



Perlit İçeriğinin Odun Plastik Kompozitlerin Yanma Dayanımına Etkisi

Ferhat ÖZDEMİR^{1,*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 46040, Kahramanmaraş.

Öz

Bu çalışmada odun plastik kompozit üretiminde perlit kullanımının yanma dayanımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sarıçam odununu, polipropilen ve perlit belirli oranlarda kullanılarak odun plastik kompozit malzemeler doğrudan pres yöntemi ile üretilmiştir. Üretilen odun plastik kompozitlerin üretiminde karışımın %5, %10, %15 ve %20 oranlarında perlit kullanılmıştır. Üretilen odun plastik kompozit levhalardan ilgili standartlara uygun olarak test numuneleri elde edilmiştir. Yanma dayanım özelliklerinin belirlenmesinde yatay ve dikey yanma hızı ve Limited Oksijen Index testleri yapılmıştır. Yatay yanma hızı ASTM D 635, dikey yanma hızı (UL 94) ve LOI testi ASTM 2863-09 standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Sonuçta hem yatay ve dikey yanma hızı hem de LOI ile ilgili verilere göre perlit kullanım oranının artmasına bağlı olarak yanma dayanımını iyileştirdiği belirlenmiştir. Odun plastik malzeme üretiminde yanma dayanımı için en olumlu etki %20 perlit kullanım oranında tespit edilmiştir. MAPP kullanımı ile bu etkinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit, perlit, yatay yanma, LOI.

The Effect of Perlite Content on the Combustion Resistance of Wood Plastic Composites

Abstract

In this study, the effects of perlite use on fire resistance in wood plastic composite production were investigated. Scots pine wood flour, polypropylene and perlite using certain proportions of wood plastic composite materials were produced by flat-presses method. In the production of wood plastic composites, 5%, 10%, 15% and 20% perlite was used in the mixture. Test samples were obtained from the produced wood plastic composite boards in accordance with the relevant standards. Horizontal and vertical combustion rate and Limited Oxygen Index tests were performed to determine the fire resistance properties. Horizontal combustion rate (ASTM D 635), vertical combustion rate (UL-94) and LOI test (ASTM 2863-09 standards) were carried out. As a result, according to both the horizontal-vertical combustion rate and LOI data, It has been determined that perlite improves the fire resistance due to the increase in the usage rate. In the production of wood plastic composite, the most positive effect on fire resistance was determined at a 20% perlite usage rate. It was concluded that this effect increased with the use of MAPP.

Keywords: Composite, perlite, horizontal combustion, LOI.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ferhat ÖZDEMİR, Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 46040, Kahramanmaraş, Türkiye. Tel: +90(344)3001752, E-mail: ferhatozd@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-2282-1884

Geliş (Received) : 18.06.2020
Kabul (Accepted) : 01.10.2020
Basım (Published) : 15.12.2020

