




### Odun-plastik kompozit malzemelerde geliştirilmiş perlit kullanımının araştırılması

Ertuğrul Altuntaş<sup>1\*</sup>, Abdullah Kürşat Arıkan<sup>2</sup>

#### Öz

Bu çalışmada, geliştirilmiş perlitin odun-plastik kompozitlerde kullanılmasının bazı mekanik, termal ve morfolojik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Kompozitlerin üretilmesi için polipropilen (PP), geliştirilmiş perlit, karaçam testere talaşı, mısır koçanı talaşı ve MAPP bağlayıcının bulunduğu reçeteler kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar ikiz vidalı ekstruder kullanılarak kompozit malzemeler üretilmiştir. Kompozitler içerisinde lignoselülozik maddelerin miktarı sabit tutularak geliştirilmiş perlitin miktarı tedrici olarak artırılarak etkisi araştırılmıştır. Üretilen kompozit levhalardan hazırlanan test örneklerinin mekanik (eğilme, çekme ve şok direnci, yüzey sertliği) özelliklerinin yanı sıra termal (TGA ve DSC) ve SEM analizleri yapılarak özellikleri araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre genel olarak kompozit malzeme içerisindeki geliştirilmiş perlit oranı arttıkça eğilme direnci, çekme direnci, elastikiyet modülü, şok direnci ve sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca plastik malzeme ile lignoselülozik ve geliştirilmiş perlit arasında bağ yapması için eklenen MAPP maddesi, kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirdiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, kompozitlere eklenen geliştirilmiş perlitin odun plastik kompozit malzemenin özelliklerini iyileştirdiği anlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Perlit, Odun Plastik Kompozit, OPK, Polimer Kompozit

### Investigation of expanded perlite usage in wood-plastic composite materials

#### Abstract

In this study, the effect of using expanded perlite on some mechanical, thermal and morphological properties in wood-plastic composites was investigated. For the production of composites, recipes containing polypropylene, expanded perlite (PP), MAPP compatibilizer, larch saw dust and corn cob powder were prepared. The prepared mixtures were converted into composite materials using a twin screw extruder. By keeping the amount of lignocellulosic materials constant in the composites, the amount of expanded perlite was gradually increased and its effect was investigated. The mechanical (bending, tensile and shock resistance, surface hardness) properties as well as the thermal (TGA and DSC) and SEM analyses of the test samples prepared from the obtained composites were investigated. According to the results of the analysis, it was understood that the bending strength, tensile strength and modulus of elasticity, shock resistance and surface hardness values increased as the expanded perlite ratio in the composite material increased. In addition, it was understood that the MAPP material added for bonding between the plastic-lignocellulosic and plastic-expanded perlite improved the mechanical properties of the composites. Eventual, it was understood that the expanded perlite added to the composites improved the properties of the wood plastic composite material.

**Keywords:** Perlite, Wood Plastic Composite, WPC, Polymer Composite

Makale tarihçesi: Geliş:21.11.2022, Kabul:17.12.2022, Yayınlanma:26.12.2022, \*e-posta:ealtuntas@ksu.edu.tr

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Böl. Kahramanmaraş/Türkiye,

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Mal. Bil. ve Mühendisliği, Kahramanmaraş/Türkiye.

Atıf: Altuntaş, E, Arıkan, K.A., (2022), Odun-plastik kompozit malzemelerde geliştirilmiş perlit kullanımının araştırılması, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (2), 142-154, DOI: 10.33725/mamad.1208112

## 1 Giriş

Plastik, odun, inorganik bileşikler içeren ve çeşitli bağlayıcılar ile birbirlerine tutunan odun plastik kompozit (OPK) malzemeler geniş bir kullanım alanına sahiptir (Matuana ve Heiden, 2004). OPK malzemeler kendini oluşturan lignoselülozıklere ve inorganiklere göre boyutları daha kararlı ve birçok plastiğe göre teknolojik özelliklerinin daha iyi olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Mengeloğlu ve Karakus, 2008; Altuntaş ve ark., 2017). Özellikle kullanılan plastiğin geri dönüştürülen kaynaklardan elde edilmesi ve lignoselülozik malzemenin doğada tamamen yok olması düşünüldüğünde odun plastik kompozitler doğaya daha az zarar veren malzemeler olarak öne çıkmaktadır. OPK malzemelerin üretilmesinde yapımında özellikle atık malzemeler kullanıldığı için geleceğin malzemesi olarak tanımlanmaktadır. Üretilen polimer kompozitler odun, plastik ve diğer katkı maddelerinden oluşur. Özellikle plastik madde lignoselülozik maddeyi kapsüle ettiği için çevresel nem, ısı ve kimyasal etkilerinden korunarak daha dayanıklı hale gelmesi sağlanabilir (Kaymakçı ve ark., 2014; Bal, 2022). Genel olarak, polipropilen, polietilen, polivinilklorür ve polistiren gibi düşük maliyetli plastiklerin çoğu orta düzey mukavemete sahip malzemeler olarak belirtilmektedir (Babikir ve ark., 2019; Elsheikh ve ark., 2020). Genelde, polimerik malzeme içerisine maliyeti düşürmek ve teknolojik özelliklerini geliştirmek için üretim aşamasında, dolgu maddesi olarak kalsiyum karbonat gibi maddeler eklenmektedir (Zhu ve ark., 2014; Narlıoğlu ve ark., 2018a;). Ayrıca farklı ağaç atıklarının yanı sıra buğday, pirinç, mısır sapı gibi tarımsal atıkların, çeşitli inorganik dolgu maddelerine iyi bir alternatif olduğu belirtilmiştir (Das ve Chaudhary, 2021; Narlıoğlu, ve ark., 2018b; Elsheikh ve ark., 2022). Kalsiyum karbonata alternatif olarak geliştirilmiş perlitin kullanılması iyi bir alternatif olarak da düşünülmektedir. Odun plastik kompozitler dış mekan güverte döşemeleri, korkuluklar, park bankları, araba kapı örtüleri, araba koltuk sırtlıkları, çitler, kapı ve pencere çerçeveleri, ahşap levha yapılar ve iç mekan mobilyaları gibi birçok uygulamada kullanılabilir (Haque ve ark., 2019). Volkanik bir cam özelliği taşıyan perlit asidik bir yapıya sahiptir. Perlit, yapı bakımından 750-1200 °C arasında ısıtıldığı zaman kendi hacminin 20 katına kadar genişleyebilir. Perlit genişmesi sonucu gözenekli ve hafif yapıya bir ürüne dönüşür ve bu ürün geliştirilmiş perlit olarak isimlendirilir. Perlit düşük yoğunluğu, hafifliği, esnekliği, kimyasal kararlılığı, yalıtım, yüksek ses absorpsiyonu, düşük ısı iletimi ve yanmaması gibi birçok özelliğe sahiptir. Perlit inşaat sektöründe; ses ve ısı izolasyon malzemesi olarak, çimentolarda çimentonun mukavemetini artırmak için, sıvalarda bağlayıcı olarak sıkça kullanılmaktadır (Atagür ve ark., 2018).

