



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Gerİ Dönüşümü Yapılmış PP ve ABS Prototip Malzemelerin Bazı Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi

 Nuri ŞEN<sup>a,\*</sup>,  Ömer ŞENGÜL<sup>b</sup>,  İlyas UYGUR<sup>a</sup>

<sup>a,\*</sup>*Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*

<sup>b</sup>*Makine Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: nurisen@duzce.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.655553

### ÖZET

Polimer malzemelerden üretilen ürünlerin tüketim miktarları ve tüketim artış hızları gün geçtikçe artmaktadır. Bu plastik malzemeler, uzun süre doğada çözünemeyeceğinden dolayı çeşitli kirlilikleri de beraberinde getirmektedir. Ayrıca hemen hemen tüm polimer esaslı ürünler sınırlı kaynak olan petrolden üretilmektedir. Bu nedenle plastik malzemelerin geri dönüşümü ve geri dönüşümü yapılmış malzemelerin özelliklerinin tespit edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada birincil geri kazanım yöntemi kullanılarak atık plastiklerden ve orijinal polimer malzemelerden elde edilebilecek ürüne yakın eş değerde ürün elde etmek amaçlanmıştır. Bu çalışmada, orijinal polipropilen (PP) ve Akrilonitril Bütadin Stiren (ABS) malzemesinden MA/G serisi enjeksiyon makinesi ile üç kez geri dönüşümü yapılmış (PP) ve ABS malzeme üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretimi yapılan prototip malzemeler üzerinde; Isı Deformasyon testi (HDT), Eriyik akış indeksi (MFI), Izod Darbe Testi, Çekme Testi ve Sertlik (Shore-D) testleri yapılarak termal ve mekanik özelliklerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, geri dönüşümü yapılmış PP ve ABS numunelerinin termal özelliklerinde yaklaşık %30 iyileşme, mekanik özelliklerde yaklaşık %50 azalma gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Polipropilen, Akrilonitril Bütadin Stiren, Geri Dönüşüm, Mekanik Testler, Termal Testler*

## Examination of Some Mechanical and Thermal Properties of Recycled PP and ABS Prototype Materials

### ABSTRACT

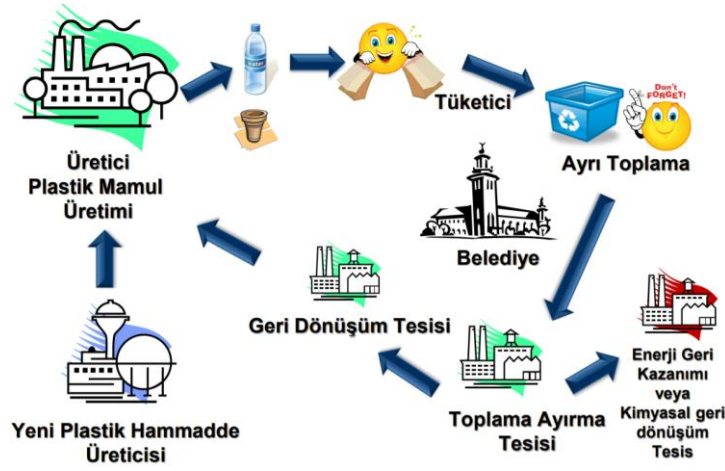
The consumption quantities and consumption rates of the products produced from polymer materials are increasing day by day. Because these plastic materials cannot be dissolved in nature for a long time, they also bring about various impurities. In addition, almost all polymer-based products are produced from petroleum, which is of limited source. Therefore, recycling of plastic materials and determination of the properties of recycled materials is of great importance. In this study, it was aimed to obtain a product that is equivalent to the product that can be obtained from waste plastics and original polymer materials using the primary recovery method. In this study, the original polypropylene (PP) and Acrylonitrile Butadine styrene (ABS) material was recycled three times with Ma/G series Injection Molding Machine (PP) and ABS materials were produced. On manufactured prototype materials; Heat Deformation test (HDT), melt flow index (MFI), Izod impact test, tensile test and hardness (shore-D) tests experimentally the changes in the thermal and mechanical properties has been investigated. As a result, approximately 30% improvement in thermal properties of recycled PP and ABS samples and approximately 50% reduction in mechanical properties were observed.

