



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Cam Küre Takviyeli Polimer Kompozitlerde UV Yaşlandırma ve Uyumlaştırıcı Etkisinin İncelenmesi

 Elif ULUTAŞ<sup>a,\*</sup>,  Münir TAŞDEMİR<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Metaller ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE*

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: [elif.ulutas@marmara.edu.tr](mailto:elif.ulutas@marmara.edu.tr)

DOI: 10.29130/dubited.1184670

### Öz

Maleik anhidrit aşıllı polipropilen (MAPP) oranı ve UV (Ultraviyole) yaşlandırma işleminin polipropilen (PP)/cam küreler (GS) polimer kompozitlerinin mekanik ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri üzerine bir araştırma yapılmıştır. UV yaşlandırma, 70 °C sıcaklıkta 0, 15, 30 gün olacak şekilde üç farklı bekletme süresinde gerçekleştirilmiştir. Polipropilen matris içerisine %1, 5, 10 ve 15 oranlarında katılan cam küre parçacıkları ekstrüderde karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. Ekstrüderde elde edilen karışım kırıcıdan geçirilerek granül formuna getirilmiştir, ardından enjeksiyon makinesinde standartlara uygun şekilde test numuneleri kalıplanmıştır. MAPP ve UV tutma süresinin, PP/cam küreler kompozitlerinin elastik modülü, akma mukavemeti, kopmadaki çekme mukavemetleri, %uzama, İzod darbe mukavemeti, sertlik, yoğunluk ve morfolojik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. MAPP ve UV tutma süresinin, kompozitlerin elastiklik modülü ve yoğunluğu gibi mekanik özellikleri üzerinde marjinal etkileri vardır. Sonuçlar, artan MAPP içeriğinin ve UV tutma süresinin elastiklik modülü ve yoğunluğunun artmasına neden olduğunu, buna karşın UV tutma süresi arttıkça İzod darbe dayanımı ve %uzamanın azaldığını göstermiştir. MAPP içeriği kompozitin termal davranışına etki ederek vicat yumuşama sıcaklığı ve ısıl çarpılma sıcaklığı-HDT değerlerinde önemli derecede artışa sebep olmuştur. Ayrıca, bu deneylerde cam küre parçacıklarının mikro yapısını ve malzeme dağılımını değerlendirmek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mekanik özellikler, Polipropilen, Polimer kompozitler, UV yaşlandırma, Cam küre.

## Investigation of UV Aging and Compatibilizer Effects on Glass Sphere Reinforced Polymer Composites

### ABSTRACT

A study was conducted on the maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) ratio and the effects of UV (ultraviolet) annealing on the mechanical and morphological properties of polypropylene (PP)/glass spheres (GS) polymer composites. The UV annealing process was carried out at 70 °C in three different holding times of 0, 15 and 30 days. A homogeneous mixture was obtained by mixing glass sphere particles in the polypropylene matrix at the rate of 1, 5, 10 and 15% in the extruder. The mixture obtained in the extruder was passed through the crusher to form granules, then the test samples were molded in the injection machine in accordance with the standards. The effects of MAPP and UV retention time on the elastic modulus, yield strength, tensile strength at break, % elongation, Izod impact strength, hardness, density and morphological properties of PP/glass sphere composites were investigated. MAPP and UV retention time have marginal effects on the mechanical properties of composites such as modulus of elasticity and density. The results showed that increasing MAPP content and UV retention time caused an increase in modulus of elasticity and density, whereas Izod impact strength and % elongation decreased as UV retention time increased. The MAPP content affected the thermal behavior of the composite,

causing a significant increase in vicat softening temperature and heat deflection temperature-HDT values. In addition, scanning electron microscope (SEM) examination was performed to evaluate the microstructure and material distribution of the glass sphere particles in these experiments.

*Keywords: Mechanical properties, Polypropylene, Polymer composites, UV aging, Glass sphere.*

## I. GİRİŞ

Çağlardan beri endüstriyel açıdan yarar sağlayan hafif ve yüksek mukavemetli malzemelerin geliştirilmesi için dünya çapında araştırmalar yapılmaktadır. Çalışma prensibi yakıt tüketime bağlı olan her aracın taşıma kapasitesi, yakıt verimliliği ve hızı gövdenin ağırlığına bağlı olarak değişir. Otomotiv, havacılık ve savunma gibi bazı endüstriler ağırlığı azaltmak ve mukavemeti artırmak amacıyla polimer kompozitlerin geliştirilmesine kendilerini adanmışlardır [1]. Otomobiller, köprüler ve uçaklar gibi birçok kullanım alanına sahip olan polimer kompozitler, hafiflikleri, düşük maliyetleri, mükemmel korozyon direnci ve kolay işlenebilmeleri nedeniyle günlük yaşamın ve endüstrinin bir parçası haline gelmiştir [2-6]. Parçacıklarla güçlendirilmiş çeşitli polimer kompozitler, ısıtıcılar, elektrotlar ve yüksek sıcaklıkta termal kararlılığa sahip kompozitler gibi çok çeşitli endüstriyel uygulama alanlarına sahiptir [7, 8]. Düşük yoğunluk, iyi esnek ömür, sterilize edilebilirlik, iyi yüzey sertliği, çok iyi aşınma direnci ve mükemmel elektriksel özellikler gibi olağanüstü özelliklere sahip olan polipropilen endüstriyel ve yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır [9-11]. Ayrıca maliyeti düşük olan bu polimer, kimyasal direnci ve inert oluşu sayesinde çok yönlü kullanıma sahip bir termoplastiktir. Ancak polipropilenin üretimi sırasındaki yüksek büzülme aralığı ve düşük darbe dayanımı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Polimerlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için polimer matrisine çeşitli dolgu maddeleri ve katkı maddeleri eklenmektedir. PP'nin performansı, cam küreler gibi sert, inorganik dolgu maddeleri eklenerek geliştirilebilir [12-15]. İçi boş cam küreler, hafif oluşu, yüksek sertlikleri, düşük ısı iletkenlikleri ve elektriksel özellikleri nedeniyle kompozit üretimi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca polimerlerde dolgu maddesi olarak da kullanılan cam küreler, kompozitlerin özelliklerini arttırmanın ve maliyeti düşürmenin kabul edilen bir yolu olmuştur [13,16]. Kompozit malzemelerin mekanik özellikleri, dolgu ve katkı maddelerinin hacim oranlarına, toz veya dolgu gibi biçimlerine ve bu parçacıklar ile matris arasındaki ara yüzey uyumluluğuna bağlıdır [17]. Polimerik bir uyumlaştırıcı madde olarak maleik anhidrit aşıllı polipropilen matris ve dolgu arasındaki uyumluluğu arttırmak için kullanılır [18].

