

# YÜZYILIN MALZEMESİ PLASTİKLER

A. Feyyaz Yücel<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Plastik malzemelerin gelişimi İkinci Dünya Savaşı sonrası büyük ivme kazanmış, günümüzde büyük pazar paylarına ve ürün çeşitliliğine ulaşmıştır. Bu yazı özellikle makina mühendislerini bilgilendirmek için hazırlanmıştır. Bu yazının konusu, plastik malzemelerin genel tanımları ve yapıları, plastik malzemeler ve işleme teknolojilerinin bir mühendislik dalı oluşu, ülkemizde plastik sektörünün durumu ve örgütlenmesi, sektörel tanım, kullanım alanlarına göre plastikler, üretim teknikleri, malzeme grupları, çevre kirliliği ve geri dönüşüm, atıklarda görülen mikro ve nano partiküller, biyo plastik malzemelerdir.

## 2. PLASTİK MALZEMELERİN TANIMI

Plastik malzemeler; Hidrojen (H), Oksijen (O) ve Azot (N) olmak üzere Karbonun (C) organik bileşimlerinden oluşan mineral, petrol, ahşap gibi doğal maddelerin ısı, basınç ve kimyasal etkiler ile polimerizasyon ve kondenzasyon yoluyla molekül ve amorf yapılarının değişimi ve yeni bağlar yaratılması sonucu, doğada bulunmayan türler olarak ortaya çıkan, makromoleküler, organik esaslı kar-

bon zincirlerinden oluşan maddelerdir. Organik kimyada, karbon zinciri terimi, içinde birkaç karbon-karbon bağı bulunan, yani karbon atomlarının birbirine bağlı olduğu bileşiklerin yapısal bir elemanını ifade eder. Polietilen, bu zincire örnek oluşturur.

Aynı zamanda benzen çekirdeklerinden oluşan karbon zincirleri altı karbon atomu, benzen halkası veya benzen çekirdeği olarak da bilinen altı halkalı bir sistemde düzenlenmiştir. Polistren iyi bir örnektir. Molekül üç karbon çift bağı içerir ve rezonansla stabilize edilmiş aromatik bir hidrokarbondur.

## 3. PLASTİK/POLİMER MÜHENDİSLİK BİLİMİ

Plastik/Polimer mühendisliği, makina mühendisliği bünyesinde gelişmiş bir disiplindir. Bu disiplini; termoplastik, termoset, elastomer/kauçuk ve kompozitlerden oluşan plastik malzemelerin üretim yöntemleri ile kimyasal ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi, kimyasal yapıları ile mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin araştırılması, anılan malzemelerin tasarımı, üretimi, geliştirilmesi, işlenmesi, test, kalite kontrol ve uygulama alanlarının belirlenmesi şeklinde tanımlayabiliriz.

<sup>1</sup> Dipl.-Ing. Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi (MMO/İST), Plastik Malzemeler ve İşleme Teknolojileri Komisyonu (PIT) - [afyucel@gmail.com](mailto:afyucel@gmail.com)