Yapılan çalışmada 2 farklı lignoselülozik malzeme, PP, geliştirilmiş perlit ve maleik anhidrit ile muamele edilmiş polipropilen (MAPP) kullanılarak OPK malzemeler üretilmiştir. Bu çalışmada; kompozitler içerisinde geliştirilmiş perlit miktarı tedrici olarak artırılarak etkisi araştırılmıştır. Elde edilen kompozitlerin mekanik testleri (eğilme, eğilmede elastikiyet modülü, çekme, çekmede elastikiyet modülü, şok direnci ve shore D sertlik ), termal analizleri (TGA ve DSC) ve morfolojik özellikleri (SEM analizi) incelenmiştir.

## 2 Materyal ve Metot

### 2.1 Materyal

Yapılan çalışmada, lignoselülozik atık olarak mısır koçanı unu ve testere talaşı kullanılmıştır. Kullanılan mısır koçanı Kahramanmaraş tarım arazilerinden ve testere talaşı ise Kahramanmaraş küçük sanayi sitesindeki kereste tesisinden karaçam (*Pinus nigra*) testere talaşı olarak temin edilmiştir. Temin edilen mısır koçanı ve testere talaşı KSÜ Orman Fakültesi laboratuvarlarındaki öğütücülerde küçük boyutlara dönüştürülmüş ve elenerek sınıflandırılmıştır. Eleklerde sınıflandırılan ve 40 mesh elekten geçen ancak 60 mesh elek

üzerinde kalan talaşlar kullanılmıştır. Bu çalışmada, inorganik madde olarak Erzincan'da faaliyet gösteren Erper Perlit Maden İşletmesinden temin edilen filtre tozu perlit kullanılmıştır. Polimer malzeme olarak kullanılan PP, Petkim firmasından temin edilmiştir. Bağlayıcı olarak ise DuPond firmasından temin edilen Fusabond P353 ürün kodlu MAPP kullanılmıştır. Ayrıca ekstrüzyon işlemi esnasında kayganlaştırıcı ve kalıp ayırıcı özelliği olan çinko stearat (ZnSt) kullanılmıştır.

## 2.2 Metot

Perlit katkılı odun plastik kompozit malzemeler, Çizelge 1'de verilen reçeteye göre üretilmiştir. Kompozitlerin üretilmesi için Gülnar Makine firması tarafından üretilen çift vidalı ekstruder kullanılmıştır. Üretim aşamasında ekstruder vida dönme hızı dakikada 100 devir olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruder sıcaklığı ölü noktadan çıkışa doğru 170, 175, 180, 185 ve 190 °C olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstruderden geçirilen kompozit karışımlar önce su havuzunda soğutulmuş ve sonrasında kırıcılardan geçirilerek granül haline getirilmiştir. Hazırlanan granüllerden suyun tamamen uzaklaştırılması için Nüve marka etüvde en az 24 saat  $103\pm 2$  °C'de bekletilmiştir. Sonrasında 180 °C sıcaklığındaki pres kullanılarak kompozit levhalar haline getirilmiştir. Levhalar kare şeklinde bir kenar uzunluğu 25 cm ve kalınlığı 4 mm olarak elde edilmiştir. Elde edilen levhalar daire testere kullanılarak ASTM standartlarında belirtilen ölçülere göre boyutlandırılmıştır. Çizelge 1'den anlaşılacağı üzere testere talaşı, perlit ve PP gram cinsinden verilmiştir. Ancak bağlayıcı ve çinko stearat (ZnSt) % olarak verilmiştir. Formülasyonun bu şekilde yapılması genleştirilmiş perlitin ve bağlayıcının etkisini belirgin bir şekilde görmek içindir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere diğer değerler sabit tutularak sadece perlit miktarı artırılmıştır.

**Çizelge 1.** Odun plastik kompozitlerin içeriği

	Mısır Koçanı unu (gr)	Testere talaşı unu (gr)	Perlit (gr)	PP (gr)	Bağlayıcı MAPP* (%)	ZnSt* (%)
Kontrol				100		
M20P10	20		10	70		2
M20P10MA	20		10	70	3	2
M20P15	20		15	70		2
M20P20	20		20	70		2
T20P10		20	10	70		2
T20P10MA		20	10	70	3	2
T20P15		20	15	70		2
T20P20MA		20	20	70	3	2

\*Her bir grup içerisinde testere talaşı ve PP maddesinin toplam kütlelerinin %'si kadar eklendi.

### 2.2.1 Mekanik özelliklerin belirlenmesi

Eğilme direnci testi Zwick Roell Universal test makinesinde ASTM D 790 standardına uygun olarak yapılmıştır. Test hızı 2 mm/dk ve mesnetler arası açıklık 80 mm olarak ayarlanmıştır. Çekme direnci testleri Zwick Roell Universal test makinesinde ASTM D 638 standardına uygun olarak yapılmıştır. Test hızı 2 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Şok (Darbe) direnci testleri Zwick/Roell Z010 test makinesinde ASTM D 256 standardına uygun olarak yapılmıştır. Polytest RayRan cihazı kullanılarak, teste yapılmadan önce örnekler üzerinde yarıçapı 2.5 mm olan çentik açılmıştır. Test öncesinde 0.01 mm duyarlılıkta kumpas yardımıyla örneklerin genişlik ve kalınlıkları ölçülmüştür. Ayrıca kompozitlerin sertlik değerlerinin belirlenmesi için Shore D testi yapıldı. Shore D sertlik testi ASTM D 2240-05 standardına uygun olarak yapılmıştır. Ölçümler her bir deneme grubu için 10 adet test örneği üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak kaydedilmiştir.

## 2.2.2 Termal özelliklerin belirlenmesi

Üretilen kompozitlerin termal özelliklerinin tespiti amacıyla Termal Gravimetrik Analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizleri yapılmıştır. Analizlere geçilmeden önce, örnekler 1 mm boyutuna kadar IKA marka öğütücü vasıtasıyla öğütülmüştür. TGA cihazının programı ısıtma hızı 10 °C/dk ve azot akış hızı 100 ml/dk seçilerek oda sıcaklığından 800°C sıcaklığa kadar yükselecek şekilde ayarlanarak malzemenin ısıya karşı davranışı ölçülmüştür. Termogravimetrik analizi için Shimadzu TGA-50 cihazı kullanılarak yapılmıştır. DSC analizinde Shimadzu DSC-60 cihazı kullanılmıştır. DSC cihazının programı ısıtma hızı 10 °C/dk ve azot akış hızı 100 ml/dk olarak seçilerek oda sıcaklığından 200 °C sıcaklığa kadar ayarlanarak malzemenin ısıtma, soğutma gibi enerji farklılıkları ölçülmüştür. Ölçümlerde malzeme önce 200 °C'ye kadar ısıtılmış, sonra 50 °C'ye kadar soğutulmuş ve tekrar 200 °C'ye kadar ısıtılmıştır.

