ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/336807858

# Türkiye'deki Deniz Canlılarındaki Mikroplastik Kirliliği

**Technical Report** · October 2019

DOI: 10.13140/RG.2.2.27136.58888

CITATIONS
0

READS
26

**2 authors:**



Sedat Gündoğdu
Cukurova University
**49** PUBLICATIONS **117** CITATIONS
SEE PROFILE



Cevik Cem
Cukurova University
**49** PUBLICATIONS **311** CITATIONS
SEE PROFILE

**Some of the authors of this publication are also working on these related projects:**

Project
International Marine & Freshwater Sciences Symposium / MarFresh2018 View project

Project
Determination of the Spatial and Temporal Distribution of Microplastics in Water Column, Sediment and Some Economic Fish Species in Iskenderun Bay View project

All content following this page was uploaded by Sedat Gündoğdu on 25 October 2019.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

# Plastikten Kurtul
# Oltaya Gelme



## Rapor:

### Türkiye'deki Deniz Canlılarında Mikroplastik Kirliliği



GREENPEACE

GREENPEACE

**Raporu hazırlayan:** Greenpeace Akdeniz

**Yazarlar:** Doç. Dr. Sedat GÜNDOĞDU, Prof. Dr. Cem ÇEVİK
Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

**Kapak görseli:** Merve Arısoy, Dilara Gül

**Basım tarihi: Ekim, 2019**
Greenpeace Akdeniz
Teşvikiye Mh. Şakayık Sk.
No: 40/7 Şişli/İstanbul

**http://www.greenpeace.org/turkey**

# İçindekiler


Yönetici Özeti 4

**1. Denizlerdeki plastik** 6

**2. Deniz ürünlerindeki mikroplastik kirliliği** 8

2.1. Balık, karides ve midye örneklerine ilişkin tanımlayıcı bilgiler 8

2.2. Bulgular 10

2.2.1. Balık türlerindeki ve karides türündeki mikroplastik miktarları 10

2.2.2. Midye türündeki mikroplastik miktarı 15

**3. Mikroplastik kirliliğinin boyutu** 20

3.1. Balık ve karideslerdeki mikroplastik kirliliğinin boyutu 20

3.2. Midyedeki mikroplastik kirliliğinin boyutu 24

**4. Sonuç** 26

**5. Gereç ve yöntem** 27

5.1. Araştırma kıstasları 27

5.2. Balık ve karides türlerine ilişkin analiz bilgileri 27

5.3. Midye örneklerine ilişkin analiz bilgileri 28

5.4. Mikroplastiklerin ayrıştırılması 28

*5.4.1. Organik maddelerin yakılması* 28

*5.4.2. Yoğunluk ayrımı* 28

*5.4.3. Mikroskobik inceleme* 29

*5.4.4. Mikroplastiklerin teşhisi için μ-Raman analizi* 29

*5.4.5. Kontaminasyondan korunma* 29

*5.4.6. İstatistiksel analizler* 29

**Şekiller** 30

**Tablolar** 31

**Kaynaklar** 32

# Yönetici Özeti

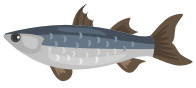
Plastik, kullanım alanındaki genişliği, ucuzluğu, dayanıklılığı ve hafifliği ile 2017 yılında 348 milyon ton üretime sahip bir ürüne dönüştürmüştür. Plastiğin kitlesel üretiminin 1950'lerde başlayan serüveni, toplamda 8.3 milyar tonluk bir üretim hacmini ortaya çıkartmıştır. Yapılan tahminler üretilen bu plastiğin 6.3 milyar tonunun çöp haline geldiğini ortaya koymaktadır. Çöp haline gelen plastiğin yüzde 9'unun geri dönüştürüldüğü, yüzde 12'sinin yakıldığı ve geri kalan kısmının da çöp depolama alanlarına terk edildiği ifade edilmektedir. Bu hızla devam edildiği takdirde 2050 yılında, çöp depolama alanlarına gönderilen plastik çöp miktarının 12 milyar tona ulaşacağı da ayrıca tahmin edilmektedir. Karasal ortamda üretilen bu çöplerin her yıl 4.8 ila 12 milyon tonunun okyanuslara çeşitli yollarla karıştığı birçok çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu durum beraberinde ciddi ekolojik sorunların doğmasına neden olmuştur.

Hayatımıza kolaylaştırıcı olarak giren bir malzemenin zaman içerisinde tüm canlılığı tehdit eder hale gelmesi, plastik konusunun artan bir ilgiyle araştırılmasını da beraberinde getirmiştir. Özellikle denizel ortamlardaki problemlere odaklanan çalışmalar, plastiğin bir başka özelliğini yani parçalanarak 5 milimetreden daha küçük hale gelen biçimini de keşfetmiş ve araştırmaların yönünün bu konuya evrilmesini sağlamıştır. Yaygın olarak mikroplastik (MPs) olarak isimlendirilen bu plastiklerin denizlerdeki tüm plastik çöplerin yüzde 92'lik bir kısmını oluşturduğu tahmin edilmektedir. MPs sadece daha büyük plastiklerin parçalanmasından oluşmamaktadır. Aynı zamanda bazı kişisel bakım ürünleri (diş macunu, yüz temizleme jeli, vb.) ve bazı temizlik maddelerinin (yüzey aşındırıcılar, deterjanlar, vb.) içerisine aşındırıcı olarak katılmak amacıyla, direkt olarak da üretilmektedirler. Bu şekildeki mikroplastikler atık su arıtma tesislerini aşarak deniz ve tatlı su ekosistemlerine geçebilmektedir. MPs sucul ekosisteme geçtikleri anda boyutlarına bağlı olarak besin zincirine sucul canlılar aracılığıyla dahil olabilmektedir.

Bu çalışmada, Marmara, Ege ve Akdeniz'den toplanan, barbun, istavrit, kefal, mırmır, tekir ve kırmızı karides türlerinin mide ve sindirim kanalları, mikroplastik varlığı açısından incelenmiştir. Bunun yanında, çoğunluğu Ege ve Marmara Denizi'nden toplanmış ya da bu bölgelerdeki çiftliklerden tedarik edilmiş midyelerden üretilen ve Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir lokasyonlarında satılan midye dolma içerisindeki mikroplastik miktarları da incelenmiştir. Böylelikle hem sokakta, hem evde, hem de lüks tüketim alanlarında tüketilen canlıların beraberinde ne kadar mikroplastiği tüketiciye taşıdıkları tüm yönleriyle ortaya konulmuştur.

## Deniz canlılarındaki mikroplastik oranları

**KEFAL**
**%64.8**



**BARBUN**
**%63.0**



**MIRMIR**
**%34.3**



**TEKİR**
**%32.8**



**İSTAVRİT**
**%26.7**



**MİDYE**
**%91.2**



**KARİDES**
**%18.8**



**Yapılan bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlar şöyle:**

- İncelenen tüm türler göz önüne alındığında **kefal türünün yüzde 64.8'inde, barbunun yüzde 63'ünde, mırmırın yüzde 34.3'ünde, tekirin yüzde 32.8'inde, istavritin yüzde 26.7'sinde** mikroplastik bulunmaktadır.

- Bu demek oluyor ki genel olarak tüm **balıkların yüzde 44.3'ünde mikroplastik** vardır. Yani yaklaşık olarak her iki balıktan birinin mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir.

- Tüm bireyler dikkate alındığında **balık başına düşen mikroplastik adetleri** ise k**efalde 2.5, barbunda 1.1, mırmırda 0.6, tekirde** ve **istavritte 0.4'tür.** Buna göre 5 farklı ticari balık türünde **ortalama olarak balık başına düşen mikroplastik adedi 1,08**'dir.

- Bölgesel bazda balık başına düşen mikroplastik adedi **Ege Denizi'nde (İzmir) 1.7 adet Marmara Denizi'nde (İstanbul) 0.85 adet ve Akdeniz'de (Adana) 0.74'tür.**

- **Kırmızı karides örneklerinin tamamının yüzde 18.8'inde** mikroplastik gözlenmiştir. Yapılan incelemede, her 10 karidesten ikisinde 0.28 adet mikroplastik olduğu tespit edilmiştir.

- 5 farklı noktadan örneklenen **midye dolmaların yüzde 91.2'sinde mikroplastik bulundu.** Ortalama olarak midye başına 0.63 adet mikroplastik tespit edilmiştir. Porsiyon bazında değerlendirildiğinde 100 gramlık bir midye tüketiminde 5.76 adet, 250 gramlık midye tüketiminde ise 14.41 adet mikroplastik tüketilme riski olduğu tahmin edilmiştir.

Balıklardaki, karidesteki ve midye dolmalardaki mikroplastiklerin 13 farklı polimer tipinde olduğu tespit edilmiştir. En fazla bulunan polimer tipleri ise tek kullanımlık plastiklerin üretiminde kullanılan polimer tipleridir. Bunların poşette kullanılan polietilen (PE), ayran şişelerinde kullanılan polipropilen (PP) ve su şişelerinde kullanılan polietilen terefitalat (PET) olduğu belirlenmiştir.
Bu çalışmada incelenen balıklardaki mikroplastik miktarı (1.08 MPs/balık), aynı türlerle daha önce yapılan çalışmalarda bulunan ortalama mikroplastik miktarı (1,2 MPs/balık) ile karşılaştırıldığında benzer da mikroplastik kirliliğine sahip olduğu anlaşılmıştır.

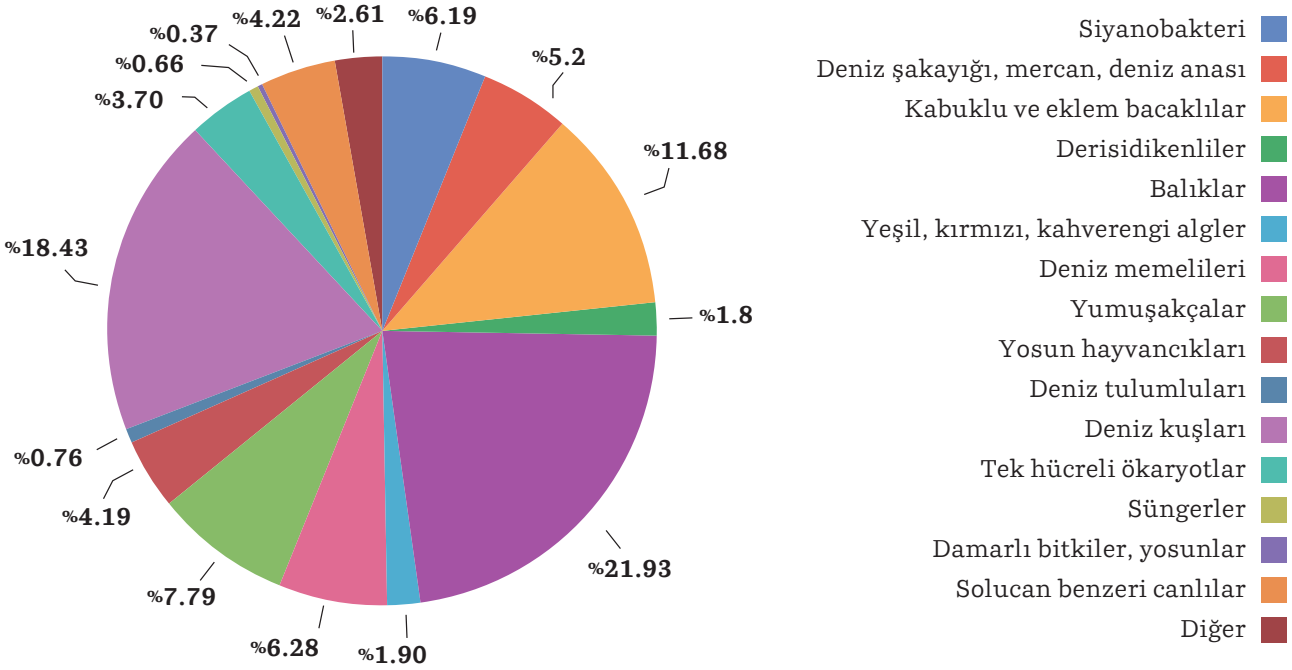
İnsan tüketimine yönelik ürünlerde mikroplastiğe rastlanılması gerek canlılar gerekse de insanlar açısından ciddi riskler barındırmaktadır. Bunların başında mikroplastiklerin parçacık olarak iç organlarda meydana getirebileceği fiziksel etkiler gelir. (tahriş, iltihap, tıkama vb.) Bunun yanında bu çalışmada da tespit edilen PE, PP ve PET gibi plastiklerin bünyelerine, üretim aşamasında katılan kimyasallar ve bu plastiklerin denizlerde bulundukları sürede diğer kirleticileri bünyelerine almalarından kaynaklı olan riskler de mevcuttur. Bu kimyasallar, gerek deniz canlılarında gerekse de insan üzerinde ciddi sağlık bozucu etkilere (kanser, hormon bozukluğu vb.) sahip olabilmektedir. Bu etkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada tespit edilen ve çoğunluğu tek kullanımlık olan plastiklerin nedeni aşırı plastik üretimi ve tüketimi ile yetersiz atık yönetiminin bir sonucudur. Bu sebeple aşırı plastik üretiminin azaltılması, Avrupa Birliği'nde yasaklanan bazı tek kullanımlık plastiklerin yasaklanması, yönetimlerin atık politikalarını Türkiye'de de iyileştirmeleri ve bireylerin plastik tüketimini azaltmaları gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca var olan riskin tüm boyutlarıyla anlaşılması için daha detaylı mikroplastik araştırmalarının yapılması gerekmektedir.

