

MİKROPLASTİKLER'E GENEL BİR BAKIŞ

(MICROPLASTICS: AN OVERVIEW)

Meral YURTSEVER¹

ÖZ

Mikroplastikler, boyu 5mm'den küçük olan plastik parçacıklarıdır. Günümüzde plastiklerin parçalanması neticesi oluşan mikroplastiklerin adının "kirletici" olarak bilinmesi pek de yaygın değildir. Özellikle renksiz, şeffaf veya mikro boyuta kadar parçalanmış olan plastikler su kaynaklarında görünmez çöpleri oluşturarak ciddi bir görünmez tehlike haline dönüşebilmektedir. Çevrede görünür büyüklükteki atıkları karakterize etmek ve sınıflandırmak kolay olsa da mikroplastikler için bu nispeten zordur. Mikroskop yardımıyla ve Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FD-IS) ile ancak karakterize edilebilirler. Bir plastik, antropojenik faaliyetler ve çevresel olaylarla parçalanarak milyonlarca mikroplastik parçacıklarına dönüşebilmektedir. Plastiklerin, hidrofobik yüzey, yüzücülük, kirleticileri taşıma potansiyelleri, kalıcı organik kirletici (KOK)'leri absorplayabilmeleri, UV foto-oksidatif parçalanma vb. gibi özelliklerinden dolayı mikroplastikler su kaynaklarında büyük tehlike haline gelmiştir. Mikroplastikler, klasik atıksu arıtma tesislerinde tutulamayıp alıcı ortamlara kontrolsüzce tekrar deşarj edilmektedir. Bu yüzden mikroplastikler besin zincirinde önemli basamaklardaki, zooplankton, makro omurgasızlar, balıklar vs. gibi canlıların doku veya organlarında birikebilmektedir. Bu kirliliğin önüne geçmek ve su kaynaklarını korumak için çeşitli çalışma ve kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastikler, Kirletici, Ekolojik, Su kaynakları, Zararlı

ABSTRACT

Microplastics are small fragments of plastic that measure less than 5 mm. Nowadays microplastics have not yet been addressed as a "pollutant". Particularly colorless, transparent or micro-size plastics are form of invisible garbage in the water resources. Due to hold a variety of persistent organic pollutants (POPs) in their body this invisible garbage can be transformed into a serious pitfalls. Characterization and classification of apparent size waste is easy in the environmental pollution subjects. However characterization, description and classification of microplastics are relatively more difficult. They can be characterize by microscope and FT-IR. A plastic can be turn to millions fragments of microplastic particles by anthropogenic activities and environmental events (such as UV light, the water wave action). Due to their surface hydrophobicity, buoyant, UV photo-oxidative degradation, thermooxidative, absorb (POPs), the potential to transport contaminants and persistent properties, microplastics have the potential to become widely dispersed in the marine environment via hydrodynamic processes and ocean currents. Many wastewater treatment plants are unable to remove all microplastics. They are polluting waterways and water resources. Further studies are requires for prevention of microplastic pollution and protect the water resources.

Keywords: Microplastics, Pollutant, Ecological, Water resources, Hazardous

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, SAKARYA (mevci@sakarya.edu.tr) (sorumlu yazar)

1. GİRİŞ

Plastikler hafiflik, esneklik, kolay işlenebilirlik, korozyona karşı dayanıklılık, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığı, kullanım kolaylığı ve ekonomiklik gibi sundukları pek çok avantajları nedeniyle günlük hayatımızda her alanda kullanılan polimerik maddelerdir. Tüm dünyada geçmişten geleceğe plastik tüketimine bakıldığında, 1960'larda toplam 7 milyon ton olan tüketimin günümüzde yaklaşık 330 milyon ton olduğu ve 2020 yıllarında ise bu tüketim miktarının 540 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Toplam plastik tüketiminin günümüzden itibaren yılda yaklaşık % 4-6.2 oranında artacağı tahmin edilmektedir [1, 2]. Plastik hammaddeleri çeşitli ölçekteki plastik işleme fabrikalarında ergitilerek şekillendirme vb. işlemlerden sonra ürün haline getirilerek piyasaya sürülür. Kentlerde oluşan çöplerin kırsalda oluşanlardan en az iki kat daha fazla olduğu bilinmektedir. Ülkelerde ekonomik büyümeye paralel olarak artan üretim ve buna bağlı tüketim ile birlikte oluşan çöpler de artmaktadır [3].

Plastik atıklarını; üretim atıkları ve tüketim atıkları olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Fabrikalarda üretim sırasında oluşan kırıntılar, parçalar, döküntüler ve hatalı ürünleri üretim artıkları grubunda; evsel, endüstriyel, ulaşım, tarımsal faaliyetler amacıyla kullanım sonrası oluşan plastik atıkları da tüketim atıkları olarak söylenebilir. Günümüzde yıllık plastik üretimi yaklaşık 330 milyon ton iken bunun yalnızca yüzde 10'u geri dönüştürülmektedir. Bir kişi veya firma ortalama ne kadar plastik atık üretir ve de çevreye atar bilemez bu yüzden bu tür atıkları yönetebilmek ve minimize edebilmek için öncelikle herkes atığını ölçmeli ona göre de atığı önleme, azaltma, geri dönüşümü açısından değerlendirmelidir. Uluslararası olarak yürütülen Plastik İfşası Projesi ile, çevreyi olumsuz etkilemeden tüketiciler ve işletmeler açısından değer katan bir dünya yaratmak amacıyla, plastik atıklarını ölçen, yöneten, azaltan ve faydalanan bir iş dünyası düşünülmektedir. Andrew Russell yönetimindeki Plastik İfşası Projesi'nde esas amaç, özellikle endüstrilerin ne kadar plastiği, nasıl kullandıkları, geri kazanma amaçlı ne yaptıkları, daha az plastik kullanmak için ne gibi önlemler aldıkları, oluşan atıkların bertarafı ve biyoparçalanabilir malzemelere yönelimleri ile ilgili bilgilerini ortaya koymalarıdır. Plastik kullanımına ve yarattığı zararlara akılcı bir çözüm getirmek, aşırı kullanımını azaltmak ve tüketicide, şirketlerde, fabrikalarda, hastanelerde ve üniversitelerde bilinç yaratmak amacıyla bir tedbir olarak "plastik ayak izi" kavramı ortaya atılmıştır. Karbon ayak izine benzer bir tanımla plastik ayak izi; birey, firma veya kuruluş başına kullanılan plastiklerin çevreye bıraktıkları kirlilik anlamına gelmektedir [4].

Tek bir plastik malzeme parçalanarak milyonlarca mikroplastik parçacıklarına dönüşebilmektedir. Mikroplastikler okyanuslarda kompleks iki-üç boyutlu fiziksel akımların etkisiyle pasif olarak yüzer. Mikroplastikler su kalitesiyle ilgili bir kirletici olarak yaygın olarak bilinmemektedir. Marinalardan gelen plastik çöpler ve döküntüleri sürüklenerek okyanuslarda yavaş yavaş parçalanarak küçük parçacıklar halinde gelir. Bu parçacıkların çoğu su yüzeyinde yüzer fakat bir kısmı çeşitli yollarla sedimentlere kadar gidebilir. Bu parçacıklar büyüklüklerine göre nanoplastikler (bir mikrometreden küçük olanlar), mikroplastikler (yaklaşık < 5 mm) ve mezoplastikler (yaklaşık > 5 mm) olmak üzere üç ana grupta kategorize edilmektedir [5, 6]. ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi tarafından yapılan tanımlamaya göre mikroplastikler 5mm'den küçük olan plastik parçacıklarıdır. Son zamanlarda; Andrady, mikroskopla görülebilen mikroplastikleri insan gözünün görebileceği küçük plastiklerden ayırtebilmek amacıyla bilimsel isimlendirme olarak mezoplastikler terimini önermiştir [6]. Başka bir çalışmada ise plastik parçaları üç gruba ayrılmıştır: Birincisi 5 mm'den daha büyük parçalardan oluşmaktadır. İkinci grup 1 ile 5 mm arasındaki

parçacıklardan oluşmaktadır. Üçüncü grup ise mikroplastiklerdir, bunlar; 1mm'den küçük ve yaklaşık 0.355 mm civarındaki parçacıklardır.