**Keywords:** *Polypropylene, Acrylonitrile Butadine Styrene, Recycling, Mechanical Tests, Thermal Tests*

## I. GİRİŞ

Son yıllarda Plastik malzeme kullanımı çok yaygınlaşmıştır. Son elli yıl içerisindeki plastik malzeme kullanımı eskiye göre yaklaşık 25 kat artmıştır. Bu yüzden işlevleri bitip çöpe atılan bu malzemelerin depolanması, taşınması ve geri dönüştürülmesi çok büyük önem arz etmektedir. Plastik malzemelerin üretilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Enjeksiyon, ekstrüzyon ve şişirme en çok kullanılan yöntemlerdir. Plastik işleyen işletmelerde bu proseslerde nihai ürün haline gelemeyen plastik malzemeler yani diğer bir deyişle fireler hem maliyetleri açısından hem de çevresel bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır [1-8]. Plastik malzemeler dünyada milyonlarca ton, ülkemizde plastik malzemeler ise yaklaşık bir milyon ton civarında ki tüketimleri ile önemli malzemeler arasında yer alır [9]. Plastik işleme sektörü üretilen ürün çeşitliliği ve günlük hayatımızda karşılaştığımız ürünlerle teknik ve ekonomik düzeyde önemli bir sektör haline gelmiştir. Ekstrüzyonla kaplama ve laminasyon ise tüm uygulamaların yaklaşık %7'sini oluşturur [1]. Polipropilen filmler 1960' lı yıllardan beri fiyatı düşük olan polimerlerdir [4, 8]. Filmler dış ambalajlarda, poşet ve çuval yapı malzemesi olarak ısıtma ile büzülen gerdirme ile uzatılabilen film olarak ve laminatlarda ise ısı ile eritip kapatma katmanı olarak kullanılır. ABS plastiklerinin avantajları ise dayanıklı, kolay işlenebilir ve kimyasal direnci çok iyi olan polimer malzemedir [1]. ABS, Geniş bir sıcaklık aralığında kullanılmasının yanı sıra su buharına karşı mükemmel bir bariyerdir. Bariyer özelliği yoğunluğun artmasıyla birlikte artan kristalite derecesi, dayanıklılık, sertlik ve erime sıcaklığına bağlı olarak artış gösterir. Ayrıca ABS malzemeler 3B yazıcılarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastiklerin atıkları günümüzde çevre açısından çok ciddi problemleri de beraberinde getirmektedir. Bu plastik atıkları başta gıda ve günlük tüketim ambalajları olmak üzere diğer evsel ve endüstriyel atıklardan meydana gelmektedir [5]. Plastiklerin doğada kendiliklerinden bozulmaları çok uzun bir zaman dilimini kapsamaktadır. Dolayısıyla bu tür atıklar çevre açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Günümüzde plastik atıklarının değerlendirilmesi; doğal kaynakların korunması, enerji tasarrufu, çevre kirliliğinin azaltılması ve maliyet gibi unsurlar nedeniyle büyük önem taşımaktadır.

