

T.C
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BİTİRME PROJESİ I DERSİ



SUCUL ORTAMDAKİ MİKROPLASTİKLERİN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİSİ

BİTİRME ÖDEVİ

TEZ YÖNETİCİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Fatma EKMEKYAPAR TORUN

HAZIRLAYAN

16*****12 EB** M*****

ERZURUM 2021

HER HAKKI SAKLIDIR

İçindekiler

TEŞEKKÜR	Error! Bookmark not defined.
ÖZET	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	5
TABLO LİSTESİ	6
ŞEKİL LİSTESİ	7
1. GİRİŞ	8
2. KURAMSAL TEMELLER.....	10
2.1 Plastikler ve Mikroplastikler	10
2.2 Plastik ve Mikroplastiklerin Sınıflandırılması	12
2.2.1 Boyutlarına göre sınıflandırma	12
2.2.2 Tiplerine göre sınıflandırma	13
2.2.3 Renklerine göre sınıflandırma	13
2.2.4 Aşınma durumuna göre sınıflandırma.....	13
2.3 Plastiklerin Fizikokimyasal Özellikleri	14
2.4 Mikroplastiklerin Kirletici Kaynakları	14
2.4.1 Birincil Kaynaklar	14
2.4.2 İkincil Kaynaklar.....	14
2.5 Mikroplastiklerin Çevresel Etkileri	15
2.6 Mikroplastiklerin Kaynakları ve Kullanım Alanları	17
2.6.1 Evsel/Kişisel kullanım kaynaklı mikroplastik oluşumu	17
2.6.2 Atıksu arıtma tesisinden gelen mikroplastik oluşumu	19
2.6.3 Tarım faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu.....	20
2.6.4 İnsan faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu	20
2.6.5 Kara yolu ulaşımı kaynaklı mikroplastik oluşumu	21
2.6.6 Turizm faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu	21
2.6.7 Denizcilik faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu.....	21
2.7 Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkileri	22
2.8 Mikroplastiklerin Çevresel Ortamda Taşınımı ve Çevresel Etkileri	24
2.9 Türkiye'deki Denizlerde Mikroplastik İncelemesi	26
3. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	29
KAYNAKÇA	Error! Bookmark not defined. 30

TEŐEKKÖR

Çalıőmam sırasında bilimsel katkılarıyla bize yardımcı olarak bilgi birikimlerini benden esirgemeyen ayrıca bu zorlu pandemi sürecinde oldukça anlayıőlı ve öğrencinin yanında olan bir tutum sergileyen tez danıőmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatma EKMEKYAPAR TORUN'a en içten dileklerle teşekkür ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Küresel plastik üretimi 1950’li yıllardan itibaren sürekli artmakta olup gelecek yıllarda daha da artacağı tahmin edilmektedir. Su kaynaklarının giderek azalmasının yanında her gün bu kaynaklara ulaşan milyonlarca plastik atığın oluşturduğu kirlilik sucul çevreyi ve insan sağlığını ciddi boyutta tehdit etmektedir. Bu çalışma ile ulusal ve uluslararası çalışmalar dikkate alınarak; sucul ekosistemde ve gıdalarımızda gözlemlenen mikroplastiklerin özellikleri, kaynakları, insan sağlığına etkileri, analiz ve arıtma yöntemleri değerlendirilmiş; Türkiye’de mikroplastiklerin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik yol haritası ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, ulusal ve uluslararası çalışmalarda mikroplastiklere ilişkin sınıflandırmalar, mikroplastiklerin kaynakları ve kullanım alanları incelenerek mikroplastiklerin sucul ekosistemde ve canlılar üzerinde yarattığı zararlı etkiler ortaya konulmuştur. Çevresel ortamda taşınımı, çevresel etkileri ve su kaynaklarındaki mikroplastik analizinde kullanılan yöntemleri araştırılmıştır. Ulusal ve uluslararası mevzuatta mikroplastik kirliliği konusunda düzenlemeler karşılaştırılmış olup, ülkemizde su kalitesinin korunması için mikroplastik kirliliğinin giderim yöntemleri konusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Mikroplastik kirliliği ve araştırmasının mevcut durumu ile ilgili yapılan değerlendirme neticesinde, mikroplastikler konusunda bilimsel çalışmaların artırılarak hem ulusal hem uluslararası düzeyde yönetim planı oluşturulması ve uygulanması gerektiği, bunların arıtılabilirlik durumuna göre arıtma sınıfı limit değerlerinin belirlenmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

ABSTRACT

Global plastics production has been continuously increasing since the 1950s and is expected to increase further in the coming years. In addition to the decline in water resources, the pollution caused by millions of plastic waste reaching these resources every day seriously threatens the aquatic environment and human health. In this study, it is aimed to present the characteristics, the sources of the observed microplastics in food and the effects on aquatic ecosystems and on human health, and the road map minimizing the negative impacts of microplastics on water resources in Turkey by evaluating the analysis and treatment methods of microplastics and by taking into account national and international studies. In this context, the harmful effects of microplastics on aquatic ecosystems and living organisms were evaluated by investigating the classifications, the sources and the usage areas of microplastics in national and international studies. The transport, the environmental impacts and the methods used in microplastic analysis in water resources were investigated. The regulations concerning microplastic pollution in national and international legislation were compared, as well as the treatment methods of microplastic pollution in order to protect the water quality in our country were assessed. As a result of the evaluation on the current situation of microplastic pollution and research, the need for a management plan on microplastics in both national and international level, for limit values of different treatment class by scaling up the scientific studies on microplastics have been set forth.

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Plastiklerin boyutlarına göre sınıflandırılması	13
Tablo 2.2 plastik kullanım alanları	18

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiyede yıllara göre plastik üretimi	11
Şekil 2.2. Alt sektör bazında plastik mamul üretimi	12
Şekil 2.3 Parçalanma sonrası mikroplastiklerin değişimleri	15
Şekil 2.4 Kişisel bakım ürününde mikroplastik	17
Şekil 2.5 Mikroplastiklerin oluşturduğu sağlık etkileri	24
Şekil 2.6 İkincil Mikroplastik örnekleri.....	24
Şekil 2.7 Mikroplastik yutan balık	26
Şekil 2.8 Balıkların midesindeki Mikroplastik örnekleri	28

1.GİRİŞ

Plastiklerin, hayatımıza girmesinin artması ile birlikte, bu artışın sebep olduğu kirliliğinde farklı boyutlara ulaşacağına farkına varan bilim insanları, mikroplastikler hakkında daha fazla bilgiye ulaşmak adına günden güne, bu alanda yapılmış olan çalışmaların üzerine eklemeler yapmaktadır. Bilim insanları bu çalışmalar ile mikroplastik kirliliği anlamamıza yardımcı olmaktadır.

1977 yılında Gregory, Yeni Zelanda sahilinde yapmış olduğu çalışmada kıyılardaki plastik kirliliğinin yayıldığını tespit etmiştir. Literatürde ilk plastik kirliliği olarak burada karşımıza çıkmaktadır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda bugün ki ismini verdiğimiz mikroplastik ismini alacaktır.

Yaklaşık 50 yıl kadar önce hayatımıza girmiş olmalarına rağmen, okyanuslarımızda çöp adalar oluşturacak kadar çoğalmış olmalarının yanı sıra, çözünmeleri sonucu mikroplastik partiküller haline gelerek içme suyumuzda dahi karışıyor olmaları, söz konusu tehdidin boyutunu anlamamıza yardımcı oluyor.

Özellikle son yıllarda plastik kullanımının artması ile birlikte oluşturduğu kirlilik ile bilim insanlarının araştırma yapmasına olanak sağlamıştır. Plastik kullanımının artışı ile birçok ülke bu kirliliğin önüne geçmek için plastik poşet kullanımını yasaklamıştır. Ülkemizde ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Plastik Poşetlerin Ücretlendirilmesine İlişkin Usul ve Esasları yayınlamıştır. Bu sayede plastik poşet kullanımını azaltılması sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca Amerika'da kozmetik ürünlerinde kullanılan mikro boncuklar yasaklanmıştır.

