

Doğanın çözümü en zor denklemi: Denizlerdeki plastikler

Nüket SİVRİ¹ ve Ahmet Faruk ÇULLU¹

Öz

Günümüzde tüketici toplumların hayatlarını kolaylaştırma amacıyla, farklı boyut ve özellikle plastik kökenli ürünler yaygın olarak kullanılmaktadır. Tehdit unsuru olarak görünmeyen bu materyallerin birikimi, hem karasal hem de denizel ekosistemlerde "plastik kirliliği" olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kıyısız alanlarda antropojenik kökenli etkenler nedeniyle oluşan bu kirlenmeler, her geçen gün artmaktadır. Bu sorunlara kolayca yanıt alabilmek, denenen tüm metotlara rağmen ne yazık ki mümkün değildir. Plastik ürünlerin, yerel yönetimlerce toplanan katı atık karakterizasyonunda, %60-80'lik paya sahip olması ve günlük kullanımdaki artışla ilişkili atık miktarları, çözüm olasılıklarını azaltmaktadır.

Denizleri ve sucul alanları açıkça kirleten plastik ürünlerin, sadece çevre değil enerji-ekonomi ve sağlık üzerinde de ciddi etkileri vardır. Deniz kuşları, balinalar, deniz kaplumbağaları ve diğer deniz canlıları, plastik atıklar nedeniyle zarar görmekte ya da ölmektedir. Sucul ekosistemler tehlikeye girdikçe, insan sağlığı da tehlike altındadır. Hatta deniz canlıları tarafından tüketilen, taşınan ve absorbe edilen plastik kirleticilerin, uzun vadede insan sağlığı üzerine olan toksik etkileri, popüler araştırma konularındandır. Ayrıca bu kirlilik hem halk sağlığını korumak amaçlı hem de alanların temizliği nedeni ile yerel ve ulusal yönetimler için büyük maliyetler gerektirmektedir.

Yapılacak bilimsel çalışmalara ilaveten okullarda çevre bilinci eğitimleri ile plastik kirliliği problemi ve çözilemeyen denklemi tüm topluma açıkça anlatılmalıdır. İnsanların hala inandığı ve yanlış bildiği, "deniz kir tutmaz", "tüm kirlilik yükünü deniz kaldırır" algılarını değiştirmek ancak sürdürülebilir eğitim ile mümkün kılınabilir. Toplum temizliği yoktur, eğitilmiş bireylerin tutum ve davranışları ile süregelen hale gelen temizlik alışkanlıkları vardır. Denklem ne kadar zor olsa da, çözmek için kullanılacak tek yol işte bu bireysel alışkanlıklardır.

1. Giriş

Gelecek...

Çocukluğumuzda 2030 yılını düşündüğümüzde, tarih ne kadar da uzak gelirdi. Bizim hayallerimizde o tarih için uçan arabalar hatta uzayda yaşam bile mümkündü. Uzay dizileri ile eşleştirdiğimiz 1999 yılı için, sıkça seyahat edeceğimiz gezegenleri bir çırpıda

sayabilirdik. Milenyum belki de ulaşılamayacak kadar uzak bir tarihen, o yıllarda kaç yaşında olup, neler yapacağımızı hayal ederdik. Bilim yolunda hayaller kurar, kullanacağımız teknolojik cihazları tasarlardık. Günü geldi, tarihler yakınlaştı ve biz büyüdük. Planladığımız gelecek ve o geleceğin gerçekleri oldukça farklı bir hal aldı ve farklı bir yol izleyip karşımıza "sorunlu" bir Dünya çıkardı. Hayallerimizden çok uzak ama bir o kadar ön görülemez...

On yıl öncesinde bile, küresel gıda, enerji ve su krizi ile ilgili uyarılar, uzak ufukta bir buluttu sadece. Yaklaşan olumsuzluklar; dikkat edilesi uyarılar olarak hiç fark edilmedi ve belki de gözümüzle bile görülebilecek kirlilikler tarafımızca yok sayıldı. Aslında gelecek için endişe yoktu, "bir şekilde olur" ya da "temizlenir" diye düşünenler, şimdi o günün uyarılarını gördükçe; yaklaşan ve bahsedilen gelecekte daha çok ürker oldu. Çünkü bahsedilen o gelecek, artık eskisinden çok daha yakın ve sorunları ile tamamen bizim oluşturduğumuz bir bütün. En temel üçleme ile; nüfus sorunu, yoksulluk ve kirlenme yaşlı dünyamızın başa çıkamayacağı kadar çözümü zor denklemleri içeriyor. Çevre konusunda çözüm bekleyen en zor denklem ise kirlilik sorunları özelinde plastikler.