1990'lardan bu yana her yıl kuşlar, deniz kaplumbağaları, balinalar, yunuslar, su samuru ve foklar gibi 140.000'den fazla deniz hayvanının sularda bulunan plastikleri yutarak veya vücutlarına dolaşması sonucu boğularak öldükleri rapor edilmektedir. Plastiklerin çoğu renksizdir. Bu yüzden üretimde istenilen rengi elde etmek için renk verici maddeler kullanılmaktadır. Özellikle renksiz, şeffaf olan veya mikro boyuta kadar parçalanmış olan plastikler su kaynaklarında görünmez çöpleri oluşturur. Sulardaki mikroplastikleri ilk önce çok ince elek aralığındaki filtrelerden geçirerek süzmek ve ayırmak gerekir. Filtrasyon işleminden sonra mikroskop ile şekillerine, renklerine, veya büyüklüklerine göre bir sınıflandırma yapılabilir. Hangi malzemeden yapıldığını anlamak için de FD-IS kullanılmaktadır [7].

Lechner ve arkadaşları 2010-2012 yıllarında Avrupa'nın en büyük ikinci nehri olan Tuna nehrindeki plastik çöplerin taşınmasını incelemişlerdir. Çalışmalarının amacı sürüklenen plastik çöplerin miktarını ölçmek ve kategorize etmektir. Bu çalışma, larva dağılımının ve nehir balık popülasyonlarının korunması gerektiğini vurgulamaktadır [8, 9].

Uluslararası Pelet İzleme Projesi kapsamında yapılan çalışmalarda 17 ülkenin 30 sahilinden toplanan polietilen pelet örnekleri üzerinde organik klorlu bileşiklerin analizi yapılmıştır. Peletlerdeki en yüksek PCB konsantrasyonlarına ABD sahillerinde rastlanmıştır. Ardından Batı Avrupa ve Japonya gelmektedir, tropikal Asya, Güney Afrika ve Avustralya'da ise daha düşük olarak ölçülmüştür. Bu konumsal numuneler PCB kullanımındaki bölgesel farklılıkları yansıtmaktadır ve sonuçlar midye izleme verileriyle pozitif bir ilişki içindedir. ABD'nin batı kıyısında ve Vietnam'da yüksek konsantrasyonlarda DDT' ye rastlanmıştır. Türkiye' de ise Eylül ayında İzmir sahillerinden toplanan çöplerdeki plastik örneklerinin yüzde 75' inin PE olduğu ve bunlar üzerinde yapılan analizlerde 53 ng/g-pelet PCB, 27.6 ng/g-pelet DDT ve 0.83 ng/g-pelet HCH grubu pestisitlerin bulunduğu görülmüştür [10]. Bu proses tersinirdir. Yani deneysel çalışmalar da göstermiştir ki, üzerine zararlı kirleticiler tutunmuş olan mikroplastikler deniz solucanları veya balıklar tarafından yutulduğunda zararlı kirletici canlıya geçmektedir [11, 12, 13]. Transfer olayı polimerin tipine, kirletici maddeye, organizmanın durumuna ve özellikle de pH ve sıcaklığa bağlıdır. Bu geçişler maddelere göre özel şekilde gelişmektedir ve henüz tam olarak açıklanamamaktadır [14].

Mikroplastiklerin su ortamlarında yarattığı zararlı etkiler de yeni yeni tartışılmaya ve araştırılmaya başlanmıştır. Literatüre bakıldığında bu konuda yapılan çalışmalar en fazla son birkaç yıl içerisinde yapılmaya başlanmıştır ve sayı olarak da çok azdır [15, 16, 17 18]. Mikro-nanoplastiklerin olumsuz etkilediği organizmalar yalnızca denizlerde ve okyanuslarda değil tatlı sularda da bulunmaktadır. Bu parçacıklar alglerin yavaş büyümesine ve su pirelerinin yapısal deformasyonuna sebep olabilir ve küçük organizmalar ile balıklar arasındaki iletişimi engelleyebilir. Nanoplastiklerin *Scenedesmus obliquus*'un büyümesine ve *Daphnia magna*'nın üremesine etkilerini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada; nano polistirenin (nano PS) yeşil alg *S. obliquus* büyümesine ve fotosentezine etkileri ve zooplankton *D.magna*'nın ölüm, yeni nesil üremesi ve malformasyonları gibi etkileri incelenmiştir [19]. Nano PS alglerdeki nüfus artışını ve klorofil konsantrasyonlarını azaltmıştır. Mikroplastığe maruz bırakılan *D.magna*'nın vücut büyüklüğünde olumsuz yönde değişimler ve üremesinde ciddi değişiklikler gözlenmiştir. Yenidoğanların sayılarında ve vücut büyüklüğünde azalmalar gözlenirken, yenidoğanlar arasında malformasyonla uğramış

bireylerin sayısı % 68'e yükselmiştir. Nano-PS' nin bu etkileri, polistrenin 0.22 ve 103 mg nanoPS/L arasındaki nanoparçacıkları kullanıldığında gözlenmiştir. Malformasyonlar 30 mg nanoPS/L konsantrasyonlarından itibaren başlamıştır. Marinalardaki benzer plastik konsantrasyonları, burada tatlı su için belirtilen konsantrasyondan daha yüksektir ve nihayetinde sedimentlerdeki konsantrasyonlar daha fazla olacaktır. Bu çalışma mikroplastiklerin özellikle tatlı su organizmaları üzerindeki olumsuz etkilerini anlatan ilk çalışma olarak kabul edilebilir [19, 20].

Yapılan bir araştırmada bilim adamları yengeçlerin denizlerdeki mikro plastik parçaları sadece yiyeceklerle değil, solungaçlarıyla da çekerek solunum sisteminde tutabildiklerini ortaya çıkarmışlardır [21, 22]. Plastikler bazı türleri veya maddeleri kökeninde bulunduğu yerlerden daha uzaklara taşıyabilirler [23].

Bazı canlılar ise nadiren de olsa okyanuslardaki akıntı kesişme noktalarında biriken plastik çöp parçalarından faydalanabilmektedir [24]. Örneğin suyun yüzey gerilimi üzerinde yaşayan böceklerden Veliidae ve Gerridae familyaları epinöstonun en çok tanınanlarıdır. Gerridae familyasının yüzde 90'ı sadece tatlı sulara bulunur fakat Halobates grubuna ait beş tür denizlerde yaşar. Bu patenci böcekler 1 cm uzunlukta olan ve sudan çok havaya bağlı yaşayan karasal canlılardır. Su yüzeyinde ileri geri kayarak dururlar. Yumurtalarını ancak odun, kaya veya suda yüzen uygun bir sert yüzeyli madde bulduğunda bırakabilir. Günümüzde patenci böcekler özellikle okyanuslarda biriken plastik çöplerin yüzeyinde rahatça yumurta bırakacak sert ortam bulabildikleri için diğer türler arasında sayıca üstün hale gelebilmektedir. Günümüzde plastik atıkların miktarı 1970' lere göre 100 kat artmış bulunmaktadır. Denizlerde plastik parçalarına tutunarak yaşayan bazı yengeç türleri ve bazı kabuklular da bu plastik parçalarının sağladığı ortamdan fayda sağlayan canlılar olarak söylenebilir [25].

Mikroplastiklerin kaynakları ve lavabolardan kanalizasyonlara oradan da habitatlara geçişiyle ilgili olarak yapılan bir çalışmada; yoğun nüfuslu bölgelerde daha fazla polyester, akrilik, polipropilen, polietilen ve poliamid liflerin küresel ölçekteki sahilleri kirlettiği ortaya çıkarılmıştır. Artık kanalizasyonların boşaltıldığı tatlı sular ve karasal habitatlar da dahil olmak üzere nüfus yoğunluğu düşük olan yerlerde de genel bir ilişkiyi göstermek gerekmektedir. Mikroplastik liflerin önemli bir kaynağı, çamaşır yıkama sonrası oluşan sentetik liflerin kanalizasyona boşaltılmasıdır. Yıkama sonrası oluşan sentetik tekstil liflerin oranının doğal tekstil liflerinden (örneğin, pamuk, yün, ipek) >% 170 daha fazla olduğu görülmektedir. Sentetik tekstil ürün liflerinin, çamaşır yıkama esnasında doğrudan atıksuya bırakılmasını azaltmak konusunda çamaşır makinası üreticilerinin Ar-Ge çalışmaları yapmaları ve ona göre makine tasarımları çok iyi olacaktır [26]. Yapılabilecek yeni makinalarla, atıksu arıtma tesislerine eklenebilecek yeni ünitelerle ve en önemlisi plastik içeren tüm ürünlerin aşırı kullanımının azaltılması gibi konularda yapılacak çalışmalarla, mikroplastikleri daha kaynağındayken giderilebilmek ve alıcı ortamlara girmesini önlemek açısından büyük önem arz etmektedir.