# 1 Denizlerdeki Plastik

1950 yılından itibaren hızla artan bir şekilde üretilen plastik, 2017 yılı itibarıyla 348 milyon ton civarına ulaşmıştır.[1] Bu plastiklerin önemli bir kısmı çeşitli yollarla denizel ekosisteme girmektedir. Tahmini olarak yılda 4.8-12.7 milyon ton plastiğin denizel ekosistemlere ulaştığı bilinmektedir.[2] 2019 yılı Eylül ayı itibarıyla dünya çapında 4358 lokasyonda gerçekleştirilen 611 çalışmada, deniz çöplerinin yüzde 76.9'unun plastiklerden oluştuğu rapor edilmiştir.[3] Yaygın olarak kabul edilen tanıma göre, plastik partiküllerin 5 milimetreden daha küçük olanlarına mikroplastik (MPs) adı verilmektedir. [7-8] Denizlerdeki plastik atıkların yüzde 92'si MPs şeklindedir. [4-6] Denizel ortamdaki bu miktardaki MPs'lerin tüm denizel yaşamı tehdit ettiği açıktır. Denizel canlılığı mikroplastiklerin yanı sıra her türden plastik çöp etkilemektedir. Hali hazırda 2249 deniz canlısının bu kirliliğin tehdidi altında olduğu tahmin edilmektedir. [3,9,10] İçerisinde plastiklerin de olduğu denizel çöplerden en çok etkilenen canlılar sırasıyla balıklar (%21.93), deniz kuşları (%18.43), kabuklu ve eklem bacaklılar (%11.68), yumuşakçalar (%7.79) ve deniz memelileridir (%6.28). [3] Bu canlıların etkilenme biçimi ise rapor edilen vakaların sayısına göre sırasıyla; çöp üzerine yapışma ve onu habitat olarak kullanma (%38.7), yutma (%32.6) ve çöp tarafından yakalanma (%23.87) şeklindedir. [3]

**Şekil 1.** Çöplerden etkilenen deniz canlıları




Denizlerdeki MPs'lerin de çeşitli sucul canlıları (deniz ve tatlı su balıkları, midye, martı, deniz tarağı) etkilediği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. [11-17] Bu etkilenmelerin ise çoğunluğu, MPs'lerin boyutundan kaynaklı olarak yutma ya da bünyeye alma şeklinde gerçekleşmiştir. Denizel canlıların MPs'ye maruz kalma durumlarında ortaya çıkan etkiler iki grup altında toplanabilir. Bunlardan birincisi fiziksel, diğeri ise kimyasal etkidir. [18-19] Fiziksel etki, yutulan MPs'iğin boyutuyla ilişkili olarak değişirken, kimyasal etki, boyuttan çok partikülün içeriğindeki eklenti maddelerinin salınması ya da ayrılması sonucu meydana gelebilmektedir. MPs'lerin fiziksel etkilerinin başında, canlı sindirim sisteminin görece daha büyük partiküllerden kaynaklı tıkanması gelir. Bunun yanında 130 µm'ye (milimetrenin binde biri büyüklüğünde mikroskobik ölçü birimi) kadar olan partiküllerin bağırsak tabakasında emilmesi ve farklı organlarda birikim yapabilmesi mümkündür. [20] MPs'lerin kimyasal etkisi ise fiziksel etkisine göre daha yaygındır. Plastikler, mono veya oligomerik yapı taşlarının farklı tekniklerle ve kimyasal reaksiyonlarla düzenlenerek polimer zincirler haline gelmesiy-

le oluşturulan malzemelerdir. Günümüzde piyasada görülen farklı özelliklere sahip pek çok plastiğin üretilmesinde farklı dolgu maddeleri, alev geciktiriciler, antioksidanlar, plastikleştiriciler ve renklendiriciler de dahil olmak üzere çok çeşitli katkı maddeleri kullanmaktadır. [21] Her ne kadar yaygın olarak kullanılan polietilen (PE) ve polipropilen (PP) gibi plastikler parçacık halinde genellikle biyolojik olarak ilgisiz (inert) olsa da, üretim aşamasında eklenen bazı kimyasallar, tüketicilerin kullanımı esnasında sızıntı yaparak tüketicilerin vücuduna bulaşabilmektedirler. [20]

Bağırsak duvarından, 130 mikrondan daha küçük boyuttaki partiküllerin dolaşım sistemine geçerek farklı organlarda birikebilme potansiyeli, MPs'nin yarattığı riskin farklı bir boyutunu ortaya koymaktadır. [71] Plastiği bir şekilde yutmak zorunda kalan canlıların karşı karşıya olduğu tehlikeleri, aynı zamanda bunları tüketen insanların karşılaşabilecekleri riskleri anlamak açısından, özellikle çokça tüketilen deniz ürünlerindeki hangi tür plastiğin ne derece bünyeye alındığının araştırılarak ortaya konulması ihtiyacı doğmuştur. Bunun yanında denizel plastik kirleticilerin çoğunluğunu oluşturan ve çok kısa vadeli kullanım ömrü olan tek kullanımlık plastik ambalajların denizel ekosistemdeki canlılara olan etkisinin ortaya konulması gerekmektedir.

Bu çalışma ile Türkiye'nin farklı denizlerinden yakalanmış bazı ticari balık türleri ve yine Türkiye denizlerinden toplanarak tüketime sunulan işlenmiş dolma halinde midyelerin içerdikleri MPs'ler ve bu partiküllerin polimer tipleri araştırılmıştır. Bu amaçla Marmara, Ege ve Akdeniz'den toplanmış olan barbun (*Mullus barbatus*), tekir (*Mullus surmuletus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), kefal (*Liza saliens*), mırmır (*Lithognathus mormyrus*) ve kırmızı karides (*Aristaeomorpha foliace*) türlerinin mide ve sindirim kanalları incelenmiştir. Bunun yanında çoğunluğu Ege ve Marmara Denizi'nden toplanmış ya da bu bölgelerdeki çiftliklerden tedarik edilmiş midyelerden (*Mytilus galloprovincialis*) üretilen midye dolma gıdası içerisindeki MPs miktarları incelenmiştir.

Böylelikle tüketim alışkanlıklarımız içinde yer alan sokak lezzetleri ve birçok çeşitte deniz ürününün mikroplastik içeriği ortaya konulmuştur.



Fotoğrafçı: **Caner Özkan**

# 2 Deniz Ürünlerindeki Mikroplastik Kirliliği




**Şekil 2.** Örneklerin toplandığı iller

## 2.1 Balık, karides ve midye örneklerine ilişkin tanımlayıcı bilgiler

Çalışma kapsamında Temmuz-Ağustos 2019 döneminde, İstanbul, İzmir ve Adana bölgesinde toplanan örneklere ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Analiz edilen balık ve karides örneklerine ait tanımlayıcı bilgiler

| Şehir | Tür | Örneğin alındığı yer | Örnek sayısı | Ortalama boy (cm) | Ortalama ağırlık (gr) |
|---|---|---|---|---|---|
| Adana | Mırmır | Akdeniz | 10 | 20.36 | 99.83 |
| | Kefal | | 18 | 20.88 | 91.79 |
| | Barbun | | 20 | 11.53 | 18.32 |
| | İstavrit | | 9 | 9.58 | 7.67 |
| İstanbul | Mırmır | Marmara | 20 | 23.35 | 185.30 |
| | Kefal | | 22 | 21.07 | 80.29 |
| | Barbun | | 25 | 10.55 | 11.45 |
| | Tekir | | 20 | 17.16 | 61.39 |
| | İstavrit | | 16 | 12.21 | 14.83 |
| İzmir | Mırmır | Ege | 25 | 19.78 | 104.66 |
| | Kefal | | 22 | 24.70 | 150.99 |
| | Barbun | | 18 | 13.85 | 24.94 |
| | Tekir | | 18 | 18.82 | 82.92 |
| Mersin | Kırmızı Karides | Akdeniz | 32 | 14.75 | 18.14 |

**Tablo 2.** Analiz edilen midye örneklerine ait tanımlayıcı bilgiler

| Şehir | Bölge | Beyan edilen orijin | Beyan edilen midye türü | İşlenen örnek sayısı | Ağırlık (gr) | Günlük satış (adet) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ankara | Ank-Kızıl-1 | Balıkesir | Bilgi yok | 9 | 98.29 | 500-1000 |
| | Ank-Kızıl-2 | İstanbul | Bilgi yok | 10 | 118.1 | 500-1000 |
| | Ank-Kızıl-3 | İzmir | Bilgi yok | 10 | 105.21 | 500-1000 |
| | | | | | | 10000-15000 |
| | Ank-Bah-1 | Çanakkale | Bilgi yok | 10 | 75.24 | 0 |
| | Ank-Bah-2 | İzmir | Bilgi yok | 10 | 121.06 | 500-1000 |
| | Ank-Bah-3 | Balıkesir | Bilgi yok | 10 | 107.64 | 1000-5000 |
| İstanbul | İst-1 | Çanakkale | Çiftlik | 8 | 88.32 | >15000 |
| | İst-2 | Sarıyer | Deniz | 8 | 89.59 | 1000-5000 |
| | İst-3 | Yeşilköy | Deniz | 7 | 66.85 | 500-1000 |
| | İst-4 | Sarıyer | Deniz | 8 | 203.17 | 100-500 |
| | İst-5 | Adalar | Çiftlik | 8 | 87.72 | 1000-5000 |
| | İst-6 | Yeşilköy | Deniz | 8 | 74.25 | 1000-5000 |
| | İst-7 | Karadeniz | Bilgi yok | 7 | 69.77 | 1000-5000 |
| | İst-8 | Beşiktaş | Çiftlik | 7 | 128.34 | 500-1000 |
| | İst-9 | Bilgi yok | Bilgi yok | 9 | 107.89 | 5000-10000 |
| | İst-10 | Rumeli K. | Deniz | 10 | 122.35 | 500-1000 |
| | İst-11 | Marmara | Deniz | 10 | 107.23 | 1000-5000 |
| | İst-13 | Sarıyer | Deniz | 7 | 63.26 | 100-500 |
| | İst-14 | Marmara | Deniz | 7 | 79.57 | 1000-2000 |
| | İst-15 | Ege | Deniz | 7 | 68.37 | 100-500 |
| | İst-16 | Sarıyer | Deniz | 7 | 109.32 | 1000-5000 |
| Adana | Adn-1 | İstanbul | Deniz | 7 | 89.39 | 500-1000 |
| | Adn-2 | Çanakkale | Deniz | 7 | 106.4 | 1000-5000 |
| | Adn-3 | Marmara A. | Çiftlik | 7 | 86.87 | 1000-5000 |
| | Adn-4 | İzmir | Deniz | 7 | 116.69 | 100-500 |
| | Adn-5 | İstanbul | Deniz | 7 | 105.91 | 100-500 |
| | Adn-6 | Çanakkale | Deniz | 7 | 100.87 | 1000-5000 |
| | Adn-7 | İstanbul | Deniz | 7 | 57.89 | 100-500 |
| | Adn-8 | İzmir | Deniz | 7 | 88.62 | 100-500 |
| İzmir | İzm-1 | Bilgi yok | Bilgi yok | 7 | 64.63 | 1000-5000 |
| | İzm-2 | Bilgi yok | Bilgi yok | 7 | 82.26 | 500-1000 |
| | İzm-3 | Bilgi yok | Bilgi yok | 7 | 60.98 | 1000-5000 |
| Bodrum | Bod-1 | İzmir | Deniz | 7 | 62.94 | 2000-3000 |
| | Bod-2 | İzmir | Deniz | 7 | 79.26 | Bilgi yok |
| | Bod-3 | İzmir | Deniz | 7 | 100.4 | 100 |
| | Bod-4 | İzmir | Deniz | 7 | 84.13 | 100-150 |
| | Bod-5 | Bodrum | Deniz | 7 | 48.36 | 100-500 |
| | Bod-6 | Bodrum | Deniz | 7 | 48.32 | 150-200 |
| | Bod-7 | İzmir | Deniz | 7 | 61.58 | 500-1000 |
| | Bod-8 | İzmir | Deniz | 7 | 74.59 | 500-1000 |
| | Bod-9 | İzmir | Deniz | 7 | 71 | 500-1000 |

## 2.2. Bulgular

### 2.2.1. Balık türlerindeki ve karides türündeki mikroplastik miktarları

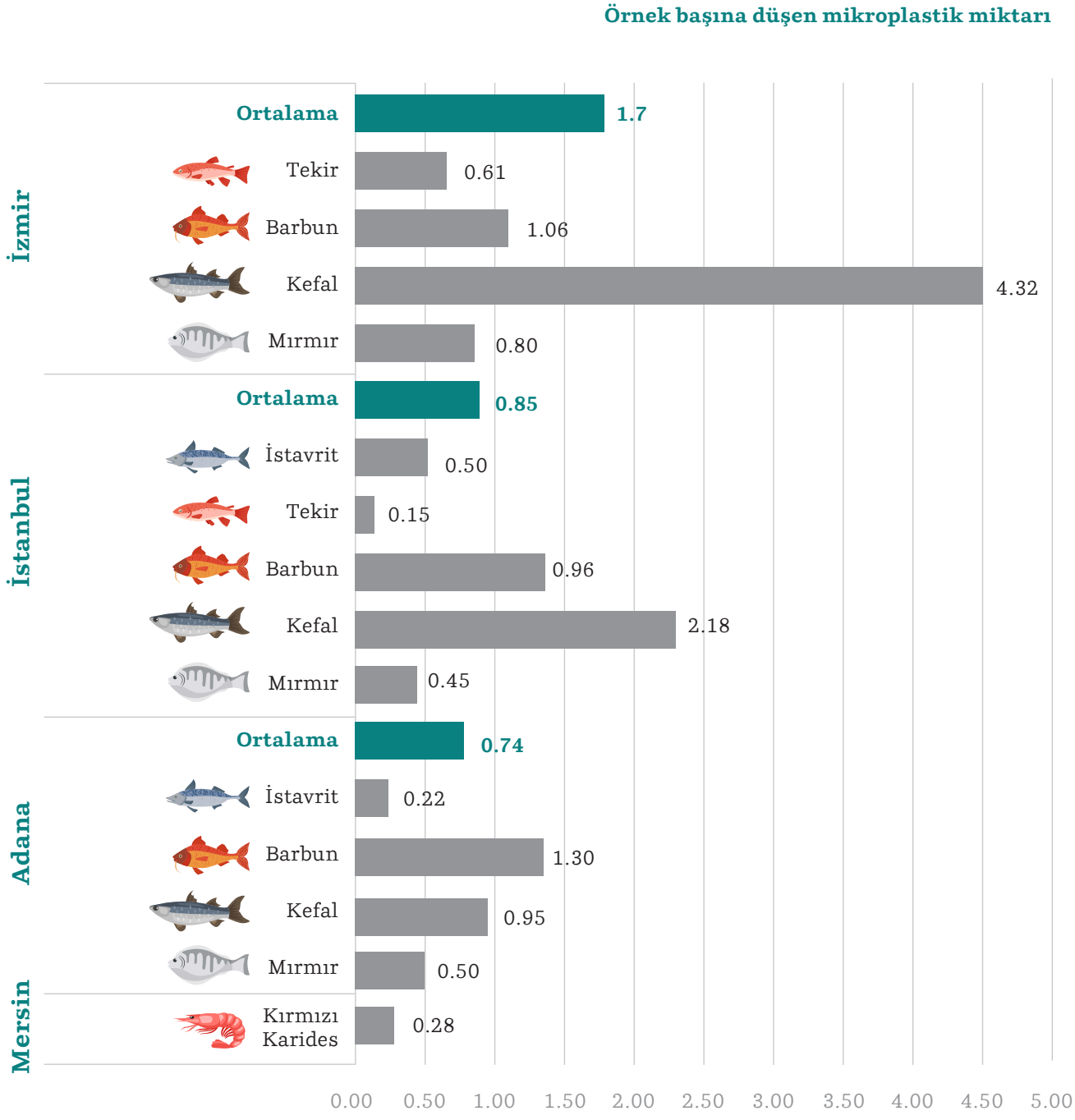
Adana, İstanbul ve İzmir'den temin edilen balık örneklerinden elde edilen MPs miktarları tablo 3'te ve şekil 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen MPs adetleri. (N: incelenen toplam örnek sayısını, n: elde edilen MPs sayısını vermektedir.)

| Şehir | Tür | N | MPs | | | | MPs (adet /birey) | MPs varlığı (% birey) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Fibril | | Parçacık | | | |
| | | | n | % | n | % | | |
| Adana | Mırmır | 10 | 2 | 40.0 | 3 | 60.0 | 0.50 | 30.0 |
| | Kefal | 18 | 4 | 25.0 | 12 | 75.0 | 0.95 | 44.4 |
| | Barbun | 20 | 9 | 34.6 | 17 | 65.4 | 1.30 | 60.0 |
| | İstavrit | 9 | 0 | 0.0 | 1 | 100.0 | 0.22 | 22.2 |
| | **Ortalama** | **14.2** | **3.7** | **24.9** | **8.2** | **75.1** | **0.74** | **39.2** |
| İstanbul | Mırmır | 20 | 7 | 77.8 | 2 | 22.2 | 0.45 | 25.0 |
| | Kefal | 22 | 7 | 14.6 | 41 | 85.4 | 2.18 | 68.2 |
| | Barbun | 25 | 18 | 75.0 | 6 | 25.0 | 0.96 | 68.0 |
| | Tekir | 20 | 3 | 100.0 | 0 | 0.0 | 0.15 | 10.0 |
| | İstavrit | 16 | 2 | 28.6 | 5 | 71.4 | 0.50 | 31.3 |
| | **Ortalama** | **20.6** | **7.4** | **59.2** | **10.8** | **40.8** | **0.85** | **40.5** |
| İzmir | Mırmır | 25 | 17 | 85.0 | 3 | 15.0 | 0.80 | 48.0 |
| | Kefal | 22 | 40 | 42.1 | 55 | 57.9 | 4.32 | 81.8 |
| | Barbun | 18 | 10 | 52.6 | 9 | 47.4 | 1.06 | 61.1 |
| | Tekir | 18 | 8 | 80.0 | 2 | 20.0 | 0.61 | 55.6 |
| | **Ortalama** | **20.8** | **18.8** | **64.9** | **17.3** | **35.1** | **1.7** | **61.6** |
| Mersin | Kırmızı Karides | 32 | 7 | 77.8 | 2 | 22.2 | 0.28 | 18.8 |
| Genel | **Mırmır** | 18.3 | 8.7 | 67.6 | 2.7 | 32.4 | 0.58 | 34.3 |
| | **Kefal** | 20.7 | 17.0 | 27.2 | 36.0 | 72.8 | 2.48 | 64.8 |
| | **Barbun** | 21.0 | 12.3 | 54.1 | 10.7 | 45.9 | 1.11 | 63.0 |
| | **Tekir** | 19.0 | 5.5 | 90.0 | 1.0 | 10.0 | 0.38 | 32.8 |
| | **İstavrit** | 12.5 | 1.0 | 14.3 | 3.0 | 85.7 | 0.38 | 26.7 |
| | **Balık türleri ortalaması** | | **8.9** | **50.6** | **10.7** | **49.4** | **0.98** | **44.3** |

Tüm bireyler dikkate alındığında, balık örneği başına düşen mikroplastik adedi sırasıyla kefalde 2.5, barbunda 1.1, mırmırda 0.6, tekir ve istavritte 0.4'tür. Bu sayı kırmızı karideste ise 0.28'dir.