Dünyada yüzeysel tatlı ve tuzlu su kaynaklarında su içerisine dağılmış halde bulunan mikroplastiklerin ayrılması, temizlenmesi ve incelenmesi konusunda pek detaylı teknoloji bulunmamaktadır. Bu sorunun önemle ele alınarak gerekli önemin verilmesi gerektiği daha önce yapılan çalışmalarda dile getirilmiştir.

İncelenecek mikroplastığın hangi plastik türüne ait olduğunun belirlenmesi amacı ile FT-IR cihazı kullanılmıştır. FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) katı, sıvı veya gaz numunelerinden, kızılötesi (infrared) spektrumu elde edilen bir tekniktir. FT-IR spektrometre cihazı sayesinde aynı anda geniş spektrum aralığında spektral veriler sağlanması mümkündür. Bu spektrometre cihazı ile organik veya inorganik yapıda bulunan katı, sıvı ve gaz numunelerinin, IR aktif molekül özellikleri kullanılarak kalitatif ve kantitatif analizleri kolay ve güvenilir olarak yapmak mümkündür. Bu cihaz sayesinde bilinmeyen, tanımlanamayan mikroskobik plastik parçacıkları tanımlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Plastikler ve Mikroplastikler

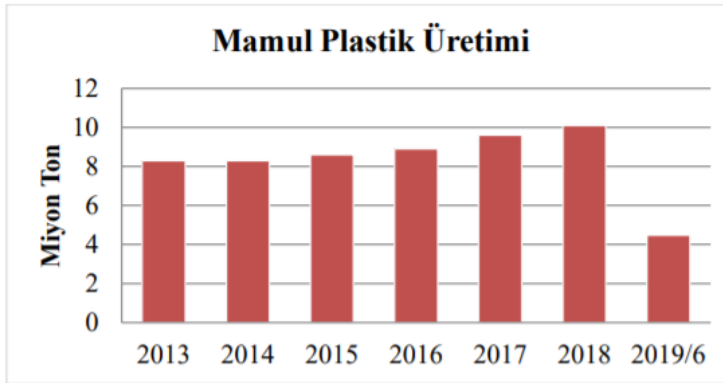
Plastik; karbonun (C) hidrojen (H), oksijen (O), azot (N) ve diğerk organik ya da inorganik elementler ile oluşturduğu, yağ veya gazdan çıkarılan monomer adı verilen basit yapıdaki moleküllü gruplardaki bağın koparılarak, polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen bir sentetik organik polimerdir. Plastikler hafif, esnek, kolay işlenebilir, yalıtkan, korozyona karşı dayanıklı ve düşük maliyetli olmaları sebebi ile birçok endüstri için vazgeçilmez olmakta ve her alanda kullanılabilmektedir. İnsan hayatının her alanına giren plastikler insan yaşamını kolaylaştırmaktadır.

Plastiğın yaygın kullanımı plastik kaynaklı kirlenmeyi de beraberinde getirmiştir. Deniz çöpleri arasında önemli bir yer tutan plastikler, son zamanlarda mikroplastik olarak adlandırılan yeni bir formu ile karşımıza çıkmaktadır . İlk başlarda resmi olarak boyut tanımını getirilemeyen mikroplastikler, boyu 5 mm'den küçük plastik parçaları olarak tanımlanmaktadır. Plastik parçaların aşınması sonucu daha küçük parçalar haline gelmesi neticesinde mikroplastik adını almıştır.

Denizlerdeki plastiklerin kaynakları farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bunlardan ilki deniz ve kara kökenli plastiklerdir. Deniz kökenli plastikler; yolcu vapurları, ticaret gemileri, balıkçılık faaliyetleri ve gemi kazaları sonucu ortaya çıkan plastik atıklardır. Yolcu vapurlarında yolcuların plastik içeren atıklarını gelişi güzel denize atmaları ya da vapurlarda bulunan çöp kutularının ağzının açık bırakılması sonucu bu atıkların denize 4 uçması sebebiyle oluşan atıklar deniz kirliliğine sebep olur. Ticaret gemilerinde konteyner istiflenmesi sırasında ya da geminin yolculuğu esnasında konteyner kapaklarının düzgün kapatılmaması sonucu açılan kapaklardan denize plastik materyal dökülmesi plastiklerin denize ulaşmasına sebep olur. Balık avcılığı sonrası av araçlarının denize terk edilmesi ile meydana gelen hayalet ağlar, gemi kazaları sonucu denize yayılan petrol ve kimyasal madde döküntüsü de deniz kökenli plastiklere örnektir. Kara kökenli plastikleri ise; evsel atıklar, sanayi ve endüstriyel atıkları ile rekreasyonel amaçlı kullanım

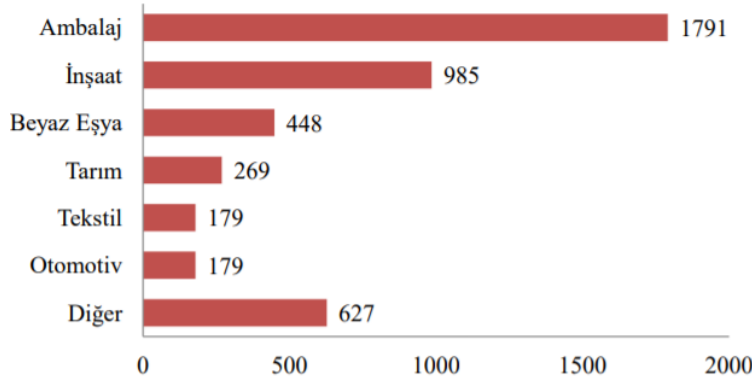
sonucu karalardan denize ulaşan atıklardır. Evsel atıkların kaynağında ayrışmaması, evlerde kullanılan temizlik malzemelerinin kanalizasyon sistemlerine karışması sonucu kanalizasyona karışan bu plastik içeren materyallerin tam olarak arıtımının yapılamadan deşarj edilmesinden kaynaklı, yine sanayi ve endüstriyel atıklarının tam arıtımının yapılamadan deşarj edilmesi sonucu plastik atıklar denizlere ulaşım sağlar. Ulaşan bu plastikler doğal ekosistemlerde güneş ışınları ile bozulmaya başlar bunun neticesinde kimyasal yapısında parçalanmalar meydana gelir. Bu parçalanmalar ile mikroplastik parçacıklar haline gelir. Plastiklerin doğaya karışması uzun yıllar alması sebebi ile düzenli birikmesi halinde plastik kirliliğe sebep olmaktadır. Bu plastiklerin aşınması sonucu mikroplastik kirlilik meydana gelmektedir.

Plastik kullanımı günden güne artmaktadır. Bugün bakıldığında plastikler ambalaj, inşaat, beyaz eşya, tarım, tekstil ve otomotiv gibi birçok endüstri kuruluşunda kullanılmaktadır. 2019 yılı Türkiye Plastik Sektörü İzleme Raporu verilerine göre aşağıdaki Şekil 2.1’de yıllara göre plastik mamul üretimi gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye’de Yıllara Göre Plastik Üretimi

Türkiye’de yıllara göre plastik üretimine bakıldığı zaman grafikte 2013-2019 yılları arası gösterilmiştir. Sürekli artan plastik kullanımı tabloda görülmektedir. Her yıl düzenli artan plastik kullanımının tamamının geri dönüşümü sağlanmamaktadır. Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayınlamış olduğu, Plastik Poşetlerin Ücretlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar ile 2019 yılının ilk yarısında 2018 yılına kıyasla üretim miktarında %11 gerilemiştir. Aşağıda 2019 yılının ilk 6 aylık döneminde 4,48 milyon tonluk toplam plastik mamul üretimi içinde yaklaşık 1 milyon 791 bin ton ile plastik ambalaj malzemelerinin başı çektiği, plastik inşaat malzemeleri üretiminde ise 985 bin ton ile plastik ambalaj malzemelerini takip ettiği Şekil 2.2 görülmektedir.