1. Giriş

Isıl özelliklerine göre plastik malzemeler termoplastik ve termoset olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Termoset plastiklerin en önemli özelliği sertleştikten sonra çözülmemeleri ve tekrar erimeleridir. Bu nedenle de fazla tercih edilmemektedirler. Termoset plastikleri içerisinde en önemli olanlar fenolik, epoksi ve izosiyanat olarak bilinmektedir. Bu plastikler farklı sektörlerde özellikle elektrik sektöründe izolasyon ve yapıştırma malzemesi olarak kullanılmaktadır. Termoplastik malzemeler ise tekrar yumuşama özelliğine sahiptir. Bu nedenle de termoset plastiklere göre daha fazla tercih edilmektedir. Bu reçineler özellikle yiyecek ambalajlarında, ev eşyalarında, şişe yapımında ve barınakla ilgili uygulamalarda bol miktarda kullanılmaktadır (Killough, 1995). Plastik esaslı malzemelerin bazı inorganik dolgu maddeleri ile desteklenmesi ile üretilen polimer içerikli kompozitler mekanik, kimyasal ve termal dirençleri gibi özellikleri için tercih edilmektedirler. Polimer kompozitler bu özellikleri sayesinde otomotiv, ambalaj, inşaat ve benzeri sektörlerde ihtiyaçlara cevap veren uygun malzemeler olarak yaygın kullanılmaktadırlar (Nielsen and Landel 1994), cam (Nielsen and Landel 1994; Lopez et al. 2012; Erden et al. 2010; Alam et al. 2010; Mathew et al. 2017), mika (Baral et al. 1999; Pastorini and Nunes 1999; Gan et al. 2001a, 2001b, 2001c; Pinto et al. 2001), kalsiyum karbonat (CaCO_3) (Demjén et al. 1998; Thio et al. 2002), talk ve wollastonite (Karrad et al. 1998; Li et al. 2003; Švab et al. 2007; Meng et al. 2008; Huang et al. 2013) gibi dolgu maddeleri polimerik kompozitler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, volkanik bir kaya türü olan perlit camsı amorf yapısı sayesinde (Atagür et al. 2018) ısı dayanımı istenen her türlü kompozit matriks için alternatif bir inorganik dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Diğer kompozit türlerinde olduğu gibi odun plastik kompozit (OPK) kullanımı da artma eğilimi göstermektedir. Ancak üretimdeki enerji maliyetlerinin yüksek olması, oduna göre yoğunluğunun fazla olması ve üretim miktarlarının düşük olması önemli dezavantajlarıdır (Principia, 2003). Ayrıca dış kuvvetlere dayanıklılığı düşük, boyutsal stabilizasyonunun farklılaşması, güneş ve hava etkilerine karşı mukavemetinin düşük olması, zamanla koku yapması ve en önemlisi de ısıya karşı dayanımın çok düşük olması kullanım alanını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle son yıllarda olumsuz etkileri azaltma açısından odun plastik kompozit üretimi geliştirilme çalışmaları hızla devam etmektedir. Bu yüzden kullanım alanına bağlı olarak belirli OPK malzemelerinin de özelliklerini geliştirmek için farklı dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da OPK'nın ısı dayanımının iyileştirilmesi için dolgu maddesi olarak volkanik bir kaya türü olan (Atagür et al. 2018) perlit tercih edilmiştir. Türkiye'de yapılan araştırmalar sonucu toplam perlit rezervinin 4.5 milyar ton olduğu belirtilmektedir (URL-1). Ayrıca, ege sahili boyunca ülkemiz, dünyanın bilinen perlit rezervlerinin %70'ine sahiptir (Uluatam 1991; Tekin, et al. 2006). Bu kadar çok rezervi olan perlitin yeni kullanım alanlarının artırılması gerekmektedir. Yumuşama sıcaklığı 760–1100°C aralığında olan perlit ısıtıldığında hacminin hemen hemen 20 katı kadar genişlenebilir (Uluatam 1991; Harben and Bates 1990; Alkan and Doğan 2001; Tekin, et al. 2006; Atagür et al. 2018). Bu genişlemenin nedeni perlitin içerisinde bulunan su ile olmaktadır. Perlitin ısıtılması hızlı bir şekilde olursa su aniden buharlaşır, yumuşayan perlit ise hızlı bir şekilde genişler. Genleşen perlit ham perlite göre çok daha fazla kullanım alanına sahiptir. Genleşmiş perlitin en önemli özellikleri arasında ısıya dayanıklılığı, son derece iyi ısı ve ses yalıtım kanlığı ve çok düşük bir ağırlığa sahip olması gösterilebilir. Ayrıca genleşmiş perlitin termal iletkenliğinin düşük olması, ses absorpsiyonunun yüksek olması, hacim yoğunluğunun düşük olması ve ısıya dayanıklılığı kullanım alanının genişletmektedir. Şekil 1' de perlitin görünümü verilmiştir.



Şekil 1. Perlit (URL-2)

Yapılan çalışmada sarıçam odununun yanı sıra belirli oranlarda perlit kullanılmış ve odun plastik kompozit malzemeler üretilmiştir. Perlitin dolgu malzemesi olarak kullanıldığı odun plastik kompozitlerin yanma dayanım özelliklerinin belirlenmesi için yatay yanma hızı ve oksijen indeks testleri yapılmıştır. Bu çalışmada OPK malzemelerin yanma dayanımı üzerine perlitin kullanım etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Kahramanmaraş Orman Fakültesinde üretilen OPK malzemelerde, atölyelerden elde edilen 60 mesh boyutlarında sarıçam odun udunu, Özen Kimyadan elde edilen Polipropilen, wax ve maleik anhidrit polipropilen-(MAPP) ve ticari bir firmadan elde edilen Perlit kimyasalı kullanılmıştır.

2.2. Metot

Kahramanmaraş Orman Fakültesi laboratuvarında sarıçam odun talaşları öğütücü ile öğütülmüş ve 60 mesh ve üzeri boyutlarında sarsak elekte elenmiştir. Etüvde karışımda kullanılacak odun unu, perlit ve polipropilen rutubet miktarları %3-4 oluncaya kadar kurutulmuştur. Ayrıca uyumlaştırıcı olarak MAPP ilave edilmiştir. Carver marka pres kullanılarak doğrudan pres yöntemi ile 250 x 250 x 2 mm ebatlarında olmak üzere 100 barlık basınç altında 170 °C'de sıcak pres uygulanarak test levhaları üretilmiştir. Her bir parametre için 3 adet OPK levha üretilmiştir. Standartlara uygun şekilde test numuneleri ebatlandırılmış ve testler yapılmıştır. Test numunelerinin üretim parametrelerine ait bilgiler Tablo 1’ de verilmiştir. Polipropilen, odun unu ve perlitten oluşan OPK karışımı ile Dynisco marka LOI ve Atlas marka yatay yanma hızı ölçüm cihazı Şekil 2’ de verilmiştir.

