

*Derleme Makalesi- Review Article*

# Mikroplastiklerin Deniz Ortamı ve Sucul Canlılara Etkisi

## Effect of Microplastics on Marine Environment and Aquatic Organisms

İzel Kenan<sup>1\*</sup>, Arzu Teksoy<sup>2</sup>,

*Geliş / Received: 16/02/2022*

*Revize / Revised: 15/05/2022*

*Kabul / Accepted: 18/05/2022*

### ÖZ

Bu derleme çalışmada günümüzde ve gelecekte ciddi çevre problemlerinden biri olarak kabul edilen mikroplastik kirliliğinin deniz ve deniz ekosistemine ait canlılardaki etkisi bütüncül bir şekilde ele alınmıştır. Yapılan kapsamlı literatür araştırmasında büyük oranda atıksu arıtma tesisi deşarjı ve nehir taşınımı ile deniz ortamına karışan birincil ve ikincil mikroplastiklerin canlılar tarafından yutulabilir olduğu, üreme bozukluğu, yalancı tokluk hissi ve yaralanma gibi nedenlerle canlıların olumsuz etkilendiği anlaşılmıştır. Ek olarak plastiklerin elde edildiği hammaddeye bağlı olarak farklı toksik bileşiklerin deniz ortamına taşınımı da mümkündür. Çalışma sonuçları, denizlerde tespit edilen parçacıklara paralel olarak bu ortamlarda yaşayan canlı gruplarının da tamamında benzer özellikte mikroplastik bulunduğunu göstermiştir. Koruma altındaki mercanlar ve memeliler de dahil olmak üzere diğer canlıların farklı yapı ve organlarında tespit edilen parçacıklar, mikroplastiklerin tüm deniz ekosistemine yayıldığı ortaya koymuştur. Mikroplastik tespitinde izlenen farklı yöntemler ve canlıların gelişmişlik düzeyine bağlı değişen örneklem sayısı bulguların karşılaştırılmasındaki zorluklardan birkaçıdır. Yapılan incelemelerde en çok karşılaşılan mikroplastik türleri polipropilen ve polietilen polimerleri ile lif şeklindeki parçacıklar olmuştur. En sık karşılaşılan mavi renkli plastik parçacıkların yanı sıra beyaz, şeffaf ve krem rengi gibi renk skalasında açık renkli olarak değerlendirilen mikroplastiklerin de sucul ortamda oldukça yaygın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler-** Mikroplastik, Mikroplastik Kaynakları, Deniz Ekosistemi

### ABSTRACT

In this review study, the effect of microplastic pollution, which is considered as one of the serious environmental problems today and in the future, on marine and marine ecosystems is discussed in a holistic way. In the literature search, primary and secondary microplastics has been observed which are mixed with the marine environment by wastewater treatment plant discharge and river transport, therefore, many marine organism are ingested microplastics and negatively affect living things due to reproductive disorders, fake satiety and injury. In addition, depending on the raw material from which the plastics are obtained, it is possible to transport different toxic compounds to the marine environment. In the extensive literature research, it has been understood that primary and secondary microplastics, which are mixed with the marine environment by wastewater treatment plant discharge and river transport, can be swallowed by living things and negatively affect living things due to reproductive disorders, false satiety and injury. In addition, depending on the raw material from which the plastics are obtained, it is possible to transport different toxic compounds to the marine environment. The results of the study showed that in parallel with the particles detected in the seas, microplastics with similar properties were found in all living groups living in these environments. Particles detected in different structures and organs of

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişim: [izelkenan95@gmail.com](mailto:izelkenan95@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-9853-5844>)

Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>İletişim: [arzu@uludag.edu.tr](mailto:arzu@uludag.edu.tr) (<https://orcid.org/0000-0001-9134-1377>)

Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye

other creatures, including protected corals and mammals, revealed that microplastics have spread throughout the entire marine ecosystem. The most common types of microplastics in the examinations are polypropylene and polyethylene polymers and fiber-shaped particles. In addition to the most common blue colored plastic particles, it was concluded that microplastics, which are evaluated as light-colored in the color scale such as white, transparent, and cream, are also quite common in the aquatic environment.

**Keywords- Microplastic, Source of Microplastic, Marine Ecosystem**

## I.GİRİŞ

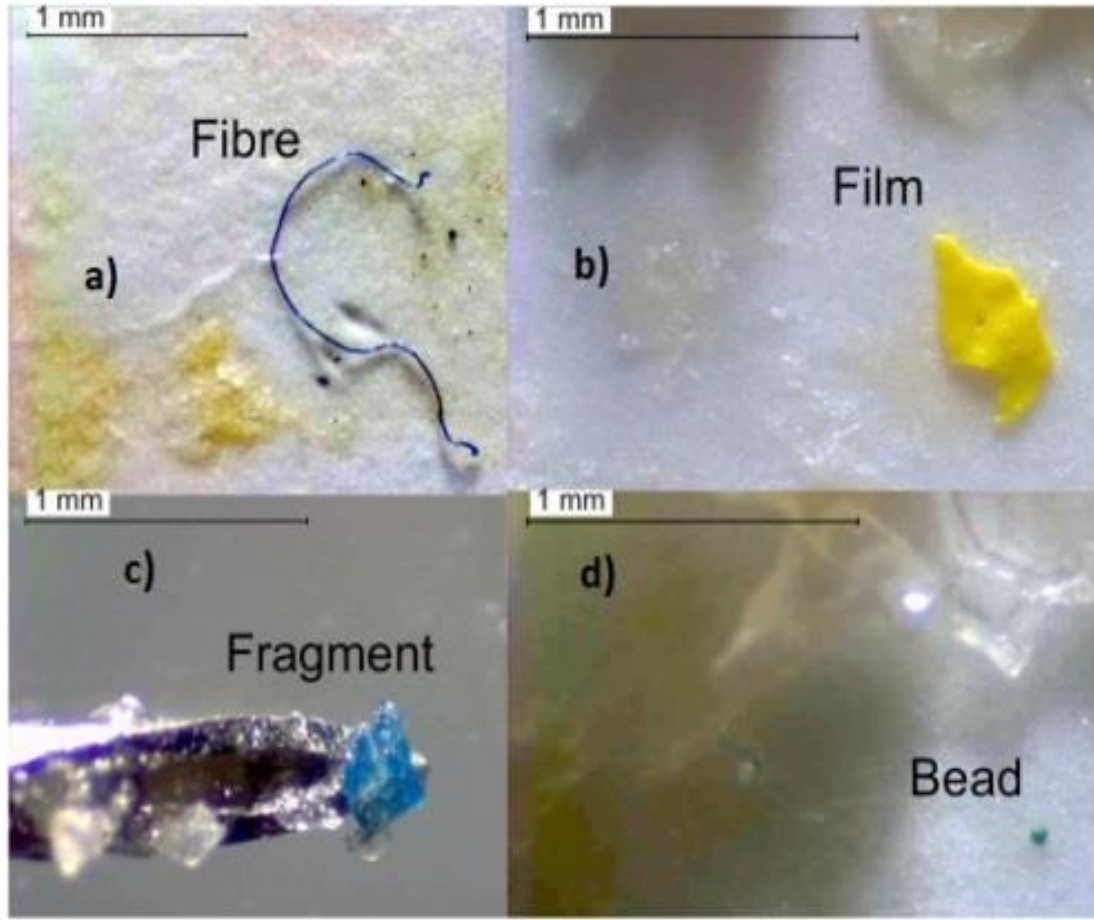
Düşük üretim maliyeti ve geniş kullanım alanı olması nedeniyle dünya üzerindeki plastik üretimi oldukça fazladır [1-2]. 2020 yılında dünya çapındaki plastik üretimi 360 milyon ton, Avrupa'da ise 55 milyon ton'dur [3]. En yaygın üretilen sentetik plastikler polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC), polistiren (PS) ve polietilen tereftalat (PET) [4]. Son 30 yıldır çevresel ortamlara dağılmış olan plastiklerin varlığı endişe verici olup küresel bir sorun haline gelmiştir [5]. Çevresel ortamlarda biriken plastik miktarının 2060 yılına kadar 155-265 ton olacağı tahmin edilmekte olup [6-8], günümüzde yaşanan COVID-19 pandemisi nedeniyle artan yüz maskesi, eldiven gibi tıbbi koruyucu ekipmanların kullanımının da bahsi geçen ürünlerin imal edildikleri polimerler sebebiyle plastik kirliliğine daha da etki edeceği tahmin edilmektedir [9]. Ma ve diğ.[9] Dünyanın pek çok yerinden toplamış oldukları maskelerden salınan mikroplastik ve nanoplastikleri emisyon taramalı elektron ve atomik kuvvet mikroskopu ile incelemişlerdir. İnceledikleri maskelerden elde ettikleri çalışma sonuçları nanoplastik yoğunluğunun daha fazla olduğunu, mikroplastiklerin ise nispeten daha az oranda olduğunu ve maske başına  $1,3-4,4 \times 10^3$  adet parçacığın ortama salındığını bildirmişlerdir [9]. İnsan faaliyetleri sonucu oluşmuş, boyutları 5 mm'den daha küçük olan kalıcı plastik atıklar 'mikroplastikler' olarak adlandırılmaktadır [2,10,11].

Çevresel ortamlarda biriken bu plastikler iki sınıfta incelenmektedir. Bunlardan;

Birincil mikroplastikler spesifik alanlarda kullanılmak üzere çok küçük boyutlarda üretilen plastik parçacıklar 'birincil mikroplastikler'i oluşturmaktadır [12]. Çeşitli kozmetik ürünleri, peelingler, temizleyiciler, hava püskürtücüler, diş macunları, mikroboncuklar, sentetik lifler, plastik üretimi sonucu oluşan pelet döküntüleri, boyalar ve yapıştırıcılar birincil mikroplastikler sınıfına girmektedirler [12-16].

İkincil mikroplastikler ise özellikle küçük boyutlarda üretilmemiş, daha büyük plastik parçaların çevresel şartlarda bozunmasıyla meydana gelmektedirler [12]. Çamaşır makinelerinde ve kurutucularında tekstil kumaşından kopan lifler, ambalajlı ürünlerin paketlerinin açılması sırasında ortama karışan plastik parçacıklar, araç lastiklerinin zamanla bozunmasıyla oluşan döküntüler, gemi boyalarının ve kaplamasının zamanla yıpranıp bozunması, sigara izmaritlerinden kopan lifler ve plastik çöpün deniz ortamında bozunması ikincil mikroplastiklere örnek olarak gösterilebilmektedir [7,17-21].

Bu konuda yapılan çalışmalarda, mikroplastiklerin atmosfere [22,23], deniz suyuna [2,12], deniz sedimanına [1] tatlı sulara [24-26], insan faaliyetlerinden uzak bölgelere [27], arktik bölgelere [28] atıksu ve arıtma çamuruna [29] [30], düzenli depolama sahası sızıntı sularına [31], toprağa ve ormanlık arazilere [13,32] karıştığı tespit edilmiştir. Morfolofik özelliklerine göre mikroplastikler; lifler, filmler, parçalar ve küresel şekilli boncuklar olarak (Şekil 1.) sınıflandırılmaktadırlar [33]. Mikroplastiklerin sucul ortama etkileri hakkında yapılan ilk araştırmalarda odak noktası Caroenter ve Smith [34]'e göre mikroplastiklerin bakterilerin büyümesi ve çoğalması için bir yüzey görevi görmesidir [34]. Fakat daha sonra yapılmış olan çalışmalarda, plastik malzemelerin çevresel ortamda fiziksel ve kimyasal olaylar sonucu bozunmasıyla yüzey alanlarının arttığı ve plastiklerin hidrofobik bir yüzeye sahip olması nedeniyle çeşitli hidrofobik organik kirleticileri (polisiklik aromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller vb), ağır metalleri, pestisitleri, farmosötik kirleticileri ve ksenebiyotik kimyasalları üzerlerine absorbladığı bildirilmiştir. Ayrıca bu kirleticilerin sucul canlıların besin zincirine girebildiği bu sayede sucul canlıların bünyesinde birikerek çeşitli anomaliliklere sebep olduğu ve besin zinciri yoluyla insanlara kadar taşınabildiği belirtilmiştir [2,4,13,35-37].



Şekil 1. Mikroplastik şekilleri a) lif, b) film, c) parça, d) boncuk [54]

Yapılan bu derleme çalışmada, konu ile ilgili son yıllarda yayınlanmış makalalar göz önüne alınarak mikroplastiklerin, okyanus ve deniz ortamına geçişleri, mikroplastik kirliliğinin boyutu ve deniz habitatında bulunan canlılardaki maruziyetinin mevcut durumunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca besin zincirinin farklı basamaklarındaki canlılardaki mikroplastik birikimini ortaya koyan çalışmalar irdelenerek mikroplastiklerin sucul canlılar ve besin zinciri yoluyla insanlar üzerindeki toksik etkilerine dikkat çekilmek istenmiştir.