## 2.2.3 Kompozitlerin morfolojik özelliklerinin belirlenmesi

Kompozitlerin morfolojik özellikleri ve dağılımı, 10 kV ivme voltajı altında bir JEOL Neo Scope JSM-500 marka taramalı elektron mikroskobu kullanılarak belirlendi. Bunu için kompozit örneklerden uygun şartlarda kırılarak alınan örnekler, taramadan önce vakum altında altınla kaplandı.

## 3 Bulgular ve Tartışma

Kompozit örneklerin mekanik özellikler ile ilgili verileri Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen veriler, %100 PP olan kontrol grubu ile kıyaslanmıştır.

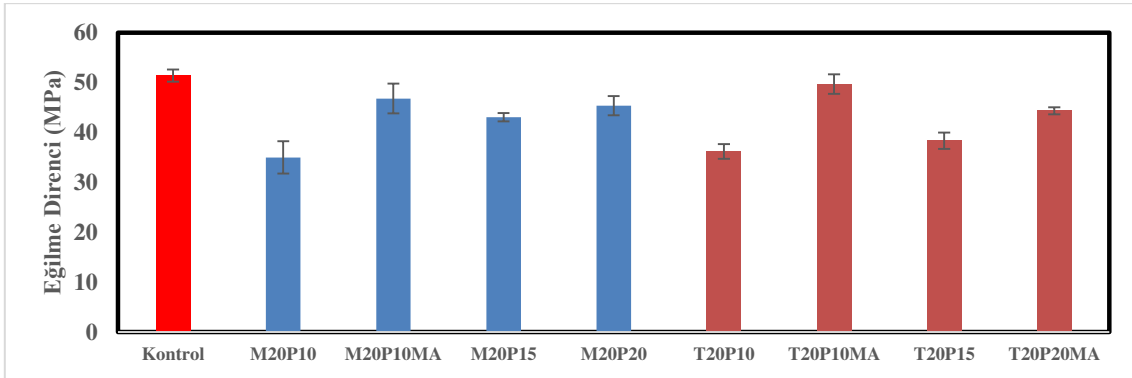
**Çizelge 2.** Kompozitlerin mekanik test sonuçları (Arıkan 2019)

	Eğilme Direnci (MPa)		Eğilmelerde Elastikiyet Modülü (MPa)		Çekme Direnci (MPa)		Çekmede Elastikiyet Modülü (MPa)		Şok Direnci (Kj/m <sup>2</sup> )	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
<b>Kontrol</b>	51.4	1.2	1554.0	132.3	24.2	1.1	486.3	45.2	2.25	0.17
	2.3*		8.5		4.5		9.3		7.6	
<b>M20P10</b>	35.0	3.2	2390.2	134.3	13.7	1.5	1055.0	22.3	1.92	0.24
	9.1		5.6		10.9		2.1		12.5	
<b>M20P10MA</b>	46.8	3.0	2226.5	216.2	22.5	1.5	746.0	75.2	2.56	0.29
	6.4		9.7		6.7		10.1		11.3	
<b>M20P15</b>	43.1	0.9	2240.5	91.3	20.5	0.6	650.0	109.7	2.41	0.03
	2.1		4.1		2.9		16.9		1.2	
<b>M20P20</b>	45.4	1.9	2522.1	204.3	20.7	0.8	654.0	90.1	2.56	0.26
	4.2		8.1		3.9		13.8		10.2	
<b>T20P10</b>	36.2	1.5	2642.5	69.0	10.8	2.2	718.6	101.0	2.59	0.16
	4.1		2.6		20.4		14.1		6.2	
<b>T20P10MA</b>	49.7	2.0	2621.9	186.3	22.5	1.6	521.0	96.9	1.98	0.28
	4.0		7.1		7.1		18.6		14.1	
<b>T20P15</b>	38.3	1.7	2480.7	47.6	16.5	0.4	806.4	65.6	2.08	0.22
	4.4		1.9		2.4		8.1		10.6	
<b>T20P20MA</b>	44.3	0.7	2558.5	107.4	21.8	0.3	770.3	55.9	2.55	0.20
	1.6		4.2		1.4		7.3		7.8	

\*Varyasyon katsayısı (%)

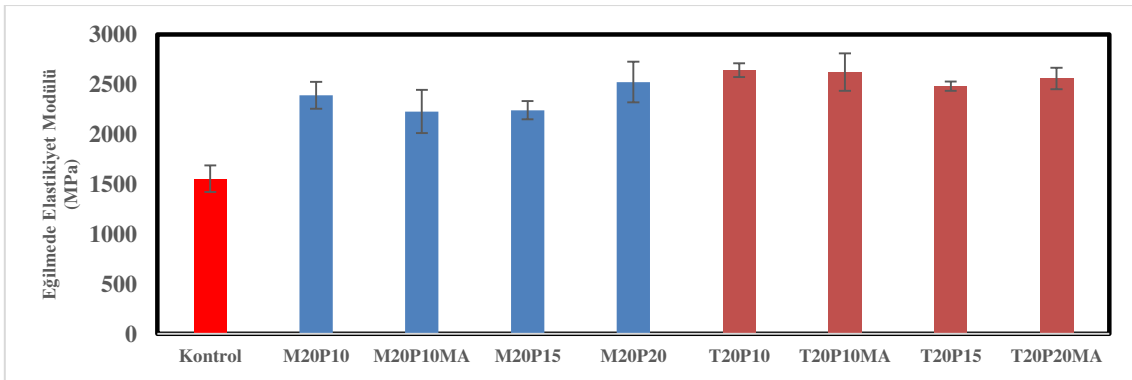
Yapılan bu çalışmada, sabit oranda lignoselülozik atıklar eklenen kompozitlere tedrici olarak perlit miktarı artırılarak kompozitler üretilmiştir. Ayrıca bazı kompozitlerde lignoselülozik ve inorganik dolgu ile PP arasında bağ oluşturacak MAPP bağlayıcı madde de eklenmiştir. Kompozitler içerisine perlit eklendiği zaman özellikle M20P10MA, M20P20 ve

T20P10MA örneklerinin mekanik değerlerinde kontrol örneklerine yakın değerler elde edilmiştir. Perlit katkılı odun plastik kompozitlerin içerisinde kullanılan bağlayıcının (MAPP), malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 1. Eğilme direnci grafiği