Tablo 1. Üretim parametreleri

Örnek No	Odun Unu (%)	Polipropilen (%)	Perlit (%)	Wax (%)	MAPP (%)	Toplam Miktar (%)
1	30	69	0	1	0	100
2	30	64	5	1	0	100
3	30	59	10	1	0	100
4	30	54	15	1	0	100
5	30	49	20	1	0	100
6	30	66	0	1	3	100
7	30	61	5	1	3	100
8	30	56	10	1	3	100
9	30	51	15	1	3	100
10	30	46	20	1	3	100



Şekil 2. LOI ve yatay yanma hızı ölçüm cihazı

Dikey yanma hızı UL-94 standartlarına göre yapılmıştır. UL 94 dikey yanma testini (UL-94, 2006) yapmak için, numunenin kancaya sabitlenecek ucundan 6 mm işaretlenmiş, dikey konumda sabitlendiğinde gövde uzunluğunun 150 mm olacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3). Diğer ucu ile bunsen ucundaki mesafe 10 mm olarak ayarlanmalıdır. Deneyi başlatmak için, alev 10 saniye boyunca numunenin serbest ucuna tutulur. Bu süreden

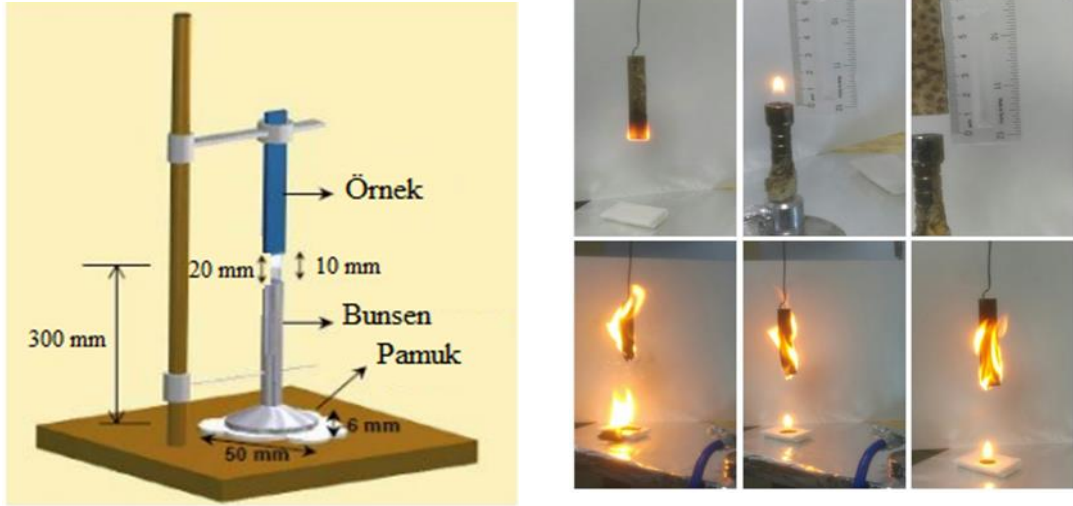
sonra alev çıkarılmalı ve alev söndürülmelidir. Eğer sönerse, alev 10 saniye daha uygulanır. Alev numunede kendi kendini destekliyorsa, UL 94'e göre sınıflandırmak mümkün olmayacaktır. Alev kendi kendini desteklemiyorsa, malzeme aşağıdakilerle karakterize edilir.

Derecelendirme:

Sınıflandırma V0- (En düşük yanıcılık) alevin süresinin toplamı 50 saniyeyi geçmediğinde ve pamuk tabakası malzemenin damlaması nedeniyle tutuşmadığında.

Sınıflandırma V1- yanma sürelerinin toplamı 250 saniyeyi geçmediğinde ve numuneden düşen damla pamuğu yakmadığında;

Sınıflandırma V2- (En yüksek yanıcılık) yanma sürelerinin toplamı 250 saniyeyi geçmediğinde, ancak pamuk tabakası malzemenin damlamasıyla tutuştuğunda şeklinde yapılmaktadır (Silva, 2006). Şekil 3'de, dikey yanma test şeması gösterilmiştir.