## II. MİKROPLASTİKLERİN ÇEVRESEL ORTAMA GEÇİŞLERİ

Dünya genelinde insan nüfusunun neredeyse yarısı deniz kıyısı veya denize yakın bölgelerde yaşam sürdürdüğü için karasal kaynaklı plastik çöpler, deniz çöpünün oluşmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır [12] [19]. Kişisel bakım ürünlerinde kullanılan mikroboncuklar ve yıkama esnasında kumaşlardan kopan lifler gibi birincil ve ikincil mikroplastikler kanalizasyon vasıtası ile kentsel atıksu arıtma tesislerine gelen en yaygın mikroplastiklerdir. Boyutlarının çok küçük olmasından ya da arıtma sisteminin giderim için uygun olmamasından dolayı bu mikroplastikler yüzeysel sulara deşarj edilebilmektedirler [19,38-40]. Yapılan araştırmalarda, kentsel atıksu arıtma tesislerindeki ikincil ve üçüncül arıtma proseslerinde mikroplastiklerin %40 ila %99,9 oranında tutulduğu düşünülmese rağmen deşarj edilen sulara yine de mikroplastik mevcudiyetinin olduğu bildirilmiştir [39-42]. Tespit edilen konsantrasyonlar düşük olsa bile alıcı ortama verilen günlük su hacminin binlerce m<sup>3</sup> olduğu göz önüne alınırsa ortama verilen mikroplastik miktarının ciddi boyutlara ulaştığı görülmektedir [29]. Atıksu ve arıtılmış atıksu deşarjı yapılan nehirlerin, içerdikleri mikroplastikleri beraberinde taşıyarak deniz ve göl ortamlarına taşıdıkları düşünülmektedir [39].

Franco. ve diğerlerinin [43] İspanya'nın Cádiz kentinde yapmış olduğu çalışmada bu durum açıkça ortaya konulmuştur. Evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkışında, ayrıca bu tesislerin deşarj ettiği alıcı ortamdaki örneklerde bulunan mikroplastik konsantrasyonun ve atıksu arıtma tesislerinin giderim veriminin belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada kentsel AAT'nin ve endüstriyel AAT'nin mikroplastikleri arıtma

veriminin sırası ile %97,46 ve %91,62 olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen araştırmanın yapıldığı 3 ay boyunca kentsel AAT'den Atlantik okyanusuna günde ortalama  $1,49-1,94 \times 10^9$  MP/gün, endüstriyel AAT'den ise  $1,07-2,64 \times 10^7$  MP/gün deşarj edildiği hesaplanmıştır. Araştırmacılar endüstriyel AAT'nin kentsel AAT'ne göre daha az konsantrasyonda mikroplastik deşarj etme nedeninin endüstriyel AAT'nin daha küçük debilerde çalışıyor olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Alıcı ortamdaki durum ise, kentsel AAT'nin deşarj yaptığı bölge 1'de ortalama  $0,83 \pm 0,26$  MP/L, endüstriyel AAT'nin deşarj bölgesindeki (bölge 2) ortalama konsantrasyon  $6,64 \pm 2,71$  MP/L olarak belirlenmiştir [43].

Atıksuların arıtılması sırasında mikroplastikler çamura transfer edildiği için, arıtma çamurları atıksudan daha konsantre şekilde mikroplastik içermekte ve çamurun araziye uygulanması durumunda mikroplastiklerin toprak ortamına geçişi söz konusu olabilmektedir [29] [44]. Li X. Ve diğerleri [30], Çin'de 11 ilde bulunan 28 atıksu arıtma tesisine ait 79 adet çamur örneğini incelemişlerdir. Arıtma çamurunun arazide bertarafının önemli bir mikroplastik kaynağı olduğu şüphesi ile yapılmış olan bu çalışmanın sonuçlarında 1kg kuru çamur için ortalama  $22,7 \pm 12,1 \times 10^3$  partikül tespit etmiş olmakla birlikte, Çin'de oluşan çamur miktarına bağlı olarak yılda  $1,56 \times 10^{14}$  partikülün çevresel ortama taşındığını hesaplamışlardır [30].

Mikroplastiklerin çevreye yayılımında su ile taşınım önemli bir kaynak olmakla birlikte katı atıklar da birer mikroplastik kaynağı olabilmektedir [45]. Katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolama sahalarında; evsel katı atıklar, arıtma çamurları ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklı atıklar bertaraf edilmektedirler. Deponi sahalarının fiziksel özellikleri nedeniyle mikroplastiklerin sızıntı suyu yoluyla ya da atmosfere karışması yoluyla toprağa girebilirler [31]. He ve diğerleri [31], deponi sahalarının potansiyel mikroplastik kaynağı olabileceği düşüncesine açıklık getirmek için; Şangay, Wuxi, Suzhou ve Changzhou şehirlerinde bulunan dört aktif ve iki kapalı olmak üzere toplam altı kentsel katı atık depolama tesisinden 12 tane sızıntı suyu örneğini incelemişlerdir. Araştırmacılar hem aktif hem kapalı sahalarda yani tüm sızıntı suyu örneklerinde mikroplastik varlığını tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarında sızıntı suyu örneklerinden toplam 621 plastik parça ve ortalama  $0,42-58$  öge/L arasında değişen konsantrasyonlarda parçacık tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, PE (%34,94) ve PP (%34,94) baskın olarak toplam 17 adet plastik türü bulunmuşlardır. Tespit edilen plastik partiküllerin %99,36'sının çizgi şeklinde, kalan kısmın pul, köpük ve parça şeklinde olduğu bildirilmiştir. Mikroplastiklerin deponi sahalarından çevresel ortama karışması olasılığını doğrulamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır [31].

Plastik kirliliğindeki artış havada bulunan mikroplastikleri merak konusu haline getirmiştir. Dris ve diğerleri [22] yapmış olduğu bir çalışmada insanların günün büyük bir bölümünü geçirdiği ev ve ofis gibi kapalı mekanlarda havada bulunan mikroplastik konsantrasyonunu  $0,4-59,4$  lif/m<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada açık alanlarda havada bulunan mikroplastik konsantrasyonun  $0,3-1,5$  lif/m<sup>3</sup> olduğu ifade edilmiştir [22]. Mikroplastikler sahip oldukları boyut ve yoğunluk özellikleri nedeniyle havada asılı halde kalıp hava sirkülasyonu yoluyla uzak mesafelere transfer edilebilirler. Liu ve arkadaşlarının bu konuda yapmış oldukları çalışmada havada asılı kalan mikroplastiklerin deniz ortamına transferinin mümkün olabileceğini öne sürmüşlerdir [46].

### III.DENİZ VE OKYANUSLARDA MİKROPLASTİKLER

Literatüre mikroplastik teriminin kazandırıldığı günden bugüne deniz ve okyanuslarda yapılmış araştırmalar bizlere denizlerin tamamında plastik kirliliğinin olduğunu göstermektedir [5,26,47]. Thiele ve diğ. (2021) göre sadece kültür balıkçılığı faaliyeti 300 milyondan fazla parçacığın bir yılda denizlere girmesine neden olmaktadır [48]. Mikroplastikler okyanus ve denizlerde bulunan girdaplarda, dip sedimanlarında ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde birikme eğilimindedir [5,47,49]. Courtene-Jones [50], Kuzey Atlantik Okyanusu'nda derin kısımlarda mikroplastik konsantrasyonunu  $70,8$  partikül/m<sup>3</sup> olarak hesaplamış ve mikroplastiklerin deniz dibinde birikebileceğini öne sürmüştür [50].

2014 yılında tüm okyanuslarda  $5,25$  trilyon parçacık bulunduğu [26] Hint Okyanusu sedimanlarında ise km<sup>2</sup>'ye  $4$  milyar lif düştüğü bildirilmiştir [5].

Adriyatik bölgesinde su, sahil, deniz tabanı ve biyotadaki mikro ve makro plastiklerin varlığına yönelik yapılan çalışmalar, en çok araştırılan ortamların su (%42), sahil tortusu (%36) ve biyota (%18) olduğunu göstermiştir. İtalya'daki Po Deltası'nın plastik döküntünün en çok görüldüğü alan olduğu dikkat çekmiştir. En çok örneklenen polimerlerin ise PE, PP ve PS olduğu ve özellikle bölgenin turistik olan kısımlarında mikroplastik kirliliğinin mevsimsel olarak değiştiği ancak tüm Adriyatik bölgesinde mikroplastiklerin tespit edildiği bildirilmiştir [51].

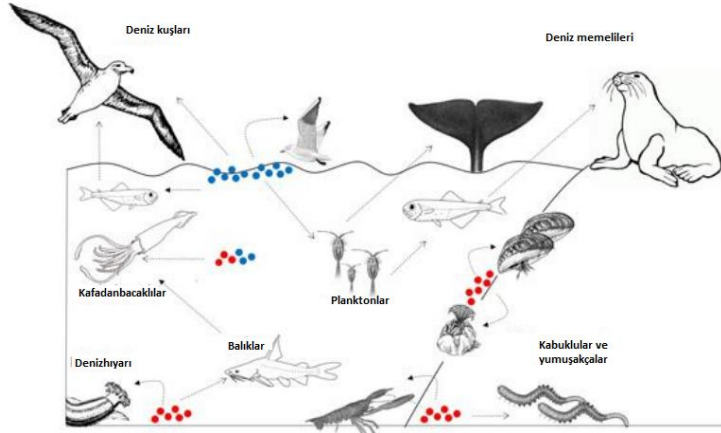
Tuna Deltası ve Romanya kıyılarına yakın bir bölgede 12 adet yüzey suyu numunesinin incelendiği çalışmada, Mangalia şehri açıklarından toplanan numunelerin en yüksek konsantrasyonda mikroplastığa sahipken, yüksek konsantrasyonda olması beklenen Köstence yakınlarından alınan numunelerin daha düşük miktarda mikoplastik içerdiğini göstermiştir. Numunelerde PP, PE, PS, poliakrilonitil (PAN), PA, poliakrilat (PAR) ve polysterdi (PES) polimerlerinden oluşan ve şekilsel olarak %74,6 lif, %12,7 folyo, %11,1 parça, %1,5 lif kümesi, %0,1 sferül içeren toplam 3289 parçacık tespit edilmiştir. Parçacıkların renklerine göre dağılımı ise %46,6 siyah, %24,6 beyaz ve %16 mavi şeklinde olmuştur. Bu durum Tuna Nehri'nden Karadeniz'e yüksek hacimlerde mikoplastik taşındığını ve Batı Karadeniz'de de mikoplastiklerin varlığını işaret etmektedir [52].

Russel ve Webster [53], İskoçya denizlerindeki mikoplastik konsantrasyonunun yıllık değerlendirmesini yapmak için Ocak 2014 ve Ocak 2020 yılları arasında aralarında 26 adet açık deniz bölgesi olmak üzere toplam 398 istasyondan toplanmış numuneleri analiz etmişlerdir. Örnekleme bölgelerinin neredeyse %65'inde mikoplastik tespit edilmiş ve ortalama konsantrasyon 4565 mikoplastik / km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Gözlemlenen mikoplastiklerin genellikle PP veya PE'den yapılmış pembe, mavi ve beyaz renkli parçalardan ve boncuklardan oluştuğunu raporlamışlardır. Araştırmacılar İskoçya'daki kentsel ve endüstriyel alanların fazla olduğu bölgelere yakın örnekleme noktalarında daha yüksek konsantrasyonlarda mikoplastik varlığını tespit etmişlerdir. Bu plastik parçacıkların poşet ve gıda ambalajı gibi tüketicilerin kullandığı plastiklerden ve İskoçya'da kullanımı yasak olan kozmetik amaçlı küçük boncuklardan kaynaklandığı düşünülmüştür [53]. Kuzey Avrupa, Kuzey Amerika Arktik bölgesi ve Kuzey Kutbunu kapsayan bir alanda 1015 m 'ye kadar olan derinlikte mikoplastiklerin dağılımını, morfolojik özelliklerini ve polimer türlerini belirlemek için yürütülen araştırmada 71 istasyondan toplanmış numuneleri mikroskop ile görsel olarak incelendikten sonra FTIR ile analiz edilmiştir. Çalışma sonunda deniz suyundaki ortalama mikoplastik konsantrasyonu 186 ± 15,4 partikül/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmış olup bulunan parçacıkların %92,3'ünün liflerden, %73,3'ünün polyster ve tekstil ürünlerinde kullanılan polimerlerden oluştuğu belirtilmiştir. Yüzey suyu numunelerinde farklı polimerler gözlemlenirken derin su numunelerinde daha çok polyster görülmüştür [54].