Şekil 2.2. Alt Sektör Bazında Plastik Mamul Üretimi 2019/6 (1000 Ton)

2.2 Plastik ve Mikroplastiklerin Sınıflandırılması

Plastikler ve mikroplastikler boyut, tip, renk, şekil, aşınma durumu gibi farklı fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılabilir . Bu sınıflandırma plastiklerin ne tür yapıda olduğunun belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Sınıflandırma sonucu en uygun kullanım alanı belirlenir. Kullanılacak plastiğin hangi amaçla kullanılacağı hangi alana hizmet edeceği belirlenir ve plastik seçimi yapılabilir. Sınıflandırma ile kullanılacak plastik seçimi doğru yapılmış olur.

2.2.1 Boyutlarına göre sınıflandırma

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC), deniz çöplerini boyutlarına göre (5mm uzunluğunun üstünde veya altında) makro ve mikro tanımı ile ayırım yapmaktadır. Avrupa Birliği'nde deniz mikroplastiklerini standart bir şekilde örneklenmesi ve izlenmesi maksadıyla hazırlanan Avrupa Denizlerinde Deniz Çöpleri için İzleme Kılavuzu'nda makro plastikler (> 25mm), mezoplastikler (5 ila 25 mm), büyük mikroplastikler (1 ila 5 mm) ve küçük mikroplastiklerin (20 µm ila 1 mm) boyutları belirlenmiştir. Laboratuvarlarda yaygın olarak kullanılan FTIR cihazı ile tanımlanabilen ve tespit edilebilen en küçük limit değer olması sebebiyle mikroplastik boyutunda alt sınır uzunluk olarak 20 µm belirlenmiştir. Ancak mikroplastik terimlerin uluslararası standartlaştırılmış bir tanımı bulunmadığı bildirilmektedir.

Ulusal ve uluslararası çalışmalar yapan bilim adamlarınca; direktife uyum için hazırlanan çalışma grubu raporunda mikro plastiklerin genel özelliklerine göre 5 mm'den küçük,

yüksek polimer içerikli sentetik malzeme ve suda çözünmeyen, parçalanamayan katı parçacıklar olarak tanımlanmaktadır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Plastiklerin Boyutlarına Göre Sınıflandırılması

Plastiklerin Sınıflandırılması	
Megaplastikler	>1 m
Makroplastikler	<1m
Mezoplastikler	<2.5cm (25mm)
Büyük Mikroplastikler	1mm – 5 mm
Küçük Mikroplastikler	1mm – 20 µm (0.02 mm)
Nanoplastikler	1nm – 100 nm

2.2.2 Tiplerine göre sınıflandırılma

Plastikler; plastik parçası, film, pelet, köpük (McDermid ve McMullen, 2004) ve lif (Free ve Ark., 2014) olmak üzere beş ana sınıfa ayrılabilir. Plastik parçası adından da anlaşılacağı üzere zamanla plastikten kopan opak plastik parçalarıdır. Plastik şişe kapaklarının, mutfaklarda kullanılan plastik saklama kaplarının parçaları buna örnektir. Filmler genellikle poşet ve ambalajların parçalanması ile oluşan saydam veya yarı saydam olan plastik tipidir. Pelet plastik endüstrisinde hammadde olarak kullanılan, granül olarak da adlandırılan plastiğin hammaddesidir. Köpük, strafor tarzı süngerimsi maddelerdir. Lif ise özellikle limanlarda kullanılan halatların, paketleme işlemlerinde kullanılan rafyaların parçalanmış halidir.

2.2.3 Renklerine göre sınıflandırılma

Plastikler kullanım amacına göre çok farklı renklerde üretilebildiğinden dolayı, doğaya bırakılan plastik atıkları da çok farklı renklerde görmemiz mümkündür. Siyah, sarı, şeffaf, krem, gri, kırmızı, mavi, lacivert, beyaz, pembe, mor, yeşil, turuncu, kahverengi veya birden fazla rengi bir arada bulundurabilen renkli plastik parçaları mevcuttur.

2.2.4 Aşınma durumlarına göre sınıflandırılma

Doğaya bırakılan plastikler çevresel faktörler ile birlikte (güneş deformasyonu, rüzgâr gibi) her zaman yeni, bozulmamış ve pürüzsüz kalmayabilir. Plastiklerin aşınması sonucu plastikler bozunmuş, çok bozulmuş, kırılmış, parçalanmış olarak sınıflandırılmaktadır.

2.3 Plastiklerin Fizikokimyasal Özellikleri

Plastikler, uzun ömürlü, maliyet performansı yüksek, güvenli, hafif, kolay şekil alabilir olduklarından birçok alanda kullanılabilirler. Plastik üretiminde en çok tercih edilen petrol dışında, plastik kömür veya selülozdan da elde edilebilir. Plastiğin üretimi bir petrol rafinerisinde gerçekleşen damıtma işlemiyle başlamaktadır. Polimerizasyon olarak adlandırılan, iki ya da daha fazla molekülün daha büyük molekül oluşturma amacıyla girdikleri kimyasal tepkime süreci sonunda plastik üretilir. Temelinde kullanılan monomer türüne bağlı olarak oluşan her bir polimer türünün kendisine has özelliği, yapısı ve büyüklüğü vardır. Üretilen polimerizasyon ürünleri doğrudan kullanıldığı gibi çeşitli katkı maddeleri ile fiziksel ya da mekanik özellikleri değiştirilerek de kullanılabilir. Ancak bu katkı maddelerinin çoğu ağır metaller ve toksik kimyasallar içermektedir. İstenilen biçimi alabilen anlamına gelen yunanca "plastikos" sözcüğünden gelen plastikler, istenilen şekilde kalıplanabilmekte, şişirilebilmekte ya da sıkıştırılabilmektedirler. Yoğunlukları 0.9-2.0 kg/m³ aralığında değişen plastikler, ısı ve elektriği iletmeyen, dayanıklı ve yalıtkan malzemelerdir.

2.4 Mikroplastiklerin Kirletici Kaynakları

Mikroplastiklerin kirletici kaynakları 2'ye ayrılır; birincil kaynaklar, ikincil kaynaklar.

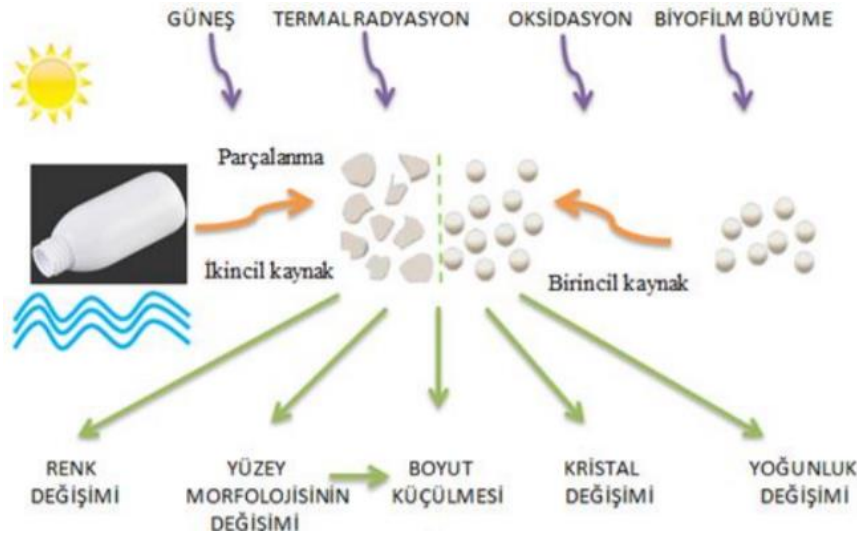
2.4.1 Birincil kaynaklar

Birincil kaynaklar; kişisel bakım, kozmetik ve temizlik ürünleri için üretilen mikro boyuttaki parçacıkları ifade etmektedir. Yüz temizleyicilerin içindeki doğal peeling malzemelerinin yerine özel olarak mikroplastikler üretilmektedir. Yüz temizleyiciler; polietilen, polipropilen, polistren içeren mikroskobik boyutta imal edilmiş plastiklerden üretilmektedir.