Şekil 3. Dikey yanma testinin şematik gösterimi (Ribeiro ve ark., 2013).

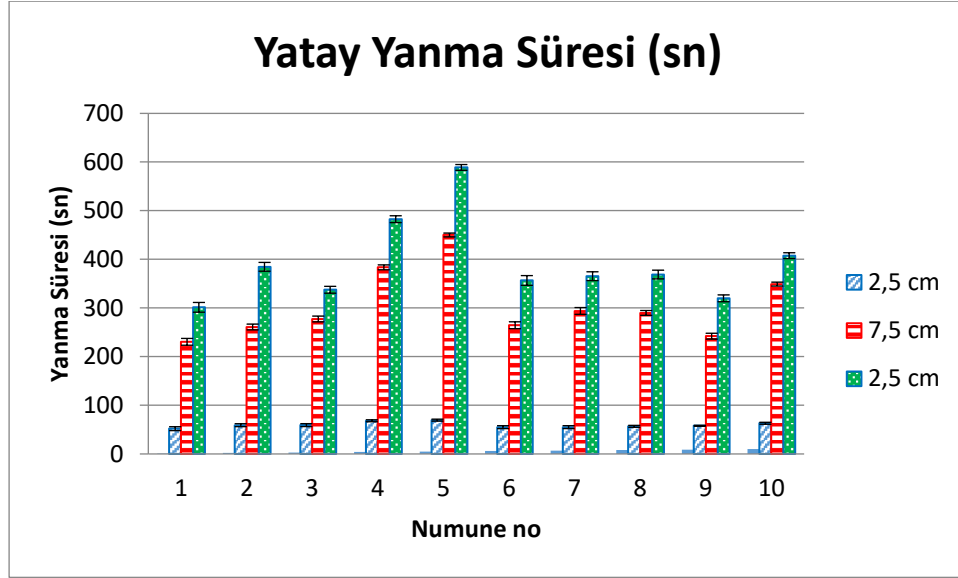
3. Bulgular ve Tartışma

Yatay Yanma Hızı: Elde edile kompozit levhaların yanma dayanımlarının belirlenebilmesi için yatay yanma hızı ve LOI ölçümleri yapılmıştır. Kompozit levhaların yatay yanma hızı ve LOI test ölçüm değerleri sırasıyla Tablo 2 ve Şekil 4' de verilmiştir.

Tablo 2. OPK Levhaların Yatay Yanma Hızı Değerleri

Örnek No	Numune uzunluk ölçüm aralık miktarları			Yatay yanma hızı (m/sn)
	2,5 cm	7,5 cm	2,5 cm	
1	52,0	230,5	301,4	0,4144
2	59,1	261,0	384,7	0,3249
3	59,3	277,5	337,5	0,3704
4	68,2	383,6	482,5	0,2591
5	69,6	450,1	588,9	0,2123
6	55,1	264,6	356,6	0,3505
7	55,2	294,0	365,4	0,3421
8	56,8	289,9	368,8	0,3389
9	57,9	242,1	319,9	0,3907
10	63,1	349,2	407,6	0,3067

Ort: ortalama, sd: standart sapma



Şekil 4. Yatay yanma hız grafiği

Polipropilen (PP), sarıçam odun unu, perlit ve MAPP ile üretilen OPK malzemelerin yatay yanma hızı ölçüm değerleri Tablo 2’de, grafik gösterimi ise Şekil 4’ de verilmiştir. Tablo 2’ de MAPP kullanılmadan üretilen OPK levhada yatay yanma hızı 0.4144 mm/sn ile en yüksek değer olarak bulunurken en düşük değer ise %20 perlit kullanılan 5 numaralı kompozit malzemede 0.2123 mm/sn olarak bulunmuştur. MAPP kullanılan numunelerde ise kontrol örneği (6 nolu numune) yatay yanma hızı 0.3505 mm/sn iken %20 perlit kullanılan 10 numaralı OPK levhanın yatay yanma hızı ise 0.3067 mm/sn olarak bulunmuştur. MAPP kullanımı yatay yanma direncini olumlu etkilemiştir. Perlit eklenen karışımlarda hem MAPP kullanılmayan hem de MAPP kullanılan numunelerde yatay yanma hızında bir düşüş olduğu görülmektedir. MAPP ilave edilmeden üretilen 1, 2, 3, 4 ve 5 nolu kompozit gruplarında perlit miktarı artarken, yatay yanma hızı değerlerinde belirli bir azalma olmaktadır. Bu azalma perlitin içi hava dolu gözenekli yapısından kaynaklanmaktadır (Öktem and Tincer 1993; Atagür et al. 2018). MAPP ilave edilen 6, 7, 8, 9, ve 10 numaralı kompozit gruplarında perlit kullanım miktarının artmasına bağlı olarak yatay yanma hızı değerleri değişken ve dalgalı bir durum görülmektedir. Bunun nedeni ise, MAPP kullanımının yeterli homojen karışımı ekstruder ile karışım sağlanmadan gerçekleştirememesi ve artan perlit oranını kompozit ara yüzünde ısı dağılımını perdelemesinden ötürüdür (Öktem and Tincer 1993; Atagür et al. 2018).