Taşdemir ve arkadaşı [19] yapmış oldukları çalışmada cam küreler, talk ve kalsit partiküllerinin yüksek yoğunluklu polietilen üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ekstrüzyonla birleştirme ve enjeksiyon kalıplama kullanarak hazırlanan ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 dolgu içeriğine sahip polimer kompozitlerin mekanik, morfolojik ve termal özellikleri incelenmiştir. Yapılan testler doğrultusunda; dolgu içeriğinin artmasıyla elastiklik modülünün, vicat yumuşama sıcaklığının, hdt ve sertlik miktarının arttığını gözlemlemişlerdir. Bunun aksine, akma ve çekme mukavemetinde parçacıkların aglomerasyonundan kaynaklanan bir düşüş meydana gelmiştir. Çelebi çalışmasında [20]; eriyik ekstrüzyon yöntemi ile hazırladığı içi boş cam mikroküreler dolgululu polipropilen kompozitlerin performansını incelemek için morfolojik, çekme ve termal iletkenlik testleri yapmıştır. Matris ve dolgu arasındaki uyumluluğu arttırmak için cam kürelerin yüzeyi 3-(Trimetoksisilil) propil metakrilat (TMSM) silan birleştirme maddesi ile modifiye edilmiştir. Yapılan testlerin sonuçları, birleştirme maddesi kullanıldığında cam küreler ve polipropilen matris arasındaki ara yüzey bölmesinde iyileşmeler olduğunu göstermiştir. Uyumlaştırıcı olarak kullanılan silan miktarı arttıkça kompozitlerin elastiklik modülü artmıştır ve taneciklerin homojen dağılımı mekanik özelliklerde bir gelişme sağlamıştır. Mizera ve arkadaşları [21] yapısında %5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 oranlarında içi boş cam küreler bulduran poliüretan elastomer kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan deney sonuçlarına göre saf poliüretan en yüksek sertliğe sahiptir. Cam kürelerin eklenmesi tokluğu azalmıştır, ancak artan dolgu miktarı ile sertlik de artış göstermiştir. Statik çekme testi sonucunda yapısında %15 oranında cam küre bulduran kompozitler %100 uzamadaki en yüksek mukavemet değerine sahiptir. Ayrıca dolgu miktarındaki artışa bağlı olarak kompozitlerin çekme mukavemeti, %uzaması ve elastiklik modülü de artış göstermiştir.

Bu araştırmada polipropilen, MAPP ve cam küre tozu kompozitleri hazırlanmıştır. MAPP ve cam küre tozu oranının polimer kompozitlerin mekanik ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri sunulmuştur. Kompozitleri üretmek için PP'ye cam küre tozu (ağırlıkça %20) ilave edilmiştir. MAPP, kompozit üretmek için PP'ye dört farklı konsantrasyonda (ağırlıkça %1, 5, 10 ve 15) ilave edilmiştir. MAPP ve UV yaşlandırmanın polipropilen/cam küre polimer kompozitlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri üzerine bir araştırma yapılmıştır. UV yaşlandırma 70 °C sıcaklıkta 0, 15 ve 30 gün olmak üzere üç farklı bekletme süresi için gerçekleştirilmiştir.