Plastik atıklarının geri dönüşüme tabi tutulmak suretiyle yeniden kullanılabilir hale getirilmeleri ve böylece değerlendirilmeleri bir yandan önemli bir ekonomik kazanım sağlarken öte yandan doğal kaynakların korunmasında önemli bir rol oynayacaktır [10]. Tipik geri dönüşüm çevrimi Şekil 1 de gösterilmiştir [8]. Plastikler sırası ile türlerine göre ayrıştırma, parçalama, yıkama, eritme, peletleme veya granüle etme işlemlerinden geçirilerek yeniden kullanılabilirler. Çöp kovaları, Pazar çantaları, yeraltı kanalizasyon boruları, çiçek saksıları, araç tamponları, bazı cam fitilleri, tekstil ürünleri, spor salonlarındaki tabanlar sadece yoğun geri dönüşüm ürünlerinin kullanıldığı bazı alanlardır. Fakat bilhassa yerel yönetimler, halk ve özel kuruluşlar iş birliği içerisinde çalışarak geri dönüşüm sürekli kılınabilir. Halkın atık konusundaki farkındalığını artıracak eğitim programlarının uygulanması bu eğitimlerin davranışa dönüştürülmesi ve artan bilinçle yerel yönetimleri hem atık hem de geri dönüşüm konusunda harekete geçirmekte yardımcı olacaktır. Aynı şekilde organizasyonlar ve yerel yönetimler; halkı yönlendiren uygulamalar geliştirerek geri dönüşüme katkı sağlayabilirler [11]. Literatürde, Tüketicilerin çevre koruma ve geri dönüşüm farkındalıkları ile bu konulardaki tutum ve davranış eğilimlerini belirleyerek geri dönüşüm bilincinin artırılması yönünde önerilerde bulunmak amacı ile birçok çalışmalar yapılmış olup [12-14], yalnızca sınırlı sayıda makale [15-17] geri dönüşüm ürünlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgilidir. Endüstriyel kullanımı çok yoğun olan özellikle PP ve ABS malzemelerin geri dönüşüm ürünlerinin mekanik özellikleri ile ilgili bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu yüzden, bu çalışmada, Birincil Geri Kazanım yöntemi ile üç kez geri dönüşümü yapılmış ABS ve PP malzemelerinden enjeksiyon yöntemi ile üretilen prototip ürünün mekanik ve termal özelliklerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir.



Şekil 1. Geri dönüşümü Döngüsü [27]

## II. MATERYAL METOT

Enjeksiyon yöntemi, plastiklere uygulanan üretim yöntemlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada orijinal ABS ve PP polimer malzemeler Şekil 2’deki Enjeksiyon tezgâhında üretilmiştir. 45 mm/sn enjeksiyon hızı ve 50 bar üretim basıncı ile tek vidalı kovan içerisinde dikdörtgen kesitli numuneler üretilmiştir.

Tipik enjeksiyon makinesi Şekil 2’de gösterilmiştir. Enjeksiyon işleminden önce hammaddenin nemini almak için kurutma ünitesinde ABS 85°C de 2 saat, PP 40°C’de 1 saat malzemeler kurutulmuştur. Enjeksiyon işlemi ABS 210°C, PP 190°C de yapılmıştır.



Şekil 2. Enjeksiyon Makinesi

Enjeksiyondan çıkan geri dönüşüm malzemeleri 3 defa üretimi ve kırma makinesinde 3 defa kırma işlemi yapılmıştır. Şekil 3’deki kırma makinesi ile kırılmış numuneler Şekil 4’deki hale getirilmiştir. Malzemelerin granül haline getirilmesi için kullanılan Shini SG-3060EH marka kırma makinesinin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Güç 18.5 kw (25 HP),
- 12" x 24" Boğaz (30 cm x 60 cm)
- 500 RPM
- 485 lbs / saat Çıkış (220 kg / saat)
- Yatak Bıçaklar 2
- Döner Bıçaklar 3
- Gürültü Seviyesi DB (A) 90-95

Birincil geri dönüşüm yöntemi atık plastik malzemelerinden, katkısız polimer malzemelerden elde edilen ürünlere en yakın değerlerde ürünler elde etmektir. Bu çalışmada birincil geri kazanım yöntemi kullanılarak, enjeksiyon yöntemi ile üretilen prototip ürünün kırma işlemi yapılmıştır.



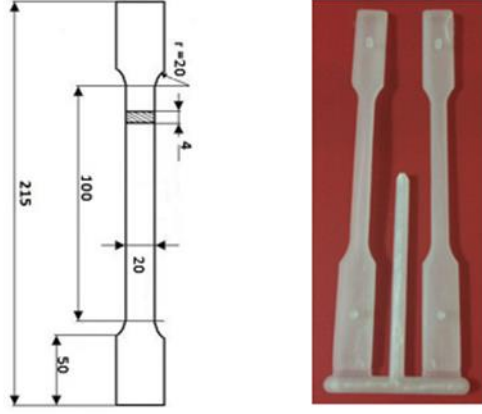
*Şekil 3. Kırma Makinesi*



*Şekil 4. Granül malzeme*

Çekme test çubuklarının ölçüleri (ASTM E8) standart çekme test çubuğu üretimi enjeksiyon yöntemi ile üretimi yapılmıştır.