Dikey Yanma Hızı: Numunelerin içerikleri ve UL 94 dikey yanma testine göre sınıflandırılmaları Tablo 3’de verilmiştir

Tablo 3. UL 94 dikey yanma sınıflandırılması.

Numune No	Odun Unu (%)	Polipropilen (%)	Perlit (%)	Wax (%)	MAPP (%)	UL 94 Sınıflandırılması
1	30	69	0	1	0	V ₂
2	30	64	5	1	0	V ₂
3	30	59	10	1	0	V ₂
4	30	54	15	1	0	V ₂
5	30	49	20	1	0	V ₂
6	30	66	0	1	3	V ₂
7	30	61	5	1	3	V ₀
8	30	56	10	1	3	V ₀
9	30	51	15	1	3	V ₀
10	30	46	20	1	3	V ₀

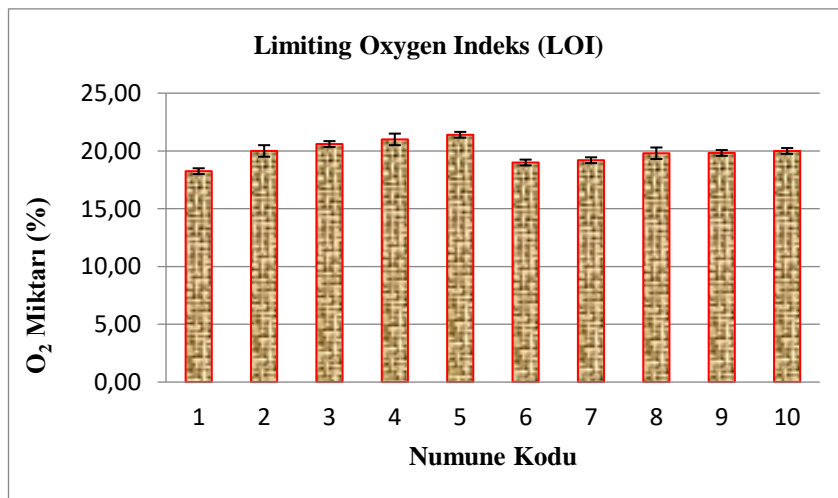
1, 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı örnekler UL-94 dikey yanma testinde yüksek yanıcılık göstermelerinden dolayı V₂ kategorisinde değerlendirilmiştir. 2, 3, 4 ve 5 numaralı örneklerde sırasıyla %5, %10, %15 ve %20 oranlarında perlit kullanılması bu numunelerin yüksek yanıcılıkta sınıflandırılmalarını önleyememiştir. Bunun nedeni uyumlaştırıcı olarak kullanılan MAPP içermemelerinden kaynaklanan heterojen kompozit yapısından kaynaklanabilir. 7, 8, 9 ve 10 numaralı örneklerde ise sırasıyla, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında perlit

kullanılmıştır. Ek olarak numune karışımlarının %3 oranında MAPP içermelerinden dolayı homojen bir dağılım sağlanması perlitin yanmayı önleyici etkisini göstermesini ve bu numunelerin UL-94 dikey yanma testinde V_0 kategorisinde değerlendirilmesini sağlamıştır. OPK malzemelerin en büyük dezavantajı yanmaya karşı düşük dayanım göstermeleridir. Bu yüzden OPK malzemelerin yanma dayanımını geliştirmek için dolgu maddesi olarak birçok kimyasal madde kullanılan birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle bor kullanımı ile birçok çalışma yapılmıştır (Dönmez ve ark., 2014). Yaşam alanlarında kullanılan OPK malzemeler için yanmaya karşı dayanımın geliştirilmesinin bor bileşikleri mümkün olacağı belirtilmiştir (Altuntaş ve ark, 2016). Bu amaçla başka bir çalışmada dolomit minerali kullanılmış ve yanma dayanımını geliştirdiği tespit edilmiştir (Özdemir ve ark, 2017). OPK levhaların Limit Oksijen İndeksi (LOI) testi ölçüm değerleri Tablo 4, grafik gösterimi ise Şekil 5'te verilmiştir