Literatürde mikroplastikler konusunda rastlanan çalışmalar sınıflandırıldığında yapılan çalışmaların çoğunluğunun plankton örneklerindeki mikroplastiklerin varlığı, kumlu ve çamurlu sedimentlerde mikroplastiklerin varlığı, mikroplastiklerin omurgalılar ve omurgasızlar tarafından yutulması ve kimyasal kirleticiler-mikroplastikler arası etkileşimlerin incelenmesi şeklinde olduğu görülmektedir [27].

Plastiklerin yutulması sonucunda potansiyel olarak çevre kirleticiler deniz besin zincirine aktarılır. Plastikler sudaki hayvanların hareketini engelleyebilir, vücutlarına dolaşabilir, boğulmalarına neden olabilir. Hayvanlar tarafından yutulduklarında yalancı bir tokluk hissi yaratarak kilo kaybına, sindirim ve gelişim bozukluğuna veya canlının dolu bir mideye rağmen açlıktan ölmesine neden olabilir [23, 28]. Daha da kötüsü bu plastiklerin 5mm'den küçük parçaları olarak bilinen mikroplastiklerin çevre ve su yaşamında oluşturduğu kötü etkilerdir. Bu etkiler henüz tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu araştırmadaki amaç, ülkemizde mikroplastiklerin çevreye ve canlılara olabilecek kötü etkilerine dikkat çekmek ve bu kirleticinin tanınmasına yardımcı olabilmektir.

2. MİKROPLASTİKLER'İN KAYNAKLARI, ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

2.1. Mikroplastikler'in Kaynakları

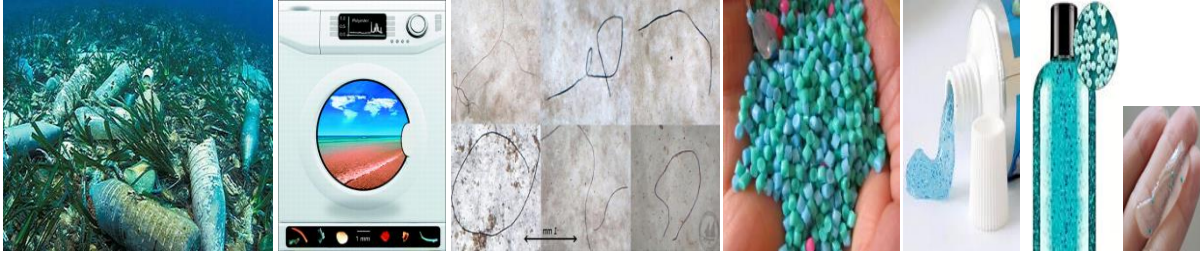
Özellikle son 50 yılda, plastiklerin yaşamımızın her alanında bulunmasından dolayı son yüzyıl neredeyse "plastik çağı" olarak adlandırılabilir. Plastik kullanımı aşırı arttıkça su kaynaklarında rastlanan mikroplastik miktarı da giderek büyümeye başlamıştır. Mikroplastiklerin önemli bir kısmı plastiklerin küçük parçalara ayrılması neticesinde oluşurken, bir kısmı da plastik ürünlerin üretiminde endüstriyel ham madde olarak kullanılan küçük pelet şeklindeki reçineler (nurdles) oluşturur. Bu peletler; dayanıklı oldukları ve üzerinde KOK'ları absorblayabildikleri için bu kirleticilerin besin zincirine girmesinde önemli bir taşıyıcı araçtır. Amerika' da her yıl 60 milyar pound plastik hammaddesi (nurdles) üretilmektedir. Silindirik veya disk şeklindeki termoplastik peletler tüm dünyadaki plastik işleme fabrikalara sevk edilirler ve peletler; plastik şişe, kapak, çanta, ambalaj v.b. ürün yapmak için eritilerek kalıplara dökülür. Bu peletler taşıma, işleme işlemleri sırasında kazayla denizlere dökülebileceği gibi üretim döküntüleri de kontrolsüzce sulara verilebilmektedir [29].

Plastik kirliliği deniz ortamına nehirler, plajlar, denizcilik faaliyetleri ve yasadışı deşarjlar aracılığıyla girmektedir. Marinalardaki mikroplastik çöplerin kaynakları; evsel, endüstriyel, trafik, kullanılmış büyük plastiklerin çevrede parçalanması ve kanalizasyon-atıksu arıtma tesisleri gibi çeşitli antropojenik aktivitelerdir. Kentsel atıksu arıtma tesislerine kanalizasyon yoluyla bol miktarda sentetik tekstil lifleri ve kozmetik temizleyicilerin içinde bulunan mikroboncuklar gelir [26]. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, atıksu arıtma tesislerine gelen bu mikroplastikler mevcut işletilen metodlarla giderilemeden alıcı ortamlara deşarj edilmektedir [30]. Alıcı ortamların göl, akarsu gibi tatlı ve değerli su kaynakları olduğu düşünülürse, mikroplastiklerin kontrolsüz ve aşırı şekilde kullanılması neticesinde zamanla ekolojik dengede yaratabileceği tahribat daha iyi anlaşılacaktır [31].

Çoğu kozmetik ürününde bulunan mikroboncukların çapları yaklaşık 1mm-4mm arasındadır ve mikroplastik olarak nitelendirilirler. Mikroboncuklar genellikle kişisel bakım ürünleri kökenli olup lavabo veya küvetler aracılığıyla kanalizasyon sistemine geçer. Sularda yüzen çöplerin yüzde 90'ı plastik kaynaklıdır. Sudaki canlılar tarafından yutulan mikroplastikler birincil üreticiden yırtıcılara doğru besin zinciri boyunca geçerek biyomagnifikasyona uğrayabilir [32].

Mikroplastiklerin kaynakları olarak (Bknz. Şekil 1); çoğu sentetik tekstil lifleri, kozmetiklerde deterjan ve dişmacunlarında bulunan mikroboncuklar, plastik fabrikalarının

atıkları, otomobil lastiklerinden aşınıp kopan parçacıklar ve çevredeki plastiklerin çevrede zamanla küçük zerreciklere dönüşmesi sayılabilir. Bunlardan mikroboncuklar ve tekstil lifleri direkt kullanım neticesinde oluşan birincil mikroplastikler (primer) olarak düşünülürken; diğer plastik atıkları, lastik atıkları ve çevredeki plastiklerin parçalara ayrılması, belli parçalanma aşamalarından sonra oluştuğu için dolaylı kirletici veya ikincil mikroplastikler (sekonder) olarak düşünülebilir. Bu parçalara ayrılma işlemleri; antropojenik etkilerle ve/veya su, hava, rüzgar, güneş (UV ışını) etkisi gibi doğal etkilerle gerçekleşebilir.



Şekil 1. Mikroplastiklerin kaynakları

2.2. Mikroplastiklerin Şekilleri

Mikroplastikleri amorf tan küresele veya uzun ince liflere kadar çok çeşitli şekillerde bulunabilir. Plastik peletler tablet benzeri küresel, dikdörtgen, silindirik ve disk şeklindedir en çokta uçları yuvarlanmış küresel ve oval şeklindedir [33]. Gelgit ve haliç sedimentlerinde bulunan çoğu parçaları liflerden oluşmaktadır [26, 34]. Kanalizasyon deşarjlarından ve kanalizasyondan alınan sedimentlerdeki mikroplastikler incelendiğinde, sentetik tekstil ürünü giysilerde kullanılan polyester ve akrilik liflerin oranlarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Mikroplastiklerin şekilleri çevrede kalma süresine bağlı olduğu kadar maruz kaldığı parçalanma işlemlerine de bağlı olarak değişir. Örneğin marinalarda rastlanan keskin kenarlı bir mikroplastik o plastik parçalarının denize yeni girmiş olduğunu veya köşeleri yuvarlanmış pürüzsüz parçaların ise sedimentte uzun süre kalarak sedimentteki diğer maddeler tarafından aşınarak pürüzsüz hale geldiğini gösterebilir [35].