#### 4. YAPILARINA GÖRE PLASTİK MALZEMELER

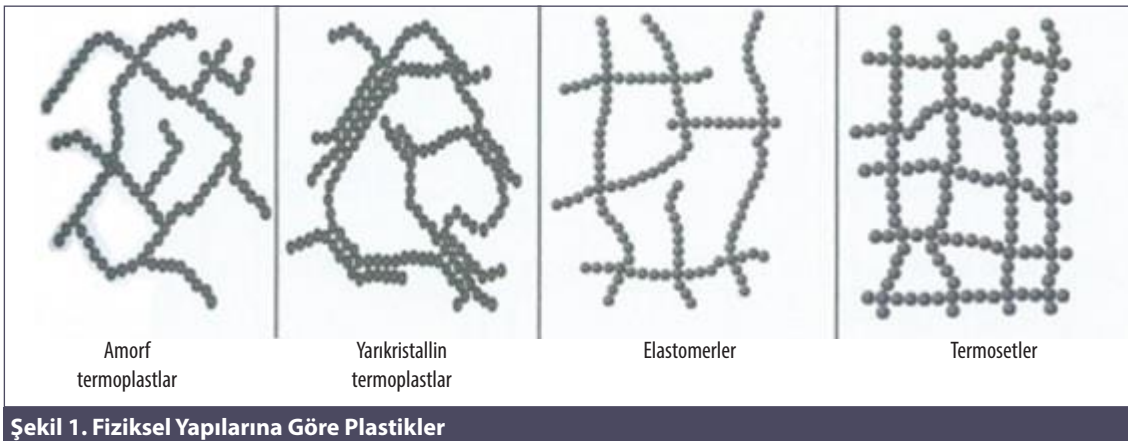
Termoplastikler, plastomerler olarak da adlandırılırlar, belirli bir sıcaklık aralığında (termo-plastik olarak) deforme olabilen malzemelerdir. Bu işlem tersine çevrilebilir, yani bu işlem, malzeme aşırı ısınma nedeniyle termal bozunmaya uğramadığı sürece, erimiş duruma ulaşılan kadar soğutma ve yeniden ısıtma yoluyla istendiği kadar sık tekrarlanabilir. Termoplastiklerin duroplastiklerden ve elastomerlerden ayrıldığı yer burasıdır. Bir başka özellik ise, termoplastiklerin kaynak ile birleştirilebilmesidir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, yarı kristal yapıya sahip termoplastikler (örneğin polietilen), çapraz bağlanmamış polimerlerden oluşur. Cam geçiş sıcaklıklarına sahiptirler ve eritilebilirler. Amorf termoplastikler (örneğin PVC), cam sıcaklığının altında katıdır ve cam benzeri şeffaftır. Bu sıcaklık kesin bir sıcaklık değil, makromoleküllerin farklı zincir uzunluklarına sahip olduğunun bir göstergesi olan bir sıcaklık aralığıdır (karışımlar bir sıcaklık aralığında farklı bir agregasyon durumuna, tam bir sıcaklıkta saf maddelere dönüşür). Camı geçiş sıcaklığına ulaşıldığında, plastik önce elastik (termoelastik) hale gelir ve daha sonra yumuşama noktasına ulaşıldığında plastik (termoplastik) hale gelir. Termoplastik daha fazla ısıtılırsa, viskoz hale gelir, daha sonra ince sıvı erir ve sonunda bozunma sıcaklığında bozunur. Amorf termoplastikler, servis sıcaklığında genellikle kristal berraklığında, sert, kırılğan ve katıdır. Elastomerler, cam geçiş noktası servis sıcaklığının altında olan, boyutsal olarak kararlı fakat elastik olarak deforme olabilen plastiklerdir. Plastikler, çekme ve basınç yükleri altında elastik olarak deforme olabilir, ancak daha sonra orijinal, deforme olmamış şekline geri dönebilir. Elastomerler, diğer şeylerin yanı sıra, lastikler, lastik bantlar, sızdırmazlık halkaları gibi ürünler için malzeme olarak kullanılır. En iyi bilinen elastomerler, doğal kauçuk ve silikon kauçuğun vulkanizatlarıdır.

Termosetler (Duroplast veya Duromer olarak da anılırlar), plastiklerin mekanik ve termal davranışlarına göre ayrıldığı üç gruptan biridir. Termoplastikler, elastomerler ve duroplastikler arasında fark vardır. Termoplastikler eritilebilirken, duroplastikler yüksek çapraz bağlanma seviyeleri nedeniyle eritilemezler ve bozunma sıcaklıkları (piroliz) aşıldığında parçalanırlar. Yüksek mekanik strese, çatlak veya yarıklarla tepki verirler. Duroplastiklerin temel özellikleri, yüksek termomekanik dayanıklılıkları ve metallere kıyasla düşük özgül ağırlıklarıdır.