Tablo 4. OPK levha LOI değerleri

Örnek No	LOI (%)
1	18,25
2	20,00
3	20,60
4	21,00
5	21,40
6	19,00
7	19,20
8	19,80
9	19,83
10	20,00

Numunelerin Limit oksijen indeksi (LOI) değerleri MAPP kullanılan ve kullanılmayan levhalarda artma eğilimi göstermektedir. MAPP kullanılmayan üretilen levhalarda LOI değerleri 18.25 ile 21.40 arasında değişirken MAPP kullanılan numunelerde ise 19.00 ile 20.00 arasında değişmektedir. Burada MAPP etkisinin farkı görülmektedir. MAPP LOI değerlerini olumlu etkilemiştir. Hem MAPP içermeyen hem de MAPP içeren numunelerde perlit kullanılması ile LOI değerleri olumlu etkilenmiştir. Perlit yanma dayanımını olumlu etkilemiş ve bu özelliği geliştirmiştir. LOI değerlerinde bu durum yatay yanma hızında ki elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Perlit %5 kullanım ile %20 perlit kullanımı arasında yanma dayanım özelliğinin iyileştiği belirlenmiştir. Atagür ve ekibinin 2018 yılında yaptığı bir çalışmada yüksek yoğunluklu polietilene (HDPE) 'e ağırlıkça ilave edilen %5, %10, %20 ve %30 oranında perlit miktarlarının termal iletkenlik değerlerini sırasıyla %5.5, %6.3, %7.9 ve % 8.0 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Perlitin gözenekli yapısından kaynaklanan bu termal izolasyon (Atagür et al. 2018). Kullanılan perlit ile HDPE malzemesinin ısı iletkenlik değerlerinde istenilen azalma sağlanmıştır. Ayrıca, bu tür gözenekli yapılara sahip olan inorganik dolgu maddelerinin havanın düşük termal iletkenlik özelliği sayesinde dolgu maddesi olarak eklendikleri malzemelerin termal iletkenliklerini etkileyen önemli bir etken olduğu bilinmektedir (Sengul et al. 2011; Atagür et al. 2018). Bu çalışmadaki elde edilen veriler literatür ile uyum içerisindedir.



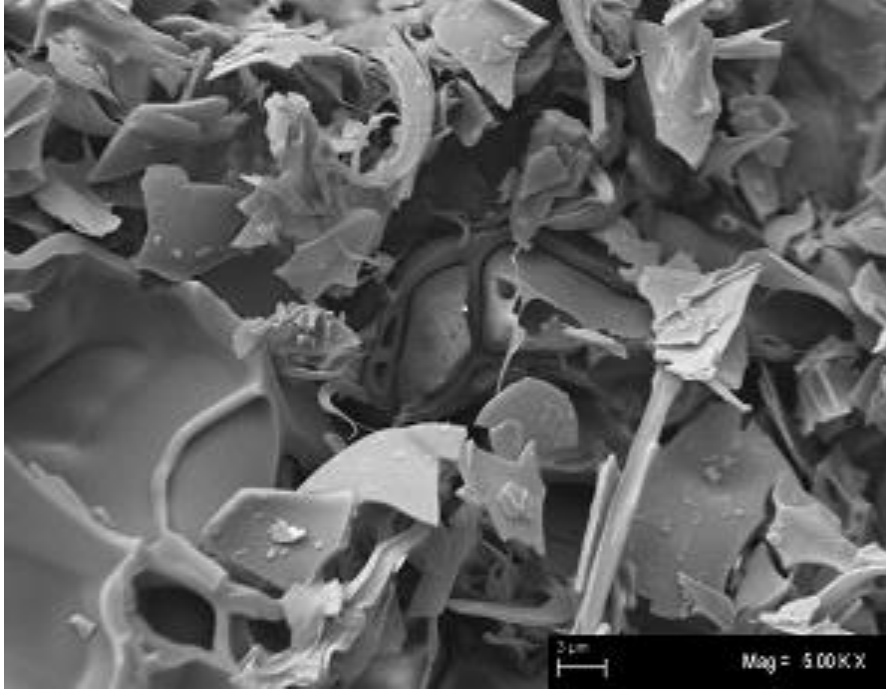
Şekil 5. LOI ölçüm değerleri (%)

LOI testi OPK malzemeler hakkında tutuşma anından sonra yanmanın devam edebilmesi için gerekli olan oksijen miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. LOI değerinin yüksek olduğu malzemeler atmosferik ortamlarda yanıcı özelliğinin düşük olduğunu gösterir. Eğer LOI değerleri %25 altında ise kolay yanabilen, %25 üzerinde ise yanıyor olsa bile kendiliğinden sönmeye özelliğine sahip zor yanan malzemeler olarak ifade edilirler (Kayan, 2004).