2.4.2 İkincil kaynaklar

İkincil kaynaklar; deniz ve kıyı ortamlarındaki makroskobik plastikler ve mikroplastikler, güneş ışığına maruz kalma, ısıl yaşlanma, biyofilm büyümesi ve oksidasyon gibi plastik polimerlerin bozulmasına neden olacak şekilde çeşitli durumlara maruz kalmaktadır. Farklı yıpranma işlemlerine göre, çoğu zaman foto parçalanma, termal bozunma, biyobozunma ve oksidasyon bozunması olarak sınıflandırılan plastik polimerlerin

yıkımlarını kıran bir dizi kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Bozulma, makroskobik plastik atıkların parçalanmasına ve ikincil mikroplastiklerin ortamlara ulaşmasına yol açmaktadır. Öncelikli ve ikincil mikroplastikler, bozunma temel olarak renk, yüzey morfolojik, kristallik, partikül büyüklüğü ve yoğunluk gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Parçalanma sonrası mikroplastiklerin özellik değişimleri

Sentetik lifler, doğal liflerin ihtiyacı karşılamaması durumunda kullanılmak üzere üretilmiştir daha sonraları tüketicinin farklı taleplerine yanıt vermek üzere çeşitli özellikleri geliştirilerek üretilmeye başlanmıştır. Sentetik lifler önemli bir mikroplastik kaynağı olmuştur ve çamaşır yıkamaları sonucunda atıksu arıtma tesislerine ulaşmaktadır.

- Sentetik liflere etki eden faktörler;
- Yeni giysiler eski giysilerden daha az lif bırakmaktadır.
- Deterjan kullanımı lif miktarını arttırmaktadır.
- Sıcaklık, zaman, su sertliği ve mekanik etkiler lif miktarını etkilemektedir.
- Kumaşın sıkı örülmüş olması lif miktarını arttırmaktadır.

2.5 Mikroplastiklerin Çevresel Etkileri

Mikroplastikler yoğunlukları az olduğu için rüzgar ve okyanus akıntıları ile uzun mesafelere kolayca taşınabilmekte ve kalıcı organik kirleticilerin taşıyıcısı olabilmektedir. Su ekosisteminde bulunan canlılar mikroplastikleri besin olarak

algılayabilmekte ve bu şekilde en küçük trofik seviyeden insana kadar mikroplastik geçişi sağlanabilmektedir. Mikroplastikler toksik etkiye neden olabilmektedir. Toksikite doğrudan plastik ürünlerin üretiminde kullanılan polimer malzemelerden kaynaklanabileceği gibi plastiklerin özelliğini geliştirmek için plastiğe eklenen katkı maddeleri de toksisiteyi arttırabilmektedir. Mikroplastiklerin küçük boyutları ve keskin uçları iltihaplanmalara neden olabilmektedir.

İstiridye üzerinde yapılan çalışmada mikro polyesterin üreme bozukluklarına ve yavrular üzerinde etkileri olduğunu göstermiştir. Mikroplastikler küçük balıklarda bağırsak tıkanmasına neden olabilmektedir.

Yüz temizleyiciler okyanusta büyük bir mikroplastik kirlilik kaynağı olabilmekte ve deniz ürünleri zincirlerinin tabanında plankton ve filtre besleyici organizmalar üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır.

Mikroplastikler çok küçük olduğu için tüm trofik düzeyler için tehdit oluşturmaktadır. Farrel ve Nelson (2013); yapmış oldukları çalışmada midyeleri polistrene maruz bırakmış daha sonra bu midyeler ile yengeçleri beslemişlerdir. Sonuç olarak midyeden yengece transfer edilen mikroplastik miktarı az olsa da trofik transferin gerçekleştiğini ve yengecin dokularında yer değiştirebildiğini göstermiştir.

Plastiklerin deniz kuşları tarafından yutulması ciddi bir sorundur. Yapmış olunan çalışmalarda 11 deniz kuşu türünden 8'inin midesinde plastik parçaların bulunduğunu tespit etmiştir. Kuzey Kutup bölgesinde fulmerler (kuş türü) üzerinde çalışma yapmıştır. Sonuç olarak kuşların midesinde çoğu beyaz olmak üzere farklı renk ve boyutlarda plastik parçacıklar gözlemlenmiştir.

Plastik partiküllerin bazıları, gece beslenen pelajik bir balık olan E. subaspera tarafından, bir kısmı da Macquarie Adası yakınındaki foklar tarafından tüketilmiştir. Bu da küçük plastik parçaların okyanusun adaya yakın kısmında besin zincirindeki birikimine bir örnektir.

2.6 Mikroplastiklerin Kaynakları ve Kullanım Alanları

Deniz çöpleri 1950'lerin ortalarında plastik endüstrisinin yaygınlaşmasından itibaren küresel bir çevre sorunu olmaktadır. Yıllık küresel plastik üretimi, 2014 yılında istikrarlı bir şekilde artarak 311 milyon tona ulaşmıştır (GESAMP, 2015). Genellikle plastikler, ambalajlama ve inşaat malzemelerinde olmak üzere otomotiv endüstrisi, tarım, turizm ve denizcilik gibi pek çok uygulama alanında kullanılmaktadır.

2.6.1 Eysel/kişisel kullanım kaynaklı mikroplastik oluşumu

Tüm plastik üretiminin yaklaşık % 40'ı ambalajlanma işlemi için kullanılmaktadır. Ambalajlama işlemin büyük bir kısmı uzun süreli depolama amacıyla yiyecek ve içecek paketlemesinde kullanılmaktadır. Bu plastik malzemeler, su kaynaklarımıza ve deniz ortamına ulaşması durumunda parçalanarak mikroplastik kirlilik kaynağı oluşturmaktadır.

Mikroplastikler; kişisel bakım, kozmetik ve temizlik ürünlerinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Birincil mikroplastikler, şampuan, sabun, diş macunu, göz kalemi, maskara, dudak parlaticısı, deodorant ve güneş kremi gibi çeşitli kişisel bakım ve kozmetik ürününde bulunabilmektedir. Aynı zamanda deterjan, paslanmaz çelik yüzey temizleyicilerde ve temizlik sıvılarında korozif parçacık olarak kullanılmaktadır (Yurtsever, 2015). Özellikle sentetik tekstil ve giyim ürünlerinden çeşitli liflerin kopması önemli mikroplastik parçacık kaynağı olarak kabul edilmektedir. Hollanda'da yapılan bir çalışmada, tek bir parça giysi yıkaması sonucunda yaklaşık 1,900 sentetik mikro elyafın atıksulara karıştığı tespit edilmiştir. Kozmetiklerdeki mikroplastiklerin taşınımına benzer şekilde, lifler de kanalizasyon yoluyla atıksu arıtma tesislerine taşınmaktadır. Şekil 2.4'de kişisel bakım ürünlerinde kullanılan mikroplastik örneği verilmiştir.



Şekil 2.4. Kişisel Bakım Ürününde Mikroplastik

İkincil mikroplastikler ise daha büyük boyutlu plastik malzemelerin çeşitli şartlar altında (fiziksel, kimyasal, biyolojik) parçalanarak daha küçük parçalara ayrılması sonucunda oluşmaktadır. Plastikler hafif, esnek, su ve korozyona dayanıklı olma özellikleri sebebiyle dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek bir plastiğin parçalanması neticesinde milyonlarca mikroplastik maddeye dönüşebilmektedir. Yaygın olarak kullanılan plastik çeşitlerinin adları ve kullanım alanları Tablo 2.2’de belirtilmektedir.

