
	Sakarya University Journal of Science SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE		
	e-ISSN: 2147-835X Dergi sayfası: <a href="http://www.saujs.sakarya.edu.tr">http://www.saujs.sakarya.edu.tr</a>		
	Geliş/Received 25-01-2017 Kabul/Accepted 28-11-2017	Doi 10.16984/saufenbilder.287861	

## Asidik ve basık pomza içeren polipropilen kompozitlerinin mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikleri

Ümit Tayfun<sup>\*1</sup>, Yasin Kanbur<sup>2</sup>

### ÖZ

Asidik pomza (AP) ve bazık pomza (BP), polipropilene (PP) eklenmeden önce silan bağlayıcı kullanılarak polimer matris ile uyumlu hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra, maleik anhidrit aşılantılı PP (MA-g-PP) ile kompozitler hazırlanmıştır. Kompozitler, büyük ölçekli üretime en uygun yöntem olan eriyik karıştırma metodu ile laboratuvar ölçekli çift vidalı ekstruder kullanılarak üretilmiştir. Karıştırıcıdan çip formunda elde edilen PP kompozitler, enjeksiyonlu kalıplama tekniği ile şekillendirilmiştir. Hazırlanan kompozit numunelerinin mekanik dayanımları başta olmak üzere su emme testi ile dış hava şartlarında kullanımları incelenmiştir. Kompozitlere sırasıyla çekme testi, dinamik mekanik analiz (DMA) ve eriyik akış indisi testleri uygulanmıştır. Ayrıca pomza parçacıklarının polipropilen matris içinde dağılımını gözlemlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) mikrografikleri incelenmiştir. Silan ile modifiye edilmiş asidik pomza, bazık pomza ve MA-g-PP ile hazırlanan kompozitlerin mekanik özelliklerinde iyileşmeler saptanmıştır. SEM mikrografikleri incelendiğinde; silanlanmış pomza içeren ve MA-g-PP matrisli kompozitlerde, pomza parçacıklarının polimer yüzeyleri ile uyumlu hale geldiğinden PP matris içerisinde iyi dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Özellikle asidik pomza içeren kompozitlerin erime akış değerlerinde, PP ile kıyaslandığında belirgin bir değişim olmamıştır. Bu sonuç, büyük ölçekteki uygulamalarda pomzanın dolgu maddesi olarak eklenmesiyle polipropilenin işlenmesinde önemli bir sorunla karşılaşmayacağı çıkarımını desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen, Pomza, Yüzey Modifikasyonu, Kompozit Malzemeler

### Mechanical, physical and morphological properties of acidic and basic pumice containing polypropylene composites

#### ABSTRACT

Acidic pumice (AP) and basic pumice (BP) were compatibilised with the polymer matrix by using silane coupling agents before their addition into polypropylene (PP). In addition, composites with maleic anhydride grafted polypropylene (Ma-g-PP) were prepared. Composites were prepared by melt-blending method using lab-scale twin screw extruder which is the most suitable method for the large scale production.

\* Corresponding Author

PP composites that obtained as chip form from the mixer were shaped with injection molding. Additionally to the mechanical properties of prepared composites, water absorption test of the composites were performed in order to investigate their outdoor usage conditions. Tensile test, dynamic mechanical analysis (DMA) and melt flow index tests were applied to composites, respectively. Furthermore, scanning electron microscopy (SEM) micrographs were examined for observation of the dispersion of pumice particles into polypropylene matrix. Improvements in mechanical properties of composites were obtained by using silane-modified acidic pumice, basic pumice and MA-g-PP. According to SEM micrographs, composites which contain silanized pumice and MA-g-PP exhibit better dispersion of pumice particles into PP matrix due to compatibilization of particles with polymer surfaces. There were no remarkable changes observed for the melt flow values of especially acidic pumice containing composites as compared with PP. This results support the conclusion that the addition of pumice caused no obvious problem for the processibility of polypropylene in large scale applications.