Perlitin yapısında silis oranının yüksek olması yanıcı olma özelliğini azaltırken gözenekli yapısı ise yanıcı gazları tutma da etkili olur ve yanma dayanımını azaltırlar.

SEM (Scanning Electron Microscope) Analizi

OPK içerisinde sarıçam odununu, polipropilen ve perlitin homojen karışımlarını gösteren OPK test numunelerine ait SEM fotosu Şekil 6' da verilmiştir.



Şekil 6. OPK numunelerine ait SEM fotosu

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre;

1. Yatay yanma süresi ve yatay yanma hızı perlit kullanım oranının artması ile azalmış ve yanma dayanımı olumlu etkilenmiştir..
2. Dikey yanma hızı testlerinde perlit kullanımının yanmazlık süresini artırmasına rağmen sınıflandırma üzerinde etkisi olmamıştır.
3. MAPP kullanımı OPK levhaların yanma dayanımı üzerine olumlu etki yapmıştır.
4. Perlit kullanım oranının artması ile LOI testinde yanma dayanımının arttığı belirlenmiştir.
5. Türkiye perlit açısından büyük rezervlere sahip olması sebebiyle OPK üretiminde alternatif bir yanmayı geciktirici olarak kullanılması açısından önem arz etmektedir.

Teşekkür

2018/1-8 M proje numaralı bu çalışma KSU BAP birimi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. **Alam, S., Habib, F., Irfan, M., Iqbal, W., Khalid, K. (2010).** Effect of orientation of glass fiber on mechanical properties of GRP composites. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 32: 265–269.
2. **Alkan, M., & Doğan, M. (2001).** Adsorption of Copper(II) onto Perlite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 243(2), 280–291.
3. **Altuntaş, E., Salan, T., Alma, M.H. (2016).** Farklı bor bileşik kullanılarak MDF-LDPE odun plastik kompozitlerin yangına dayanıklılığının araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences* 19(3): 19-23.
4. **ASTM D 2863, (2006).** Standard test method for Measuring the minimum Oxygen Concentration to Support Candle-like Combustion of Plastics, ASTM International, United State.
5. **ASTM D 635, (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.
6. **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), 747–761.
7. **Baral, D., De, P., & Nando, G. B. (1999).** Thermal characterization of mica-filled thermoplastic polyurethane composites. *Polymer Degradation and Stability*, 65(1), 47–51.
8. **Demjén, Z., Pukánszky, B., & Nagy, J. (1998).** Evaluation of interfacial interaction in polypropylene/surface treated CaCO₃ composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 29(3), 323–329.
9. **Cavdar, A.,D., Mengeloğlu, F., Karakus, K. (2014).** Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites. *Measurement*, 60; 6-12.
10. **Erden, S., Sever, K., Seki, Y., and Sarikanat M. (2010).** Enhancement of the mechanical properties of glass/polyester composites via matrix modification glass/polyester composite siloxane matrix modification. *Fibers and Polymers* 11: 732–737.
11. **Gan, D., Cao, W., Song, C., & Wang, Z. (2001a).** Mechanical properties and morphologies of poly(ether ketone ketone)/glass fibers/mica ternary composites. *Materials Letters*, 51(2), 120–124.
12. **Gan, D., Lu, S., Song, C., & Wang, Z. (2001b).** Mechanical properties and frictional behavior of a mica-filled poly(aryl ether ketone) composite. *European Polymer Journal*, 37(7), 1359–1365.
13. **Gan, D., Lu, S., Song, C., & Wang, Z. (2001c).** Physical properties of poly(ether ketone ketone)/mica composites: effect of filler content. *Materials Letters*, 48(5), 299–302.
14. **Harben, P. W., and Bates, R. L. (1990).** *Industrial Minerals Geology and World Deposits*, Metal Bulletin Inc., London p. 184.
15. **Huang, R., Kim, B.-J., Lee, S., Zhang, Y., & Wu, Q. (2013).** Co-extruded wood-plastic composites with talc-filled shells: morphology, mechanical, and thermal expansion performance. *BioResources*, 8(2).
16. **Karrad, S., Lopez Cuesta, J., & Crespy, A. (1998).** Influence of a fine talc on the properties of composites with high density polyethylene and polyethylene/polystyrene blends. *Journal of Materials Science* 33, 453–461
17. **Kayan, S. (2004).** Marmara Üniversitesi FBE Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı Testil Materyallerinin Yanma Mekanizması ve Limit Oksijen indeks Değerleri. Enstrümantal Analiz Dersi, İstanbul.
18. **Killough, J.M. (1995).** The plastic side of the equation. Woodfiber-plastic composites: Virgin and recycled wood fiber and polymers for composites. Pages 7-15 in 3rd Inter Conf on Woodfiber-Plastic Composites; 1-3 May, 1995; Madison, WI.
19. **Li, Z., Shen, S. Y., Peng, J. R., & Yang, C. R. (2003).** Mechanochemical Modification of Wollastonite and its Application to Polypropylene. *Key Engineering Materials*, 249, 409–412.
20. **Lopez, F.A., Martin, M.I., Alguacil, F.J., Alguacil, J. M., Rincón, T. A. (2012).** Centeno, and M. Romero, Thermolysis of fiber glass polyester composite and reutilization of the glass fiber residue to obtain a glass-ceramic material. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 93: 104–112.
21. **Mathew M.T., Padaki N.V., Rocha, L.A., Gomes, J. R., Alagirusamy, R., Deopura, B. L., and Fanguero, R. (2007).** Tribological properties of the directionally oriented warp knit GFRP composites. *Wear* 263: 930–938.
22. **Meng, M.R., & Dou, Q. (2008).** Effect of pimelic acid on the crystallization, morphology and mechanical properties of polypropylene/wollastonite composites. *Materials Science and Engineering: A*, 492(1-2), 177–184.