#### 5. ÜLKEMİZDE PLASTİK SANAYİ VE MESLEKTE ÖRGÜTLENME

Türkiye, 150 ülkeye plastik ürünleri dış satımı yapmaktadır. Yüzde 99'u KOBİ olan, yaklaşık 11.000 işletmenin istihdam ettiği 300.000 çalışanı ile üretim değeri 35,5 Milyar USD ve ürün miktarı 10 milyon tona yaklaşmaktadır. Gerekli hammaddenin %85'i dış kaynaklardan temin edilen üretimin, %40'ı ambalaj, % 22'si inşaat sektörüne aittir. [14] Plastik esaslı ambalaj malzemeleri alçak ve yüksek yoğunluklu Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Polietilenterefelat (PET), Polistren (PS), geri dönüşümü olası olan termoplastik malzemelerden oluşmaktadır. Bu ürünlerin büyük kısmı tek kullanımlık (disposable) olup, kaynağında ayrıştırılarak tekrar kullanımı olasıdır. [1] [3] AB ülkeleri, çoğunluğu KOBİ'lerden oluşan 60.000 firma, 1.500.000 kişi istihdam ederek, 350 milyar € değerinde üretim yapmaktadır.[1]

Bugünkü adı Plastik Sanayicileri Derneği (PAGDER) olan kurumun örgütlenmesi 1950 yıllarına dayanmaktadır. Süzratle gelişen sektörün sorunlarına çözüm bulmak amacı ile sektör ve bölge sanayi dernekleri bir araya getirilerek PLASFED kurulmuş, böylece toplam üretimin %72'si



Şekil 1. Fiziksel Yapılarına Göre Plastikler

PLASFED'i temsil eden derneklerin bulunduğu bölgeler içerisine alınmış ve sektör güçlendirilmiştir. İstanbul bölgesi toplam üretimin %49'unu gerçekleştirmektedir. [2] Türk Plastik Sanayicileri Araştırma, Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV) ise çalışmalarını 1989 yılından bugüne sürdürmektedir. Ticaret ve Sanayi Odalarında meslek komiteleri ve temsilcileri; imalat gruplarına ait dernekler (beyaz eşya, inşaat, ambalaj, otomotiv v.d.) bulunmaktadır.

## 6. TÜRKİYE PLASTİK SEKTÖRÜNÜN DURUMU

Sektörde ülke olarak, çalışan başına "kg" temelinde Almanya'nın yaklaşık %97'si kadar üretim yapılmasına rağmen, "mali değer" olarak Almanya'nın %52'si kadarını elde edebiliyoruz.

Var olan verileri incelediğimizde katma değeri ve marka değeri yüksek ürünler üretmemiz gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bunu gerçekleştirebilmek için teknolojik değerleri yüksek ürünler, örneğin elyaf güçlendirmeli mühendislik plastikleri işleyerek, daha hafif, daha sağlam, mekanik özellikleri yüksek, üretim ve montaj süresi kısa, özetle katma değerleri yüksek olan üretilere yönelmeliyiz.

Hedefe ulaşılması için mühendislik plastikleri ve elyaf kullanımı uygulamalarının artması gerekmektedir. Bu da yeni teknolojilerin yakından izlenmesi, eğitim, araştırma, geliştirme ve teknoloji transferi ile mümkün olacaktır.[3]

## 7. SEKTÖR TANIMI

Plastik sektörü termoplastik, termoset, kauçuk/elastomer ve kompozit hammadde, yarı mamül, parça üretimi, işleme teknolojileri ve makinaları üreten ve pazarlayan işletmelerden oluşmaktadır.