**Keywords:** Polypropylene, Pumice, Surface Modification, Composite Materials

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Polimer kompozitler otomotiv endüstrisinden ambalaj sektörüne kadar çeşitli uygulamalarda kendine yer bulmuştur. Bu malzemelerin hafif ve pratik uygulamaya sahip olması, araştırmacıları kompozitlerin öncelikli olarak mekanik dayanımlarını artırma konusuna yöneltmektedir. Polipropilen, ülkemizde üretimi gerçekleştirilen ve birçok alanda endüstriyel kullanımı giderek artmakta olan önemli mühendislik polimerlerinden biridir [1]. Dolgu malzemelerinin polimer matris içerisinde daha iyi dağılım göstererek iyi mekanik özellikler sağlanması kullanılan dolgunun ve polimer yüzeylerinin birbirlerine uyumlu olması ile gerçekleştirilebilir. Yüzeyler uyumlu olmaması durumunda dolgu malzemesi topaklanarak istenilen özellikler sağlanamaz. Polimer matris ile dolgu malzemesinin yüzeylerinin birbirlerine uyumlu hale getirilmesi farklı metotlarla sağlanabilir, bu metotlar arasında dolgu malzemesinin yüzeyinin modifiye edilmesi, uyumlaştırıcı katkı malzemelerinin kullanılması ve Ma-g-PP gibi uyumlaştırıcı fonksiyonel gruplar içeren polimer matrislerin kullanımı sayılabilir [2,3].

Türkiye, dünyadaki pomza rezervi göz önünde bulundurulduğunda oldukça yüksek bir paya sahiptir. Ülkemizde pomza yatakları, şu ana kadar yapılmış araştırmalarda belirtildiği kadarıyla doğu anadolu ve iç anadolu bölgelerinde bulunmaktadır. Bitlis, Nevşehir ve Kayseri pomza açısından başlıca zengin bölgelerdir. Bu bölgelerde asidik ve bazik pomza olmak üzere iki tip oluşumu mevcuttur. Kimyasal bileşim açısından iki tip

farklılık göstermekte olup bazik pomza, asidik pomza ile kıyaslandığında yapısında daha yüksek oranda metal oksitleri içermektedir [3-6]. Pomza tozu, inşaat sektörü başta olmak üzere tekstil, tarım ve kozmetik gibi alanlarda çeşitli uygulamalarda gerek hammadde gerekse katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [7]. Pomza tozu, literatürde polietilen [8], poli (vinil alkol) (PVA) [9], poli(vinil pirrolidon) (PVP) [10], poli(anilin)(PAn) [11,12], poli(hidroksietilmetakrilat) [13] ve poli(fenilen sülfid) (PPS) [14] gibi birçok polimerde kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, bir çok sektörde ihtiyaç duyulan kompozit malzeme uygulamalarında kullanım potansiyeli olan, mevcut kaynaklarımızdan pomza tozunun polimerik kompozitlerde etkin ve pratik şekilde uygulanmasına katkı sağlamaktır. Bu doğrultuda, asidik ve bazik formdaki pomza tozları yüzey modifikasyonu işlemine tabii tutularak PP matrisi içerisinde eriyik karıştırma yöntemi ile karıştırılmış ve kompozitler oluşturulmuştur. Yüzey işlemlerinin karakterizasyonu, SEM/EDX kullanılarak yapılmıştır. Hazırlanan kompozitlere çekme dayanım, dinamik mekanik analiz (DMA) ve eriyik akış indisi (MFI) testleri uygulanarak malzemelerin mekanik, termo-mekanik ve akış özellikleri incelenmiştir. Bunun yanısıra, su emme testi sonrası kompozitlerin dış hava şartlarındaki su tutma kapasiteleri ve mekanik özelliklerindeki değişimler tartışılmıştır. Yüzey modifikasyonu uygulanan ve uygulanmayan pomza parçacıklarının PP matrisine yapışması ve matris içindeki dağılımları, tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) mikrografikleri incelenerek kıyaslanmıştır.

