



**MERSİN LİMAN BÖLGESİ KIYISAL ALANINDA
KATI ATIK KARAKTERİZASYONU VE
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ**

DOKTORA TEZİ

Zeki ALTUN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

MERSİN

AĞUSTOS - 2023

**MERSİN LİMAN BÖLGESİ KIYISAL ALANINDA
KATI ATIK KARAKTERİZASYONU VE
MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ**

DOKTORA TEZİ

ZEKİ ALTUN

ORCID ID: 0000-0002-8317-3606

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. MEHMET ALİ MAZMANCI
ORCID ID:0000-0003-0219-530X**

**MERSİN
AĞUSTOS- 2023**

ÖZET

MERSİN LİMAN BÖLGESİ KIYISAL ALANINDA KATI ATIK KARAKTERİZASYONU VE MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİ

Tez kapsamında çöp kutuları dışında çevreye atılmış halde bulunan karasal atıklar ile deniz yüzeyinde bulunan deniz çöplerinin miktar ve karakterizasyonu mevsimsel olarak çalışılmıştır. Aynı zamanda deniz yüzeyinden alınan numunelerde mikroplastiklerin sayı, boyut ve renk analizleri yapılmıştır. Çalışma Mersin İli Liman bölgesi ve bölgeyi çevreleyen Atatürk Parkı ile Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda 2021-2022 yılları arasında gerçekleştirilmiştir.

Atatürk Parkı'nda yaz mevsiminde ortalama 466 kg/gün, sonbahar mevsiminde ortalama 187 kg/gün, kış mevsiminde ortalama 153 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde ortalama 86 kg/gün karasal atık toplanmıştır. Katı atık kirliliğinin mevsimsel olarak sırası ile yaz>sonbahar>kış>ilkbahar şeklinde olduğu ve atıkların % 44,9'unun geri dönüştürülebilir atık, % 53,8'inin kompostlanabilir atık ve %1,4'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur. Bu alanda kirliliğin ana kaynağının mutfak atıkları (37683 kg/yıl) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Atatürk Parkı'nda bir yılda oluşabilecek oransal karasal atık miktarı 81273 kg olarak hesaplanmıştır. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda yaz mevsiminde ortalama 30 kg/gün, sonbahar mevsiminde 34 kg/gün, kış mevsiminde 14 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde 12 kg/gün karasal atık toplanmıştır. Yıl boyunca cam atığının 2163 kg, park, bahçe ve ahşap atıklarının 1946 kg ve mutfak atıklarının 1541 kg olabileceği hesaplanmıştır. Katı atık kirliliğinin mevsimsel olarak sonbahar>yaz>kış>ilkbahar şeklinde olduğu ve atıkların % 56,2'sinin geri dönüştürülebilir atık, % 42,3'ünün kompostlanabilir atık ve % 1,1'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur. Bu alanda bir yılda oluşabilecek oransal karasal atık miktarı 8235 kg olarak hesaplanmıştır.

Tez çalışması boyunca karasal alanda yapılan çalışmalar Atatürk Parkı'nda toplanan katı atık miktarının 0,437 kg/m².yıl ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda toplanan atık miktarının 0,475 kg/m².yıl olduğunu göstermiştir. Karasal alan bir bütün olarak değerlendirildiğinde bu miktarın 0,440 kg/m².yıl olduğu tespit edilmiştir. Atatürk Parkı'nda alan kullanımının yoğun olmasından dolayı mutfak atıklarının yaz mevsiminde ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda balıkçılık faaliyetlerinin başladığı sonbahar mevsiminde cam atıklarının en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Birbirlerine komşu iki alan olmasına rağmen mevsimsel atık miktarlarında oransal farkların oluşması alanların kullanım şekllinden, kullanıcıların sosyo-ekonomik yapıları ile alışkanlıklarından kaynakladığı fikrini güçlendirmiştir.

Mersin Limanı'nda deniz yüzeyinde toplanan atıkların % 85,03 oranında geri dönüştürülebilir atık, % 13,91 oranında kompostlanabilir atık ve %1,1 oranında ise diğer atık olduğu tespit edilmiştir. En yüksek atık miktarının 573,3 kg/yıl ile plastik atık türü olduğu belirlenmiştir. Çalışılan alanda herhangi bir tarımsal aktivite olmamasına rağmen park bahçe atıklarının en yüksek seviyeye ulaşması özellikle Ekim ve Kasım aylarında artan tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların rüzgâr ve yağışlarla Liman Bölgesine taşındığını göstermiştir. Bununla beraber, denizel ortamdan toplanan atık miktarının yağışların en yüksek olduğu sonbahar ve kış mevsimlerinde yaz mevsimine göre daha düşük olması denizel alanın sıklıkla ve yoğun şekilde kullanılan karasal alanlardan etkilendiğini göstermiştir.

Mersin Liman Bölgesi'nde deniz yüzeyinde tespit edilen 1464 adet/m².yıl mikroplastığın %74,32'sinin siyah renkte ve ortalama uzunluğun 746,15 µm olduğu bulunmuştur. En yüksek mikroplastik sayısına yağışların en yüksek olduğu kış mevsiminde ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, mevsimlere bağlı katı atık miktarının gerek karasal alanlarda ve gerekse de denizel ortamda benzer eğilime sahip olması kirlenmenin karasal kaynaklı olduğunu göstermiştir. Kaynağından bağımsız olarak deniz çöpu çevresel, ekonomik, sağlık ve estetik açıdan yarattığı etkiler ile küresel bir sorundur. En önemli nedenleri katı atık yönetiminin yeterince yapılmaması, altyapı eksikliği, çeşitli insan faaliyetleri ile eğitim, farkındalık ve önlemlerin yeterli olmaması olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katı Atık, Deniz çöpu, Deniz kirliliği, Mersin Körfezi, Plastik, Mikroplastik.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Ali MAZMANCI, Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.

ABSTRACT

SOLID WASTE CHARACTERIZATION AND MICROPLASTIC POLLUTION IN THE COASTAL AREA OF MERSİN PORT REGION

In this study, the amount and characterization of terrestrial wastes and marine litter found on the sea surface were studied seasonally. At the same time, the number, size and color analyzes of microplastics were made in the samples taken from the sea surface. The study was carried out between the years 2021-2022 in Mersin Province Port area and the surrounding Atatürk Park and Çamlıbel Balıkçı Barınağı.

An average of 466 kg/day in summer, 187 kg/day in autumn, 153 kg/day in winter and 86 kg/day in spring was collected in Atatürk Park. It was found that solid waste pollution is seasonally in the form of summer>autumn>winter>spring, and 44.9% of the waste is recyclable waste, 53.8% is compostable waste and 1.4% is another waste. It has been determined that the main source of pollution in this area is kitchen waste (37683 kg/year). In addition, the proportional amount of terrestrial waste that may occur in Atatürk Park in a year has been calculated as 81273 kg. An average of 30 kg/day in summer, 34 kg/day in autumn, 14 kg/day in winter and 12 kg/day in spring was collected in Çamlıbel Balıkçı Barınağı. It has been calculated that glass waste can be 2163 kg, park, garden and wood waste 1946 kg and kitchen waste 1541 kg throughout the year. It has been found that solid waste pollution is seasonally in the form of autumn>summer>winter>spring and approximately 56.2% of the waste is recyclable waste, 42.3% is compostable waste and 1.1% is other waste. The proportional amount of terrestrial waste that may occur in this area in a year has been calculated as 8235 kg.

The studies carried out in the terrestrial area during the thesis study showed that the amount of solid waste collected in Atatürk Park was 0.437 kg/m².year and the amount of waste collected in Çamlıbel Balıkçı Barınağı was 0.475 kg/m².year. When the terrestrial area is evaluated as a whole, it has been determined that this amount is 0,440 kg/m².year. It has been observed that glass waste reaches the highest level in the summer season of kitchen waste and in the autumn season when fishing activities started in Çamlıbel Balıkçı Barınağı due to the intense use of space in Atatürk Park. Although there are two adjacent areas, the proportional differences in the amount of seasonal waste have strengthened the idea that the use of the areas is due to the socio-economic structures and habits of the users.

It has been determined that 85.03% of the waste collected on the sea surface at Mersin Port is recyclable waste, 13.91% compostable waste and 1.1% other waste. It was determined that the highest amount of waste was plastic waste with 573.3 kg/year. Although there is no agricultural activity in the studied area, the highest level of park and garden wastes showed that the wastes generated as a result of increased agricultural activities, especially in October and November, were transported to the Port Region by wind and precipitation. However, the fact that the amount of waste collected from the marine environment is lower in the autumn and winter seasons when the rainfall is the highest, shows that the marine area is affected by the frequently and intensively used terrestrial areas.

It was found that 74.32% of the microplastic (1464 pieces/m².year) detected on the sea surface in Mersin Port Region is black in color and the average length is 746.15 µm. The highest number of microplastics was reached in the winter season when the precipitation was the highest.

As a result, the fact that the amount of solid waste depending on the seasons has a similar tendency in both terrestrial and marine environments has shown that the pollution is of terrestrial origin. Regardless of its source, marine litter is a global problem with its environmental, economic, health and aesthetic effects. The most important reasons were considered to be insufficient solid waste management, lack of infrastructure, various human activities, and insufficient training, awareness and precautions.

Keywords: Solid waste, Marine litter, Marine pollution, Mersin Bay, Plastic, Microplastic.

Advisor: Prof. Dr. Mehmet Ali MAZMANCI, Department of Environmental Engineering, Mersin University, Mersin.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin hazırlanması için desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, akademik bilgi ve tecrübelerini sürekli olarak aktaran, öğrencilerinin her an yanında olan kıymetli tez danışmanım, Sn. Hocam Prof. Dr. Mehmet Ali MAZMANCI' ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamda faydalı öneri ve eleştirilerinden dolayı Tez İzleme Komisyonu Üyeleri Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sn. Hocam Prof. Dr. Mehmet Tahir ALP'a ve Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde görevli Sn. Doç. Dr. Hocam Mutlu YALVAÇ'a; ayrıca Sn. Araştırma Görevlisi Fatma DENİZ'e, Sn. Doktor Öğretim Üyesi Yasin ÖZAY'a, çok değerli meslektaşım Dr. Sinan CAN ile bu akademik çalışmaya katılım sağlamama olanak sağlayan çalışmış olduğum kurum Mersin Büyükşehir Belediyesi'nin tüm kademesindeki değerli mesai arkadaşlarıma ve ismini sayamadığım herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Destek olmaktan usanmayan ve her an yanımda bulunan sevgili hayat arkadaşım Deniz ALTUN ile güzel kızım Defne ALTUN'a ve beni bugünlere kadar yetiştiren, hayat felsefemi oluşturan 06.02.2023 tarihinde gerçekleşen deprem sonucunda kaybettiğim BABAM Cavit ALTUN'a, ANNEM Süheyla ALTUN'a, KIZKARDEŞİM İpek ALTUN'a ve TEYZEM Sevim GENÇ ile geride kalan tüm aile bireylerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	2
2.1. Katı Atık Kavramı ve Türleri	2
2.1.1. Katı Atık Kavramı	2
2.1.2. Katı Atık Türleri	3
2.1.2.1. Ticari ve Kurumsal Atıklar	4
2.1.2.2. Belediye İşlevleriyle İlgili Atıklar	4
2.1.2.3. Tarımsal Atıklar	4
2.1.2.4. Tıbbi Atıklar	4
2.1.2.5. İnşaat ve Hafriyat Atıkları	4
2.1.2.6. Özel Atıklar	5
2.1.2.7. Endüstriyel Atıklar	5
2.1.2.8. Evsel Atıklar	5
2.1.2.8.1. Katı Atık Karakterizasyonu	5
2.1.2.8.1.1. Katı Atık Karakterizasyon Gereksinimi	6
2.1.3. Katı Atık Yönetimi	6
2.1.3.1. Küresel Katı Atık Yönetimi	6
2.1.3.2. Avrupa’da Katı Atık Yönetimi	7
2.1.3.3. Türkiye için Katı Atık Yönetim Uygulaması	7
2.2. Deniz Çöpleri	8
2.2.1. Deniz Ortamındaki Mikroplastikler	8
2.2.2. Türkiye’de Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar	10
2.2.3. Akdeniz için Mikroplastik Değerlendirmesi	11
2.2.3.1..Akdeniz’de Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar	11
2.2.3.2. Akdeniz’de Doğal Akıntılar ile Deniz Çöpünün Taşınması	12
2.2.4. Mersin İl Sınırları İçerisinde Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Konusunda Gerçekleştirilen Literatür Çalışmaları	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Çalışma Alanı	17
3.1.1. Karasal Alan	17
3.1.2. Denizel Alan	18
3.2. Materyal	19
3.2.1 Numune Alımı	19
3.2.1.1 Karasal Atıklar	19
3.2.1.2 Denizel Atıklar	20
3.2.1.2.1. Denizel Katı Atıklar	20
3.2.1.2.2. Deniz Suyu Numunelerinde Mikroplastikler	20
3.3. Yöntem	21
3.3.1. Karasal atıkların toplanması ve sınıflandırılması	21
3.3.2. Denizel katı atıkların toplanması ve sınıflandırılması	22
3.3.3. Deniz suyu örneklemeleri ve mikroplastik çalışmaları	23
3.4. Hesaplamalar	25

	Sayfa
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	26
4.1. Karasal Katı Atıklar	26
4.1.1. Atatürk Parkı Karasal Atıkları	26
4.1.2. Çamlıbel Balıkçı Barınağı Karasal Atıkları	28
4.2. Denizel Atıklar	32
4.3. Mikroplastikler	35
4.3.1. Deniz Suyu Numunelerinde Tespit Edilen Mikroplastik Miktarının Değerlendirilmesi	35
4.3.2. Mikroplastik Tahmini Yük Hesabı	38
4.3.3. Deniz Suyu Numunelerinde Tespit Edilen Mikroplastiklerin Renk Dağılımı	39
4.4. Geri Dönüştürülebilir Atıkların Ekonomik Değeri	40
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	43
EKLER	48
ÖZGEÇMİŞ	54

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Kaynaklarına Göre Katı Atık Türleri (Tchobanoglous ve diğerleri, 2002)	3
Tablo 2.2. Plastikler için boyut sınıfları (Tutoğlu, 2019)	9
Tablo 3.1. Karasal örneklemelere ilişkin çalışma tarihleri	19
Tablo 3.2. Denizel çalışma tarihleri	20
Tablo 3.3. Deniz suyu örneklerinin toplandığı istasyonlara ait bilgiler	21
Tablo 3.4. Atıkların hesaplanmasında kullanılan formüller	25
Tablo 4.1. Atatürk Parkından Toplanan Atık Miktarı	26
Tablo 4.2. Atatürk Parkından Toplanan Atık Yüzdesi (%)	27
Tablo 4.3. Çamlıbel Balıkçı Barınağından Toplanan Atık Miktarı	29
Tablo 4.4. Çamlıbel Balıkçı Barınağından Toplanan Atık Yüzdesi (%)	30
Tablo 4.5. Örneklenen Kütlesel Atık Miktarı (kg/gün)	32
Tablo 4.6. Mersin Liman Bölgesinde Toplanan Kütlesel Atık Yüzde Verisi (%)	33
Tablo 4.7. MBB'den alınan ilgili aylara ait toplanan deniz çöpü miktarı	33
Tablo 4.8. Mersin Liman Bölgesinde Aylık Bazda Genel Kütlesel Atık Miktarı	34
Tablo 4.9. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Sayısı	36
Tablo 4.10. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Verileri	37
Tablo 4.11. Mersin Liman Bölgesinde Oransal Hesaplanan Mikroplastik Miktarı	38
Tablo 4.12. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Renk Dağılımı	39
Tablo 4.13. Geri Dönüştürülebilir Atıklara İlişkin Yıllık Oransal Hesaplanan Ekonomik Değer	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Akdeniz'de yüzey suyu dolaşımı genel şeması (Poullain vd., 2012)	13
Şekil 2.2. Kuzey Doğu Akdeniz'deki dip akımların yönü (Eryasar vd., 2014)	14
Şekil 2.3. a) Örnekleme Alanları, b) bölgede baskın akımlar (Gündoğdu ve Çevik, 2017)	15
Şekil 3.1 Tez kapsamında çalışma alanının kuşbakışı görünümü	17
Şekil 3.2. Karasal katı atıkların toplandığı çalışma alanı	18
Şekil 3.3. Denizel katı atıkların toplandığı çalışma alanı	18
Şekil 3.4. Deniz suyu örneklemelerinin gerçekleştirildiği istasyonlar	20
Şekil 3.5. Karasal atıkların toplanması ve sınıflandırılması	21
Şekil 3.6. Denizel atıkların toplanma yöntemleri	22
Şekil 3.7. Deniz suyu örnekleme çalışmalarına ait görüntüler	23
Şekil 3.8. Deniz Suyu Numunesi Filtrasyon İşlemi	23
Şekil 3.9. Mikroplastik Tespit İşlemleri	24
Şekil 4.1. Örneklenen Noktalarda Tespit Edilen Mikroplastik Miktarı (adet)	36
Şekil 4.2. Tespit edilen mikroplastiklere ait renk dağılımı (%)	40
Şekil 5.1. Alandan toplanan katı atık oranı (%)	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltma/Simgesi	Tanım
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
YÖK	Yükseköğretim Kurulu
MEÜ	Mersin Üniversitesi
MBB	Mersin Büyükşehir Belediyesi
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
CSİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DÇEP	Deniz Çöpleri Eylem Planı
GDA	Geri Dönüştürülebilir Atık
KK	Kağıt (Karışık)
PL	Plastik
CM	Cam
MT	Metal
TKS	Tekstil
EA	Elektronik Atık
BB	Biyobozunur Atık
MA	Mutfak Atıkları
PBA	Park Bahçe Atıkları
DA	Diğer Atıklar
MSK	Maske
DY	Diğer Yanabilenler
TBO	Tekne Bakım Onarım Malzemeleri
AY	Atık Yağ
TA	Tehlikeli Atık

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfusun hızla artması, kentleşme, sanayide yaşanan gelişmeler, tüketim alışkanlıkları ve tüketim hızına bağlı olarak insanoğlu tarafından üretilen atık miktarı da artmaktadır. Oluşan atıkların etkili bir atık yönetim sürecine dâhil edilmemesi, kontrol altına alınamaması ve aynı zamanda insanların çoğunun yeterli çevre bilinci ve eğitime sahip olmaması atıkların çevreye büyük zararlar vermesine neden olmaktadır.

Kaynağından bağımsız olarak insanların bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde ortama bıraktığı atıklar çeşitli yollarla denizlere taşınmaktadır. Atıkların denize ulaşması ile deniz ekosistemi bozulmakta ve deniz canlıları zarar görmektedir. Küresel ölçekte Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından gerçekleştirilen araştırmada deniz kirliliğinin %80 oranında kara kaynaklı atıklardan kaynaklandığı rapor edilmiştir. Günümüzde dünya genelinde denizel ortamda yaklaşık olarak 140 milyon ton atığın bulunduğu ve her yıl yaklaşık olarak 12 milyon ton civarında atığın dahil olacağı tahmin edilmektedir (UNEP, 2015).