2.3. Mikroplastiklerin Sınıflandırılması

Mikroplastikleri kategorize edebilmek için oluştuğu kaynaklar, üretildiği malzeme, tipi, yapısı, şekli, rengi ve aşınıklık durumu değerlendirilebilir [7]. Günümüzde kullanılan plastiklere bağlı olarak oluşan mikroplastiklerin çeşitli özellikleri esas alınarak yapılmış olan bir sınıflandırma aşağıdaki Çizelge 1'de gösterilmiştir. Bu çizelgeden de anlaşıldığı üzere üretilen plastik hangi malzemeden yapılmışsa kullanım sonrası oluşacak mikroplastik de o özellikleri taşıyan ve kullanım durumuna göre çeşitli aşınmalara uğramış olan parçacıklar halinde olacaktır.

Mikroplastik süspansiyonlar optik mikroskop, elektron mikroskobu, Raman spektroskopisi ve FTIR spektroskopisi ile tanımlanabilir. Mezoplastikler spektroskopik ve görüntüleme teknikleriyle, mikroplastikler mikrospektroskopi ve Floresans teknikleriyle ve nanoplastikler ise elektron mikroskopi ile görüntülenebilir. Yuvarlaklık parçacık boyutu ile ters orantılı olarak değişmektedir. Daha büyük parçacıklar daha ince uzun ve/veya pürüzlü yüzeye sahipken giderek küçülen parçacıkların ise daha yuvarlak şekilli olarak bulunmaktadır. Muhtemelen parçacıklar zamanla daha küçük parçalara ayrılmaya ve bozunmaya devam

etmektedir [6]. Plastikler kullanıldıktan sonra geri dönüşümü oldukça fazla olabilecek önemli malzemelerdir.

Çizelge 1. Mikroplastiklerin kaynakları ve yapısı








Kategoriler	Mikroplastikler
Kaynakları	1. <u>Tüketici ürünlerinden kaynaklananlar</u> : Kozmetiklerdeki mikroboncuklar; yüz temizleme ve peeling jelleri, şampuan ve sabunlar, diş macunu, eyeliner, rimel, dudak parlaticısı, deodorant ve güneş kremleri. 2. <u>Tekstil ürünleri</u> : Kıyafetlerde vb. kullanılan polyester, polyamid (nylon) ve polar tekstil malzemeler 3. <u>Endüstriyel hammaddeler, artıkları ve döküntüleri</u> : Plastik üretim, işleme ve şekillendirme işlemlerinden 4. <u>Ulaşımından kaynaklananlar</u> : Araç lastiği döküntüleri
Tipi	Plastik parçacıkları, peletler, iplik-lifler, plastik filmler, köpüklü plastikler, granüler plastikler, strafolarlar
Şekilleri	<u>Pelet şeklinde olanlar</u> : silindirik, diskler, düz, oval, küresel <u>Parça şeklinde olanlar</u> : yuvarlak, yarı yuvarlak, köşeli, yarı köşeli <u>Genel</u> : şekilsiz, uzun, parçalanmış, pürüzlü ve kırık kenarlı
Aşınma durumu	Yeni, bozunmamış, pürüzlü yüzey, pürüzlü parçacıklar, doğrusal kırıklar, yarıparalel çıkıntılar, yeni başlayan değişim ve çizik düzeyi (konkoidal kırıklar), oyuklu, pürüzsüz yüzey, bozunmuş ve çok bozunmuş olanlar.
Renk	Transparan (şeffaf), kristalin, beyaz, açık-beyaz-krem, kırmızı, turuncu, mavi, opak, siyah, gri, kahverengi, yeşil, pembe, ten rengi, sarı, ve pigmentasyon

Plastik reçine tanımlama ve geri dönüşüm kodlama sistemi Plastik Endüstrisi Topluluğu (SPI) tarafından 1988 yılında geliştirilmiştir. Uluslararası kullanılan bu kodlama, plastik türlerine 1' den 6'ya kadar numara atanarak yapılmıştır. Plastik endüstrisi geliştikçe, özel kriterlere uymayan 1-6 arası etiketlenemeyecek birçok yeni plastik türevleri icat edilmiştir. SPI, kodlamış olduğu altı plastiğin kombinasyon şeklinde kullanılması veya bunların dışında bir plastik kullanılması durumunda 7 numaralı kodu "diğer" malzemeler olarak tanımlamıştır. Çizelge 2'de gösterilen bu geri dönüşüm kodları, üçgen geri dönüşüm sembolü içine yazılmış numaradan oluşur ve genellikle ürünün alt tarafında bulunur. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi bazı malzemelerin sağlık üzerinde olumsuz etkileri saptanmamış ve geri dönüşümü iyi iken bazılarının etkileri her iki anlamda da kötü olabilmektedir.

Geri dönüşüm kodu veya türü ne olursa olsun plastiklerin çevreye kontrolsüzce terkedilmesi neticesinde su kaynakları ve canlılar açısından yaratağı riskler düşünülmelidir. Plastiklerin kullanımı sırasında herhangi bir risk oluşturmayanları bile yaşam döngüsü analizi yapılarak düşünüldüğünde mikroplastiklere dönüşerek çevrede tehdit oluşturabilir.

Günümüzde her yerde yaygın olarak kullanılan plastik çeşitlerinin adları ve kullanım alanları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'de görüldüğü gibi günümüzde sıklıkla kullanılan plastik türlerinin yoğunlukları farklıdır. Bunların parçalanarak tatlı-tuzlu su ortamlarına girmesi neticesinde; farklı yoğunluk değerlerinden dolayı yüzeylerde, su kolonu boyunca ve sedimentler içinde mikroplastiklere rastlanabilir.

Çizelge 2. Plastik reçine tanımlama ve geri dönüşüm kodları[36, 37]

Plastik kodu	Kısaltması	Plastik Adı	Morfoloji	Tekrar Kullanım	Geri dönüşüm	Sağlık	Erime Sıcaklığı T _m (°C)
	PET, PETE	Polietilen tereftalat	Kristalin Termoplastik	Hayır Tek kullanımlı	Çok iyi	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	250-260 T _g =800 C
	PE-HD, HDPE	Polietilen-yüksek yoğunluklu	Kristalin Termoplastik	Evet	Çok iyi	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	130
	PVC, V	Polivinil klorid (Vinil klorür CH ₂ = CHCl)	Amorf Termoplastik	Hayır	İçindeki katkı maddeleri (Kurşun, DEHA (di (2-etilheksil) adipat), dioksinler, Etilen diklorür, Vinil klorür) yüzünden çok az dönüştürülebilir.	Zararlıdır; öğrenme güçlüğü, bağışıklık ve hormon bozukluğu, doğum kusurları, genetik değişiklikler.	T _g =800 C
	PE-LD, LDPE	Polietilen-düşük yoğunluklu	Kristalin Termoplastik	Evet	Genellikle geri dönüştürülemez.	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	110
	PP	Polipropilen (Propilen CH ₃ CH= CH ₂)	Kristalin Termoplastik (Yarı seffaf beyaz)	Evet	Kolayca dönüştürülemez.	Herhangi bir zarar bildirilmemiş.	160
	PS	Polistiren (Stiren C ₆ H ₅ CH= CH ₂)	Amorf Termoplastik (Renksiz, saydam)	Hayır	Mümkün fakat ekonomik değildir.	Zararlıdır. Stiren' in nörotoksin etkileri ve yağ dokuda depolanabilme özelliği vardır. Kırmızı kan hücreleri üzerinde, karaciğer, böbrek ve mide organlarına zararları bulunmaktadır.	240 T _g =70-1150C
		Polikarbonat, Akrilik,	Çeşitli	Hayır	Karışık plastikleri içerdiğinden zordur.	Zararlıdır. Etkileri plastiğin içindeki reçine ve plastikleştiricinin çeşidine göre değişir. Polikarbonat plastikten bisfenol-A (BPA) adıyla bilinen endokrin bozucu sızar.	-