## 2. MALZEMELER VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHOD)

### 2.1. Kullanılan Malzemeler (Materials Used )

Polipropilen (BP 335 SA), Borealis firmasından, anhidrit aşılantı polipropilen (1015 Exxelor PO) ise ExxonMobil firmasından temin edilmiştir. Asidik pomza ve bazik pomza Miner Madencilik (Nevşehir) firmasından, silan uyumlaştırıcı olarak kullanılan amino propil trietoksi silan (APTES) ve modifikasyon işleminde çözücü olarak kullanılan etanol ise Merck firmasından tedarik edilmiştir.

### 2.2. Kompozitlerin Hazırlanması ve Yapılan Testler (Preparation of the Composites and Applied Tests)

Kompozitler, DSM Xplore çift vidalı laboratuvar ölçekli mikro-karıştırıcıda 5 dakika boyunca 100 rpm hızında ve 200 °C sıcaklıkta karıştırılarak hazırlanmıştır. Kompozitler ağırlıkça sabit % 10 asidik pomza veya bazik pomza dolgu maddesi içermektedir. Silanlama işlemi sırasında asidik pomza ve bazik pomza tozları oda sıcaklığında % 2 APTES/etanol çözeltisi içerisinde 2 saat karıştırılmıştır ve daha sonra tozlar etanol ile birkaç defa yıkanarak 100 °C'de 12 saat süresince kurutulmuştur.

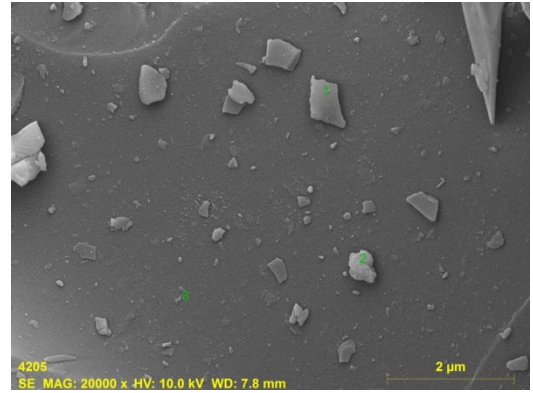
Çekme testi numunelerinin hazırlanmasında DACA Instrument enjeksiyonlu kalıplama cihazı kullanılmıştır. Enjeksiyonlu kalıplama için 210 °C'lik kovanda eritilen plastik, soğuk kalıba 8 bar'lık bir basınçla basılarak çekme testi numuneleri hazırlanmıştır.

Çekme testleri, Lloyd marka cihaz kullanılarak 5 cm/dk çekme hızında ASTM D-638 standartları baz alınarak yapılmıştır. Su emme testleri, ASTM D-570 standardına uygun olacak şekilde, numunelerin 15 gün su içerisinde bekletilmesinden sonra yapılmıştır. Kompozitlerin erime akış indisi testleri 200 °C'de ve 2,16 kg sabit yük kullanılarak yapılmıştır. Dinamik mekanik analiz (DMA) ölçümleri, Perkin Elmer DMA 8000 cihazı kullanılarak -50 °C ile 150 °C sıcaklık aralığında, 1 Hz sabit frekansta ve 10 °C/dak hızında, bükme modu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

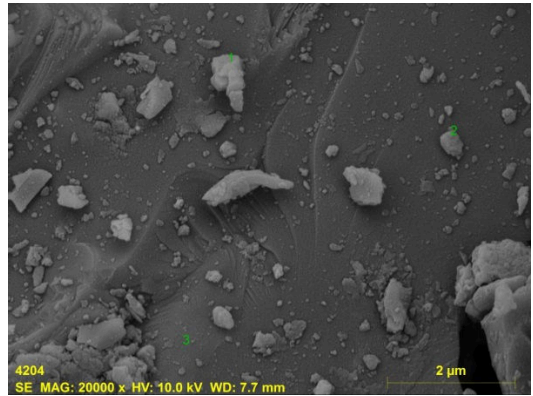
## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

