklu yapıyı meydana getirdiği belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ısı iletkenlik değeri kontrol numunesi P1'den kısmen daha düşük çıkmıştır. Mineral yün eklenmesiyle elde edilen kompozit numunelerin ısı iletkenlik değerlerinde artışlar meydana gelmiştir (Tablo 8, Şekil 7). Mineral yünlerin öğütülmüş olması nedeniyle beklenen boşluklu yapının oluşturulamaması bu etkiyi meydana getirdiği düşünülmektedir.

Tablo 8. Kompozit levhaların BHA, Isıl iletkenlik katsayısı ve ultrases geçiş hızı değerleri

Numune Türü	Kod	BHA gr/cm <sup>3</sup>	Isıl İletkenlik	Ultrases Geçiş
			Katsayısı $\lambda$ (W/mK)	Hızı m/sn
Taş yünü	T1	1,317	0,2124	2468,067
Cam yünü	C1	1,296	0,2455	2545,690
MDF tozu	M1	1,196	0,1969	2357,724
Ceviz	CZ-1	1,247	0,2350	2516,071
Kontrol	P1	1,245	0,1972	2500,862

Ceviz kabuğu eklenmiş CZ-1 nolu numunede ısı iletkenlik değeri kontrol numunesi P1'e göre daha yüksek çıkmıştır. Ceviz kabuğu yoğunluğunun polimerin yoğunluğundan kısmen daha fazla olması nedeniyle taneli yapıdaki ceviz kabukları dibe çökmüştür. Beklenen homojen boşluklu yapının oluşmamasından kaynaklı olarak CZ-1 numunesinin ısı iletkenlik değeri kontrol numunesi P1'den daha yüksek çıkmıştır (Tablo 8). Homojen dağılımın sağlanması neticesinde daha düşük değerlerin elde edileceği beklenmektedir.

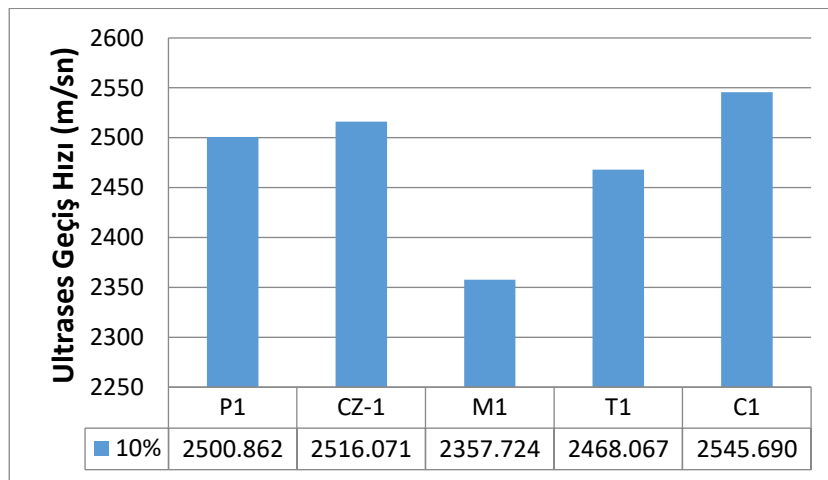
ISO ve CEN standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerinin  $\lambda=0,065$  W/mK olması gerekmektedir. Bu değerden yüksek ısıl iletkenlik değerine sahip malzemeler ise yapı malzemeleri olarak tanımlanmaktadır (Özgür vd., 2015; Uluer vd., 2018). Subba Raju ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada polyester-kenevir, jüt ve cam elyaf liflerinin kompozit ürünlerdeki etkisini incelemiştir. Presleme yöntemi ile homojen numuneler üretmişlerdir. Yaptıkları çalışma neticesinde lif miktarının artmasına bağlı olarak ısı iletkenlik değerlerinde düşüş olduğunu, sıcaklık etkisiyle de artış olduğunu belirtmişlerdir. Hacimce % 18 lif kullanarak  $30^{\circ}$  C’de  $\lambda=0,21$  W/mK ısıl iletkenlik değeri elde etmişlerdir. Pradhan vd., (2020) yaptıkları çalışmada ceviz kabuğu tozu takviyeli polimer kompozitin ısıl iletkenlik değerini 0,265 W/mK olarak elde etmiştir. Yaptığımız çalışmada, M1 numunesinde en düşük ısıl iletkenlik değeri ( $\lambda=0,1969$  W/mK) elde edilmiştir.