Nüfus yoğunluğu nispeten düşük olan Norveç Svalbard yakınlarındaki bir Arktik fiyordda 5 farklı istasyondan alınan 68 sediman örneğinden izole edilen 172 parçacığın %75'inin insan kaynaklı materyal olduğu 19 parçanın ise PE, PET ve PP'den meydana geldiği tespit edilmiştir. Tanımlanan parçacıkların çoğunluğunun liflerden oluştuğu ve %30'unun mavi, %27'sinin kırmızı, %14'ünün beyaz, %11'inin siyah ve %3'ünün turuncu renkli olduğu belirtilmiştir. Mikoplastiklerin dışında çeşitli boya maddeleri de gözlemlenmiştir [37].

#### IV. DENİZ CANLILARINDA MİKROPLASTİKLER

Denizlerdeki mikoplastik kirliliği üzerine yapılan çalışmalar arttıkça, bilim dünyasının dikkati plastiklerin canlılar tarafından yutulması ve olası etkilerinin araştırılmasına yönelmiştir. Zooplanktonlar, mercan resifleri, midyeler, yumuşakçalar, balıklar, penguenler, farklı deniz kuşları, deniz kaplumbağaları, köpekbalıkları ve hatta deniz memelileri gibi (Şekil 2.) farklı trofik düzeylerdeki canlılarda tespit edilen mikoplastik varlığı tüm dünya için endişe verici bir hal almıştır [21,36,55-60]. Farklı trofik düzeydeki canlılarda yapılan çalışmalar, mikoplastiklerin beslenme davranışlarında farklılaşma, vücut ağırlığında azalma, bağırsaklarda yaralanma, iltihaplanma ve birikim, gelişim bozuklukları, üreme bozuklukları, oksidatif stres ve toksik etkilere neden olmakla birlikte av-avcı ilişkisini etkileme potansiyeli gibi olumsuzluklara neden olduğunu göstermiştir [61]. Deniz canlıları genellikle yutma yoluyla mikoplastiklere maruz kalmaktadırlar. Bununla birlikte deniz memelileri ve deniz kaplumbağalarının solunum yoluyla da mikoplastiklere maruz kaldığı düşünülmektedir ancak bu konuda literatürde boşluklar olduğu bilinmektedir [62]. Eski plastiklerin yüzeyinde oluşan biyofilm tabakasında hastalık yapıcı mikroorganizma kolonileri oluşabilmekte ve bu durum mikoplastiklere maruz kalan canlılarda (örneğin mercanlarda) mikrobiyal hastalıklara sebep olmaktadır [55,63]. İnsanların da tükettiği ve ticaretini yaptığı balık ve kabuklulardan izole edilmiş plastik parçacıklar, besin zinciri yoluyla mikoplastiklerin insanlara aktarımı ve olası etkileri hakkındaki soruları gündeme getirmektedir [61].



Şekil 2. Mikroplastiklerin deniz habitatındaki dağılımı [64]

Planktonlar besin zincirinde ikincil tüketiciler için besin kaynağıdır ve bu canlıların mikroplastikleri yutması besin zincirinin diğer basamakları için büyük önem arz etmektedir [65]. Desforjes ve diğ. [66], küçük deniz canlılarının mikroplastik lif ve parçaları bünyelerine almaları ihtimaline yönelik olarak Kuzey Pasifik'te ekolojik açıdan önem arz eden ve büyük boyutları sayesinde incelenmesi kolay olan iki temel zooplankton türünü ( *Kalanoid kopepod Neocalanus cristatus* ve euphausiid *Euphausia pacifica* ) incelemiştir. Ağustos ve Eylül 2012'de toplanan örneklerin incelenmesi sonucunda 960 adet Kopepod için 25 tane (her 34 bireyde yaklaşık 1 parçacık) ve 413 adet Euphausiid için 24 tane (her 17 bireyde 1 parçacık) mikroplastik tespit etmiş, yutulan parçacıklarda siyah, kırmızı ve mavi rengin baskın olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca Euphausiids örneklerinin yaklaşık %68'i ve Kopepod örneklerinin yaklaşık %50'sinde mikroplastikleri lifler oluşturmuştur. Sanayi faaliyetlerinin olduğu bölgeye yakın olan örnekleme noktalarında daha yüksek konsantrasyonda mikroplastik yutulmuş olup bu konsantrasyonların deniz suyundaki kirletici konsantrasyonu ile ilişkilidir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar zooplanktonların yoğun olarak mikroplastiklere maruz kaldığı fikrini destekler niteliktedir. Şekil 3'te bir zooplanktanda depolanmış mikroplastikler görülmektedir [66].



Şekil 3. Bir planktonda tespit edilmiş mikroplastik [66]

Frias ve diğ. [21], Portekiz kıyılarında 2002-2008 tarihleri arasında dört bölgeden toplanan 152 zooplankton örneklerinden. 93'ünün mikroplastik içerdiğini ve toplamda 684 adet mikroplastik bulunduğunu bildirmiştir. Gözlemlenen en yaygın polimer türü ise Portekiz sahillerinde sıkça rastlandığını öne sürülen düşük yoğunluklu polietilendir (LDPE) Tespit edilen diğer polimer türleri ise PE, PP ve poliadrilat olmuştur.  $\mu$ -FTIR analizi ile ayrıca gemilerde ve gemi boyalarında kullanılan alkid reçiinesidir. Bu tespit gemilerin gövdesinde oluşan bozulmaların denizler için yeni bir mikroplastik kaynağı olabileceği fikrini düşündürmektedir [21].

Ağustos -Kasım 2018 tarihlerinde Bohai Denizi'nde yapılan bir çalışmada 10 zooplankton grubunda farklı mevsimlerde tespit edilmiş mikroplastiklerin özelliklerini, miktarını ve deniz suyundaki mikroplastik konsantrasyonu ile ilişkisi incelenmiştir. Yağmurlu mevsimde 23 istansyondan, kurak mevsimde 9 istansyondan olmak üzere toplam 32 numunede yağmurlu mevsimde 141 ögeve kurak mevsimde 44 öge tespit edilmiştir. %92'si lifler %8'i parçalardan oluşan mikroplastik şekillerinde mevsimsel olarak bir farklılık olmadığı, her iki sezonda renk dağılımının %51 mavi, %19 siyah ve %13 kırmızı olduğunu tespit edilmiştir. Zooplanktonlardaki mikroplastik uzunluğu ortalama  $1230 \pm 1430 \mu\text{m}$ , en çok karşılaşılan mikroplastik türü ise %53 oranla selofan olmuştur [68].

Mercan resifleri deniz ekosisteminde biyolojik çeşitliliğe olan katkısından dolayı önemli bir rol üstlenmektedir [69]. Deniz suyundaki mikroplastikler mercanların beslenme boyutlarında olduğundan mercanlar tarafından yutulabilmektedirler (Şekil 4.). Yıpranmış mikroplastiklerin üzerinde oluşan biyofilm tabakası mercanlar için hastalık yapan mikroorganizma kolonilerine ev sahipliği yapabilmektedirler [55,65]. Bilim insanları, çevresel stres kaynaklarından çok çabuk etkilenen bu hassas canlılarda hem laboratuvar ortamında hem de kendi doğal ortamlarında mikroplastiklerin negatif etkilerini gözlemlemişler ve bu konuda daha fazla çalışma yapılması gerektiğini vurgulamışlardır [69-70].

Nisan-Mayıs 2013'te Orpheus Adası çevresinde Büyük Bariyer Resifi (GBR) sularında mikroplastiklerin varlığını belirlemek için yaklaşık 5 m derinlikten toplanan *Dipsastrea pallida* türü mercanlar laboratuvar ortamındaki mikroplastiklere maruz bırakıldıktan sonra besleme hızı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca örnekleme noktalarında plankton ağı kullanılarak deniz suyu örnekleride toplanmıştır. Çalışmanın sonunda poliollerin %21'inin mikroplastik parçacık yuttuğu, her 11000 L deniz suyunda yaklaşık 2 plastik parçacığın bulunduğu, FTIR analizi sonucu deniz suyu numunelerinde tespit edilmiş parçacıkların balıkçılık şamandıralarında yaygın olarak kullanılan polimerlerden meydana geldiği belirlenmiştir [69].

Oldenburg ve diğ. [70], mercanların doğal ortamlarında mikroplastiklere nasıl bir tepki verdiğini anlamak için, Mezoamerikan Bariyer Resif Sistemi (MBRS) üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar Belize MBRS uzantısında 2-5 m arasında iki farklı mercan türüne ait (*Siderastrea siderea* ve *Pseudodiploria strigosa*) toplam 18 adet canlı mercan örneğini önce ışık mikroskopu ile incelemiş, şüpheli olan parçacıkları belirlemiş ve daha sonra FTIR analizi ile polimer türlerini tespit etmişlerdir. Tespit edilen ortalama mikrofiber sayısı  $165 \pm 50$  adet/cm<sup>2</sup>'dir. FTIR tanımlaması sonucu en sık karşılaşılan polimerlerin %84,9 oranla suni ipek, %10,9 oranla cam elyafı, %1,68 oranla naylon olduğu belirlenmiştir. Gözlemlenen renklerin ise beyaz-şeffaf, mavi, pembe, kırmızı, siyah ve mor olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın bir diğer önemli sonucu ise insan yapımı yarı sentetik bir madde olan rayonun plastik sayılmamasına rağmen mercanlarda yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiş olmasıdır [70].



Şekil 4. Mercanda tespit edilmiş bir mikroboncuk [56]

Akdeniz'de yaşayan ve deniz hıyarı olarak bilinen *Holothuria tubulosa*'nın dışkılarındaki mikroplastik miktarını, ayrıca sindirim sisteminden geçişte mikroplastiklerde boyut değişiminin olup olmadığını gözlemek için yapılan bir çalışmada İtalya'da deniz çayırı etrafındaki dışkıları ve yüzeysel tortular incelenmiş, PET, PE, PVC ve naylondan üretilmiş beyaz, mavi, siyah renkli parçalar ve lifler tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yutulmuş plastiklerin boyutlarında küçülme olmadığı ancak *H. Tubulosa*'nın plastikleri dışkılama yoluyla sediman üzerinde yoğunlaştırıp bunların su kolonuna transferini hızlandırdığı keşfedilmiştir [71].

Doğu Pasifik okyanusunda endemik bir pelajik mürekkep balığı türü olan *Dosidicus gigas*'ın solungaç, bağırsak ve mide dokularındaki mikroplastik varlığını araştırmak için, Ekim-Kasım 2019 tarihlerinde Peru'da yakalanan 24 kalamardan 72 adet doku örneği Gong ve diğ. (2021) tarafından incelenmiştir. Tüm bireylerde mikroplastik tespit edilmiş olup izole edilen parçacıkların dokular arasındaki dağılımının %83,33 mide, %79,17 bağırsak ve %66,67 solungaç şeklinde olduğu belirlenmiştir. Çıkarılan 403 parçacığın %79,33'ü selofan %10,6'sı akrilik ağırlıklı lifler olup siyah-gri ve mavi baskın olmak üzere yeşil, kırmızı ve sarı-kahverengle sahip mikroplastiklerdir [72]. Kabuklu deniz canlıları, deniz mahsülleri tüketiminde dünya çapında önemli bir yere sahiptir. Cauwenbergh ve Janssen (2014) e göre beslenme yoluyla, Avrupa'da yaşayan insanların her yıl 11000

mikroplastığe maruz kaldığı tahmin edilmektedir [72]. Kabuklu deniz canlılarının tüketiminin bol olması ve ticari ürün olmaları nedeniyle bunların mikroplastik yutması ciddi bir tehlike oluşturmaktadır [73]. Neredeyse tüm denizlerde bulunan ve örneklenmesi kolay olan kabuklular deniz yaşamında mikroplastiklerin varlığını ve canlılara olan etkilerini araştırmada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmaların mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki olası etkileri konusunda yeni sonuçların bulunmasına olanak sağlayacaktır [73,75].

Marmara, Karadeniz ve Ege Denizi'ndeki Akdeniz midyelerinin (*Mytilus galloprovincialis*) içerdiği mikroplastik miktarının ve polimer türlerinin değerlendirmesini yapmak üzere Eylül 2019 -Mart 2020 yılları arasında Türk karasularında 23 farklı noktadan alınan toplam 342 adet midyenin incelendiği çalışmada, şekilsel olarak %67,6 parçacık, %28,4 lif ve %4,05 filmlerden oluşan toplam 222 mikroplastik tespit edilmiştir. Bu polimerlerin ağırlıklı olarak %32,9 PET, %28,4 PP ve %18,4 PE olmakla birlikte 12 farklı türde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada Türkiye'de tüketilen midye miktarı ortalamasına göre bir insanın yıllık maruziyetinin 1918 parçacık olduğunu hesaplanmıştır [76].