Hidalgo-Ruz ve arkadaşlarının (2012) yaptığı bir çalışmada deniz ve okyanuslardan alınan su numunelerinde ve sedimentlerde bulunan mikroplastikleri yoğunluk farkına göre ayırabilmek amacıyla yoğunluğu 1.2 g.cm⁻³ olan sodyumklorür çözeltisi, yoğunluğu 1.4 g.cm⁻³ olan sodyumpolitungstat çözeltisi, musluk suyu ve deniz suyu kullanılmıştır [7]. Polistirenin köpüklü formu, yüksek ve düşük yoğunluklu polietilen ve polipropilen musluk suyunda ve

deniz suyunda yüzer. Polistirenin katı formu ise doymuş tuz çözeltisi içerisinde yüzmektedir. Son olarak esnek ve sert polivinil klorür (PVC), polietilen tereftalat (PETs) ve naylon, sodyumpolitungstat çözeltisi içinde yüzer. İki deniz suyu çalışmasında benzer bir yoğunluk ayırma işlemi; süpernatant kısmından yüzen parçacıklar alınıp tatlı su içine konularak gerçekleştirilmiştir [38, 39].

1.4. Mikroplastiklerin Fizikokimyasal Özellikleri

Hidrofobik yüzeyleri olması, yüzücülük, kirleticileri taşıma potansiyelleri, PCB ve DDT gibi KOK'ları absorplayabilmeleri, UV foto-oksidatif bozulma, termo oksidatiflik, bio ve/veya termal parçalanma, özellikle biyofilmlerde biyokütle üzerine bağlayıcılık vb. gibi özellikleri bulunmaktadır. [7, 40].

Mikroplastiklerin sebep olduğu kötü biyolojik etkilerinin yanısıra, KOK'ları deniz besin zincirine taşımada rol oynadıkları da bilinmektedir (Biyokümülyasyon, biyomagnifikasyon). Mikroplastikler KOK'lar için etkili bir tutucudur ve KOK'ları yüzeysel su kaynaklarından sedimentlere taşır, dolayısıyla bu da bentik organizmaların KOK'lara maruziyetini artırmaktadır. Dünya çapında denizlerde rastlanan plastik peletlerdeki bildirilen KOK konsantrasyonları 1-10,000 ng/g plastik pelet arasındadır. Poliklorlubifenil konsantrasyonları dünya çapında 4-980 ng/g plastik pelet, kuzey denizinde ise 169-324 ng/g bulunmuştur. Deniz kuşlarının beslenmesi ve saha incelemesiyle ilgili incelemeler sonucunda kuşların içindeki makroplastik ile PCB konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur [41].

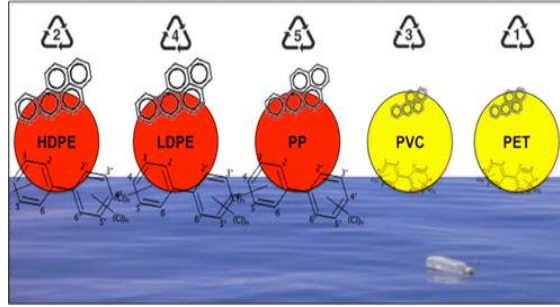
Mikrokirleticilerin bazıları ve KOK'lar, biyolojik olarak çözülmedikleri veya parçalanmadıkları için çevrede kalıcı olan insan yapımı zararlı kimyasallardır. Örneğin dioksinler, PCBler, organoklorlu pestisitlerin farklı türleri, DDTler and HCHler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHlar), heksakloro benzen (HCBler) [41] ve bromlu alev geciktiricilerin tümü KOK'lardır. Bunlar esasında lipofilik oldukları için (örneğin, sıvı ve katı yağlar için yüksek bir afiniteye sahiptir) KOK'lar, deniz organizmalarının yağ dokularında birikir. Yaban hayatı ve insanlar için potansiyel olarak birçok olumsuz etkilere (örneğin kanser, malformasyon, immün sistemde ve üreme yeteneğinde bozulma) neden olmaktadır [42]. Plastik peletler de lipofiliktir ve KOK'lar için son derece yüksek bir afiniteye sahiptir. Plastik reçine peletlerin içindeki KOK'ların konsantrasyonu çevresindeki deniz suyundan bir milyon kat daha fazladır. Bu birikme ilk kez 1998 yılında yerinde yapılan deneylerle gözlemlenmiştir [28]. Reçine pelet izleme çalışmalarının önemli olmasının nedeni budur.

Ayrıca KOK'ların absorplanmasına ek olarak, denizlerdeki plastikler; plastikleştiriciler, antioksidanlar, anti-statik ajanlar ve alev geciktiriciler gibi katkı maddeleri içermektedir [42]. Bazı katkı maddeleri ve katkı kaynaklı kimyasallar (örneğin; nonilfenol, bisfenol A) hormonlar aracılığı ile vücutta endokrin bozulmasına yol açarlar. Bu potansiyel hasarlar, beyin gelişiminin, öğrenme ve davranışların, gövde ve uzuvların, normal cinsel gelişimin bozulması (erkeklerin kadınlaşması ve kadınların erkekleşmesi de dahil olmak üzere) ve artan kanser olayları (örneğin; meme ve prostat kanserleri) olarak sayılabilir. Peletlerin içinde kullanılan katkı maddeleri zararlı olsa da, plastik parçaları yapma ve plastik ürün son işlemlerinde daha fazla zararlı katkı maddesi kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışma endokrin bozucu nonilfenollerin su şişesi kapaklarında bile mevcut olduğunu göstermiştir [42].

Çizelge 3. Plastik çeşitleri [2, 7, 43]

Plastik Adı	Kullanımı	
ABS (Acrylonitrile butadiene styrene)	Akrilonitril bütadien stiren	Elektronik aletler, Otomotiv, mutfak gereçleri
ASA (Acrylonitrile styrene acrylate)	Akrilonitril stiren akrilat	
PA (Polyamide-Nylon)	Polyamid 1.02-1.04 g.cm ⁻³	Fiber, diş fırçası kılları, misina
PBT (Polybutylene terephthalate)	Polibütülen tereftalat 1.31 g.cm ⁻³	Tekstil, halı
PC (Polycarbonate)	Polikarbonat 1.20-1.22 g.cm ⁻³	Alevi iletmemeye ve kendini söndürme özelliği yüksektir. Bu ürünler BPA içerebilir. Tıbbi aletler, su şişesi, kapak, bardak, çatal, mutfak gereçleri, otomotiv, CD, gözlük vb. imalatı
PE (Polyethylene)	Polietilen 0.917-0.965 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Paketleme, plastik mutfak ürünleri, otomotiv sanayi, altyapı malzemeleri, beyaz eşya ve makina parçaları, oyuncak ve tekstil
PE-HD, HDPE (Polyethylene-high density)	Polietilen-yüksek yoğunluklu 0.94 – 0.96 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Temizlik maddeleri, çamaşır deterjanı ambalajı, bazı poşetler, şampuan ve süt şişeleri, borular, tanklar, varil, kablo yalıtımı, oyuncak
PE-LD, LDPE (Polyethylene-low density)	Polietilen-düşük yoğunluklu 0.91 – 0.93 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Şişe, dondurulmuş gıda, ekmek ve market poşetleri
PE-LLD (Polyethylene-linear low density)	Polietilen-doğrusal yoğunluklu	düşük <u>Yaygın kullanım.</u>
PET, PETE (Polyethylene terephthalate)	Polietilen tereftalat 1.37-1.45 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Pet şişe ismi bundan gelir. Şeffaftır. Su, Meşrubat ve yemeklik yağ.
PMA (Polymethyl acrylate)	Polimetil akrilat 1.22 g.cm ⁻³	
PMMA (Polymethyl methacrylate), Acrylic	Polimetil metakrilat, Akrilik, Pleksiglas 1.15-1.19 g.cm ⁻³	Otomotiv farı, cihaz kapakları, levha, optik ekipmanlar, boya, elyaf, iplik ve ev dekorasyon ürünleri
Polyester	Polyester 1.24-2.3 g.cm ⁻³	Tekstil endüstrisi
POM (Polyoximethylene)	Polioksümetilen, Asetal 1.41-1.61 g.cm ⁻³	Elektrik ve sıhhi tesisat bağlantıları
PP (Polypropylene)	Polipropilen 0.83-0.90 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Otomobil yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapay halı kaplama, bahçe mobilyası, vs.
PS (Polystyrene)	Polistiren 0.96-1.05 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Gıda paketleme, elektronik ve beyaz eşya, film, levha, kaplar, kapaklar, et ve yumurta kutuları, şişe, köpüklü izolasyon, aydınlatma, buzdolabı, çamaşır makinesi parçaları, radyo televizyon kasaları, oyuncak, kozmetik kutuları, duvar kaplamaları, ambalaj, izolasyon
PTFE (Polytetrafluoroethylene)	Politetrafloretillen (Teflon)	Mutfak gereçleri, kaplar
PS-E, EPS (Polystyrene-expandable)	Polistiren- genişletilebilir	Elektronik, ambalaj, yalıtım, çatı ve cephe panellerde, dekoratif, döşeme, deponi alanları
PU, PUR (Polyurethane)	Poliüretan 1.2 g.cm ⁻³	Dolgu köpükleri, ısı yalıtım köpükleri, yüzey kaplamaları, baskı silindirleri
PVC (Polyvinyl chloride)	Polivinil klorid 1.16-1.58 g.cm ⁻³	<u>Yaygın kullanım.</u> Döşeme, ev dış cephe kaplaması, borular, streç, yiyecek kaplama, şişe, bardak, suni deri, kredi kartı, spor malzemeleri
PVDC (Polyvinylidene chloride)	Poliviniliden klorid 1.63 g.cm ⁻³	Yiyecek paketleme, evsel, endüstriyel gereçler
SAN (Styrene-acrylonitrile)	Stiren-akrilonitril	Mutfak gereçleri, Buzdolabı parçaları, raf ayraçları, ışık kapakları, kozmetik ambalajı