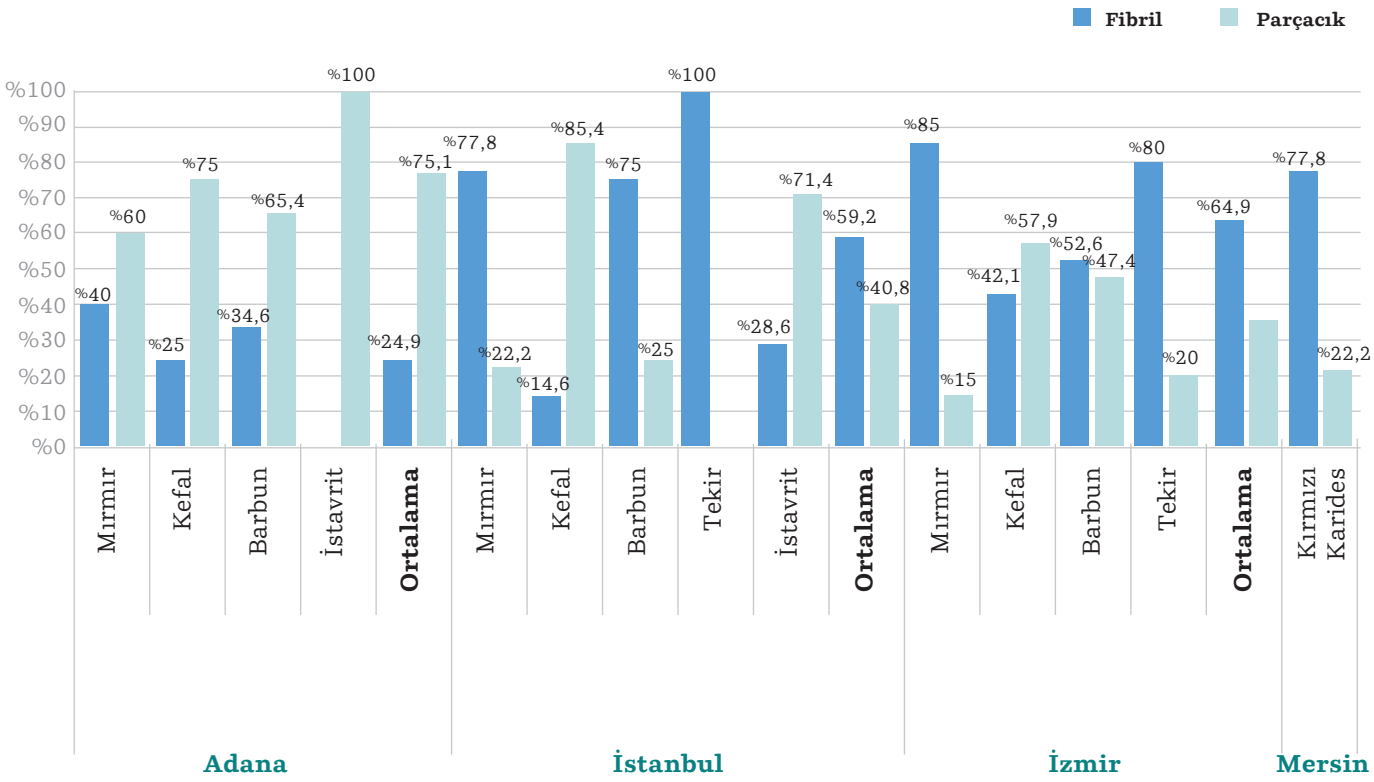
En yüksek MPs adedi örnek başına 4.3 MPs ile İzmir'den örneklenen kefal türüne aittir. Her bir türün sahip oldukları MPs adetlerinin illere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği ortaya çıkmıştır. Daha açık bir ifadeyle, örneğin Mırmır balığının Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen bireylerinin aynı düzeyde MPs içerdiği ortaya çıkmıştır. Bu durum diğer türler için de geçerlidir.




**Şekil 3.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen MPs adetleri

İki grup altında değerlendirilen MPs'lerin tiplerinin oranları ve türlerdeki miktarları incelendiğinde, MPs partiküllerinin tüm türler için toplam olarak yüzde 50.6'sının fibril tipte, yüzde 49.4'ünün de parçacık tipinde olduğu tespit edilmiştir. Burada parçacık tipteki MPs ile her türden plastiğin kırılmış, kopmuş ya da parçalanmış şekilde olanları kastedilmektedir. (Şekil 4)

Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden ayrıştırılan MPs'nin ise yüzde 77.8'i fibril tipte, yüzde 22.2'sinin de parçacık tipte olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4).

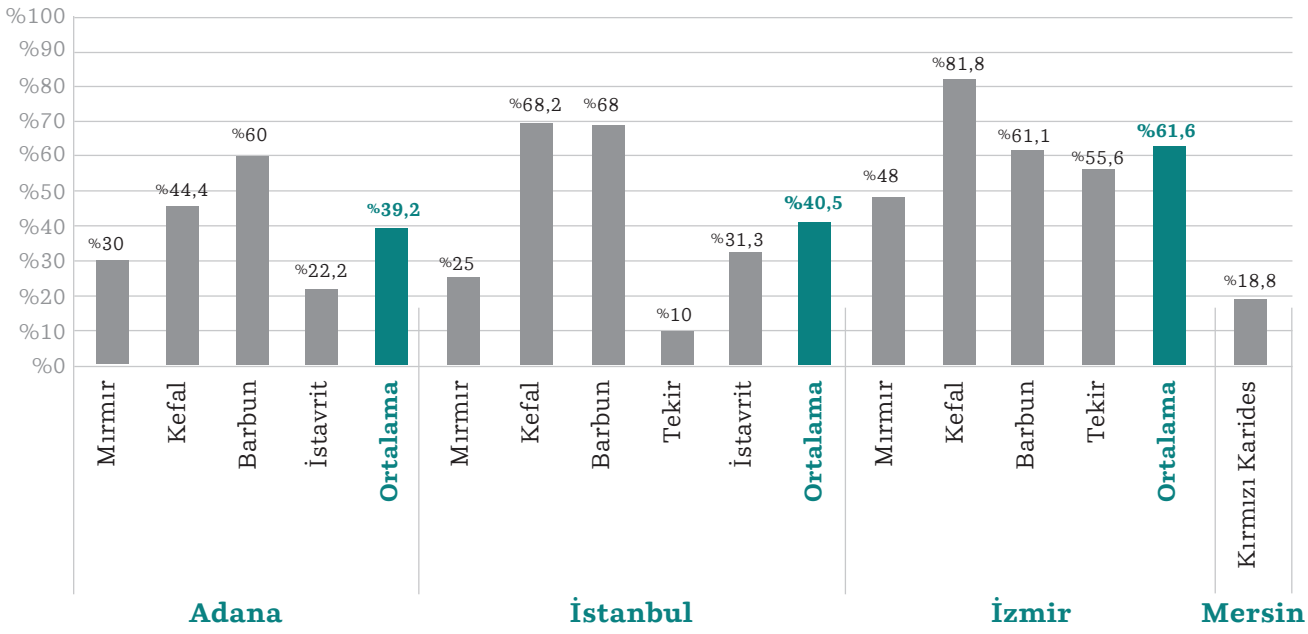



**Şekil 4.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen fibril ve parçacık tipteki MPs oranları

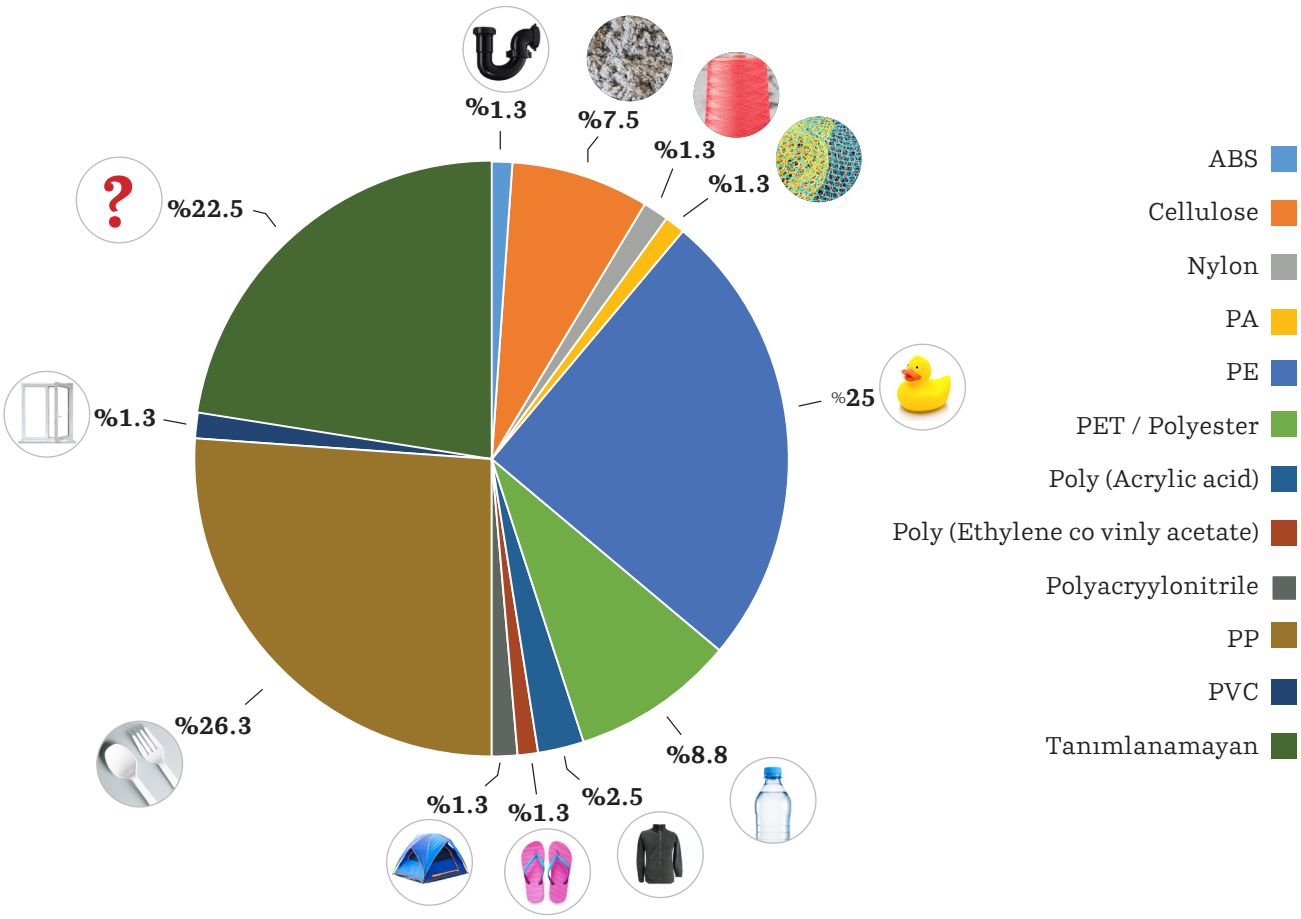
MPs'lerin türler arasında var olma oranı incelendiğinde, tüm şehirlerde en yüksek MPs bulunurluğu yüzde 64.8 ile kefal balığında, sonrasında yüzde 63 ile barbun balığındadır. En düşük MPs bulunurluğu tüm balık örnekleri içerisinde yüzde 26.7 ile istavrit balığındadır.

İl bazlı değerlendirme yapıldığında balık türlerinde MPs bulunurluk oranı en düşük il Adana'dır (%39.2), bunu İstanbul (%40.5) takip eder. MPs yoğunluğu en yüksek il İzmir'dir (%61.6) ve ayrıca en yüksek mikroplastik oranı %81.8 ile İzmir'den örneklenen kefal balığındadır. (%81.8) En düşük MPs oranı ise yüzde 10 ile İstanbul'dan örneklenen tekir balığında görülmüştür (Şekil 5; Tablo 3). Mersin'den örneklenen kırmızı karides türüne ait bireylerin sadece yüzde 18.8'inde MPs partikülüne rastlanmıştır.

MPs'lerin polimer tiplerinin belirlenmesi için tespit edilen 295 partikülden 80 adet partikül μ-Raman ile analiz edilmiş ve 11 tipte polimere rastlanmıştır. 18 adet partikülün ise karakterizasyonu tanımlanamamıştır. Karakterizasyonu yapılan polimer tipleri tablo 4'te ve şekil 6'te verilmiştir. En yaygın bulunan polimer tipleri yüzde 26.3 ile polipropilen, yüzde 5 ile polietilen, yüzde 8.8 ile PET/Polyester ve yüzde 7.5 ile selülöz türevli polimerler olmuştur.