Mikroplastiklerin tespiti ve ağır metallerle aralarındaki ilişkiyi ortaya koymak için Brezilya'nın Paranaquá şehrindeki nehir ağızı sisteminde yaşayan bir istridye türü ile (*Crassostrea gasar*) yapılan araştırmada 10 örnekleme noktasından alınan 100 adet istridye incelenmiş ve tüm örnekleme noktalarından alınan istridyelerde mikroplastik tespit edilmiştir. Bunların %78'e yakın kısmı lif olup mavi, kırmızı, siyah, şeffaf, sarı ve mor renktededir. Bu çalışmada tespit edilen mikroplastikler üzerinde ağır metallerin varlığı belirlenmiş ancak bu iki kirletici arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır [75].

2018 yılında Hindistan'da ticari değeri olan dört kabuklu deniz canlısının (*Metapenaeus dobsoni*, *Fenneropenaeus indicus*, *Uroteuthis (Photololigo) duvaucelii*, *Portunus pelagicus*) yenilebilir dokularında mikroplastik varlığını tespit etmek için 180 örnek incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda birey başına ortalama 0,07 parçacık tespit edilmiştir. En sık rastlanan mikroplastikler ise %69 oran ile parça şeklindeki partiküller olmuştur. Parçacıklarda en sık rastlanan renkler beyaz-şeffaf, mavi ve siyah ağırlıklıdır. Araştırmacılar yıllık kişi başına 13±58 plastik parçacığın kabuklu deniz ürünü tüketimi yoluyla insanlar tarafından alındığını hesaplamışlardır [74].

Bentik deniz ortamında önemli bir canlı olan ve gıda olarak sıkça tüketilen yabani deniz kestanesi dokularında mikroplastik varlığını belirlemek için, 2019 yılında Çin'in 6 farklı bölgesindeki 12 noktadan alınan 210 deniz kestanesinde 1038 adet mikroplastik tespit edilmiştir. Tanımlanan 10 polimer türünün dağılımı: %36 selofan, %16,29 PET/polyester, %14,03 PE, %7,69 PP-PE, %4,07 PA, %3,17 rayon, %2,71 poliakrilonitril (PAN), %1,36 poliüretan ve %0,90 PVA-PE şeklindedir. Deniz kestanesi dokularında tespit edilen mikroplastik şekilleri de birbirinden farklılık göstermiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, üreme hücrelerini oluşturan organda birikme eğilimi gösteren plastik parçacıkların embriyonik gelişimi etkileyebileceği ve bu durumun türün gelecek nesilleri için endişe verici olduğu öne sürülmüştür [78].

Yunanistan'ın Lipsi adasında yaşayan ve ticari bir deniz ürünü olan mor deniz kestanesinin (*Paracentrotus lividus*) mikroplastik yutma miktarını ve kestanelerin yaşadıkları ortamdaki mikroplastik kirliliğini belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Adanın etrafını temsil edecek şekilde seçilmiş beş bölgeden 5 adet deniz kestanesi toplanmış ve her sahadan rastgele seçilmiş olan üç farklı lokasyondan üç sediman örneği alınmıştır. İncelenen tüm deniz kestanesi ve sediman örneklerinde mikroplastik bulunmuştur. Deniz kestanelerinde tespit edilen mikroplastik miktarı ıslak ağırlık başına 1,95 g olup, birey başına ortalama 26 parçacık tespit edilmiştir. Parçacıklarda en çok gözlenen renkler %45,43 ile mavi, %22,60 ile renksiz ve %21,63 ile siyahtır. Ayrıca sediman ve deniz kestanesi örneklerinden çıkartılmış olan mikroplastikler arasında da pozitif korelasyon bulunmuştur [79].

Yabani balık larvalarındaki mikroplastik oluşumunu gözlemlmek için Nisan-Haziran 2016 tarihleri arasında Plymouth (İngiltere) açıklarında bulunan Batı İngiliz Kanalı'nda üç bölgede, balık larvalarına eş zamanlı olarak deniz suyunda da örnekleme yapılarak bir araştırma yürütülmüştür. Bu araştırmada toplanan 11 örnekte, 23 türden 347 balık larvası incelenmiş ve larvalardan 10 tanesinin sindirim sisteminde mikroplastik olduğu belirlenmiştir. İki aydan daha büyük olmadığı düşünülen beş balık larvası türünde yutma eylemi tespit edilmiştir. FTIR analizi ile tespit edilen mikroplastik türleri naylon, polyester-poliamid kompozit ve sentetik biyoplastiktir. Çalışmadan elde edilen diğer sonuç ise kıydan uzaklaştıkça düşük miktarda mikroplastik içeren balık larvalarının sayısının artmış olmasıdır. Çalışılan alanlardaki mikroplastiklerin %50'si mavi, %21,5'i siyah, %10'u renksiz ve %9,5'i kırmızı renkli olup, analizi yapılmış polimerlerin yarısından fazlası suni ipek veya suni ipek karışımı karışımıdır [80].



Ding ve diğerleri [81], tarafından yapılan bir çalışmada Çin'in Qingdao şehrindeki balık pazarından 1 yıl boyunca alınan deniz tarağı (*Chlamys farreri*), midye (*Mytilus galloprovincialis*), istiridyeye (*Crassostrea gigas*) ve manila istiridyesi (*Ruditapes philippinarum*) örneklerinin sindirim sistemlerindeki mikroplastik varlığı, mikroplastik türleri, mevsimsel olarak ve türler arasında mikroplastik varlığında bir değişim olup olmadığı incelenmiştir. Toplam 290 kabuklu canlıdan 233'ünde mikroplastik tespit edilmiştir. *Ruditapes philippinarum*'da plastikle karşılaşma oranının diğer türlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Mikroplastiklerin ortalama miktarının 0,3-20,1 öge/g (sindirim sisteminin ıslak ağırlığı) olduğu bildirilmiştir. Lifler %45'lik oranla en baskın tür olmakla beraber diğer türlerin oranları %28 film, %23 parça, %4 granüldür. Kabuklulardan çıkartılan 585 ögenin 505'nin  $\mu$ -FTIR ile analizi sonunda mikroplastik olduğu tespit edilmiştir. 18 polimer türü doğrulanmış, bunlardan en yaygın olanların PVC ve suni ipek olduğu belirlenmiştir [81].

Kuzeydoğu Atlantik'te Azor takımadalarında yaşayan ticari değeri olan üç pelajik tür (mavi istarvit, kolyoz, skipjack ton balığı) ve iki derin deniz türünden (derin su iskorpiti ve siyah karınlı iskorpiti) toplam 390 balığın mide ve bağırsak içeriğinin incelendiği çalışma sonunda plastik öge içeren balıkların oranının %3,7-16,7 arasında değiştiği (tüm türlerde plastik içeren balıkların oranı %9,49 bulunmuş), ortalama plastik mevcudiyetinin balık başına 0,04-0,22 olduğu bulunmuştur. (Bir midede en fazla 4 adet parçacık). Tespit edilen parçacıkların çoğunun 1mm'den daha küçük olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın bir diğer önemli sonucu ise pelajik türlerin derin su türlerine göre daha çok mikroplastik içerdiği ve pelajik türlerle derin deniz türlerinde belirlenen polimer türlerinin farklı olduğudur. Pelajik balıklarda tespit edilen baskın polimer türü polietilen iken derin deniz balıklarındaki polimerlerin neredeyse tamamı polipropilendir. Bu çalışmada bulunan mikroplastik miktarı benzer türler üzerine yapılmış diğer araştırmalarla kıyaslandığında daha azdır. Bunun nedeni de Azor takımadasında şehirleşmenin çok olmaması ve düşük nüfus yoğunluğuna sahip olmasıdır [82].

Tayland'ın güney kıyısında aralarında kıyı balıkçılığı bölgesi, balıkçı trolü ve balık pazarından da olduğu çeşitli yerlerden alınmış dört pelajik balık ailesine (*Scombridae Clupeidae*, *Caesionidae*, *Carangidae*) ait yedi tür, derin deniz balığı ailesine (*Leiognathidae*, *Synodontidae*, *Platycephalidae*, *Mulidae*, *Terapontidae*, *Nemipteridae*) ait sekiz tür ve Siganidae ailesine ait toplam 492 balık örneğinde mikroplastik varlığı araştırılmıştır. Çalışma sonuçları derin deniz balıkları ve pelajik balıklar arasında mikroplastik sayısı açısından anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. 361 derin deniz balığının 28'inin (%7,76) ve 131 pelajik balığın 13'ünün (%9,92) mikroplastik yuttuğu tespit edilmiştir. FT-IR analiziyle tespit edilmiş olan polimer türleri ise poliamid (PA), polietilen (PE) ve polipropilen (PP)'dir. Mikroplastik lifler derin deniz balıklarında %82,76, pelajik balıklarda %57,14 oranla en baskın mikroplastik şekli olup en yaygın polimer türü poliamid olup, en yaygın mikroplastik rengi ise kırmızıdır. Liflerin her iki türün tüm boyutlarında baskın olduğu gözlemlenmiştir. Parçacıkların ise pelajik balıklarda derin deniz balıklarına göre daha yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacılar bu durumun mikroplastik parçacıkların düz parça şeklinde olması ve düşük yoğunluklarından dolayı su üzerinde daha uzun süre batmadan kalabilmelerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir [83].

Arap Körfezi'nde ticari değeri olan beş kıyı türü, iki pelajik tür ve iki resifle ilişkili türün gastrointestinal sistemlerindeki mikroplastiklerin miktarını ölçmek ve sınıflandırmak için yapılan bir çalışmada, Mart 2018'de yaklaşık 16m derinlikten toplanan 140 balıkta yapılan görsel incelemeler ve FTIR analizi sonucunda, balıkların gastrointestinal sistemlerinde %58,58'i lif, %5,71'i balık misinası ve parçacıklardan oluşan mikroplastikler bulunduğu tespit edilmiştir. Parçacıkların %62'sinin mavi, %25'isinin siyah ve %13'ünün beyaz ve saydam renkte ve ağırlıklı olarak PP ile PE'den oluştuğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda Arap Körfezi'nin yüksek tuzluluğa sahip olması nedeniyle mikroplastiklerin balıkların temas ettikleri bölgenin dışında kalmış olması ihtimalinin olduğu, bu sebeple literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla mikroplastik konsantrasyonunun daha düşük çıkmış olabileceği öne sürülmüştür [84].

Türk deniz sularında yaşayan balıklardaki mikroplastik konsantrasyonunu belirlemek için Haziran - Temmuz 2019 tarihleri arasında, Akdeniz, Ege ve Marmara Denizi'nden toplanan 5 türe ait 243 adet balığın gastrointestinal sistemlerinin incelendiği çalışmada balık başına düşen ortalama konsantrasyon 1,1 MP olarak tespit edilmiştir. Ege Denizi'nden toplanmış *Chelon saliens*'te balık başına 4,3 MP ile en yüksek konsantrasyongörülürken en düşük konsantrasyon %26,7 ile *Trachurus mediterraneus*'te bulunmuştur. Ege Denizi'nden örneklenen balıkların %61,6'sında Marmara Denizi'ndeki balıkların %40,5'inde ve Kuzeydoğu Akdeniz'deki balıkların %39,2'sinde mikroplastik tespit edilmiştir. Araştırmacıların gözlemledikleri mikroplastiklerin %50,6'sı lif, geri kalan %49,4'ü ise parçacıklardan oluşmuştur. Rastgele seçilen parçacıkların  $\mu$ -FTIR analizi sonucunda 11 farklı polimer türü belirlenmiş olup en çok tespit edilenlerin %26 PP, %21,9 PE ve %8,2 selüloz olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda Akdeniz havzası, Ege Denizi, Marmara Denizi ve İskenderun Körfezi'nin mikroplastikler tarafından kirletildiği ve canlı yaşamını tehdit ettiği kanıtlanmışlardır [85].

Deniz memelileri, deniz kaplumbağaları ve balıklarda plastiğin küresel durumunu ve plastik yutulmasını incelemek için kullanılan metodolojilerin derlenmesini amaçlayan bir başka çalışmada deniz kaplumbağalarının %83,33'ünün gastrointestinal incelemesinde yaygın plastik renginin beyaz (%66,6), en yaygın polimer şeklinin lif (%54,54), en yaygın polimer türünün ise LDPE (%39,09) olduğu belirlenmiştir. Ortalama birey başına düşen öge sayısı 15,79 bulunmuştur. Balıklarda (demersal, pelajik, bentopelajik) yapılmış gastrointestinal sistem örneklemeğinde en çok renksiz plastikler (%45,97), lifler (%66,71) ve polylester (%36,20) bulunmuş olup birey başına düşen plastik miktarı 2,89 adettir. Deniz memelilerinde ise beyaz renkli plastikler en yaygın renk (%38,31) olup en yaygın polimer şekli lif (%79,95) ve en yaygın polimer türü PA (%49,60)'dır. Bu çalışma Pasifik, Atlantik ve Akdeniz'de yer alan tüm canlı gruplarının plastik yuttuğunu ortaya koymaktadır. Araştırmacılar Pasifik Okyanusu'ndaki bireylerin en çok mikroplastik konsantrasyonuna sahip olduğunu bunun nedeninin ise Asya kıtasındaki plastik üretiminin önemli ölçüde fazla olması olduğunu belirtmişlerdir [87].