Bu çalışmada, Mersin İli Akdeniz İlçesi sınırları içerisinde insanların yoğun olarak gezi ve dinlenme amaçlı kullandıkları Atatürk Parkı ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nı çevreleyen karasal alanda çöp kutuları ve konteynerlere atılmayan evsel nitelikli atıkların mevsimsel olarak miktarı belirlenmiş ve karakterizasyonu yapılmıştır. Eş zamanlı olarak bu alanın deniz kısmını oluşturan Mersin Liman Bölgesi'nin deniz yüzeyinde yüzer halde bulunan deniz çöplerinin de miktar ve karakterizasyonu mevsimsel olarak belirlenmiştir. Evsel atıkların nitelik ve niceliği eğitim, kültür, sosyo-ekonomik yapı vb. birçok faktörden etkilendiği için karasal alan Atatürk Parkı ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı iki ayrı bölge olarak ele alınmıştır. Çalışmada çöp kutusu ve konteynerlere atılmayan atıkların deniz çöpüne olan etkisi de incelenmiştir. Aynı zamanda Mersin Liman Bölgesi'nde deniz yüzeyinden alınan suyun mikropplastik içeriği belirlenmiştir. Tespit edilen mikropplastiklerin sayı, boyut ve renk analizleri yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Katı Atık Kavramı ve Türleri

Sanayi devrimi ve sonrasında her alanda ortaya çıkan hızlı sanayileşme ile üretimde miktar ve çeşitlilik artmıştır. Buna bağlı olarak insanların tüketim alışkanlıkları değişmiş, paketli ve ambalajlı ürün talebi de artış göstermiştir. Sonuç olarak tüketim ve harcama odaklı bir toplumun oluşmasına neden olmuştur. Üretimin seri hale gelmesi ve ürünlerdeki çeşitlilik, katı atıkların çeşitliliği ve miktarında önemli derecede artışla sonuçlanmıştır. İnsanların yaşam alanlarında kullanımları sonucunda farklı atık türlerinin ortaya çıkması ile katı atık kavramı ve yönetimine ilişkin yaklaşımların yeniden değerlendirme gerekliliğini gün yüzüne çıkarmıştır.

2.1.1. Katı Atık Kavramı

Beşerî ve ekonomik faaliyetler sonucunda kullanılmayan birçok atık madde oluşmaktadır. Atıkların büyük bir kısmı yeniden kullanılabilir özelliktedir ve etkili bir atık yönetim sistemi ile tarım, endüstri veya enerji sektöründe hammadde olarak kullanılmaları mümkündür. Atık yönetimi, günümüzün en önemli sorunlarından biri halini almıştır. Tüketime dayalı yaşam tarzını benimseyen çoğu insan çevre ve halk sağlığını önemsediklerini ifade etseler de önemli miktarda atık meydana getirmekte ve yaşam tarzlarını değiştirmemektedirler (Tchobanoglous vd., 2002).

Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre atık, “*Üreticisi veya fiilen elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından çevreye atılan veya bırakılan ya da atılması zorunlu olan herhangi bir madde veya materyal*” olarak tanımlanmaktadır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi tarafından 5 Nisan 2006 tarihinde yayınlanan direktife göre atık; ‘*sahibinin attığı veya atmaya niyetli olduğu veya atması gereken herhangi bir madde veya nesne anlamına gelir*’ olarak ifade edilmiştir (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, 2006).

İnsanların üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda oluşan atıklar, maddesel olarak düşünüldüğünde farklı ürünlerin içeriğine benzer olsa da kullanıma ihtiyaç duyulmadıkları için bir değer ifade etmemektedir. Ancak atıkların uygun ayrıştırma yöntemleri kullanılarak ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi durumunda değerli olduğu anlaşılmaktadır (Öztürk, 2015).

Atıklar çeşitli bakış açılarıyla ve farklı standartlara göre değerlendirilmekte ve sınıflandırılmaktadır. Atıklar fiziksel durumlarına (katı, sıvı ve gaz), kullanım alanlarına (ambalaj atıkları, gıda atıkları), üretildiği hammaddeye (cam, kâğıt, plastik, metal vb.), fiziki içeriklerine (yanma özelliği, kompostlanabilir, geri kazanabilirliği vb.), üretildiği kaynaklara (kentsel, ticari, kurumsal, tarımsal, özel, endüstri vb.) ve tehlikelilik durumlarına göre (tehlikeli, tehlikesiz, inert vb.) sınıflandırılmaktadır (Akdoğan ve Güleç, 2005; McDougall vd., 2001; Öztürk, 2015).

Türkiye’de geçerli mevzuat olan 2872 sayılı Çevre Kanunu’nda, “*Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddeleri*” atık olarak tanımlanmaktadır (Çevre Kanunu, 1983).

Katı atık, kullanıcı tarafından ihtiyacı kalmaması sebebiyle atılan, canlı ve toplum sağlığını ve çevre kirliliğinin en aza indirilmesi açısından kontrollü olarak ortadan kaldırılması gerekli olan maddeler şeklinde ifade edilmektedir. Geçmişte atıkların herhangi bir ön işlem uygulanmadan doğrudan yakma ya da toprağa gömülmesi işlemi “*düzenli bertaraf*” olarak tanımlanmış olsa da son yıllarda atıklar içeriklerine ve tekrar kullanılabilirliklerine göre sınıflandırılmaktadır (Yaslıkaya, 2004).

2.1.2. Katı Atık Türleri

Kaynaklarına göre atıklar genel olarak evsel nitelikli atıklar, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar, tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar ve özel nitelikli atıklar olmak üzere 6 sınıfa ayrılmaktadır (Uzunoğlu, 2014; Güleç, 2004; Palabıyık, 2001; Sayar, 2012; Tchobanoglous vd., 2002). Kaynaklarına göre atık türleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kaynaklarına Göre Katı Atık Türleri (Uzunoğlu, 2014; Güleç, 2004; Palabıyık, 2001; Sayar, 2012; Tchobanoglous vd., 2002)

Atık türü	Atık Üretiminin Gerçekleştirildiği Faaliyet ve Alanlar	Katı Atık İçeriği
Evsel	Hane halkının yaşadığı ev ve binalar	Yemek atıkları, kâğıt ve benzeri atıklar, , plastik içeriğe sahip ambalaj atıkları, bahçe budama atıkları, ahşap, metal içerikli atıklar, cam, ısınma sonucu oluşan küllü atıklar, sokak temizlik atıkları, özel atıklar ve evsel tehlikeli atıklar
Ticari ve Kurumsal	Ofisler, restoranlar, marketler, konaklama hizmeti verilen alanlar, petrol ofisleri, araç bakım onarım merkezleri. Eğitim, sağlık ve diğer kamu hizmeti verilen binalar	Evsel nitelikli atıklar, ambalaj atıkları, tehlikeli atıklar ve özel nitelikli atıklar
İnşaat ve Hafriyat	Kentte gerçekleştirilen inşaat faaliyetleri, yol yapım, bakım ve onarım faaliyetleri, inşaat yapım ve yıkım sonucu oluşan atıkları, yaya yollarının bakım ve onarım faaliyetleri	İnşaat yapım ve yıkıntı atıkları (moloz, çelik, plastik, beton, toz ve toprak)
Yerel Yönetim Hizmeti	Temizlik faaliyetleri (kumsal, cadde, bulvar, sokak, park ve rekreasyon alanları)	Temizlik atıkları, peyzaj ve park bahçe budama atıkları ile genel hizmetlerden oluşan atıklar.
Endüstriyel	İmalat ve yapım, ağır endüstriyel faaliyetler, petrol üretim ve ikmal tesisleri, kimyasal üretim gerçekleştirilen tesis, enerji üretim ve nakil istasyonları vb.	Endüstriyel üretim sonucunda oluşan katı ve sıvı atıklar, evsel nitelikli atıklar, inşaat yapım ve onarımına ait atıklar, özel nitelikli atıklar ve tehlikeli nitelikli atık.
Tarımsal	Ekim, budama ve hasat faaliyetleri, küçükbaş ve büyükbaş hayvan çiftlikleri.	Üretime alınmayacak olan çürümüş atıklar, ömrünü tamamlamış gıda atıkları, tehlikeli atık.

2.1.2.1. Ticari ve Kurumsal Atıklar

Ticari faaliyet gerçekleştiren farklı sektörlerdeki üretim süreci ve sonrasında meydana gelen ve genellikle yüksek organik madde içeriğine sahip olmayan atıklardır. Günümüzün ev dışında yaşamımızı geçirdiğimiz alanlarda (kamu alanları, okul, yerel yönetimlere ait binalar, yerleşim yerleri, ofisler, ticari merkezler, kütüphaneler, havaalanı vb.) oluşan atıklar evsel nitelikli ticari ve kurumsal atıklar olarak değerlendirilmektedir (Palabıyık, 2001; Steiner ve Wiegel, 2009).

2.1.2.2. Belediye İşlevleriyle İlgili Atıklar

Yerel yönetimlerin kanun, yönetmelik ve diğer mevzuatlarla vatandaşlar tarafından üretilen atıkların yanı sıra park bahçe budama atıkları, cadde, bulvar ve sokaklardan oluşan atıklar ile piknik ve plaj ile peyzaj çalışmaları sonucunda oluşan atıklar bu sınıfta değerlendirilmektedir (Steiner ve Wiegel, 2009).

2.1.2.3. Tarımsal Atıklar

Tarımsal üretim ile küçükbaş ve büyükbaş gibi hayvan yetiştiricilik sektöründen oluşacak tüm atıklar bu atık grubu içinde değerlendirilmektedir. Tarım faaliyetleri kapsamında ekim, budama ve hasat kaldırma sonucunda oluşan atıklar da bu atık sınıfında değerlendirilmektedir (Steiner ve Wiegel, 2009).

2.1.2.4. Tıbbi Atıklar

Sağlık sektörünü temsil eden hastahane, sağlık ocakları, kurumlara ait revirler, sağlık kabinleri ile eczanelerde ve evlerimizde kullanım sonucunda tarihi geçmiş ilaçlar da dahil oluşan tüm atıklar tıbbi atık sınıfında yer almaktadır. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde tıbbi atıklar "*enfeksiyon yapıcı atıklar (enfeksiyon yapıcı etkenleri taşıdığı bilinen veya taşınması muhtemel olan atıklar), patolojik atıklar (cerrahî girişim, otopsi, anatomi veya patoloji çalışması sonucu ortaya çıkan dokuları) ve kesici-delici atıkları (batma, delme, sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek "sert" atıklar)*" olarak tanımlanmaktadır (Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017).

2.1.2.5. İnşaat ve Hafriyat Atıkları

Bina ve tüm yapıların yapım ve inşaat aşamasından başlanarak, bakım ve onarımları ile yıkım işlemlerinin tamamı sonucunda oluşan atıklar bu atık grubu içerisinde yer almaktadır (Steiner ve Wiegel, 2009).

2.1.2.6. Özel Atıklar

Tüketimleri sonucunda diğer atık türlerinde ayrı olarak farklı bertaraf yöntemlerinin uygulandığı atık türleri özel atık statüsünde değerlendirilmektedir. Bu tür atıklar çevre ve halk sağlığı açısından zararlı etkilerinin olması sebebiyle diğer atık türlerinden ayrı olarak toplanması gerekmektedir. Özel atıklar genel olarak; radyoaktif atıklar, atık pil ve aküler, aydınlatma ürünleri, elektrikli ve elektronik içeriğe sahip atıklar, ömrünü tamamlamış araçlar, ömrünü tamamlamış lastikler ve benzeri atıklardır (Palabıyık, 2001).

2.1.2.7. Endüstriyel Atıklar

Endüstriyel üretimde ve sonrasında meydana gelen atıkların tamamı endüstriyel atık olarak ifade edilmektedir. Üretim yapılan sektöre bağlı olarak çeşitli atık türleri (tehlikeli, organik, kimyasal atık vb.) meydana gelmektedir (Palabıyık, 2001).

2.1.2.8. Evsel Atıklar

İnsan faaliyetleri sonucu evlerden, iş merkezlerinden, yemekhanelerden ve benzeri alanlardan kaynaklanan, çeşitli yöntemlerle geri dönüşümü sağlanabilen, enerji eldesinde kullanılabilen veya yerel yönetimler tarafından düzenli deponi alanlarında bertarafı sağlanan atıklar olarak tanımlanmaktadır (Sayar, 2012). Evsel atıklar içerisinde mutfak çöpleri, hijyenik malzemeler, çeşitli ambalajlar, kağıt, karton, cam, metal, organik maddeler vb. bir çok madde karışık halde bulunabilmektedir. Bütün yerel yönetimler için sağlıklı ve etkin bir geri dönüşümün sağlanabilmesi için evsel çöplerin kaynağında ayrı toplanması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca evsel nitelikli katı atıklar genellikle organik içeriğe sahip olmalarından dolayı hızla biyolojik ayrışmaya uğrayarak koku sorununa da neden olmaktadır (Toprak, 1998).

2.1.2.8.2. Katı Atık Karakterizasyonu

Evsel katı atıkların içeriğinde hangi maddelerin yer aldığını belirlemede kullanılan bir yöntemdir. Katı atıkların yoğunluğu ve çeşitliliği nüfusun yoğunluğundan, sosyo-ekonomik yapıdan, bölgede yaşayan insanların alışkanlıklarından etkilenmektedir. Nüfus arttıkça katı atık miktarı ve çeşitliliği artmaktadır. Bu çeşitlilik ve miktar ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye, aynı şehirde yer alan semtler arasında da farklılık göstermektedir. İnsan ve çevre sağlığının bu atıklardan en asgari düzeyde etkilenmesi için etkili bir atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Etkili bir atık yönetiminin sağlanmaması durumunda atıklar tüm yönleriyle çevre kirliliğine neden olacaktır (Özcan vd., 2005).

2.1.2.8.2.1. Katı Atık Karakterizasyon Gereksinimi

Katı atıklar için atık tür ve içeriğinin tespiti çalışmaları '*madde grup analiz metodu*' kullanılarak sağlanmaktadır. Katı atıkların karakterizasyonunun elde edilmesi ile çevre kirliliğini minimize edebilecek bertaraf yönteminin tespiti, gelecek tahmini nüfus verilerinden faydalanarak atık miktarının tahmini, atıkların toplama ve taşıma süreçlerine uygun yöntemlerin seçimi ve atıkların nihai bertaraf sürecinde düzenli depolama tesislerinin kullanım süresinin kontrolü gibi çalışmalarda önemli bir kaynak teşkil etmektedir (Yenice vd., 2009).

2.1.3. Katı Atık Yönetimi

Atık yönetimde en temel amaç, sistem içerisindeki yer alan atıkların çevre, insan sağlığı ve ekonomiye olan olumsuz etkisini asgari düzeye indirerek bertarafını sağlamaktır. Tüm bunların verimli yapılabilmesi için etkin bir katı atık yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketim sonrasında meydana gelen katı atıkların içerik ve miktarı ile bunları oluşturan üretim kaynaklarını iyice araştırılıp planlanması gerekmektedir. Tüm bunlar içinde (katı atık miktarı ve bileşenleri, nüfus ve taşıma biçimi) ileriki dönem planlamasına yönelik tahminlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Atıkların depolanma ve toplama yapılırken atık miktarını kapsayacak hacme sahip alan ve taşıyıcı araçlar tercih edilmelidir. Katı atıkların toplanması sonrasında atık bertarafının sağlanacağı tesislere taşınacağı mesafeler temel parametre olacak şekilde hesaplamalar yapılarak uygun bir aktarma istasyonunun projelendirilmesi yapılmalıdır. Toplanan tüm katı atıkların sırası ile ayırma, işleme ve kazanım proseslerinden geçtikten sonra nihai bertarafı sağlanmaktadır (Metin vd., 1996).

Geri kazanımın çalışmalarının artmasıyla, mevcut bütçelerinin %40'ını atıklarla mücadelede ayıran belediyelerin üzerindeki atıkların oluşturduğu ekonomik yük azalacak ve geri kazanımda elde edilecek olan gelir ile belediyelerin bütçesine ekonomik kazanç girecektir (Tekiner vd., 2010). Geri kazanımı yapılan atıklar sayesinde, doğal kaynaklar korunmuş olup aynı zamanda atık miktarlarında azalma, enerji konusunda tasarruf, ekonomik açıdan kazanç ve gelecek nesillere yatırım sağlanmış olacaktır (Aydın, 2006).

2.1.3.1. Küresel Katı Atık Yönetimi

Dünyada üretilen atık miktarındaki artış sebebi ile katı atık yönetim sistemi önemli bir konu olarak değerlendirilmektedir. Türkiye atık yönetiminde yeni adımlar atmaya başlamışken, Dünya'da birçok ülkede bu konular ile ilgili çalışmalar yapılmış ve bu konularda uzmanlaşmıştır. Katı atık yönetiminin dünyadaki değeri yaklaşık olarak 410 milyardır.

Dünyada atık yönetimi konusunda Avusturya, Almanya, Tayvan, Mısır, Brezilya, Singapur, Güney Kore, İngiltere, İtalya ve Fransa gibi şehirler önde gelmektedir. Atık yönetim basamaklarından

olan geri dönüşümde (toplam atık içinden); Avusturya, yüzde 63 ile ilk sırada gelmektedir. İkinci sırada yer alan Almanya’da bu oranın %60 olduğu biliniyor. Bu iki ülkeyi ise yaklaşık %60 orana sahip olan Tayvan takip etmektedir.

Brezilya 2014 yılı içerisinde gerçekleştirmiş olduğu geri kazanım çalışmaları kapsamında geri kazanabilir atıkların %98,4’ünü yeniden ekonomiye kazandırarak diğer ülkeler arasında ilk sırada bulunmaktadır. Singapur’da bu oran %59 Güney Kore’de %49 İngiltere’de %39 İtalya’da %36 Fransa’da ise %35’tir (Netpak, 2016).

2.1.3.2. Avrupa’da Katı Atık Yönetimi

Avrupa birliği içerisinde yer alan ülkeler sanayi devriminden sonra kurulan endüstriyelleşmenin bir sonucu olarak çevre sorunları ile tanışmışlardır. Çevre sorunlarının çözümü için düzenlemelere ihtiyacı olduklarının farkına varmışlardır. Ancak ülkelerin bireysel olarak yaptıkları düzenlemeler ülkeler arası sorunlara yol açmaya başlamıştır. Pazarı ortak olan ülkelere birinin çevre üzerine yatırım yapması ürünlerin fiyatında artışa neden olarak haksız bir rekabetin doğmasına neden olmuştur. Gerçekleşen gelişimlerden dolayı, kuruluş amacı sadece iktisadi kökenlere dayanan AB, amacını genişletmek zorunda kalmıştır. Günümüzde AB’ye uyum sürecinde olan ülkeleri zorlayan başlıkların başında çevre gelmektedir (Kalyancu, 2005).

Gelişmiş olan ülkelerde verimli bir şekilde geri kazanımı yapılabilen atık oranı yaklaşık olarak %40-60 arasındadır (Sayıştay, 2007).

Türkiye’yi AB’ye uyum sürecinde zora sokan maddelerin başında gelen çevre konusu, diğer uyum sürecinde olan ülkeler açısından da aynı zorluktadır. Maliyeti yüksek olan çevre konularının ilk basamağında yer alan etkili bir atık yönetimi ile bu zorluklar azalacaktır (Sayıştay, 2007).