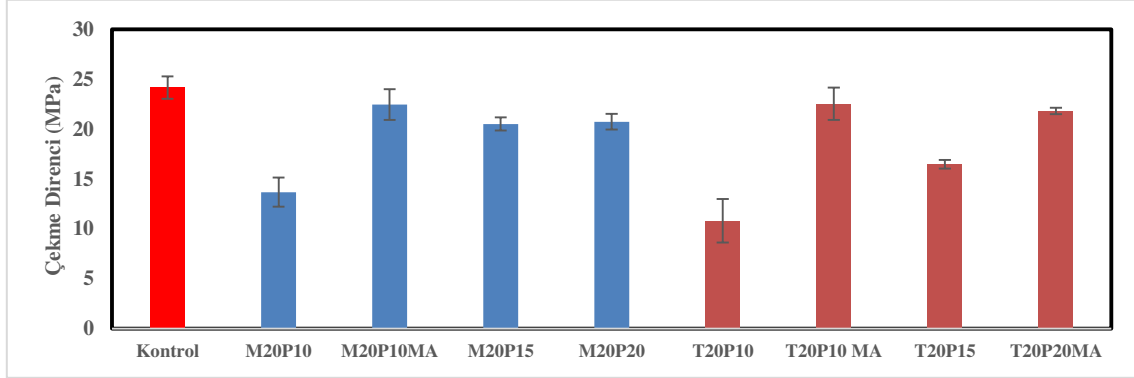
Kompozit malzemelerin eğilme direnci değerleri Şekil 1’de verilmiştir. Verilen eğilme direnci test sonuçlarına göre, mısır koçanı unu ve testere talaşı kullanılarak üretilen kompozitlerin benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Kontrol örneğine göre M20P10 ve T20P10 kompozitlerinin eğilme direncinde düşme meydana gelmesine rağmen, %3 bağlayıcı eklenmesinin bu olumsuzluğu giderdiği görülmüştür. Elde edilen verilere göre, kontrol örneğine göre M20P10 ve T20P10 kompozit örneklerin eğilme dirençlerinde sırasıyla %32 ve %30 düşüş meydana gelmiştir. Ancak kompozitlere %3 MAPP eklendiği zaman ise bu düşüş kontrol örneğine göre sırayla %9 ve %3’e kadar azalmaktadır. Eğilme dirençleri kıyaslandığında en yüksek değer kontrol grubu (51.4 MPa) olduğu, kontrol grubuna en yakın değer ise T20P10MA örnek grubu (49.7 MPa) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kompozitlere eklenen perlit miktarı artırıldıkça eğilme direncinde artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 2. Eğilmede elastikiyet modülü grafiği

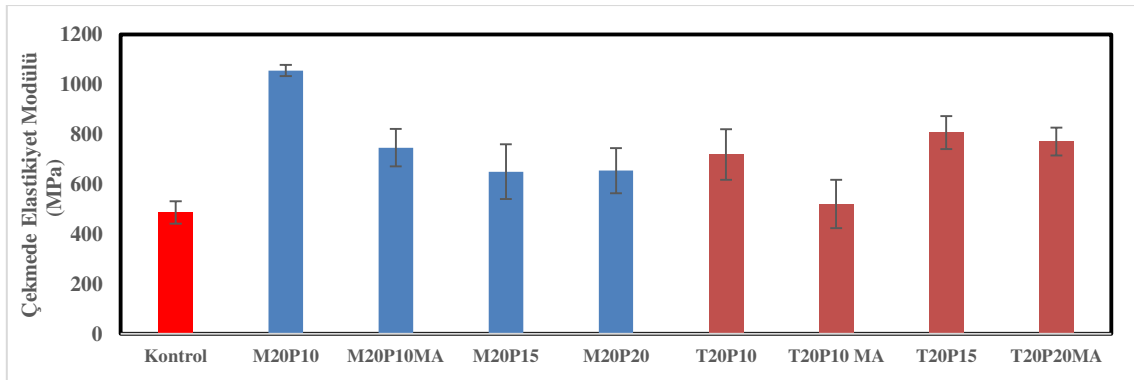
Yapılan bir çalışmada polietilen içerisinde %30 kadar kalsiyum karbonat eklenerek odun plastik kompozit üretilmiştir. Kompozit içerisinde inorganik madde odun talaşına göre boyut olarak daha küçük bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla inorganik maddenin kompozit içerisinde eklenmesinde kılcal boşluklar daha iyi bir şekilde doldurulmuş olacaktır. Tutunmayı artırdığından dolayı mekanik özelliklerde iyileşmeler meydana gelecektir (Hongzhen ve ark., 2017). Kompozit malzemenin eğilmede elastikiyet modülü sonuçları Şekil 2’de kontrol örneğine göre kıyaslanmıştır. Elde edilen değerlere bakıldığında kompozit malzemelerin eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin kontrol numunesine göre %70’e kadar arttığı anlaşılmaktadır. Kompozitler arasında en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değerinin T20P10 örneğine ait olduğu ve elde edilen ortalama değer 2642 MPa olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca hem mısır koçanı unu ve testere talaşı kullanılan kompozitlerin her ikisinde eklenen

MAPP maddesinin eğilmede elastikiyet modülü üzerine olumlu bir etkiye sahip olmadığı anlaşılmıştır. Eğilmede elastikiyet modüllerinin artışında bağlayıcının yanı sıra özellikle yüksek oranda genişletilmiş perlitin eklenmesi de etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. Kompozit malzeme içerisinde perlit miktarı arttıkça eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığı anlaşılmıştır.



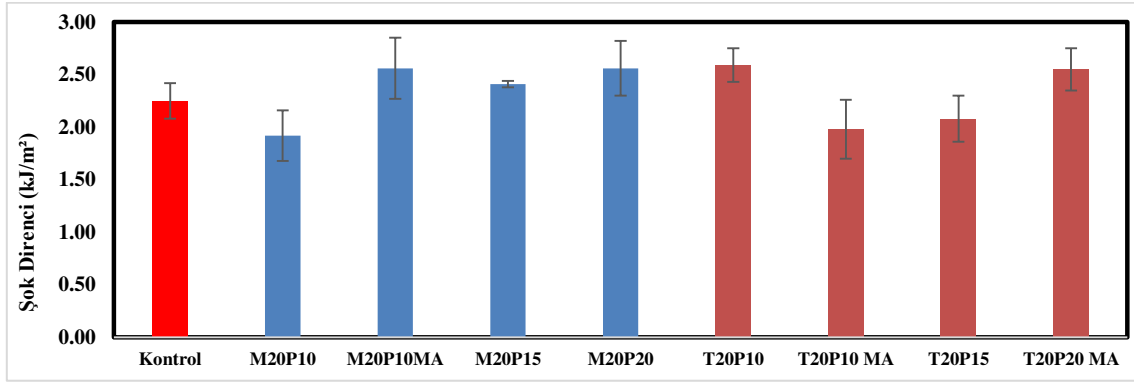
Şekil 3. Çekme direnci grafiği

Kompozitlerin çekme direnci test sonuçları Şekil 3’de kıyaslanmıştır. Elde edilen değerlere göre yüksek oranda lignoselülozik malzeme kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin çekme direncinde düşme meydana gelmesine rağmen, perlit miktarının artırılması ve %3 bağlayıcı eklenmesinin bu olumsuzluğu giderdiği görülmüştür. Elde edilen değerlere göre, çekme direncinin en yüksek olduğu değer kontrol örneğine ait (24.2 MPa) olduğu anlaşılmıştır. Kontrol örneği dışında kompozitlerin çekme direncinin en yüksek olduğu değer ise T20P10MA örneğine ait (22.5 MPa) olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 3’de verilen grafikten anlaşılacağı üzere kompozitlere perlitin eklenmesi çekme direncini olumlu yönde etkilediği anlaşılmıştır.