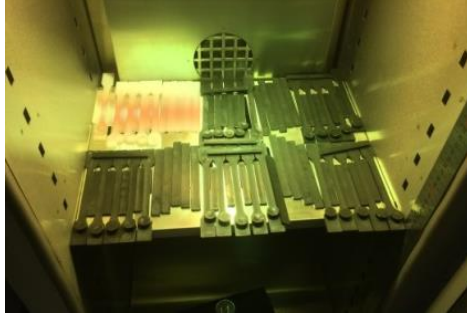
## **II. DENEYSEL PROSEDÜRLER**

Yapılan araştırma kapsamında beş farklı polimer kompozit hazırlanmıştır. Oluşturulan polipropilen/cam küre/maleik anhidrit aşılı polipropilen (PP/GS/MAPP) polimer kompozitlerinin bileşimleri Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan PP (Moplen EP 3307) Lyondell Basell tarafından temin edilmiştir ve yoğunluğu 0.900 g/cm<sup>3</sup>, ergime akış indeksi (MFI) değerı 15 g/10dk (230°C, 2,16 Kg) ve ısıl çarpılma sıcaklığı (0.45 MPa, tavsız) 95.0 °C'dir. RockTron International (Bristol-Birleşik Krallık) tarafından temin edilen cam kürelerin (MinTron 7) nem içeriği ve partikül özgül ağırlığı sırasıyla <0,5 ve 2,2-2,4 g/cm<sup>3</sup>, partikül boyutu dağılımı ise (d50) 20-35 µm'dir

*Tablo 1. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin içerik dağılımı*

<b>Polipropilen</b> (ağırlıkça %)	<b>Cam Küre</b> (ağırlıkça %)	<b>Maleik anhidrit-g-PP</b> (ağırlıkça %)
80	20	-
79	20	1
75	20	5
70	20	10
65	20	15

Polipropilen, cam küreler ve maleik anhidrit eriyik karıştırmadan önce bir vakumlu fırında 24 saat boyunca 105 °C sıcaklıkta kurutuldu. Bileşimlerin mekanik karıştırılması, ilk olarak 20 dk boyunca LB-5601 marka bir sıvı-katı karıştırıcı (The Patterson-Kelley Co., Inc. ABD) kullanılarak yapıldı. Çeşitli oranlardaki PP/GS/MAPP polimer kompozitler, Microsan marka ekstrüder (Microsan Instrument Inc. Turkey) ile 190-210 °C sıcaklıkları arasında 15 bar basınçta ve 20 rpm dönüş hızında üretilmiştir. Polimer kompozitler ekstrüzyondan sonra 24 saat 105 °C sıcaklıkta vakumlu etüvde kurutuldu. Daha sonra enjeksiyon kalıplama ile test numuneleri üretilmiştir. Enjeksiyon makinesi çalışma şartları; sıcaklık 190-210 °C, basınç 90-100 bar ve vida hızı 20 rpm olarak belirlenmiştir. Kalıplanmış ekme plakalarının elastiklik modülü, akma-gerilme mukavemeti ve % uzama değerleri ASTM D638 standardına göre Zwick marka çekme test cihazı (Almanya) kullanılarak oda sıcaklığında ve 50 mm/dk hızında ölçülmüştür. Her bileşim için yedi numune test edilmiştir. Sertlik testi, Zwick sertlik test cihazı ile ASTM D2240 standardına göre yapılmıştır. Kırılma davranışını araştırmak için, Zwick B5113 darbe test cihazı (Almanya) ile ASTM D256 standardına göre oda sıcaklığında İzod darbe testi numunelere çentik açılarak yapılmıştır. Yoğunluk tayini ISO 2781 test standardına göre her bileşim için üç ölçüm alınarak yapılmıştır. UV yaşlandırma, ASTM D 5208 standardına göre şekil 1'de verilen Devotrans marka n ısıtmalı UV fırınında yapılmıştır. UV yaşlandırma sıcaklığı 70 °C ve UV uygulama süresi 15 ve 30 gün olarak belirlenmiştir. Işık mesafesi 50 mm olup, Osram 300 W ultra-vitalux tipi lamba kullanılmıştır.

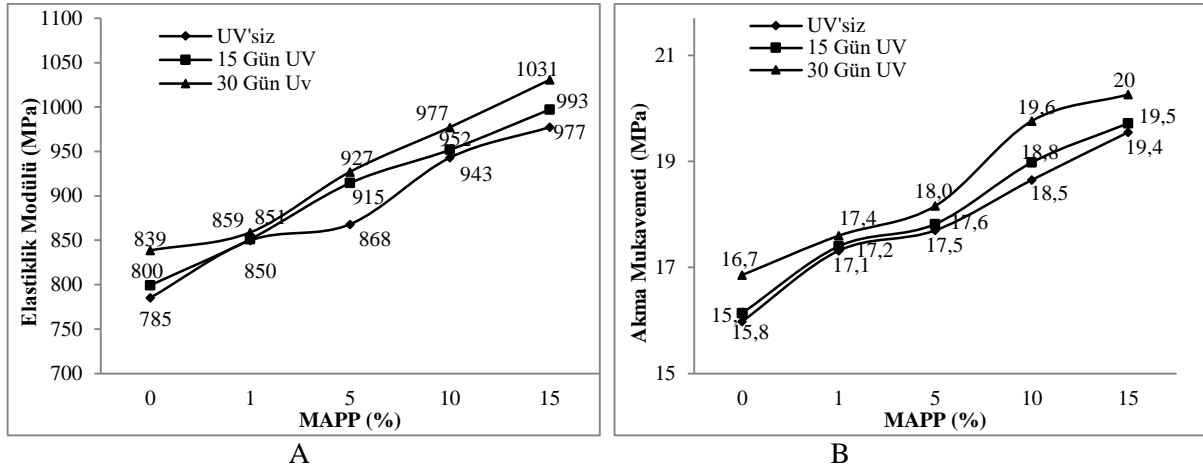


*Şekil 1. UV yaşlandırma fırını*

PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin kırık yüzeyleri, elektriksel yüklenmeyi önlemek için Polaron SC7640 marka yüksek çözünürlüklü püskürtmeli kaplayıcı (İngiltere) ile 20 Å kalınlığında altın-paladyum (Au) karışımı ile kaplandı. Hazırlanan numunelerin yüzeyleri JEOL-JSM 5910 LV (JEOL Ltd., Tokyo, Japonya) marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile 20 kV hızlanma voltajında gözlemlendi.