Şekil 5'de ölçüleri verilmiştir. Orijinal ve geri dönüşümü yapılmış ABS ve PP numuneler 250 kN kapasite yük hücreleri ile Shimadzu marka universal test cihazı kullanılarak 1 mm/dak çekme hızında çekme deneylerine tabi tutularak yapılmıştır. Çekme test cihazı Şekil 6 da verilmiştir. Çekme testi her bir numune için üç kez tekrarlanmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Tüm testler laboratuvar ortamında yapılmıştır.



*Şekil 5. Üretilen Standart Test Çubuğu*



*Şekil 6. Çekme Test Cihazı*

Izod Darbe Testi gevrek kırılmaya neden olabilecek şartlar altında çalışan malzemelerin mekanik özelliklerinin (darbe dayanımı) belirlenmesinde kullanılmaktadır. Özellikle; polimer ve Hacim Merkez Kübik yapıli metallerde çok büyük önem arz etmektedir. Izod darbe test cihazı Şekil 7a'da verilmiştir.

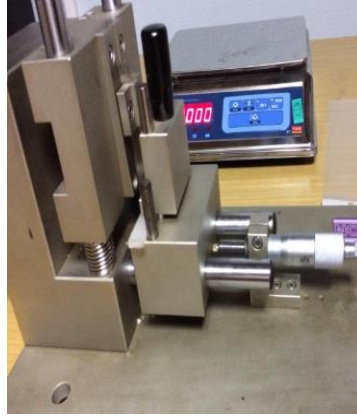
Bu cihaza ait özellikler;

- Sarkacın enerjisi 2,75 joule
- Açı 150 derece
- Genişlik 4 mm
- Kalınlık 8 mm, 2 mm çentik kalınlığı
- Yerçekimi 9,84 m/s<sup>2</sup> şeklindedir.

Şekil 7b'de çentik atma cihazı verilmiştir. Standart Izod test numuneleri (100x10x4 mm) Şekil 7.c de görülmektedir. Testler her bir numene için üç kez tekrarlanarak ortalama değerleri alınmıştır.



(a)



(b)



(c)

**Şekil 7. a) Izod Test Cihazı b) Çentik Atma Cihazı c) Geri dönüşümü yapılmış ürünler**

Shore-D testi plastik ya da esnek olan malzemelerin sertliğini belirlemek için kullanılan tipik sertlik ölçme yöntemlerinden biridir. Polimerlerin, elastomerlerin ve kauçukların sertliğini belirtmek için kullanılmaktadır. Enjeksiyon makinası ile hazırlanan numunelerin sertlik testleri verilen ZWICK marka Shore D durometre Şekil 8'deki cihazla ile yapılmıştır. Testler her bir numene için üç kez tekrarlanarak ortalama değerleri alınmıştır.



**Şekil 8. Shore-D Test Cihazı**

Plastik malzemelerin kontrollü bir şekilde ısıtılarak ya da soğutulularak, malzemelerin fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler için plastiklere termal testler uygulanır. Polimer malzemelerde akışkanlık, ürünün işlenmesinde ve kalıplanmasında kritik öneme sahiptir. Bu nedenle de kontrolü önemli bir parametredir. Akışkan indeksi MFI (ISO 1133) testi Şekil 9'da verilen Melt Index test cihazı ile yapılmıştır. Cihaza ait bazı teknik bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** MFI test cihaz parametreleri

Sıcaklık	220°C
Yer çekimi	0,915 g/cc
Hacimsel erime akış hızı (MVR)	1
Kütlesel erime akış hızı (MFR)	0
Ön ısıtma yük süresi	5sn
Ölçüm zamanı	10sn
Yük	2,75 kg
Meme çapı	2,095mm
Yük uzunluğu	8mm
10 sn de adımlardaki kesim ölçüsü	0,25mm



**Şekil 9.** MFI Test Cihazı

Isı Deformasyon Testi; Heat Deflection Temperature (HDT) Polimer, mamul ve yarı mamullerin yüksek sıcaklığa maruz kaldığında hangi sıcaklık değerine kadar limiti olduğunu belirlemede kullanılır. HDT testleri ISO 75 standardına göre yapılmıştır. Numuneler (100x10x4mm) 3 farklı istasyonda test edilerek 0,118 mm derinlikte sekiz kez sıcaklıkları ölçülmüş ve sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. PP polimer malzemesi için başlama sıcaklığı 25°C, ABS Polimer malzemesi için başlama sıcaklığı 50°C olarak belirlenmiştir. Deneylede kullanılan HDT cihazı Şekil 10'da verilmiştir.