Antropojenik iklim değişikliğinin erken belirtileriyle mücadele etmek zorunda kaldığımız bu günlerde, ekonomik ve nüfus artışına ilişkin tahminlerle, su gereksinimlerinde %30'luk, gıda ve enerji talebinde ise %50'lik bir artış olduğu biliniyor (Beddington, 2009; Wilby, 2017). 2030'lu yıllar yaklaştıkça, Beddington (2009) tarafından öngörülen, iklim-gıda-enerji-su bağımlı politika ve çeşitli ölçeklerde planlama yoluyla ele alma konusunda daha fazla aciliyet var gibi görünüyor. Bu amaçla, 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından "Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları" başlığında, yeni küresel vizyon, birbirine bağımlı ve doğal olarak su ile ilgili 17 temaya dayanarak 2030 için yeni hedefler belirleniyor (Harmancıoğlu, 2017). Ana amaçlar, "herkes için su ve sanitasyon" ile "sürdürülebilir yönetimi sağlamak" esasına dayanıyor. Bu nedenle, suyu kirletmemek de temel unsurlardan biri olarak kabul ediliyor. Ayrıca, küresel ısınmanın 1,5 °C artabileceği senaryosu ile insan ve doğal sistemler için eşzamanlı risklerle karşılaşılabilme potansiyeli, farkındalık hızına da elbette ivme kazandırıyor. Ancak, bu denli güncel bir senaryo varken, nasıl olur da plastik sorunu gün

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar Yerleşkesi, 34320, İstanbul

geçtikçe artabiliyor? ve daha önemlisi nasıl oluyor da bu artış engellenemez bir hal alıyor?

2. Yaygın Kullanımı Olan Plastikler ve Özellikleri








Plastikler, hafif yapıları, dayanıklılıkları, özel uygulamalar için potansiyelleri ve düşük fiyatları nedeniyle yaygın olarak kullanılan polimer malzemelerdir (Thompson vd., 2004; Thompson, 2006). Doğada bulunmayan ve yeri olmayan bu ürünler, polimer yapı olarak üretilir ve ardından özel işlemler görürler. Küresel plastik endüstrisinin başlangıcı olan 1907 tarihinden itibaren, 1950 tarihine kadar (2 milyon ton/yıl) sessiz kalan bu ürünün küresel üretim hızı, sonraki 65 yılda yaklaşık 200 kat artarak 2015 yılında 381 milyon tona ulaşmıştır (URL 1). Dünya nüfusunun yaklaşık üçte ikisinin kütlesine eşit olan bu miktar, 1950'lerden bu yana her yıl yaklaşık %9 oranında artış kaydetmiştir. Son dönemlerde "bilinçli kullanıcı"lar sayesinde üretimde zamana bağlı azalma görülse de, hem kolay şekil alması hem de düşük maliyetle çok sayıda ürün elde edilebilmesi imkânları ile popüleritesini gün geçtikçe artırmıştır (Plastics Europe, 2009). Maalesef bu popülerite, günümüzde global bir problem haline gelen "plastik kirliliği" olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yaygın kullanımı olan plastiklerin, doğada bulunmaması gerekirken sıkça rastlanıyor olması birçok yönden tehdit edicidir (Betts, 2008). Sadece karasal ekosistemlerde değil, farklı yollarla ulaştığı sucul alanlarda da ölümcüldür. Özellikle yaygın kullanımda olan plastikler, polimer yapıları gereği polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polivinilklorür (PVC) poliamid

(PA), polietilen tereftalat (PET), polivinil alkol (PVA) olarak sıralanabilir. Polimer yapılarına göre sınıflandırıldığında kullanım alanlarına göre de kategorize etmek çok kolaylaşır (Geyer vd., 2017). Şekil 1'de hem sembolleri, kısaltmaları, hem de kullanım alanlarına göre yaygın kullanılan plastik gruplar tanımlanmaktadır.