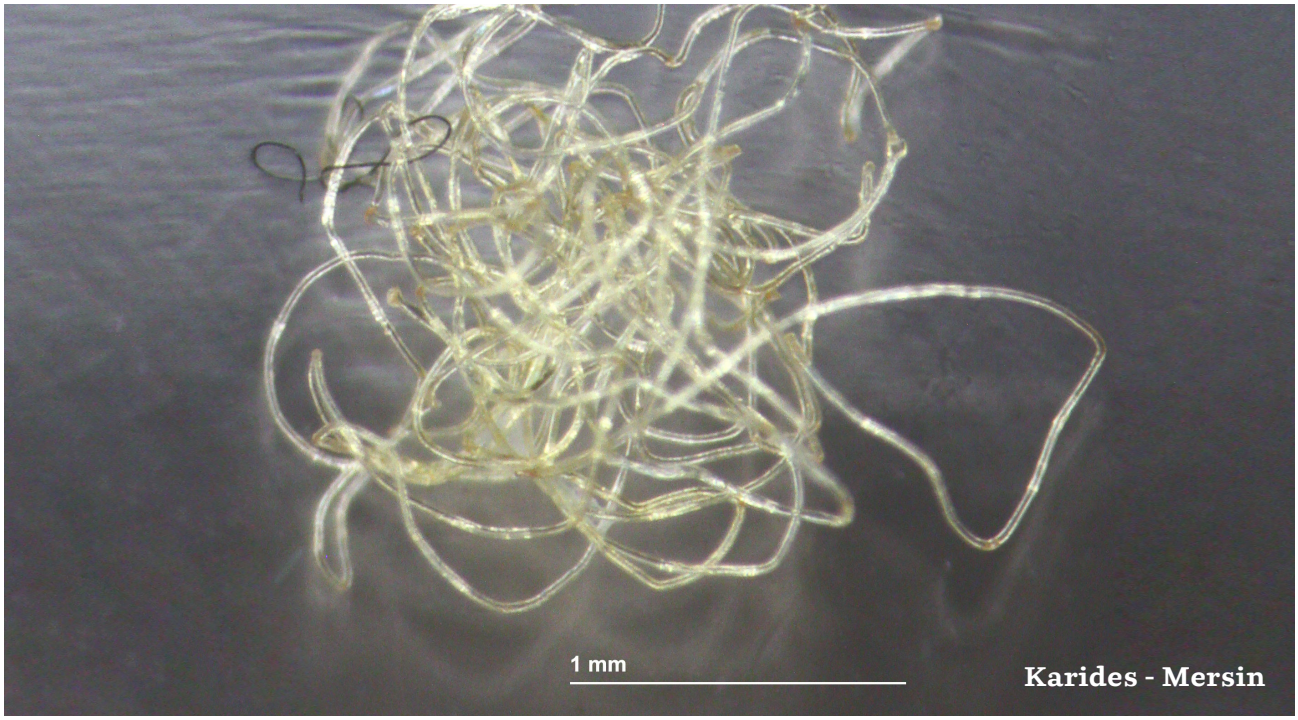

**Şekil 5.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türündeki MPs oranları (% değerler örnek içerisinde MPs barındıran bireylerin oranını vermektedir)




**Şekil 6.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türündeki MPs'nin polimer tipleri

**Tablo 4.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ile Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden ayrıştırılan mikroplastiklerin karakterize edilen polimer tipleri

| Polimer Tipi | Kırmızı Karides | Mırmır | Kefal | Barbun | Tekir | İstavrit | Toplam | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Polipropilen(PP)** | 1 | 1 | 4 | 11 | 1 | 3 | **21** | **%26.3** |
| **Polietilen(PE)** | 1 | | 13 | 4 | | 2 | **20** | **%25.0** |
| **Tanımlanamayan** | | 3 | 4 | 5 | 4 | 2 | **18** | **%22.5** |
| **PET/Polyester** | 1 | 2 | 3 | | | 1 | **7** | **%8.8** |
| **Cellulose** | | 4 | | 2 | | | **6** | **%7.5** |
| **Poli(Akrilik asit)** | | | 1 | 1 | | | **2** | **%2.5** |
| **PVC** | | | 1 | | | | **1** | **%1.3** |
| **Poliakrinonitril** | | | 1 | | | | **1** | **%1.3** |
| **Poli(Etilen ko-vinil asetat)** | | | 1 | | | | **1** | **%1.3** |
| **Poliamid (PA)** | | 1 | | | | | **1** | **%1.3** |
| **Nylon-6** | | | | | | 1 | **1** | **%1.3** |
| **Akrinonitril Bütadien Stiren (ABS)** | | | 1 | | | | **1** | **%1.3** |



### 2.2.2. Midye türündeki mikroplastik miktarı

Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den toplanan midye örneklerinden elde edilen MPs miktarları tablo 5'te ve şekil 7'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs adetleri (N: incelenen örnek sayısını, n: elde edilen MPs sayısını vermektedir)

| Şehir | Bölge | N | Örnek Ağırlığı (gr) | MPs | | | | MPs (adet/ midye) | MPs (adet/ 100 gr) | MPs (adet/ 250 gr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Fibril | | Parçacık | | | | |
| | | | | n | % | n | % | | | |
| Adana | Adn-1 | 7 | 89.39 | 4 | %80.0 | 1 | %20.0 | 0.71 | 5.59 | 13.98 |
| | Adn-2 | 7 | 106.4 | 5 | %62.5 | 3 | %37.5 | 1.14 | 7.52 | 18.80 |
| | Adn-3 | 7 | 86.87 | 2 | %33.3 | 4 | %66.7 | 0.86 | 6.91 | 17.27 |
| | Adn-4 | 7 | 116.69 | 7 | %87.5 | 1 | %12.5 | 1.14 | 6.86 | 17.14 |
| | Adn-5 | 7 | 105.91 | 1 | %50.0 | 1 | %50.0 | 0.29 | 1.89 | 4.72 |
| | Adn-6 | 7 | 100.87 | 2 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.29 | 1.98 | 4.96 |
| | Adn-7 | 7 | 57.89 | 3 | %42.9 | 4 | %57.1 | 1.00 | 12.09 | 30.23 |
| | Adn-7 | 7 | 88.62 | 0 | %0.0 | 0 | %0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | **Ort.** | **7** | **94.08** | **3** | **%63.2** | **1.7** | **%36.8** | **0.68** | **5.35** | **13.39** |
| Ankara | Ank-Bah-1 | 10 | 75.24 | 1 | %25.0 | 3 | %75.0 | 0.40 | 5.32 | 13.29 |
| | Ank-Bah-2 | 10 | 121.06 | 2 | %66.7 | 1 | %33.3 | 0.30 | 2.48 | 6.20 |
| | Ank-Bah-3 | 10 | 107.64 | 7 | %70.0 | 3 | %30.0 | 1.00 | 9.29 | 23.23 |
| | Ank-Kızıl-1 | 9 | 98.29 | 0 | %0.0 | 3 | %100.0 | 0.33 | 3.05 | 7.63 |
| | Ank-Kızıl-2 | 10 | 118.1 | 2 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.20 | 1.69 | 4.23 |
| | Ank-Kızıl-3 | 10 | 105.21 | 0 | %0.0 | 4 | %100.0 | 0.40 | 3.80 | 9.50 |
| | **Ort.** | **9.8** | **104.3** | **2** | **46.2%** | **2.3** | **%53.8** | **0.44** | **4.27** | **10.68** |
| Bodrum | Bod-1 | 7 | 62.94 | 3 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.43 | 4.77 | 11.92 |
| | Bod-2 | 7 | 79.26 | 3 | %42.9 | 4 | %57.1 | 1.00 | 8.83 | 22.08 |
| | Bod-3 | 7 | 100.4 | 1 | %50.0 | 1 | %50.0 | 0.29 | 1.99 | 4.98 |
| | Bod-4 | 7 | 84.13 | 2 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.29 | 2.38 | 5.94 |
| | Bod-5 | 7 | 48.36 | 0 | %0.0 | 0 | %0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Bod-6 | 7 | 48.32 | 0 | %0.0 | 0 | %0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Bod-7 | 7 | 61.58 | 0 | %0.0 | 1 | %100.0 | 0.14 | 1.62 | 4.06 |
| | Bod-8 | 7 | 74.59 | 0 | %0.0 | 0 | %0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Bod-9 | 7 | 71 | 1 | %16.7 | 5 | %83.3 | 0.86 | 8.45 | 21.13 |
| | **Ort.** | **7** | **70.06** | **1.1** | **%47.6** | **1.2** | **%52.4** | **0.33** | **3.12** | **7.79** |

**Tablo 5.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs adetleri (N: incelenen örnek sayısını, n: elde edilen MPs sayısını vermektedir)

| Şehir | Bölge | N | Örnek Ağırlığı (gr) | MPs | | | | MPs (adet/ midye) | MPs (adet/ 100 gr) | MPs (adet/ 250 gr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Fibril | | Parçacık | | | | |
| | | | | n | % | n | % | | | |
| İstanbul | İst-1 | 8 | 88.32 | 7 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.88 | 7.93 | 19.81 |
| | İst-2 | 8 | 89.59 | 9 | %90.0 | 1 | %10.0 | 1.25 | 11.16 | 27.90 |
| | İst-3 | 7 | 66.85 | 4 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.57 | 5.98 | 14.96 |
| | İst-4 | 8 | 203.17 | 6 | %85.7 | 1 | %14.3 | 0.88 | 3.45 | 8.61 |
| | İst-5 | 8 | 87.72 | 2 | %66.7 | 1 | %33.3 | 0.38 | 3.42 | 8.55 |
| | İst-6 | 8 | 74.25 | 4 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.50 | 5.39 | 13.47 |
| | İst-7 | 7 | 69.77 | 5 | %83.3 | 1 | %16.7 | 0.86 | 8.60 | 21.50 |
| | İst-8 | 7 | 128.34 | 11 | %78.6 | 3 | %21.4 | 2.00 | 10.91 | 27.27 |
| | İst-9 | 9 | 107.89 | 5 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.56 | 4.63 | 11.59 |
| | İst-10 | 10 | 122.35 | 6 | %85.7 | 1 | %14.3 | 0.70 | 5.72 | 14.30 |
| | İst-11 | 10 | 107.23 | 3 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.30 | 2.80 | 6.99 |
| | İst-13 | 7 | 63.26 | 6 | %46.2 | 7 | %53.8 | 1.86 | 20.55 | 51.38 |
| | İst-14 | 7 | 79.57 | 0 | %0.0 | 7 | %100.0 | 1.00 | 8.80 | 21.99 |
| | İst-15 | 7 | 68.37 | 6 | %75.0 | 2 | %25.0 | 1.14 | 11.70 | 29.25 |
| | İst-16 | 7 | 109.32 | 1 | %25.0 | 3 | %75.0 | 0.57 | 3.66 | 9.15 |
| | **Ort.** | **7.9** | **97.7** | **5.0** | **%73.5** | **1.8** | **%26.5** | **0.90** | **7.65** | **19.12** |
| İzmir | İzm-1 | 7 | 64.63 | 1 | %20.0 | 4 | %80.0 | 0.71 | 7.74 | 19.34 |
| | İzm-2 | 7 | 82.26 | 5 | %100.0 | 0 | %0.0 | 0.71 | 6.08 | 15.20 |
| | İzm-3 | 7 | 60.98 | 1 | %14.3 | 6 | %85.7 | 1.00 | 11.48 | 28.70 |
| | **Ort.** | **7** | **69.29** | **2.3** | **%41.2** | **3.3** | **%58.8** | **0.81** | **8.43** | **21.08** |
| **Genel Ortalama** | | **7.7** | **87.1** | **2.7** | **%54.3** | **2.1** | **%45.7** | **0.63** | **5.76** | **14.41** |

Tüm illerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda ise bir midyede 0.63 adet mikroplastik bulunmuştur. Bir porsiyonun 100 gr ve 250 gr olarak ayrı ayrı kabul edildiği varsayımı altında (ki bu aynı zamanda bir kişinin bir porsiyonda yediği midye miktarını vermektedir) hesaplanan MPs adetleri de tablo 5'te verilmiştir. Buna göre bir seferde 100 gr midye yiyen birisi bir porsiyonda 5.76 tane mikroplastik, 250 gr midye yiyen birisi de 14.41 tane mikroplastik tüketmek zorunda kalabilir. Midye dolma örneklerinden Bodrum bölgesindeki 3 satıcıdan ve Adana'dan örneklenen 1 satıcıdaki midye dolmalarda herhangi bir MPs partikülüne rastlanmamıştır.



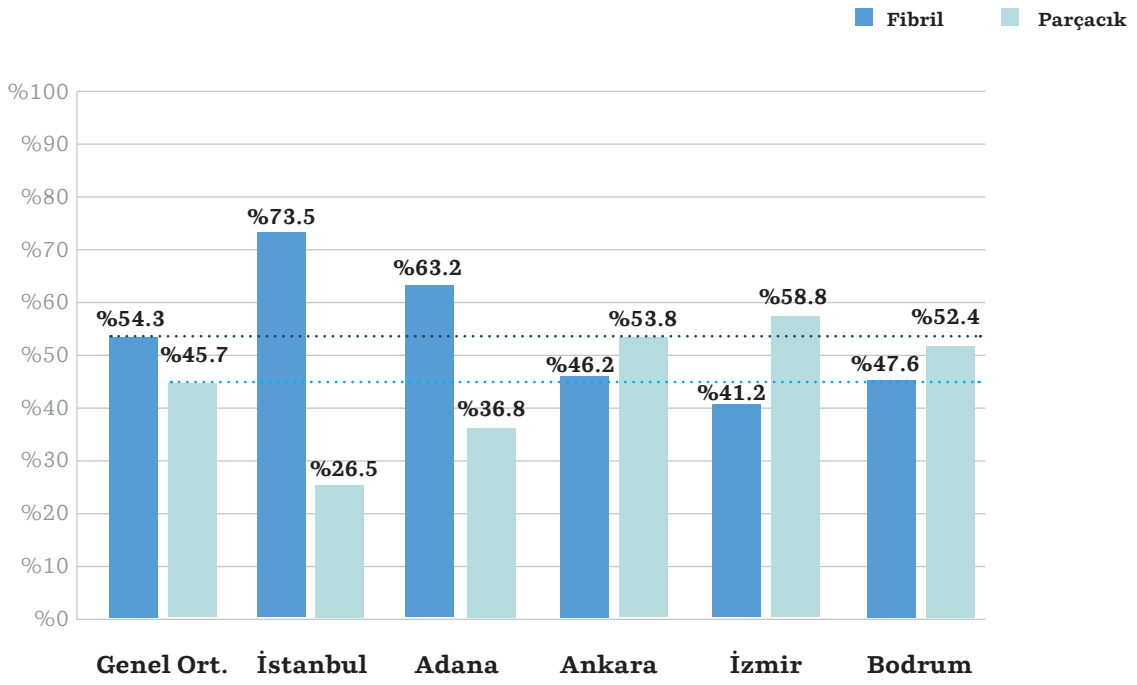
| İSTANBUL | İZMİR | ADANA | ANKARA | BODRUM |
|---|---|---|---|---|
| 0.90 | 0.81 | 0.68 | 0.44 | 0.33 |

**Şekil 7.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen ortalama MPs adetleri.

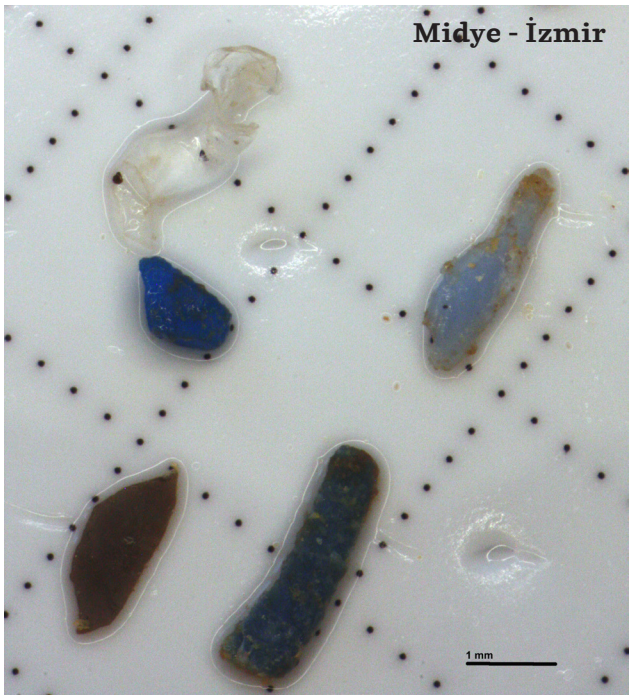


Fotoğrafçı: **Caner Özkan**

Midye dolma örneklerinden ayrıştırılan MPs partiküllerinin tipleri incelendiğinde tüm örnekler içerisinde fibril tipteki MPs'nin (%54.3) parçacık tiptekilerden (%45.7) istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$, Tablo 5, Şekil 8).