### 3.1. Pomzanın Yüzey Modifikasyonu (Surface Modification of Pumice)

SEM-EDX analizi ile silanlanmış asidik pomza ve bazik pomza numuneleri 3 farklı noktada incelenmiş ve yüzeyde sırasıyla ortalama % 0,72 ve % 0,78 oranında azot (N) olduğu belirlenmiştir (Şekil 1 ve 2). Bu analiz sonucu, yüzeyde gözlenen N miktarı silanlama işleminin başarılı olarak sonuçlandığını göstermektedir. Çünkü, yüzeyde bulunan N miktarı silanlama işlemi için kullanılan amino fonksiyonlu silan uyumlaştırıcının yapısında bulunmaktadır.



Şekil 1. Yüzeyi Silanlanmış Asidik Pomzanın SEM Görüntüsü ( SEM Image of the Surface Modified Acidic Pumice)



Şekil 2. Yüzeyi Silanlanmış Bazik Pomzanın SEM Görüntüsü (SEM Image of the Surface Modified Basic Pumice)

### 3.2. Su Emme Testi (Water Absorption Test)

Kompozitlerin 15 gün su emme testine maruz bırakıldıktan sonraki su emme değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Su emme testi numuneleri genelde 3. Gün sonunda sabit bir ağırlığa ulaşmıştır. Test sonuçları incelendiğinde asidik pomza içeren PP ve bazik pomza içeren PP , saf

PP'ye kıyasla yaklaşık 3 kat fazla su emme kapasitesine ulaşmıştır. Silanlama işlemine tabi tutulan asidik ve bazik pomza içeren numunelerin su emme değerleri silanlanmamış asidik ve bazik pomza içeren numunelere nazaran daha az olarak gözlenmiştir bunun nedeni silanlama işleminden sonra asidik ve bazik pomza yüzeylerinin suyu sevmeyen bir yapıya dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Ma-g-PP 'e asidik pomza ve bazik pomza eklenmesinden sonra benzer şekilde yaklaşık 3 kat fazla su emme kapasitesine ulaştığı gözlemlenmiştir.

Tablo 1. PP ve Kompozitlerin Su Emme Değerleri ( Water Absorption Results of the PP and Composites)

Numuneler	Su Emilimi (%)
PP	0.22±0.02
PP/AP	0.63±0.03
PP/Si-AP	0.52±0.04
PP/BP	0.56±0.02
PP/Si-BP	0.50±0.03
MA-g-PP	0.18±0.05
MA-g-PP/AP	0.51±0.02
MA-g-PP/BP	0.61±0.03

### 3.3. Çekme Dayanım Testi (Tensile Test)

Kompozitlerin çekme testi sonuçları Tablo 2'de paylaşılmıştır. Çekme testi sonuçları incelendiğinde, asidik pomza ve bazik pomza eklenmesi ile PP matrisinin çekme dayanımında belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Fakat silanlama işlemi görmüş asidik ve bazik pomza eklenmesi ile kompozitlerin çekme dayanımında ve kopmada uzamalarında artış gözlenmiştir. Bu sonuç silanlama işlemi ile pomza tozlarının PP matrisine daha uyumlu hale gelmesinden kaynaklanmaktadır.

Yüzey işleminden sonra mekanik özelliklerindeki artışa, literatürde benzer çalışmalarda da rastlanmıştır. MA-g-PP matrisli olan kompozitlerde asidik ve bazik pomza eklenmesi, polipropilenin çekme dayanımında çok az bir artışa sebebiyet verirken uzama değerlerini bariz şekilde düşürmüştür. Silanlanmış asidik ve bazik pomza tozunun çekme dayanımında neden olduğu artışlar (% 5,0 ve % 3,6) , MA-g-PP kullanılarak elde edilen artışlara kıyasla ( % 1,4 ve % 1) oldukça fazladır. Pomza kullanımı, genel olarak

çekme modülü değerlerinde artış ile sonuçlanmıştır [15,16].