3. Doğada Rastlanan Plastiklerin Sınıflandırılması

İnsanların hayatını kolaylaştıran ve tehdit unsuru olarak görünmeyen plastik materyaller, maalesef denizel ekosistemdeki canlılar için önemli tehdit kaynağıdır (Wright vd., 2013). En alt basamaktan en üst yapıya kadar tüm trofik (besin zincirinde yer alan basamaklarda bulunan her bir canlı türünün, ekolojik nişini temsil eder) seviyelerde fiziksel harabiyete ya da bioakümülyasyonla çoğu kez ölümlere neden olabilmektedir. Makroplastiklerin çevresel etkileri olarak; deniz kuşlarının, deniz memelilerinin, balıkların ve sürüngenlerin plastik dolanması ve plastiğin bünyeye alınması sonucu organ tahribi ve ölümleri (Derraik, 2002; Lozano ve Mouat, 2009; Blettler vd., 2018), yüzen plastik döküntüleri, üzerlerinden yerli olmayan deniz türlerinin yeni habitatlara (canlının yaşamını sürdürebildiği doğal ortamı) taşınması (Barnes, 2002; Derraik, 2002; Winston, 1982), deniz yatağının bozulması, gaz alışverişinin önlenmesi ve suni sert zemin oluşumuna sebep olmaları sayılabilir (Moore, 2008). Plastik monofilament (belirli kalınlıkta tek bir filamentten üretilen, oldukça sert yapılı esnek olmayan işlenmiş lif topluluğu) katkı ve naylon kumaşı içeren, atılmış veya kaybolmuş olta takımı genellikle nötr yüzer ve bu nedenle okyanuslar

Sembol	Kısaltma	Tam ad ve kullanımlar
	PET	Polyethylene terephthalate - Gazlı içecek şişeleri ve donmuş hazır yemek paketleri
	HDPE	High - density polyethylene - Süt ve bulaşık deterjanı şişeleri
	PVC	Polyvinyl chloride - Yemek tepsileri, yapışkan film, kabak şişeleri, maden suyu ve şampuan
	LDPE	Low density polyethylene - Taşıma çantaları ve gömlek kutuları
	PP	Polypropylene - Margarin küvetleri, mikrodalga yemek tepsileri
	PS	Polystyrene - Yoğurt kapları, köpüklü et ve balık tepsileri, hamburger kutuları ve yumurta kartonları, otomat bardakları, plastik çatal bıçak takımı, elektronik eşya ve oyuncak için koruyucu ambalajlar
	Other	Yukarıdaki kategorilerin hiçbirine girmeyen diğer plastikler. Örneğin melamin, genellikle plastik tabaklarda ve kaplarda kullanılır

Şekil 1- Yaygın kullanımda olan polimer yapılar ve kullanım alanları.

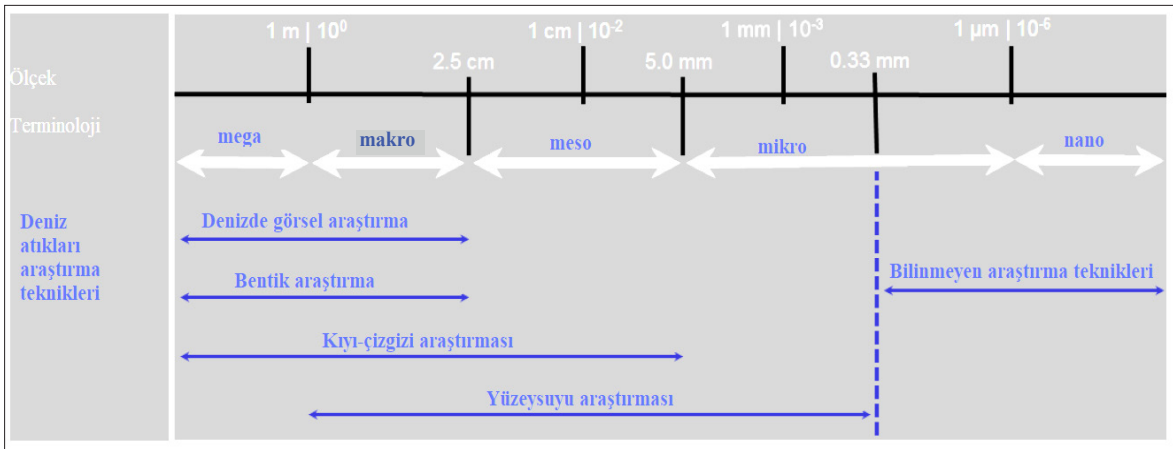
içinde değişken derinliklerde sürüklenebilir. Bu durum, hedef dışı türlerin istenmeden avlanması ve popülasyona olumsuz etkileri olarak bilinen "hayalet balıkçılık"tır. Denizlerdeki plastik kirliliğine önemli ölçüde katkısı bulunan deniz taşımacılığı 1990'ların başında okyanuslara tahmini 6,5 milyon ton plastik ekleyerek, deniz ortamındaki baskın plastik kaynağı olmaya devam etmektedir (Derraik, 2002; Lozano ve Mouat, 2009).