Tablo 2.2. Plastik Kullanım Alanları

Plastik Adı	Kullanım Alanı
ABS	Elektronik aletler, otomotiv, mutfak gereçleri vb.
AC	Kişisel giyim ürünleri, ev tekstil ürünleri, araba tavanları, branda, dış mekan mobilyaları, endüstriyel toz filtresi, inşaat yapımında güçlendirici dolgu malzemesi, araba aküleri vb.
ASA	Ev aletleri, inşaat malzemeleri, elektrikli parçalar, kulplar, ev eşyaları, borulama, spor malzemeleri, anahtarlar, mobilya, otomotiv döşemeleri, otomotiv IP’leri, oyuncaklar vb.
EP	Boyama, yapıştırma, kaplama, uzay, denizcilik ve havacılık uygulamalarında vb.
PA	Fiber, diş fırçası kılları, misina, balık ağları vb.
PBT	Tekstil, halı vb.
PC	Alevi iletmemeye ve kendini söndürme özelliği yüksektir. Bu ürünler BPA içerebilir. Tıbbi aletler, su şişesi, kapak, mutfak gereçleri, otomotiv, CD, trafik ışıkları, gözlük çerçevesi vb.
PE	Paketleme, plastik mutfak ürünleri, otomotiv sanayi, inşaat altyapı malzemeleri, beyaz eşya ve makina parçaları, oyuncak ve tekstil vb.
PE-HD, HDPE	Temizlik maddeleri, çamaşır deterjanı ambalajı, bazı poşetler, şampuan ve süt şişeleri, borular, tanklar, varil, kablo yalıtımı, oyuncak vb.
PE-LD, LDPE	Şişe, dondurulmuş gıda, ekmek ve market poşetleri vb.
PE-LLD	Alçak yoğunluk polietilen ve yüksek yoğunluk polietilen hammadde ile birlikte mukavemet artırıcı
PET, PETE	Pet şişe ismi bundan gelir. Şeffaftır. Su, Meşrubat ve yemeklik yağ.
PGA	Biyo çözümlü polimerdir, Cerrahi uygulamalarda iplik vb.
PLA	Biyo çözümlü polimerdir. Ambalaj malzemesi, plastik torbalar, ofis ürünleri, tek kullanımlık çatal, bıçak, bardak vb.
PMA	Akrilik cam
PMMA	Otomotiv farı, cihaz kapakları, levha, optik malzemeler, boya, elyaf, iplik ve ev dekorasyon ürünleri
Polyester	Tekstil endüstrisi

POM	Elektrik ve sıhhi tesisat bağlantıları
PP	Otomobil yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapay halı kaplama, bahçe mobilyası vb.
PS	Gıda paketlenme, 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 vb.
EPS (PSE)	Ambalaj, ısı yalıtım malzemesi
PTFE	Mutfak gereçleri, kaplar
PS-E, EPS	Elektronik, ambalaj, yalıtım, çatı ve cephe panellerde, dekoratif, döşeme
PU, PUR	Dolgu ve ısı yalıtım köpükleri, yüzey kaplamaları, baskı silindirleri
PVA	Lateks boya, kağıt kaplamalarında, saç sprelerinde, şampuan, yapıştırıcı, PET şişelerde karbondioksit bariyeri, Gıda endüstrisinde bağlayıcı ve kaplama ajanı
PVC	Döşeme, ev dış cephe kaplaması, borular, streç, yiyecek kaplama, şişe, bardak, suni deri, kredi kartı, spor malzemeleri vb.
PVDC	Yiyecek paketlenme, evsel, endüstriyel gereçler
SAN	Mutfak gereçleri, Buzdolabı parçaları, raf ayırıcıları, ışık kapakları, kozmetik ambalaj vb.
SBR	Bilgisayar, bilgisayar aksesuarları, binicilik ekipmanları, hamile ürünleri, bebek ürünleri, egzersiz matı

2.6.2. Atıksu arıtma tesisinden gelen mikroplastik oluşumu

Atıksu arıtma tesislerinden çıkan suların deşarj edildiği noktalarda mikroplastik kirliliği durum tespitine ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Amerika, Avrupa, Avustralya ve Asya kıtalarında yapılmış olan çalışmada; içme ve sulama suyu amaçlı kullanılan nehirlerle deşarj eden atıksu arıtma tesislerinin deşarj noktalarında mikroplastikler incelenmiştir (Akarsu vd. 2017). Dört ayrı kıta için yapılmış beş çalışmanın derlemesinde, deşarj edilen atıksuların yüksek miktarlarda mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir. Mikroplastik kirlilik miktarının genellikle 0,2 MP/L ile 25,8 MP/L aralığında bulunduğu ve en yaygın plastik türünün polietilen olduğu belirlenmiştir.

Carr ve ark. tarafından 2016 yılında, Amerika'nın California eyaletinde gerçekleştirdikleri çalışmada yedi ayrı atık su arıtma tesisi deşarj sularında mikroplastik miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma; parçacıkların boyut, tip ve her bir tesis için mikroplastik giderim miktarını da içermektedir. Toplanan örneklerden mikroplastik olmayan katılar ayrılarak, mikroplastikler boyut ve şekillerine göre sınıflandırılmıştır. En çok karşılaşılan mikroplastik türünün mavi polietilen olduğu, parçacıkların dış macunlarında beyazlatıcı malzeme olan mikroplastikler ile aynı şekil ve kimyasal yapıda

olduğu belirlenmiştir. Giriş ve çıkış yapılarından alınan atık su numunelerindeki mikroplastik miktarının sırasıyla 1 adet MP/L ve 0,9 adet MP/L olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu atık su arıtma tesislerde mikroplastik giderim verimi %10 ile kısıtlı kalmıştır. Bu da günde milyonlarca litre atık su arıtan bir tesisin her gün milyonlarca mikroplastığı sucul ortama bıraktığını göstermektedir.

2.6.3. Tarım faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu

Ülkemizde tarım yaygın bir geçim kaynağıdır. Tarım faaliyetlerinde gübre kullanımı ile tarımsal üretime önemli faydalar sağlanmaktadır. Verimli tarım uygulaması kapsamında toprakların yıkama kayıplarını azaltmak, daha uzun süreli elverişli azot kaynağı sağlamak, bitkiler tarafından kullanılan besin maddesinin etkinliğini artırmak amacıyla kontrollü salınan gübreler (CRF'ler) geliştirilmiştir (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2016). Yeni bir gübreleme teknolojisi olan CRF'ler, gübrelemede harcanan süreyi kısaltmanın yanı sıra ekim alanlarının birim alanı başına gerekli olan gübre miktarını azaltmaktadır. CRF'ler azot, fosfor ve potasyum gibi toprağın besin ihtiyacını sağlamak için genellikle polimer malzemeden (rneğin; polisülfon, poliakrilonitril ve selüloz asetat) oluşan bir kaplama içinde besin maddesi hapı olarak üretilmektedir. Bu kaplamalar parçalanarak mikroplastik kirlilik kontaminasyonu şeklinde toprakta zararlı bir çevresel etki yaratmaktadır. CRF'lerin mikroplastik kirliliğine muhtemel bir kaynak olduğu düşünülmektedir.

2.6.4. İnaşaat faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu

Avrupa'daki yıllık plastik üretiminin % 20'sinden fazlası inşaat sektöründe kullanılan malzemeleri paketlemek için kullanılmaktadır (GESAMP, 2015). Kullanım mr biten plastikler, uygun şekilde bertaraf edilmezse ekosistemde plastik kirliliği oluşurmaktadır. Plastik rnlerin geri dönüşüm sürecinde parçalanması sırasında da mikroplastik emisyonları meydana gelmektedir. Ayrıca inşaat sektöründe; temizleme, aşınma ve taşlama prosesleri mikroplastik emisyonlarına sebep olmaktadır.