Deniz kuşları geniş göç yolları ve beslenme şekillerine sahip olmaları nedeniyle gelecek otuz yıl içinde neredeyse hepsinin mikro ve makroplastiklerden etkileneceği tahmin edilmektedir [88,89]. Bessa F. Ve diğerleri (2019), Antartika'da yaşayan gentoo penguenlerinde mikroplastik birikimini incelemek ve tespit edilen mikroplastikleri tanımlamak, karakterize etmek ve mikroplastiklerin kaynağının ne olduğunu belirlemek için penguen scatlarında (dışkı) mikroplastik varlığını araştırmışlardır. Antartika'nın Kuş Adası'ndan 50 ve Signy Adası'ndan 30 olmak üzere toplam 80 tane scat toplamışlardır. FT-IR ile doğrulanmış numunelerde scat başına yaklaşık 19 mikroplastik düştüğü, her iki adadan gelen örneklerde en sık bulunan polimer şeklinin mikrolifler (%58), parçalar (%26) ve filmler (%16) olduğu bildirilmiştir. Ortalama uzunluk ise  $1266 \pm 1378 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Liflerin bu kadar çok olma sebebinin çamaşır yıkama sırasında kopan liflerden ve balıkçılık malzemelerinden kaynaklı olduğu tahmin edilmiştir. Bu çalışma, Antartika'daki penguenlerin gastrointestinal kanalında mikroplastiklerin mevcut olduğunu ve bunun sonucunda bölgedeki besin ağında da mikroplastik parçacıkların yaygın olduğunu göstermiştir [58].

Bourdages ve diğerleri [90], deniz kuşlarının kara ortamına mikroplastiklerin geçişinde vektör olabileceği sorusuna yanıt aramak ve kuşlardaki mikroplastik konsantrasyonunu ölçmek için iki arktik deniz kuşu olan kuzey fulmarı (*Fulmarus glacialis*) ve kalın gagalı murre (*Uria lomvia*) ile bir araştırma yapmışlardır. Kanada'da bulunan Qaulluit Adası'ndaki Fulmarus glacialis kolonisinden 27 ve Akpait Ulusal Vahşi Yaşam Alanında yaşayan Uria lomvia kolonisinden 30 türün hem gastrointestinal sistemleri hem de guano (bir çeşit dışkıdan oluşan madde) örnekleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda fulmar örneklerinde 46, murre örneklerinde 15 olmak üzere toplam 61 parçacık (34'ü antropojenik kaynaklı) tespit edilmiştir. Her iki türün örneklerinde lif ve mavi renkli mikroplastiklerin çoğunlukta olduğu bildirilmiştir. Murre örneklerinde fulmarlardan farklı olarak sarı renkli parçacıklar da bulunmuştur. Araştırmacılar inceledikleri kuş kolonilerinin yaşam alanlarında yaklaşık  $3,3 \times 106$  ve  $45,5 \times 106$  adet parçacığın bulunabileceğini hesaplamıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda kuşların mikroplastiklerin taşınımında vektör olabileceklerini belirtmişlerdir [90].

Bilim insanlarının günümüzde martı türlerinin şehirlerden ve çöp depolama sahalarından daha sık beslenmeleri ve insanlarla sıkı etkileşimde bulunmalarından dolayı plastik malzemelere daha fazla maruz kaldığını düşünmektedir [90]. Stewart ve diğ. (2020), bu konuyu araştırmak için Avustralya'da bulunan Tamar Adası Sulakalanı'nda Mayıs 2018 – Ocak 2020 tarihleri arasında martılara ait 374 bolusu incelemişlerdir. Çalışma sonucunda bolusların (çiğnenmiş yiyecek kütlesi) %86,63'ünde plastik tespit edilmiş, en yaygın renk %75,94 oran ile beyaz ya da şeffaf, %30,45 oran ile siyah olmuştur. En çok karşılaşılan şekil %68,1 oran ile levha şeklindeki düz plastik parçacıklardır. Plastiklerin miktarında ve renk dağılımında mevsimsel olarak değişkenlik gözlemlenmemiştir. İncelenen boluslarda, tek kullanımlık plastik, ambalaj, diş ipi, kişisel hijyen ürünleri gibi plastik malzemeler dışında antropojenik kaynaklı metal ve cam parçalarının da bulunduğu görülmüştür. Bu durum örnekleme alanında yaşayan martıların ağırlıklı olarak yakınlardaki çöp depolama sahasından beslendiklerini doğrulamıştır. Bir diğer önemli çıkarım ise, martı boluslarının bozunmasıyla mikroplastiklerin ve diğer kirleticilerin Tamar nehrine karışma ihtimalinin olmasıdır [92].

Deniz kuşlarının yutmuş oldukları mikroplastik ve ultra ince plastik partikül miktarını belirlemek amacıyla 2017- 2018 yıllarında Avustralya'da toplanmış 57 adet Pembeayaklı Yelkovan (*Ardena carneipes*)'da plastik kirliliği incelenmiştir. Deniz kuşlarının taşıklarında sert plastik olduğu tahmin edilen 217 adet mikroplastik, 129 adet makroplastik ve 13 adet ultra ince partikül tespit edilmiştir [95].

Özellikle kumsal gibi çevresel ortama karışmış mikroplastiklerin, deniz kaplumbağaları gibi üremek için kumsalları tercih eden canlıların üreme kabiliyetlerine ve sağlıklı yavru birey oluşturma sayılarına etkisini belirlemek amacıyla 2017 yılında Kuzey Meksika Körfezi'nde bulunan 10 yuvalama bölgesindeki kumda

mikroplastik varlığı araştırılmıştır. İncelenen tüm yuvalama bölgelerinde batı sahillerinden doğu sahillerine doğru mikroplastik dağılımında bir azalma olduğu ve toplamda 32 adet parçacığın yer aldığı tespit edilmiştir. Bunlar arasında %43,8 ile sert plastikler en çok rastlanan tür %18,8 ile beyaz ve turuncu en sık rastlanan renk olmuştur. 10 yuvalama alanında ölçülen toplam ortalama mikroplastik kütlesi  $0,003225 \pm 0,0058$  g'dır [59].

Yeşil deniz kaplumbağası (*Chelonia mydas*), *Caretta caretta*, ridley deniz kaplumbağası (*Lepidochelys olivacea*), şahin gagalı deniz kaplumbağası (*Eretmochelys imbricate*) düz sırtlı deniz kaplumbağası (*Natator depressus*) ve deri sırtlı deniz kaplumbağası (*Dermochelys coriacea*) türlerini içeren 144 vahşi deniz kaplumbağasının incelendiği çalışmada bu canlıların gastrointestinal sistemlerinde birey başına 2,5 ila 12,5 parçacık bulunduğu belirlenmiştir. Ağırlıklı olarak liflerden ve parçacıklardan oluşan mikroplastiklerden en yaygın renklerin mavi, siyah, renksiz ve beyaz parçacıklar olduğu tespit edilmiştir. Parçacık boyutu ise ortalama 1,4 mm - 4,7 mm arasında bulunmuştur [97].

Mikroplastiklerin deniz kaplumbağaları üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla 2019 yılında İtalya'nın Molise Bölgesi'nin Adriyatik kıyılarında ölmüş veya mahsur kalmış 28 deniz kaplumbağasının (*Caretta caretta*) 8'ine otopsi yapılmıştır. Birey başına ortalama 4,75 parçacık düştüğü ayrıca 19 farklı polimer türünden oluşan ağırlıklı olarak mavi (%86), siyah (%10-32) ve şeffaf (%4-22) renklerde toplam 623 mikroplastik bulunduğu tespit edilmiştir. En yüksek oranda gözlemlenen polimer tipleri polyster (PL), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen (PP)dir. Ayrıca genç ve yaşlı kaplumbağalarda tespit edilen baskın polimer türlerinin birbirinden farklılık gösterdiği bildirilmiştir. İncelenmiş olan yağ ve karaciğer örneklerinde de BPA (phenylethane boronik asit) ve PTA (tereftalik asit) gözlemlenmiş olup 1,383 mg/kg polikarbonat (PC) ve 59,95 mg/kg polietilen tereftalat (PET) hesaplanmıştır [98].

İngiltere'de küçük benekli kedi köpek balığı (*Scyliorhinus canicula*), dikenli köpek balığı (*Squalus acanthias*), yıldızlı düz tazi (*Mustelus asterias*) ve boz lekeli kedi balığı (*Scyliorhinus stellaris*) olmak üzere 4 dermersal köpek balığı türünden 46 bireyin mide ve sindirim yollarının incelendiği çalışmada, köpekbalıklarının %67'sinde en az bir adet parçacık bulunmuş ayrıca analize dahil edilmemiş makroplastik parçacıkların da var olduğu bildirilmiştir. Tespit edilen liflerin çoğunluğunun mavi ve siyah renkli poliakrilamid, polyster ve olefin polipropilen polimerlerinden oluştuğunu gözlemlenmiştir. Çalışma sonuçları dermersal köpek balığı türlerinde diğer deniz canlılarına oranla daha az mikroplastik seviyeleri gözlemlenmiş olsa mikroplastiklerin denizlerde her yerde bulunduğu düşüncesini desteklemiştir [99].

Akdeniz'de geniş bir yaşam alanına sahip küçük benekli kedi köpekbalığındaki (*Scyliorhinus canicula*) mikroplastik maruziyetinin boyutunu ve etkisini araştırmak için 2018 yılında İtalya'nın güney sularından toplanan 100 adet köpek balığından seçilen 50 örneğin gastrointestinal sisteminin görsel olarak incelenmesi sonucunda, örneklerin yaklaşık %80'inde PET (%51), PA (%25), PAC (%13), PP (%6) ve PAN (%4) polimerlerinden oluşan lif ve parça şeklinde 118 adet mikroplastik bulunmuştur. Mikroplastiklerin %63,8'inin koyu renkli, %21,7'sinin açık renkli ve %14,5'inin renksiz olduğunu belirtilmiştir [100].

Tehlike altında bir tür olan dikburun karkaryas köpekbalığı (*Lamna nasus*) tarafından yutulan ve bu hayvanları bağırsaklarında bulunan mikroplastiklerin araştırılması, kirleticilerle köpekbalıklarının genel sağlık durumları arasında bir ilişki olup olmadığının belirlenmesi ve mikroplastiklerin analizi için uygun yöntem geliştirilmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, Ağustos-Ekim 2014 tarihleri arasında incelenmiş 53 adet köpekbalığından parça (%65,9), lif (%32,9), küre (%0,9) ve film (%0,5) şeklinde 878 adet mikroplastik çıkartılmıştır. En sık karşılaşılan renklerin mavi (%44,8), siyah (%23,7), kırmızı (%9,6) ve şeffaf (%6,5) olduğu bildirilmiştir. Mikroplastikler ile köpekbalıklarının genel sağlık durumları arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı fakat bağırsakta tespit edilen mikroplastiklerin yutulup sindirilmiş olduğu, dolayısı ile dikburun karkaryas köpekbalıkları için potansiyel bir tehlike oluşturabileceği sonucuna varılmıştır [60].

İnsan faaliyetlerinden kaynaklı olarak deniz canlılarında oluşan stresin ve deniz ekosisteminin sağlık göstergelerinin belirlenmesi için deniz memelilerinin indikatör tür olarak belirlenmesi ve gözlemlenmesi oldukça uygun bir yöntem olabilmektedir [62,100]. Memelilerin besin zincirinin üst basamaklarında ve uzun ömürlü olmaları nedeniyle mikroplastiklerin insanları nasıl etkileyeceğine dair fikir verebilmektedir [102]. Memelilerde belirlenen mikroplastiklerle ilgili çalışmaların artışı kamuoyunda bu konu üzerindeki farkındalığı arttıracaktır.

2005-2010 yılları arasında İspanya'nın İber Yarımadası'nda karaya vurmuş, *Delphinus delphis* yunus türüne ait 35 adet mide içeriği araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Tüm mide örneklerinde mikroplastiklerin bulunduğu ve her bir midede ortalama 12 adet mikroplastığın yer aldığı bildirilmiştir. Şekilsel olarak %96,59 lif,

%3,16 parça (levha), %0,24 küresel olmak üzere toplam 411 adet mikroplastik çıkartılmıştır. En yaygın renklerin ise siyah ve mavi olduğu belirtilmiştir [103].