Şekil.4 Çekmede elastikiyet modülü grafiği

Kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü sonuçları Şekil 4’de kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü ortalama değerlerinin 512 MPa ile 1052 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Burada en yüksek çekmede elastikiyet modülü değeri M20P10 örneği olmuştur. Kompozit malzemenin çekmede elastikiyet modülü değerleri birbirleri ile kıyaslandığı zaman en yüksek değer kontrol örnek grubuna göre %128 oranında M20P10 kompozit örneğinde olduğu anlaşılmıştır. Kompozit malzemelerin çekmede elastikiyet modülü değerlerine lignoselülozik madde, perlit ve MAPP bağlayıcı maddesinin olumlu etki ettiği anlaşılmıştır. Yapılan bir çalışmada polietilen ve PP içeren karışık atık plastiklerin içine eklenen talk pudrası, bentonit, çimento gibi çeşitli inorganik maddeleri ile kompozit örnekler hazırlanmıştır. Bu kompozitlere eklenen inorganik maddelerin eğilme ve çekmede elastikiyet modülünü artırdığı anlaşılmıştır (Altuntaş, 2012).



Şekil 5. Şok direnci grafiği

Şok direnci test değerleri Şekil 5’de kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre kompozit malzeme içerisinde mısır koçanı unu kullanılması kontrol örneğine göre şok direncinde kısmen düşme meydana gelmesine rağmen, bağlayıcı eklenen T20P20 örneğinin şok direnci değerinin  $2.56 \text{ kJ/m}^2$  olduğu görülmüştür. Bulunan sonuçlara göre; en düşük şok direnci değeri  $1.92 \text{ kJ/m}^2$  olup, kontrol numunesine göre düşüş miktarı %15’dir. Ayrıca kompozitlere MAPP ve yüksek oranda genişletilmiş perlitin eklenmesi durumunda şok direncini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada polilaktik asit, lignoselüloz, holosit inorganik madde ve bağlayıcı kullanılarak kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin bağlayıcı etkisiyle dokunun sertleştiği ve stres noktaları oluştuğu anlaşılmıştır. Bunun sonucunda şok direncinde düşmeler meydana geldiğinin bildirmişlerdir (Ertaş ve ark., 2019).

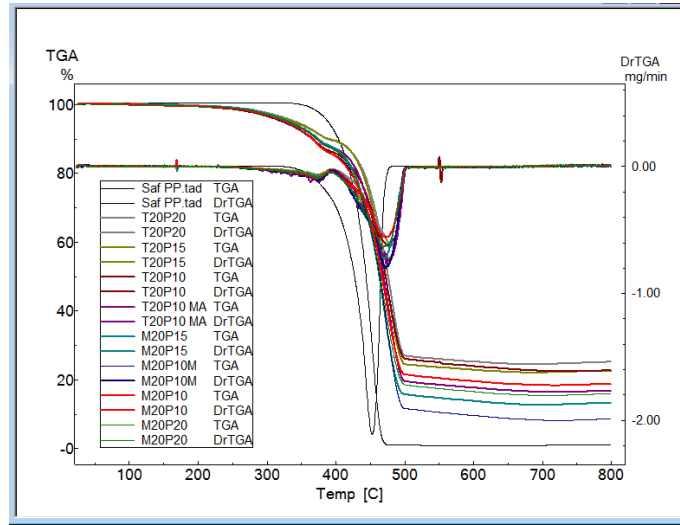
Kompozit malzemelerin TGA sonuçlarına ait bulgular Çizelge 3’de verilmiştir. Kompozit malzeme içerisine perlitin eklenmesi, plastik kısmının daha geç bozunmasına katkı sağlamıştır. Kontrol grubuna göre daha yüksek sıcaklıklarda bozunduğunu belirlemişlerdir. Kompozit içerisine genişletilmiş perlitin eklenmesi ile en az  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  polipropilenin bozunma sıcaklığını yükselttiği anlaşılmıştır. Yapılan bir çalışmada polietilen içerisine %30 kadar perlit eklenerek termal özellikleri incelenmiştir. Kompozit malzeme içerisindeki perlit miktarı arttıkça  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de kütle kaybının azaldığını tespit etmişlerdir (Atagür ve ark., 2018).

Çizelge 3. Kompozitlerin TGA sonuçları

	1.bozunma bölgesi sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	2.bozunma bölgesi sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	Onset ( $^\circ\text{C}$ )	800 $^\circ\text{C}$ ’de kalan madde miktarı (%)
<b>Kontrol</b>	-	452	421	1
<b>M20P10</b>	374	474	432	8.8
<b>M20P10 MA</b>	375	473	428	8.5
<b>M20P15</b>	376	471	431	13.2
<b>M20P20</b>	375	468	433	16
<b>T20P10</b>	365	476	435	22.8
<b>T20P10 MA</b>	374	478	433	22.3
<b>T20P15</b>	374	476	436	22.6
<b>T20P20MA</b>	372	482	436	24.9

Yapılan bir çalışmada, polietilen içerisine ofis kâğıtlarını öğüterek elde ettikleri lifleri karıştırarak OPK üretmişler, odun plastik kompozitin içerisine bağlayıcı olarak MAPE eklemişlerdir. Yaptıkları bir çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen kullanılan kompozitin TGA analizinde bozulma başlangıç sıcaklığının yükseldiğini gözlemlemişler. Ancak MAPE kullandıkları kompozitlerin yanma sıcaklıklarının önemli bir değişiklik olmadığını tespit etmişlerdir (Faisal ve ark., 2012). Başka bir çalışmada PP içerisine aynı oranda farklı mineral

dolgular ( $\text{CaCO}_3$ , talk pudrası, magnezyumsilikat ve kalsiyumsilikat ) ekleyerek odun plastik kompozitler üretilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; OPK içerisine %20 oranında eklenen magnezyumsilikat, bozunma sıcaklığını yaklaşık  $5^\circ\text{C}$  artırmıştır (Martikka ve ark., 2012).



Şekil 6. Kompozitlerin TGA eğrileri

Çizelge 3 incelendiğinde kompozitlerin 1. bozunma sıcaklığı değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmekte ve bozunan ilk maddenin lignoselülozik madde olduğu anlaşılmıştır. En düşük bozunma sıcaklığına sahip T20P10 örneği olup, değeri  $364^\circ\text{C}$ 'dir. Kompozit içerisine perlit ve MAPP ilave edildiğinde 1. ve 2. bozunma sıcaklığının arttığı görülmektedir. Kompozitler içerisinde  $800^\circ\text{C}$ 'de kalan madde miktarının en yüksek olduğu örnek T20P20MA örneği olup, kalan madde miktarı %24.9'dur. Kompozit içerisine perlit ilave edildiğinde tüm örneklerde kontrol numunesine göre bozunma sıcaklığı ve kalan madde miktarının genelde arttığı görülmektedir.