Şekil 7. Kompozit levhaların ısıl iletkenlik katsayısı değerleri

### 3.3. Ultrases Geçiş Hızı Deney Sonuçları

Kontrol numunesi P1’in ultrases geçiş hızı değeri 2500,862 m/sn olarak tespit edilmiştir. MDF tozu eklenen kompozit levhada 2357,724 m/sn ile en düşük değer olarak elde edilmiştir. MDF tozu ve taş yünü katkılı polimer kompozit değerleri ise kontrol numunesinin ölçüm değerinden düşük çıkmıştır. Ancak Cam yünü ve ceviz kabuğunun ultrases değerlerinin kontrol numunesi ölçüm değeri olan 2500,862 m/sn’den yüksek çıktığı belirlenmiştir (Tablo 8, Şekil 8). Wróbel ve Pawlak 2007 yılında yaptıkları çalışmada Polyester ve cam elyaf katkılı kompozitte elyaf miktarının artmasına bağlı olarak ultrases geçiş hızının arttığını belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada, ceviz ve cam yünü takviyeli kompozitlerin ultrases geçiş hızı değerleri kontrol numunesine göre artmıştır. Ancak MDF tozu ve taş yünü takviyeli kompozitlerin ultrases geçiş hızı değerleri ise kontrol numunesinden daha düşük çıkmıştır.



Şekil 8. Kompozit numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri

## 4. Sonuçlar

Üretilen kompozitlerin gözle yapılan incelemesinde, MDF tozunun polimer matris içerisinde homojen dağılım gösterdiği, ancak taş yünü, cam yünü ve ceviz kabuğunun kısmen dibe çöktüğü görülmüştür. Atık malzemeler kullanılarak üretilen polimer kompozit numuneler birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş hızı ve ısıl iletkenlik katsayısı ölçüm işlemlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.



Çalışmada kullanılan öğütülmüş malzemelerin içerisinde lif bulunmamaktadır. Buna karşın M1 numunesinde kullanılan testere atığı MDF tozu ise lifli bir yapıya sahiptir. Bu lifli yapı nedeniyle Ultrases geçiş hızı, BHA ve ısı iletkenlik bakımından en düşük değerlere M1 numunesinde ulaşılmıştır. M1 numunesinde kullanılan MDF tozu kompozit içerisinde homojen dağılmıştır. Buna bağlı olarak kompozitlerde boşluklu yapı oluşturması neticesinde yapılan Ultrases geçiş hızı, BHA ve ısı iletkenlik deneylerinde en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

- Planya atığı MDF tozunun kullanıldığı M1 kompoziti düşük BHA ile öne çıkmaktadır.
- En düşük ısı iletkenlik değerine MDF tozu takviyeli kompozit ile ulaşılmıştır.
- Ultrases geçiş hızı açısından en düşük değere, MDF tozu takviyeli kompozit ile ulaşılmıştır.

Konuyla ilgili yapılacak diğer çalışmalar için farklı reçineler ile değişen takviye malzeme (özellikle atık malzeme) oranlarında üretimler yapılması, kompozitlerin dayanım-durabilite özelliklerinin incelenmesi, XRD, FTIR ve SEM gibi diğer analizlerle içyapı özelliklerinin de incelenmesi konuları tavsiye edilmektedir.