Mikroplastikler su ortamlarında yaşayan canlılar için kimyasal kirleticilerin oluşturduğu bir "kokteyl" haline dönüşebilir (Bknz. Şekil 2). Buna "plastik çorba" da diyebiliriz. Planktonla beslenen ve yeryüzündeki en büyük hayvan olan mavi balinaların (*Balaenoptera musculus*) beslenmeleri sırasında mikroplastikleri bünyesine aldığı ve tuttuğu tahmin edilmektedir [44, 45]. Albatros kuşları kendi yiyecekleri midye, balık ve kalamarla bereber çok aşırı miktardaki plastikleri yiyecek gibi yutmaktadır, su kaplumbağaları ise denizanasıyla beslenirken etrafını sarmalayan mikroplastikleri de yiyecek zannederek yemektedir. Bunun nedeni, plastiklerin kolay alınabilir parçacıklar halinde durması ve yüzeylerinin büyük ölçüde organik maddelerden oluşan bir biyofilm ile kaplanmış olmasıdır.



Şekil 2. Kirleticilerin kokteyli [46]

Son zamanlarda yapılan deneysel çalışmalar, örneğin; midye (örn. *Mytilus edulis*), [47] ve istiridye gibi çift kabuklu yumuşakçalar, derisidikenliler, kabuklular (örn. Su piresi, copepod), istakoz (*Nephros norvegicus*), deniz hıyarı [48] gibi bazı invertebratların, balıkların ve zooplanktonların mikroplastikleri yuttuğunu ve bundan dolayı organlarının ve sindirim sistemlerinin kötü bir şekilde etkilendiklerini göstermektedir [49, 50]. Midye vb. gibi suyu süzerek beslenen (filter feeding) canlılar, sudaki her türlü maddede bünyelerinde barındırırlar. Özellikle atık suların deşarj edildiği alıcı ortamlarda midyeler, atıklardaki çeşitli besinlerle beraber mikroplastikleri de alabilirler. Böylece bunu yiyecek olan insanlara da bu kirleticilerin geçmesi ve çeşitli sağlık sorunlarına yol açması kaçınılmaz olacaktır.

Hidalgo-Ruz ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada farklı yaşama birlikleri ve farklı akış yollarındaki (kumlu plajlar, gelgit sedimentleri, deniz yüzeyi, su sütunu, ve okyanus tabanı) mikroplastikleri yüzücülüklerine göre; pozitif yüzücü ve negatif yüzücü olmak üzere iki gruba ayırmıştır [7]. Mikroplastiklerin yoğunluk, şekil ve büyüklük gibi özellikleriyle beraber bazı dış kuvvetler onların yayılışını etkiler. Bu kuvvetler; denizsu yoğunluğu, deniz yatağı topografisi ve basınçtır [51]. Sularda mikroplastiklerin taşınımı ve yayılmaya ilgili yapılan çalışmalarda; plastik parçacığın yoğunluğu, çok etkili bir faktördür. Günümüzde yaygın olarak kullanılan plastiklerin yoğunluğu 0.85-1.41 g/cm³ arasındadır. Bu plastiklerden LDPE, HDPE ve PP yoğunluğu 1 g/cm³'den küçük, PS, naylon6, PVC ve PET ise yoğunluğu 1 g/cm³'den büyük olan plastiklerdir. Böylece, parçacık yoğunluğu; bir parçacığın bentik ulaşım güzergahında bir pelajik bölgeyi kaplayıp kaplamadığını; düşük yoğunluklu plastiklerin yüzey ve nöstonik ortamda, yüksek yoğunluklu plastiklerin derinlerde bentosta bulunup bulunmadığını belirler [52].

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Plastiklerin parçalandıklarında aynı özellikteki daha ufak parçacıklar haline gelir ve sularda tıpkı besin zincirinin temelinde yeralan plankton gibi davranır. Yani mikro parçalara ayrılmış olan plastikler, yoğunlukları sudan az olduğundan dolayı su kaynaklarının yüzeyinde

planktonik canlılarla birlikte hareket eder. Derin deniz sedimentlerindeki mikroplastik kirliliği konusunda yapılan bir çalışmada her 25mL'de 1 mikroplastik bulunduğu ve 1176m- 4843m derinliklerde bile mikroplastiklere rastlandığı kaydedilmiştir [53]. Bu değerler mikroplastiklerin denizlere, okyanuslara aşırı miktarda karıştığının ve mikroplastiklerin yalnızca su yüzeylerinde değil, su kolonu boyuca ve derin deniz sedimentlerinde de bol miktarda bulunduğunun göstergesidir. İhtiyaçlar doğrultusunda ve gelişen teknolojiyle birlikte daha “dayanıklı plastik” türleri üretilmektedir. Buna ilaveten, plastiklerin zararlı katkı maddesi ihtiva etmesi, zehirli kimyasalları adsorplayabilmesi ve doğada serbestçe dolaşması da dikkate alınır ise plastiklerin gelecekte ekolojik olarak ciddi problemler oluşturabileceği tahmin edilebilir. Toksik kirleticilerin besin zinciri boyunca taşınmasında mikroplastiklerin etkin bir rolü olduğu bilinmektedir Bu yüzden aşırı plastik tüketiminin ve su kaynaklarının kirletilmesinin önüne geçmek amacıyla çok ciddi çalışmalar yapılmalıdır.