### 7.1 Kullanım Alanlarına Göre Plastik Malzemeler

Kullanım alanlarına ve sektörler göre plastik malzemeler; ambalaj, inşaat, otomotiv, elektrik ve elektronik, beyaz eşya ve mobilya, tarım, temizlik ve kozmetik malzemeleri, kırtasiye, oyuncak ve hediyelik eşya, spor malzemeleri, ayakkabı ve saracıye, tekstil, tıbbi malzemeler, ileri mühendislik malzemeleri ve teknik parçalar, uzay ve havacılık sanayii, savunma ve silah sanayii gibi belirtilebilir.

## 7.2 Üretim Teknikleri

### 7.2.1 Plastik malzemelerin üretim teknikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Enjeksiyon: Termoset kalıplama, termoplastik kalıplama  
Ekstruzyon: Profil ekstruzyon, film ekstruzyon, şişirme kalıplama

TermoForm: Vakum kalıplama ve rotasyonel kalıplama, Termoset enjeksiyon ve transfer kalıplama (RIM-RRIM-SRIM-RTM),

Elyaf güçlendirmeli plastiklerin uygulamaları (Fiber-Plastic Composites),

Cam Elyaf Takviyeli Plastikler (CTP),

"Bulk Moulding Compound" (BMC),

"Sheet Moulding Compound" (SMC)

Plastiklerin kaynak ve yapıştırma yolu ile birleştirilmesi

### 7.2.2. Plastik işleme makinaları

Hammadde hazırlama ve geri dönüşüm sistemleri

Plastik işleme makinaları konstruksiyonu

Pres, ekstruzyon ve enjeksiyon kalıplarının tasarımı ve imalatı

## 7.3 Plastik Malzeme Grupları:

Plastik malzemeler aşağıdaki gibi gruplandırılır ve bu gruplar altında aşağıdaki plastik tipleri bulunur:

### 7.3.1 Termoplastlar

Polivinil klorür (PVC) , Polistiren (PS, SAN, EPS, XPS) ,

Poliolefinler (HDPE, LDPE, LLDPE, UHMWPE)

Etilen Vinil Asetat (EVA), Etilenvinilalkol (EVOH), Polipropilen (PP),

Akrilonitril butadienstiren (ABS)

Polyamidler (PA11,12,6,6/66), Polikarbonat (PC), Polimetil metakrilat (PMMA),

Selulozlar, Akrilikler,

Fluoropolymerler: (PVF, PVDF, PTFE, PCTFE, PFA, FEP),

Polietereterketon (PEEK), Polyimidler (PI), PolyEtherSulfon (PES), Polyphenylenesulfide (PPS), *Thermoplasticpolyurethane (TPU)*, v.d.

Biyobozunurlar, geri dönüşümlü maddeler

### 7.3.2 Termosetler/Duroplastlar:

VinylEster, Polyester (doymamış) (BMC, GMC, SMC, TMC, Jel Coatlar, reçineler) Bismaleimide, DAIP/DAP, Dicyclopentadiene (DCPD) , Epoxiler, Urethanlar PUR, Siliconlar, Urea, Melamine/Phenol reçineleri,v.d.

### 7.3.3 Kauçuk ve Elastomerler:

Tabii Kauçuk (NR), Latex, İsooprenKauçuk (IR), StyrenButadien Kauçuk (SBR),



Butadien Kauçuk (BR), NitrilButadien Kauçuk (NBR), Chloropren Kauçuk (CR), EPM/EPDM Kauçuklar, Butyl Kauçuk (IIR), Acrylic Kauçuklar (ACM), Fluorarbon Kauçukları (FKM/FCM), PolyesterPolyUrethan (AU), PolyetherPolyUrethan (EU), Silikonlar (PVMQ, MQ, FVMQ, VMQ), v.d.

#### 7.3.4 Thermoplastik Elastomerler:

Olefinik, Polyamid, Polyester, Styrenik, Urethane ve Vinyl tipler

#### 7.3.5 Komposit Malzemeler:

Doğal veya suni elyaflar ile güçlendirilmiş, termoset veya termoplastik matrisli malzemeler

##### 7.3.5.1 Güçlendirme Malzemeleri :

Doğal elyaflar, cam elyaf, karbon elyaf, aramid

##### 7.3.5.2 Matris Malzemeler:

Termoset (iki komponentli) : Polyester, Epoxy, DCPD, PUR, v.d.