**Şekil 8.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs'nin tiplerine göre oranları

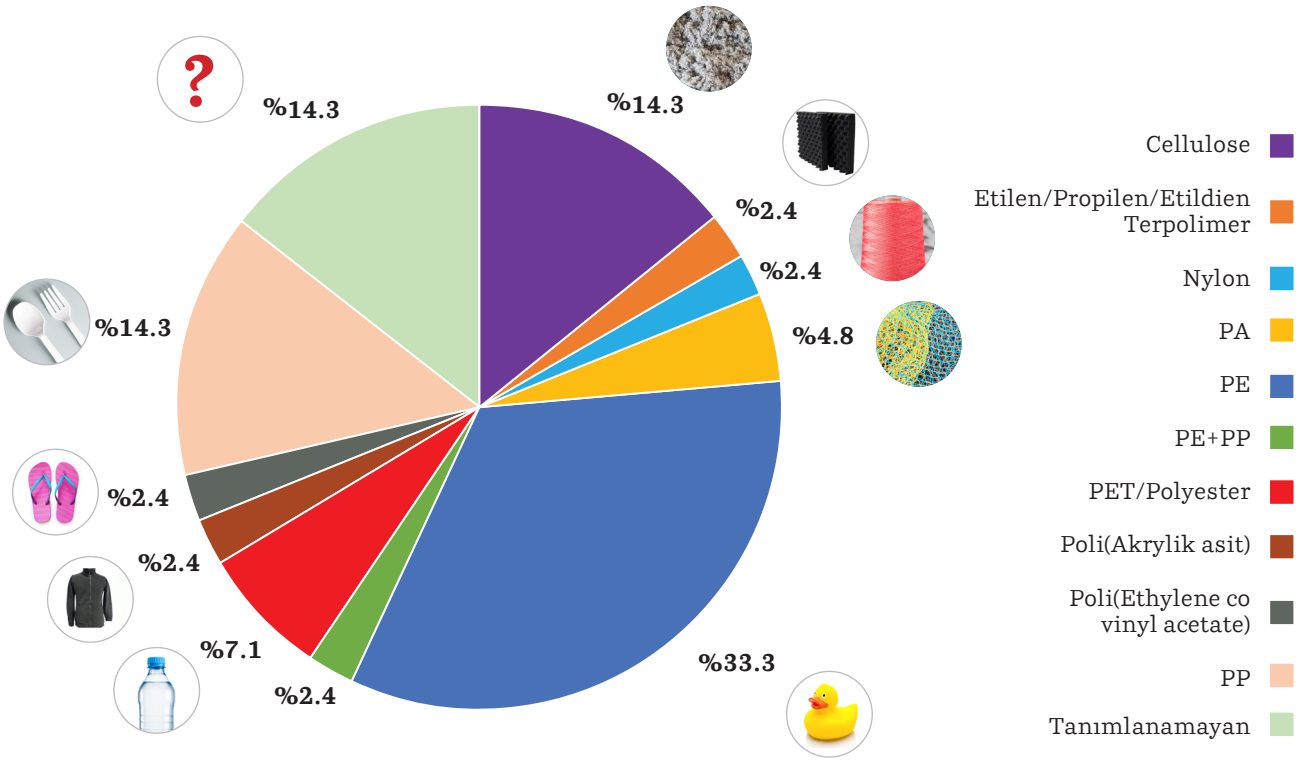



İller bazında incelendiğinde fibril tipteki MPs'nin Adana (%63.2) ve İstanbul'dan (%73.5) örneklenen midye dolma örneklerinde, parçacık tipteki MPs'nin de Ankara (%53.8), Bodrum (%52.4) ve İzmir'den (%58.8) örneklenen midye dolma örneklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Burada parçacık tipteki MPs'den kasıt, fibril tipteki partiküller hariç, her türden plastiğin kırılmış, kopmuş ya da parçalanmış şekilde olanlarıdır.

Midye dolma örneklerinden elde edilen MPs'nin 42 tanesi polimer tiplerinin belirlenmesi amacıyla μ-Raman ile analiz edilmiş ve 10 farklı tipte polimer tespit edilmiştir (Tablo 6, Şekil 9). Polimer tipleri içerisinde en çok tespit edilen polimer tipi, yüzde 33.3 ile polietilen (PE), yüzde 14.3 ile polipropilen (PP) ve yüzde 14.3 ile de selülöz tipindeki polimerler olmuştur. İncelenen MPs benzeri partiküllerin yüzde 14.3'lük bir kısmı da tanımlanamamıştır (Tablo 6, Şekil 9).

**Tablo 6.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen mikroplastiklerin polimer tiplerine göre oranları

| Polimer Tipi | Toplam | % |
|---|---|---|
| **Polietilen (PE)** | 14 | **%33.3** |
| **Cellulose** | 6 | **%14.3** |
| **Polipropilen (PP)** | 6 | **%14.3** |
| **Tanımlanamayan** | 6 | **%14.3** |
| **PET/Polyester** | 3 | **%7.1** |
| **Poliamid (PA)** | 2 | **%4.8** |
| **Etilen/Propilen/Etildien Terpolimer** | 1 | **%2.4** |
| **Nylon-6** | 1 | **%2.4** |
| **PE+PP** | 1 | **%2.4** |
| **Poli(Akrylik asit)** | 1 | **%2.4** |
| **Poli(Ethylene co vinyl acetate)** | 1 | **%2.4** |




**Şekil 9.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs'nin polimer tiplerine göre oranları

# 3 Mikroplastik Kirliliğinin Boyutu

Plastik kirliliği gün geçtikçe daha fazla kaygı uyandıran bir kirlilik haline gelmektedir. Özellikle 5 mm'den daha küçük olan ve mikroplastik olarak isimlendirilen partiküller, besin zincirine dahil olabilir. Canlıların mide ve bağırsak bariyerini aşarak dolaşım sistemine, oradan da diğer organlara geçmesi ve buralarda birikim yapabilme potansiyeli, mikroplastikleri daha da önemli bir risk unsuru haline getirmektedir.

## 3.1. Balık ve karideslerdeki mikroplastik kirliliğinin boyutu

Yapılan çalışmada, mırmır, kefal, barbun, tekir ve istavrit türü balıklarda, balık başına 1.08 mikroplastik adedi tespit edilmiştir. Herhangi bir balık türünde sadece tek bir plastik parçacık bulunması bile sağlık açısından risk oluşturabilmektedir. Bir insanın bir porsiyonda (boyutuna göre) 1-5 adet balık yediği, yıllık tüketim göz önüne alındığında bu sayının katlanabileceği düşünüldüğünde karşı karşıya olunan mikroplastik yeme riski önemli bir tespittir.

Örnekleme alanları olan Marmara Denizi (İstanbul), Ege Denizi (İzmir) ve Akdeniz (Adana) bölgelerine göre bir değerlendirme yapıldığında balık başına mikroplastik adetleri Ege Denizi'nde 1.7, Marmara Denizi'nde 0.85 ve Akdeniz'de de 0.74 olarak bulunmuştur. En yüksek mikroplastik adeti kefal balığında (2.48 MPs/birey) en düşük mikroplastik adedi ise istavrit balığında (0.36 MPs/birey) tespit edilmiştir. Örneklenen balıkların tümü göz önüne alındığında, balıkların yüzde 44'ünün mikroplastik içerdiği tespit edilmiştir; bu demektir ki neredeyse her iki balıktan biri mikroplastik içermektedir.

Tür bazlı değerlendirme yapıldığında, mırmır balıklarının yüzde 34.3'ünün, kefal balıklarının yüzde 64.8'inin, barbun balıklarının yüzde 63'ünün, tekir balıklarının %32.8'inin ve istavrit balıklarının da yüzde 26.7'sinin MPs içerdikleri tespit edilmiştir. Örnekleme alanı ekseninde bir değerlendirme yapıldığında, Ege Denizi'nden örneklenen balıkların yüzde 61.6'sında Marmara Denizi'nden örneklenen balıkların yüzde 40.5'inde ve Akdeniz'den örneklenen balıkların yüzde 39.2'sinde MPs partiküllerine rastlanılmıştır.

Tespit edilen MPs partiküllerinin polimer tipleri incelendiğinde ayran şişelerinde kullanılan polipropilen (PP) ve poşette kullanılan polietilenin (PE) yoğunlukta olduğu 11 farklı polimere rastlanmıştır.




Kırmızı karides örnekleri üzerinde yapılan incelemede, karides başına 0.28 mikroplastik adedi tespit edilmiştir. Örneklenen kırmızı karides bireylerinin %18.8'inde MPs partiküllerine rastlanmış ve bu MPs partiküllerin polimer kompozisyonunun da polietilen, polipropilen ve polietilen terefitalat tiplerinde olduğu anlaşılmıştır. Mikroplastiklerin çeşitli deniz canlıları tarafından bünyelerine alındığı daha önce yapılmış birçok çalışmada ortaya konulmuştur.[13,19,24–35] Tüm bu çalışmalarda farklı düzeyde MPs adetleri tespit edilmiştir. Tablo 7'de daha önce yapılan bazı çalışmalar listelenmiştir. Buna göre bu çalışmada Ege Denizi'nden örneklenen mırmır balığının hem ortalama MPs adedi hem de balıkların MPs bulundurma yüzdesi, daha önce Doğu

Akdeniz'de yapılan çalışmada bulunan değerden yüksek bulunmuştur. [35] Benzer şekilde bu çalışmada Ege Denizi'nden örneklenen kefal balığında bulunan MPs adedi ve balıkların MPs bulundurma yüzdesi değerleri daha önce farklı araştırmacılar tarafından kefal için yapılan çalışmalarda bulunan değerlerden fazla bulunmuştur. [35-38] Barbun balığı için bu çalışmada Marmara Denizi'nden örneklenen balıklarda bulunan MPs bulunma yüzdesi daha önce yapılmış birçok çalışmadan daha yüksek bulunsa da ortalama MPs adedi diğer çalışmalardan [Tablo 7; 6, 26, 32, 35, 46, 47] daha düşük bulunmuştur. İstavrit ve tekir balıklarından elde edilen MPs değerleri ise diğer çalışmalarda bulunan sonuçlara göre bu çalışmada daha düşük bulunmuştur [Tablo 7; 26, 34, 35, 48, 49].

Bu çalışmada, her bir tür için farklı örnekleme alanlarında bulunan farklı mikroplastik seviyeleri, ilgili alanların kirlilik düzeyi ile doğrudan ilişkilidir. [39] Ege Denizi sularında yapılmış bir çalışma olmasa da deniz kıyısı mikroplastik kirliliğinin, deniz suyu mikroplastik kirliliği ile doğrudan ilişkili olduğu düşünüldüğünde [40], Datça kumulları için rapor edilen 1154.4 MPs/kg sediment (1 kg sahil kumundaki mikroplastik miktarı) kirlilik düzeyi [41], Ege Denizi'nden örneklenen balıkların neden diğer denizlere göre daha yüksek mikroplastik içerdiğinin bir açıklaması olabilir. Nitekim ikinci ve üçüncü sıralarda yer alan Marmara [42] ve Akdeniz [43] için bildirilen deniz suyu mikroplastik kirliliği konsantrasyonları, bu çıkarımı destekler niteliktedir. Bu çalışmalarda [42, 43] Marmara Denizi için 1.263.000 MPs/m$^2$, Doğu Akdeniz için 1.067.120 MPs/m$^2$ mikroplastik kirlilik düzeyi bildirmiştir.

**Tablo 7.** Farklı dönemlerde ve bölgelerde bu çalışmadaki türler ve benzer türlerle ilgili başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda bulunan sonuçlar (* En yüksek değeri ifade ediyor.)

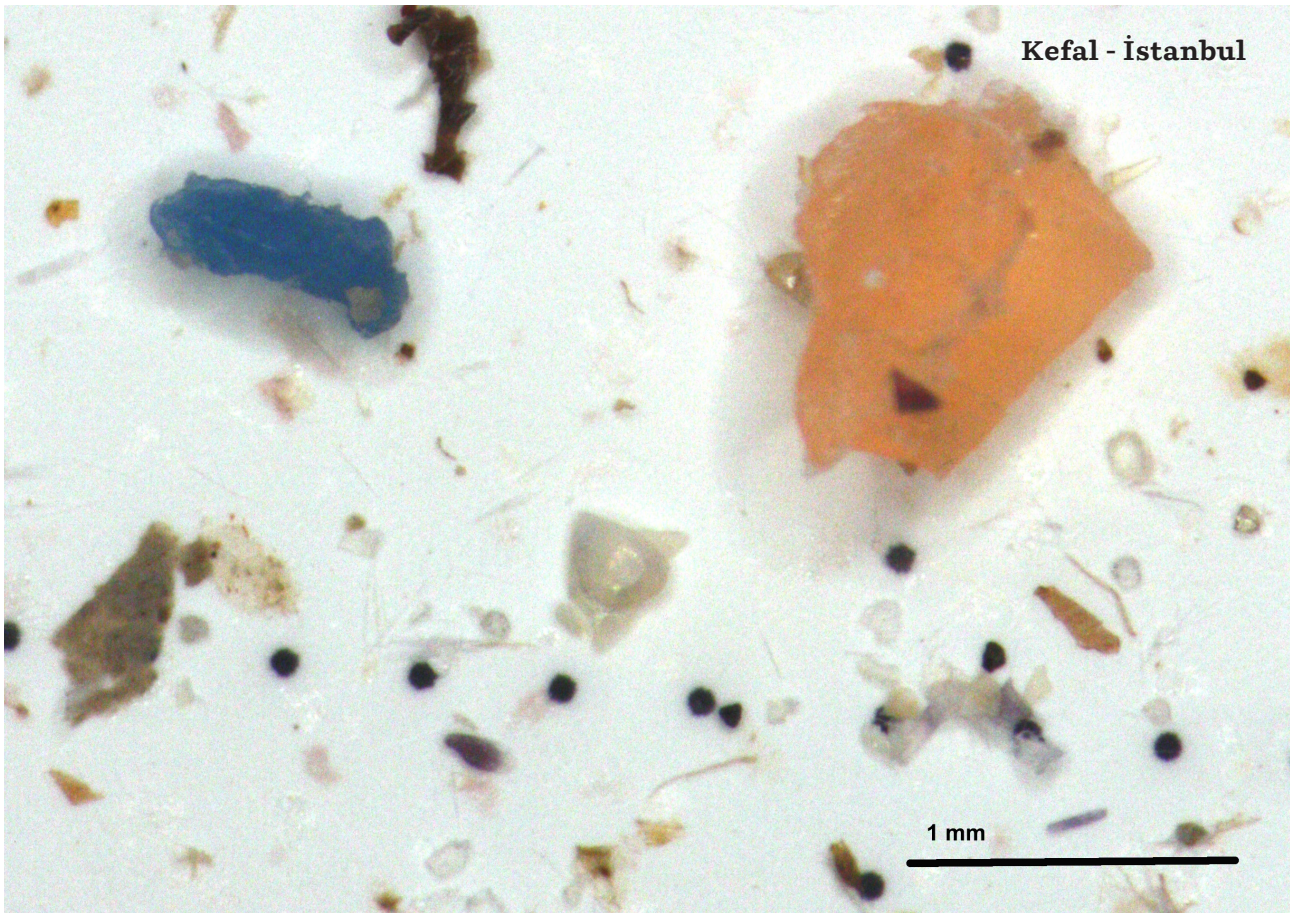
| Tür | Örnekleme alanı | Örnekleme sezonu | Minimum süzme açıklığı | İncelenen balık sayısı | MPs bulunan balık yüzdesi | Ortalama MPs adedi | Sadece MPs barındıranların ortalama MPs adedi | Kaynak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mırmır | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 26 mikron | 46 | %34.8 | 0.63 | 1.88 | Güven vd. (2017) |
| Mırmır | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 20 mikron | 10 | %30.0 | 0.50 | 1.67 | Bu çalışma (2019) |
| Mırmır | Marmara Denizi | Yaz | 20 mikron | 20 | %25.0 | 0.45 | 1.80 | Bu çalışma (2019) |
| Mırmır | Ege Denizi | Yaz | 20 mikron | 25 | %48.0* | 0.80* | 1.67 | Bu çalışma (2019) |
| Altınbaş Kefal | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 30 mikron | 39 | %44.0 | 3.26 | 7.47 | Güven vd. (2017) |
| Kefal | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 20 mikron | 18 | %44.4 | 0.95 | 2.25 | Bu çalışma (2019) |
| Kefal | Marmara Denizi | Yaz | 20 mikron | 22 | %68.2 | 2.18 | 3.20 | Bu çalışma (2019) |
| Kefal | Ege Denizi | Yaz | 20 mikron | 22 | %81.8* | 4.32* | 5.28 | Bu çalışma (2019) |
| Has Kefal | Güney Pasifik (Aukland) | Tüm Sezon | 63 mikron | 22 | %13.6 | 0.60 | 2.00 | Markic vd., (2018) |
| Has Kefal | Avustralya (Sidney) | İlkbahar-yaz | Bilgi yok | 45 | %64.0 | 2.50 | Bilgi yok | Halstead vd., (208) |
| Has Kefal | Hong-Kong | Kış | 11 mikron | 30 | %60.0 | 4.30 | Bilgi yok | Cheung vd., (2018) |