2.1.3.3. Türkiye için Katı Atık Yönetim Uygulaması

Ülkemizde katı atık yönetimi yaklaşımı denilince genellikle temizlik faaliyetleri düşünülmektedir. 1930 yılında kamu sağlığı odaklı olan yaklaşımın, 1980’li yıllarda çevre odaklı olarak değişmesiyle birlikte Çevre Müsteşarlığı ve Çevre Bakanlığı (1991 yılında) kurulmuştur. Bu yaklaşım devlet politikalarının başında yer almaya başlamış ve devam eden süreçte değişerek çevre odaklı bakış açısının yerini, bu yaklaşımın sonucu olarak oluşan ürün odaklı bir yaklaşım olarak evrilmiştir. Bu yaklaşımın adı temizlik hizmetleri adı altından çıkıp “katı atık yönetimi” adını almaya başlamıştır. Ürün odaklı yaklaşım hizmet alanının ticari amaçlara kaymasına neden olmuştur. Böylelikle katı atık yönetimi sürecinin her adımı özel sektöre devredilerek yeni bir iş kolu oluşmuştur (Güler, 2001).

Günümüzde ise Entegre Atık Yönetimi benimsenmiştir. Entegre atık yönetim sistemi ile bölgesel olarak üretilen atıklar, ayrı biriktirilmekte, toplanmakta, taşınmakta, aktarılmakta, atık geri

dönüşümü sağlanmakta, sonrasında geri kazanım süreçleri uygulanarak ve nihai süreçte bertarafı sağlanmaktadır. Entegre atık yönetim sisteminin ana amacı çevresel sürdürülebilirlik sağlanırken diğer bir yandan da ekonomikliğin sağlanması da hedeflenmektedir (Güler, 2001).

TÜİK 2016 yılında yayınladığı rapora göre Türkiye’de 2016 yılında günde kişi başına üretilen atık miktarı ortalama 1,17 kg olarak bulunmuştur. Bu rapor doğrultusunda İstanbul için kişi başına düşen ortalama atık miktarı 1,30 kg, Ankara için 1,14 kg, İzmir için 1,32 kg olarak hesaplanmıştır. Belediyeler, 2016 yılında 32 milyon ton olarak toplanan atığı sırasıyla %61,2’si katı atık düzenli depolama alanlarına, %9,8’si geri kazanım tesislerine ve %28,8’i belediye çöp depolama alanlarına dağıtmaktadır. Geriye kalan %0,2’lik atığın ise istenmeyen bir yönetim anlayışıyla atık yakma, gömme veya dere/araziye dökme yöntemleri bertaraf edildiği açıklanmıştır (TÜİK, 2016).

2.2. Deniz Çöpleri

Deniz çöpleri, üretilen, işlenen ve kıyısız veya deniz ortamına boşaltılan, atılan ya da bırakılan herhangi kalıcı katı materyallere olarak tanımlanmaktadır (Galgani vd., 2020; UNEP, 2005; Vişne vd., 2015). Deniz çöpleri karasal ve denizel kaynaklı kirliliklere sebep olmakla beraber çeşitli etkileri de barındırmaktadır (çevre, ekonomik, güvenlik, sosyal, sağlık ve kültürel) (Laist, 1987). Deniz çöpleri genellikle plastik, kâğıt, cam, metal, tahta, lastik, giysi vs. gibi atıklardan meydana gelmektedir (Corcoran vd., 2009).

Deniz kökenli deniz çöpu kaynaklarının çoğunluğu gemilerden (ticari, yolcu, balıkçı, askeri filo ve araştırma), eğlence amacıyla kullanılan gezi teknelerinden, petrol ve gaz arama ve kullanma platformlarından, sondaj kuyularından ve çeşitli su ürünleri yetiştiriciliği yapılan tesislerden kaynaklandığı öngörülmektedir. Karasal kökenli deniz çöplerinin ise kıyı veya kıyıya yakın (sahil, plaj, liman, marina ve nehir kenarlarını) işletme ve kullanıcılardan kaynaklanabilmektedir. Deniz yüzeyinde bulunan söz konusu deniz çöpleri aynı zamanda deniz ortamında atıkların taşınım, dağılım ve depolanması gibi süreçlerde meteorolojik (rüzgâr, yağış vb.) ve oşinografik şartlara (akıntı, gel-git döngüsü, deniz topografyası) bağlı olarak etkilenir (UNEP, 2009). Deniz çöpleri kıyı ve deniz ekosistemlerinde çözölemeyen bir kirlilik sorunu olarak değerlendirilmektedir (Allsopp vd., 2006).

2.2.1. Deniz Ortamındaki Mikroplastikler

Plastik atıklar deniz ekosisteminde kirliliğe neden olarak önemli bir çevre sorunu yaratmaktadır (Derraik, 2002). Daha fazla plastik salınımı ve hâlihazırda mevcut olan parçalanma hızının yavaş olması sebebiyle, deniz ortamındaki plastik kalıntılar birikmektedir (Environment Canada, 2003). Kumsal ve plajlarda biriken plastik atıklar çeşitli fiziksel koşullardan etkilenerek (ultraviyole (UV) ışık, sıcaklık, hava olayları, dip ve yüzeysel akıntılar) ufalanır ve daha küçük parçalara ayrılırlar (Corcoran vd., 2009). Bu fiziksel parçalanma sonucunda mikroplastik olarak

isimlendirilen ve ancak mikroskop altında gözlemlenebilen 5 mm daha küçük boyutlara ulaşırlar (Moore, 2008).

Bulunan en büyük çöp öğelerinden bazıları, sahipsiz balık ağlarıdır. Bu ağlar birkaç kilometre uzunluğunda ve dokuz ton ağırlığında olabildiği bildirilmiştir (Kiessling, 2003). Bulunan en küçük öğeler 1.6 µm ölçüsünde plastik parçacıklardır. Bununla birlikte, bulguların mevcut izleme teknikleri sınırlı olması sebebiyle tespit edilemeyen nano boyutlarındaki öğelerin de bulunabileceği düşünülmektedir (Galgani vd., 2010). Plastikler boyutlarına göre Tablo 2.2’de kategorize edilmiştir (Tutoğlu, 2019).

Tablo 2.2. Plastikler için boyut sınıfları (Tutoğlu, 2019)

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

Mikroplastikler üretilmiş olduğu plastik hammaddesine ve kullanıldıkları alana göre farklı mikroskobik parçalardan meydana gelmektedir. Mikroplastikler kendi içerisinde boyut, kaynak, üretilen hammadde, tip, yapı, şekil, renk ve taşınabilirlik özelliklerine göre kategorize edilmektedirler (Tutoglu, 2019; Yurtsever, 2015; Yurtsever vd., 2017). Plastiklerin doğaya bırakılması sonrasında çevresel şartlara bağlı olarak son alıcı ortam olan denizel ortama taşınmaktadır. Ayrıca plastiklerin mikroplastiklere dönüşmesi sonrasında en hafif rüzgarlarla beraber hiç düşünemeyeceğimiz ortamlara kadar taşınabildiği rapor edilmiştir (Yurtsever, 2015; Tutoglu, 2019; Venghaus vd., 2017).

Dünya genelinde tüm ekosistemi etkileyen başta mikroplastik olmak üzere plastik kirliliği ortalama 800 canlı türünü etkilediği rapor edilmiştir (Bouwmeester vd., 2015; Rist vd., 2018). Söz konusu plastiklerin canlılar tarafından çok küçük boyutlarda olması ve yiyecek zannedilmesi sebebiyle tüketimleri sonucunda genellikle sindirim kanallarında bulunduğu bildirilmiş olup, mikroplastiklerden çok daha küçük nanoplastikler besin zinciri yoluyla aktarıldığı rapor edilmiştir (Bouwmeester vd., 2015).

Mikroplastikler bünyeleri üzerinde kimyasal ve benzeri kirleticileri kolaylıkla taşıyabilmeleri sebebiyle kirletici taşıma görevi de üstlenerek deniz ortamındaki canlılar için tehlike yaratmaktadırlar. Plastikler ile beslenen deniz canlılarının, farkında olmadan sindirim, hormonal ve üreme sistemleri üzerinde zarar gördüğü ve midelerinde plastiğin çok birikmesi sebebiyle yetersiz beslenme sonucu ölmelerine neden olduğu bildirilmiştir (Kershaw, 2016; Rist vd., 2018)

2.2.2. Türkiye’ de Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Çeşitli sebeplerle deniz ortamlarına ulaşan deniz çöpleri, her geçen gün özellikle deniz ortamında yaşamını devam ettiren tüm canlılar için önemli bir sorun olarak bilinmektedir (Vişne vd., 2015).

Deniz çöpleri içerisinde önemli bir oranı oluşturan plastik atıklar denize kıyısı olan başta Akdeniz bölgesi olmak üzere tüm denizel bölgeler için yaygın bir problem olarak aktarılmaktadır. İskenderun körfezinde plastik kirliliğinin araştırıldığı bir çalışmada balık avcılığında kullanılan bir trol aracıyla toplam 15.583 gram ve 510 adet plastik atık toplanmış ve toplanan bu atıklar mevsimsel olarak değerlendirildiğinde plastik atığın en çok Temmuz ayında ve en az Nisan ayında bulunduğu bildirilmiştir (Yılmaz vd., 2002).

Ülkemizin Karadeniz kıyılarında deniz tabanında katı atık yoğunluğunun araştırıldığı bir çalışmada toplam olarak 244 adet katı atık toplandığı ve bu atıkların %79,6’sının naylon, %10,3’ünün sert plastik olarak tespit edildiği aktarılmıştır (Topçu ve Öztürk, 2010).

Ülkemizin Antalya ili deniz bölgesinin deniz tabanında gerçekleştirilen bir çalışma kapsamında 220,4 kg ve 920 parça atık toplandığı ve toplanan atıkların oranları incelendiğinde %81,1 oranı ile en çok orana sahip plastik atık türünün olduğu tespit edilmiştir. Diğer oranlar incelendiğinde ise diğer atık türleri (%12,8), cam atık (%3,9) ve metal atık (%2,2) türleri olduğu rapor edilmiştir (Güven vd., 2013).

Kuzeydoğu Akdeniz bölgesi içerisinde Kilikya Havzasının kıyısında gerçekleştirilen bir çalışmada toplam 17,024 adet deniz çöpünün toplandığı ve çalışma kapsamında sahillerin temiz kıyı indeksi (Alkalay vd., 2007) çerçevesinde değerlendirildiği raporlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda toplanan atıkların çoğunluğunu (% 73) plastik atıkların oluşturduğu ve ayrıca geri kalanın cam, seramik, kâğıt ve türevleri ile metal atık türlerini içerdiği bildirilmiştir (Aydın vd., 2016).

Ülkemizdeki tüm denizlerin farklı bölgelerinden ve deniz canlılarından numuneler alınarak mikroplastik konusunda gerçekleştirilen çalışma ile en çok mikroplastığın su yüzeyinde var olduğu rapor edilmiştir. Deniz canlılarına ait 846 adet balıklara ait sindirim kanallarının incelenmesi sonucunda ise balıkların %57’sinde plastiğin bulunduğu bildirilmiştir (Kıdeyş vd., 2016).

Deniz tabanında bulunan deniz çöplerinin konu edinildiği Sinop iline bağlı İnceburun kıyısında gerçekleştirilen araştırmada oransal olarak en çok tespit edilen atık türünün plastik (% 95,35) atık türü olduğu ve geriye kalan atık türlerinin ise oransal olarak tekstil (% 2,33) ile ahşap (% 2,33) atık türü olduğu tespit edilmiştir (Öztekin ve Bat, 2017).

Antalya Körfezi sınırları içerisinde deniz tabanında deniz çöplerinin tespiti anlamında gerçekleştirilen bir çalışmada 370 adet ve 136,3 kg ağırlığında deniz çöpu toplandığı ve bu deniz çöplerinin yoğunluk bakımından incelenmesi sonucunda yaz aylarında en yoğun olduğu ve bahar aylarında en düşük yoğunluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında toplanan atıkların incelenmesi sonucunda en çok plastik atık türüne rastlandığı bildirilmiştir (Olguner vd., 2018).

2.2.3. Akdeniz için Mikroplastik Değerlendirmesi

Akdeniz bölgesi kapsamında deniz yüzeyi, su kolonu ve sediman örneklerinin incelendiği çalışmada Mersin Körfezi sınırları içerisinde mikroplastik (fiber) parçacıkların sırasıyla en çok sediman katmanında (%56-76), daha sonra su kolonu katmanında (%33-39) ve en az ise deniz yüzeyinde olduğu tespit edilmiştir (TÜBİTAK MAM-ÇŞB, 2017).

2018 yılı içerisinde yayınlanan bir rapor kapsamında, Akdeniz bölgesinde yaşamakta olan 134 farklı deniz canlı türünde plastiğin tespit edildiği bildirilmiştir (WWF, 2018).

Deniz canlılarının yiyecek olarak plastik parçalarını tüketmeleri sonucunda canlıların açlık hissi ortadan kalkmaktadır. Ayrıca plastiklerin göç ederek hayatlarının devamlılığını sağlayan canlılar için hayati öneme sahip yağ depolama süreçlerine zarar vermesi sebebiyle yağın depolanması sürecinin gerçekleşmediği rapor edilmiştir. Bu ve buna benzer birçok olumsuz duruma sebep olan plastikler canlıların ölmesine sebebiyet vermektedir. Akdeniz bölgesinde yaşamakta olan her deniz kaplumbağasının plastikleri tükettiği tespit edilmiştir (WWF, 2018).

2.2.3.1. Akdeniz’ de Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Akdeniz gibi gelişmiş alanlarla çevrili yarı kapalı denizlerin yüksek deniz çöpu miktarlarına sahip olması muhtemel olduğuna değinilmiştir (Barnes vd., 2009).

Kara kökenli deniz çöpu kirliliği, hava olaylarından kaynaklanan zamansal farklılıklar göstermesine rağmen, esas olarak nehirlerde veya fırtına sonucunda kanallara dökülen çöpu miktarlarının tespit edilebilmesiyle ölçülebileceği bildirilmiştir. Akdeniz’de, Po nehrindeki çöpu konsantrasyonu hakkında yapılan çalışma kapsamında Po nehrine, 1 (İlkbahar) ila 12.2 ürün / m³ (kış) aralığında değışen, ortalama her yıl 50 milyar parçacık seviyesinde bir giriş olduğu tespit edilmiştir (UNEP, 2015). Başka bir çalışma (Tweehuysen, 2015) her yıl 677 ton mikroplastığın Akdeniz’e girdiğini göstermiştir.

1991’de yayınlanan Akdeniz’deki deniz çöplerini konusunda gerçekleştirilen araştırma sonucunda toplanan plaj çöpünün % 75’inin plastik maddelerden oluştuğu bildirilmiştir (Yurtsever, 2015). Beş Akdeniz ülkesindeki kıyı şeridinde tespit edilen deniz çöplerinin yoğunluğuna ilişkin verilerin gözlemi çalışmasında 6.4 ila 231 madde/m²’lik değerler bulunduğu rapor edilmiştir (Barnes ve Milner, 2005). Akdeniz’deki çöpu değerlerinin, konumları açısından diğer bölgelere göre önemli ölçüde yüksek olduğu hesaplanmıştır.

1993-1994 yıllarında İspanya, Fransa ve İtalya kıyılarında Kuzeybatı Akdeniz’de trol ağıları kullanılarak deniz tabanında gerçekleştirilen bir araştırmada, yüksek miktarda çöpu miktarı rapor edilmiştir (1935 ürün / km² veya 19.35 ürün / hektar) (Galgani vd., 1995). Toplanmış olan deniz çöplerinin % 77’sinin plastik içeriğine sahip olduğu ve bu plastik içeriğine sahip çöplerin % 92,8’i plastik poşetlerden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Kuzey Batı Akdeniz'de yüzen çöplerin araştırıldığı bir çalışmada, okyanus yüzeyinin görsel olarak inceleme yönteminin kullanılarak gerçekleştirildiği bildirilmiştir (Aliani ve Molcard, 2003). 1997'de, 15 ila 25 öge / km²'lik bir yoğunluğun gözlemlendiği ve 2000'de, 1.5 ila 3 öge / km²'lik daha düşük bir aralık kaydedildiği bildirilmiştir. Aradaki farkın meteorolojik şartlar, deniz akımlarındaki çöp girdisindeki bir değişikliğe bağlı olabileceği bilgisi aktarılmıştır.

Yunanistan'ın iki kıyı bölgesinde yapılan bir çalışmada, 1997-1998 yıllarında deniz tabanını araştırmak için trol ağları kullanılarak bir çalışma gerçekleştirilmiş ve km²'de 89 - 240 öge aralığında çöp miktarı tespit edilmiştir (Stefatos vd., 1999).

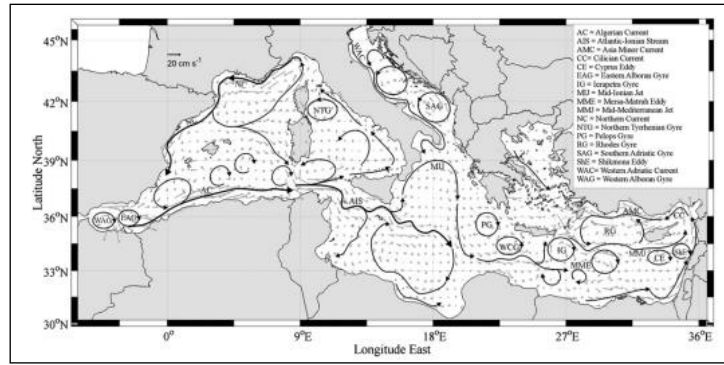
2003 yılında Yunanistan'ın (Doğu Akdeniz) kıyı bölgelerindeki tüplü dalgıçlar tarafından deniz tabanının gözlemlendiği görsel bir araştırmada, km² de 0 ile 251 öge rapor edilmiştir (Katsanevakis ve Katsarou, 2004). Koylarda ölçülen çöp miktarlarının, açık alanlara ve balıkçı teknelerinin demirlendiği bölgelere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.

UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)'e (2015) göre, Akdeniz sahillerindeki deniz çöpleri ağırlıklı olarak plastik, alüminyum ve camdan oluştuğu ve bu çöplerin toplamının %52 sini meydana getirdikleri kaydedilmiştir. Sigara ile ilgili maddeler, küresel ortalamanın oldukça üzerinde olan % 40'lık bir değeri oluşturduğu hakkında detay vermişlerdir. Akdeniz sahilleri üzerinde yapılan çalışmaların çoğu, plastik yoğunluğunun belirli yerel koşullardan veya sel olaylarından sonra çok yüksek miktar aralığında olduğu bildirilmiştir. Kara kökenli kaynaklar dünyanın deniz kirliliğinin % 80'ini oluşturduğunu kaydetmişlerdir. Araştırmacılar, atık yönetim önlemleri olmadan, dünya genelinde dökülen plastik miktarının önümüzdeki on yılda on kat artacağı ve bu değer Akdeniz'de 2010 ile 2025 arasında 2,17 kat artacağını tahmin etmişlerdir (UNEP, 2015).