Denizlere ulaştıklarında bozunma sıcaklıklarının yüksek olması, ultra viyole ışınlarına ve ayrıştırıcılara dirençleri nedeniyle varlıklarını yüzyıllarca sürdürebilmektedir (Eriksen vd., 2014). Yapılan çalışmalarda, deniz çöplerinin büyük bir çoğunluğunu plastik ambalaj atıklarının oluşturduğu tespit edilmiştir (Jambeck vd., 2015). Bu atıklar, akıntuların da etkisiyle geniş alanlara yayılmaktadır. Ayrıca karasal kaynaklı ve/veya gemilerden bırakılan plastik atıkların denizlere karışması ve uzun süre kalması ciddi bir problem yaratmaktadır. Karasal kaynaklı taşınımın daha ziyade iklimsel faktörler nedeniyle denizlere ulaşabilmektedir (Costa vd., 2010). Kasıtlı zarar verme amacı güden her türlü faaliyeti göz ardı ederek, sadece kaza ile denizlere ulaşan plastik atık miktarları hesaplandığında, hiç de azımsanmayacak miktarda olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada, deniz yüzeyinden temizleme tekneleri ile 2016 yılında toplanan 5.000 m³ atığın karakterizasyonunda sadece %70 biyobozunur atık olduğu belirtilmiştir (Doğan, 2018). İnsan etkisi, iklimsel abiyotik faktörler gibi etkenler ile sucul ekosisteme karışan bu yapılar zamanla, makro boyuttan mesoplastiklere ve daha küçük parçacıklara dönüşmektedir. Dönüşüm ifadesi yeterli olmayıp zamanla plastiklerin boyutsal sınıflandırılmasını gerekli kılmıştır. Boyutlarına göre plastikler; makro- (>2,5 cm çapında), meso- (0,5-2,5 cm çap) ve mikro- (<5mm çap altında) plastik

olarak kategorize edilmektedir (Şekil 2) (Lippiatt vd., 2013). Sınıflandırma, plastik atık ve kaynaklarının belirlenmesine de yardımcıdır.

Makroplastikler çok uzun zamandır çevresel endişe olarak görülürken, mikroplastikler (küçük plastik parçaları, lifler ve granüller vb) bu yüzyılın başından beri "Mikroplastik kirleticiler" olarak mikrokirleticiler grubunun ilk sıralarında kabul görmüştür (Browne vd., 2007; Yurtsever, 2015). Mikroplastikler, değişen boyutları ve ölçüm aralıkları nedeni ile belirli bir amaç doğrultusunda sınıflandırılarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Araştırma verilerinin karşılaştırılmasında sorunların giderilmesi için ve bilimsel bir standart oluşturmak üzere "mesoplastik" tanımı da eklenmiştir. Gözün ayırt edebileceği küçük plastik parçalardan mikroskopla incelenerek fark edilebilen plastiklere kadarki boyutlar için "mesoplastik" terimi önerilmiştir. Makroplastiklerden sonra gelen mesoplastikler üzerinde yapılan çalışmalarda, mesoplastik ile mikroplastik konsantrasyonları arasında güçlü bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Faure vd., 2015). Bazı plastikler deniz ortamlarında büyük parçalar halinde kalırken, bazıları çeşitli faktörler nedeniyle daha küçük parçalara dönüşebilmektedir. Bu konuda bir fikir birliği olmamasına rağmen, bu büyüklükler, genellikle 5 mm'nin altındadır. Denizlerde toplam plastik miktarının %92'sini oluşturan da işte bu mikroplastik yapılarıdır (Gündoğdu ve Çevik, 2017).

Mikroplastikler, üretim aşamasında orijinal halde iken *birincil mikroplastik* (primer) olarak adlandırılırlar. Makro/mesoplastiklerden UV ışını, deniz suyu bileşenleri vb nedenler ile parçalanmışlar ise; *ikincil mikroplastik* olarak tanımlanırlar (GESAMP, 2016). İkincil mikroplastikler kendi arasında büyüklük, şekil, renk ve polimer tipi bakımından farklılık gösterebilmektedir (Lehtiniemi vd., 2018). Deniz suyundan alınan ve yüzeyel