**Tablo 7.** Farklı dönemlerde ve bölgelerde bu çalışmadaki türler ve benzer türlerle ilgili başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda bulunan sonuçlar (* En yüksek değeri ifade ediyor.)

| Tür | Örnekleme alanı | Örnekleme sezonu | Minimum süzme açıklığı | İncelenen balık sayısı | MPs bulunan balık yüzdesi | Ortalama MPs adedi | Sadece MPs barındıranların ortalama MPs adedi | Kaynak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barbun | Akdeniz Türkiye Kıyıları) | Yaz | 27 mikron | 207 | %66.0 | 1.39 | 2.12 | Güven vd. (2017) |
| Barbun | Akdeniz (İyon denizi) | Tüm Sezon | Bilgi yok | 25 | %32.0 | 0.50 | 1.50 | Anastasopoulou vd., (2018) |
| Barbun | Akdeniz (Adriyatik denizi) | Kış | 10 mikron | 11 | %64.0 | 1.57 | Bilgi yok | Avio vd., (2015) |
| Barbun | Akdeniz (İspanya kıyıları) | S.bahar | 380 mikron | 128 | %18.8 | 1.90* | Bilgi yok | Bellas vd., (2016) |
| Barbun | Akdeniz (İyon denizi) | Yaz | 1.2 mikron | 25 | %32.0 | 1.50 | Bilgi yok | Digka vd., (2018) |
| Barbun | Akdeniz (Tiren denizi) | Bilgi yok | 1.6 mikron | 36 | %16.6 | 1.00 | Bilgi yok | Giani vd., (2019) |
| Barbun | Akdeniz (İyon denizi) | Bilgi yok | 1.6 mikron | 38 | %15.5 | 1.25 | Bilgi yok | Giani vd., (2019) |
| Barbun | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 20 mikron | 20 | %60.0 | 1.30 | 2.17 | Bu çalışma (2019) |
| Barbun | Marmara Denizi | Yaz | 20 mikron | 25 | %68.0* | 0.96 | 1.41 | Bu çalışma (2019) |
| Barbun | Ege Denizi | Yaz | 20 mikron | 18 | %61.1 | 1.06 | 1.73 | Bu çalışma (2019) |
| Tekir | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 28 mikron | 51 | %65.0 | 1.18 | 1.82 | Güven vd. (2017) |
| Tekir | Akdeniz (Adriyatik denizi) | Tüm Sezon | Bilgi yok | 30 | %70.0 | 1.80* | 2.70 | Anastasopoulou vd., (2018) |
| Tekir | Akdeniz(Mallorca) | Kış-İlkbahar | Bilgi yok | 417 | %27.3 | 0.42 | Bilgi yok | Alomar vd., (2017) |
| Tekir | Atlantik (Portekiz) | Bilgi yok | 217 mikron | 4 | %100.0* | 1.75 | 1.75 | Neves vd., (2015) |
| Tekir | Marmara Denizi | Yaz | 20 mikron | 20 | %10.0 | 0.15 | 1.50 | Bu çalışma (2019) |
| Tekir | Ege Denizi | Yaz | 20 mikron | 18 | %55.6 | 0.61 | 1.10 | Bu çalışma (2019) |
| İstavrit | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 29 mikron | 98 | %68.0* | 1.77* | 2.58 | Güven vd. (2017) |
| İstavrit | Akdeniz (İspanya kıyıları) | İlkbahar-yaz | 410 mikron | 77 | %44.1 | 1.22 | Bilgi yok | Rios-Foster vd., (2019) |
| İstavrit | Akdeniz (Mallorca) | İlkbahar-yaz | 411 mikron | 10 | %30.0 | 0.40 | Bilgi yok | Rios-Foster vd., (2019) |
| İstavrit | Akdeniz (Türkiye Kıyıları) | Yaz | 20 mikron | 9 | %22.2 | 0.22 | 1.00 | Bu çalışma (2019) |
| İstavrit | Marmara Denizi | Yaz | 20 mikron | 16 | %31.3 | 0.50 | 1.60 | Bu çalışma (2019) |

Farklı çalışmalarda farklı düzeyde MPs kirliliği bulunmasının analiz yöntemi, örnekleme yöntemi, örnekleme dönemi ve örnekleme alanı ile de ilişkili olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Özellikle analiz esnasında kullanılan süzme yönteminde kullanılan minimum göz açıklığı, tespiti yapılan MPs adedinin en küçük boy sınırını da belirleyeceğinden, tespit edilen MPs adedini de doğrudan etkileyecektir. Bu çalışmada kullanılan minimum göz açıklığı 20 µm olarak belirlenmiş ve böylelikle mümkün olan tüm MPs partiküllerin yakalanmasına özen gösterilmiştir. Örneğin daha önce yapılan bazı çalışmalarda minimum göz açıklığı 26 µm [35], 120 µm [50] ve 500 µm [51] olarak belirlenmiştir. Bu durum da tüm bu çalışmalarda tespit edilen MPs miktarını farklılaştırmaktadır.

Bu çalışmada, genel olarak Akdeniz bölgesinde 500m-800m arası derinliklerde yaşayan kırmızı karides için mikroplastik bulunurluğu diğer türlere kıyasla görece düşük olsa da mikroplastik kirliliğinin derin deniz bölgelerine de ulaşabildiğinin görülmesi açısından önemli bir örnektir. Daha önce aynı türde yapılmış bir çalışma olmasa da başka karides türlerinde gerçekleştirilen mikroplastik çalışmaları ile kıyaslandığında, kırmızı karidesteki mikroplastik adedi bazı çalşmalardan görece düşük ya da bazılarından da yüksek kalmaktadır. Kahverengi karides (*Crangon crangon*) ile ilgili olarak İngiliz kanalında gerçekleştirilen çalışmada [52], 165 bireyin yüzde 63'ünde mikroplastiğe rastlanmış ve adedi de bu çalışmadan daha fazla olarak 0.68 MPs/birey olarak rapor edilmiştir. Doğu Akdeniz'de *Plesionika narval* türü karides türünde yapılan çalışmada [53] 2411 bireyin mideleri incelenmiş ve bizim çalışmamızda bulunan değerden daha düşük olarak yüzde 5.9'unun midelerinde plastiğe rastlandığı rapor edilmiştir. Bangladeş körfezinde, *Metapenaeus monocerous* (100 adet) ve *Penaeus monodon* (50 adet) türü karideslerde yapılan çalışmada [54] bizim çalışmamızda bulunan sonuçlardan daha yüksek olarak sırasıyla 3.87 MPs/birey ve 3.4 MPs/birey düzeyinde MPs'ye rastlanıldığı rapor edilmiştir. Karides türleri arasındaki bu farklılıkların ana nedenleri, türün beslenme davranışı, yaşadığı habitat ve habitatın MPs kirliliğiyle doğrudan ilişkilidir.



## 3.2. Midyedeki mikroplastik kirliliğinin boyutu

Bu çalışma kapsamında Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir olmak üzere 5 farklı şehirden örneklenen midye dolmalarda ortalama olarak midye başına 0.63 adet mikroplastik tespit edilmiştir. Porsiyon bazında değerlendirildiğinde 100 gramlık bir midye tüketiminde 5.76 adet, 250 gramlık midye tüketildiğinde ise 14.41 adet MPs tüketilme riski ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma ile daha önce başka araştırmacılar tarafından, midye canlısı (*Mytilus sp.*) üzerine gerçekleştirdiği çalışmaları kıyaslamak bilimsel anlamda doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Çünkü bu çalışmada kullanılan midye dolmaların içeriğinde tespit edilen MPs partiküllerin tek kaynağı midyelerin toplandıkları denizel ortam değildir. Bunun yanında özellikle midyelerin toplanması, transferi ve işlenmesi aşamalarında da MPs kontaminasyonu olma ihtimali oldukça yüksektir. Çoğunlukla kontrolsüz ve denetimsiz ortamlarda gerçekleştirilen ve çoğunluğu yasadışı yollarla denizel ortamdan toplanan bu midyelerin ne şartlara maruz kaldığı bilinmemektedir. Buna rağmen, özellikle tüketici alışkanlıkları ve midyelerin tüketim biçimi üzerinden gerçekleştirilecek bir değerlendirme en azından Türkiye'de satışa sunulan midye dolmalardan tüketicilere transferi muhtemel MPs miktarının diğer ülke ve bölgelerdeki duruma göre değerlendirmesinin yapılması, riskin boyutunun anlaşılması açısından yararlı olacaktır. Bu noktada özellikle belirtilmesi gereken, adet bazlı değerlendirmelerin daha gerçekçi bir karşılaştırma imkanı sağladığıdır. Çünkü midye dolma örneklerinde, ortalama bir midye dolmanın 8-10 gr geldiği unutulmamalıdır. Çiğ midyelerde ise daha önce yapılan çalışmalarda bildirildiği şekilde, bir birey 3-5 gr gelmektedir. Bu nedenle adet/gr miktarı üzerinden gerçekleştirilecek bir değerlendirme tam bir karşılaştırmayı yansıtamayacaktır. Buna göre daha önce Kanada'da *Mytilus edulis* için yapılan çalışmada 34-178 MPs/midye konsantrasyonu [55], İngiliz kanalında *Mytilus edulis* için gerçekleştirilen çalışmada 0.77 MPs/midye konsantrasyonu [56], İyon denizinde *Mytilus galloprovincialis* gerçekleştirilen çalışmada 0.8 MPs/midye konsantrasyonu [46], İtalya kıyılarında *Myti-*

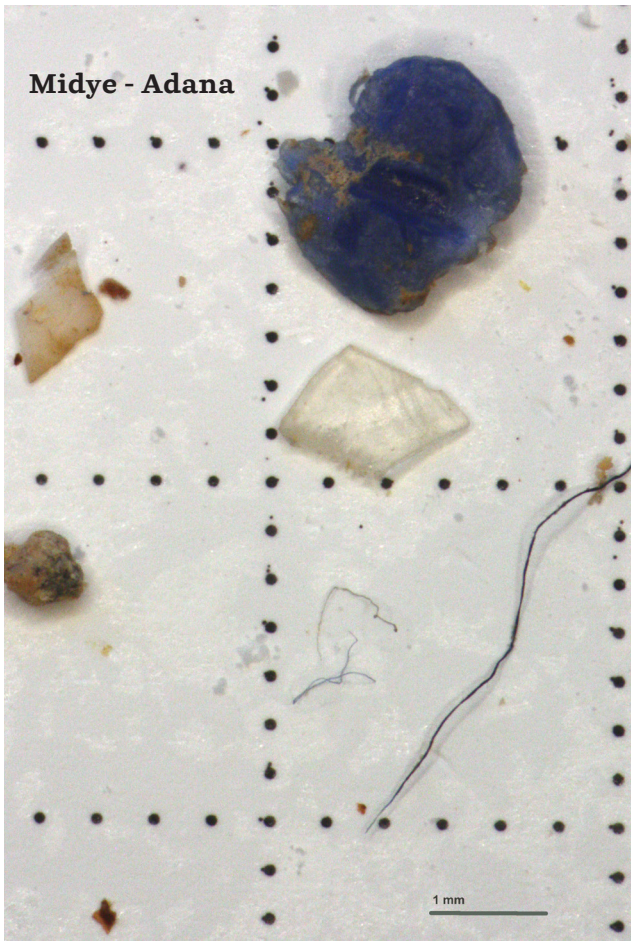


Fotoğrafçı: **Caner Özkan**

*lus galloprovincialis* için gerçekleştirilen çalışmada 1-2 MPs/midye konsantrasyonu [57] ve son olarak da *Mytilus edulis* için Çin kıyılarında gerçekleştirilen çalışmada 1.5-7.6 MPs/midye konsantrasyonu rapor edilmiştir. [58] Tüm bu çalışmalar ile bu çalışmada bulunan sonuçlar arasındaki farkın temel nedenleri balık ve karides örneklerinde olduğu gibi, örnekleme yöntemi, yeri ve zamanı gibi faktörler olarak sıralanabilir. Ancak daha da önemli bir faktör ise kullanılan midyelerin durumlarıdır. Bu çalışmada işlenmiş bir ürünün kullanılmış olması ve bu işlenmiş üründen elde edilen MPs'lerin, yine denizel ortamdaki MPs çeşitliliğine yakın çıkması kirliliğin işleme esnasında giderilmediğini ve kısmi sınırlılıkta da olsa tüketiciye ulaştığını ortaya koymaktadır. Daha önce de belirtildiği şekilde araştırmacıların [35,41-43] Marmara, Ege ve Akdeniz için bildirdikleri plastik polimer tipleri çeşitliliği, bu çalışmada elde edilen polimer çeşitliliğini destekler niteliktedir. Bu durum da midye dolma örneklerinin her ne kadar işleme esnasında da kontamine olmuş olmalarının yanında denizel ortamdan da ciddi miktarda MPs'i insan tüketimine taşıdıklarını ortaya koymaktadır.



Fotoğrafçı: **Caner Özkan**




2017 yılında Avrupa'daki toplam plastik üretiminin yüzde 29.8'i polietilen (PE), yüzde 19.3'ü polipropilen (PP), yüzde 10.2'si polivinilklorür (PVC), yüzde 7.4'ü de PET/polyester olarak gerçekleştiği bildirilmektedir. [1] Özellikle PE, PP ve PET türü plastikler, çoğunlukla tek kullanımlık gıda ambalajları, içecek şişeleri, şişe kapakları, tarımsal örtü plastikleri vb. üretiminde yoğun olarak kullanılmaktadır. [1] Bu çalışmada örneklenen balıklardaki, karidesteki ve midye dolmalardaki MPs'nin polimer tipleri içerisinde tek kullanımlık plastiklerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Kullanıldıktan sonra atılan bu plastiklerin, yetersiz atık yönetimi neticesinde çöp depolama alanlarına terk edilmesi ya da toplanamaması gibi durumlarda rüzgar, yağmur, sel, sulama, kanalizasyon sistemi vb. faktörler yardımıyla denizlere ulaştığı, birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir [2, 59, 60] Bir şekilde denizlere ulaşan bu plastiklerin yine çeşitli çevresel faktörlerden kaynaklı olarak parçalanarak MPs haline dönüşmesi, bu plastiklerin besin zincirine katılımını da kolaylaştırmaktadır. Denizel ortamı yaşam alanı olarak kullanan balıkların, MPs partikülleri çoğunlukla gıda zannedip ya da yanlışlıkla yemesi oldukça olasıdır. [61,62] Nitekim bu çalışmada ortaya konulan sonuçlar bu durumun en önemli göstergesidir.