Almanya Federal Çevre Ajansı'nın yürüttüğü bir proje çerçevesinde, deniz memelilerinden alınan bağırsak örneklerinde mikroplastiklerin saptanması ve ikincil kontaminasyonun belirlenmesi amacıyla Kuzey Denizi'nin Almanya karasularında ve Baltık Denizi'nde yaşayan liman fokları (*Phoca vitulina*) ve gri fokların (*Halichoerus grypus*) gastrointestinal yollarını incelemek için 10 bağırsak ve Lorenzenplate kumsalından toplanmış 9 dışkı örneği analiz edilmiştir. Potansiyel mikroplastikler önce floresans mikroskopu ile görsel olarak değerlendirilmiş, daha sonra  $\mu$ Raman spektroskopisi ile tanımlama yapıp 19 örnekte 110  $\mu\text{m}$ 'den büyük 255 adet parçacık (70 lif ve 185 parça) bulunduğu ve ağırlıklı polimer türünün PE, PET ve PP olduğutespit edilmiştir [105].

Peru ve Şili kıyı şeridinde deniz aslanı familyasına ait üç türün yaşadığı 6 noktada invazif olmayan tekniklerle mikroplastik konsantrasyonunu tespit etmek için bir çalışma yapılmıştır. Örnekler toplanmış, mikroskopla incelenmiş ve ardından FTIR analizi yapılmıştır. İncelenen tüm alanlarda ağırlıklı olarak liflerle birlikte parçacıklardan oluşan mikroplastikler tespit edilmiştir. Punta Chaiguaco'daki örneklerin neredeyse hepsi liflerden oluşurken mikroplastik parçalarda en yüksek oran %14 ile Punta San Juan'da tespit edilmiştir. FTIR ile analiz edilmiş parçacıkların antopojenik kaynaklı polimerler, pamuk ve selülozden oluştuğu belirtilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda deniz ekosistemine karışan mikroplastiklerin bir tehdit oluşturduğuna ve yüksek trofik seviyeli taksonlarda scatlar üzerine yapılmış analizlerin etkili bir yöntem olduğu konularına dikkat çekilmiştir [106].

İngiltere'de tamamı kıyıya oturmuş 10 vahşi deniz memelisi türüne ait 50 hayvanın gastrointestinal sistemleri incelenerek mikroplastik varlığı araştırılmıştır. Hayvan başına düşen ortalama parçacık sayısı 5,5 olup, toplam çıkartılan 273 parçacığın %84'ü liflerden, %16'sının ise parçacıklardan oluşmuştur. İncelenen midelerin bağırsaklara kıyasla daha çok mikroplastik içerdiği görülmüştür. Çıkarılan parçacıkların renklerine göre dağılımı ise %42,5 siyah, %26,4 mavi, %12,8 renksiz, %11 kırmızı, %2,9 yeşil, %1,5 turuncu ve sarı, geri kalanları ise beyaz ya da çok renkli şeklindedir. Araştırmacılar FTIR analizinin sonucunda 273 parçacığın naylon, polietilen tereftalat, polyester, polietilen, polipropilen, suni ipek, poliamid içeren reçine ve LDPE'den oluştuğunu bulmuşlardır. Ayrıca incelenen hayvanlarda ölüm nedeni ile mikroplastik bolluğu arasında bir ilişki olduğunu, enfeksiyöz hastalıklar nedeniyle ölen hayvanlarda daha fazla mikroplastik tespit edildiğini, bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır [107].

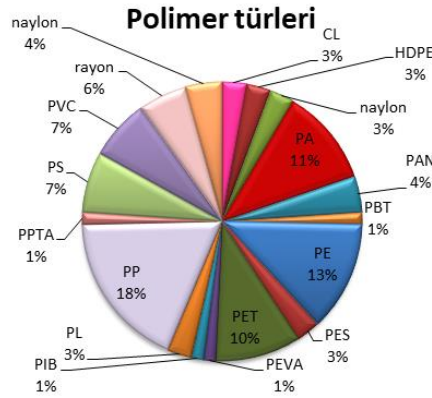
## V.SONUÇLAR

Çeşitli amaçlar doğrultusunda üretilen plastiklerin sürdürülebilirlik çerçevesinin dışında kalması ve yanlış atık yönetimi gibi sebepler nedeniyle çevresel ortama karışması ve ardından canlı bünyesine geçebildiği pek çok çalışmada ortaya konulmuştur. Devam eden Covid-19 pandemisi nedeniyle cerrahi maske, eldiven ve koruyucu önlük gibi ekipmanların kullanımındaki artışın mevcut plastik kirliliğine tesir edeceği kaçınılmazdır. Gelecek çalışmalarda bu durum göz önüne alındığında deniz ekosistemine karışacağı tahmin edilen mikroplastik konsantrasyonunu belirlemek için modellemeler üzerine çalışılabilir, elde edilecek sonuçlar doğrultusunda kişisel koruyucu ekipmanların üretiminde daha çevre dostu hammadde kullanımı teşvik edilebilir. Diğer bir yandan sucul ortama geçişlerde en önemli faktörlerden birisi olan atıksu arıtma tesislerinde arıtma verimlerinin artırılması önem arz etmektedir.

İncelenen makalelerde mavi ve kırmızı renkli plastik parçacıkların yaygın şekilde gözlemlendiği (Şekil 5.) ancak renk skalasında ayrı şekilde sınıflandırılmış beyaz ve şeffaf renkler beraber değerlendirildiğinde açık renkli mikroplastiklerin daha baskın olduğu görülmektedir. Polipropilen (PP), polietilen (PE) ve poliamidin (PA) en baskın polimer türleri olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6.). Bu polimerler özellikle kuşlar ve balıklar başta olmak üzere deniz ekosistemine bağlı tüm canlılarda gözlemlenmiştir (Tablo.1). Canlı sınıfına göre polimer türlerindeki farklılık canlının gelişmişlik düzeyine, deniz habitatında yaşamını sürdürdüğü bölgeye, besin zincirinde av veya avcı oluşuna, plastik parçacıkların özgül ağırlığına ve sahip olduğu renk gibi özelliklere bağlı olduğu düşünülmektedir. Mercan, yumuşakça ve derisidikenli gibi deniz tabanında yaşayan canlılarda tespit edilmiş selofan ve rayon gibi alışılagelmiş polimerlerden farklı selülozik yapılar gözlemlenmiş olması bu ve benzer doğal selülozik maddelerin mikroplastik olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği konusunu da gündeme getirmiştir. Mikroplastiklerin canlılarda meydana getirebileceği birincil etkilerin yanında parçacıkların üzerine transfer olmuş ağır metaller, endokrin bozucu kirlenimler ve farklı ortamlardan taşınmış biyolojik tehditler de dikkate değer unsurlardır.



Şekil 5. Elde edilen sonuçlarda mikroplastiklerin renk dağılımı



Şekil 6. Elde edilen sonuçlarda mikroplastiklerin polimer türleri

Literatürde yer alan çalışmalarda canlılardaki mikroplastik tespiti için çalışılan bölge genellikle sindirim sistemi ya da dışkı olduğu görülmüştür. Ancak Feng ve diğerleri [78] yapmış olduğu çalışmada hayvanın üreme organında da mikroplastikleri tespit etmişlerdir [78]. Martinelli ve diğerleri [77] ise mikroplastikleri sindirim sistemi dışında kas dokusunda da gözlemlemişlerdir [77].

Mikroplastik tespitinde görsel tayinin yanında polimer türlerinin tespit edilmesi kirleticinin kaynağının belirlenmesi, kaynağında azaltılması ve kritik öneme sahip bölgelerde kullanımının kısıtlanması gibi çeşitli önlemlerin alınması hususunda önem arz etmektedir.

Mikroplastikler ve özellikle nanoplastikler bilim dünyası için yeni bir konu olduğundan canlılardaki mikroplastik tespitinde kullanılan yöntemler tam anlamıyla standartlaştırılmamıştır. Deniz organizmalarında gelişmişlik seviyesi arttıkça mikroplastik maruziyetinin insan vücudunda yaratacağı etkileri konusunda daha net yaklaşımlar yapılabilir ve diğer yandan gelişmişlik seviyesinin artması gerek yeterli örnek sayısına ulaşmada gerekse uygulanan yöntem sırasında numunenin işlenmesi yönünde çeşitli zorlukları meydana getirebilir.

Yapılan bu derleme çalışmanın sonuçlarında deniz ortamından elde edilmiş veriler ve deniz canlılarında tespit edilmiş mikroplastik verileri birlikte değerlendirildiğinde mavi, siyah, kırmızı, beyaz renkli ve özellikle lif şeklindeki parçacıklar tespit edilmiş olup en sık gözlemlenmiş polimer türleri PP (%18), PE (%13), PA (%11) ve PET (%10) olmuştur. Tespit edilen polimer ve parçacık rengi canlı sınıflarında farklılıklar göstermiştir.

**Tablo 1.** Çalışmanın tablo özeti

Çalışma Alanı	Örnek Sayısı	Parçacık Şekli	Parçacık Rengi	Polimer Türü	Görsel İnceleme	FTIR Analizi	Referans	Çalışma Alanı	Örnek Sayısı	Parçacık Şekli	Parçacık Rengi	Polimer Türü	Görsel İnceleme	FTIR Analizi	Referans	
Deniz suyu		Lif	Kırmızı, mavi	Akrilik	Var	Var	[50]	Kuş	57	Lif	Mavi, beyz	Sentetik boyalı PE	Var	Var	[89]	
	12	Lif, folyo	Siyah, beyaz	PE, PP	Var	Var	[52]		387	Parça	Beyaz, sarı	-	-	Var	Yok	[88]
	12	Lif, parça	Siyah, mavi	PL, PA	Yok	Var	[5]		6	Parça, levha	Beyaz, siyah	PE, PP	PE, PP	Var	Var	[92]
	398	Lif, küre	-	PE, PP	Yok	Var	[54]		288	Köpük, parça	Beyaz, gri	-	-	Var	Yok	[93]
	26	Lif	-	PL, PA	Yok	Var	[55]		374	Film	Beyaz, siyah	-	-	Var	Yok	[91]
Plankton	68	Lif	Mavi, şeffaf	PE, PET	Yok	Var	[37]	140	Lif, parça	Mavi, siyah	PE, PP	PE, PP	Var	Var	[83]	
	960	Lif	Siyah, kırmızı	-	Var	Yok	[66]	243	Lif, parça	-	PP, PE	PP, PE	Var	Var	[84]	
	347	Lif	Mavi	Naylon, PL, rayon	Var	Var	[79]	52	Lif	Beyaz	PE	PE	Yok	Var	[87]	
	152	Lif	-	LDPE, PE, PP	Yok	Var	[21]	44	Lif	Beyaz, şeffaf	-	-	Var	Yok	[85]	
	32	Lif, parça	Mavi, siyah	Selofan	Var	Var	[67]	46	Lif	Mavi-siyah	PA	PA	Var	Var	[99]	
Mırcan	114	Film, parça	Mavi, siyah	PS, PP	Var	Var	[68]	492	Lif	Kırmızı	PS, PE	PS, PE	Var	Var	[82]	
	18	lif	Beyaz, kırmızı	Rayon, cam elyaflı	Var	Var	[69]	50	Lif	Koyu renkli	PET, PA	PET, PA	Var	Var	[100]	
Yunuskuca	60	Parça, lif	Beyaz, mavi	PET, PE	Yok	Var	[70]	46	Lif	Mavi, siyah	PA, PL	PA, PL	Var	Yok	[98]	
Kafadantacaklı	72	Lif, parça	Siyah, gri, mavii	Selofan, akrilik	Var	Var	[71]	53	Parça, lif	Mavi, siyah	-	-	Var	Yok	[60]	
Kabuklu	290	Lif, film	Mavi, siyah	PVC, rayon	Yok	Var	[80]	50	-	Koyu renkli	PET, PA	PET, PA	Var	Yok	[99]	
	342	Parça, lif	-	PET, PP	Yok	Var	[75]	36	Lif	Beyaz	LDPE	LDPE	Var	Var	[87]	
	100	Parça, lif	Mavi, siyah	-	Var	Yok	[74]	144	Lif, parça	Mavi, yeşil	-	-	Var	Var	[96]	
	23	Lif	-	PCV	Yok	Var	[76]	28	Lif	Mavi, siyah	PL	PL	Var	Yok	[97]	
	180	Parça, lif	Beyaz, mavi	PS, PP	Yok	Var	[73]	35	Lif	Siyah, mavi	-	-	Var	Yok	[102]	
Derisidkenli	8	Lif	Mavi, şeffaf	-	Var	Yok	[78]	3	Lif	-	PA, PBT	PA, PBT	Var	Yok	[103]	
	210	Lif, parça	Mavi, siyah	Selofan, PET	Var	Var	[77]	19	Lif, parça	-	PE, PET	PE, PET	Var	Yok	[104]	
Kuş	80	Parça, lif	-	Rayon, poliakrilonitril	Yok	Var	[58]	50	Lif, parça	Mavi, kırmızı	Naylon, PET	Naylon, PET	Var	Var	[106]	