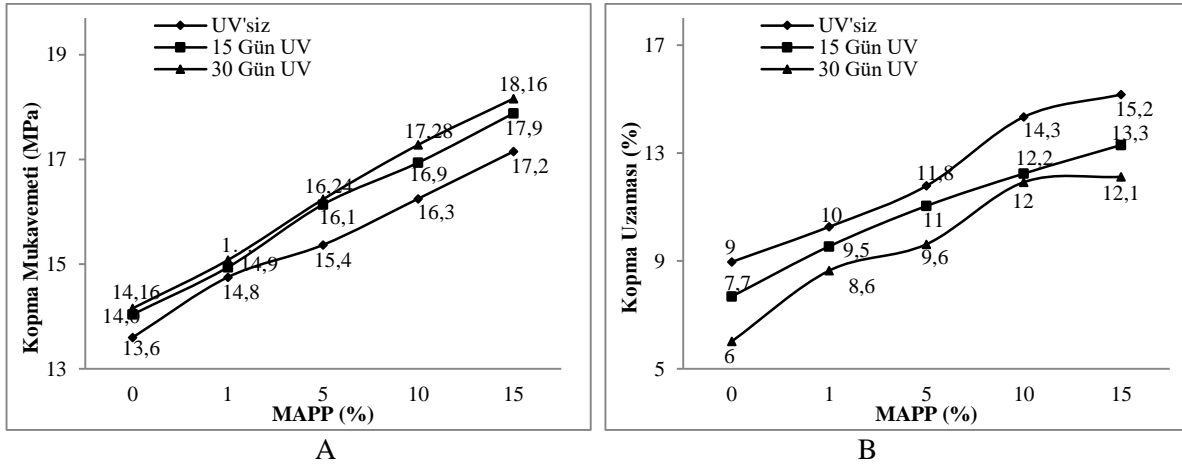
### **III. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Elastiklik modülü ile polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşılınmış polipropilen yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 2-A'da gösterilmektedir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle, kompozitin esneklik modülünün arttığı görülmüştür. UV yaşlandırma yapılmayan ve yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 MAPP barındıran numunelerin elastiklik modülü sırasıyla 785, 850, 868, 943, 977 MPa olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla elastiklik modülünün %24 arttığı görülmüştür. Benzer sonuçlar diğer gruplarda da bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda UV tutma süresinin polimer kompozitlerin elastiklik modülünü etkilediği görülmüştür. Örneğin; UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV uygulanmış PP/GS/MAPP (65/20/15) polimer kompozitlerinin elastiklik modülü sırasıyla 977, 993 ve 1031 MPa olarak ölçülmüştür. UV tutma süresinin artmasıyla kompozitlerin elastiklik modülü artmaktadır. Akma mukavemeti ve polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşılınmış polipropilen yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 2-B'de gösterilmiştir. MAPP'in PP/GS matrisine dahil edilmesiyle, kompozitlerin akma mukavemetinin arttığı görülmüştür. Örneğin, UV yaşlandırma yapılmamış kompozitlerde %0, 1, 5, 10, 15 MAPP ilavesiyle akma mukavemeti sırasıyla 15.8, 17.1, 17.5, 18.5, 19.3 MPa olarak ölçülmüştür. UV uygulanmamış grupta PP/GS (80/20) polimer kompozitine kıyasla, ağırlıkça %15 MAPP konsantrasyonu olan kompozitlerin akma mukavemeti %23 oranında artmıştır. Benzer sonuçlar diğer gruplarda da bulunmuştur. UV tutma süresinin akma mukavemetine etkisi incelendiğinde; süresinin artmasıyla kompozitlerin akma mukavemetinin arttığı görülmüştür. Örneğin; PP/GS/MAPP (65/20/15) kompozitinin UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV uygulanan numunelerinin akma mukavemeti sırasıyla 19.3, 19.4 ve 20 MPa olarak ölçülmüştür. Souissi ve arkadaşları [22] çalışmalarında uyumlaştırıcı olarak kullandıkları MAPP'nin ürettiği oldukları polipropilen/zeytin odunu bazlı ahşap polimer kompozitlerin üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada kompozitlere uygulanan ısı ve MAPP işlemleri mekanik özellikleri iyileştirmiştir. Ağırlıkça %30 oranında zeytin odunu kullandıkları kompozitlerde, uyumlaştırıcı takviyesiyle elastiklik modülünün arttığını gözlemlemişlerdir.