## Referanslar

- Abu-Jdayil, B., Hittini, W., & Mourad, A. H. (2019). Development of date pit-polystyrene thermoplastic heat insulator material: Physical and thermal properties. *International Journal of Polymer Science*. <https://doi.org/10.1155/2019/1697627>
- Abu-Jdayil, B., Mourad, A.-H., Hittini, W., Hassan, M., & Hameedi, S. (2019). Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview. *Construction and Building Materials*, 214, 709–735. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.102>
- Ahmad, H., Islam, M., & Uddin, M. (2014). Thermal and Mechanical properties of epoxy-jute fiber composite. *Journal of Chemical Engineering*, 27(2), 77–82. <https://doi.org/10.3329/jce.v27i2.17807>
- Akçay, M. E., & Tosun, İ. (2005). Bazı geç çiçek açan yabancı badem çeşitlerinin yalova ekolojik koşullarındaki gelişme ve verim davranışları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 1–5. <https://doi.org/10.17097/zfd.22457>
- Alsewailem, F. D., & Binkhder, Y. A. (2010). Preparation and characterization of polymer/date pits composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(11), 1743–1749. <https://doi.org/10.1177/0731684409337339>
- ASTM C1113/C1113M-09. (2013). *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique)*. ASTM International West Conshohocken, PA.
- Aygün, H. H. (2020). Lif Açma İşleminin Cam Elyaf Takviyeli Epoksi Kompozitlerin Mekanik ve Yalıtım Özellikleri Üzerindeki Etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 27(18), 75–83. <https://doi.org/10.7216/1300759920202711803>
- Balık, H. İ., Kayalak Balık, S., & Okay, A. N. (2015). Yeni Fındık Çeşitleri (Okay 28 ve Giresun Melezi). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 19(2), 104–109.
- Binici, H., Sevinç, A. H., Eken, M., & Demirhan, C. (2014). Mısır Koçanı Katkılı Isı Yalıtım Malzemesi Üretimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 13–26. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.242831>
- Çetinkaya, A. (2016). *Sert Kabuklu Meyve Türlerinin Muhafazası*. Tarım Kütüphanesi. Erişim Tarihi: 16.10.2020. [http://www.tarimkutuphanesi.com/sert\\_kabuklu\\_meyve\\_turlerinin\\_muhafazasi\\_aynur\\_cetinkaya\\_ev\\_ekonomisi\\_teknisyeni\\_01593.html](http://www.tarimkutuphanesi.com/sert_kabuklu_meyve_turlerinin_muhafazasi_aynur_cetinkaya_ev_ekonomisi_teknisyeni_01593.html)
- De Albuquerque, A. C., Joseph, K., de Carvalho, L. H., & D’Almeida, J. R. M. (2000). Effect of wettability and ageing conditions on the physical and mechanical properties of uniaxially oriented jute-roving-reinforced polyester composites. *Composites Science and Technology*, 60(6), 833–844. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(99\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(99)00188-8)
- De Farias, M. A., Farina, M. Z., Pezzin, A. P. T., & Silva, D. A. K. (2009). Unsaturated polyester composites reinforced with fiber and powder of peach palm: Mechanical characterization and water absorption profile. *Materials Science and Engineering: C*, 29(2), 510–513.
- Devireddy, S. B. R., & Biswas, S. (2016). Physical and thermal properties of unidirectional banana-jute hybrid fiber-reinforced epoxy composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 35(15), 1157–1172. <https://doi.org/10.1177/0731684416642877>

- Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., & Richardson, M. O. W. (2007). Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology*, 67(7–8), 1674–1683. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2006.06.019>
- Erdoğan, T. Y. (2013). *Beton* (4. Baskı). ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Gultekin, E. E., Ozturk, Z. B., & Kurama, S. (2015). The effect of porosity and glassy phase amount of porcelain tiles on ultrasonic velocity. *Journal of the Australian Ceramic Society*.
- İMSAD. (2019). *Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği (İMSAD) yapı sektörü raporu. Erişim Tarihi: 02.11.2020.* [https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye\\_IMSAD\\_Yapi\\_Sektoru\\_Raporu\\_2019.pdf](https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Yapi_Sektoru_Raporu_2019.pdf)
- Kalkancı, N. (2013). Tarımsal Atıkların (Antepfıstığı, Zeytin, Bağ) Kompost Olarak Değerlendirilmesi. *Antepfıstığı Araştırma Dergisi*, 2. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/afistik/Belgeler/DERGILER/ANTEPFISTIĞI\\_DERGİSİ\\_SAYI-2.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/afistik/Belgeler/DERGILER/ANTEPFISTIĞI_DERGİSİ_SAYI-2.pdf)
- Kurama, S., & Eren Gültekin, E. (2014). Characterization of Silicate Ceramics Using Ultrasonics Test Method. *Advances in Science and Technology*, 92, 194–202. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ast.92.194>
- Muthukumar, K., Sabariraj, R., Kumar, S. D., & Sathish, T. (2020). Investigation of thermal conductivity and thermal resistance analysis on different combination of natural fiber composites of Banana, Pineapple and Jute. *Materials Today: Proceedings*, 21, 976–980. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214785319333838?token=01706A69B460584A18E56224F76EEB8BA24B510DF928334F5BC0A19356B1AD9C2C1B3681540FF86FF3806EA7E3D1B620>
- Mwaikambo, L. Y., & Bisanda, E. T. N. (1999). Performance of cotton-kapok fabric-polyester composites. *Polymer Testing*, 18(3), 181–198. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(98\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(98)00017-8)
- Özel, C., Koru, M., & Bayram, Y. (2015). Mineral ve Fiber İçeren Polimer Betonların Plaka Sıcaklıklarına Bağlı Isı İletkenlik Katsayılarının İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Özer, N., & Acun Özgünler, S. (2019). Yapılarda Yaygın Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Performans Özelliklerinin Duvar Kesitleri Üzerinde Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt, 24.* <https://doi.org/10.17482/uumfd.438738>
- Özgür, Y., Özkan, Ş., Haluk, S., Osman, Ç., İlkay, K., Şükrü, E., & Demet, Ö. (2015). Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 487, 62–75.
- Patnaik, T. K., & Nayak, S. S. (2018). Development of Silicon Carbide Reinforced Jute Epoxy Composites: Physical, Mechanical and Thermo-mechanical Characterizations. *Silicon*, 10(1), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s12633-015-9393-5>
- Polat, H., Demirel, B., Kolak, M. N., & Oltulu, M. (2020). Polimer Betonlarda Barit Minerali Kullanımının Araştırılması. *Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 1(1), 25–32.
- Polat, H., & Oltulu, M. (2018). Andezit Atıklı Polimer Kompozitlerin Mekanik Özellikleri. *1. Uluslararası Battalgazi Multi Disipliner Çalışmalar Kongresi*, 1, 213–222.
- Pradhan, P., Nanda, B. P., & Satapathy, A. (2020). Polyester composites filled with walnut shell powder: Preparation and thermal characterization. *Polymer Composites*. <https://doi.org/10.1002/pc.25620>
- Reddy, M. I., Kumar, M. A., Reddy, S. A., & Raju, P. V. K. (2018). Thermo physical properties of Jute, Pineapple leaf and Glass fiber reinforced polyester hybrid composites. *Materials Today-Proceedings*, 5(10, 1), 21055–21060.
- Satyanarayana, K. G., Sukumaran, K., Kulkarni, A. G., Pillai, S. G. K., & Rohatgi, P. K. (1983). Performance of Banana Fabric-Polyester Resin Composites. *Composite Structures 2* (ss. 535–548). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-6640-6\\_38](https://doi.org/10.1007/978-94-009-6640-6_38)
- Subba Raju, N. V., Indra Reddy, M., Anil Kumar, M., & Ramji, K. (2018). Study on thermo physical properties of hemp, jute and glass fiber reinforced polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 5918–5924. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.191>

TS EN 1015-10. (2001). *Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TUİK. (2020). *Türkiye'deki sert kabuklu meyve üretim miktarları*. Erişim Tarihi: 03.10.2020. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>

Turkuaz Polyester. (2020). *TP100 Döküm Tipi Polyester Reçine*. Erişim Tarihi: 11.02.2020. <https://www.turkuazpolyester.com.tr/UPLOAD/URUN/FILES/TP100DôKoMTôPôPOLYESTERREÄðNEGBF-121134515.pdf>

Uluer, O., Karaagac, I., Aktas, M., Durmus, G., Agbulut, U., Khanlari, A., & Celik, D. N. (2018). An investigation of usability of expanded perlite in heat insulation technologies. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences-Pamukkale Universitesi Muhendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 36–42. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.61687>

Wróbel, G., & Pawlak, S. (2007). The effect of fiber content on the ultrasonic wave velocity in glass/polyester composites. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 20(1–2), 295–298.

Yaman, K. (2012). Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 12(2), 339–348.