İnaşaat sektöründe binalarda kullanılan yalıtım köpükleri, genellikle poliüretan malzemeden üretilmektedir. Bu köpükler katı ve sıvı formlarda duvarların içi, tavan kirişleri arasında uygulanmaktadır. Köpükler parçalanmaları neticesinde mikroplastik kirliliğine sebep olmaktadır.

2.6.5. Kara yolu ulaşımı kaynaklı mikroplastik oluşumu

Lastik yıpranma tozu olarak adlandırılan ikincil mikroplastikler, kara yolu ulaşımı sırasında araç lastik aşınımı neticesinde oluşmaktadır. Otomobil lastiklerin üretiminde büyük miktarda geri dönüştürülebilir stiren-1.3-butadien kauçuk (SBR) malzeme kullanılmaktadır. Hollanda'da yürütülmüş olan bir çalışmada, her yıl yaklaşık 17.000 ton kauçuk lastik aşınımı salındığı tespit edilmiştir. Norveç, İsveç ve Almanya için lastik tozunun yıllık emisyon miktarı ise sırasıyla 4.500, 10.000 ve 110.000 ton'dur. Söz konusu ülkeler için ortalama araba lastiği tozu emisyonları yıllık kişi başı 1 ila 1,4 kg'dır. Lastik tozları ve bunların atmosferde birikiminden kaynaklanan mikroplastiklerin denizlere olan etkisini hesaplamak için daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

2.6.6. Turizm faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu

Turizm sektörü, özellikle deniz kıyısı olan ülkelerde bölge ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır. Dünya Sahil Konferansı tarafından yapılan bir açıklamada turizm sektörü dünyanın en büyük endüstrisi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bunun, tüm ulusların Ulusal Gayri Safi Milli Hasılası'nın (GSMH) yaklaşık % 5 ila % 6'sını oluşturduğu tahmin edilmektedir.

Ülkemizde popüler turistik şehirlerin birçoğu kıyı bölgelerimizde yer almaktadır. Dolayısıyla turizm faaliyetlerinin yapıldığı bu alanlarda deniz çöplerinin de mikroplastik kaynağı olarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Turistler tarafından genellikle tek kullanımlık plastikler (örneğin, içecek şişeleri, yiyecek kapları vb.) kullanılmaktadır. Günümüzde turizm sektörü daha az nüfuslu, temiz ve doğal güzelliklere sahip alanlarda yaygınlaşmıştır. Bu durumda, plastik atıklarının çevreye kirlilik kaynağı oluşturmaması için uygun bertaraf yöntemleri geliştirilmelidir. Ayrıca bölgelerde gerekli altyapı çalışmalarına özen gösterilmesi de büyük önem arz etmektedir.

2.6.7. Denizcilik faaliyeti kaynaklı mikroplastik oluşumu

Denizlerde gemi ve balıkçı teknelerinde meydana gelen kazalar, ya da gemi ve teknelerin terk veya kasıtlı imhası denizlerin kirlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca balıkçılık faaliyetlerinden kaynaklı plastik döküntüler arasından balık ağları, tuzaklar, halatlar, şamandıralar, yem kutuları, plastik poşetler ve eldivenler de denizlerde kirliliğe sebep olmaktadır . Gemi endüstrisinde kullanılan ekipmanların rutin olarak plastik

aşındırıcılarla temizlikleri yapılmaktadır. Söz konusu plastik aşındırıcıların denizcilik faaliyetlerinde birincil mikroplastik kaynağı olduğu düşünülmektedir.

2.7. Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkileri

Mikroplastiklerin yapımında kullanılan kimyasal maddeler ve dış yüzeyine tutunan kalıcı organik maddeler mikroplastikler ile beraber vücuda taşındığında insan sağlığına zarar vermektedir. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, organoklorlu pestisitler ve poliklorlu bifeniller gibi hidrofobik organik kirletici maddelerin yanı sıra kadmiyum, çinko, nikel ve kurşun gibi ağır metaller plastiklerin hidrofobik kimyasal özellikleri sebebiyle parçacıkların dış yüzeyine tutunabilmektedir. Ayrıca tehlikeli monomerler, kimyasal katkı maddeleri ve yan ürünler plastiklerin % 50'den fazlasının içerisinde doğrudan bulunmaktadır. Rist ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada, çoğu polimerin biyolojik olarak doğada parçalanmayan maddeler olduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, plastik ürünlerin üretiminde kullanılan bazı monomerler ve oligomerlerin kullanım sırasında bulunduğu ortama sızarak daha sonra canlılara ulaşabildiği belirtilmiştir.

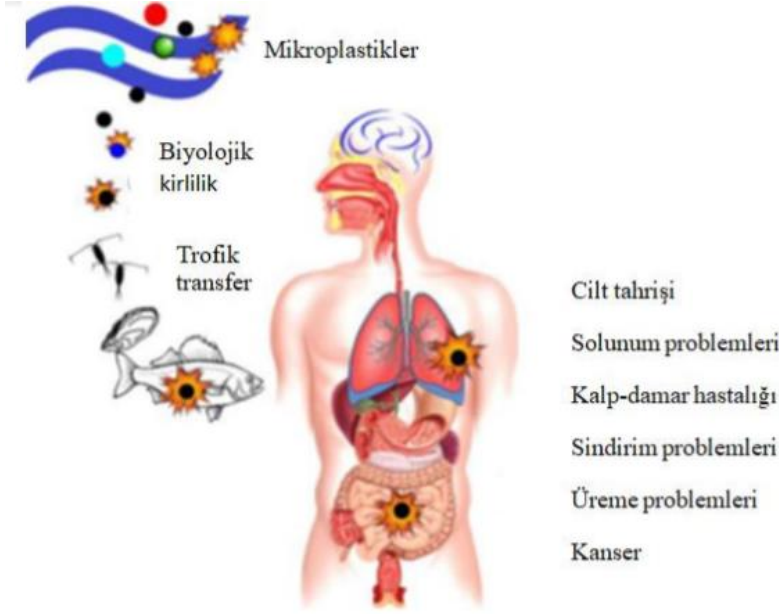
Plastiklerin insan sağlığına zararlı etkisi konusunda; katkı maddeleri olarak kullanılan kimyasallarla karşılaştırıldığında parçacık toksisite etkisine ilişkin çok az şey bilinmektedir. İnsanların mikroplastiklere maruz kalma yolları yutma ve soluma olduğu için potansiyel zararlı etkileri mide, bağırsak sistemi ve akciğerde meydana gelebilmektedir. Mikroplastiklerin hidrofobiklik, yüzey yükü gibi kimyasal yapısı ve parça büyüklüğü özellikleri insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Rist ve arkadaşları tarafından küçük plastik parçacıkların meydana getirdiği hava kirliliğinin solunum ve kalp hastalıkları ile yakından ilişkili olduğunu gösteren araştırmalar yapılmıştır. Çalışmalarda 2.5 µm altındaki plastik parçacıkların solunum organlarından geçerek, akciğerlerde büyük oranda tutulabildiği tespit edilmiştir. İnsanlar tarafından sürekli solunması veya yutulması durumunda ise mikroplastiklerin bağışıklık sistemini zayıflatarak parçacık toksisite etkisi yaptığı tespit edilmiştir. 50 µm'ye kadar olan çok küçük nanoplastikler ise lenf düğümlerine taşınabilmekte ve bazı durumlarda karaciğerde ve dalakta bulunabilmektedir. Bu nedenle, mikroplastiklerin potansiyel insan sağlığına etkileri büyük ölçüde parçacık özelliklerine bağlı olmakta ve mikroplastik parçacıklardan ziyade nanoplastiklerin insan sağlığına çok daha fazla olumsuz etkilere neden olduğu

varsayılabilir. Söz konusu potansiyel sağlık etkilerinin belirlenmesi için daha çok deneysel veriye ihtiyaç duyulmaktadır.