#### KAYNAKLAR

- [1] Hidalgo-Ruz, V. Gutow, L. Thompson R. C. ve Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification, *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075.
- [2] Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment, *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- [3] PlasticsEurope. (2021). Plastics- the Facts (2021). 01 13. 2022 tarihinde <https://plasticseurope.org/>: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>.
- [4] do Sul J. A. I. ve Monica, F. C. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment, *Environmental Pollution*, 185, 352-364.
- [5] Woodall, L. C. Sanchez-Vidal, A. Canals, M. Paterson, G. L. J. Coppock, R. Sleight, V. Calafat, A. Rogers, A. D. Narayanaswamy B. E. ve Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris, *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317.
- [6] Geyer, R. Jambeck J. R. ve Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, *Science advances*, 3(7), e1700782.
- [7] Sobhani, Z. Lei, Y. Tang, Y. Wu, L. Zhang, X. Naidu, R. Megharaj M. ve Fang, C. (2020). Microplastics generated when opening plastic packaging, *Scientific Reports*, 10(1), 1-7.
- [8] De-la-Torre, G. E. Rakib, M. R. J. Pizarro-Ortega C. I. ve Dioses-Salinas, D. C. (2021) .Occurrence of personal protective equipment (PPE) associated with the COVID-19 pandemic along the coast of Lima, Peru, *Social of the Total Environment*, 774, 145774.
- [9] Ma, J. Chen, F. Xu, H. Jiang, H. Liu, J. Li, P. Chen C. C. ve Pan, K. (2021). Face masks as a source of nanoplastics and microplastics in the environment: Quantification, characterization, and potential for bioaccumulation, *Environmental Pollution*, 288, 117748.
- [10] Akdoğan Z. ve Güven, B. (2019) .Microplastics in the environment: A critical review of current, *Environmental Pollution*, 254, 113011.
- [11] Miller, E. Sedlak, M. Lin, D. Box, C. Holleman, C. Rochman C. M. ve Sutton, R. (2021). Recommended best practices for collecting, analyzing, and reporting microplastics in environmental media: Lessons learned from comprehensive monitoring of San Francisco Bay, *Journal of Hazardous Materials*, 409, 124770.
- [12] Cole, M. Lindeque, P. Halsband C. ve Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review, *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- [13] Horton, A. A. Walton, A. Spurgeon, D. J. Lahive E. ve Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities, *Science of the Total Environment*, 586, 127-141.
- [14] Yurtsever, M. (2019). Nano-ve mikroplastik'lerin insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki olası etkileri, *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5(2), 17-24.
- [15] Kentin E. ve Kaarto, H. (2018). An EU ban on microplastics in cosmetic products and the right to regulate, *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 27(3), 254-266.
- [16] European Chemicals Agency. (2019). ANNEX XV Restriction Report Proposal For A Restriction. Helsinki: European Chemicals Agency.
- [17] O'Brien, S. Okoffo, E. D. O'Brien, J. W. Ribeiro, F. Wang, X. Wright, S. L. Samanipour, S. Rauert, C. Toapanta, T. Albarracin R. ve Thomas, K. (2020). Airborne emissions of microplastic fibres from domestic laundry dryers, *Science of The Total Environment*, 747, 141175.
- [18] Science Advice for Policy by European Academies. (2019). A scientific perspective on microplastics in nature and society. Brussels: Science Advice for Policy by European Academies.

- [19] Browne, M., A. Crump, P. Niven, S. J. Teuten, E. Tonkin, A. Galloway T. ve Thompson, R. (2011). Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks, *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175-9179.
- [20] Belzagui, F. Buscio, V. Gutiérrez-Bouzán C. ve Vilaseca, M. (2021). Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic level of concern, *Science of the Total Environment*, 762, 144165.
- [21] Frias, J. Otero V. ve Sobral, P. (2014). Evidence of microplastics in samples of zooplankton from Portuguese coastal waters, *Marine Environmental Research*, 95, 89-95.
- [22] Dris, R. Gasperi, J. Saad, Mirande M. C. ve Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment?, *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 290-293.
- [23] Can-Güven, E. (2021). Microplastics as emerging atmospheric pollutants: a review, *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14(2), 203-2015.
- [24] Eerkes-Medrano, D. Thompson, R. C. ve Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Research*, 75, 63-82.
- [25] Klein, S. Worch E. ve Knepper, T. P. (2015). Occurrence and Spatial Distribution of Microplastics in River Shore Sediments of the Rhine-Main Area in Germany, *Environmental Science & Technology*, 49(10), 6070-6076.
- [26] Eriksen, M. Mason, S. Wilson, S. Box, C. Zellers, A. Edwards, W. Farley H. ve Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes, *Marine Pollution Bulletin*, 77(1-2), 177-182.
- [27] González-Pleiter, M. Edo, C. Velázquez, D. Casero-Chamorro, M. C. Leganés, F. Quesada, A. Fernández-Piñas F. ve Rosal, R. (2020). First detection of microplastics in the freshwater of an Antarctic Specially Protected Area, *Marine Pollution Bulletin*, 161, 111811.
- [28] Lusher, A. L. Tirelli, V. O'Connor I. ve Officer, R. (2015). Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples, *Scientific Reports*, 5(1), 1-9.
- [29] Sun, J. Dai, X. Wang, Q. van Loosdrecht M. C. ve Ni, B.-J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal, *Water Research*, 152, 21-37.
- [30] Li, X. Chen, L. Mei, Q. Dong, B. Dai, X. Ding G. ve Zeng, E. Y. (2018). Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China, *Water Research*, 142, 75-85.
- [31] He, P. Chen, L. Shao, L. Zhang, H. ve Lü, F. (2019). Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastics? - Evidence of microplastics in landfill leachate, *Water Research*, 159, 38-45.
- [32] Maghsodian, Z. Sanati, A. M. Ramavandi, B. Ghasemi, A. ve Sorial, G. A. (2020). Microplastics accumulation in sediments and *Periophthalmus waltoni* fish, mangrove forests in southern Iran, *Chemosphere*, 264, 128543.
- [33] Amelia, T. S. M. Khalik, W. M. A. W. M. Ong, M. C. Shao, Y. T. Pan, H.-J. ve Bhubalan, K. (2021). Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans, *Progress In Earth and Planetary Science*, 8(1), 1-26.
- [34] Carpenter E. J. ve Smith Jr., K. L., (1972). Plastics on the Sargasso Sea Surface, *Science*, 175(4027), 1240-1241.
- [35] Torres, F. G. Dioses-Salinas D. C. Pizarro-Ortega, C. Í. ve De-La-Torre, G. E. (2020). Sorption of chemical contaminants on degradable and nondegradable microplastics: Recent progress and research trends, *Science of the Total Environment*, 757, 143875.
- [36] Tanaka, K. Takada, H. Yamashita R. Mizukawa, K. Fukuwaka, M.-a. ve Watanuki Y. (2015). Facilitated leaching of additive-derived PBDEs from plastic by seabirds' stomach oil and accumulation in tissues, *Environmental Science & Technology*, 49(19), 11799-11807.



- [37] Collard, F. Husum, K. Eppe, G. Malherbe, C. Hallanger, I. G. Divine, D. V. ve Gabrielsen, G. W. (2021). Anthropogenic particles in sediment from an Arctic fjord, *Science of the Total Environment*, 772, 145575.
- [38] Murphy, F. Ewins, C. Carbonnier, F. ve Quinn, B. (2016). Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment, *Environmental Science & Technology*, 50(11), 5800-5808.
- [39] McCormick, A. Hoellein, T. J. Mason, S. A. Schluep, J. ve Kelly, J. J. (2014). Microplastic is an Abundant and Distinct Microbial Habitat in an Urban River, *Environmental Science & Technology*, 48(20), 11863-11871.
- [40] Blair, R. M. Waldron, S. ve Gauchotte-Lindsay, C. Average daily flow of microplastics through a tertiary wastewater treatment plant over a ten-month period, *Water Reserch*, cilt 163, p. 114909, 2019.
- [41] Carr, S. A. Liu, J. ve Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants, *Water Reserch*, 91, 174-182.
- [42] Raju, S. Carbery, M. Kuttykattil, A. . Senthirajah, K. Lundmark, A. Rogers, Z. . SCB, S. Evans, G. ve Palanisami, T. (2020). Improved methodology to determine the fate and transport of microplastics in a secondary wastewater treatment plant, *Water Reserch*, 173, 115549.
- [43] Franco, A. A. Arellano, J. M. Albendín, G. Rodríguez-Barroso, R. Quiroga, J. M. ve Coello, M. D. (2021). Microplastic pollution in wastewater treatment plants in the city of Cádiz: Abundance, removal efficiency and presence in receiving water body, *Science of the Total Environment*, 776, 145795.
- [44] Chae, Y. ve An, Y.-J. (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review, *Environmental Pollution*, 240, 387-395.
- [45] Golwala, H. Zhang, X. Iskander, S. M. ve Smith, A. L. (2021). Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment, *Science of the Total Environment*, 769, 144581.
- [46] Liu, K. Wang, X. Fang, T. Xu, P. Zhu, L. ve Li, D. (2019). Source and potential risk assessment of suspended atmospheric microplastics in Shanghai, *Science of the Total Environment*, 675, 462-471.
- [47] Collins, C. ve Hermes, J. (2019). Modelling the accumulation and transport of floating marine micro-plastics around South Africa, *Marine Pollution Bulletin*, 139, 46-58.
- [48] Thiele, C. J. Hudson, M. D. Russell, A. E. Saluveer, M. ve Sidaoui-Haddad, G. (2021). Microplastics in fish and fishmeal: an emerging environmental challenge? *Scientific reports*, 11(1), 1-12.
- [49] Wright, S. L. Thompson, R. C. ve Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review, *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- [50] Courtene-Jones, W. Quinn, B. Gary, S. F. Mogg, A. O. ve Narayanaswamy, B. E. (2017). Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean, *Environmental Pollution*, 231, 271-280.
- [51] Schmid, C. Cozzarini, L. ve Zambello, E. (2021). A critical review on marine litter in the Adriatic Sea: Focus on plastic pollution, *Environmental Pollution*, 273, 116430.
- [52] Pojar, L. Stănică, A. Stock, F. Kochleus, C. Schultz, M. ve Bradley, C. (2021). Sedimentary microplastic concentrations from the Romanian Danube River to the Black Sea, *Scientific Reports*, 11(1), 1-9.
- [53] Russell, M. ve Webster, L. (2021). Microplastics in sea surface waters around Scotland, *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112210.
- [54] Garnier, Y. Jacob, H. Guerra, A. S. Bertucci, F. ve Lecchini, D. (2019). Evaluation of microplastic ingestion by tropical fish from Moorea Island, French Polynesia, *Marine Pollution Bulletin*, 140, 165-170.
- [55] Ross, P. S. Chastain, S. Vassilenko, E. Etemadifar, A. Zimmermann, S. Quesnel, S.-A. Eert, J. Solomon, E. Patankar, S. Posacka, A. M. ve Williams, B. (2021). Pervasive distribution of polyester fibres in the Arctic Ocean is driven by Atlantic inputs, *Nature Communications*, 12(1), 1-9.