Su emme testi uygulanan numunelerin çekme dayanım testi sonuçları incelendiğinde saf PP numunesi hemen hemen hiç su emmediği için test parametrelerinde belirgin farklılıklar gözlenmemiştir. Su emme testine maruz bırakılan kompozitlerin, test uygulanmayanlara göre dayanımlarında bütün numunelerde çok az miktarda düşüş, kopmada uzama değerlerinde çoğunlukla artış, çekme modül değerlerinde ise az miktarda artış şeklinde sonuçlanmıştır.

Tablo 2. PP ve Kompozitlerin Çekme Dayanımı Değerleri ( Tensile Test Results of the PP and Composites)

Numuneler	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopmada Uzama (%)	Çekme Modülü (MPa)
PP	24.6±0.4 /24.5±0.6*	418.6±10.3 /419.8±12.8*	23.9±3.8 /30.8±5.0*
PP/AP	24.2±0.5 /23.5±0.7*	461.1±8.2 /435.6±10.1*	23.3±4.1 /25.3±3.2*
PP/Si-AP	25.4±0.4 /24.7±0.5*	484.2±9.4 /487.2±7.9*	29.4±3.7 /30.1±4.0*
PP/BP	25.2±0.5 /24.4±0.3*	470.1±13.3 /437.8±12.0*	25.2±3.2 /27.5±4.4*
PP/Si-BP	26.1±0.6 /25.8±0.4*	438.3±8.8 /433.7±9.4*	32.0±2.9 /31.9±3.5*
MA-g-PP	21.4±0.2 /21.1±0.3*	517.4±9.3 /523.7±8.4*	282.8±7.4 /296.6±5.2*
MA-g-PP/AP	21.7±0.2 /19.4±0.3*	95.9±8.0 /127.4±7.3*	343.7±8.5 /334.9±7.0*

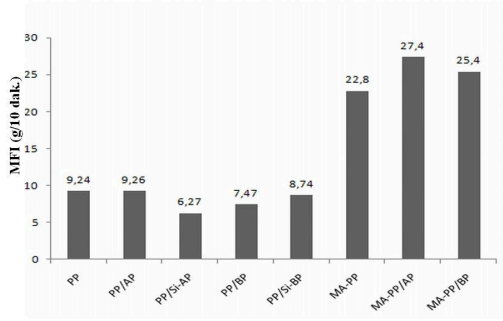
\*15 günlük su emme testine tabi tutulmuş numunelerin çekme dayanımı değerleri

### 3.4. Erime Akış İndisi Testi (Melt Flow Index Test)

Kompozitlerin erime akış indisi değerleri Şekil 3'de verilmiştir. PP matrisine asidik pomza eklenmesi ile eriyik akış değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, bazik pomza eklenmesi ile MFI değerinde bir miktar düşüş saptanmıştır. Silanlanmış asidik pomza içeren PP numunelerin MFI değerleri incelendiğinde bir miktar azalma gözlenmiştir. Bu sonuç silanlama işlemi sonrası yüzeylerin PP matrisine daha uyumlu olmasından kaynaklanmaktadır. Yüzeyi silanlanmış pomza içeren kompozitlerde PP zincirlerinin akışı, dolgu maddesi tarafından kısıtlandığından dolayı MFI değerleri bir miktar azalmaktadır [17,18].

Genel anlamda asidik veya bazik pomza yüklemesi, PP ve MA-g-PP üzerinde akışkanlık

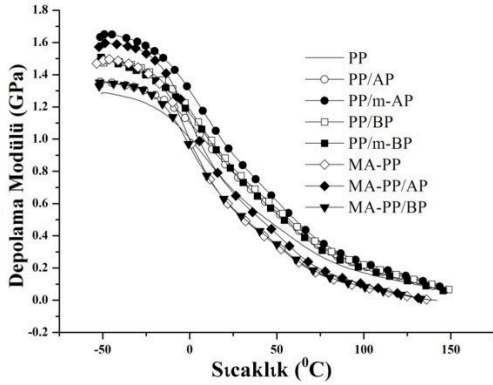
olarak aşırı farklılıklar sergilememektedir. Bu sonuç, PP/pomza kompozitlerinin üretim işlemlerinde herhangi bir probleme (karıştırmada zorlanma veya enjeksiyonda tıkanma vb.) rastlanmayacağı çıkarımını desteklemektedir [19,20].