Plastik malzemeler aynı zamanda yapımında kullanılan binlerce kimyasal madde ile yakından ilişkilidir. Söz konusu kimyasalların birçoğu insan kanında, idrarda ve anne sütünde bulunabilmekte ve bazılarının potansiyel olarak insanlar üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Dünyada uygun katı atık yönetimi uygulanmayan bazı atık bertaraf alanlarında, rutin atık yakma işlemi sırasında plastik malzemelerin de yakılması neticesinde yapısında bulunan; furan, dioksin gazları, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ile kurşun ve kadmiyum toksik metalleri atmosfere serbest bırakılmaktadır. Bu kimyasallar solunmaları neticesinde insan bünyesine geçmekte ve insan sağlığına zarar vermektedir.

Bouwmeester ve arkadaşlarının çalışmasında, kemirgenler tarafından yutulan mikroplastiklerin kanda çok zor emildiği (< % 1) tespit edilmiştir. Çok küçük bir kısmı kan dolaşımına lenf yoluyla ulaşabilmekte ancak bu mikroplastik miktarı organlara nüfuz edememekte ve muhtemelen dalak yoluyla elimine edilmektedir. İnsan vücudundan boşaltım sistemi ile mikro ve nanoplastiklerin >% 90'ını dışkı yoluyla atıldığı tespit edilmiştir (Smith vd., 2018). Ayrıca mikroplastik parçacıkları büyüklüklerinden dolayı hücre membranlarından geçememektedir. Ancak, mikroplastiklerin bağırsakta inflamasyon (iltihaplanma) gibi lokal etkileri mümkün olabilmekte ve dolayısıyla bağışıklık sistemini etkileyebilmektedir. Nano plastikler plasenta ve beyin dahil tüm organlara nüfus edebilmekte ve hücre membranları içerisine taşınabilmektedir. Ancak nanoplastik toksisitesine ilişkin yeterli çalışma mevcut değildir.

Mikroplastiklerin insanların tükettiği gıdalarda bulunup bulunmadığı konusunda çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle, insan sağlığına olumsuz etkileri hakkında mevcut olan bilgi hala sınırlıdır. Mikroplastiklere kronik maruziyet, zamanla oluşabilecek birikim etkisinden kaynaklandığı için bu durum da henüz bilinmemektedir. Mikroplastiklere maruziyet neticesinde oluşacak toksik etkileri belirlemek için daha fazla deneysel veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Mikroplastiklerin insan vücudunda bulunan sağlık etkileri Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5. İnsan vücudundaki mikroplastiklerin ve kimyasal kirleticilerin biyolojik birikiminden ve biyolojik olarak ayrılmasından kaynaklanan potansiyel sağlık etkileri

2.8. Mikroplastiklerin Çevresel Ortamda Taşınımı ve Çevresel Etkileri

Plastik malzemeler ekosistemde sabit kalmamakta, karadan tatlı suya ve tatlı sudan deniz ortamına taşınabilmektedir. Mikroplastiklerin sucul ekosisteme taşınmasında akarsular hava ortamında taşınmasına ise rüzgârlar etkin bir rol oynamaktadır . Mikroplastiklerin kolayca taşınabilmeleri sebebiyle mikroplastiklere kırsal bölgelerde hatta yerleşim yerinden uzakta yer alan dağ göllerinde bile rastlanmaktadır. Örneğin Moğolistan'da Hovsgol Gölü'nden ve Tibet Platosu'na ait göllerden alınan numunelerde önemli miktarda mikroplastik bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil2.6).



Şekil 2.6. İkincil Mikroplastik Örnekleri (Plastik Reçineler)

Günümüzde plastik atıkların uygunsuz bertarafının yanı sıra havadaki atmosferik plastik döküntüler de ekosistemi kirletmektedir. Kentsel ve kırsal bölgelerde hava kirliliğine neden olan atmosferik döküntülerin incelenmesi neticesinde döküntülerin içeriğinde en

az % 29'unun tekstil ürünlerinden kaynaklandığı petrol türevi olan sentetik mikroplastik tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, mikroplastiklerin havada uzun mesafelerce taşınabildiğini göstermektedir.

Günlük hayatta yaygın kullanılan tekstil ürünlerdeki sentetik lifler ve plastik parçacıklar hafiflikleri sayesinde uzun mesafeler havada taşınabilmekte rüzgârsız ortamlarda ise su ve karaya çökelebilmektedir. Bu sebeple izole adalarda, Arktik ve Antarktik bölgelerinde de mikroplastiklere rastlanabilmektedir. Kuzey Pasifik'te ve Kuzey Atlantik Okyanusunda yer alan iki büyük çöp adası bu şekilde oluşmuştur. 1997 yılında keşfedilen büyük Pasifik çöp çukurunun, yaklaşık Avrupa kıtası büyüklüğünde olup kilometrekarede 1 milyon plastik parçacık içermekte olduğu tahmin edilmektedir. Mikroplastik parçacıklar aynı zamanda üzerine tutunan organizmaları ve kimyasal kirliliği buldukları yerden çok uzak mesafelere taşıyabilmektedir.

Çevre ve insan sağlığını tehdit eden mikroplastikler, deniz ortamına ulaştıkları zaman sucul ekosistemi de etkilemektedir. Sucul ekosistemde yaşayan deniz çayırları, fitoplankton, zooplankton, balıklar, bentik canlılar, deniz kaplumbağaları, deniz memelileri ve deniz kuşları gibi canlı gruplarından binlerce türü denizlerin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle etkileşim içerisinde olup deniz ekosistemini oluşturmaktadır. Deniz ya da iç sularda yaşayan suyun hareketiyle hareket eden tek yada çok hücreli canlılara “plankton” denilmektedir. Deniz suyunun güneş ışığı ile aydınlanan üst tabakasında yaşayan fotosentetik canlı olan “fitoplankton” (bitkisel plankton), zooplanktonik canlılar (hayvansal plankton) için başlıca besin kaynağıdır. Aynı zamanda zooplanktonik canlılar besin zincirinde birincil tüketiciler ve ikincil üreticiler olarak tanımlanmaktadır. Zooplanktonlar besinini fitoplankton ile kendisinden küçük canlıları tüketerek dışarıdan temin ettiği için mikroplastikleri bünyesine aldığı düşünülmektedir. Deniz ekosisteminde yaşayan bentik omurgasız organizmalar denizlerdeki besin zincirinin fitoplanktonik ve zooplanktonik organizmalardan sonraki üçüncü halkasını oluşturmaktadır. Bentik canlılar genellikle sediment içerisinde yada üzerinde yaşamaları ve yavaş hareket etmeleri sebebiyle bir ortamdaki plastik kirlilikten en çok etkilenen canlı türüdür . Plastik kirliliğinden etkilenen ekosistemde yaşayan balık yiyen kuşlar, balıklar, deniz memelileri, zooplanktonlar, chaetognatha (kılıççeneliler ve planktonik deniz omurgasız), kopepod (zooplanktonun alt sınıfı eklembacaklılar), echinodermata (derisi dikenliler, derin okyanusta yaşayan omurgasız hayvan), bryozoa (mikroskopik sucul

omurgasız), bivalvia (midye, suyu filtreleyerek beslenen iki kabuklu yumuşakça) ve salp (planktonik canlı), besin zincirinin altında yer alan balık larvaları, kabuklu ve omurgasız canlılar tarafından makro, mikro ve nanoplastiklerin yutulduğu ve denizde yaşayan yaklaşık 800 canlı türünün deniz çöplerinden etkilendiği tespit edilmiştir. Laboratuvar çalışmasında, küçük boyutlarından dolayı yutulan plastik parçacıkların genellikle canlıların sindirim kanalında bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çok küçük nanoplastikler denizdeki alglere tutunması durumunda zooplanktonlar ile besin zinciri yoluyla balıklara taşınmaktadır.