Son yıllarda dünya genelinde, mikroplastikler ve onların çevreye verdiği zararlar konusundaki “farkındalık” artmaya başlamıştır. Dünyadaki birçok uluslararası kuruluş bir araya gelerek, plastik atıkların ekolojik açıdan yarattığı olumsuz etkiler ve çözümleri konularında çalışmaktadır. Bu çalışmalarda özellikle son yıllarda mikroplastikler ve onların olumsuz etkileri de yoğun bir şekilde araştırılmaktadır [54, 55, 56]. Bazı ülkeler, tek kullanımlık plastik poşetleri ücretli hale getirmek, müşterilerine bedava poşet sunan işletme sahiplerine para cezası ödetmek suretiyle insanları plastik tüketiminden caydırma çalışmaları yürütmektedir. Bu konuyla ilgili olarak Avrupa Birliği ülkelerinde plastik poşet kullanımının 2019'a kadar % 80 oranında azaltılması konusunda bir öneri bulunmaktadır. Chang, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley' de öğrenci konutlarının bulunduğu bölgede kozmetiklerdeki mikroplastiklerle ilgili olarak yaptığı bir çalışmada, yıllık toplam 5000 g mikroplastik atığın kanalizasyona gittiğini tahmin etmiştir [57]. Bu durumda dünyada tonlarca mikroplastığın kanalizasyona gittiği şüphesizdir. Bazı ülkelerde bu konuda tedbir olarak plastik mikroboncuk içeren kozmetiklerin yasaklanması gündemdedir. Gerçekten de kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinde mikroboncuk içeren ürün üretiminin ve satışının yasaklanması gereklidir. Eğer gerekliyse onların yerine doğal meyve çekirdeği parçacıkları vs. kullanılabilir. Sağlık açısından zararlı olan plastiklerin kullanımı kısıtlanmalıdır. Çünkü plastik mikro boyuta gelse bile tipik özelliğini yitirmeyecektir.

Evlerde kullanılan çamaşır makinesinden alınan örnek atıksu numuneleriyle yapılan çalışmalar, tek bir sentetik giysiden bile her yıkama başına >1900 lifin kanalizasyona geçebileceğini göstermiştir [26]. Artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamada ucuz ve pratik olması sebebiyle sentetik tekstil ürünlerini kullanmak artık neredeyse geri dönülemez bir yola girmiştir. Ama en azından çamaşır makinası üreticileri, çamaşır makinalarında yıkanan sentetik tekstil iplikçiklerinin kanalizasyona kaçmasını önlemek için, araştırmalar yaparak plastik mikroiplikleri tutacak çamaşır makinaları üretmeleri iyi olacaktır. Ayrıca, polar, polyester, elyaf gibi sentetik tekstil ürünlerinin de üretimi ve yıkamada dökülecek liflerin azaltılması ile ilgili bir kontrol ve araştırma yapılması gerekebilir.

Çok küçük olmaları, ayrışmamaları ve yüzücü olmalarından dolayı birçok atıksu arıtma tesisi mikroplastikleri gideremez. Kanalizasyon vasıtasıyla arıtma tesislerine gelen atıksulardaki mikroplastikleri gidermek için membran tekniklerinden biri olan Ultrafiltrasyon (UF) uygun bir yöntemdir. Kentsel atıksu arıtma tesislerinde klasik arıtma ünitelerinin yanına bir UF ünitesi de eklenerek en azından kanalizasyonla gelen mikroplastiklerin su kaynaklarına karışması önlenir. Teknolojik bir malzeme olan plastiklerin dikkatli kullanılması ve aşırı kullanımının önlenmesi konusunda da yöneticilerin acilen önlemler alması gerekmektedir.

Kısacası; sularda mikroplastik kirliliğini önlemede; kanalizasyona gelen mikroplastiklerin daha kaynağında azaltılmasının, çamaşır makinalarının sentetik tekstil iplikçiklerini tutacak bir üniteyle donatılmasının ve klasik arıtma yapan atıksu arıtma tesislerine bir Ultrafiltrasyon (UF) ünitesi eklenmesinin bu sorunu önemli bir ölçüde çözeceği düşünülmektedir.

Günümüze kadar mikroplastiklerden, ne su kaynakları ile ilgili bir standartta ne de su kaynakları modelleme programlarında bir parametre olarak bahsedilmemiştir. Oysaki sadece zararlı organik bileşikler absorplaması bile mikroplastiklerin ciddiye alınması gereken bir konu olduğunun göstergesidir. Özellikle su kaynaklarında kirlilik ve kalite konularını modelleyen yerli veya yabancı (AQUATOX, QSAR, ECOSAR, WASP gibi) programlarda bu parametrenin de dikkate alınması iyi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] [<http://www.pardos-marketing.com/hot04.htm>], Erişim Tarihi: 20.06.2014.
- [2] [http://www.basf.com/group/corporate/en_GB/function/conversions:/publish/content/investorrelations/newspublications/presentations/2007/download/070625_BASF_IRDay_Feldmann_Plastics.pdf], Erişim Tarihi: 17.09.2014.
- [3] [http://www.nature.com/polopoly_fs/1.14032!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/502615a.pdf], Erişim Tarihi: 20.10.2014.
- [4] [<http://www.plasticdisclosure.org/>], Erişim Tarihi: 20.06.2014.
- [5] Isobe A, Kubo K, Tamura Y, Kako S, Nakashima E, Fujii N. Selective Transport of Microplastics and Mesoplastics by Drifting in Coastal Waters, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 89, 2014, s.324-330.
- [6] Andrady AL. Microplastics in the Marine Environment, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 62, 2011, s.1596-1605.
- [7] Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods used for Identification and Quantification *Environmental Science & Technology*, Cilt. 46, 2012, s.3060-3075.
- [8] Lechner A, Keckeis H, Lumesberger-Loisl F, Zens B, Krusch R, Tritthart M, Schludermann E. The Danube So Colourful: A Potpourri of Plastic Litter Outnumbers Fish Larvae in Europe's Second Largest River, *Environmental Pollution*, Cilt. 188, 2014, s.177-181.
- [9] [<http://deepseanews.com/2013/12/guest-post-the-invisible-consequences-of-mistaking-plastic-for-dinner/>], Erişim Tarihi: 20.10.2014.
- [10] Ogata Y, Takada H, Mizukawa K, Hirai H, Iwasa S, Endo S, Thompson RC. International Pellet Watch: Global Monitoring of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Coastal Waters. 1. Initial Phase Data on PCBs, DDTs, and HCHs, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 58, No. 10, 2009, s.1437-1446.
- [11] Browne MA, Niven SJ, Galloway TS, Rowland SJ, Thompson RC. Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity, *Current Biology*, Cilt. 23, 2013, s.2388-2392.
- [12] Rochman CM, Hoh E., Kurobe T, Teh SJ, Ingested Plastic Transfers Hazardous Chemicals to Fish and Induces Hepatic Stres, *Sci. Rep.*, Cilt. 3, 2013, s.3263.
- [13] Teuten EL, Saquing JM, Knappe DR, Barlaz MA, Jonsson S, Björn A, Takada H. Transport and Release of Chemicals from Plastics to the Environment and to Wildlife, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Cilt. 364, No. 1526, 2009, s.2027-2045.