23. **Nielsen, L.E., and Landel, R.F. (1994).** Mechanical properties of polymers and composites. New York:Marcel Dekker Textile Research Journal, 64(11), pp.696–696.
24. **Öktem, G. A., & Tincer, T. (1993).** A study on the yield stress of perlite-filled high-density polyethylenes. Journal of Materials Science, 28(23), 6313–6317.
25. **Özdemir, F., Ayrılmis N, Mengeloğlu F.(2017)** Effect of dolomite powder on combustion and technological properties of WPC and neat polypropylene. J. Chil. Chem. Soc., 62 (4): pp. 3716-3720.
26. **Pastorini M.T., and Nunes R.C.R. (1999).** Mica as a filler for ABS/polycarbonate blends. Journal of Applied Polymer Science, 74: 1361–1365.
27. **Pinto, U. A., Visconte, L. L. Y., & Reis Nunes, R. C. (2001).** Mechanical properties of thermoplastic polyurethane elastomers with mica and aluminum trihydrate. European Polymer Journal, 37(9), 1935–1937.
28. **Principia, P. (2003).** Current and Emerging Applications for Natural & Wood Fiber Composites,” 7th International Conference of Woodfiber-Plastic Composites.
29. **Ribeiro, L.M., Ladchumananandasivam, R., Galvão, A.O., and Belarmino, D.D. (2013).** Influencia do retardante de chama em compósito de palf e poliéster não-saturado, HOLOS, vol. 1, p. 115.
30. **Sengul, O., Azizi, S., Karaosmanoglu, F., & Tasdemir, M. A. (2011).** Effect of expanded perlite on the mechanical properties and thermal conductivity of lightweight concrete. Energy and Buildings, 43(2-3), 671–676.
31. **Silva, V.L.D.Da. (2006).** Comportamento mecânico e de flamabilidade de compósito de polipropileno reciclado com fibra de coco e hidróxido de alumínio 119 f. dissertação do departamento de engenharia mecânica, UFPA, Belém,
32. **Švab, I., Musil, V., Šmit, I., & Makarovič, M. (2007).** Mechanical properties of wollastonite-reinforced polypropylene composites modified with SEBS and SEBS-g-MA elastomers. Polymer Engineering & Science, 47(11), 1873–1880.
33. **Tekin, N., Kadıncı, E., Demirbaş, Ö., Alkan, M., Kara, A., & Doğan, M. (2006).** Surface properties of poly(vinylimidazole)-adsorbed expanded perlite. Microporous and Mesoporous Materials, 93(1-3), 125–133.
34. **Thio, Y. S., Argon, A. S., Cohen, R. E., & Weinberg, M. (2002).** Toughening of isotactic polypropylene with CaCO₃ particles. Polymer, 43(13), 3661–3674.
35. **UL 94, (2006).** Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.
36. **Uluatam, S. S. (1991).** Assessing Perlite as a Sand Substitute in Filtration. Journal - American Water Works Association, 83(6), 70–71.
37. **URL-1.** <http://www.bfyapim.com/perlit.pdf>, 11.10.2019.
38. **URL-2.** <https://insapedia.com/perlit-nedir-ham-ve-genlestirilmis-perlit-nedir/11.10.2019>.