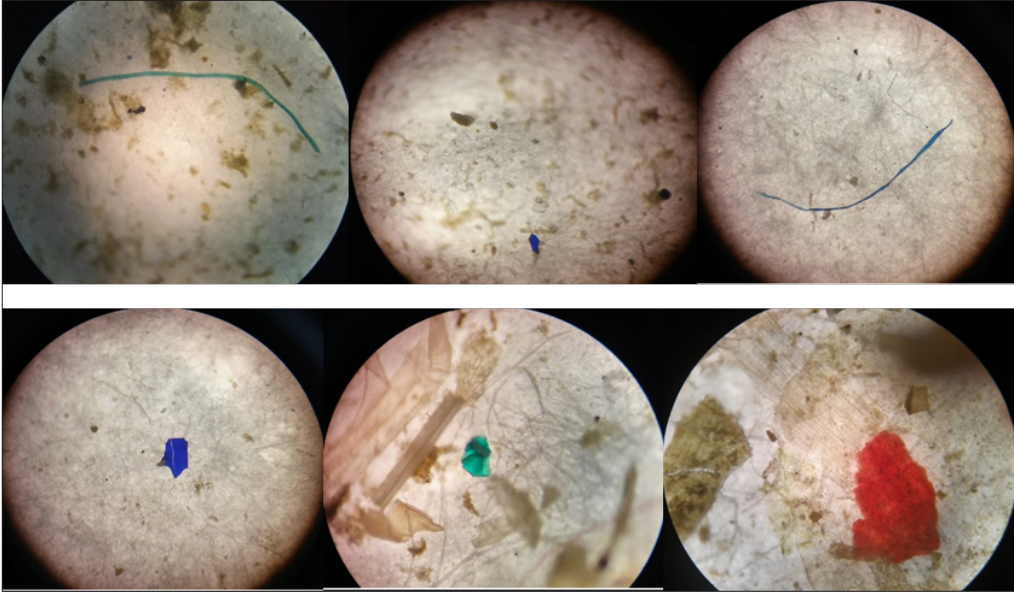
Şekil 2- Boyutlarına göre plastikler (Lippiatt vd., 2013'ten uyarlanmıştır).

su numunelerinde rastlanabilen bu tip ikincil mikroplastiklere ait İÜÇ Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'nda alınan mikroskop görüntüleri şekil 3'te verilmiştir.

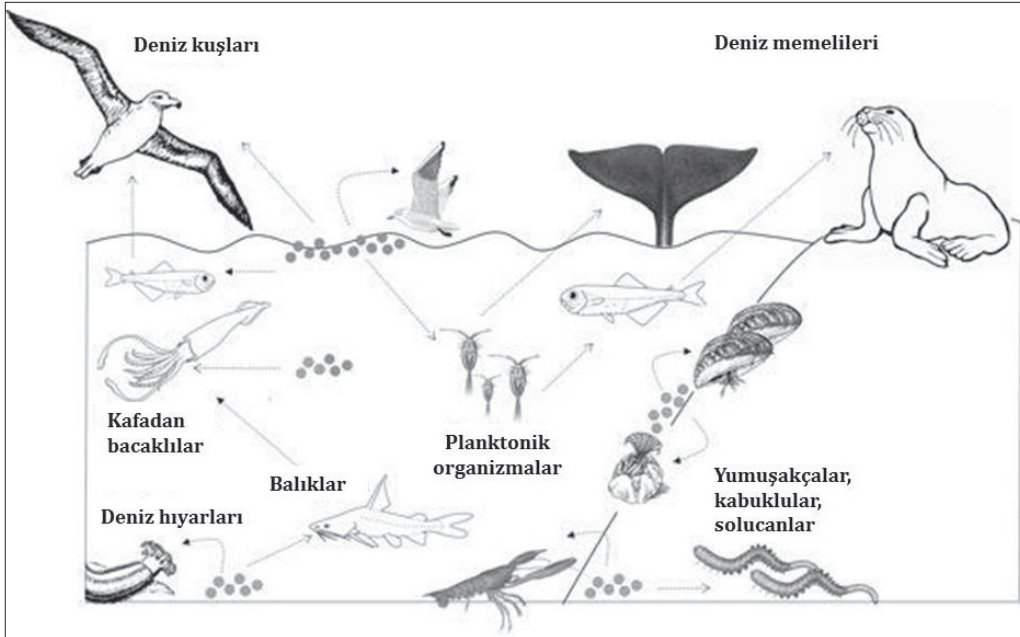
4. Deniz Ortamlarda Plastiklerin Biyoçeşitliliğe Etkileri