*Şekil 10. Isı Deformasyon (HDT) Test Cihazı*

### **III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Herhangi bir malzemeyi seçip kullanmadan önce o malzemenin mekanik özellikleri bilmek ve tespit etmek çok önemlidir. Plastik enjeksiyon makinesinde malzemenin üretiminden sonra kırılarak tekrar granül haline getirilmesi ve daha sonrasında tekrardan plastik enjeksiyonda üretilmesi işlemlerini kapsayan geri dönüşüm işlemi sonucunda malzemede meydana gelen değişiklikler çekme testi, sertlik ve darbe testi ile incelenmiştir. Malzemeler karşılaştırılırken dört gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; katkısız orijinal ABS, ABS geri dönüşüm, katkısız orijinal PP ve PP geri dönüşümdür. Tablo 2’ de bu deneylere ait ortalama değerler verilmiştir.

*Tablo 2. Farklı malzemelerin bazı mekanik değerleri*

<b>Malzeme</b>	$\sigma_{akma}$ (MPa)	$\sigma_{max}$ (MPa)	E (GPa)	Uzama (mm)	Shore D	Izod (Kj/m <sup>2</sup> )
<b>ABS</b>	32,47	32,7	2,33	5,7	70,8	19,6
<b>ABS Geri dönüşüm</b>	32,2	32,9	1,6	5,6	83	18
<b>PP</b>	26	30,2	1,7	16	68,7	4,9
<b>PP Geri dönüşüm</b>	20,6	23	1,5	9,5	64,3	2,25

Yukarıdaki tablo incelendiğinde, orijinal ABS ve geri dönüşüm ABS malzemenin, deformasyon miktarı, akma ve maksimum çekme dayanımlarında önemli bir değişim gözlenmezken, elastik modül ve darbe test sonucu değerlerinde azalma görülmüştür. Bu malzemede sertlik değeri geri dönüşüm ile birlikte önemli miktarda (%16) artmıştır. PP malzemede ise, geri dönüşüm işlemi ile birlikte tüm mekanik özelliklerde önemli azalmalar görülmüştür. Özellikle darbe testi sonucundaki değişim yaklaşık %55 dir. Bu bağlamda geri dönüşümü yapılmış ABS malzemelerde genelde mekanik özellikleri etkilemezken, PP malzemeyi önemli derecede etkileyerek mekanik değerleri düşürmektedir. Bunun sebebi sıkı çapraz C=C çift bağındaki kırılma ile açıklanabilir [18]. Yıldız [19] yapmış olduğu çalışmada polyamide 6.6 malzemesini geri dönüşüme tabi tutmuş ve bu ürünlerin içerisinde farklı miktarlarda cam elyaf takviyesi yaparak bazı mekanik özelliklerdeki değişimleri belirlemiştir. Çalışma sonucunda, birincil geri dönüşümde çekme dayanım değerleri %4 azalırken, üçüncü geri dönüşümde % 15 lik azalma tespit