Termoplastik: PP, PA, PBT, v.d.

##### 7.3.5.3 Katkı ve Dolgu Maddeleri:

Polimerik malzemelerin hazırlanması ve işlenmesi sürecinde mekanik, kimyasal, yüzeysel, optik, estetik nitelikleri değiştiren ve proses/işlem niteleyici çok sayıda katkı maddeleri; çeşitli mineral dolgu maddeleri (tebeşir, talcum, kil, gibi) kullanılmaktadır

## 8. GENEL PETROL VE PLASTİK HAMMADDE VERİLERİ

Dünya petrol tüketimini incelediğimizde %65 hava, deniz, kara ve demiryolu ulaşımda, %13 sanayi ve konutlarda, %22 plastik hammaddelerinde, kimyasal malzemelerde ve diğer malzemelerde kullanıldığını görüyoruz. [4] Belli değeri bulunan bu fosil ürünün büyük bir kısmını yakarak, dünyayı kirli gazlarla boğuyoruz. Plastik hammaddeleri %52'si Çin ve diğer Asya ülkeleri, %22'si Amerika kıtası ve NAFTA ülkeleri, %19'u Avrupa ve Rus Cumhuriyetleri, %7'si Afrika ve Orta Doğu ülkeleri tarafından 2020 yılı verilerine göre 367 milyon ton üretilmiştir.[5],[8] Ortalama olarak, plastik üretimi 1950'den bu yana yılda yaklaşık %8,4 oranında büyümüştür. Bu değer, ortalama gayri safi yurtiçi hasıllardan 2,5 kat daha hızlıdır. 1950 ile 2015 yılları arasında dünya çapında yaklaşık 8,3 milyar ton plastik üretilmiştir. Bu değer, dünya nüfusuna göre kişi başına yaklaşık 1 tona karşılık gelmektedir. Toplam plastik hammadde üretimi 2021 yılı itibarı ile 400 milyon tona yaklaş-

maktadır. Son yirmi yılda Avrupa ülkeleri plastik üretimi yıllık 55-60 milyon ton arasındadır. Diğer dünya ülkeleri, özellikle Asya ülkelerindeki üretim sürekli artış kazanmaktadır.[6] (Statista 2023) 1950-2021 yılları arasında 10 milyar metrik ton plastik hammadde üretildiğini tahmin ediyoruz. 2015 yılına kadar yaklaşık 6,3 milyar ton plastik atık üretilmiş olup, bunun yaklaşık %9'u geri dönüştürülmüştür, %12'si yakılmıştır ve %79'u çöplüklerde veya doğal ortamda birikmiştir. Mevcut üretim ve atık yönetimi eğilimleri devam ederse, 2050 yılına kadar yaklaşık 12 milyar ton plastik atık, depolama alanlarında veya doğal ortamda olacaktır. [7], [8], [9]

Dünya nüfusunun yaklaşık 2,5 milyar olduğu 1950 yılında plastik hammadde üretimi yeni başlamış ve emekleme evrelerindedi. 2020 yılı itibarı ile ise, 70 yıllık sürede dünya nüfusu 7,7 milyar olmuş ve dünya plastik hammadde üretimi yıllık 400 milyar tona yaklaşmıştır. Gereksinimlerin hızla artmasına paralel olarak, dünya plastik hammadde üretimi de dünya nüfus artışının karşısında katlanarak büyümektedir.

Ferrometaller ile plastik malzemeler kullanımlarına göre karşılaştırılırsa, özgül ağırlıklarının 8/1 oranına karşılık, hacimsel olarak plastik malzemelerin daha fazla oldukları görülebilir.