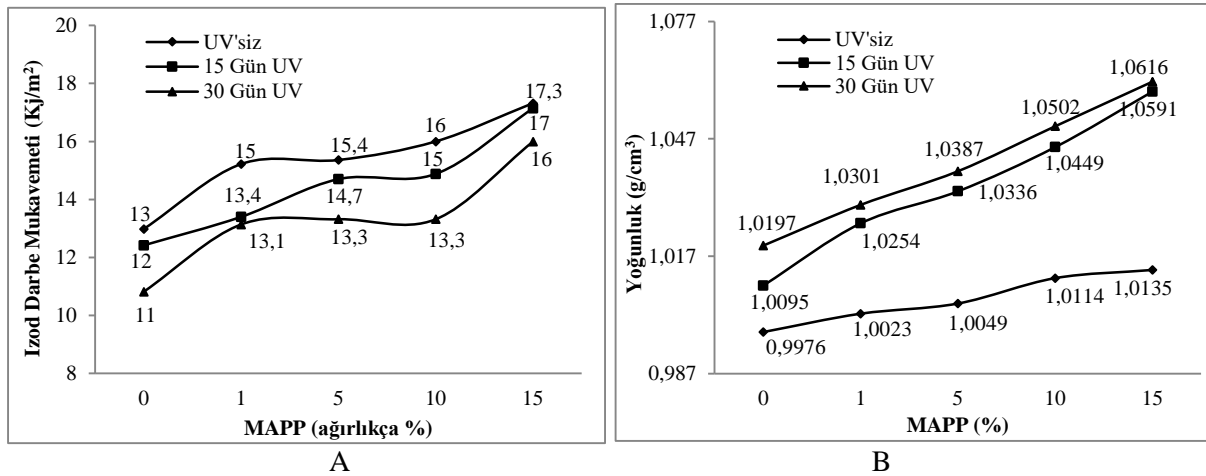
Şekil 2. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin elastiklik modülü ve akma mukavemeti değerleri

Çekme mukavemeti ile polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşlanmış polipropilen yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 3-A'da gösterilmiştir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle, kompozitin gerilme mukavemetinin arttığı bulunmuştur. Örneğin, UV uygulanmamış grupta yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 oranında MAPP bulunduran kompozitlerin çekme mukavemeti sırasıyla 13.6, 14.8, 15.4, 16.3, 17.2 MPa olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla çekme mukavemetinin %17 arttığı görülmüştür. Benzer sonuçlar diğer gruplarda da bulunmuştur. UV tutma süresinin çekme mukavemetine etkisi incelendiğinde; süresinin artmasıyla kompozitlerin çekme mukavemetinin arttığı görülmüştür. Örneğin, PP/GS/MAP (65/20/15) polimer kompozitlerinin UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV yaşlandırma yapılmış numunelerinin çekme mukavemeti değerleri sırasıyla 17.2, 17.9 ve 18.2 MPa olarak ölçülmüştür. Patankar ve arkadaşları [23] sodyum borosilikat içi boş cam küreler ve maleik anhidrit aşıllı polietilen (PE-g-MAH) miktarının yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan çekme testi sonuçlarına göre bu çalışma ile benzer etkiler rapor edilmiştir. Cam küre miktarındaki artış ve %1 oranında PE-g-MAH ilavesi kompozitin yalnızca mukavemetini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda kompozitin kırılma gerilmesinde iyileşme sağlar. Abdelwabah ve arkadaşları [24] enjeksiyon kalıplama yöntemi ile polipropilene ve ligninden oluşan biyokompozitler üretmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada uyumlaştırıcının ara yüzey yapışmasının kompozitler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Uyumlaştırıcı olarak kullandıkları MAPP'nin PP/lignin biyokompozitine dahil edilmesiyle çekme mukavemetinin arttığını gözlemlemiştir. Ara yüzey yapışmasını arttırdığından dolayı kompozitlerde kullanılan uyumlaştırıcı maddenin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Kotek ve arkadaşları [25] 80 °C sıcaklıktaki UV ışığının 24, 96, 264, 720 saat süreyle polipropilen üzerindeki etkisini incelemiştir. Polimere ait çekme mukavemeti sonuçlarının, yaşlandırma süresi artışına bağlı olarak arttığı rapor edilmiştir.



Şekil 3. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin çekme mukavemeti ve % uzama değerleri

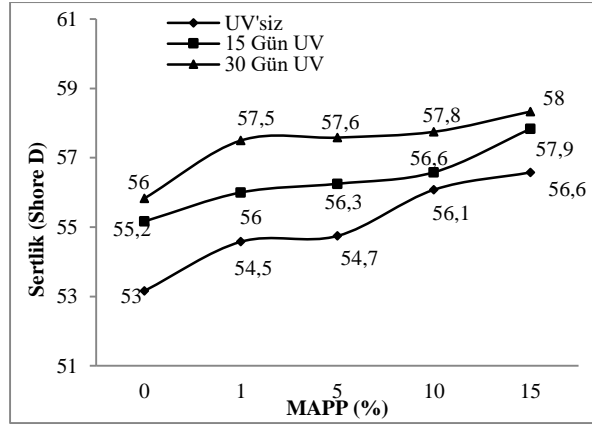
Polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşıllı polipropilen yüzdesi ile uzama yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 3-B'de gösterilmektedir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin % uzamasının arttığı görülmüştür. Örneğin, UV uygulanmamış grupta yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 oranında MAPP bulunduran kompozitlerin çekme mukavemeti sırasıyla %6, 8,6, 9,6, 12, 12,1 olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla % uzama değerinin %102 azaldığı görülmüştür. Diğer gruplarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Ayrıca yapılan çalışmalarda UV tutma süresinin de % uzamayı etkilediği tespit edilmiştir. Örneğin, PP/GS/MAP (65/20/15) polimer kompozitlerinin UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV yaşlandırma yapılmış numunelerin % uzama değerleri sırasıyla %15,2, 13,3 ve 12,1 olarak ölçülmüştür. UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin % uzama değerleri azalmıştır. Taşdemir [27] akrilonikril bütadien stiren (ABS)/kırmızı çamur polimer kompozitinin mekanik, termal ve morfolojik özellikleri üzerine kırmızı çamur oranı ve UV yaşlandırmanın etkileri ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Yapmış olduğu çekme testi sonuçları UV yaşlandırmanın % uzama değerleri için etkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile benzer şekilde sonuçlanan değerler; UV tutma süresi 100 saatten 200 saate çıktıkça uzama miktarının azaldığını göstermektedir.