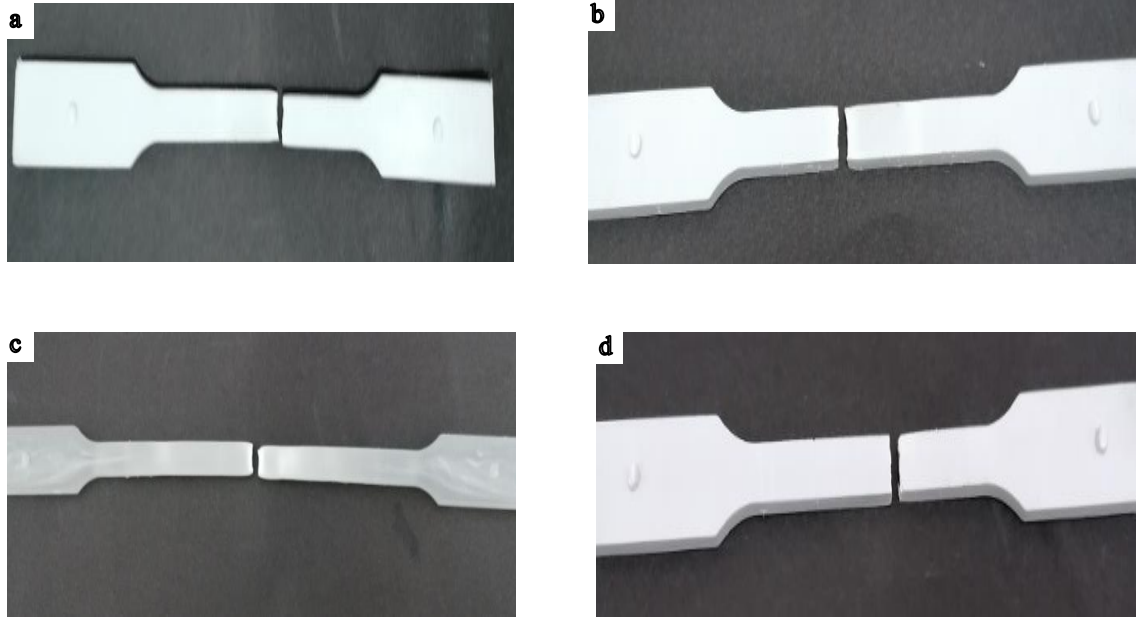


edilmiştir. Ayrıca darbe testi sonuçları da her bir dönüşüm sayısı ile düşmüştür. Bunlara ilaveten yapılan çalışmadaki değer kayıpları cam elyaf takviyesi yapılarak giderilmiştir. Bu işlemde maliyet artışına sebep olmuştur. Fakat geri dönüşüm ürünlerine ısı dengeleyici malzemeler, çapraz bağlayıcı kimyasallar veya ilave dolgu malzemeleri ile geri dönüşüm kayıpları telafi edilebilir.

Tablo 3’de ise farklı malzemelerin HDT ve MFI değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi her iki orijinal malzemeye kıyasla geri dönüşüm ürünlerinde önemli miktarda ısı değişimi gözlenmiştir. ABS malzeme geri dönüşüm ürünlerinde orijinal malzeme ile karşılaştırıldığında ortalama 3 °C lik artan ısı değişim gözlenirken, bu durum PP malzemede ortalama 12 °C civarında olmuştur. Polimer moleküler ağırlıkları, dönüşüm işlemi ve enjeksiyon sürecinden etkilenmekte bu da ısı değişim ve ısı iletkenlik değerlerine etki ederek mekanik özellikleri düşürmektedir [20]. Buna zıt olarak akışkanlık indekisinde artış gözlenmiştir. Özellikle ABS malzemeler 3B yazıcılarda yaygın kullanılmaktadır. Bu bağlamda MFI değeri akışkanlık viskozite değerini temsil etmektedir. Bu tür yazıcılarda da yüksek MFI değeri istenmektedir [21]. Bu bağlamda geri dönüşüm her iki malzeme türü içinde akışkanlık indeksini artırmıştır.

**Tablo 3. Farklı malzemelerin Isı Deformasyon Test (HDT) ve MFI Sonuçları**

Malzeme	1.İstasyon	2.İstasyon	3. İstasyon	MFI (g/10dk)
	Sıcaklık (°C)	Sıcaklık (°C)	Sıcaklık (°C)	
ABS	59,65	61,43	63,02	20,4
ABS Geri dönüşüm	62,52	65,97	64,93	23,3
PP	32,36	33,33	33,67	3,13
PP Geri dönüşüm	43,67	46,85	46,23	3,86