Mikroplastikler genellikle kirleticiler için potansiyel taşıyıcı işlevi görmektedir. Hidrofobik kimyasallar plastik parçacıklara kuvvetlice bağlanarak balık gibi sudaki besinini dışarıdan alan heterotrofik canlılara taşınmaktadır. Plastikleri tüketen deniz canlılarının iç organlarına mide mukozasına zarar vermekte ya da beslenmesini azaltabilmekte, sindirim enzim sistemini veya hormon dengesini bozabilmekte ve üreme sistemleri üzerinde zararlı etkilere neden olabilmektedir. Denizlerde yaşayan canlılarının midelerinin plastikle dolması çoğu zaman hayvanların açlıktan ölmesine sebep olmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Mikroplastik Yutan Balık & Albatros Kuşu

2.9. Türkiye’deki Denizlerde Mikroplastik İncelemesi

Güven ve ark. tarafından Doğu Akdeniz’in 10 farklı bölgesinde yaşayan balıkların sindirim sisteminde bulunan mikroplastik miktarını belirlemek için 2015 ve 2016 yıllarında bir çalışma gerçekleştirilmiştir. 2015 yılında, 28 farklı balık türüne ait 1337 balık bireyinin %58’nin sindirim sisteminde toplam 1822 adet mikroplastik olduğu tespit edilmiştir. Bu balık türlerinin içinde en fazla mikroplastik barbun ve istavrit türlerinde

bulunmuştur. 2016 yılında ise en çok rastlanan barbun (mulus barbarus) ve istavrit (trachurus miterraneus) türlerine ait 167 adet balık bireyi analiz edilmiştir.

Çalışmanın ilk yılında yapılan örnekleme ile her bir balık bireyi için ortalama 1.80 partikül olmak üzere tüm balıkların % 34'ünün mide organlarında, % 41'inin ise her bir bireyin ortalama 1.81 partikül olarak bağırsaklarında mikroplastik tespit edilmiştir. Tüm örneklerin %58 ini temsil eden 771 adet balık örneğinin hem mide hem de bağırsak organlarında mikroplastik tespit edilmiştir. Balıklar tarafından yutulan mikroplastik tipleri; % 70'i fiber, %20.8'i sert plastik, %2.7'si naylon, %0.8'i kauçuk, %5.5'i ise çeşitli diğer plastik parçacıklardır. Mide veya bağırsakta bulunan partikül sayısı ortalama 1 ile 35 arasında değişmektedir.

Aynı çalışma kapsamında, 2015 yılında deniz yüzeyinden elde edilen mikroplastik miktarları 16.339 – 520.213 adet/km² arasında, 2016 yılında ise 19.748-1.080.324 adet/km² arasındadır. 2015 yılı su kolonu örneklerindeki mikroplastik miktarı 0,58 ve 26,37 adet/m³ arasındadır. 2016 yılında ise bu oran 0,17 ve 13,83 adet/m³ arasında değişmektedir. 2015 yılı sediman örneklemeğinde, bir istasyonda 1.720 adet/L mikroplastik parçacığı ile en yüksek mikroplastik yoğunluğunu göstermiş iken; diğer istasyonun, yüzey suyu örneklerinde en yoğun mikroplastik miktarına sahip olduğu görülmüştür (ancak ikinci istasyon sedimanında 80 adet/L mikroplastik parçacığı ile en düşük yoğunluk gözlenmiştir). 2016 yılında, mikroplastik parçacıklarının sediman örneklerindeki miktarları 73,33 ve and 553,33 adet/L arasında değişmektedir.

Tüm örnekler (2015 ve 2016 yılında yapılan deniz suyu, sediman ve biyota örnekleri) birleştirildiğinde, en yoğun tespit edilen mikroplastik tipleri olarak fiber ve sert plastik parçacıklarını naylon, kauçuk ve diğerleri takip etmektedir. Fiberlerin oranı su yüzeyinden sedimana doğru artış göstermektedir. Fiber ve sert plastik parçacıklarının yoğun bulunduğu istasyonların, örnekleme bölgesindeki üç büyük nehre yakın olduğu tespit edilmiştir.

Kideyş ve ark. tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada, 2016 yılının yaz aylarında Türkiye'nin tüm denizlerinden 3 dönem alınan numune örneklemeğinde; su yüzeyi, su kolonu, sediment ile balıkların mide ve bağırsaklarında bulunan mikroplastikler analiz edilmiştir. Analiz edilen balık türleri tüm Türkiye'nin denizlerinde ortak bulunan (barbun

Mullus barbatus ve istavrit *Trachurus mediterraneus*) ve diğ er bazı balık türlerinden (*Merluccius merluccius*, *Phycis blennoides*, *Tripsopterus minutus*, *Pagellus erythrinus*, *Pagellus sp.* ve *Merlangius merlangus*) iç ermektedir. Ç alışmada; toplam 18 su yüzeyinden, 18 su kolonundan, 21 sediman ö rneğ inden ve 846 balık ferdinden elde edilen ön sonuçlar sunulmaktadır. Tüm değ erlendirilen ortamlar iç erisinde en yüksek mikroplastik çe şitliliğ i su yüzeyi ö rneklerinde tespit edilmi ştir. Toplamda tespit edilen tüm plastik parç acıklarının en sık kar şılaşılan plastik tipi ř eفاف naylon parç acıklarıdır. Değ erlendirilen 846 balıktan 514'ünün sindirim kanalları iç erisinde yani mide ya da bağ ırsakta toplamda 1051 adet mikroplastik parç acık tespit edilmi ştir. Diğ er bir deyi şle, balık fertlerinin %57'sinin sindirim kanallarında plastik bulunmu ştur. Toplamda analizi gerç ekleştirilen 8 tür ve 24 ö rnekleme istasyonu iç in sindirim kanalları iç erisinde tespit edilen mikroplastik parç acıklarının çoğ unun bireylerin bağ ırsaklarında bulunduğ u görö lmektedir. Elde edilen sonuçların ileride gerç ekleştirilecek olan izleme ç alışmaları iç in ö nemli bir temel veri i şlevi göreç eę i dü řö nö lmektedir (ř ekil 2.8).



ř ekil 2.8 Balıkların Midesindeki Mikroplastik Ö rnekleri

Ç evre ve ř ehircilik Bakanlığ ı tarafından desteklenerek Tübitak-Mam'ın yürütücölüğ unden 2014-2016 döneminde gerç ekleştirilen “Denizlerde Bütünleş ik Kirlilik İzleme Projesi” kapsamında yer alan deniz değ erlendirme alanlarının 10 tanesinde yapılan pilot ölç eklı ç alışmalar ile Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Ege Denizlerindeki mikroplastik miktarları belirlenmi ştir.

3. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, su kaynaklarımız dahil sucul ekosistemin, denizlerde yaşayan tüm canlıların ve nihayetinde insan sağlığının mikroplastik kirliliğinden ne derece etkilendiği ve gün geçtikçe daha ciddi tehlike altında olacağımız görülmektedir. Türkiye'deki mikroplastiklerin özellikle insan sağlığına olumsuz etkilerinin ortaya konulması için mikroplastik kirliliğinin mevcut durumunun tespit edilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde mikroplastik kirliliğinin mevcut durumunu belirlemek amacıyla pilot bir havza veya deniz ortamı seçilerek; mikroplastiklerin ve plastiklerin kaynakları, kullanım miktarı envanterleri, oluşum ve taşınım mekanizmaları, çevre ile insan sağlığına etkilerinin, biyobirikimlerinin detaylıca araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akarsu, C., Kıdeyş, A. E., & Kumbur, H. (2017). Evsel atık su arıtma tesislerinin sucul ekosisteme mikroplastik tehditi. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi , 73-78.

<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/UZMANLIK%20TEZ%C4%B0%20-%20N%C4%B0L%C3%9CFER%20TUTUGLU.pdf>

<https://tezarsivi.com/atiksulardaki-mikroplastik-kirliliginin-incelenmesi>

<http://ims.metu.edu.tr/tr/mikroplastik>

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/40786/492038>

<http://blog.aku.edu.tr/raslan/files/2018/09/mikroplastikler.pdf>