2.2.3.2. Akdeniz'de Doğal Akıntılar ile Deniz Çöpünün Taşınması

Dolaşım, deniz çöpünün taşınmasında ana itici gücü olarak kabul edilmektedir. Akımlar, kompozisyonlarının ve özgül ağırlıklarının bir fonksiyonu olarak her boyuttaki öğelerin tüm derinliklerde var olabileceği bildirilmiştir (Poullain vd., 2012). Akdeniz havzası kısıtlı bir alana sahip olması sebebiyle yüzey dolaşımının değişkenliği çok yüksek olduğu rapor edilmiştir. Yüzeysel deniz çöpleri hakkında genel bir fikir sahibi olunabilmesi için, limanlar, yüksek nüfuslu kıyı şehirleri, iç kaynaklar için nehir çıkışları ve büyük kargo ve yolcu gemileri rotaları gibi antropojenik kaynakları ve denizdeki mevsimsel değişkenliği gibi etmenler göz önünde bulundurması gerektiği tespit edilmiştir. Bu etmenler değerlendirilerek Akdeniz havzasında çöplerin nasıl taşınabileceği hakkında bir öngörü aktarılmıştır (Şekil 2.1.) (Poullain vd., 2012).

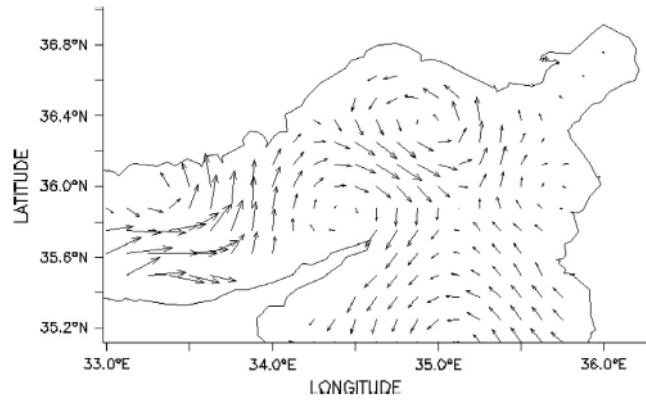
Akdeniz'de birkaç aydan daha uzun süren kalıcı jetler meydana gelmemesi ve mevsimsel ve yıllık değişimler su hareketlerini ve çöpün dağılımını değiştireceği bildirilmiştir (Poullain vd., 2012).



Şekil 2.1. Akdeniz'de yüzey suyu dolaşımı genel şeması (Poullain vd., 2012)

2.2.4. Mersin İl Sınırları İçerisinde Deniz Çöpleri ve Mikroplastikler ile İlgili Literatür Çalışmaları

Eryasar vd. tarafından 2014 yılında Kuzey Doğu Akdeniz’de, deniz çöplerinin bileşimi ve trollere yerleştirilen seçici ızgara sistemleri üzerindeki bloke olma potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 20 Eylül 2010 ve 19 Şubat 2012 tarihleri arasında iki balıkçılık sezonunda toplam 132 trol aracından toplanan deniz çöpu miktarlarının incelenmesi sonucunda elde edilen veriler bildirilmiştir. Sonuçların incelenmesi neticesinde en fazla kalıntının ağırlıkça %73 oranında plastik maddelerin olduğunu ve takiben ağırlıkça %10 düzeyinde metal içerikli maddelerin olduğunu gözlemlenmiştir. Plastikler ve ambalaj çöpleri nedeniyle, trol taşıma sistemlerinin neredeyse % 85 oranında ızgaraların tıkanmış olduğu gözlemlenmiştir. Deniz çöpu miktarındaki derinliğin ve coğrafi değişkenlik değerlendirilmiş ve özellikle akımların yönü ve alt topografyanın birikimin yoğun olduğu bazı bölgelerde, bu tür cihazların özellikle plastikler ve ambalaj döküntüleri tarafından kolayca etkisiz hale getirilebileceği sonucuna varıldığı bildirilmiş ve söz konusu bu problemi çözmek için birkaç çözüm önerisi sunulduğu görülmüştür. Eryasar vd. (2014) ortaya koymuş oldukları çalışmada vurgulanan bir diğer önemli nokta ise deniz ortamına ulaşan düşük batma değerine sahip deniz çöplerinin deniz ortamındaki akım sebebiyle deniz tabanına ulaşmadan önce önemli bir mesafeden taşınabildiği bildirilmiştir. Ekim 2011 de elde edilen bilgi çerçevesinde İsrail ve Lübnan kıyılarındaki bölgeden akan akımlar sebebiyle (Şekil 2.2.) hafif malzemelerin taşımını için önemli bir etken olduğu ve plastiklerin önemli bir kısmının körfez dışından kaynaklanabileceği muhtemel olduğu bildirilmiştir.



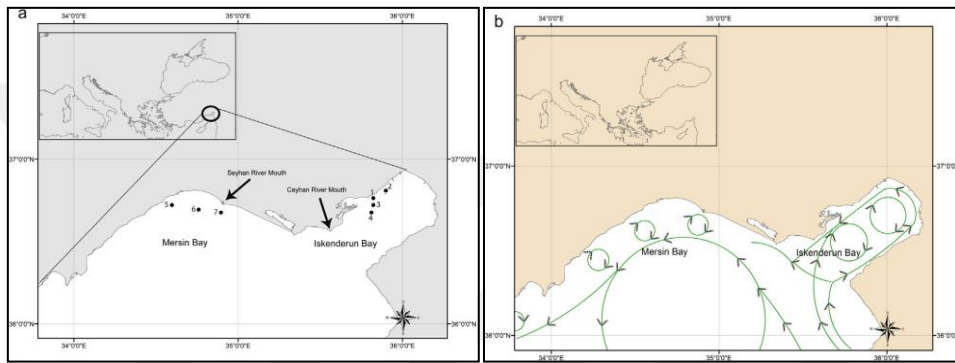
Şekil 2.2. Kuzey Doğu Akdeniz'deki dip akımların yönü (Eryasar vd., 2014)

Aydın vd. tarafından 2016 yılında Kilikya Havzası'ndaki kirlilik seviyesini değerlendirmek için bir çalışma gerçekleştirmiş ve bu çalışma kapsamında, mevcut deniz çöpü hakkında veri toplamayı ve karşılaşılan çöpün muhtemel kaynaklarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, Nisan 2014'te Avrupa Birliği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD) tarafından önerilen kıyı çöp örnekleme tasarımı kullanılarak Doğu Akdeniz'deki Kilikya Havzası'nda bulunan 13 plaj incelenmiştir. Deniz çöpünün kaynakları, sınır ötesi çöp türleri ve türlerin ikincil kullanımları da dikkate alınarak hem kullanım hem de menşe açısından değerlendirildiği bildirilmiştir. Çalışma kapsamında 13 plajdan toplam 17.024 ürün toplanmış ve ortalama çöp yoğunluğunun 0.92 ± 0.36 ürün / m^2 olduğu bildirilmiştir. Clean-Coast-Index'e (CCI) göre değerlendirmeler neticesinde, örneklenen 13 plajdan üçü temiz veya çok temiz, ikisi orta ve sekiz tanesi kirli veya aşırı kirli bulunduğu değerlendirilmiştir (Aydın vd., 2016, Angiolillo, 2019).

Akdeniz, her geçen gün daha fazla mikroplastik kirliliğe maruz kalan bir ekosistemdir. Bu, Akdeniz'in tamamının plastik kirliliğinin olumsuz etkileriyle yüzleşmektedir (Gündoğdu vd., 2017). 2017 yılında Gündoğdu ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışma ile plastik kirliliğine en çok maruz kalan Mersin Körfezinde deniz plastik çöpleri ve kirlenen mikroorganizmaları içeren bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında 4 farklı istasyondan ticari bir trol teknesi ile deniz tabanından örneklemeler yapılmıştır. Örneklemeler sonucunda toplam 3.88 kg plastik (ortalama = 0,97 kg; $n = 120$; 2670 madde / km^2 ; 86,3 kg / km^2) toplanmış ve ATR-FTIR analizine dayanılarak, toplam 9 çeşit plastik içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler neticesinde plastik ile kirlenmiş 17 farklı türe ait 6 filuma, 7 sınıf ve 11 sıra bulunmuştur. Sonuç olarak, Mersin Körfezine ait örnekler incelendiğinde bir besin kaynağı olarak kullanılan plastik çöplerinin tıpkı doğal bir besin kaynağı gibi çok yüksek bir yaşam çeşitliliği içerdiğine değerlendirilmiştir.

2017 yılında Gündoğdu ve Çevik tarafından Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında bulunan İskenderun ve Mersin Körfezinde belirlenen yedi istasyonda (Şekil 2.3.a.) mikro ve mezoplastik kirliliği üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Mersin Körfezi'ndeki istasyonlar, Limana akan Seyhan Nehri'nin etki alanı olan Mersin Limanı ve Körfezdeki akım (Şekil 2.3.b.) dikkate alınarak seçildiği bildirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yedi istasyonda hem mikro hem de mezoplastik

düzeyinin ortalama 0.376 madde / m² olduğu belirlenmiştir. En yüksek seviyeye Seyhan nehrinin ağzında (906 madde) Mersin Körfezi'nde, en düşük seviye İskenderun Körfezi'ndeki bir istasyonda (78 madde) bulunmuştur. Plastiklerin 5 farklı tipte ve 15 farklı renkte olduğu tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, Türkiye'nin Akdeniz kıyılarındaki mikroplastik kirlilik seviyesinin Akdeniz'in diğer bölgelerine benzer olduğu bilgisi paylaşılmış olsa da Mersin Körfezi'nde gerçekleştirilen kısımda elde edilen miktarın (0.6827 madde / m²), Akdeniz 'de gerçekleştirilen diğer çalışmalarda verilen miktardan önemli ölçüde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ana sebebinin Seyhan Nehri'nin varlığı olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma ile Türkiye'nin Kuzey Doğu Levanten kıyılarında mikroplastik kirliliğinin varlığı ile ilgili farkındalığın az olduğu tespit edilmiş ve özellikle karar alıcılar tarafından farkındalığın artırılması gerekliliği gün yüzüne çıktığı bildirilmiştir.



Şekil 2.3. a) Örneklem Alanları, b) bölgede baskın akımlar (Gündoğdu ve Çevik, 2017)

Gündoğdu ve arkadaşları tarafından Mersin Körfezi'nin Kuzeydoğu kıyısında sel olaylarıyla birlikte mikroplastik miktarının değişiminin araştırıldığı çalışmada şiddetli yağmur sonucunda oluşan seller ile deniz ortamlarına önemli miktarda kirlenici maddenin taşındığı belirtilmiştir. Sel öncesi ortalama 539.189 MP / km², sonrasında ise 7.699.716 MP / km² olduğu ve 14 katlık bir artışın olduğu tespit edilmiş ve sel öncesi dönemde 2,37 mm olan ortalama parçacık boyutu sel sonrası dönemde 1,13 mm'ye düştüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak şiddetli yağmur ve sel olaylarının deniz ortamındaki mikroplastik seviyelerinde önemli ölçüde artırabildiği bildirilmiştir (Gündoğdu vd., 2018).

Akarsu vd. tarafından 2020 yılında Akdeniz'in kuzey doğusunda Mersin Körfezi'ne boşaltılan üç atıksu arıtma tesisinde mikroplastik bileşimi ve yükünün değerlendirildiği bir çalışmada, kanalizasyon sistemiyle atıksu arıtma tesislerine ulaşan ve arıtım sonrasında denize deşarj edilen arıtılmış sularındaki mikroplastik yükünün tespit edildiği bildirilmiştir. Çalışmada bir yıl boyunca aylık olarak atık su örnekleri toplanmış ve atık sularındaki mikroplastik konsantrasyonları incelenerek ortalama 0.6 ile 1.6 mikroplastik/L parçacığın bulunduğu rapor edilmiştir. Atıksu arıtma tesis giriş sularında, tesis çıkış sularına kıyasla ortalama olarak yaklaşık 2,5 kat daha fazla mikroplastik konsantrasyonu içerdiği tespit edilmiştir. Üç atık su arıtma tesisinin çıkış suları ile litre başına ortalama 0,9 adet mikroplastik parçacık Mersin Körfezi'ne ulaştığı ve sonuç olarak incelenen atıksu

arıtma tesislerinin Kuzeydoğu Akdeniz'deki mikroplastiklerin ana kaynaklarından biri olduğu bildirilmiştir (Akarsu vd., 2020).

Özgüler, Akdeniz havzası içerisinde Mersin Körfezinin mikroplastiklerden en çok etkilenen bölgeler arasında olduğunu bildirmiştir (Özgüler, 2022). Güven ve diğerleri tarafından 2017 yılında deniz yüzeyinde 172.723 mikroplastik partikül/km², su sütununda 3,4 mikroplastik partikül/m³ ve tortuda 274 mikroplastik partikül/L kadar yüksek konsantrasyona bildirilmiştir (Güven vd., 2022). Akarsu tarafından Mersin Körfezi'nin tahmini hacmi 175 m³ alınarak su sütunu için 3,4 adet/m³ değeri kullanılarak, mikroplastik içeriği 595 milyar parçacık olduğu hesaplandığı aktarılmıştır (Akarsu vd., 2020). Akarsu vd. tarafından hesaplanan mikroplastik içeriğinin Özgüler'in çalışması ile kıyaslanması durumunda örneklenmiş sekiz nehirden kaynaklanan altı aylık bir mikroplastik taşıma kapasitesine ya da Berdan ve Seyhan nehirlerinin de dâhil edilmesi durumunda sadece üç aylık bir taşıma kapasitesine eşdeğer olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde nehirlerden kaynaklanan mikroplastik içeriğinin deniz ortamına ciddi bir katkısı olduğu bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Tez çalışmasında karasal ve deniz atıkları ile deniz suyu örneklemeleri, Mersin İli Akdeniz İlçesi sınırları içerisinde bulunan Mersin Liman Bölgesinden temin edilmiştir. Örneklemelerin Mersin Büyükşehir Belediyesinin yetkili olduğu çalışma alanlardan temin edilmesi sebebiyle, Mersin Üniversitesi Rektörlüğü ve Mersin Büyükşehir Belediye Başkanlığı koordinasyonunda yazışmalar gerçekleştirilmiş olup resmi yazı ile gerekli izinler alınmıştır [EK 1]. Tez çalışmasının gerçekleştirildiği bölgede kapalı havza niteliğinde olan uluslararası liman, balıkçı barınağı ve vatandaşlar tarafından yoğun olarak kullanılan Atatürk Parkı bulunmaktadır (Şekil 3.1).



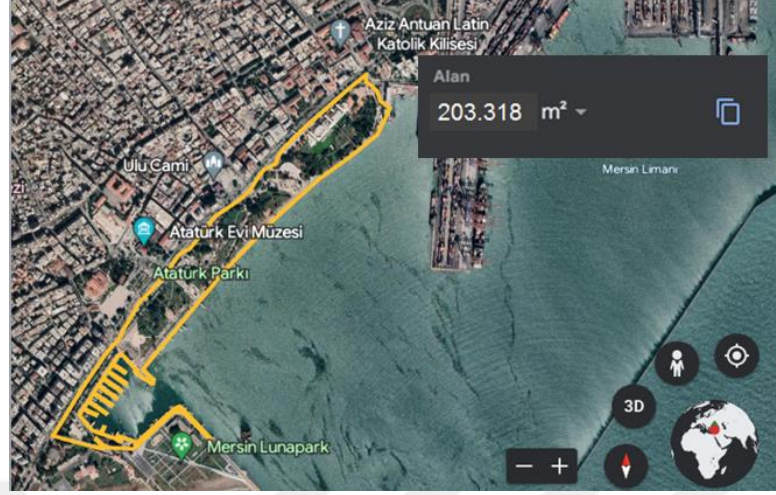
Şekil 3.1 Tez kapsamında çalışma alanının kuşbakışı görünümü

3.1.1 Karasal Alan

Mersin Büyükşehir Belediyesinin yetki alanında olan Atatürk Parkı araç trafiğine kapalı, denize kıyısı olan ve aynı zamanda bisiklet ve yürüyüş yolunun bulunduğu bir yeşil alandır Konum itibari ile iş merkezlerine, kamu binalarına, okul ve alışveriş merkezlerine yakın bir mesafede yer almaktadır. Kent merkezinde olması nedeni ile yoğun bir araç trafiğinin yanı sıra toplu ulaşımında merkezinde bulunmaktadır. Tüm bu özelliklerinden dolayı bir cazibe merkezi olup park içerisinde insan yoğunluğu günün her saatinde yüksektir. Ayrıca hafta sonları Mersin halkı tarafından yoğun olarak kullanılan ve yanlarında getirdikleri içecek veya yiyecekleri tüketebildikleri sosyal bir alan niteliğindedir (Şekil 3.2.).

Çamlıbel Balıkçı Barınağı, Atatürk Parkının devamı niteliğinde halkın ziyaretinin yanı sıra kentin geleneksel olarak geçim kaynağını temsil eden amatör ya da ticari balıkçılık faaliyetleri ile gezinti teknelerinin ve tekne restoranların bulunduğu sosyal bir alandır. Çalışma Atatürk Parkı'nın

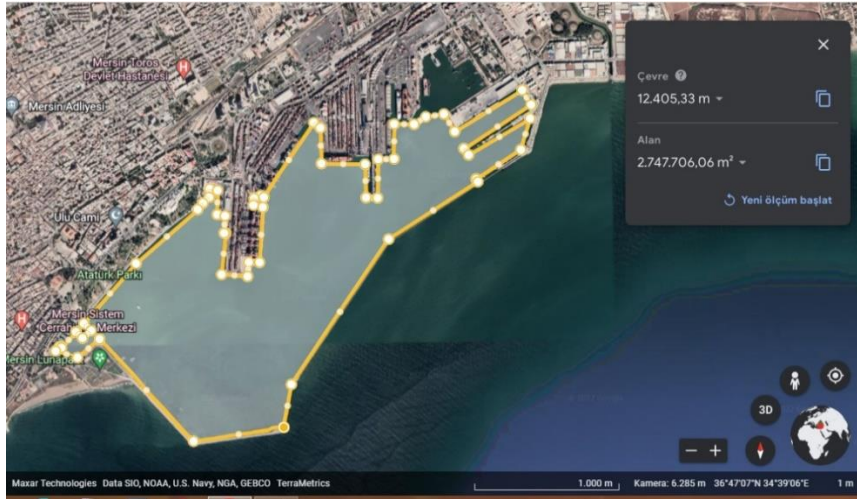
yaklaşık 185.990 m² ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nın yaklaşık 17.328 m² kullanılabılır karasal alanında toplam 203.318 m² alanda yapılmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Karasal katı atıkların toplandığı çalışma alanı

3.1.2. Denizel Alan

Mersin Uluslararası Liman, Türkiye'nin Mersin ilinde kurulu olan ve Türkiye'nin önemli gelişmiş limanlarından bir tanesidir. Mersin Limanı, Mersin ilinin Akdeniz ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır (Mersin Port, 2023) (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Denizel katı atıkların toplandığı çalışma alanı

Mersin Limanı ülkemiz içerisinde kara ve demir yolları vasıtasıyla birçok bölgeye rahat bir şekilde bağlanmaktadır. Mersin Limanı içerisinde gemi ve mürettebatı için ihtiyaç duyulan tüm hizmetleri sağlamakta olup, büyüklüklerine bağlı olarak yaklaşık altmış adet gemiye aynı anda hizmet verebilmektedir (Mersin Port,2023).