Şekil 4. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin İzod darbe dayanımı ve yoğunluk değerleri

İzod darbe mukavemeti ile polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşıllı polipropilen yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 4-A'da gösterilmektedir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin İzod darbe dayanımının arttığı bulunmuştur. Örneğin, UV uygulanmamış grupta yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 oranında MAPP bulunduran kompozitlerin İzod darbe mukavemeti değerleri sırasıyla 11, 13,1, 13,3, 13,3, 16 kJ/m² olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer

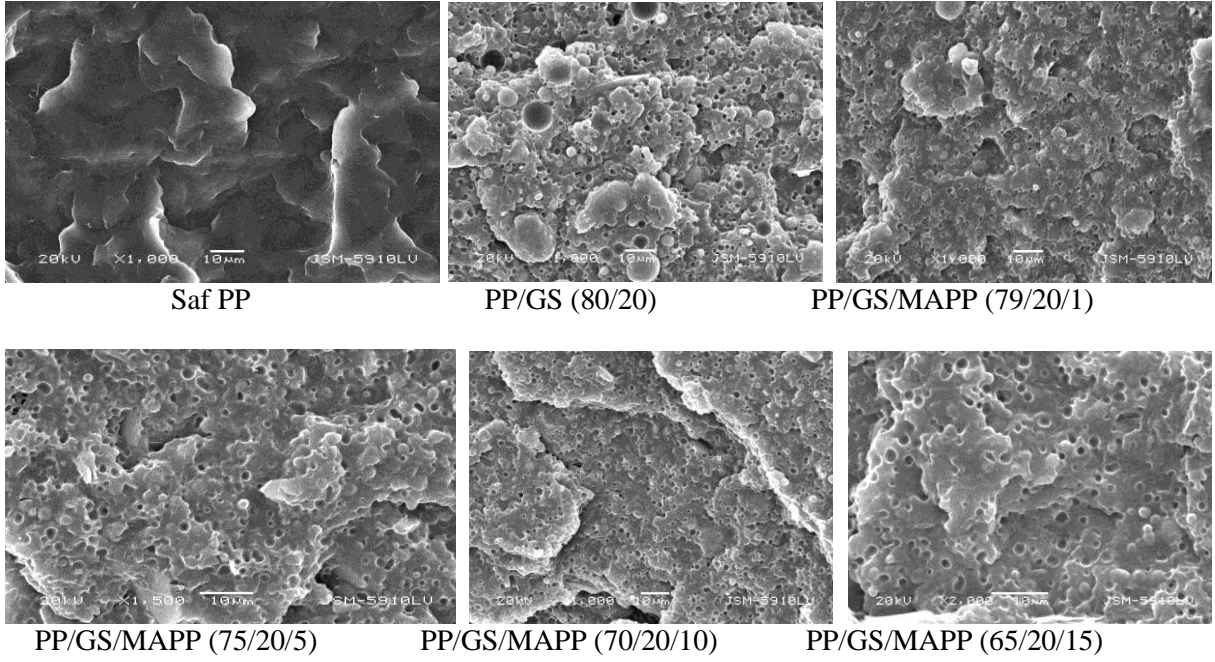
kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla İzod darbe dayanımının %45 artırdığı görülmüştür. Diğer gruplarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda, UV tutma süresi ve İzod darbe dayanımı arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. PP/GS/MAPP (65/20/15) numunelerine UV uygulanmadan, 15 ve 30 gün UV uygulanarak darbe testi yapılmış ve sonuçlar sırasıyla 17.3, 17 ve 16 kJ/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin İzod darbe dayanımı azalmaktadır. Souissi ve arkadaşları [22] yapmış oldukları Charpy darbe testi sonuçlarında, bir uyumlaştırıcı olarak kullandıkları MAPP'nin ve birlikte uyguladıkları ısıl işlemin, ahşap polimer kompozitlerin darbe dayanımını iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşıllı polipropilenin yoğunluğu ve yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 4-B'de gösterilmektedir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin yoğunluğunun arttığı bulunmuştur. Örneğin, UV uygulanmamış grupta yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 oranında MAPP bulunduran kompozitlerin yoğunlukları sırasıyla 0.9976, 1.0023, 1.0049, 1.0114, 1.0135 (g/cm<sup>3</sup>) olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla yoğunluğun %4 arttığı görülmüştür. Diğer gruplarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin yoğunluğu da arttığı görülmüştür. Örneğin, PP/GS/MAP (65/20/15) polimer kompozitlerinin UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV yaşlandırma yapılmış numunelerin yoğunluk değerleri sırasıyla 1.0135, 1.0591 ve 1.0616 g/cm<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin sertlik değerleri