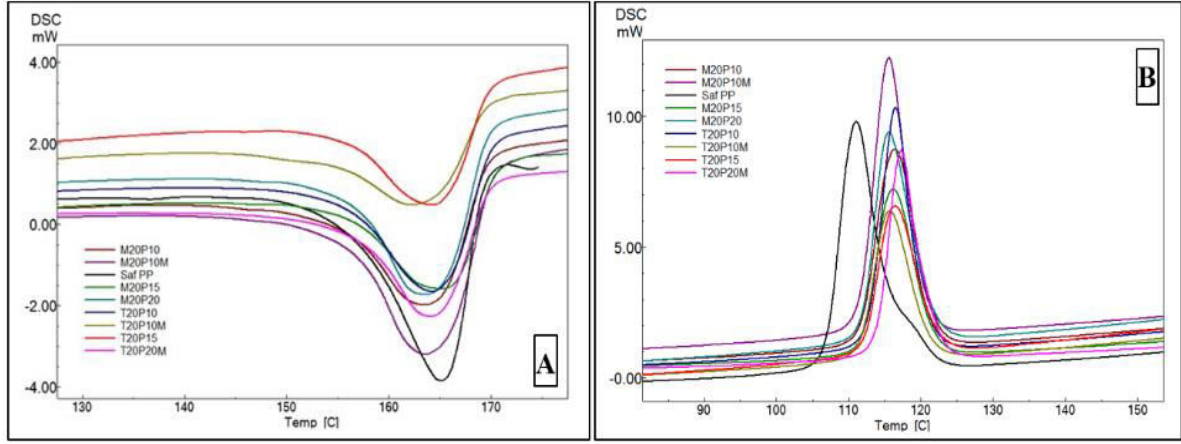
Çizelge 4. Kompozitlerin DSC sonuçları

	1.erime sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	2.erime sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	1.erime entalpi (J/g)	kristallenme derecesi ( $^\circ\text{C}$ )	2. erime entalpi (J/g)
Kontrol	165.08	162.68	81.11	111.04	89.52
M20P10	163.45	162.49	50.66	116.35	56.56
M20P10MA	163.25	163.42	58.55	115.56	67.89
M20P15	164.22	163.48	50.71	116.16	63.23
M20P20	163.48	163.08	55.97	115.57	67.67
T20P10	164.15	163.51	49.50	116.47	63.21
T20P10 MA	162.17	162.12	38.43	115.71	50.53
T20P15	164.19	163.07	39.86	116.41	49.02
T20P20 MA	163.98	163.37	43.84	117.28	49.06

Kompozit malzemelerin DSC analizi sonunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. İnorganik dolgulu kompozitler ile ilgili yapılan bir çalışmada PP içerisine aynı oranda farklı mineral dolgular ( $\text{CaCO}_3$ , talk pudrası, magnezyumsilikat ve kalsiyumsilikat ) ekleyerek kompozit malzeme üretilmiştir. Mineral eklenen kompozitlerin erime sıcaklıklarının saf PP'den daha düşük olduğu bulunmuştur. Mineral eklenen kompozitlerin kristalite sıcaklığı değerleri ise saf PP'ye göre her zaman daha yüksek çıkmıştır. Örneğin, magnezyum silikat eklenen kompozitin kristalitesi  $123^\circ\text{C}$  iken saf polimerin  $114^\circ\text{C}$ 'dir (Martikka ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada PP içerisine çeşitli elastomerler ve dolgu maddesi olarak  $\text{CaCO}_3$  ekleyerek kompozit malzeme üretmişlerdir. Kompozit malzeme

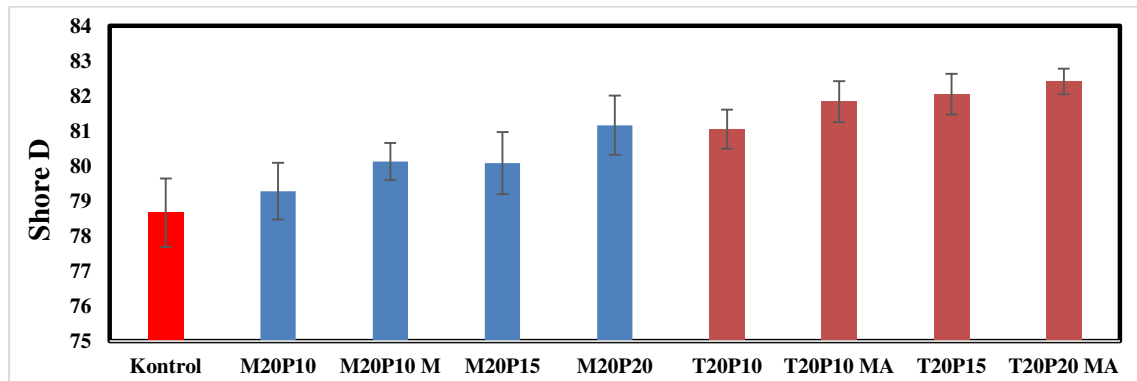


içerisinde %40 CaCO<sub>3</sub> eklenmesi durumunda erime sıcaklığının 162 °C'den 165 °C'ye çıktığını belirlemişlerdir. Kompozitlerin kristalizasyon derecesinin 111 °C'den 133 °C'ye yükseldiğini tespit etmişlerdir (Premphet ve Horanont, 1999).