Çalışma kapsamında denizel atıkların toplandığı Mersin Liman Bölgesi'nin çevresi 12.405,33 m (12,41 km) ve alanı 2.747.706,06 m² (2,75 km²) dir (Şekil 3.3).

3.2. Materyal

Şekil 3.2.'de verilen karasal alanda çöp konteynerlerine atılmayan katı atıkların miktar ve karakterizasyonu çalışılmıştır. Ayrıca Şekil 3.3.'te verilen denizel alanda deniz yüzeyinde toplanan katı atık (denizel çöpler) miktar ve karakterizasyonu ile toplanan deniz suyu örneklerinde mikroplastik çalışmaları yapılmıştır.

3.2.1 Numune Alımı

3.2.1.1 Karasal Atıklar

Mersin Liman Bölgesine kıyısı olan Atatürk Parkı ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı gibi halk tarafından yoğun olarak kullanılan alanlarda deniz çöplerine olası etkisi olduğu düşünülen, çöp konteynerleri ve atık kumbaraları dışında bulunan karasal atıklar toplanmıştır (Şekil 3.2.). Karasal atık çalışmaları, her mevsimi temsil edecek bir ayda ve ilgili ayda alanın en yoğun kullanıldığı hafta sonlarında 2021 yılı Temmuz ayı ile 2022 yılı Mayıs ayları arasında gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.1.). Toplanan her örnekleme, atık sınıflarına ayrılarak karakterize edilmiş ve tartım sonuçları değerlendirilmek üzere kayıt altına alınmıştır (ÇŞİDB, 2007).

Tablo 3.1. Karasal örneklemelemlere ilişkin çalışma tarihleri

YAZ			SONBAHAR				KIŞ				İLKBAHAR			
I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
3.7.2021	24.7.2021	31.7.2021	2.10.2021	9.10.2021	16.10.2021	23.10.2021	8.1.2022	15.1.2022	22.1.2022	5.2.2022	2.4.2022	9.4.2022	16.4.2022	23.4.2022

3.2.1.2 Denizel Atıklar

Çalışmada Mersin Liman Bölgesinde Şekil 3.3.'de gösterilen alanda denizel katı atıklar ve deniz numunelerinde mikropplastik çalışmaları Tablo 3.2.'de verilen çalışma planına uygun olarak yapılmıştır.

Tablo 3.2. Denizel çalışma tarihleri

2021						2022					
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7.2021	8.2021	9.2021	10.2021	11.2021	12.2021	01.2022	02.2022	03.2022	04.2022	05.2022	06.2022

3.2.1.2.1. Denizel Katı Atıklar

Deniz yüzeyinde bulunan atıklar, Mersin Büyükşehir Belediyesi ekiplerinin yardımı ile deniz süpürgesi, fiber tekne ve deniz süpürgesinin teknik olarak ulaşamadığı kıyıya yakın yerlerde temizleme kepçesi kullanılarak 2021 yılı Temmuz ayı ile 2022 yılı Haziran ayları arasında yıl boyunca ayda bir olmak üzere Şekil 3.3.'de belirtilen alanda toplanmıştır (Tablo 3.2.). Her örnekleme sonrasında toplanan atıklar, atık sınıflarına ayrılarak karakterize edilmiş ve tartım sonuçları kayıt altına alınmıştır (ÇŞİDB, 2007).

3.2.1.2.2. Deniz Suyu Numunelerinde Mikropplastikler

Mersin Büyükşehir Belediyesine ait MBB ABANOZ isimli deniz aracı ile dokuz adet istasyondan (Şekil 3.4.) deniz suyu numuneleri yıl boyunca ayda bir olmak üzere toplanmıştır.



Şekil 3.4. Deniz suyu örneklemelerinin gerçekleştirildiği istasyonlar

Deniz suyu numuneleri toplandığı numune noktalarına ilişkin koordinat, derinlik ve karaya olan uzaklığı Tablo 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3. Deniz suyu örneklerinin toplandığı istasyonlara ait bilgiler

No	Koordinatları		Derinlik (m)	Uzaklık (m)	Konum Açıklaması
1	36 50" 753' N	34 36" 775' E	3,00	50	MBB İskele Hizası
2	36 44" 270' N	34 25" 217' E	3,40	100	Amatör Balıkçılar Kıyısı
3	36 42" 337' N	34 22" 879' E	3,60	72	Balıkçı Barınağı Boğaz Ortası
4	36 47" 582' N	34 37" 782' E	4,90	80	Atatürk Parkı Anıt Hizası
5	36 47" 878' N	34 38" 158' E	4,30	90	MIP Romörkor Park Alanı
6	36 54" 820' N	34 36" 296' E	15,20	55	MIP Büyük İskele Cıvarı
7	36 47" 460' N	34 29" 331' E	12,60	25	MIP TMO İskele Cıvarı
8	36 49" 407' N	34 28" 802' E	12,90	10	ATAŞ İskele Cıvarı
9	36 53" 420' N	34 41" 293' E	16,40	1280	Liman Mendirek Girişi

3.3. Yöntem

3.3.1. Karasal atıkların toplanması ve sınıflandırılması

Alanda çöp konteynerleri ve atık kumbaraları dışında dağınık olarak bulunan karasal atıklar, Mersin Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Dairesi Başkanlığı ile Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Denizcilik Hizmetleri ve Denetimi Şube Müdürlüğüne bağlı temizlik ekipleri yardımı ile toplanmıştır. Çalışılan güne ait karasal atıklar toplandıktan sonra idare tarafından belirlenen ayrıştırma alanında depolanmış ve toplama gününü takip eden günde tartılmış ve ardından sınıflandırılmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Karasal atıkların toplanması ve sınıflandırılması

Atatürk Parkında toplanarak ayrıştırma alanına getirilen atıklar karakterize edilemeyecek miktarda olması nedeniyle toplam 1 m³ olacak şekilde rastgele seçilen poşetlerde karakterizasyon işlemine tabi tutulmuştur (ÇŞİDB, 2007). Tartım sonuçları kayıt altına alınmıştır.

Çamlıbel Balıkçı Barınağında toplanarak ayrıştırma alanına getirilen atıklar ise 1 m³'ün altında olduğu için tamamen karakterize edilmiş ve tartım sonuçları kayıt altına alınmıştır (ÇŞİDB, 2007).

Tez kapsamında toplanan karasal atıklar kendi içerisinde geri dönüştürülebilir atıklar, kompostlanabilir atıklar ve diğer atıklar olmak üzere üç ana grupta değerlendirilmiştir. Kâğıt(karışık), plastik, cam, metal, tekstil, elektronik atık türleri 'Geri Dönüştürülebilir Atık' olarak, mutfak atıkları, park, bahçe, ahşap atıkları 'Kompostlanabilir Atıklar' olarak ve maske atıkları, diğer yanabilen atıklar ve tehlikeli atıklar ise 'Diğer Atıklar' olarak sınıflandırmaya tabi tutulmuştur.

3.3.2. Denizel katı atıkların toplanması ve sınıflandırılması

Mersin Liman Bölgesinin mendirek içerisinde kalan kapalı havza niteliğinde olan alanda denizel katı atıklar Mersin Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Denizcilik Hizmetleri ve Denetimi Şube Müdürlüğü'nce koordineli olarak toplanmıştır (Şekil 3.6.). Çalışma alanında bulunan deniz çöpleri (i) teknik özellikleri EK 2'de verilen deniz yüzeyi temizlik aracı (Deniz Süpürgesi), (ii) fiber temizlik teknesi ve (iii) deniz süpürgesinin teknik olarak ulaşmadığı temizleme kepçeleri yardımı ile toplanmıştır.



Şekil 3.6. Denizel atıkların toplanma yöntemleri

Çalışmada ayda bir olmak üzere yıl boyunca toplamda on iki kez örnekleme gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.2.). Toplanan deniz çöpleri, karaya alınarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanmış olan Katı Atık Karakterizasyonu ve Katı Atık Bertaraf Tesisleri kitapçığında belirtilen yöntem çerçevesinde atık sınıflarına ayrılarak karakterize edilmiş ve tartım sonuçları kayıt altına alınmıştır (ÇŞİDB, 2007).

3.3.3. Deniz suyu örneklemeleri ve mikroplastik çalışmaları

Mersin Büyükşehir Belediyesine ait MBB ABANOZ isimli deniz aracı ile dokuz adet istasyondan (Şekil 3.2.) deniz suyu numuneleri ayda bir olmak üzere toplamda on iki kez örneklenmiştir (Tablo 3.2.).

Deniz yüzeyinden alınan deniz suyu numuneleri birer litrelik cam kavanozlara alınarak (yarıçap: 0,05 m) Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına taşınmıştır (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Deniz suyu örnekleme çalışmalarına ait görüntüler

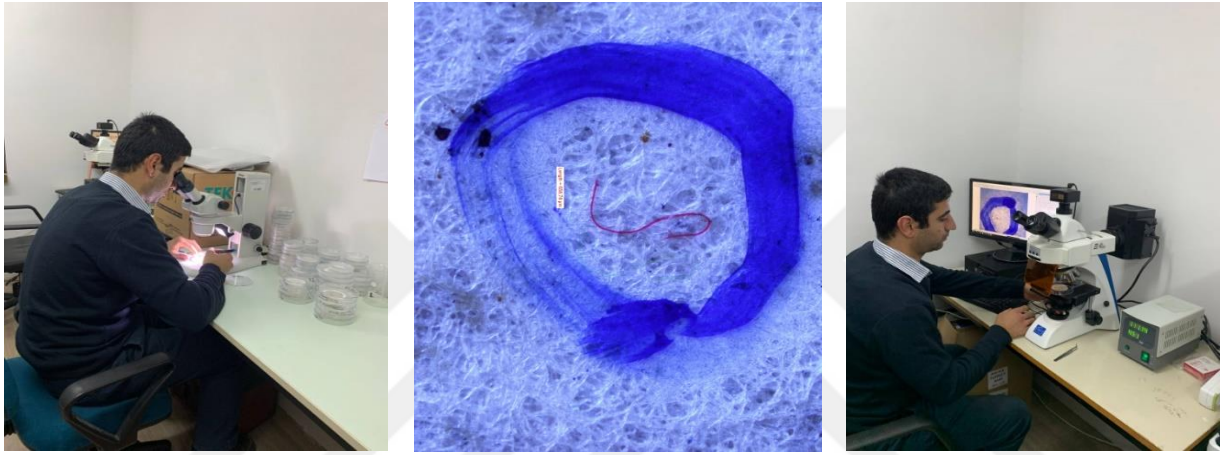
Deniz suyu örneklemeleri vakumlu filtrasyon ünitesi kullanılarak filtrelenmiştir (Şekil 3.8.). Filtreleme işlemlerinde siyah bant filtre kâğıdı (çap: 0,47 mm) kullanılmıştır. Her bir numune filtre edildikten sonra istasyon bilgisi ve tarihi işlenmiş petri kabı içerisine pens yardımıyla alınmıştır.



Şekil 3.8. Deniz Suyu Numunesi Filtrasyon İşlemi

Numuneler filtrelendikten sonra organik maddelerin parçalanması için filtrenin üzerine 3mL H_2O_2 (% 37) damlatılmış ve en az 48 saat beklenmiştir (Akarsu vd., 2020). Filtre kâğıtları üzerinde kalan mikroplastiklerin kaybını engellemek amacı ile filtre kâğıtları şeffaf bant ile kaplanmıştır. Kontrol amacıyla şeffaf bantlardan kaynaklanabilecek mikroplastik kontaminasyonunu tespit edebilmek için 10 adet siyah bant filtre kâğıdı şeffaf bant ile kaplanmış ve mikroplastik taraması yapılmıştır.

Filtre kâğıtlarına şeffaf bantla fiks edilen mikroplastikler stereoskopik zoom mikroskobu yardımıyla (NİKON marka SMZ445 C-LEDs model) incelenmiş ve tespiti sağlanan mikroplastikler filtre kâğıdı üzerinde işaretlenmiştir (Şekil 3.9.). Kontrol grubunda mikroplastik tespit edilmemiştir.



Şekil 3.9. Mikroplastik Tespit İşlemleri

İşaretlenen mikroplastikler bilgisayar destekli mikroskop yardımı ile (SOIF BK-FL2 Model Trinoküler Floresan Ataçmanlı Araştırma Mikroskobu) incelenerek boyut ve renklerine ilişkin ayrıntılı görüntüler kayıt altına alınmıştır.

3.4. Hesaplamalar

Karasal ve denizel çalışmalarda toplanan ve karakterize edilen katı atıklar Tablo 3.4.'de verilen formüller ile değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4. Atıkların hesaplanmasında kullanılan formüller

1	$\text{Mevsimsel Ortalama} \left(\frac{kg}{gün} \right) = \frac{\text{Toplam Kütlesel Atık Miktarı} \left(\frac{kg}{ay} \right)}{n \text{ (Örnekleme tekrar sayısı)}} * 30 \left(\frac{gün}{ay} \right)$
2	$\text{Oransal Mevsimlik Atık Miktarı} \left(\frac{kg}{mevsim} \right) = \text{Mevsimsel Ortalama} \left(\frac{kg}{gün} \right) * 90 \left(\frac{gün}{mevsim} \right)$
3	$\text{Karakterizasyon Oranı (\%)} = \frac{\text{Karakterize Edilen Miktar (kg)}}{\text{Toplam Atık Miktarı (kg)}} * 100$
4	$\text{Deniz Suyu Numune Şişesinin Yüzey Alanı} = \pi r^2$
5	$\text{Şişenin Toplam Yüzey Alanı} = \pi r^2 * \text{İstasyon Sayısı} * 30 \text{ gün/ay} * 12 \text{ ay/yıl}$

Toplam Kütlesel Atık Miktarı (kg/ay) = Bir ay içerisinde toplanan karasal atık miktarı

n = Bir ay içerisinde gerçekleştirilen karasal atık toplama gün sayısı

Karakterize Edilen Miktar (kg/gün) = Karasal atıkların toplandığı gün içerisindeki Atık türlerine göre karakterizasyon işlemi uygulanan atık miktarı

Karakterizasyon Oranı (%) = Karakterizasyon işlemi uygulanan atık miktarının toplam atık miktarına oranı

r = Deniz suyu numune şişesinin yarıçapı

Şişenin Toplam Yüzey Alanı = Bir yıl içerisinde örneklenen deniz suyu numune şişelerinin toplam yüzey alanı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada toplanan atıklar karasal ve denizel olarak iki bölümde verilmiştir.

4.1. Karasal Katı Atıklar

Karasal katı atıklar Atatürk Parkı ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı olarak alt bölümlerde değerlendirilmiştir. Tez kapsamında Atatürk Parkı ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı bölgesinde karasal atıkların tamamı çöp kumbaralarına atılmamış olan yani doğrudan yerde dağınık olarak bulunan atıklar değerlendirmeye alınmıştır.

4.1.1. Atatürk Parkı Karasal Atıkları

Atatürk Parkında yıl boyunca gerçekleştirilen çalışmada yaz mevsiminde ortalama 466 kg/gün, sonbahar mevsiminde ortalama 187 kg/gün, kış mevsiminde ortalama 153 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde ortalama 86 kg/gün karasal atık toplanmıştır (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Atatürk Parkından Toplanan Ortalama Atık Miktarı

Sıra	Atık Grubu	Atık Türleri	Mevsim Ortalamaları (kg/gün)				Toplam (kg/yıl)	
			YAZ	SONBAHAR	KIŞ	İLKBAHAR		
1	GDA	KK	34,3	17,0	15,3	8,9	6900	36471
2		PL	79,7	31,5	19,3	13,3	13117	
3		CM	69,7	42,3	18,7	18,9	13645	
4		MT	2,7	3,8	1,6	1,1	848	
5		TKS	12,3	5,7	1,7	1,2	1910	
6		EA	0,0	0,2	0,4	0,0	51	
7	KA	MA	229,0	59,8	83,7	40,5	37683	43703
8		PBA	32,9	22,6	9,8	0,8	6020	
9	DA	MSK	0,8	0,4	0,4	0,2	166	1100
10		DY	4,1	3,4	1,6	0,7	892	
11		TA	0,0	0,3	0,0	0,2	42	
TOPLAM			465,5	186,8	152,5	85,8	81273	
Karakterize Edilen			73	62	72	43	250	

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; **KK:** Kâğıt (Karışık); **PL:** Plastik; **CM:** Cam; **MT:** Metal; **TKS:** Tekstil; **MA:** Mutfak Atıkları; **PBA:** Park Bahçe Ahşap Atıkları; **MSK:** Maske; **DY:** Diğer Yanabilenler; **TBO:** Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; **AY:** Atık Yağ **TA:** Tehlikeli Atık; **EA:** Elektronik Atık.

Bölgede toplanan tüm atıklar, Atık Karakterizasyon Tebliğine göre belirtilmiş olan standartlarda (1 m³) karakterizasyon işlemine tabii tutulmuştur (ÇŞİDB, 2007). Bu kapsamda, yaz mevsiminde toplanan atıkların % 15,7'si; sonbahar mevsiminde %33,4'ü; kış mevsiminde % 62,9'u ve ilkbahar mevsiminde %66,8 i karakterize edilmiştir.

Atatürk Parkı içerisinde toplanmış olan karasal atıklar içerisinde her mevsim ve dolayısı ile yıl boyunca toplanan en yüksek atığın mutfak atıkları (37683 kg/yıl) olduğu bulunmuştur. Aynı bölgede yıl boyunca toplanan en düşük atık miktarı elektronik ve tehlikeli atıklar olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1.).

Mutfak atık türünün tüm mevsimlerde en fazla miktarda olmasının yanı sıra, en çok kütleli atık yüzdesinin kış mevsiminde (% 54,9) ve sonrasında sırayla yaz (% 49,2), ilkbahar (% 47,2) ve sonbahar (% 32,0) mevsimlerinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

Kâğıt atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin % 10,4 verisi ile ilkbahar mevsiminde, sonrasında sırayla % 10,1 oranı ile kış, % 9,1 oranı ile sonbahar ve en düşük kütleli atık verisinin % 7,4 ile yaz mevsimi olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.2.).

Tablo 4.2. Atatürk Parkı'nda Toplanan Atık Yüzdesi (%)

Sıra	Atık Grubu	Atık Türleri	Mevsim Ortalamaları (%)				Toplam (%)
			YAZ	SONBAHAR	KIŞ	İLKBAHAR	
1	GDA	KK	7,4	9,1	10,1	10,4	8,5
2		PL	17,1	16,9	12,7	15,4	16,1
3		CM	15,0	22,6	12,2	22,1	16,8
4		MT	0,6	2,0	1,1	1,3	1,0
5		TKS	2,6	3,1	1,1	1,4	2,3
6		EA	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1
7	KA	MA	49,2	32,0	54,9	47,2	46,4
8		PBA	7,1	12,1	6,4	0,9	7,4
9	DA	MSK	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
10		DY	0,9	1,8	1,1	0,8	1,1
11		TA	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1
TOPLAM			100	100	100	100	100

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; KK: Kâğıt (Karışık); PL: Plastik; CM: Cam; MT: Metal; TKS: Tekstil; MA: Mutfak Atıkları; PBA: Park Bahçe Ahşap Atıkları; MSK: Maske; DY: Diğer Yanabilenler; TBO: Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; AY: Atık Yağ TA: Tehlikeli Atık; EA: Elektronik Atık.