Polipropilen/cam küreler polimer kompozitlerinin maleik anhidrit aşıllı polipropilenin sertliği ile yüzdesi arasındaki ilişki Şekil 5'te gösterilmiştir. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin sertliğinin arttığı bulunmuştur. Örneğin, UV uygulanmamış grupta yapısında %0, 1, 5, 10, 15, 15 oranında MAPP bulunduran kompozitlerin sertliklerinin sırasıyla 53, 54.5, 54.7, 56.1, 56.6 Shore D olarak ölçülmüştür. PP/GS (80/20) polimer kompozitinde MAPP konsantrasyonunun %15 oranında artırılmasıyla sertliğinin %7 arttığı görülmüştür. Diğer gruplarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. UV etkisini incelemek için yapılan testlerde PP/GS/MAPP (65/20/15), polimer kompozitlerinin UV uygulanmamış, 15 ve 30 gün UV yaşlandırma yapılmış numunelerinin sertlik değerlerinin sırasıyla 56.6, 57.9 ve 58 Shore D olarak ölçülmüştür. UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin sertliği de artmaktadır. Mizera ve arkadaşlarının [21] yapmış olduğu sertlik testinin sonuçları bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Poliüretan içerisinde bulunan cam kürelerin miktarı arttıkça elastomer kompozitlerin sertlik miktarı artmıştır. Taşdemir [26] HDPE/kırmızı çamur polimer kompozitine 100, 200 ve 300 saat UV ışığı uygulayarak kompozitin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. UV yaşlandırma süresi 100 saatten 300 saate çıktıkça HDPE/kırmızı çamur polimer kompozitlerin sertliğinin arttığı rapor edilmiştir. Taşdemir'e ait sertlik sonuçları bu çalışma ile benzer etkiye sahiptir.

Sem çalışması, MAPP ve cam kürelerin PP matrisindeki dağılımını incelemek için gerçekleştirilmiştir. Şekil 6'da verilen sem görüntüleri incelendiğinde, polimer matrisin kırık yüzeylerinde cam küreler ve PP matris arasındaki sınırlar ve kontrast açıkça görülebilir. Mikrograflar, cam küre parçacıklarının polimer matrisinin kırık yüzeyleri üzerinde homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.



*Şekil 6. PP/GS/MAPP polimer kompozitlerinin SEM fotoğrafları*

## **IV. SONUÇLAR**

MAPP ve UV tutma süresinin, PP/GS kompozitlerinin elastiklik modülü, akma dayanımı, kopmada çekme dayanımı, % uzama, İzod darbe dayanımı, sertlik, yoğunluk ve morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. MAPP ve UV tutma süresinin, kompozitlerin elastiklik modülü ve İzod darbe dayanımı gibi mekanik özellikleri üzerinde marjinal etkileri vardır. Aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

1. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin elastiklik modülünün arttığı bulunmuştur. UV tutma süresi, kompozitlerin elastiklik modülünü de artırmaktadır.
2. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin akma ve çekme mukavemetinin arttığı bulunmuştur. UV tutma süresi, kompozitlerin verimini artırır ve çekme mukavemeti de artar.
3. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin %uzamasının arttığı bulunmuştur. Öte yandan UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin %uzamaları azalmaktadır.
4. PP/GS matrisine MAPP'nin eklenmesiyle kompozitin İzod darbe dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan UV tutma süresi arttıkça kompozitlerin İzod darbe dayanımı azalmaktadır.
5. MAPP'nin PP/GS matrisine dahil edilmesiyle kompozitin yoğunluğunun ve sertliğinin arttığı bulunmuştur. UV tutma süresi, kompozitlerin yoğunluğunu ve sertliğini artırır.
6. Yapılan testler yapıya MAPP bağdaştırıcısının dahil edilmesiyle mekanik özelliklerin iyileşmesi, bağdaştırıcının yapışmayı iyileştirmedeki başarısını doğrulamaktadır ve dolayısıyla PP/cam küre polimer kompozitlerinin mekanik özelliklerini iyileştirmede MAPP kritik bir rol oynamıştır.
7. Mikrograflar, cam küre parçacıklarının PP matrisinin kırık yüzeyleri üzerinde homojen bir şekilde dağıldığını göstermektedir.