Deniz ortamındaki atıkların uzaklaştırılmasının zorluğu düşünüldüğünde, plastik atıkların deniz canlıları üzerindeki potansiyel etkileri bir kez daha ortaya çıkmaktadır (Andrady, 2011). Makro, meso ya da mikro olsun tüm plastik atıkların su

ortamında bulunması, sucul ekosistemlerde telafisi zor yıpranmalara neden olmaktadır (Barnes vd., 2009). Sucul ekosistemler tehlikeye girdikçe insan sağlığı da etkilenmektedir. Özellikle mikroplastikler; omurgasızlardan, deniz memelilerine ve hatta deniz kuşlarına kadar farklı trofik seviyelerdeki canlılar tarafından bünyelerine alınabilmektedir (Cole vd., 2013). Besin ağlarında yapılan mide analizlerinde, omurgalıların makro atıkları tüketmelerinin yanı sıra, mikroplastikler özellikle planktonik ve küçük omurgasız organizmaların bünyelerinde birikmektedir (Şekil 4) (Avio vd., 2016). Herhangi bir balığın



Şekil 3- Mikroplastik yapılara ait mikroskop görüntüleri (10x10 büyütme) (Çullu, 2020).



Şekil 4- Mikroplastiklerin besin zincirinde davranışı (Ivar do Sul vd. (2007)'den alıntıdır).

suya bıraktığı yumurtası kadar büyüklüğe sahip olan mikroplastik partiküller neredeyse filtrelemeden denizlere veya göllere kadar hiçbir engelle karşılaşmadan kolaylıkla ulaşabilmektedir (Desforges vd., 2015). Mikroplastiklerin deniz ortamına taşınımının bir diğer yolu da, kanalizasyon ve yağmur sularıyla alıcı ortamlara (göl ve nehir gibi) ulaşması şeklindedir (Browne vd., 2010). Küçük boyutları sayesinde, ekolojik sistemin temeli besin ağı boyunca biyolojik birikme potansiyeli olduğu için, toksik etkilerinden bahsetmek olasıdır (Teuten vd., 2009).

Dünya nüfusunun yaklaşık olarak yarısı sahillere yakın alanlarda yaşamayı tercih etmektedir. Yaşam alanlarında yoğun kullanılan katı atıklar da, kolaylıkla denizel ekosistemlere ulaşmaktadır (Claessens vd., 2011). Aslında deniz çöpleri, doğrudan ya da dolaylı olarak denizlere ve okyanuslara transfer olan atık maddelerin gelişigüzel bertarafından kaynaklanır (Thompson, 2006; Moore, 2008; Lozano ve Mouat, 2009; Ryan vd., 2009) ve ekosistemlerdeki doğal yaşam için büyük tehlike oluşturabilmektedir.

5. Küresel Sorun: Denizel Ekosistemlerde Plastiklerin Bertarafı

Kıyısız alanlarda, antropojenik kökenli etkenler nedeniyle yaşanan kirlenmelerin temizliği her ülkede farklı birimlerce yürütülmektedir. ABD’de bu koordinasyondan sorumlu olan Deniz Koruma Merkezi (CMC) 1986’dan beri faaliyettedir. CMC; toplanan tüm döküntülerin sınıflandırmasını yaptığında, 8 ana kategoride 85 döküntü ögesini listelemiştir. En sıklıkla rastlanan 12 öge; sigara izmaritleri, kâğıt parçaları, plastik parçaları, strafor, cam parçaları, plastik gıda torbaları, plastik kapaklar, metal içecek kutuları, plastik pipetler, cam içecek kutuları, plastik içecek şişeleri, strafor bardaklar olarak sıralanmaktadır. Bu sıralamada dikkati çeken, listenin neredeyse 8 ögesinin plastik içeren ambalaj ürünleri ve atıklar olmasıdır (URL 1).

Zaten denizlerden toplanabilmesi imkansız olan plastik materyalin, atık bertarafı mümkün müdür? Ekosisteme zarar vermeden hangi yöntemlerle ortadan kaldırılabılır? Bu sorulara halen yanıt verilememesi, çözümü en zor denklem olarak kabul edilme nedenlerinden bir kaçıdır.

Küresel sorun olan plastiklerin atık bertaraf yöntemi, plastiğin ilk kullanımından günümüze, büyük değişim göstermiştir. 1980’den önce, plastiğin geri dönüşümü ve yakılarak bertarafı önemsiz olduğu için hiç bir yöntem tercih edilmemiştir. Yakma için 1980’den ve geri dönüşüm için 1990’dan itibaren oranlar yılda ortalama yüzde 0,7 artış göstermiştir.