- [14] Bakir A, Rowland SJ, Thompson RC. Enhanced Desorption of Persistent Organic Pollutants from Microplastics Under Simulated Physiological Conditions, *Environmental Pollution*, Cilt. 185, 2014, s.16-23.
- [15] Ryan PG, Moore CJ, van Franeker, JA, Moloney CL. Monitoring the Abundance of Plastic Debris in the Marine Environment, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Cilt. 364, No. 1526, 2009, s.1999-2012.
- [16] Claessens M, Van Cauwenberghe L, Vandegehuchte MB, Janssen CR. New Techniques for the Detection of Microplastics in Sediments and Field Collected Organisms, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 70, No. 1, 2013, s.227-233.
- [17] Harrison JP, Ojeda JJ, Romero-González ME. The Applicability of Reflectance Micro-Fourier-Transform Infrared Spectroscopy for the Detection of Synthetic Microplastics in Marine Sediments, *Science of the Total Environment*, Cilt. 416, 2012, s.455-463.
- [18] Frias JPGL, Sobral P, Ferreira AM. Organic Pollutants in Microplastics from Two Beaches of the Portuguese Coast, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 60, No. 11, 2010, s.1988-1992.
- [19] Besseling E, Wang B, Lüring M, Koelmans AA. Nanoplastic Affects Growth of *S. Obliquus* and Reproduction of *D. Magna*, *Environmental Science&Technology*, Cilt. 48, 2014, s.12336-12343.
- [20] Bhattacharya P, Lin S, Turner JP, Ke PC. Physical Adsorption of Charged Plastic Nanoparticles Affects Algal Photosynthesis, *The Journal of Physical Chemistry C*, Cilt. 114, No. 39, 2010, s.16556-16561.
- [21] Watts AJR, Lewis C, Goodhead RM, Beckett SJ, Moger J, Tyler CR, Galloway TS. Uptake and Retention of Microplastics by the Shore Crab *Carcinus Maenas*, *Environmental Science&Technology*, Cilt. 48, No. 15, 2014, s. 8823–8830.
- [22] [<https://www.sciencenews.org/article/microplastics-lodge-crab-gills-and-guts>], Erişim Tarihi: 05.09.2014.
- [23] Derraik JGB. The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 44, 2002, s.842–852.
- [24] [<http://www.dw.de/insects-benefit-from-plastic-waste/a-16161519>], Erişim Tarihi: 10.11.2014.
- [25] [<http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-05/09/sea-skaters-plastic>], Erişim Tarihi: 20.09.2014.
- [26] Browne MA, Crump P, Niven SJ, Teuten EL, Tonkin A, Galloway T, Thompson RC. Accumulations of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks, *Environmental Science&Technology*, cilt. 45, 2011, s.9175–9179.
- [27] Ivar do Sul JA, Costa MF. The Present and Future of Microplastic Pollution in the Marine Environment, *Environmental Pollution*, Cilt. 185, 2014, s.352-364.
- [28] Mato Y, Isobe T, Takada H, Kanehiro H, Ohtake C, Kaminuma T. Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment, *Environmental Science&Technology*, Cilt. 35, No. 2, 2001, s.318-324.
- [29] Gabrys J, Hawkins G, Michael M. (Ed.) *11. International Pellet Watch: Studies of the Magnitude and Spatial Variation of Chemical Risks Associated with Environmental Plastics, in Accumulation : The Material Politics of Plastic*, Oxon, UK: Routledge, 2013, s.184-207.
- [30] Talvitie J, Heinonen M. Preliminary Study on Synthetic Microfibers and Particles at a Municipal Waste Water Treatment Plant, 2014.
- [31] Eriksen M, Mason S, Wilson S, Box C, Zellers A, Edwards W, Amato S. Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great Lakes, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 77, No. 1, 2013, s.177-182.

- [32] Setälä O, Fleming-Lehtinen V, Lehtiniemi M. Ingestion and Transfer of Microplastics in the Planktonic Food Web, *Environmental Pollution*, Cilt. 185, 2014, s.77-78.
- [33] Abu-Hilal AH, Al-Najjar TH. Plastic Pellets on the Beaches of the Northern Gulf of Aqaba, *Red Sea. Aquat. Ecosyst. Health Manage*, cilt. 12, 2009, s.461-470.
- [34] Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, Davis A, Rowland SJ, John AWG, McGonigle D, Russell AE. Lost at Sea: Where is all the Plastic?, *Science*, Cilt. 304, 2004, s.838.
- [35] Doyle MJ, Watson W, Bowlin NM, Sheavly SB. Plastic Particles in Coastal Pelagic Ecosystems of the Northeast Pacific Ocean, *Mar. Environ. Res.* Cilt. 71, 2011, s.41-52.
- [36] [<http://www.symbols.com/group/52>], Erişim Tarihi: 12.05.2014.
- [37] [<http://www.wtc.pbs.org/strangedays/pdf/StrangeDaysSmartPlasticsGuide.pdf>], Erişim Tarihi: 20.09.2014.
- [38] Corcoran PL, Biesinger MC, Grifi M. Plastics and Beaches: A Degrading Relationship, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 58, 2009, s.80– 84.
- [39].Zurcher N, Small Plastic Debris on Beaches in Hong Kong: An Initial Investigation, Y. Lisans Tezi, Hong Kong Üniversitesi, Çevre Yönetimi Bölümü, 2009.
- [40] Wright SL, Thompson RC, Galloway TS. “The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review”, *Environmental Pollution*, Cilt. 178, 2013, s.483-492.
- [41] Besseling E, Wegner A, Foekema EM, Van den Heuvel-Greve MJ, Koelmans AA. Effects of Microplastic on Fitness and PCB Bioaccumulation by the Lugworm *Arenicola marina* (L.), *Environmental Science&Technology*, Cilt. 47, No. 1, 2012, s.593-600.
- [42] Takada H. “Microplastics and the Threat to Our Seafood”, in 10, *Environmental Organic Geochemist*, Tokyo University of Agriculture and Technology and Founder of International Pellet Watch, 2013.
- [43] Brien S. Vinyls Industry Update, Presentationat theWorldVinyl Forum2007, [<http://vinyl-institute.com/Publication/WorldVinylForumIII/VinylIndustryUpdate.aspx>].
- [44] [<http://www.chelsearochman.com/Research.html>], Erişim Tarihi: 10.11.2014.
- [45][<http://plasticsoupnews.blogspot.com.tr/2013/07/stephanie-carrow-in-waters-of-trash.html>], Erişim Tarihi: 20.05.2014.
- [46] Rochman CM, Hoh E, Hentschel BT, Kaye S. Long-Term Field Measurement of Sorption of Organic Contaminants to Five Types of Plastic Pellets: Implications for Plastic Marine Debris, *Environmental Science&Technology*, Cilt. 47, No. 3, 2013, s.1646-1654.
- [47] Farrel P, Nelson K. Trophic Level Transfer of Microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.), *Environmental Pollution*, Cilt. 177, 2013, s.1-3.
- [48] Graham ER, Thompson JT. Deposit- and Suspension-Feeding Sea Cucumbers (Echinodermata) Ingest Plastic Fragments, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Cilt. 368, 2009, s.22-29.
- [49] Browne MA, Dissanayake A, Galloway TS, Lowe DM, Thompson RC. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.), *Environmental Science&Technology*, Cilt. 42, 2008, s.5026-5031.
- [50] Cole M, Lindeque P, Fileman E, Halsband C, Goodhead R, Moger J, Galloway TS. Microplastic Ingestion by Zooplankton, *Environmental Science&Technology*, Cilt. 47, No. 12, 2013, s.6646-6655.
- [51] Ballent A, Pando S, Purser A, Juliano MF, Thomsen L. Modelled Transport of Benthic Marine Microplastic Pollution in the Nazaré Canyon, *Biogeosciences*, Cilt. 10, 2013, s.7957-7970.
- [52] Morét-Ferguson S, Law KL, Proskurowski G, Murphy EK, Peacock EE, Reddy CM. “The Size, Mass, and Composition of Plastic Debris in the Western North Atlantic Ocean, *Marine Pollution Bulletin*, Cilt. 60, No. 10, 2010, s.1873-1878.
- [53] Van Cauwenberghe L, Vanreusel A, Mees J, Janssen CR. Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments, *Environmental Pollution*, Cilt. 182, 2013, s.495-499.

[54] [http://5gyres.org/how_to_get_involved/campaigns/], Erişim Tarihi: 10.06.2014.

[55] Lavender Law K, Moret-Ferguson S, Maximenko NA, Proskurowski G, Peacock EE, Hafner J, Reddy CM. Plastic Accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre, *Science*, Cilt. 329, 2010, s.1185-1188.

[56] [<http://plasticpollutioncoalition.org/>], Erişim Tarihi: 20.05.2014.

[57] Chang M. Microplastics in Facial Exfoliating Cleansers, [http://nature.berkeley.edu/classes/es196/projects/2013final/ChangM_2013.pdf], 2013.

ÖZGEÇMİŞ / CV

Meral YURTSEVER; Yrd.Doç.Dr. (Assist.Prof.Dr.)

Lisans derecesini 1999'da Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden, Yüksek Lisans derecesini 2001'de Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden, Doktora derecesini 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden aldı. Halen Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Temel çalışma alanları: Su ve atıksuların arıtımı, Adsorpsiyon, Su Kalitesi Kontrolü ve Modelleme üzerinedir.

She got her bachelors' degree in the Environmental Engineering Department at Sakarya University, Sakarya/Turkey in 1999, her master degree in the Environmental Engineering Department at Sakarya University, Sakarya /Turkey in 2001, PhD degree in the Environmental Engineering Department at Sakarya University, Sakarya/Turkey in 2008. She is still an academic member of the Environmental Engineering Department at Sakarya University. Her major areas of interests are: Water and Wastewater Treatment, Adsorption, Water Quality Control and Modeling.