**Şekil 11. Çekme test numuneleri a) ABS b) ABS geri dönüşüm c) PP d) PP geri dönüşüm**

Tipik çekme deney çubukları Şekil 11’de gösterilmiştir. ABS ürünlerinde makro düzeyde belirgin bir fark gözlenmemiştir. Her iki üründe de doğasına uygun sünek kopma meydana gelmiş sınırlı boyun

verme olayı gerçekleşmiştir. Yapılan gözlemler Tablo 2 'de ki değerleri teyit eder durumdadır. Fakat PP ürünleri için durum farklıdır. Orijinal PP test numunesinde belirgin boyun verme ve oldukça sünek bir kırılma meydana gelirken (Şekil 11 c) geri dönüşüm ürününde çok sınırlı boyun verme ve kısmen sünek kırılma meydana gelmiştir. Sünek ve gevrek kırılma özellikle yorulmaya maruz kalan parçalarda çok büyük önem arz etmektedir [23-26]. Özellikle çok fazla dinamik yüklere maruz kalmayan, mekanik özelliklerin birincil öncelik olmadığı yerlerde, örneğin tekstil sanayisinde iplik olarak, çöp kutuları imalatı, basit yiyecek kapları, çiçek saksı gibi ürünlerin imalatında rahatça kullanılabilir.

## **IV. SONUÇ**

Bu çalışmada termoplastik malzemelerden olan ABS ve PP polimer malzemelere Birincil Geri Kazanım yöntemi ile enjeksiyon makinesinde prototip test çubuğu üretimi yapılarak bu ürünlerin Izod Darbe, Isı Deformasyon, Eriyik Akış Endeksi, Çekme-kopma testi, shore-D testleri yapılarak üç kez geri dönüşümü yapılmış ve malzemelerden üretilen prototiplerin termal ve mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. ABS malzemenin geri dönüşüm ürünlerinde, çekme testi değerlerinde önemli değişiklikler meydana gelmemiştir. Fakat Sertlik değerindeki artışa zıt olarak darbe dayanım değeri düşmüştür.
2. PP malzemenin geri dönüşüm ürünlerinde tüm mekanik özelliklerde düşüş gözlenmiş olup, darbe dayanımdaki değer kaybı %50 den fazladır.
3. Mekanik özelliklerdeki değer kaybının temel sebebinin çapraz bağlardaki bozulma olduğu söylenebilir.
4. Hem ABS hem de PP geri dönüşüm ürünlerinde HDT ve MFI değerleri önemli miktarda artmıştır. Her iki ürününde akışkanlık indeksinin artışı plastik enjeksiyon ile üretim, ekstrüder ile imalat veya 3 B yazıcılarda kullanım için olumlu olduğu söylenebilir.
5. Geri dönüşüm ürünlerindeki mekaniksel değer kayıpları farklı türlerdeki takviye elemanları ile giderilebilir.
6. Makro resimlerde ABS malzeme kırılma mekanizmalarında bir farklılık gözlenmezken, PP geri dönüşüm ürünlerinde kısmi süneklik ve çok az boyun verme olayları gözlenmiştir. Test edilen, Geri dönüşüm ürünleri tekstil sanayisinde iplik olarak, çöp kutuları imalatı, basit yiyecek kapları, çiçek saksı gibi ürünlerin imalatında rahatça kullanılabilir.

## **V. KAYNAKLAR**

- [1] A. Ezdeşir, E. Erbay, İ. Taşkiran, A. Yağcı, M. Cöbek and T. Bilgiç. "Polimerler 1 Kitabı" PAGEV Yayınları, İstanbul, 1999.
- [2] F.Y. Anabal. "PET Atıkların Endüstride Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.
- [3] R. Wu, G. Huang, X. Zhang. "Study on Thermodegradation of High Molecular Weight PET" IFJ, June, 54-55, 1994.
- [4] S. Akkurt, "Plastik Malzeme Bilgisi Kitabı", Birsen Yayınevi, İstanbul, 1991.
- [5] M. Saçak, ; "Polimer Teknolojisi kitabı", Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye, Sayfa:1-18, 2005.