2000’li yıllardan itibaren, küresel plastik atıkların yaklaşık yüzde 55’i atılmış, yüzde 25’i yakılmış ve yüzde 20’si geri dönüştürülmüştür. Ancak senaryolar, 2050 yılı için benzer yüzde değerlerde işlemler yapılsa bile çözümün başarılı olmayacağını göstermektedir. İşte küresel ama çözülemez problem olma nedeni de budur (URL 2).

Üretilen plastik atık miktarında büyük bir değişiklik olmadığı ve mevcut plastik atık miktarı her geçen gün arttığı gerçeği ile günümüzde durum aşıkardır. Basit bir hesaplama ile (değerler kümülatif milyon ton olarak verilmektedir), 1950-2015 döneminde küresel plastik üretimi değerlerine bağlı olarak, son durum ortaya konulmak istenirse, -polimer, sentetik elyaf ve katkı maddelerinin kümülatif üretimi 8.300 milyon ton; -2015 yılında hala kullanımda olan 2.500 milyon ton (%30) birincil plastik; -doğrudan düzenli depolama alanına giden veya atılan 4.600 milyon ton (%55); -yakılan 700 milyon ton (%8); -geri dönüşümü başarılı olan 500 milyon ton (%6) (100 milyon ton hala kullanımda olan geri dönüştürülmüş plastik + 100 milyon ton daha sonra yakılan + 300 milyon ton daha sonra atılan veya depolama alanına gönderilen). Nihayetinde 1950’den beri artık kullanılmayan 5.800 milyon ton birincil plastiğin sadece %9’u geri dönüştürülebilmiştir (URL 2).

6. Sonuç ve Yorum

Plastiklerin değişen yaşam koşullarına bağlı olarak gündelik hayatta sıkça kullanımı ve beraberinde getirdiği çevresel sorunlar, hem tatlı su ve hem de denizel alanlara ulaşması ile daha karmaşık bir hal almıştır. Özellikle plastikleri oluşturan farklı polimer bileşiklerin, sucul alanlarda yarattığı fizyolojik ve toksikolojik etkiler, biodiversitede geri dönüşsüz tahribata yol açmaktadır. Makro canlıların plastiklerden etkilendiklerine ait basında çıkan haberler, gün geçtikçe plastik kullanımına direnç oluşturmaktadır. Plastik atıklara sahiller başta olmak üzere birçok ekosistemde rastlanıyor olması; kontrollü üretiminin, kaynağında azaltımının, ayrı toplanmasının ve geri dönüşümünün sağlanmasının gerekliliğini ispatlar niteliktedir.

Bu konuyla ilgili yapılacak olan çalışmalar hem ulusal hem uluslararası proje destekleri ile artırılmalı, çevre bilinci eğitim-öğretim kurumlarında ilk ve orta öğretimden başlamak üzere tüm topluma aşılanmalıdır. İnsanlarda var olan, denizin bırakılan atıklarla birlikte tüm kirlilik yükünü kaldırabileceği algısını değiştirmek, ancak eğitim ile mümkündür. Caydırıcı cezalar ve hukuki yaptırımlar da bu bilincin oturmasına destek olacaktır. Bu sadece Türkiye’nin değil tüm dünyanın ortak kaygısı

haline gelmelidir. Ülkemizde bu konuyla ilgili yapılan başarılı çalışmalar; denizlerde kirlilik parametrelerinin izlenmesi araştırmaları sonuçlarının değerlendirilmesiyle sınırlı kalmamalıdır. Sonuçların uygulanabilirliği ve sonuç alınabilirliği adına da yapılacak olan çalışmalar ile desteklenmeli ve ileriye taşınmalıdır. Unutulmamalıdır ki; denklem ne kadar zor olsa da, çözmek için kullanılacak tek yol eğitilmiş insanların duyarlı ve bilimsel bireysel alışkanlıklardır.

Katkı Belirtme

Bu çalışmanın bir kısmı, İstanbul Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi -FBA-2018-32551 tarafından desteklenmektedir.