## 9.GERİ DÖNÜŞÜMÜN YILDIZI OLAN PLASTİK, AYNI ZAMANDA YÜZYILIN MALZEMESİ OLARAK KABUL EDİLİYOR

İngiltere'de Alexander Parkes tarafından bulunan, nitrocellulose bazlı celluloid malzemeden oluşan, 1856'da patenti alınan ilk termoplastik malzeme "parkesine", 1862 yılında büyük beğeni kazanmış ve sergilendiği "Uluslararası Büyük Londra Fuarı"nda mükemmellik ödülünü almıştır.

Plastik üretiminin %40'ı ambalaj, %22'si ise inşaat sektörüne aittir. Ambalajlar, çoğunlukla geri dönüşüme uygun termoplastik malzemelerden oluşur. Ambalaj malzemesinin piyasa dönüşümü hızlıdır.[1]

Atıklar kaynağında ayrıştırılarak çöp miktarı azaltılır, çevre ve doğal kaynaklar korunur, tekrar ekonomiye kazandırılır, enerji tasarrufu sağlanır.

### 9.1 Üretimde Enerji ve Su Tasarrufu:

Cam şişelerin geri dönüştürülmesi için gereken enerji, üretim enerjisinin %66'sı, plastik malzemelerde ise %10'udur.

## 9.2 Geri Dönüşümde Isı ve Enerji:

Termoplastik malzeme geri dönüşümü: 120 – 200 °C,  
 Alternatif malzemelerde geri dönüşüm: 650 -1400 °C.  
 1 m<sup>3</sup> plastik ambalaj atığının geri dönüşümü sonucunda enerji tasarrufu: 14MWh,  
 Türkiye genelinde tasarruf edilebilecek enerji miktarı: 4 x TWh/yıl  
 1.000 adet torba için harcanan su orantısı LDPE/Kağıt = 1/125,  
 Harcanan enerji: LDPE/Kağıt = 1/4,5.  
 Ana sektörlerde (USA araştırması) plastik kullanımı ile tasarruf edilen enerji miktarı: 53 TWh/yıl.

Araçlarda her 100 kg plastik parça kullanımı, AB ülkelerinde akaryakıt tüketiminde 12 milyon ton/yıl, CO<sub>2</sub> emisyonlarında 30 milyon ton/a tasarruf sağlayabilmektedir.

## 10. ÇEVRE KİRLİLİĞİ VE GERİ DÖNÜŞÜM

Son dönem verilerine göre yıllık 400 milyon ton plastik hammadde üretiminin %40'ı ambalaj sektörü için kullanılıp, en az ¾ ü tek kullanımlıktır. Ortalama hammadde değeri 2 USD/kg olduğu düşünülürse, ambalajlar için 120 milyon ton plastik malzeme ve 240 milyar USD mal değeri ortaya çıkmaktadır. Bugün anılan 120 milyon ton termoplastik malzemenin çok az bir kısmı geri dönüştürülmekte ve çok büyük kısmı doğayı kirletmeye devam etmektedir. Başka bir ölçekle 1950-2015 dönemi plastik hammadde üretimi 8,3 milyar tondur. Ortalama cari değeri ise en az 10 trilyon USD etmektedir. Bu durumda yaklaşık 3 trilyon USD boşuna harcandığı gibi 2,5 milyar ton atık plastik de dünyamızı kirletmektedir.

Plastik hammadde üretimi, dünya çapında büyük şirketler tarafından yönetilmekte ve uluslararası ilgili iradeler tarafından üretimler onaylanıp denetlenmektedir. Termoplastik malzemelerin geri dönüşümünün olası olduğu, dünya nüfusunun sürekli tükettiği bu malzemelerin bir değerinin olduğu ve kaynağında toplanmayıp değerlendirilmeyince büyük kayıpların ve çevre kirliliğine neden olacağına anılan iradeler tarafından bilinmemesi söz konusu değildir.