# 4 Sonuç

Her ne kadar balıkların mide ve sindirim kanallarında plastiklere rastlanmış olsa da, bunların balıklar için ne türden etkiler yaptığı daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyan bir konudur. Ancak bir şekilde besin zincirine giren plastiklerin, daha üst basamaklardaki canlılara artarak taşındığı ve varolan riski arttırdığı söylenebilir. Besin zincirinde üreticiler (planktonlar vb.) ve tüketiciler (balıklar, kuşlar vb.) farklı basamaklarda yer almakta ve tüketici canlılar (örneğin balık) daha alt basamaklarda yer alan üretici/tüketi (örneğin bitkisel ya da hayvansal plankton) olan canlıları yiyerek beslenmektedir. Bu durum da en alt basamaktan zincire giren bir kirleticinin, daha üstteki basamaklara artarak taşınmasına neden olmaktadır. Bu esnada, plastiklerin üretimi esnasında kullanılan bazı eklenti maddelerinin (fitalatlar, bp-a vb.) tekrar serbest kalarak canlılarda çeşitli zararlı etkilere (kanser, vb.) yol açabilmektedir. [20,63] Bu çalışmada yoğun olarak tespit edilen PE, PP ve PET türü plastiklerin içerisinde eklenti maddesi olarak kullanılan fitalat, bisphenol A ve alev geciktiricilerin (Tetrabromobisphenol-A, Polybrominated diphenyl ethers, Organophosphate, vb) hormon bozucu olduğu ve kansere neden olabildikleri birçok çalışmada belirtilmiştir. [20,63-65] Bunun yanında halihazırda denizel ortamda kirletici olarak bulunan PCB'ler, pestisitler, suni gübreler, ağır metaller ve petrol türevli kirleticilerin, plastikler tarafından emildiği ve daha sonra tekrar salınabildiği de birçok çalışmada ortaya konulmuştur. [63,66,67] Plastiklerin kimyasal anlamda yaratabileceği risk potansiyeli açısından bu bahsedilenlerin, besin zincirine plastiklerin dahil olmasının kimyasal açıdan ne türden riskler barındırdığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu sebeple daha detaylı kimyasal kirlilik araştırmalarının yapılması, sorunun gerçek boyutunun ortaya konulması açısından önemlidir.

Plastiklerin kimyasal anlamda sahip oldukları risklerin yanında fiziksel anlamda da risk yaratabildiği birçok farklı araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. [20,68-70] Parçacık etkisi olarak nitelendirilen bu etki her ne kadar boyut sınırı taşısa da özellikle bağırsak duvarının maksimum geçirgenlik üst sınırı olan 130 mikrondan daha küçük boyuttaki partiküllerin dolaşım sistemine geçerek farklı organlarda birikebilme potansiyeli, MPs'nin yarattığı riskin farklı bir boyutunu ortaya koymaktadır.[71] Bu çalışmada belirlenen 20 mikronluk alt boyut sınırı, bu riskin sınırlı da olsa var olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında tüketici davranışları açısından değerlendirildiğinde, balıkların iç organlarının, tüketim esnasında ayıklanması, daha büyük partiküllerin besin zinciri aracılığıyla insana transferi ihtimalini düşürmektedir. Ancak midye dolma gibi, tüm canlıya ait yumuşak dokunun tüketildiği gıdalarda, bu geçiş sınırlılığının ortadan kalktığı açıktır. Böylece bu çalışmada tespit edilen tüm partiküllerin doğrudan tüketici tarafından yenilmek durumunda kaldığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bu anlamıyla midye tüketiminin MPs kirliliği açısından balık tüketimine oranla daha da yüksek risk barındırdığı ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak MPs'nin parçacık etkisinin tam olarak anlaşılması için daha detaylı çalışmalar yapılması, gerek hayvan gerekse de insan sağlığı açısından var olan risk potansiyelinin ne olduğunun tam olarak anlaşılmasını sağlayacaktır.

# Gereç ve Yöntem

5

## 5.1. Araştırma kıstasları

Mikroplastikler daha önce yapılan birçok çalışmada da belirtildiği gibi her türlü ortamlarda kolaylıkla bulunabilen sentetik ve hafif partiküllerdir. Bu nedenle herhangi bir ortamdan başka bir ortama bulaşmaları oldukça kolay olabilmektedir. Her ne kadar önlem alınmış olsa da çalışma esnasında ya da örneklerin transferi aşamasında örneklerin içerisine mikroplastik geçebileceği unutulmamalıdır. Bunun yanında sadece denizel ortam kaynaklı olmadan, yeterli önlem alınmamışsa, gıdaların işlenmesi aşamasında mikroplastik geçişi olabilmektedir. Bu da MPs'lerin kaynağının tam tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bunun yanında belli boyutun altındaki (bu çalışmada 20 mikron) mikroplastikleri tespit etmek oldukça güçtür. Bunun için de daha detaylı araştırmaların daha kontrollü ve mikroplastik geçişinin hemen hemen hiç olmadığı ortamlarda yapılması gerekmektedir.

## 5.2. Balık ve karides türlerine ilişkin analiz bilgileri

MPs incelemesi öncesi tüm balık ve karideslerden deforme olmamış olanlar önce saf su ile temizlenmiş ve üzerlerindeki istenmeyen partiküller uzaklaştırılmıştır. Örnekler incelenmeden önce kullanılan tüm ekipman öncelikle üç defa ultra saf su yardımıyla ve ardından asetondan geçirilerek temizlenmiştir. Tüm analizler ESCO marka kapalı Laminar Cabinet içerisinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örneklerin ağırlıkları 0.01 gr hassasiyetli tartı ile boyları da 0.1 cm hassasiyetli boy ölçüm tahtalarıyla ölçülmüştür (Şekil 10). Boy ve ağırlık ölçümü alınan balıklar mikroplastik incelemesi için buz aküleri üzerinde muhafaza edilmiştir.





**Şekil.10** Örneklerin ölçümlerine ait görüntüler

Boy ve ağırlık ölçüleri alınan örneklerin, mide ve bağırsak kısımları dikkatlice alınarak önceden ultra saf su ve aseton yardımıyla temizlenmiş 1 L'lik cam örnek kaplarına konularak kapakları alüminyum folyo yardımıyla kapatılmıştır. Tüm balık ve karides örnekleri aynı işleme tabi tutulmuştur.

## 5.3. Midye örneklerinin analiz bilgileri

Bodrum (9 ayrı satıcı), Adana (8 ayrı satıcı), Ankara (6 ayrı satıcı), İstanbul (15 ayrı satıcı) ve İzmir (3 ayrı satıcı) illerinden toplanan midye dolma örnekleri, kese kağıdı içerisinde kuru buz ile muhafaza edilerek Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Gelen örneklere ait tanımlayıcı bilgiler Tablo 2'de verilmiştir.

Midye örnekleri, açılıp incelemeye alınmadan önce üzerlerindeki istenmeyen materyaller dikkatlice temizlenmiştir. Daha sonra kapalı kabin içerisinde önceden saf su ve aseton ile temizlenmiş bir açacak yardımıyla midyeler açılmış ve midyenin tüm içeriği yine önceden saf su ve aseton ile yıkanarak temizlenmiş ve darası alınmış 1 L'lik cam kavanozlar içerisine konulmuştur. Her bir ildeki her bir satıcıdan alınan midyeler (7-10 adet) aynı kavanoz içerisine konulmuş ve ardından şişeler 0.01 gr hassasiyete sahip tartı yardımıyla tartılarak midyelerin ağırlıkları tespit edilmiştir. Daha sonra hava ile temasını engellemek amacıyla kavanozların kapakları alüminyum folyo ile kapatılmıştır.



**Şekil 11.** İçerisine eritme çözeltisi eklenmiş ve eritme amacıyla kapalı kabinde beklemeye alınmış örnekler

## 5.4. Mikroplastiklerin ayrıştırılması

### 5.4.1. Organik maddelerin yakılması

Mikroplastiklerin ayrıştırılması işlemleri steril cam kavanozlar içerisinde ağzı alüminyum folyo ile kaplı ve kapalı kabin içerisinde bekleyen örneklerin içerisindeki organik materyallerin yakılması ile başlatılmıştır.

Bu amaçla daha önce başka araştırıcılar [Enders vd. 2017] tarafından bildirildiği şekilde, içerisinde doku örneği bulunan kavanozlara, yüzde 30'luk yüksek alkalin KOH:NaClO eritme çözeltisi eklenmiştir. Bu karışımın 1 litresi; 150 ml doygun KOH ve 150 ml yüzde 14 aktif klorinli NaClO karışımı üzerine 700 ml ultra saf su eklenerek hazırlanmıştır. Her bir kavanoza içerisindeki örnek miktarına göre 250-500 ml civarında eritme çözeltisi eklenmiştir. Çözeltiler kullanılmadan önce vakum pompa bağlanmış bir süzme düzeneği ile 1.2 µm göz açıklığına sahip GF/C Whatman filtre kağıdı yardımı ile süzülmüştür. Böylelikle çözeltilerden gelebilecek her türlü partikül de engellenmiştir. İçerisine eritme çözeltisi eklenen kavanozların ağızları tekrar folyo ile kapatılmış ve tüm organik madde eriyene kadar kapalı kabin içerisinde muhafaza edilmiştir (Şekil 11). Bu işlem balık midye ve karides örnekleri için benzer şekilde uygulanmıştır.

### 5.4.2. Yoğunluk ayrımı

İçerisinde eritme çözeltisi bulunan örnekler, 1 hafta sonunda kontrol edilmiş ve içerisindeki tüm organik maddenin kaybolduğundan emin olduktan sonra yoğunluk ayrımı işlemine başlanmıştır. Yoğunluk ayrımı işlemi için erimiş çözelti içerisine örnek içeriğine bağlı olarak (150- 250 ml) yoğunluğu 1.6 gr/ml'ye ayarlanmış KI çözeltisi eklenmiş ve cam bir çubuk ile karıştırılmıştır.

Daha sonra çözeltiler yoğunluk ayrımının gerçekleşmesi için önceden saf su ve aseton yardımıyla temizlenmiş ayırma hunileri içerisine aktarılmış ve bir gün boyunca bekletilmiştir (Şekil 11). Yoğunluk ayrımının ardından dibe çöken materyal uzaklaştırılmış ve kalan sıvı faz dikkatlice vakum pompa yardımıyla 0.45 µm göz açıklığına sahip membran filtre üzerine alınmıştır. Hunideki tüm partikülün membran filtre üzerine konduğundan emin olmak için, ayırma hunisi, yine GF/C filtre ile süzülmüş ultra saf su ile yıkanmış ve bu su da membran filtre üzerine aktarılmıştır.

KI çözeltisi hazırlandıktan sonra çözeltiden gelebilecek herhangi bir partikül kontaminasyonunu önlemek amacıyla önce vakum pompa bağlanmış bir süzme düzeneği ile 1.2 µm göz açıklığına sahip GF/C Whatman filtre kağıdı yardımı ile süzülmüştür. Böylelikle çözeltilerden gelebilecek her türlü partikül de engellenmiştir.

Tüm filtre kağıtları, steril petri kapları içerisine alınarak kapalı bir şekilde üzerlerinde tanımlayıcı etiketler yapıştırılarak mikroskobik ve spektroskopik inceleme için ayrılmıştır.

### 5.4.3 Mikroskobik inceleme

Filtre kağıdı üzerine alınan materyaller, içerisinde MPs olup olmadığının tespit edilmesi ve MPs olduğu düşünülen partiküllerin sayımı için üzerinde Canon EOS 450D kamera bulunan Olympus SZX 16 mikroskop kullanılmıştır. MPs benzeri tüm partiküllerin renk, tip (fibril ya da parçacık) ve adet bilgileri kaydedilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Mikroskobik inceleme esnasında 505 adet MPs benzeri partikül sayılmış ve bunlar içerisinden rastgele seçilen 122 partikül polimer karakterizasyonu için µ-Raman analizine tabi tutulmuştur.

### 5.4.4. Mikroplastiklerin teşhisi için µ-Raman analizi

Rastgele seçilen 122 partikül, üzerinde 532 nm ve 785 nm lazer bulunan Renishaw InVia Qontor Confocal Raman Microscopy System (Renishaw Plc., New Mills, Wotton-under-Edge Gloucestershire, U.K.) ile incelenmiştir. Kendisine bağlı Leica mikroskop yardımıyla 50'lik büyütme altında partüküllere odaklanmış ve 600 l/mm ve 1200 l/mm değişen grating ayarı altında 300-3200 spektrum genişliğinde ve 10 saniye ve 2 akümülasyonlu okumalar yapılmıştır. Elde edilen spektrumlar, ticari olarak satılan 13 farklı ham maddenin (Acetate, Acrylonitrile butadiene styrene, Cellulose, Polyacrylic, Polyethylene, Polyester/Polyethylene terephthalate, Nylon 6, Polyamide, Polymethyl methacrylate, Polyoxymethylene, Polypropylene, Polystyrene, Polyvinyl alcohol and Polyvinil chloride) aynı şartlar altında alınmış spektrumları ve cihazın kendi kütüphanesindeki polimer spektrumları ile karşılaştırılmıştır. Polimer tipinin belirlenmesinde eşleşme oranı yüzde 70 ve üzeri olanlar kullanılmıştır.

### 5.4.5. Kontaminasyondan korunma

Çalışma esnasında meydana gelebilecek kontaminasyonları engellemek için, tüm ekipmanlar kullanılmadan önce üç defa ultra saf su ile yıkanmış ve daha sonra da asetondan geçirilmiştir[Beer vd. 2018]. Temizlenen ekipmanlar çalışma boyunca kapalı kabin içerisinde muhafaza edilmiştir. Eritme, ayırma ve temizleme işlemlerinde kullanılan tüm çözeltiler ve solüsyonlar kullanılmadan önce 1.2 µm göz açıklığına sahip GF/C Whatman filtre kağıdı yardımıyla vakum pompa tarafından süzüldükten sonra kullanılmıştır.

Tüm çalışmalar kapalı kabin içerisinde gerçekleştirilmiş ve çalışma esnasındaki bekleme sürelerinde tüm örnek kapları alüminyum folyo ile kapatılarak muhafaza edilmiştir. Ayrıca çalışma yüzeyleri de çalışma öncesi ve sonrası aseton ile temizlenmiştir. Bu işlemlere rağmen gerçekleşmesi olası kontaminasyonun tespiti için kontrol grubu oluşturulmuş ve bu kontrol grubuna örneklerin analizinde kullanılan tüm işlemler uygulanmıştır. Kontrol grubu daha sonra mikroskobik ve spektroskobik analize tabi tutulmuş, sadece 1 adet fibril tipte ve sentetik partiküle rastlanmıştır. Böylece kontaminasyon ihmal edilmiştir.

Yoğunluk ayrımı esnasında, ayırma hunisinin dibine çöken materyal içerisinde MPs benzeri partikül olup olmadığını tespit etmek amacıyla rastgele seçilen 3 örneğin çöken materyalleri mikroskop altında incelenmiş ve herhangi bir partikülün olmadığı tespit edilmiştir.

### 5.4.6. İstatistiksel analizler

Mikroplastik bulunurlukları balıklar, karidesler ve midyeler için partikül/birey olarak verilmiştir. Midye örneklerinden elde edilen MPs miktarları ayrıca partikül/gram cinsinden de verilmiştir. Balık ve midye örneklerinin illere göre kendi aralarında karşılaştırılmasında t testi, tek yönlü ANOVA ve iki yönlü ANOVA uygulanmıştır. Önem seviyesi yüzde 5 olarak belirlenmiştir.

# Şekiller

**Şekil 1.** Çöplerden etkilenen deniz canlıları 6

**Şekil 2.** Örneklerin toplandığı iller 8

**Şekil 3.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen MPs adetleri 11

**Şekil 4.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen fibril ve parçacık tipteki MPs oranları 12

**Şekil 5.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türündeki MPs oranları 13

**Şekil 6.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türündeki MPs'nin polimer tipleri 13

**Şekil 7.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midye dolmalardan elde edilen ortalama MPs adetleri 17

**Şekil 8.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs'nin tiplerine göre oranları 18

**Şekil 9.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midyelerden elde edilen MPs'nin polimer tiplerine göre oranları 19

**Şekil 10.** Örneklerin ölçümlerine ait görüntüler 27

**Şekil 11.** İçerisine eritme çözeltisi eklenmiş ve eritme amacıyla kapalı kabinde beklemeye alınmış örnekler 28

# Tablolar

**Tablo 1.** Analiz edilen balık ve karides örneklerine ait tanımlayıcı bilgiler 9

**Tablo 2.** Analiz edilen midye örneklerine ait tanımlayıcı bilgiler 10

**Tablo 3**. Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ve Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden elde edilen MPs adetleri 11

**Tablo 4.** Adana, İstanbul ve İzmir'den örneklenen balık türleri ile Mersin'den örneklenen kırmızı karides türünden ayrıştırılan MPs'lerin karakterize edilen polimer tipleri 15

**Tablo 5.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midye dolmalardan elde edilen MPs adetleri 16

**Tablo 6.** Adana, Ankara, Bodrum, İstanbul ve İzmir'den örneklenen midye dolmalardan elde edilen MPs'nin polimer tiplerine göre oranları 19

**Tablo 7**. Farklı dönemlerde ve bölgelerde bu çalışmadaki türler ve benzer türlerle ilgili başka araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda bulunan sonuçlar 21

# Kaynaklar

[1] PlasticsEurope, The facts 2018, PlasticsEurope/2018.