- [56] Huang, W. Chen, M. Song, B. Deng, J. Shen, M. Chen, Q. ve Zeng, G. (2021). Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals: A mini-review, *Science of the Total Environment*, 762, 143112.
- [57] Wang, S. Zhong, Z. Li, Z. Wang, X. Gu, H. Huang, W. Kar-Hei Fang, J. Shi, H. Hu, M. ve Wang, Y. (2021). Physiological effects of plastic particles on mussels are mediated by food presence, *Journal of Hazardous Materials*, 404, 124136.
- [58] Kühn, S. Schaafsma, F. L. Werven, B. v. Flores, H. Bergmann, M. Egelkraut Holtus, M. Tekman, M. B. ve van Franeker, J. A. (2018). Plastic ingestion by juvenile polar cod (*Boreogadus saida*) in the Arctic Ocean, *Polar Biology*, 41(6), 1269-1278.
- [59] Bessa, F. Ratcliffe, N. Otero, V. Sobral, P. Marques, J. C. Waluda, C. M. Trathan, P. N. ve Xavie, J. C. (2019). Microplastics in gentoo penguins from the Antarctic region, *Scientific reports*, 9(1), 1-7.
- [60] Beckwith, V. K. ve Fuentes, M. M. (2018). Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit, *Marine Pollution Bulletin*, 131, 32-37.
- [61] Maes, T. de Jel, J. v. D. A. Vethaak, D. Desender, M. Bendall, V. A. van Velzen, M. ve Leslie, H. A. (2020). You Are What You Eat, Microplastics in Porbeagle Sharks From the North East Atlantic: Method Development and Analysis in Spiral Valve Content and Tissue, *Frontiers in Marine Science*, 7, 273.
- [62] Rai, P. K. Lee, J. Brown R. J. ve Kim, K.-H. (2021). Environmental fate, ecotoxicity biomarkers, and potential health effects of micro- and nano-scale plastic contamination, *Journal of Hazardous Materials*, 403, 123910.
- [63] Meaza, I. Toyoda, J. H. ve Wise Sr, J. P. (2020). Microplastics in Sea Turtles, Marine Mammals and Humans: A One Environmental Health Perspecti, *Frontiers in Environmental Science*, 298.
- [64] Feng, L. He, L. Chen, J. Zhou, C. Qian, Z.-J. Hong, P. Sun, S. ve Li, C. (2020). Investigating the composition and distribution of microplastics surface biofilms in coral areas, *Chemosphere*, 252, 126565.
- [65] <http://www.jpi-oceans.eu/>. (tarih yok). 12 20. 2021 tarihinde <http://www.jpi-oceans.eu/> adresinden alındı.
- [66] Cole, M. Lindeque, P. Fileman, E. Halsband, C. Goodhead, R. Moger, J. ve Galloway, T. S. (2013). Microplastic Ingestion by Zooplankton, *Environmental Science & Technology*, 47(17), 6646-6655.
- [67] Desforges, J.-P. W. Galbraith, M. ve Ross, P. S. (2015). Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean, *Archives of environmental contamination and toxicology*, 69(3), 320-330.
- [68] Zheng, S. Zhao, Y. Liangwei, W. Liang, J. Liu, Zhu, M. Li, Q. ve Sun, X. (2020). Characteristics of microplastics ingested by zooplankton from the Bohai Sea, China, *Science of the Total Environment*, 713, 136357.
- [69] Hall, N. Berry, K. Rintoul, L. ve Hoogenboom, M. (2015). Microplastic ingestion by scleractinian corals, *Marine Biology*, 162(3), 725-732.
- [70] K. S. Oldenburg, J. Urban-Rich, K. D. Castillo ve J. H. Baumann, (2021). Microfiber abundance associated with coral tissue varies geographically on the Belize Mesoamerican Barrier Reef System, *Marine Pollution Bulletin*, 163, 111938.
- [71] Bulleri, F. Ravaglioli, C. Anselmi, S. ve Renzi, M. (2021). The sea cucumber *Holothuria tubulosa* does not reduce the size of microplastics but enhances their resuspension in the water column, *Science of the Total Environment*, 781, 146650.
- [72] Gong, Y. Wang, Y. Chen, L. Li, Y. Chen, X. ve Liu, B. (2021). Microplastics in different tissues of a pelagic squid (*Dosidicus gigas*) in the northern Humboldt Current ecosystem, *Marine Pollution Bulletin*, 169, 112509.
- [73] Cauwenberghe, L. V. ve Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption, *Environmental Pollution*, 193, 65-70.
- [74] Daniel, D. B. Ashraf, P. M. Thoms, S. N. ve Thomson, K. T. (2021). Microplastics in the edible tissues of shellfishes sold for human consumption, *Chemosphere*, 264, 128554.
- [75] Vieira, K. S. Baptista Neto, J. A. Carlos Lopez, M. A. Gaylarde, C. Pierri, B. d. S. Saldaña-Serrano, M. Dias Bairy, A. C. Nogueira, D. J. ve Fonseca, E. M. (2021). Occurrence of microplastics and heavy metals

- accumulation in native oysters *Crassostrea Gasar* in the Paranagua ' estuarine system, Brazil, *Marine Pollution Bulletin*,166, 112225.
- [76] Gedik, K. ve Eryaşar, A. R.(2020). Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts, *Chemosphere*,260, 127570.
- [77] Martinelli, M. Gomiero, A. Guicciardi, S.Frapiccini, E. Strafella, P. Angelini, S. Domenichetti, F. Belardinelli, A. ve Colella, S.(2021). Preliminary results on the occurrence and anatomical distribution of microplastics in wild populations of *Nephrops norvegicus* from the Adriatic Sea, *Environmental Pollution*, 278, 116872.
- [78] Feng, Z. Wang, R. Wang, J. Huang, W. Li, J. Xu, J. ve Gao, G. (2020).Microplastics in specific tissues of wild sea urchins along the coastal areas of northern China, *Science of the Total Environment*,728, 138660.
- [79] Hennicke, A. Macrina, L. Malcolm- Mckay, A. ve Miliou, A. (2021). Assessment of microplastic accumulation in wild *Paracentrotus lividus*, a commercially important sea urchin species, in the Eastern Aegean Sea, Greece, *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101855.
- [80] Steer, M. Cole, M. Thompson, R. C. ve Lindeque, P. K. (2017). Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel, *Environmental Pollution*, 226, 250-259.
- [81] Ding, J. Sun, C. He, C. Li, J. Ju, P. ve Li, F. (2021). Microplastics in four bivalve species and basis for using bivalves as bioindicators of microplastic pollution, *Science of the Total Environment*, 782, 146830.
- [82] Pereira, J. M. Rodríguez, Y. Blasco-Monleon, S. Porter, A. Lewis, C. ve Pham, C. K. (2020). Microplastic in the stomachs of open-ocean and deep-sea fishes of the North-East Atlantic, *Environmental Pollution*,265,115060.
- [83] Klangnarak, W. ve Chunniyom, S. (2020). Screening for microplastics in marine fish of Thailand: the accumulation of microplastics in the gastrointestinal tractof different foraging preferences, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 27161-27168.
- [84] Baalkhuyur, F. M. Qurban, M. A.Psnickan, P. ve Duarte, C. M. (2020). Microplastics in fishes of commercial and ecological importance from the Western Arabian Gulf, *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110920.
- [85] Gündoğdu, S. Çevik, C. ve Temiz Ataş, N. (2020).Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edible fish speciesalong the Turkish coast, *Turkish Journal of Zoology*, 44(4),312-323.
- [86] Abadi, Z. T. R. Abtahi, B. Grossart, H.-P. ve Khodabandeh, S. (2021). Microplastic content of Kutum fish, *Rutilus frisii kutum* in the southern Caspian Sea, *Science of the Total Environment*, 752,141542.
- [87] López-Martínez, S. Morales-Caselles, C. Kadar, J. ve Rivas, M. L. (2020). Overview of global status of plastic presence in marine vertebrates, *Global Change Biology*, 27(4), 728-737.
- [88] Carlin, J. Craig, C. Little, S. Donnelly, M. Fox, D. Zhai, L. ve Walters, L. (2020). Microplastic accumulation in the gastrointestinal tracts in birds of prey in central Florida, USA, *Environmental Pollution*,264, 114633.
- [89] Nam, K.-B. Kim, M. Hong, M.-J. ve Kwon, Y. S. (2021).Plastic debris ingestion by seabirds on the Korean Peninsula, *Marine Pollution Bulletin*,166, 112240.
- [90] Bourdages, M. P. Provencher, J. F.Baak, J. E. Mallory, M. L. ve Vermaire, J. C. (2021). Breeding seabirds as vectors of microplastics from sea to land: Evidence from colonies in Arctic Canada, *Science of the Total Environment*, 764, 142808.
- [91] Seif, S. Provencher, J. F. Avery-Gomm, S. Daoust, P.-Y. Mallory, M. L. ve Smith, P. A. (2018). Plastic and Non plastic Debris Ingestion in Three Gull Species Feeding in an Urban Landfill Environment, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 74(3), 349-360.
- [92] Stewart, L. G. Lavers, J. L. Grant, M. L. Puskic, P. S. ve Bond, A. L. (2020). Seasonal ingestion of anthropogenic debris in an urban population of gulls, *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111549.
- [93] Teboul, E. Orihel, D. M. Provencher, J. F. Drever, M. C. Wilson, L. ve Harrison, A. L. Chemical identification of microplastics ingested by Red Phalaropes (*Phalaropus fulicarius*) using Fourier Transform Infrared spectroscopy, *Marine Pollution Bulletin*, cilt 171, p. 112640, 2021.

- [94] Basto, M. N. Nicastro, K. R. Tavares, A. I. McQuaid, C. D. Casero, M. Azevedo, F. ve Zardi, G. I. (2019). Plastic ingestion in aquatic birds in Portugal, *Marine Pollution Bulletin*, cilt 138, 19-24.
- [95] Lavers, J. L. Stivaktakis, G. Hutton, I. ve Bond, A. L. (2019). Detection of ultrafine plastics ingested by seabirds using tissue digestion, *Marine Pollution Bulletin*, cilt 142, pp. 470-474.
- [96] Eastman, B. C. Farrell, A. J. Whitmore, L. Rollinson Ramia, D. R. Thomas, R. S. Prine, J. Eastman, S. F. Osborne, T. Z. Martindale, M. Q. ve Duffy, D. J. (2020). Plastic Ingestion in Post-hatchling Sea Turtles: Assessing a Major Threat in Florida Near Shore Waters, *Frontiers in Marine Science*, 7, 693.
- [97] Caron, A. G. Thomas, C. R. Berry, K. L. Mott, C. A. Ariel E. ve Brodie, J. E. (2018). Ingestion of microplastic debris by green sea turtles (*Chelonia mydas*) in the Great Barrier Reef: Validation of a sequential extraction protocol, *Marine Pollution Bulletin*, 127, 743-751.
- [98] Di Renzo, L. Mascilongo, G. Berti, M. Bogdanovic, T. Listeš, E. Brkljača, M. Notarstefano, V. Gioacchini, G. Giorgini, E. Olivieri, V. Silvestri, C. Matiddi, M. D'Alterio, N. Ferri, N. ve Di Giacinto, F. (2021). Potential Impact of Microplastics and Additives on the Health Status of Loggerhead Turtles (*Caretta caretta*) Stranded Along the Central Adriatic Coast, *Water Air Soil Pollution*, 232(3), 1-20.
- [99] Parton, K. J. Godley, B. J. Santillo, D. Tausif, M. Omeyer, L. C. ve Galloway, T. S. (2020). Investigating the presence of microplastics in demersal sharks of the North-East Atlantic, *Scientific reports*, 10(1), 1-11.
- [100] Mancina, A. Chenet, T. Bono, G. Geraci, M. L. Vaccaro, C. Munari, C. Mistri, M. Cavazzini, A. ve Pasti, L. (2020). Adverse effects of plastic ingestion on the Mediterranean small-spotted catshark (*Scyliorhinus canicula*), *Marine Environmental Research*, 155, 104876.
- [101] Zantis, L. J. Carrol, E. L. Nelms, S. E. ve Bosker, T. (2021). Marine mammals and microplastics: A systematic review and call for standardisation, *Environmental Pollution*, 269, 116142.
- [102] Bossart, G. (2011). Marine Mammals as Sentinel Species for Oceans and Human Health, *Veterinary pathology*, 48(3), 676-690.
- [103] Hernandez-Gonzalez, A. Saavedra, C. Gago, J. Covelo, P. M. Santos, B. ve Pierce, G. J. (2018). Microplastics in the stomach contents of common dolphin (*Delphinus delphis*) stranded on the Galician coasts (NW Spain, 2005–2010), *Marine Pollution Bulletin*, 137, 526-532.
- [104] Zhu, J. Yu, X. Zhang, Q. Li, Y. Tan, S. Li, D. Yang, Z. ve Wang, J. (2019). Cetaceans and microplastics: First report of microplastic ingestion by a coastal delphinid, *Sousa chinensis*, *Science of the Total Environment*, 659, 649-654.
- [105] Philipp, C. Unger, B. Fischer, E. K. Schnitzler, J. G. ve Siebert, U. (2020). Handle with Care—Microplastic Particles in Intestine Samples of Seals from German Waters, *Sustainability*, 12(24), 10424.
- [106] Perez-Venegas, D. J. Toro-Valdivieso, C. Ayala, F. Brito, B. Iturra, L. Arriagada, M. Seguel, M. Barrios, C. Sepúlveda, M. Oliva, D. Cárdenas-Alayza, S. Urbina, M. A. Jorquera, A. Castro-Nallar, E. ve Galbán-Malagón, C. (2020). Monitoring the occurrence of microplastic ingestion in Otariids along the Peruvian and Chilean coasts, *Marine Pollution Bulletin*, 153, 110966.
- [107] Nelms, S. Barnett, J. Davison, N. Deaville, R. Galloway, T. Lindeque, P. Santillo, D. ve Godley, B. (2019). Microplastic in marine mammals stranded around the British coast ubiquitous but transitory?, *Scientific Reports*, 9(1), 1-8.