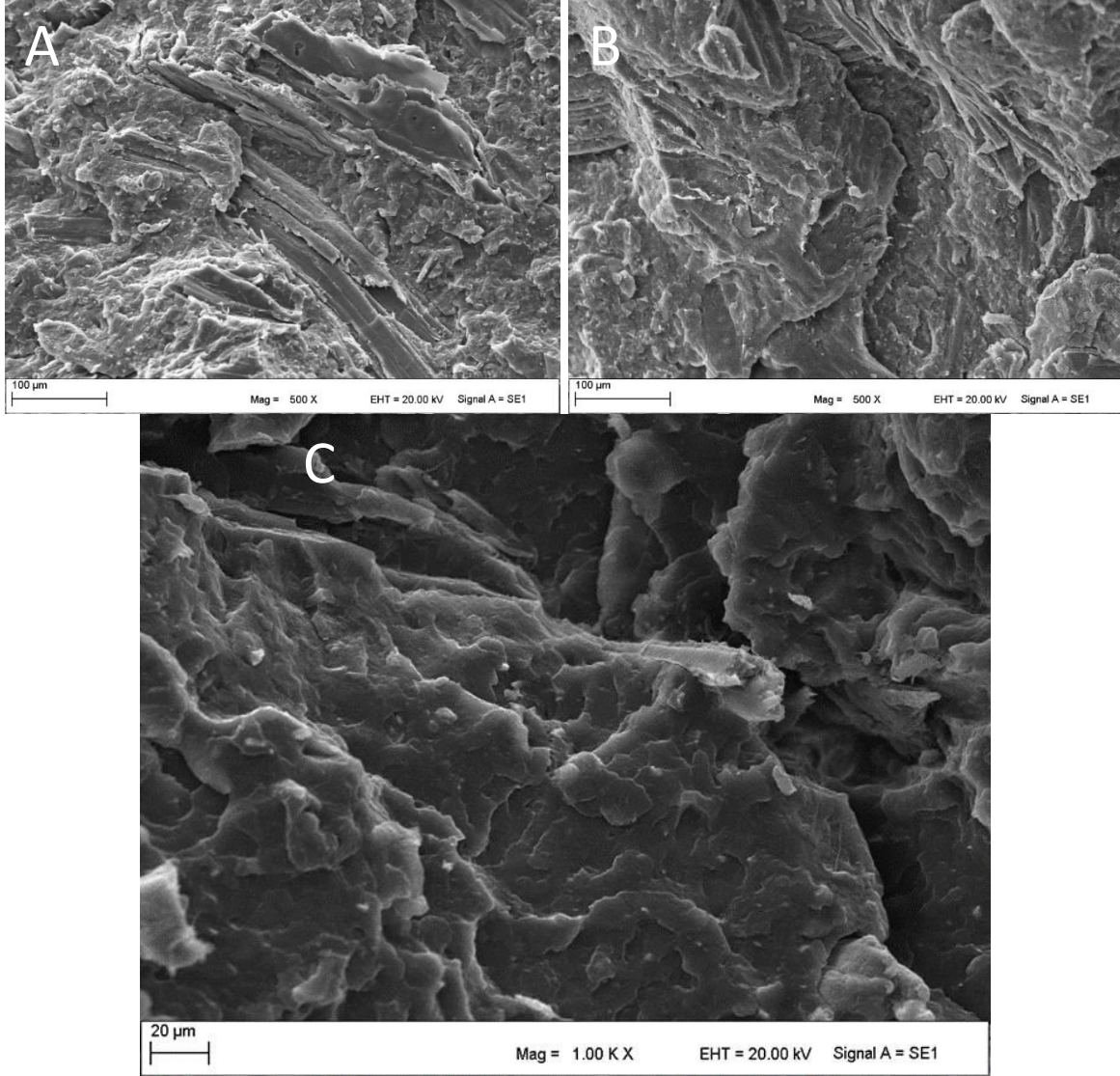
Şekil 7. Kompozitlerin DSC erime (A) ve kristallenme (B) eğrileri

Yapılan çalışmada DSC analiz değerleri Çizelge 4'de ve eğrileri Şekil 7'de verilmiştir. Kompozitlere ait DSC erime (A) eğrileri incelendiğinde tüm kompozitlerde birbirine yakın erime sıcaklıkları gösterdikleri anlaşılmıştır. Kompozitlerin entalpi değerleri incelendiği zaman perlit miktarının arttıkça entalpi değerlerinin azaldığı anlaşılmaktadır. Çizelge 4'de kontrol numunesinin 1. erime sıcaklığının 165.08 °C olduğu görülmektedir. T20P10 örneğinin 1. erime sıcaklığının ise daha da azalarak 163.45 °C olduğu tespit edilmiştir. T20P10MA örneğinin 1. erime sıcaklığının ise 163.12 °C olduğu görülmektedir. Birinci erime bölgesinde entalpi değerinin en yüksek olduğu değer kontrol numunesine ait olup, 81.11 J/gr'dır. Bunun nedeni kompozit malzeme içerisinde polimer oranının en yüksek olduğu değer kontrol numunesi olduğu içindir. Kompozitler arasında 1. Erime entalpisinin en düşük olduğu değer ise T20P20MA örneği olup, bu değer 50.66 J/gr'dır. Yapılan bir çalışmada polilaktik asit içerisine farklı oranlarda geliştirilmiş perlit eklenerek kompozit malzeme üretmişlerdir. Kompozitlerin erime entalpisinin inorganik materyal miktarındaki artış ile azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca PLA, perlit kompozitleri içerisindeki geliştirilmiş perlit miktarının artmasına bağlı olarak camısı geçiş sıcaklığının azaldığını belirlemişlerdir (Tian ve ark., 2007). Kompozitler arasında en düşük kristallenme derecesine sahip olan numune ise kontrol örneği olup kristallenme derecesi 111.04 °C olduğu tespit edilmiştir. 2. erime entalpisinin en düşük olduğu değer T20P15 numunesine ait olup, 50.53 J/gr'dır.



Şekil 8. Odun plastik kompozitlerin sertlik grafiği

Şekil 8’de kompozitlerin Shore D sertlik sonuçları grafiği verilmiştir. Testere talaşı eklenen kompozitlerin sertlik değerleri mısır koçanı eklenen kompozitlerden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada kompozitlere eklenen perlit miktarı ve %3 bağlayıcının (MAPP) sertliği artırdığı görülmüştür. Kompozit içindeki perlit oranının artması ile üretilen malzemenin sertliğinin arttığı Şekil 8’de verilen grafikten anlaşılmaktadır. OPK içinde kullanılan perlit ve bağlayıcının, malzemenin fiziksel özelliklerini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir.



Şekil 9. T20P10 (A), T20P10 (B), M20P10MA (C) kompozit örneklerinin SEM görüntüleri

Farklı kompozitlere ait SEM görüntüleri Şekil 9’da gösterilmiştir. Görüntülerden de anlaşıldığı üzere kompozitlerin içerisinde genişleştirilmiş perlitin homojen dağılımından dolayı çekme dirençleri artmıştır. Yüksek miktarda genişleştirilmiş perlit eklenen kompozitlerde homojen olmayan bir dağılım ve stres yoğunlaşmasının olduğu noktalar görülmüştür. Bunun akabinde mekanik değerlerde bazı düşmeler meydana gelmiştir. Şekil 9’da verilen görüntülere göre odun plastik kompozitlere eklenen genişleştirilmiş perlitin, malzemenin dokusunu daha sıkı hale getirdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca genişleştirilmiş perlitin kompozit içerisinde mikro boşlukları doldurarak daha sıkı bir yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır. Şekil 9’daki C görüntüsünden anlaşılacağı üzere mısır koçanı unu eklenen kompozitlerin içerisinde genişleştirilmiş perlitin homojen dağılımı görülmektedir.

#### 4 Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada PP, testere talaşı, geliştirilmiş perlit ve bağlayıcı (MAPP) kullanılarak OPK malzeme üretilmiştir. Farklı oranlarda geliştirilmiş perlit eklenerek üretilen kompozitlerin mekanik, termal ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır.

- Odun plastik kompozitlerde perlit kullanımının eğilme ve çekme direnci üzerine olumlu etkileri olduğu anlaşılmıştır. Kompozit içerisinde perlitin lignoselülozik maddeler ile birlikte eklenmesinin mekanik özellikleri artırdığı anlaşılmıştır. Bunun sebebi polimer dokusu içerisinde lignoselülozik liflerden kaynaklanan mikro boşlukların boyut olarak daha küçük yapıdaki perlit tarafından doldurularak tutunmayı artırmasındandır.
- Perlit eklenen kompozitlerin bozunma sıcaklığını yükselttiği ve kristalleşme sıcaklığını artırdığı anlaşılmıştır. Perlit miktarı arttıkça bozunma sıcaklık değerlerindeki yükselişin düşük olması sertlik değerlerinin artmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü kompozit dokusunun sıkılaşması ısı transferini kolaylaştırmıştır.
- Odun plastik kompozitlerde perlit miktarı artırdıkça sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kompozit dokusunun sıkılaşığı ve kırılma dayanımının arttığı anlaşılmıştır.
- Geliştirilmiş perlitin günümüzde plastik sektöründe dolgu maddesi olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır.
- İleriki çalışmalarda perlit katkılı polimer kompozitler ile ilgili yeni çalışmalar yapılarak özellikleri ve kullanım alanları genişletilebilir.