[2] J.R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady et al., Plastic waste inputs from land into the ocean, Science (80-. ). 347 (2015), pp. 768–771.

[3] Litterbase. Available at https://litterbase.awi.de.

[4] M. Eriksen, L.C.M. Lebreton, H.S. Carson, M. Thiel, C.J. Moore, J.C. Borerro et al., Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea, PLoS One (2014), pp. 1–16.

[5] R. Thompson, Sources, Distribution, and Fate of Microscopic Plastics in Marine Environments, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016, pp. 1–13.

[6] G. Suaria, C.G. Avio, A. Mineo, G.L. Lattin, M.G. Magaldi, G. Belmonte et al., The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters, Sci. Rep. 6 (2016), pp. 37551.

[7] C. Arthur, J. Baker and H. Bamford, Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence , Effects , and Fate of Microplastic Marine Debris, Group/2009.

[8] L.A.P. Hoogenboom, Statement: Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood, EFSA J. 14 (2016), .

[9] S.C. Gall and R.C. Thompson, The impact of debris on marine life, Mar. Pollut. Bull. 92 (2015), pp. 170–179.

[10] J. Vince and B.D. Hardesty, Plastic pollution challenges in marine and coastal environments: from local to global governance, Restor. Ecol. 25 (2017), pp. 123–128.

[11] E.M. Foekema, C. De Gruijter, M.T. Mergia, J.A. van Franeker, A.J. Murk and A.A. Koelmans, Plastic in north sea fish, Environ. Sci. Technol. 47 (2013), pp. 8818–8824.

[12] B. De Witte, L. Devriese, K. Bekaert, S. Hoffman, G. Vandermeersch, K. Cooreman et al., Quality assessment of the blue mussel (Mytilus edulis): comparison between commercial and wild types, Mar. Pollut. Bull. 85 (2014), pp. 146–155.

[13] K. Davidson and S.E. Dudas, Microplastic Ingestion by Wild and Cultured Manila Clams (Venerupis philippinarum) from Baynes Sound, British Columbia, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 71 (2016), pp. 147–156.

[14] S. Grigorakis, S.A. Mason and K.G. Drouillard, Determination of the gut retention of plastic microbeads and microfibers in goldfish (Carassius auratus), Chemosphere 169 (2017), pp. 233–238.

[15] N.C. Ory, P. Sobral, J.L. Ferreira and M. Thiel, Amberstripe scad Decapterus muroadsi

(Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre, Sci. Total Environ. (2017), .

[16] M. V Petry and V.R. Benemann, Ingestion of marine debris by the White-chinned Petrel (Procellaria aequinoctialis): Is it increasing over time off southern Brazil?, Mar. Pollut. Bull. (2017), .

[17] A.K. Terepocki, A.T. Brush, L.U. Kleine, G.W. Shugart and P. Hodum, Size and dynamics of microplastic in gastrointestinal tracts of Northern Fulmars (Fulmarus glacialis) and Sooty Shearwaters (Ardenna grisea), Mar. Pollut. Bull. (2017), .

[18] J.L. Lavers, A.L. Bond and I. Hutton, Plastic ingestion by Flesh-footed Shearwaters (Puffinus carneipes): Implications for fledgling body condition and the accumulation of plastic-derived chemicals, Environ. Pollut. 187 (2014), pp. 124–129.

[19] A. Markic, J.-C. Gaertner, N. Gaertner-Mazouni and A.A. Koelmans, Plastic ingestion by marine fish in the wild, Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. (2019), pp. 1–41.

[20] S. Rist, B. Carney Almroth, N.B. Hartmann and T.M. Karlsson, A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics, Sci. Total Environ. 626 (2018), pp. 720–726.

[21] R.U. Halden, Plastics and Health Risks, Annu. Rev. Public Health 31 (2010), pp. 179–194.

[22] K. Enders, R. Lenz, S. Beer and C.A. Stedmon, Extraction of microplastic from biota: Recommended acidic digestion destroys common plastic polymers, ICES J. Mar. Sci. 74 (2017), pp. 326–331.

[23] S. Beer, A. Garm, B. Huwer, J. Dierking and T.G. Nielsen, No increase in marine microplastic concentration over the last three decades – A case study from the Baltic Sea, Sci. Total Environ. 621 (2018), pp. 1272–1279.

[24] M. Steer, M. Cole, R.C. Thompson and P.K. Lindeque, Sampling sites located in the western English Channel. Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel, Environ. Pollut. 226 (2017), pp. 250–259.

[25] A.L. Vendel, F. Bessa, V.E.N. Alves, A.L.A. Amorim, J. Patrício and A.R.T. Palma, Widespread microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures, Mar. Pollut. Bull. (2017), .

[26] A. Anastasopoulou, M. Kova, D. Bojani, N. Digka, T. Fortibuoni, Š. Koren et al., Assessment on marine litter ingested by fi sh in the Adriatic and NE Ionian Sea macro-region ( Mediterranean ), Mar. Pollut. Bull. 133 (2018), pp. 841–851.

[27] S. Kühn, F.L. Schaafsma, B. van Werven, H. Flores, M. Bergmann, M. Egelkraut-Holtus et al., Plastic ingestion by juvenile polar cod (Boreogadus saida) in the Arctic Ocean, Polar Biol. (2018), pp. 1–10.

[28] C.M. Boerger, G.L. Lattin, S.L. Moore and C.J. Moore, Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre, Mar. Pollut. Bull. 60 (2010), pp. 2275–2278.

[29] C.A. Choy and J.C. Drazen, Plastic for dinner? Observations of frequent debris ingestion by pelagic predatory fishes from the central North Pacific, Mar. Ecol. Prog. Ser. 485 (2013), pp. 155–163.

[30] C.G. Avio, S. Gorbi and F. Regoli, Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea, Mar. Environ. Res. 111 (2015), pp. 18–26.

[31] F. Collard, B. Gilbert, G. Eppe, E. Parmentier and K. Das, Detection of Anthropogenic Particles in Fish Stomachs: An Isolation Method Adapted to Identification by Raman Spectroscopy, Arch. Environ. Contam. Toxicol. 69 (2015), pp. 331–339.

[32] J. Bellas, J. Martinez-Armental, A. Martinez-Camara, V. Besada and C. Martinez-Gomez, Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts, Mar. Pollut. Bull. 109 (2016), pp. 55–60.

[33] M.A. Nadal, C. Alomar and S. Deudero, High levels of microplastic ingestion by the semipelagic fish bogue Boops boops (L.) around the Balearic Islands, Environ. Pollut. 214 (2016), pp. 517–523.

[34] C. Alomar, A. Sureda, X. Capó, B. Guijarro, S. Tejada and S. Deudero, Microplastic ingestion by Mullus surmuletus Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress, Environ. Res. 159 (2017), pp. 135–142.

[35] O. Güven, K. Gökdağ, B. Jovanovi⊠ and A.E. Kıdeyş, Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish, Environ. Pollut. 223 (2017), pp. 286–294.

[36] L.T.O. Cheung, C.Y. Lui and L. Fok, Microplastic contamination ofwild and captive flathead grey mullet (Mugil cephalus), Int. J. Environ. Res. Public Health 15 (2018), pp. 597.

[37] J.E. Halstead, J.A. Smith, E.A. Carter, P.A. Lay and E.L. Johnston, Assessment tools for microplastics and natural fibres ingested by fish in an urbanised estuary, Env. Pollut 234 (2018), pp. 552–561.

[38] A. Markic, C. Niemand, J.H. Bridson, N. Mazouni-Gaertner, J.C. Gaertner, M. Eriksen et al., Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: Increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone, Mar. Pollut. Bull. 136 (2018), pp. 547–564.

[39] V.M. Azevedo-Santos, G.R.L. Gonçalves, P.S. Manoel, M.C. Andrade, F.P. Lima and F.M. Pelicice, Plastic ingestion by fish: A global assessment, Environ. Pollut. (2019), pp. 112994.

[40] S. Liubartseva, G. Coppini, R. Lecci and E. Clementi, Tracking plastics in the Mediterranean : 2D Lagrangian model, Mar. Pollut. Bull. 129 (2018), pp. 151–162.

[41] M. Yabanlı, A. Yozukmaz, İ. Şener and Ö.T. Ölmez, Microplastic pollution at the intersection of the Aegean and Mediterranean Seas: A study of the Datça Peninsula (Turkey), Mar. Pollut. Bull. 145 (2019), pp. 47–55.

[42] S. Tunçer, O.B. Artüz, M. Demirkol and M.L. Artüz, First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey, Mar. Pollut. Bull. 135 (2018), pp. 283–289.

[43] S. Gündoğdu, High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey, Ege J. Fish. Aquat. Sci. 34 (2017), pp. 401–408.

[44] A. Markic, C. Niemand, J.H. Bridson, N. Mazouni-Gaertner, J.-C. Gaertner, M. Eriksen et al., Double trouble in the South Pacific subtropical gyre: Increased plastic ingestion by fish in the oceanic accumulation zone, Mar. Pollut. Bull. 136 (2018), pp. 547–564.

[45] P.K. Cheung, L. Fok, P.L. Hung and L.T.O. Cheung, Spatio-temporal comparison of neustonic microplastic density in Hong Kong waters under the influence of the Pearl River Estuary, Sci. Total Environ. 628–629 (2018), pp. 731–739.

[46] N. Digka, C. Tsangaris, M. Torre, A. Anastasopoulou and C. Zeri, Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea, Mar. Pollut. Bull. 135 (2018), pp. 30–40.

[47] D. Giani, M. Baini, M. Galli, S. Casini and M.C. Fossi, Microplastics occurrence in edible fish species (Mullus barbatus and Merluccius merluccius) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea, Mar. Pollut. Bull. 140 (2019), pp. 129–137.

[48] D. Neves, P. Sobral, J.L. Ferreira and T. Pereira, Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast, Mar. Pollut. Bull. 101 (2015), pp. 119–126.

[49] B. Rios-Fuster, C. Alomar, M. Compa, B. Guijarro and S. Deudero, Anthropogenic particles ingestion in fish species from two areas of the western Mediterranean Sea, Mar. Pollut. Bull. 144 (2019), pp. 325–333.

[50] A.L. Lusher, M. McHugh and R.C. Thompson, Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel, Mar. Pollut. Bull. 67 (2013), pp. 94–99.

[51] C.D. Rummel, M. Adolfsson-Erici, A. Jahnke and M. MacLeod, No measurable "cleaning" of polychlorinated biphenyls from Rainbow Trout in a 9 week depuration study with dietary exposure to 40% polyethylene microspheres, Environ. Sci. Process. Impacts 18 (2016), pp. 788–795.

[52] L.I. Devriese, M.D. van der Meulen, T. Maes, K. Bekaert, I. Paul-Pont, L. Frere et al., Microplastic contamination in brown shrimp (Crangon crangon, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area, Mar. Pollut. Bull. 98 (2015), pp. 179–187.

[53] L. Bordbar, K. Kapiris, S. Kalogirou and A. Anastasopoulou, First evidence of ingested plastics

by a high commercial shrimp species (Plesionika narval) in the eastern Mediterranean, Mar. Pollut. Bull. 136 (2018), pp. 472–476.

[54] M.S. Hossain, M.S. Rahman, M.N. Uddin, S.M. Sharifuzzaman, S.R. Chowdhury, S. Sarker et al., Microplastic contamination in Penaeid shrimp from the Northern Bay of Bengal, Chemosphere 238 (2020), pp. 124688.

[55] A. Mathalon and P. Hill, Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia, Mar. Pollut. Bull. 81 (2014), pp. 69–79.

[56] H. Ludovic, P.-P. Ika, C. Anne-Laure, H. Charlotte, R. Justine, J. Ronan et al., Microplastic contamination and pollutant levels in mussels and cockles collected along the channel coasts, Environ. Pollut. 250 (2019), pp. 807–819.

[57] C.G. Avio, L.R. Cardelli, S. Gorbi, D. Pellegrini and F. Regoli, Microplastics pollution after the removal of the Costa Concordia wreck: First evidences from a biomonitoring case study, Environ. Pollut. 227 (2017), pp. 207–214.

[58] J. Li, D. Yang, L. Li, K. Jabeen and H. Shi, Microplastics in commercial bivalves from China, Environ. Pollut. 207 (2015), pp. 190–195.

[59] The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. 2002.

[60] S. Gündoğdu, C. Çevik, B. Ayat, B. Aydoğan and S. Karaca, How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey, Environ. Pollut. 239 (2018), pp. 342–350.

[61] Microfiber Madness: Synthetic Fabrics Harm Wildlife, Poison the Food Supply and Expose You to Toxins. Available at https://www.organicconsumers.org/news/microfiber-madness-synthetic-fabrics-harm-wildlife-poison-food-supply-and-expose-you-toxins.

[62] S. Mishra, C. charan Rath and A.P. Das, Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges, Mar. Pollut. Bull. 140 (2019), pp. 188–197.

[63] M. Carbery, W. O'Connor and T. Palanisami, Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health, Environ. Int. 115 (2018), pp. 400–409.

[64] A. Bakir, S.J. Rowland and R.C. Thompson, Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions, Environ. Pollut. 185 (2014), pp. 16–23.

[65] L. Tosetto, J.E. Williamson and C. Brown, Trophic transfer of microplastics does not affect fish personality, Anim. Behav. 123 (2017), pp. 159–167.

[66] B.C. Kelly, M.G. Ikonomou, J.D. Blair, A.E. Morin and F.A.P.C. Gobas, Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants., Science 317 (2007), pp. 236–9.

[67] E.M. Chua, J. Shimeta, D. Nugegoda, P.D. Morrison and B.O. Clarke, Assimilation of Polybrominated Diphenyl Ethers from Microplastics by the Marine Amphipod, Allorchestes Compressa, Environ. Sci. Technol. 48 (2014), pp. 8127–8134.

[68] P. Jani, G.W. Halbert, J. Langridge and A.T. Florence, Nanoparticle Uptake by the Rat Gastrointestinal Mucosa: Quantitation and Particle Size Dependency, J. Pharm. Pharmacol. 42 (1990), pp. 821–826.

[69] P.F. Doorn, P.A. Campbell and H.C. Amstutz, Metal Versus Polyethylene Wear Particles in Total Hip Replacements: A Review., Clin. Orthop. Relat. Res. 329 (1996), .

[70] R.M. Urban, J.J. Jacobs, M.J. Tomlinson, J. Gavrilovic, J. Black and M. Peoc'h, Dissemination of Wear Particles to the Liver, Spleen, and Abdominal Lymph Nodes of Patients with Hip or Knee Replacement*, JBJS 82 (2000), .

[71] G. Volkheimer, The phenomenon of persorption: persorption, dissemination, and elimination of microparticles, Old Herborn Univ. Semin. Monogr. 14 (2001), pp. 7–17.

GREENPEACE

**Greenpeace çevreyi korumak ve barışı desteklemek için faaliyet gösteren bağımsız küresel bir organizasyondur**

Greenpeace Akdeniz
Teşvikiye Mh. Şakayık Sk.
No: 40/7 Şişli-İstanbul

**http://www.greenpeace.org/turkey**



# TÜRKİYE'DEKİ DENİZ CANLILARINDA MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ

GREENPEACE

View publication stats