Değınilen Belgeler

- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62(8), 1596-1605.
- Avio, C.G., Gorbi,S., Regoli, F. 2016. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat, *Marine Environmental Research* <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>
- Barnes, D. K. 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416(6883), 808-809.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998.
- Beddington, J. 2009. "Food, energy, water and the climate: a perfect storm of global events". In: Sustainable Development UK Annual Conference. QEII Conference Centre, London.
- Betts, K. 2008. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environmental Science and Technology*, 42(24), 8995-8995.
- Blettler, M.C.M., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N., Espinola, L.A. 2018. Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143 (1) 416-424.
- Browne, M. A., Galloway, T., Thompson, R. 2007. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern?. *Integrated environmental assessment and Management* 3(4), 559-561.
- Browne, M. A., Galloway, T. S., Thompson, R. C. 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science Technology* 44(9), 3404-3409.
- Claessens, M., De Meester, S., Van Landuyt, L., De Clerck, K., Janssen, C. R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2199-2204.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T. S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology* 47(12), 6646-6655.
- Costa, M. F., Do Sul, J. A. I., Silva-Cavalcanti, J. S., Araújo, M. C. B., Spengler, A., Tourinho, P. S. 2010. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1-4), 299-304.
- Çullu, A.F. 2020. Küçükçekmece Lagünü Bağlantı Alanı Yüzeı Sularındaki Mikroplastiklerin Mevsimsel ve Alansal Değışimlerinin Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, LEE, İstanbul (yayımlanmamış).
- Derraik, J. G. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842-852.
- Desforıes, J. P. W., Galbraith, M., Ross, P. S. 2015. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 69(3), 320-330.
- Doğın, N.B. 2018. Marmara Denizi'nde deniz yüzeıı ve kıyı atıklarının yönetimi: İstanbul ili örneği, Namik Kemal Üniversitesi, FBE., Tekirdağ, 2018.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borro, J. C., Reisser, J. 2014. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS one*, 9(12), e111913
- Faure, F., Saini, C., Gael P., Galgani, F., Alencastro, L. F., Hagmann, P. 2015. An evaluation of surface micro- and mesoplastic pollution in pelagic ecosystems of the Western Mediterranean Sea *Environmental Science and Pollution Research* 22, (16), 12190-12197
- GESAMP. 2016. In: Kershaw, P.J., Rochman, C.M. (Eds.), Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. vol. 93. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, London, p. 220.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made". *Science Advances* 3 (7), e1700782
- Gündoğdu, S., Çevik, C. 2017. Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples, *Marine Pollution Bulletin* 118, (1-2), 341-347.
- Harmancıoğlu, N. B. 2017. "Overview of water policy developments: pre-and post-2015 development agenda". *Water Resources Management* 31, 3001–3021.
- Ivar do Sul, J.A., Spengler, A., Costa, M.F. 2007. Here, there and everywhere: small plastic fragments and pellets

- on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Mar. Pollut. Bull* 58, 1236–1238.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347(6223), 768-771.
- Lehtiniemi, M., Hartikainen, S., Nakki, P., Engström-Öts, J., Koistinen, A., Setälä, O. 2018. Size matters more than shape: Ingestion of primary and secondary microplastics by small predators, 17, e00097 <https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2018.e00097>
- Lippiatt, S., Opfer, S., Arthur, C. 2013. Marine Debris Monitoring and Assessment. NOAA Technical Memorandum, NOS-OR&R-46 17p.
- Lozano, R. L., Mouat, J. 2009. Marine litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and priorities for response. KIMO International.
- Moore, C. J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. *Environmental research*, 108(2), 131-139.
- Plastics Europe, 2009. The Compelling Facts about Plastics 2009. An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2008. PlasticsEurope, European Plastics Converters, European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations & European Plastics Recyclers.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., Moloney, C. L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364(1526), 1999-2012.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T.S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P.H., Tana, T., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkavong, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., Takada, H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Phil. Trans. R. Soc. B* 364, 2027–2045.
- Thompson, R. C. 2006. Plastic debris in the marine environment: Consequences and solutions. *Marine Nature Conservation in Europe*, 193, 107-115.
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., Russell, A. E. 2004. Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672), 838-838.
- URL1: <http://www.whoi.edu/science/B/people/kamaral/plasticsarticle.html> (Alıntı: 01/04/2020)
- URL 2: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> (Alıntı: 01/04/2020)
- Wilby, R. L. 2017. How Connected is Climate Change to Other Global Challenges? *Climate Change in Practice*. Chapter 18. Cambridge University Press, Cambridge.
- Winston, J. E. 1982. Drift plastic—an expanding niche for a marine invertebrate?. *Marine Pollution Bulletin*, 13(10), 348-351.
- Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C., Galloway, T.S. 2013. Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms, *Current Biology*, 23, 1031–1033.
- Yurtsever, M. 2015. Mikroplastikler'e Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 17(50).