Son 70 yılda dünya kamuoyu bilgilendirilmemiş, aydınlatılmamış ve felaketin büyüdüğü bugünlere gelinmiştir. Anlaşıldığı üzere, ekonomik nedenler halen her türlü olgunun, hatta dünyanın varlığı ve tüm canlıların sağlığının üzerinde önem taşımaktadır.

## 11. ATIKLARIN SONUCU MİKRO VE NANO PARTİKÜLLER

### 11.1 Artan plastik kullanımının etkileri

İkinci dünya savaşı sonrası hızla ve katlanarak artan plastik malzemelerin kullanımı, tüm sektörleri kapsamaktadır. Tekstil sektörü örnek alınacak olursa; sentetik elyaf üretimi iplik üretimi ve dokuma, kumaş yıkama ve boyama sırasında açığa çıkan tanecikler bir dereceye kadar denetim altına alınabilir niteliktedir.

Ancak tüm dünya nüfusu çamaşırlarını yıkadığı sırada açığa çıkan sentetik elyaf tanecikleri, yarım asırdan beri denetim altına alınmamaktadır. Bugün 8 milyara yakın insan dünyanın farklı yörelerinde çamaşırlarını yıkamakta ve sentetik tanecik içeren atık sular çeşitli su kaynaklarına karışmaktadır. Ülkemiz de içinde olmak üzere bu tanecikleri süzerek filtre elemanları içeren çamaşır makinalarının üretimi ve geliştirilmesi devam etmektedir.

Farklı bir örnek denizleri kirleten ve su canlıları için tehlike yaratan balık ağlarıdır. Balık ağları naylon yani poliamid malzemeden yapılmaktadır. Naylon pahalı bir malzeme olup balıkçının parası ile satın aldığı bir avlanma aracıdır. Ağlarını zaman zaman elden geçirip tekrar tekrar kullanması olası iken, ağını denize atması anlamsızdır, zira bozulmuş ağların geri dönüşümü olasıdır ve parasal değeri bulunmaktadır. Ancak deniz içerisinde yırtılan, takılan ağların bulunduğu açıktır. Bunların belli yöntemler ile kurtarılabilmesi olasıdır.

Günlük yaşamımızın ve çevremizin parçası olan sentetik polimerlerin üretimi son yarım yüzyılda astronomik boyutlara ulaşmıştır. Polimerlerin üretimi, kullanımı ve yok edilmesi doğrudan plastik atıkların artmasına neden olmuştur. Raporlar, plastik ürünlerin %50'sinin tek kullanımlık ürünler olduğunu göstermektedir. Plastik kirliliğinin büyüyen bir çevre sorunu olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir.

Kontrolsüz olarak atıldığında, zaman içerisinde plastikler mikro ve nano boyutlu plastik (MNP) partiküller olarak tanımlanan daha küçük parçalara ayrılacaktır. Bu küçük mikro boyutlu parçacıklar (<5 mm), milyarlarca daha küçük nanoplastik parçacıklara (kaynağa bağlı olarak <1 µm veya <100 nm) bozulmaya devam edecektir. Bu boyutlarda bulunan plastik partiküllerin, solunabilmesi veya rüzgâr ile kilometrelerce sürüklenebilmesi, su yollarına ve besin zincirine girebilmesi olasıdır. Toprak örneklerin-

de, tatlı sularda, suda yaşayan hayvanlarda, atmosferik serpintide ve kutuplarda mikro plastik parçacıklara rastlanılmaktadır. Sürekli üretimi artan tüketim ürünlerine işlenme sırasında plastik taneciklerin karışması, şişelenmiş su ve gıda maddelerinde mikro plastik parçacıkların rastlanılmasına yol açmıştır. [10], [11]