Şekil 1. PP ve Kompozitlerin Erime Akış İndeksi Değerleri ( Melt Flow Index Results of the PP and Composites)

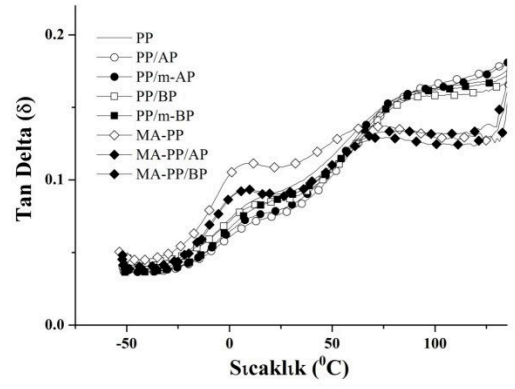
### 3.5. Dinamik Mekanik Analiz (Dynamic Mechanical Analysis)

Hazırlanan PP/AP ve PP/BP kompozitlerinin termo-mekanik özellikleri DMA ile karakterize edilmiştir. Saf polimer ve kompozitlerin depolama modülleri ve Tan  $\delta$  grafikleri sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 2. PP ve Kompozitlerin Depolama Modül Grafiki ( Storage Modulus Graph of PP and Composites)

Pomza eklenmiş kompozitlerin depolama modülleri, saf PP ile karşılaştırıldığında hepsinin yüksek modül değerine sahip olduğu görülmektedir. Modifikasyon uygulanmış asidik pomza içeren kompozit en yüksek sonucu sergilemiştir. Asidik pomza, bazik pomzaya göre MA-g-PP kompozitlerinde de nispeten yüksek modül değerine sahiptir.



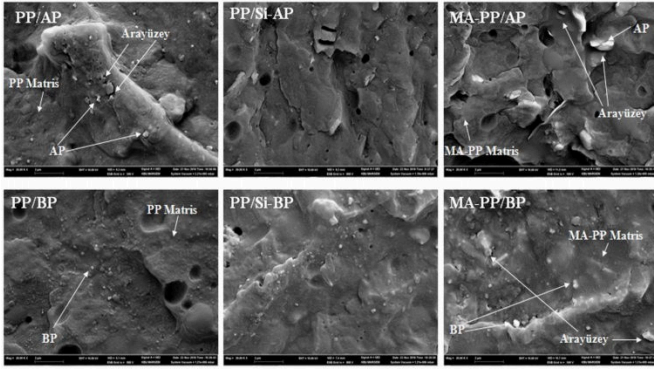
Şekil 3. PP ve Kompozitlerin Tan  $\delta$  Grafiki (Tan  $\delta$  Graph of PP and Composites)

Şekil 5 incelendiğinde; pomza tozu eklenmesi ile birlikte PP ve MA-g-PP polimerinin Tan  $\delta$  değerlerinde düşme, pik değeri olan camı geçiş sıcaklıklarında ( $T_g$ ) ise ufak artışlar meydana gelmiştir. Bir önceki çalışmamızda, huntit hidromagnezit içeren PP kompozitleri de benzer sonuçlar saptanmıştır [21].

### 3.6. Kompozitlerin Morfolojik Karakterizasyonu (Morphological Characterization of the Composites)

Şekil 6'da sunulan kompozitlerin SEM mikrofotografikleri incelendiğinde; modifiye edilmemiş AP ve BP parçacıklarının PP matris içinde topaklandığı ve dolgu-polimer arayüzeyinde yapışma olmadığından boşluklar oluştuğu saptanmaktadır. Silanlama işlemi uygulanmış AP ve BP içeren kompozitlerin mikrofotografiklerine bakıldığında, pomza tozunun PP içerisinde homojen dağılım gösterdiği ve parçacıkların polimer matris tarafından sarılarak yapıştığı anlaşılmaktadır.