Plastik atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin % 17,1 oranı ile yaz mevsiminde, sonrasında sırayla %16,9 oranı ile sonbahar, %15,4 oranı ile ilkbahar ve en düşük kütleli atık verisinin %12,7 oranı ile kış mevsimi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

Cam atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin % 22,6 oranı ile sonbahar mevsiminde, sonrasında sırayla %22,1 oranı ile ilkbahar, %15,0 oranı ile yaz ve en düşük kütleli atık verisinin %12,2 oranı ile kış mevsimi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

Mevsimsel toplanabilecek oransal atık miktarı sırası ile yaz >sonbahar>kış>ilkbahar olarak belirlenmiştir. Ayrıca Atatürk Parkı'nda bir yılda oluşabilecek oransal karasal atık miktarı 81273 kg/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.1.).

Atatürk Parkı'nda gerçekleştirilen örneklemeler sonucunda elde edilen verilere dayanarak her mevsim için ortalama günlük karasal atık hacim verisi hesaplanmıştır. Buna göre toplanan atıkların hacmi yaz mevsimi için 6 m³/gün, sonbahar mevsimi için 3m³/gün, kış mevsimi için 2 m³/gün ve ilkbahar mevsimi için 1m³/gün olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen mevsimlere ilişkin günlük ortalama karasal atık hacim verilerinden yola çıkarak Atatürk Parkı'nda bir yılda oluşabilecek tahmini karasal atık hacim verisinin 1136 m³/yıl hesaplanmıştır.

Çalışmada toplanan atıkların % 44,9'unun geri dönüştürülebilir atık, % 53,8'inin kompostlanabilir atık ve % 1,4'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur (Tablo 4.2.).

Çalışma alanında yıl boyunca oransal hesaplamalar ile 36471 kg geri dönüştürülebilir atık ve 43703 kg kompostlanabilir atık oluşacağı tespit edilmiştir (Tablo 4.1.).

4.1.2. Çamlıbel Balıkçı Barınağı Karasal Atıkları

Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda gerçekleştirilen çalışmalarda yaz mevsiminde ortalama 30 kg/gün, sonbahar mevsiminde 34 kg/gün, kış mevsiminde 14 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde 12 kg/gün karasal atık toplanmıştır. Toplanan atık miktarı en yüksek atık miktarından başlayarak sonbahar, yaz, kış ve ilkbahar mevsimleri olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3.).

Bölgede toplanan atıkların kütleli olarak tamamı atık karakterizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda yıl boyunca toplanabilecek olan katı atıkların kütleli olarak en fazla atığın cam atığı (2163 kg) ve ardından park, bahçe ve ahşap atıkları (1946 kg) ile mutfak atıklarının (1541 kg) olacağı hesaplanmıştır (Tablo 4.3.).

Tablo 4.3. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda Toplanan Atık Miktarı

Sıra	Atık Grubu	Atık Türleri	Mevsim Ortalamaları (kg/gün)				Toplam (kg/yıl)
			YAZ	SONBAHAR	KIŞ	İLKBAHAR	
1	GDA	KK	1,2	2,0	1,2	2,1	590
2		PL	3,8	6,1	2,9	2,0	1344
3		CM	7,1	10,4	4,0	2,3	2163
4		MT	0,3	0,5	0,6	0,1	136
5		TKS	0,6	2,4	0,2	1,1	393
6		EA	0,0	0,0	0,0	0,0	0
7	KA	MA	3,7	4,5	4,4	4,3	1541
8		PBA	13,0	7,1	0,9	0,3	1946
9	DA	MSK	0,1	0,1	0,1	0,1	20
10		DY	0,1	0,1	0,1	0,1	40
11		TBO	0,0	0,4	0,0	0,0	32
12		AY	0,0	0,3	0,0	0,0	30
TOPLAM			29,9	33,8	14,2	12,3	8235
Karakterize Edilen			29,9	33,8	14,2	12,3	8235

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; **KK**: Kâğıt (Karışık); **PL**: Plastik; **CM**: Cam; **MT**: Metal; **TKS**: Tekstil; **MA**: Mutfak Atıkları; **PBA**: Park Bahçe Ahşap Atıkları; **MSK**: Maske; **DY**: Diğer Yanabillerler; **TBO**: Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; **AY**: Atık Yağ; **TA**: Tehlikeli Atık; **EA**: Elektronik Atık.

Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda hesaplamalar doğrultusunda; mutfak atık türünün kütleli olarak en fazla ilkbahar mevsiminde (%35,1) sonrasında sırayla kış (%30,8), sonbahar (%13,4) ve yaz (%12,3) mevsimlerinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.4.).

Kâğıt atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin %17,2 verisi ile ilkbahar mevsiminde, sonrasında sırayla %8,3 oranı ile kış, %5,9 oranı ile sonbahar ve en düşük kütleli atık verisinin %3,9 ile yaz mevsimi olduğu tespit edilmiştir.

Plastik atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin % 20,1 oranı ile kış mevsiminde, sonrasında sırayla %17,9 oranı ile sonbahar, %16,2 oranı ile ilkbahar ve en düşük kütleli atık verisinin %12,8 oranı ile kış mevsimi olduğu tespit edilmiştir.

Cam atık türü için en çok kütleli atık yüzdesinin % 30,7 oranı ile sonbahar mevsiminde, sonrasında sırayla % 27,8 oranı ile yaz, %23,9 oranı ile kış ve en düşük kütleli atık verisinin %18,3 oranı ile ilkbahar mevsimi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.4. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda Toplanan Atık Yüzdesi (%)

Sıra	Atık Grubu	Atık Türleri	Mevsim Ortalamaları (%)				Toplam (%)
			YAZ	SONBAHAR	KIŞ	İLKBAHAR	
1	GDA	KK	3,9	5,9	8,3	17,2	7,2
2		PL	12,8	17,9	20,1	16,2	16,3
3		CM	23,9	30,7	27,8	18,3	26,3
4		MT	0,9	1,6	4,0	1,0	1,7
5		TKS	2,1	7,0	1,2	9,1	4,8
6		EA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	KA	MA	12,3	13,4	30,8	35,1	18,7
8		PBA	43,5	21,1	6,5	2,2	23,6
9	DA	MSK	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2
10		DY	0,4	0,4	0,9	0,4	0,5
11		TBO	0,0	1,0	0,0	0,0	0,4
12		AY	0,0	1,0	0,0	0,0	0,4
TOPLAM			100,0	100,0	100,0	100,0	100

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; KK: Kâğıt (Karışık); PL: Plastik; CM: Cam; MT: Metal; TKS: Tekstil; MA: Mutfak Atıkları; PBA: Park Bahçe Ahşap Atıkları; MSK: Maske; DY: Diğer Yanabilenler; TBO: Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; AY: Atık Yağ; TA: Tehlikeli Atık; EA: Elektronik Atık.

Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda bir yıl boyunca oluşabilecek oransal katı atık verisi 8235 kg/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.3.). Aynı bölgede her mevsim için ortalama günlük karasal atık hacminin yaz mevsimi için 0,17 m³/gün, sonbahar mevsimi için 0,33 m³/gün, kış mevsimi için 0,14 m³/gün ve ilkbahar mevsimi için 0,22 m³/gün olduğu tespit edilmiş ve bir yıl boyunca oluşabilecek oransal katı atık hacim verisi 76 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda toplanan atıkların yaklaşık % 56,2'sinin geri dönüştürülebilir atık, % 42,3'ünün kompostlanabilir atık ve % 1,1'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur (Tablo 4.4.). Çalışma alanında yıl boyunca oransal hesaplamalar ile 4627 kg geri dönüştürülebilir atık ve 3487 kg kompostlanabilir atık oluşacağı tespit edilmiştir (Tablo 4.3.).

Tez çalışması boyunca karasal alanında yapılan çalışmalar Atatürk Parkı'nda toplanan katı atık miktarının 0,437 kg/m².yıl ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda toplanan atık miktarının 0,475 kg/m².yıl olduğunu göstermiştir. Karasal alan bir bütün olarak değerlendirildiğinde bu miktarın 0,440 kg/m².yıl olduğu tespit edilmiştir.

Mersin İli 2022 yılı Çevre Durum Raporuna göre Mersin il genelinde 2021 yılı içerisinde anılan 13 ilçede toplam; 627.103,82 ton/yıl evsel katı İlçe Belediyeleri tarafından toplanarak Mersin Büyükşehir Belediyesince bertaraf edildiği bildirilmiştir (Çevre Durum Raporu, 2022). Tez çalışmasının da gerçekleştirildiği Akdeniz ilçesi sınırlarında evsel nitelikli atık karakterizasyonunun yapıldığı ve mutfak atıklarının en yüksek seviyede olduğu (%53,41) rapor edilmiştir. Bu sonuç Atatürk Parkı'nda elde edilen mutfak atık verilerini (% 46,4) destekler niteliktedir.

Özcan ve diğerlerinin 2005 yılında gerçekleştirilen çalışmada evsel katı atıkların yoğunluğu ve çeşitliliğinin nüfusun yoğunluğundan, sosyo-ekonomik yapıdan, bölgede yaşayan insanların alışkanlıklarından etkilendiğini göstermiştir (Özcan vd., 2005). Dolayısıyla katı atık miktarı ve çeşitliliğinin ülkeden ülkeye, şehirden şehire ve hatta aynı şehirde yer alan semtler arasında da farklılık göstereceği anlamına gelmektedir. Bu çalışmada karasal atık verilerinin incelendiğinde kış mevsiminde Çamlıbel Balıkçı Barınağından kâğıt (karışık), metal ve tekstil atıklarının Atatürk Parkından toplanan atıklardan oransal olarak yaklaşık 2 kat fazla olduğu bulunmuştur. Ayrıca iki bölgeden toplanan atık türlerine ait atık miktarları incelendiğinde gerek bölgelerde gerçekleştirilen faaliyetler gerekse de alanları ziyaret eden toplulukların sosyo-ekonomik durumlarının farklı olduğu fikrini vermektedir.

Yenice ve diğerlerinin 2009 yılında yayınladığı bildiride atık yönetimi için katı atık karakterizasyonu ile uygun bertaraf yönteminin önemli olduğu vurgulanmıştır. Kocaeli'nde yapılan çalışmada karakterize edilen atıkların yaz ve kış mevsiminde sırası ile mutfak atığı, plastik atıklar ile kâğıt- karton atıklarının en yüksek seviyelerde olduğu rapor edilmiştir. Yaz aylarında artan cam, plastik ve metal atıkları için mevsimsel sıcaklığın tüketim alışkanlığını değiştirdiği şeklinde yorumlanmıştır (Yenice vd., 2009). Aksine, Mersin'de yapılan bu çalışmada alandan toplanan atıklar içerisinde tüketim alışkanlıklarının birbirlerine sınırı olan iki karasal alanda da farklılık gösterdiği bulunmuştur. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda toplam cam, plastik ve metal atıklarının kış>sonbahar>yaz şeklinde bir sıralama izlerken bu durumun Atatürk Parkı'nda sonbahar>ilkbahar>yaz şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Bulgular birbirine komşu alanlarda oluşan farklılığın alanların kullanım şekline kaynaklandığı fikrini vermektedir.

4.2. Denizel Atıklar

Mersin Limanında deniz yüzeyinde bulunan denizel atıklar bir yıl boyunca her ay ve her ayı temsil eden bir gün olmak üzere 2021 yılı Temmuz ayından başlanarak 2022 yılı Haziran ayı da dâhil toplamda 12 kez tekrarlanmıştır. Örneklemelerin gerçekleştirildiği günlere ait toplanan atıkların toplam kütsel atık miktarları tespit edilmiş ve yıl boyunca 1064,6 kg atık toplanarak atık türlerine göre karakterize edilmiştir. Atık karakterizasyonu sağlanan atık verileri incelendiğinde en çok atık miktarının 573,3 kg/yıl ile plastik atık türü olduğu, en az atık miktarının ise 0,4 kg/yıl ile tehlikeli atık türü olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5.).

Tablo 4.5. Örneklenen Kütsel Atık Miktarı (kg/gün)

Atık Grubu	Atık Türü	Yaz			Sonbahar			Kış			İlkbahar			Σ (kg)
		Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	
GDA	KK	7,3	6,1	2,0	1,4	2,8	0,4	7,5	0,7	1,1	0,6	6,1	7,9	44,0
	PL	72,5	60,4	13,0	29,4	14,6	5,3	77,3	4,5	45,7	6,8	100,4	143,5	573,3
	CM	24,2	6,3	9,5	6,2	10,6	2,7	16,6	0,7	3,6	1,6	16,2	23,2	121,4
	MT	4,3	0,6	0,8	0,6	0,7	0,2	1,7	0,0	0,3	0,0	3,8	1,6	14,7
	TKS	0,0	4,9	2,3	2,5	0,0	1,6	21,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	33,5
	PBA	4,8	16,8	2,5	5,1	69,7	5,6	10,2	0,0	17,5	1,3	3,3	14,7	151,5
KA	MA	13,1	9,4	9,5	4,0	3,0	5,1	9,2	2,8	6,6	4,2	17,1	29,8	113,9
DA	DY	1,2	1,2	0,5	0,5	0,5	0,1	3,2	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	9,8
	TA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
	MSK	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	2,1
Σ (kg/gün)		127,4	105,9	40,2	49,9	102,1	20,9	148,4	8,7	75,6	14,6	150,0	220,9	1064,6

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; **KK**: Kâğıt (Karışık); **PL**: Plastik; **CM**: Cam; **MT**: Metal; **TKS**: Tekstil; **MA**: Mutfak Atıkları; **PBA**: Park Bahçe Ahşap Atıkları; **MSK**: Maske; **DY**: Diğer Yanabilenler; **TBO**: Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; **AY**: Atık Yağ; **TA**: Tehlikeli Atık; **EA**: Elektronik Atık;

Toplanan veriler oransal olarak değerlendirildiğinde liman bölgesinde deniz yüzeyinde toplanan atıkların %85,03 oranında geri dönüştürülebilir atık, % 13,91 oranında kompostlanabilir atık ve %1,1 oranında ise diğer atık olduğu tespit edilmiştir. 2021 yılı Ekim ve Kasım aylarında oransal olarak en fazla atık miktarına sahip atık türünün park bahçe ve ahşap atıkları olmasının yanı sıra diğer tüm aylarda en çok plastik atık türünün olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.6.). Bu bulgu Mersin İlinde tarımsal faaliyetlerin en yoğun olduğu aylarda oluşan atıkların rüzgâr ve yağışlarla Deliçay ve Müftü Deresi vasıtasıyla deniz ortamına ulaştığı ve deniz ortamında ise akıntı ile Mersin Liman Bölgesine taşındığı sonucunu doğurmaktadır.

Tablo 4.6. Mersin Liman Bölgesinde Toplanan Kütlesel Atık Yüzde Verisi (%)

Atık Grubu	Atık Türü	Yaz			Sonbahar			Kış			İlkbahar			Σ (%)
		Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	
GDA	KK	5,7	5,8	4,9	2,9	2,8	2,0	5,0	8,5	1,4	4,4	4,1	3,6	85,03
	PL	57,0	57,0	32,4	59,0	13,9	25,2	52,0	52,0	60,0	46,0	67,0	65,0	
	CM	19,0	5,9	23,5	12,5	10,3	13,0	11,2	7,8	4,8	11,0	10,8	10,5	
	MT	3,4	0,6	2,0	1,3	0,7	1,0	1,2	0,0	0,4	0,0	2,5	0,7	
	TKS	0,0	4,6	5,8	5,0	0,0	7,5	14,5	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	
	PBA	3,8	15,9	6,3	10,2	68,2	26,7	6,9	0,0	23,2	9,2	2,2	6,7	
KA	MA	10,3	8,9	23,6	8,1	3,0	24,2	6,2	32,2	8,8	28,9	11,4	13,5	13,91
DA	DY	0,9	1,1	1,1	1,0	0,5	0,3	2,2	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	1,1
	TA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	
	MSK	0,0	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	
Σ (%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

GDA: Geri Dönüştürülebilir Atık; KA: Kompostlanabilir Atık; DA: Diğer Atıklar; **KK**: Kâğıt (Karışık); **PL**: Plastik; **CM**: Cam; **MT**: Metal; **TKS**: Tekstil; **MA**: Mutfak Atıkları; **PBA**: Park Bahçe Ahşap Atıkları; **MSK**: Maske; **DY**: Diğer Yanabilenler; **TBO**: Tekne Bakım Onarım Malzemeleri; **AY**: Atık Yağ; **TA**: Tehlikeli Atık; **EA**: Elektronik Atık;

Mersin Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı Denizcilik Hizmetleri ve Denetimi Şube Müdürlüğünün Mersin Liman Bölgesinde deniz yüzeyi temizleme faaliyetleri sonucunda raporladıkları atık miktarı Tablo 4.7.'te verilmiş, bu veriler kullanılarak oransal atık miktarı hesaplanmıştır (Tablo 4.8.).

Tablo 4.7. MBB'den alınan ilgili aylara ait toplanan deniz çöprü miktarı

	Yaz			Sonbahar			Kış			İlkbahar			Σ (kg/yıl)
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	
Σ (kg/ay)	7240	12118	11489	9330	8786	6754	6255	4419	5271	4767	7325	5666	89420

Yapılan değerlendirmede yıl boyunca Liman bölgesinde 76034 kg geri dönüştürülebilir atık, 12437 kg kompostlanabilir atık ve 950 kg diğer atık oluşabileceği hesaplanmıştır. Hesaplanan miktarın yalnızca deniz yüzeyindeki atıklar olduğu düşünülürse liman bölgesinden toplanabilecek katı atık miktarının çok daha yüksek olacağı öngörülebilir. Bununla birlikte en yüksek atık miktarına Mersin İlinde turizm sezonunun yoğun olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında ulaşılmıştır. Bu sonuç çalışılan

alanın en az kullanıldığı kış aylarında toplanan atık miktarının en düşük olmasıyla desteklenmektedir (Tablo 4.8.).

Tablo 4.8. Mersin Liman Bölgesinde Aylık Bazda Genel Kütlesel Atık Miktarı

Atık Grubu	Atık Türü	Yaz			Sonbahar			Kış			İlkbahar			Σ (kg/yıl)	
		Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs		
GDA	KK	415	703	558	266	244	134	315	374	75	208	300	203	3795	76034
	PL	4120	6907	3721	5499	1258	1702	3258	2278	3189	2204	4901	3679	42716	
	CM	1377	720	2702	1165	909	877	701	346	253	523	790	594	10957	
	MT	243	70	227	120	63	68	73	0	21	0	186	41	1112	
	TKS	0	556	664	468	0	506	909	0	45	0	0	0	3148	
	PBA	274	1926	727	955	5995	1804	430	0	1222	436	159	377	14305	
KA	MA	745	1080	2715	753	260	1636	390	1421	463	1376	833	765	12437	12437
DA	DY	67	132	128	90	39	18	135	0	0	0	141	0	748	950
	TA	0	0	0	0	4	0	5	0	0	7	0	5	21	
	MSK	0	23	47	13	14	9	40	0	4	13	16	2	181	
Σ (kg/ay)		7240	12118	11489	9330	8786	6754	6255	4419	5271	4767	7325	5666	89420	
Σ (kg/mevsim)		30847			24870			15945			17758				

Önceki çalışmalarda deniz ortamına ulaşan düşük batma değerine sahip deniz çöplerinin deniz ortamındaki akım sebebiyle deniz tabanına ulaşmadan önce önemli bir mesafeden taşınabildiğini bildirilmişlerdir (Eryasar vd., 2014; Aydın vd., 2016). Tez kapsamında çöplerin sınır ötesi taşınımını destekler nitelikte birçok yabancı kaynaklı ambalaj atıklarına rastlanmıştır.