- [6] E. Demirhan ; "Plastik Atıkların Geri Dönüşümü Dergisi", Plastik ve Ambalaj Teknolojisi, s. 16, ss. 101-108, 2009.
- [7] IEEE Websitesi.(2019, 1 Aralık), [Online], Erişim: <http://www.akbaslargrup.com/yeni/node/3>,
- [8] IEEE Websitesi. (2019, 3 Aralık), [Online], Erişim: <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/iki-boyutlu-malzemeler>.
- [9] IEEE Websitesi, (2019, 3 Aralık), [Online], Erişim: <http://www.kimyaturk.net/>.
- [10] M. Öztürk, Plastikler ve Geri Kazanımı Dergisi, 1. Baskı, Y.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Yayınları, 2005.
- [11] A. Gündüzalp, S. Güven, "Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği", *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, ss. 1-19, 2016.
- [12] M. Umut, Ö. Topuz, V. Velioğlu, "Çöpten geri dönüşüme giden yolda sürdürülebilir tüketiciler", *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, c. 13, s. 2, ss. 263-288, 2015.
- [13] G. Çeken, "Üniversite öğrencilerinin gözünden geri dönüşüm işçileri (Ankara Üniversitesi ve Bilkent Üniversitesi örneği)", *Sinop Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, c. II, s. 1, ss. 109-125, 2018.
- [14] M. Türemen, A. Demir, Özdoğan, E., "Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi", *Pamukkale Univ. Muh. Bilim Dergisi*, c. 25, s. 6, ss.112-118, 2018.
- [15] A. Ahrabi, İ. Bilici, A.Y. Bilgesu, "Pet atıkları kullanılarak kompozit malzeme üretiminin araştırılması", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, c.27, s. 3, ss. 467-471, 2012.
- [16] A. Kaçar, "Atık kâğıt katkılı çimento harçlarının bazı mekanik özellikleri", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 6, no.1, s. 1-6, 2018.
- [17] E. Aslan, "Enjeksiyonla kalıplamada kalsit katkılı polipropilen malzemelerde geri dönüşüm oranının mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
- [18] M.A. Peydro, D. Juarez, S. Sanchez-Cabellero, R. Pla-Ferrando, "Study of the mechanical properties of recycled abs and recovery through mixing with sebs" *Annals of the Oradea University Fascicle of Management and Technological Engineering* ISSUE 1, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/>, pp.83-86, MAY 2014.
- [19] B. Yıldız, "Cam elyaf katkısının geri dönüştürülmüş polyamid 6.6 plastiğinin mekanik özelliklerine etkisinin deneysel incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 2018.
- [20] K. Ragaert, L. Delva, K. Geem, "Mechanical and Chemical Recycling of Solid Plastic Waste" *Waste Management*, pp.1-76, August 2017.
- [21] N. Saude, K. Kamarudin, M. İbrahim, M.H.I. İbrahim, "Melt Flow Index of Recycle ABS for Fused Deposition Modeling (FDM) Filament", *Applied Mechanics and Materials*, vol. 773-774, pp. 3-7 2015.
- [23] I. Uygur, "Tensile behaviour of P/M processed (Al-Cu-Mg-Mn) / SiCp composites", *Iranian J. Science & Techn.*, vol.28, no.2, pp. 239-248 2004.

- [24] I. Uygur, W.J. Evans, M. Bache ve B. Gulenc, “The fatigue behaviour of SiCp reinforced 2124 Aluminium matrix composites”, *Metallofiz. Nove. Tekhnol.* vol. 26, no.7 pp. 927-939 2004.
- [25] I. Uygur, “Microstructure and wear properties of AISI 1038H steel weldments”, *Industrial Lubrication and Tribology*, vol.58, no.6, pp. 303-311 2006.
- [26] I. Uygur,2 B. Gulenç, “The effect of shielding gas composition for MIG welding process on mechanical behaviour of low carbon steel”, *Metalurgija*, vol.43, no.1, pp. 35-40 2004.
- [27] IEEE Websitesi. (2019, 3 Aralık), [Online], Erişim: <https://www.sifiratik.gov.tr/content/files/uploads/9/EK8,%20Say%C4%B1n,%20Yavuz%20ERO%C4%9ELU,%20PAGEV%20E2%80%93PAG%C3%87EV%20Ba%C5%9Fkan%C4%B1.pdf>