#### Teşekkür

Bu makale, Abdullah Kürşat Arıkan isimli lisansüstü öğrenciye ait “Geliştirilmiş perlitin odun plastik kompozit malzemede kullanımının araştırılması” başlıklı tezden türetilmiştir. Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: 2017/2-62 YLS.

#### Yazar Katkıları

**Ertuğrul Altuntaş:** Çalışma konusunun belirlenmesi, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması, makalenin yazılması ve yayınlanması. **Abdullah Kürşat Arıkan:** Laboratuvar çalışmalarının ve Deneylemlerin yapılması, verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması,

#### Kaynaklar

- Altuntaş, E., Narlioğlu, N., Alma, M. H., (2017), Investigation of the fire, thermal, and mechanical properties of zinc borate and synergic fire retardants on composites produced with PP-MDF wastes, *Bioresources*, 17(2), 6971–6983. DOI: 10.15376/biores.12.4.6971-6983
- Altuntaş, E., (2012), Pulperden ayrılan doğal ve sentetik atıklardan yeni nesil kompozit malzemelerin karakterizasyonu, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kahramanmaraş. 209s.*

- Arıkan, A. K., (2019), Genleştirilmiş perlitin odun plastik kompozit malzemede kullanımının araştırılması, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.*
- ASTM D256 (2000), Standard test methods for determining the Izod pendulum impact resistance of plastics. American Society for Testing Materials.
- ASTM D2863 (2000), Standard test method for measuring the minimum oxygen concentration to support candlelike combustion of plastics (oxygen index), ASTM International, West Conshohocken, USA.
- ASTM D635 (2014), Standard test method for rate of burning and/or extent and time of burning of plastics in a horizontal position, ASTM International, West Conshohocken, USA.
- ASTM, D. 2240-05 (2010), Standard Test Method for Durometer Hardness. ASTM: West Conshohocken, PA, USA.
- Atagür, M., Sarikanat, M., Uysalman, T., Polat, O., Elbeyli, İ.Y., Seki, Y., Sever K., (2018), Mechanical, thermal, and viscoelastic investigations on expanded perlite-filled high-density polyethylene composite, *Journal of Elastomers & Plastics*, 50(8) s.747-761. DOI: 10.1177/0095244318765045
- Babikir, H. A., Abd, E. M., Elsheikh, A. H., Showaib, E. A., Elhadary, M., Wu, D., Liu, Y., (2019), Noise prediction of axial piston pump based on different valve materials using a modified artificial neural network model. *Alexandria Engineering Journal*, 58(3). 1077-1087. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.09.010>
- Bal, B. C., (2022), Lineer düşük yoğunluklu polietilen (LDYPE) ve odun unu ile üretilen kompozit malzemenin bazı mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 40-49. DOI: 10.33725/mamad.1126534
- Das, P. P., Chaudhary, V., (2021), Moving towards the era of bio fibre based polymer composites. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100182. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100182
- Elsheikh, A. H., Deng, W., Showaib, E. A., (2020), Improving laser cutting quality of polymethylmethacrylate sheet: experimental investigation and optimization. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(2), 1325-1339. DOI: 10.1016/j.jmrt.2019.11.059
- Elsheikh, A. H., Panchal, H., Shanmugan, S., Muthuramalingam, T., El-Kassas, A. M., Ramesh, B., (2022), Recent progresses in wood-plastic composites: Pre-processing treatments, manufacturing techniques, recyclability and eco-friendly assessment. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100450, DOI: 10.1016/j.clet.2022.100450
- Ertaş, M., Altuntaş, E., Dönmez Çavdar, A., (2019), Effects of halloysite nanotube on the performance of natural fiber filled poly (lactic acid) composites. *Polymer Composites*, 40(11), 4238-4247. DOI: 10.1002/pc.25284
- Faisal, A., Salmah, H., (2012), Paper-filled low-density polyethylene composites mechanical and thermal properties of compatibilized waste office white, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 25 (2), 193-207. DOI: 10.1177/089270571140816
- Haque, M. M. U., Goda, K., Ogoe, S., Sunaga, Y., (2019), Fatigue analysis and fatigue reliability of polypropylene/wood flour composites. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2(3), 136-142. DOI: 10.1016/j.aiepr.2019.07.001

- Hongzhen, C., Keyan, Y., Weiming, Y., (2017), Effects of calcium carbonate on preparation and mechanical properties of wood/plastic composite. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(1), 184-190. DOI: 10.3965/j.ijabe.20171001.2707
- Kaymakçı, A., Ayrılmış, N., Akbulut T., 2014, Dış cephe kaplamalarına ekolojik bir yaklaşım: ahşap polimer kompozitler, 7. Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu, 3-4 Nisan 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. 7s.
- Martikka, O., Huuhilo, T., Butylina, S., Karki, T., (2012), The effect of mineral fillers on the thermal properties of wood-plastic composites, *Wood Material Science & Engineering*, 7(2), 104-114. DOI: 10.1080/17480272.2012.663408
- Mengelöglü, F., Karakus, K., (2008), Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic composites, *Sensors*, 8(1), 500-519. DOI: 10.3390/s8010500
- Narlıoğlu, N., Çetin, N. S. Alma, M. H., (2018), Karaçam testere talaşının polipropilen kompozitlerin mekanik özelliklerine etkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1 (1) , 38-45 . DOI: 10.33725/mamad.433532
- Narlıoğlu, N., Salan, T., Çetin, N. S., Alma, M. H., (2018), Evaluation of furniture industry wastes in polymer composite production, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 78-85. DOI: 10.33725/mamad.492418
- Premphet, K., Horanont, P., (1999), Phase structure and property relationships in ternary polypropylene/elastomer/filler composites: effect of elastomer polarity. *Journal of Applied Polymer Science*, 76(13), 1929-1939. DOI: 10.1002/(SICI)1097
- Tian, H., Tagaya, H., (2007), Preparation, characterization and mechanical properties of the polylactide/perlite and the polylactide/montmorillonite composites, *Journal of Materials Science*, 42(9), 3244-3250. DOI: 10.1007/s10853-006-0230-5
- Zhu, Y. D., Allen, G. C., Jones, P. G., Adams, J. M., Gittins, D. I., Heard, P. J., Skuse, D. R., (2014), Dispersion characterisation of CaCO<sub>3</sub> particles in PP/CaCO<sub>3</sub> composites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 60, 38-43. DOI: 10.1016/j.compositesa.2014.01.012