## **V. KAYNAKLAR**

- [1] N. Kumar, S. Mireja, V. Khandelwal, B. Arun, and G. Manik, "Light-weight high-strength hollow glass microspheres and bamboo fiber based hybrid polypropylene composite: A strength analysis and morphological study," *Composites Part B: Engineering*, vol. 109, pp. 277-285, 2017.
- [2] Y. P. Mamunya, V. V. Davydenko, P. Pissis, and E. V. Lebedev, "Electrical and thermal conductivity of polymers filled with metal powders," *European polymer Journal*, vol. 38, no. 9, pp. 1887-1897, 2002.
- [3] Y. Guo, K. Ruan, X. Shi, X. Yang and J. Gu, "Factors affecting thermal conductivities of the polymers and polymer composites: A review," *Composites Science and Technology*, vol. 193, doi:108134, 2020.
- [4] K. Ruan, X. Shi, Y. Guo, and J. Gu, "Interfacial thermal resistance in thermally conductive polymer composites: A review," *Composites Communications*, vol. 22, doi:100518, 2020.
- [5] I. H. Tavman, "Thermal and mechanical properties of copper powder filled poly (ethylene) composites," *Powder Technology*, vol. 91, pp. 63-67, 1997.
- [6] I. H. Tavman, "Thermal and mechanical properties of aluminum powder-filled high-density polyethylene composites," *Journal Applied Polymer Science*, vol. 62, no. 12, pp. 2161-2167, 1996.
- [7] K. Jung-it, P. H. Kang and Y. C. Nho, "Positive temperature coefficient behavior of polymer composites having a high melting temperature," *Journal Applied Polymer Science*, vol. 92, no. 1, pp. 394-401, 2004.
- [8] S. Nikkeshi, and M. T. Kudo, "Dynamic viscoelastic properties and thermal properties of Ni powder-epoxy resin composites," *Journal Applied Polymer Science*, vol. 69, no. 13, pp. 2593-2598, 1998.
- [9] A. J. Nunez, P. C. Sturm, J. M. Kenny, M. I. Aranguren, N. E. Marcovich and M. M. Reboredo, "Mechanical characterization of polypropylene-wood flour composites," *Journal Applied Polymer Science*, vol. 88, pp. 1420-1428, 2003.
- [10] W. Liu, L. Cheng and S. Li, "Review of electrical properties for polypropylene based nanocomposite," *Composites Communications*, vol. 10, pp. 221-225, 2018.
- [11] M. Taşdemir, "Mechanical properties of polypropylene biocomposites with sea weeds," *Nanomaterials Science & Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 22-29, 2019.
- [12] S. H. Yetgin, "Effect of multi walled carbon nanotube on mechanical, thermal and rheological properties of polypropylene," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 8, no. 5, pp. 4725-4735, 2019.
- [13] O. Yagcı, B. Gumus, M. Taşdemir, "Thermal, structural and dynamical mechanical properties of hollow glass sphere-reinforced polypropylene composites," *Polymer Bulletin*, vol. 78, pp. 3089-3101, 2021.
- [14] F. Özkaya, F. Özen, E. İlhan ve S. Aslanlar, "Cam küre takviyeli polipropilen kompozit malzemelerin delaminasyon faktörünün deneysel olarak incelenmesi," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 19, ss. 843-849, 2019.

- [15] S. H. Yegin, "Effect of multi walled carbon nanotube on mechanical, thermal and rheological properties of polypropylene," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 8, no. 5, pp. 4725-4735, 2019.
- [16] B. Gumus, "Effect of montmorillonite clay on physical properties of HDPE/HGS composites," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 21, pp. 735-744, 2021.
- [17] Y. P. Mamunya, H. Zois, L. Apekis and E. V. Lebedev, "Influence of pressure on the electrical conductivity of metal powders used as fillers in polymer composites," *Powder & Technology*, vol. 140, pp. 49-55, 2004.
- [18] Z. Razak, A. B. Sulong, N. Muhamad, C. H. Haron, M. K. Fadzly, M. D. Radzi, D. Tholibon, I. Tharazi and N. F. Ismail, "The Effects of maleic anhydride grafted PP (MAPP) on the mechanical properties of injection moulded Kenaf/CNTs/PP composites," *Sains Malaysiana*, vol. 47, no. 6, pp. 1285-1291, 2018
- [19] M. Tasdemir and U. Yerleşen, "Study on the friction and wear behaviors of modified hdpe/glass spheres composites," *Romanian Journal of Materials*, vol. 45, no. 1, pp. 59-66, 2015.
- [20] H. Celebi, "Thermal conductivity and tensile properties of hollow glass microsphere/polypropylene composites," *Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering*, vol. 18, no. 3, pp. 746-753, 2017.
- [21] K. Mizera, M. Chrzaszcz and J. Ryszkowska, "Thermal and mechanical properties of ureaurethane elastomer composites with hollow glass spheres," *Polymer Composites*, vol. 39, no. 6, pp. 2019-2028, 2018.
- [22] I. Souissi, F. Lachtar, A. Elloumi and A. Bergeret, "Properties of wood polymer composites based on polypropylene/olive wood flour: effects of fiber treatment and compatibilizer," *Iranian Polymer Journal*, 2022. doi: 10.1007/s13726-022-01089-x
- [23] S. N. Patankar, A. Das and Y. A. Kranov, "Interface engineering via compatibilization in HDPE composite reinforced with sodium borosilicate hollow glass microspheres," *Compos Part A Applied Science Manufacturing*, vol. 40, no. 6-7, pp. 897-903, 2009.
- [24] M. A. Abdelwahab, M. Misra and A. K. Mohanty, "Injection molded biocomposites from polypropylene and lignin: Effect of compatibilizers on interfacial adhesion and performance," *Industrial Crops and Products*, vol. 132, pp. 497-510, 2019.
- [25] J. Kotek, I. Kelnar, J. Baldrian and M. Raab, "Structural transformations of isotactic polypropylene induced by heating and UV light," *European Polymer Journal*, vol. 40, no. 12, pp. 2731-2738, 2004.
- [26] M. Tasdemir, "High density polyethylene red mud polymer composites effect of UV annealing," *ICAMS 2016-6 th International Conference on Advanced Materials and Systems*, Romania, 2016, pp. 171-176.
- [27] M. Tasdemir, "Acrylonitrile butadiene styrene/red mud polymer composites: ultraviolet annealing," *Advanced Science, Engineering and Medicine*, vol. 8, no. 10, pp. 804-809, 2016