Ma-g-PP kompozitlerinin mikrofotografiklerinde bir miktar topaklanma gözlenmekte olup, pomza parçacıklarının modifiyesiz pomza içeren PP kompozitlerine kıyasla daha homojen dağıldığı ayırt edilmektedir. Yapılan bu morfolojik gözlemler ışığında, pomzanın silanlanması ve uyumlaştırıcı içeren PP kullanımının, kompozitlerin mekanik özelliklerde iyileşme sağlamanın nedeni anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Kompozitlerin SEM Mikrografları (Micrographs of the Composites)

#### 4. ÇIKARIMLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışma ile ülkemizde farklı bölgelerde rezervleri bulunan asidik ve bazik pomza tozlarının polipropilen ve MA-g-PP ile hazırlanan kompozitlerinin mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, polimer ve dolgu malzemesinin birbirine uyumunu artırmak için kullanılan silanlama işlemi veya fonksiyonel grup içeren polimer matrisinin kullanılmasının bu özelliklere olan etkisi karşılaştırılmıştır. Mekanik test sonuçları incelendiğinde, silanlama işlemine tabii tutulmuş pomza minerali içeren kompozitlerin diğerlerine nazaran daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Silanlama işleminin mekanik özelliklere olan pozitif katkısı, Ma-g-PP matris kullanılarak uyumlaştırma işlemine göre daha iyidir. Buna ek olarak, silanlama işlemi, pomza yüzeyini suyu sevmeyen bir yapıya dönüştürdüğünden kompozitlerin su emme kapasitelerinde düşüş gözlemlenmiştir. Örneklerin erime akış indisi değerleri incelendiğinde, PP matrisine asidik pomza ve bazik pomza eklenmesi, erime akış indisi değerlerinde belirgin değişimlere neden olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle PP matrisine asidik pomza ve bazik pomza eklenmesinin kompozitlerin işlenmesi sırasında bir sorun oluşturmayacağı sonucuna varılmıştır. PP ve MA-g-PP matrislerine pomza eklenmesi, polimerlerin depolama modülü ve camsı geçiş sıcaklıklarını artırmıştır. Kompozitlerin SEM mikrografikleri incelendiğinde; modifiye edilmiş asidik ve bazik pomzanın PP matrisi içinde homojen şekilde dağıldığı, modifiye edilmeyen pomza parçacıkları ile PP arasında boşluklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Yüzey silanlama işlemi, polimer-dolgu arayüzey etkileşimlerini artırmıştır. Genel anlamda, MA-g-PP ile kıyasla PP matrisinde silanmış pomza kullanımı bir miktar daha iyi sonuçlar vermiştir.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] S. Kıralp, G. Özkoç, S. Erdoğan, P. Çamurlu, M. Doğan ve T. Baydemir, "Modern çağın malzemesi plastikler," *ODTÜ Yayıncılık*, Ankara, Türkiye, pp.20-25, 2006.
- [2] G. Akovalı, "Handbook of composite fabrication," *Rapra Technology*, Shawbury, UK, pp.3-11, 2001.
- [3] M. Xanthos, "Functional fillers for plastics," *Wiley VCH*, Weinheim, Germany, pp.12-18, 2005.
- [4] N. Elmastaş, "Türkiye Ekonomisi için önemi giderek artan bir maden: Pomza (sünger taşı)," *Journal of International Social Research*, vol.5(23), pp.197-206, 2012.
- [5] B. Varol, "Pomza sektör raporu," *T.C. Ahiler Kalkınma Ajansı*, 2014.
- [6] M.D. Brasier, R. Matthewman, S. McMahon and D. Wacey, "Pumice as a remarkable substrate for the origin of life," *Astrobiology*, vol.11(7), pp.725-735, 2011.
- [7] S. Yazıcıoğlu, E. Arıcı and T. Gönen, "Pomza taşının kullanım alanları ve ekonomiye etkisi," *F.Ü. DAUM Dergisi*, vol.1,pp.118-123, 2003.
- [8] B. Han, Z. Sun, Y. Chen, F. Tian, X. Wang and Q. Lei, "Space charge distribution in low-density polyethylene (LDPE)/Pumice composite," *Proceedings of the 9th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*, Harbin, China, July 19-23, 2009.
- [9] P. Jayakrishnan and M.T. Ramesan, "Synthesis, characterization and properties of poly(vinyl alcohol)/chemically modified and unmodified pumice composites," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences, Crystallography: Special Emphasis on Applications in Chemistry*, vol.1, pp. 97-104, 2016.
- [10] M.T. Ramesan, A. George, P. Jayakrishnan and G. Kalaprasad, "Role of pumice particles in the thermal, electrical and mechanical properties of poly(vinyl alcohol)/poly(vinyl pyrrolidone) composites," *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol.126(2), pp.511-519, 2016.