Barnes ve arkadaşları tarafından 2009 yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Akdeniz gibi gelişmiş alanlarla çevrili yarı kapalı denizlerin yüksek deniz çöpü miktarlarına sahip olması muhtemel olduğuna değinilmiştir. Aynı zamanda kara kökenli deniz çöpü kirliliği, hava olaylarından kaynaklanan zamansal farklılıklar göstermesine rağmen, esas olarak nehirlerde veya fırtına sonucunda kanallara taşınan çöp miktarlarının tespit edilebilmesiyle ölçülebileceği bildirilmiştir (Barnes vd., 2009).

Tez boyunca aylık olarak toplanan atık miktarları mevsimsel olarak incelendiğinde deniz ortamından toplanan atık miktarının yağışların en yüksek olduğu sonbahar ve kış mevsimlerinde yaz mevsimine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu bulgu çalışma yapılan denizel alanın sıklıkla ve yoğun şekilde kullanılan karasal alanlardan da etkilendiği fikrini vermektedir. atık toplanan aylar arasında kütleli bir ilişki tespit edilememiştir. 2009 yılında UNEP tarafından yayınlanan raporda yer alan ifadelerde de olduğu gibi deniz çöplerinin taşınım, dağılım ve depolanması süreçleri deniz ortamındaki akıntı sistemleri, gel-git olayları, rüzgâr ve deniz dibi topografyası gibi birçok farklı faktörle ilişkili olması sebebiyle tez kapsamında örnekleme yapılan her seferde farklı atık miktarları ile karşılaşmıştır. DÇEP ve referans belirtilen diğer akademik çalışmalarda olduğu gibi deniz

yüzeyindeki atıkların taşınımında belirtilen coğrafik özelliklerin rolü Mersin Liman Bölgesinde de geçerliliğini korumuştur. Akdeniz bölgesinde mevcut rüzgâr ve deniz akıntı yönünün belirli zamanlarda kapalı havza niteliği taşıyan bölge içerisine atık girişimine sebep olduğu ve rüzgar yönüne bağlı olarak belirli alanlarda birikime sebep olduğu gözlemlenmiştir. Liman bölgesinde söz konusu toplanan atıkların kütsel olarak farklılık göstermesinin gün içerisinde rüzgâr ve akıntı yönü ile ilişkilendirilebileceği tespit edilmiştir.

Tez kapsamında deniz kirliliğine neden olan deniz ve karasal kaynaklı deniz çöplerinin başlıca plastikler, metaller, cam, lastik, giysi, kâğıt, ahşap gibi atıklardan oluştuğu bulunmuştur (Laist, 1987; Corcoran vd., 2009).

Akdeniz ve Mersin Körfezinde yapılan önceki çalışmalarda toplanan deniz çöpleri içerisinde en yüksek orana sahip atık türünün bu çalışmada olduğu gibi plastik olduğu rapor edilmiştir (Katsanevakis ve Katsarou, 2004; Corcoran vd., 2009; Topçu ve Öztürk, 2010; Güven vd., 2013; Eryasar vd., 2014; UNEP,2015; Yurtsever, 2015; Aydın vd., 2016; Olguner vd., 2018; Angiolillo, 2019).

4.3. Mikroplastikler

4.3.1. Deniz Suyu Numunelerinde Tespit Edilen Mikroplastik Miktarının Değerlendirilmesi

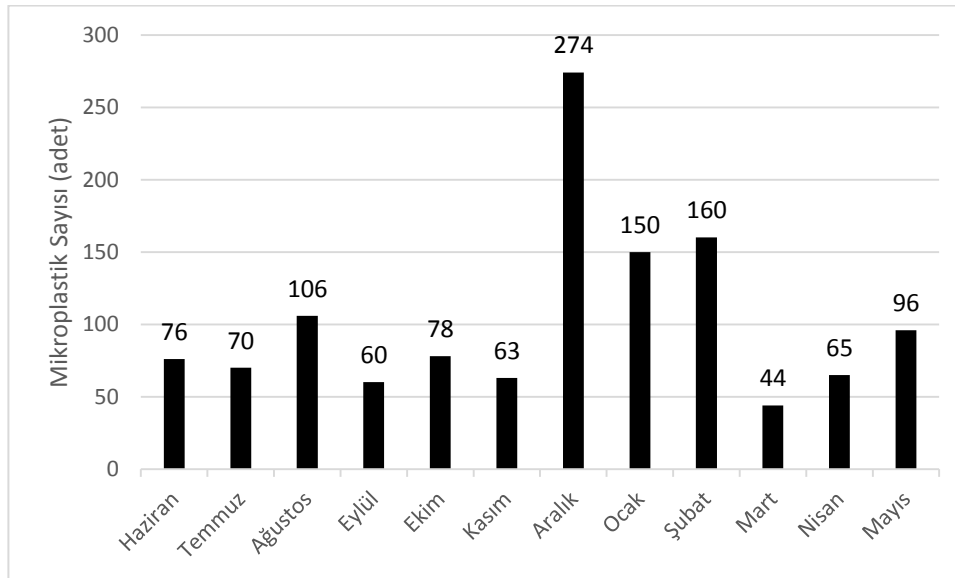
Günümüzde plastik kullanımının artışı ve salınımı ile hâlihazırda plastik için mevcut olan parçalanma hızının da yavaş olması sebebiyle, deniz ortamındaki plastik kalıntıların gün geçtikçe daha da çok biriktiği bildirilmiştir (Environment Canada, 2003). Deniz ortamında biriken plastik atıklar çeşitli fiziksel etmenlerden etkilenecek (ultraviyole (UV) ışık, sıcaklık, hava olayları, dip ve yüzeysel akıntılar) ufalandığı ve mikroplastik olarak isimlendirilen daha küçük parçalara (<5 mm) ayrıldığı bilinmektedir (Corcoran vd., 2009, Moore, 2008).

Tez kapsamında Mersin Liman Bölgesinde yüksek oranda plastik atıkları bulunmuş ve bu nedenle deniz suyu örneklerinde mikroplastiklerin sayı ve boyut analizleri 2021 yılı Temmuz ayı ile 2022 yılı Haziran ayları arasında yapılmıştır (Tablo 4.9.).

Tablo 4.9. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Sayısı

İstasyon	Tahmini Konum	Mikroplastik Sayısı (adet/gün)											
		Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1	MBB İskele Hızası	3	16	6	6	15	3	33	25	29	11	10	26
2	Amatör Balıkçılar Kıyısı	12	4	8	4	12	2	17	18	15	3	7	3
3	Balıkçı Bar. Boğaz Ortası	13	3	6	6	7	4	40	15	15	3	8	4
4	Atatürk Parkı Anıt Hızası	5	10	53	5	9	13	24	9	9	9	6	4
5	MIP Römorkör Park Alanı Cıvarı	8	13	9	11	6	9	19	24	25	5	8	5
6	MIP Büyük İskele Cıvarı	12	5	10	7	8	9	11	7	11	2	7	10
7	MIP TMO İskele Cıvarı	5	3	4	7	7	7	42	18	20	1	4	9
8	ATAŞ İskele Cıvarı	3	7	8	7	6	11	35	12	11	2	11	32
9	Liman Mendirek Girişi	15	9	2	7	8	5	53	22	25	8	4	3
Σ (adet/gün)		76	70	106	60	78	63	274	150	160	44	65	96

Mersin Liman Bölgesinden toplanan deniz suyu numunelerinde toplamda 1242 adet mikroplastığe rastlanmış olup, litrede 11,5 adet mikroplastik olduğu bulunmuştur. Çalışmada Mersin ilinde en yüksek yağış alan kış mevsiminde bulunan mikroplastik sayının yüksek olması iklimsel koşulların (EK 3.) mikroplastik sayısında belirleyici olduğunu göstermiştir (Şekil 4.1.). Gündoğdu ve arkadaşları tarafından 2018 yılında gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında aşırı yağışların mikroplastik sayısını arttırdığını rapor etmişlerdir (Gündoğdu vd., 2018).

**Şekil 4.1.** Örneklenen Noktalarda Tespit Edilen Mikroplastik Miktarı (adet)

Alanda tespit edilen mikroplastiklerin sayısı ve uzunluk verileri Tablo 4.10.'da gösterilmektedir. Mikroplastik için en düşük uzunluğun 16,45 μm , en yüksek uzunluğun 16047,06 μm ve uzunluk ortalamasının 746,15 μm olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.10. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Verileri

Mikroplastik 12 Aylık Çalışma Sonuçları					
Sıra No	Tarih	MP Sayısı (Adet)	Minumum [μm]	Maximum [μm]	Ortalama [μm]
1	Haziran	76	30,19	2141,5	293,31
2	Temmuz	70	49,44	16047,06	1390,58
3	Ağustos	106	16,45	9995,81	908,94
4	Eylül	60	89,92	6885,36	1101,48
5	Ekim	78	124,57	7486,27	1034,15
6	Kasım	63	116,34	6360,72	1271,73
7	Aralık	274	79,39	9121,37	815,12
8	Ocak	150	28,45	4751,91	423,63
9	Şubat	160	24,38	5481,02	428,95
10	Mart	44	70,57	4850,05	542,30
11	Nisan	65	29,46	1909,11	411,08
12	Mayıs	96	38,81	1565,9	332,51
Ortalama [μm]					746,15

Deniz suyunda bulunan mikroplastik sayısını belirleyen koşullar mevcut akım yönü ve şiddeti, iklimsel koşullar ile insan faaliyetleri olarak sıralanabilir. Mikroplastik sayısındaki artışın yağışların en yüksek olduğu kış mevsiminde en yüksek sayıya ulaşması iklimsel koşulların mikroplastik sayısının artışında rol oynadığı fikrini vermektedir. İlk yağışların başladığı Aralık ayında bulunan mikroplastik sayısının Kasım ayına oranla yaklaşık 4,4 kat yüksek olması bu fikri desteklemektedir. Gündoğdu ve arkadaşlarının Mersin Körfezi'nin Kuzeydoğu kıyısında yaptıkları araştırmada şiddetli yağmurların deniz ortamına 14 kat daha yüksek kirletici madde taşıdığı rapor edilmiştir (Gündoğdu vd., 2018).

4.3.2. Mikroplastik Tahmini Yük Hesabı

Mersin Liman Bölgesinde mendirek alanı içerisinde mikroplastiklerin sayısının tespit edilebilmesi için deniz suyu yüzeyinden 9 farklı istasyondan toplam 12 tekrar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda ayrıntılı olarak Tablo 4.11. belirtildiği şekliyle tahminen yılın her günü deniz suyu örnekleme gerçekleştirilmesi durumunda tespit edilecek mikroplastik sayısının 37260 adet/yıl ve Mersin Liman Bölgesinin her bir m² sinde yıllık olarak 1464,05 adet/m².yıl olması öngörülmektedir.

Tablo 4.11. Mersin Liman Bölgesinde Oransal Hesaplanan Mikroplastik Miktarı

	Yaz			Sonbahar			Kış			İlkbahar		
Σ	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
(adet/gün)	76	70	106	60	78	63	274	150	160	44	65	96
(adet/ay)	2280	2100	3180	1800	2340	1890	8220	4500	4800	1320	1950	2880
(adet/mevsim)	7560			6030			17520			6150		
(adet/yıl)	37260											

Numune Şişesinin Yüzey Alanı: 0,0078 m²; Liman Bölgesinin Yüzey Alanı= 2747706,06 m²

Ayrıca Mersin Liman Bölgesinin deniz yüzey alanının 2747706,06 m²'lik bir alana sahip olması sebebiyle bölgede 4.022.771.229,6895 adet/yıl (4 milyar 22 milyon 771 bin 229 adet) mikroplastik parçacığının olabileceği tahmin edilmektedir.

Mikroplastiklerin denizel ortamdaki çokluğu denizel alanın şehirlerden uzaklığına, kentin nüfus yoğunluğuna, denize akan nehirlerin kirliliğine, su akıntılarına ve girdaplara bağlıdır. Mersin Körfezi'ne dökülen ve Akdeniz'in en kirli nehirlerinden biri olan Seyhan Nehri başta olmak üzere Mersin İli sınırları içerisinde Mersin Körfezine dökülen dere, nehir ve diğer su yapıları denizel ortamdaki mikroplastik yoğunluğunu etkilemektedir. Gündoğdu vd. (2018) tarafından Mersin Körfezi için yüzey suyundaki mikroplastik miktarının kilometrekare başına 7,7 milyon adet olduğu bildirilmiş olup, örneğin Vanuatu kıyılarının yüzey suları (51.144 MP/km²), Kuzey Pasifik merkez girdabı (334.271 MP/km²), Maine Körfezi (1.500 MP/km²), Karayip Denizi (1.400 MP/km²), Güney Afrika kıyıları (3.640 MP/km²) ve Avustralya suları (4.258 MP/km²) için bildirilen konsantrasyonlar da dahil olmak üzere hepsinden önemli ölçüde daha yüksektir olduğu bildirilmiştir (Gündoğdu vd., 2018, Bakır vd., 2020).

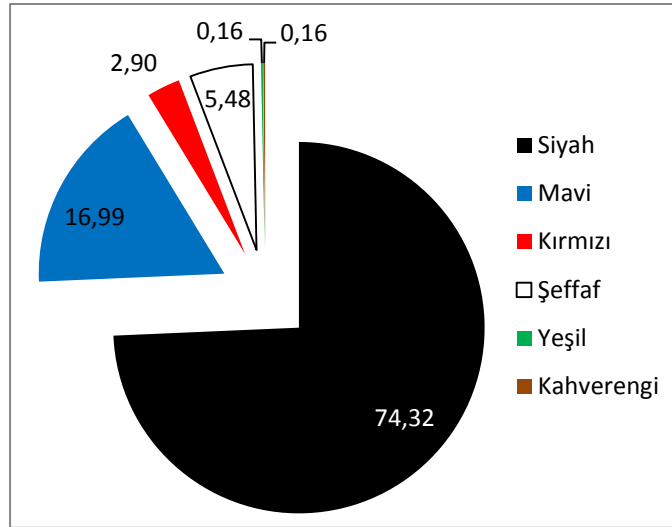
4.3.3. Deniz Suyu Numunelerinde Tespit Edilen Mikroplastiklerin Renk Dağılımı

Tez kapsamında on iki farklı tarihte gerçekleştirilen örneklemler sonucunda elde edilen mikroplastik renk ve sayıları Tablo 4.12.' da verilmiştir.

Tablo 4.12. Mersin Liman Bölgesinde Tespit Edilen Mikroplastik Renk Dağılımı

Numune Alınan Tarih	Renk					
	Siyah	Mavi	Kırmızı	Şeffaf	Yeşil	Kahverengi
Haziran 22	16	45	3	12	0	0
Temmuz 21	43	13	2	11	1	0
Ağustos 21	89	3	4	10	0	0
Eylül 21	23	28	2	7	0	0
Ekim 21	44	22	10	2	0	0
Kasım 21	50	8	2	2	0	1
Aralık 21	252	14	4	4	0	0
Ocak 22	137	8	3	2	0	0
Şubat 22	152	7	1	0	0	0
Mart 22	36	5	2	0	1	0
Nisan 22	47	11	2	4	0	1
Mayıs 22	34	47	1	14	0	0
Σ (adet)	923	211	36	68	2	2
Σ (%)	74,32	16,99	2,90	5,48	0,16	0,16

Analizler sonucunda örneklemler incelendiğinde siyah, mavi, kırmızı, şeffaf, yeşil, kahverengi ve sarı olmak üzere toplam yedi farklı renkte mikroplastik tespit edilmiş, en çok siyah renkte ve en az yeşil ve kahverenginde olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen mikroplastiklere ait renk dağılımı Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Tespit edilen mikroplastiklere ait renk dağılımı (%)

4.4. Geri Dönüştürülebilir Atıkların Ekonomik Değeri

Tez kapsamında karasal ortamda çöp konteyneri dışında toplanan atıklar ile deniz yüzeyinde toplanan denizel atıkların karakterizasyonu sonucunda oransal olarak hesaplanan yıllık 117132 kg geri dönüştürülebilir atık toplanabileceği tespit edilmiştir. Toplanan veriler oransal olarak değerlendirildiğinde karasal alanda toplanan atıkların %45,92'si ve liman bölgesinde deniz yüzeyinde toplanan atıkların %85,03'ü oranında geri dönüştürülebilir atık olduğu bulunmuştur. Atık türü ve miktarları esas alınarak ambalaj atık malzemeleri için bir yıl içerisinde elde edilebilecek ekonomik kazanç miktarı ise Tablo 4.13.'da bildirilmiştir.

Tablo 4.13. Geri Dönüştürülebilir Atıklara İlişkin Yıllık Oransal Hesaplanan Ekonomik Değer

Atık Türü	Tahmini Atık Miktarı (kg/yıl)				Birim Fiyatı (\$/kg)	GELİR (\$/yıl)
	Karasal		Deniz	Toplam		
	Atatürk	Çamlıbel	Liman			
Kağıt	6900	590	3795	11286	0,18	2031
Plastik	13117	1344	42716	57178	0,21	12007
Cam	13645	2163	10957	26765	0,09	2409
Metal	848	136	1112	2096	1,08	2264
Ahşap	0	0	14305	14305	0,01	143
Tekstil	1910	393	3148	5451	0,05	273
Elektronik Atık	51	0	0	51	2,69	137
Σ(kg/yıl)	36471	4627	76034	117132		19264
Σ(Gelir) (\$/yıl)						
https://www.hurdafiyatlari.site/ (9.12.2022) 09.12.2022 Günü Saat 15:30'da Belirlenen Gösterge Niteliğindeki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kurları (Dolar:18,6208)						

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Atatürk Parkı'nda yaz mevsiminde ortalama 466 kg/gün, sonbahar mevsiminde ortalama 187 kg/gün, kış mevsiminde ortalama 153 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde ortalama 86 kg/gün karasal atık toplanmıştır. Bu alanda en yüksek atık miktarına yaz ayında ulaşıldığı ve kirliliğin ana kaynağının mutfak atıkları (37683 kg/yıl) olduğu tespit edilmiştir. Katı atık kirliliğinin mevsimsel olarak sırası ile yaz>sonbahar>kış>ilkbahar şeklinde olduğu ve atıkların % 44,9'unun geri dönüştürülebilir atık, % 53,8'inin kompostlanabilir atık ve % 1,4'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur. Ayrıca Atatürk Parkı'nda bir yılda oluşabilecek oransal karasal atık miktarı 81273 kg olarak hesaplanmıştır.