### 11.2 Plastik partikül kirliliğinin insan sağlığına etkileri

Mikroplastik Araştırma grubunun 25 Mart 2022 tarihli yazısında ve diğer kaynaklarda yeni yayınlanan bir çalışma, artık mikro ve nano plastiklerin insan kanına karışabildiğini ortaya ortaya koymaktadır. Vrije Üniversitesi tarafından Amsterdam'da gerçekleştirilen çalışmada, yirmi iki sağlıklı gönüllü insandan alınan kan örneklerinde 700nm ve daha büyük partiküllerin varlığına rastlanmıştır. Saptanan plastikler içerisinde en fazla olanının, tekstil ve ambalaj sektöründe yoğun olarak kullanılan Polietilentereftalat (PET) ve toplam plastik üretiminde en fazla yer tutan polietilen (PE) türlerinin olduğu belirtilmiştir.[12], [13]

## 12. BİYO TEMELLİ VE BİYO ÇÖZÜNÜR MALZEMELER

Son yıllarda oluşan gelişmeler, yapılan araştırmaları biyo temelli ve biyo çözünür malzemelere yöneltmiştir.

Bu malzemeler aşağıdaki dört değişik tip olarak sınıflandırılabilir:

- Biyo temelli ve biyo çözünür biyoplastikler: polilaktik asit (PLA), Polybutylene succinate (PBS), Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) PHBV
- Fosil temelli ve biyo çözünür biyoplastikler: Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT), Polycaprolacton (PCL)
- Biyo temelli ve biyo çözünmez: biyo temelli PE, PET, PA
- Fosil temelli ve biyo çözünmez: geleneksel plastikler PE, PET, PP

## 13. SONUÇ

Günlük yaşamımızın vazgeçilmez malzemeleri olan plastikler aynı zamanda çok sayıda sektör ve sanayi dalında kullanılmaya ve gelişmeye devam etmektedir. Tek kullanımlık plastik ambalaj malzemeleri gereksinime dayalı olarak çoğalmaktadır.

Atıkların çoğunluğu tek kullanımlık termoplastik malze-

melerden oluşmaktadır. Atıkların kaynağında ayrıştırılması konusunun televizyon ve diğer medya kanallarının aracılığı ile devlet ve yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları, dernekler veya benzerleri tarafından yapılacak bilgilendirme kapsamlı aydınlatıcı yayınlar ile toplumun ve ilgililerin düzenli olarak eğitime çalışılması çok önemlidir.

Halka bu malzemenin çevre ve halk sağlığı için önem taşıdığı, ayrıca geri dönüşüm ile kazanılabilecek parasal değerinin olduğu anlatılmalıdır. Bu duyarlılığın oluşması için devlet yönetenlerine ve yerel yönetimlere acil görev düşmektedir.

Esası karbon olan plastik malzemelerin daha da gelişeceği açıktır. Özellikle tek kullanımlık ambalaj malzemeleri fosil hammaddeler yerine doğada bulunan ve karbon içeren çok çeşitli temel malzemeler kullanılarak karbon esaslı plastik hammaddeler üretimi ivme kazanmaktadır. Doğada çözülen plastik malzemeler, kaynağında ayrıştırılmak suretiyle geri kazanılan malzemeler konularında araştırma ve geliştirme çalışmaları tüm dünyada sürmektedir. İlgili konularda fen bilimcileri ve mühendislerimize görev düşmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV)
2. Plastik Sanayicileri Federasyonu (PLASFED)
3. TMMOB Makina Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, Plastik Malzemeler ve İşleme Teknolojileri Komisyonu (MMO/IST/PIT)
4. Uluslararası Enerji Ajansı, Paris
5. Kunststoff Information, Bad Homburg
6. Statista GmbH, Hamburg
7. Science Advances Vol.3, No.7, 2017
8. Plastics Europe, Brussels
9. Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.
10. Environmental and Occupational Health Sciences Institute, 170 Frelinghuysen Rd., Piscataway, NJ, 08854, USA
11. Department of Pharmacology and Toxicology, Ernest Mario School of Pharmacy, Rutgers University, 160 Frelinghuysen Rd., Piscataway, NJ, 08854, USA
12. Vrije Universiteit, Amsterdam
13. Mikroplastik Araştırma Grubu
14. İş Bankası-PlastikSektörü