- [11] K. Yılmaz, A. Akgoz, M. Cabuk, H. Karaagac, O. Karabulut and M. Yavuz, “Electrical transport, optical and thermal properties of polyaniline–pumice composites,” *Materials Chemistry and Physics*, vol.130(3),pp.956–961, 2011.
- [12] A. Gök, F. Göde and B.E. Türkaslan, “Synthesis and characterization of polyaniline/pumice (PAn/Pmc) composite,” *Materials Science and Engineering B*, vol.133(1-3),pp. 20–25, 2006.
- [13] R. Akkaya, “Uranium and thorium adsorption from aqueous solution using a novel polyhydroxyethylmethacrylate-pumice composite,” *Journal of Environmental Radioactivity*, vol.120,pp.58-63, 2013.
- [14] A.E. Sahin, Y. Yildiran, E. Avcu, S. Fidan and T. Sinmazcelik, “Mechanical and thermal properties of pumice powder filled PPS composites,” *Proceedings of the 3rd International Congress APMAS2013*, Antalya, Turkey, April 24-28, 2013.
- [15] D. Metin, F. Tihminhoglu, D.Balköse and S. Ülkü, “The effect of interfacial interactions on the mechanical properties of polypropylene/natural zeolite composites,” *Composites Part A-Applied Science and Manufacturing*, vol.35(1), pp. 23-32, 2004.
- [16] G.A. Öktem and T. Tincer, “Preparation and characterization of perlite-filled high-density polyethylenes. I. Mechanical properties,” *Journal of Applied Polymer Science*, vol.54(8),pp.1103-1114, 1994.
- [17] J.Z. Liang, L. Zhou, C.Y. Tang, C.P. Tsui and F.J. Li, “Melt flow behavior in capillary extrusion of nanometer calcium carbonate filled PCL bio-composites,” *Polymer Testing*, vol.31, pp.149-154, 2012.
- [18] A. Ariffin, S.S. Jikan, M.S.F. Samsudin, Z.M. Ariff and Z.A.M. Ishak, “Melt elasticity phenomenon of multicomponent (talc and calcium carbonate) filled polypropylene,” *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol.25(9),pp.913-923, 2006.
- [19] Ü. Tayfun, M. Doğan and E. Bayramlı, “Polyurethane elastomer as a matrix material for short carbon fiber reinforced thermoplastic composites,” *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik*, vol.18(3), pp.682-694, 2017.
- [20] R. Brown, “Handbook of Polymer Testing-Physical Methods,” *Rapra Technology*, Shawbury, UK, 1999.
- [21] Y. Kanbur and Ü. Tayfun, “Polipropilen/huntit kompozitlerinin mekanik, fiziksel ve morfolojik özellikleri,” *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol.21(5),pp.1045-1050, 2017.