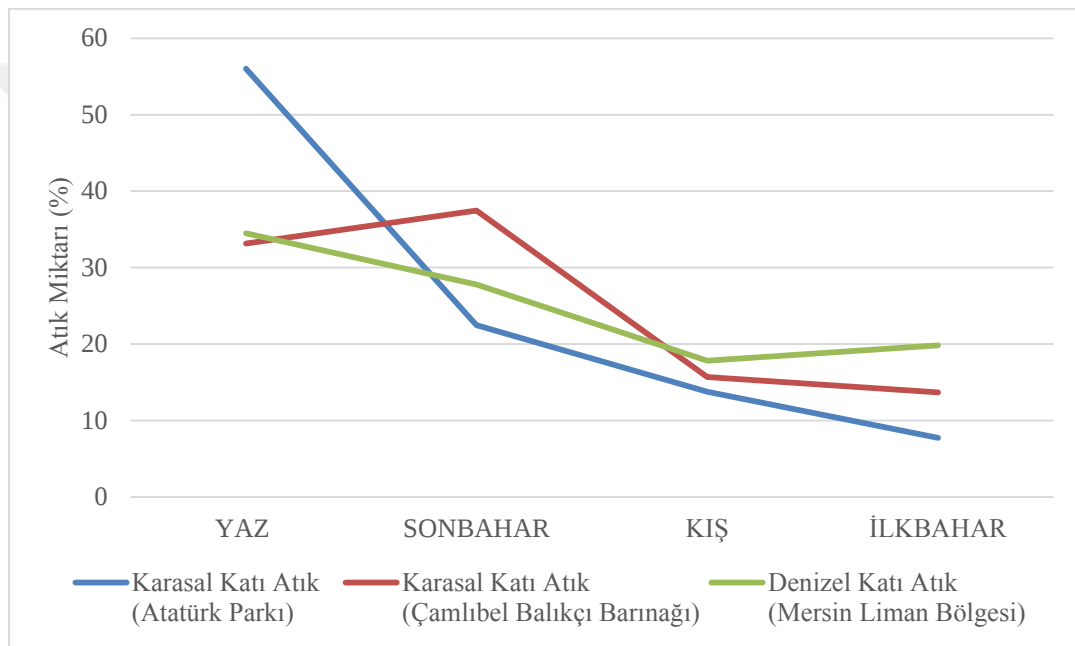
Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda yaz mevsiminde ortalama 30 kg/gün, sonbahar mevsiminde 34 kg/gün, kış mevsiminde 14 kg/gün ve ilkbahar mevsiminde 12 kg/gün karasal atık toplanmıştır. En yüksek miktarda katı atık sonbahar mevsiminde toplanmış, yıl boyunca cam atığının 2163 kg, park, bahçe ve ahşap atıklarının 1946 kg ve mutfak atıklarının 1541 kg olabileceği hesaplanmıştır. Katı atık kirliliğinin mevsimsel olarak sırası ile sonbahar>yaz>kış>ilkbahar şeklinde olduğu ve atıkların yaklaşık % 56,2'sinin geri dönüştürülebilir atık, % 42,3'ünün kompostlanabilir atık ve % 1,1'inin diğer atıklardan oluştuğu bulunmuştur. Bu alanda bir yılda oluşabilecek oransal karasal atık miktarı 8235 kg olarak hesaplanmıştır.

Tez çalışması boyunca karasal alanda yapılan çalışmalar Atatürk Parkı'nda toplanan katı atık miktarının 0,437 kg/m².yıl ve Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda toplanan atık miktarının 0,475 kg/m².yıl olduğunu göstermiştir. Karasal alan bir bütün olarak değerlendirildiğinde bu miktarın 0,440 kg/m².yıl olduğu tespit edilmiştir. Atatürk Parkı'nın özellikle yaz aylarında yoğunlukla kullanıldığı bu nedenle ortamda mutfak atıklarının en yüksek değerde olduğu değerlendirilmiştir. Çamlıbel Balıkçı Barınağı'nda en yüksek katı atık verisine balıkçılık faaliyetlerinin başladığı sonbahar mevsiminde ulaşılmıştır. Birbirlerine komşu iki alan olmasına rağmen mevsimsel atık miktarlarında oransal farkların oluşması alanların kullanım şekline, kullanıcıların sosyo-ekonomik yapıları ile alışkanlıklarından kaynakladığı fikrini güçlendirmiştir.

Mersin Limanında deniz yüzeyinde toplanan atıkların %85,03 oranında geri dönüştürülebilir atık, % 13,91 oranında kompostlanabilir atık ve %1,1 oranında ise diğer atık olduğu tespit edilmiştir. En yüksek atık miktarının 573,3 kg/yıl ile plastik atık türü olduğu belirlenmiştir. Belirlenen atık miktarları yalnızca deniz yüzeyindeki atıklar olduğu düşünülürse liman bölgesinden toplanabilecek katı atık miktarının çok daha yüksek olacağı öngörülebilir. Bununla beraber, herhangi bir tarımsal aktivite olmamasına rağmen çalışılan alanda 2021 yılı Ekim-Kasım aylarında park bahçe atıklarının en yüksek seviyeye ulaşmıştır. İncelemler toplanan atıkların tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar olduğunu göstermiştir. Bu atıkların çalışılan alanın doğusunda yer alan (Karaduvar, Kazanlı, Adanaloğlu gibi) ve özellikle Ekim ve Kasım aylarında artan tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların rüzgâr ve yağışlarla Deliçay ve Müftü Deresi vasıtasıyla deniz ortamına ulaştığı ve deniz ortamında ise akıntı ile Mersin Liman Bölgesine taşındığı sonucuna varılmıştır. Atık miktarları

mevsimsel olarak incelendiğinde, denizel ortamdan toplanan atık miktarının yağışların en yüksek olduğu sonbahar ve kış mevsimlerinde yaz mevsimine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu bulgu çalışma yapılan denizel alanın sıklıkla ve yoğun şekilde kullanılan karasal alanlardan etkilendiğini göstermiştir.

Tez çalışmasında deniz yüzeyinden alınan deniz suyu numunelerinde mikroplastiklerin sayı, boyut ve renk analizleri yapılmıştır. Mersin Liman Bölgesinden toplanan deniz suyu numunelerinde toplamda 1242 adet mikroplastiğe rastlanmış ve bunun %74,32'sinin siyah renkte olduğu bulunmuştur. Tespit edilen mikroplastikler için ortalama uzunluğun 746,15 µm olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek mikroplastik sayısına yağışların en yüksek olduğu kış mevsiminde ulaşılması iklimsel koşulların mikroplastik sayısında rol oynadığı fikrini vermektedir.



Şekil 5.1. Alandan toplanan katı atık oranı (%)

Sonuç olarak çöp konteynerleri dışında toplanan katı atık miktarının karasal ve denizel ortamlarda yaz aylarında en yüksek seviyeye ulaştığı, yaz ayından ilkbahar ayına doğru azaldığı, Atatürk Parkı'nda en yüksek oranda olduğu, Çamlıbel Balıkçı Barınağı'ndaki kirliliğin sonbahar aylarında arttığı bulunmuştur. Aynı zamanda benzer eğilimin karasal ve denizel katı atık miktarında da görülmesi, kirlenmenin karasal kaynaklı olduğunu ve özellikle Atatürk Parkı'nın kirlilikte büyük paya sahip olduğunu göstermektedir.

Denizel ortamda hareket halinde olan atıkların kaynağında engellenerek kirliliğin azaltılması yolunda adımlar atılması gerektiği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akarsu, C., Kumbur, H., Gökdağ, K., Kıdeyş A.E., and Sancez-Vidal, A. (2020). "Microplastics composition and load from three wastewater treatment plants discharging into Mersin Bay, north eastern Mediterranean Sea." *Marine Pollution Bulletin*, Volume 150, January 2020, 110776.
- Akdoğan, A. ve Güleç, S. (2005). "Belediyelerde Katı Atık Yönetimi ve İl Belediyelerinde Gerçekleştirilen Ampirik Bir Çalışma." *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 14 (4), 51-78.
- Aliani S. and Molcard A. (2003). "Hitch-hiking on floating marine debris: macrobenthic species in the Western Mediterranean Sea." *Hydrobiologia* 503: 59-67.
- Alkalay, R., Pasternak, G. & Zask, A., (2007). "Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment." *Ocean & Coastal Management*, 50 (5-6), pp. 352-362. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002.
- Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., Johnston, P (2006). "Plastic Debris in the World's Oceans." 1 pp. 44.
- Angiolillo, M., (2019). "Debris in deep water," in *World Seas: an Environmental Evaluation*, 2nd Edn eds, C. Sheppard. (Cambridge, MA: Academic Press), 251–268. doi: 10.1016/B978-0-12-805052-1.00015-2.
- Atık Yönetimi Yönetmeliği (2015). T.C. Resmi Gazete, 29314, 2 Nisan 2015.
- Aydın, Z. (2006). *Gıda Ambalaj Malzemelerinin Geri Dönüşümü ve Atıkların Kaynakta Ayrıştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Baskı Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.*
- Aydın, C., Güven, O., Salihoğlu, B., and Kıdeyş, A. E., (2016). "The Influence of Land Use on Coastal Litter: An Approach to Identify Abundance and Sources in the Coastal Area of Cilician Basin, Turkey. " *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 6, pp. 29-39.
- Bakir, A., Desender, M., Wilkinson, T., Van Hoytema, N., Amos, R., Ai- rahui, S., ... Maes, T. (2020). "Occurrence and abundance of meso and microplastics in sediment, surface waters, and marine biota from the South Pacific region. " *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111572. Ret rieved from <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111572>
- Barnes D.K.A. and Milner P. (2005). "Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean." *Marine Biology*, Vol. 146, pp. 815-825.
- Barnes, D.K.A. et al. (2009). "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. " *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, Vol, 364, pp. 1985–1998.
- Bouwmeester, H., Hollman, P. C. H., & Peters, R. J. B. (2015). "Potential Health Impact of Environmentally Released Micro- and Nanoplastics in the Human Food Production Chain: Experiences from Nanotoxicology." *Environmental Science & Technology*, Vol. 49, No. 15, pp. 8932-8947.
- Corcoran, P.L., Biesinger, M.C., Grifi M. (2009). "Plastics and beaches: A degrading relationship." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 58, pp. 80-84.
- Çevre Kanunu (1983). T.C. Resmi Gazete, 18132, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara. 11 Ağustos 1983.
- ÇŞİDB (2007). *Katı Atık Karakterizaysonu Analiz Metodu Kitapçığı*. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ankara. 15.10.2007
- Deniz Çöpleri Eylem Planı (2020). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mersin İl Müdürlüğü, Mersin. 03.01.2020

- Derraik J.G.B (2002). "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. " *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 44, pp. 842-852.
- Environment Canada (2003). *Marine Debris in Canada*. <http://www.ec.gc.ca/marine/debris/eng/faq.htm>
- Eryasar, A. R., Özbilgin, H., Gücü, A. C., ve Sakınan, S. (2014). "Marine debris in bottom trawl catches and their effects on the selectivity grids in the north eastern Mediterranean." *Marine Pollution Bulletin*, Vol 81, pp. 80–84.
- European Parliament and Council (2006a). Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on waste, Official Journal of the European Union L 114, 9-21.
- Galgani F., Jaunet S., Campillo A., Guenegon X. and His E. (1995). "Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the North-Western Mediterranean." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 30, No. 11, pp. 713-717.
- Galgani, F., Fleet, D., van Franeker, J., Katsavenakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., et al. (2010). *Marine Strategy Framework Directive Task Group 10 Report Marine litter*, JRC Scientific and Technical Report, ICES/JRC/IFREMER Joint Report (No. 31210–2009/ 2010), Ed. by N. Zampoukas. 57.
- Güleç, Sevcin (2004). *Belediyelerde Katı Atık Yönetimi (İl Belediyelerinde Bir Araştırma)*. İşletme Anabilim Dalı Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Güler, B.A. (2001). *Çöp Hizmetleri Yönetimi*. TODAİE Yayını, Ankara, Türkiye.
- Gündoğdu, S., Çevik, Cem., ve Karaca, S. (2017). "Fouling assemblage of benthic plastic debris collected from Mersin Bay, NE Levantine coast of Turkey." *Marine Pollution Bulletin* Vol. 124, pp. 147–154.
- Gündoğdu, S., ve Çevik, Cem., (2017). "Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples." *Marine Poll. Bul.* -08463, pp. 1-7.
- Gündoğdu, S., Çevik, Cem., Ayat, B., Aydoğan, B., ve Karaca, S. (2018). "How microplastics quantities increase with flood events? An example from Mersin Bay NE Levantine coast of Turkey." *Environmental Pollution*, Vol. 239, pp. 342-350.
- Güven, O., Gülyavuz, H., and Deval, M. C., (2013). "Benthic Debris Accumulation in Bathyal Grounds in the Antalya Bay, eastern Mediterranean," *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 13, pp. 43-50.
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanovic, B., & Kıdeyş, A. E. (2017). "Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish." *Environmental Pollution*, pp. 286-294.
- Kalyoncu, H.S., (2005). *Avrupa Birliği Uyum Sürecinde Türkiye'nin Karşılaştırmalı Atık Yönetimi Stratejileri*. Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Katsanevakis S. and Katsarou A. (2004). "Influences on the distribution of marine debris on the seafloor of shallow coastal areas in Greece (Eastern Mediterranean)." *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 159, pp. 325-337.
- Kershaw, D. (2016). *Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. Technical Report. United Nations Environment Programme (UNEP). doi: 10.13140/RG.2.2.30493.51687.
- Kıdeyş, A. E., Güven, O., Gökdağ, K., Karakoç, F. T., Karakulak, S., Yüksek, A., Beken, Ç. (2016). 2016 Yazında Türkiye Denizlerinden, Su Yüzeyinde, Su Kolonunda, Sedimanda ve Balık Mide/Bağırsaklarında Mikroplastik Analizinin Ön Sonuçları. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, (s. 74-75).

- Kiessling, I. (2003). Finding Solutions Derelict Fishing Gear And Other Marine Debris In Northern Australia. Canberra.
- Laist, D.W. (1987). "Overview of the Biological Effects of Lost and Discarded Plastic Debris in the Marine Environment." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 18, pp. 319–326.
- McDougall, Forbes R., White, Peter R., Franke, M. ve Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory* (Second Edition) . Blackwell Science, Oxford, London.
- Mersin Port, (2023). Mersin Limanı. 30.03.2023 tarihinde <https://www.mersinport.com.tr/tr/liman-ozellikleri/liman-konumu/liman-konumu/23/25/0> adresinden erişildi.
- Metin, E. (1996). III. Çevre Şurası Tebliğler ve Bildiriler Kitabı. Çevre Bakanlığı, Ankara.
- Moore, C.J. (2008). "Synthetic Polymers in the Marine Environment: A Rapidly Increasing, Long-Term Threat." *Environmental Research*, Vol. 108, No. 2, pp. 131-139.
- Netpak, (2016). Geri dönüşüm konusunda en başarılı ülkeler. 22 Ocak 2023 tarihinde <https://www.netpakambalaj.com/tr/geri-donusumkonusunda-en-basarili-ulkeler-h-37> adresinden erişildi.
- Olguner, M. T., Olguner, C., Mutlu, E., and Deval, M. C., (2018). "Distribution and composition of benthic marine litter on the shelf of Antalya in the eastern Mediterranean." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 136, pp. 171-176.
- Ozgüler, Ü. (2022). Mersin Körfezi'ne dökülen bazı nehirlerden kaynaklı mikroplastik bolluğunun yağışlı dönemdeki etkisinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye.
- Öztekin, A., and Bat, L. (2017). "Seafloor Litter in the Sinop İnceburun Coast in the Southern Black Sea." *International Journal of Environment and Geoinformatics*, Vol.4, No. 3, pp. 173-181.
- Öztürk, İ. (2015). Giriş, (Editör: İzzet Öztürk). Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları, İSTAÇ Teknik Kitaplar Serisi, İstanbul, s.1-6.
- Özcan, H.K., Borat, M., ve Bayat, C. (2005). Katı Atık Depo Sahası Gazları ve Çevresel Etkileri, Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, MBGAK'05, İstanbul.
- Palabıyık, Hamit (2001). Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği. Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Yayımlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Poullain P., Menna M., E. Mauri (2012). "Surface Geostrophic Circulation of the Mediterranean Sea Derived from Drifter and Satellite Altimeter Data." *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 42, No. 6, pp. 973-990, doi: 10.1175/JPO-D-11-0159.1.
- Rist, S., Almroth, B. C., Hartmann, N. B., & Karlsson, T. M. (2018). "A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics." *Science of The Total Environment*, Vol. 26, pp. 720-726.
- Sayar, Şevhan (2012). Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Sayıştay, (2007). Türkiye'de Atık Yönetimi Ulusal Düzenlemeler ve Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi Performans Denetimi Raporu, Ankara:T.C. Sayıştay Başkanlığı.
- Stefatos A., Charalampakis M., Papatheodorou G. and Ferentinos G. (1999). "Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: examples from two enclosed gulfs in Western Greece." *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 36, No. 5, pp. 389-393.
- Steiner, M. ve Ulrich W. (2009). Katı Atık Yönetimi: Atık Yönetiminin Esaslarına Yönelik Rehber Kitap. Eflatun Yayınevi, Ankara, Türkiye.

- Tchobanoglous, G.; Kreith, F. ve Williams, M. E. (2002). Introduction. (Editör: G. Tchobanoglous ve F. Kreith). Handbook of Solid Waste Management, Second Edition, McGraw Hill, New York, p.1-27.
- Tekiner, T. G. (2010). Türkiye’de Atık Yönetim Süreçleri ve Karşılaşılan Sorunlar, Süreko Eğitim Sunumu. IWES, İstanbul.
- Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (2017). T.C. Resmî Gazete. 29959. 25 Ocak 2017.
- Topçu, E. N., and Öztürk, B. (2010). “Abundance and composition of solid waste materials on the western part of the Turkish black sea seabed.” Aquatic Ecosystem Health and Management, Vol.13, No.3, pp. 301–306.
- Toprak - Karaman, Z. (1998). Çevre Yönetimi ve Politikası. Anadolu Matbaacılık, İzmir, Türkiye.
- Tutoğlu, N. (2019). Sucul Ortamdaki Mikroplastiklerin İnsan Sağlığına Etkisi Ve Arıtma Yöntemlerinin Araştırılması. Uzmanlık Tezi, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- TÜBİTAK MAM-ÇŞB. (2017). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Yılı Akdeniz Özet Raporu, (Rapor No. 5148704). Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2016). Belediye Atık Miktarları Sayı: 24876 29 Kasım 2017.
- Tweehuysen G. (2015). “Sampling River litter: Preliminary results.” Micro-2015. Seminar of the Defishgear project, Abstract book, Piran, Slovenia, p. 29.
- UNEP (United Nations Environment Programme), (2005). Marine Litter, An Analytical Overview. Nairobi.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2009). Marine Litter: A Global Challenge. Nairobi: UNEP. 232 syf.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2015). Marine Litter Assessment In The Mediterranean. Athens: UNEP.
- Uzunoglu, H. (2014). “Çevremizi Kirleten Atıklar ve Atık Yönetiminin Önemi. ” İzmir Ticaret Odası AR&GE Bülten, 2014 Haziran-Sektörel, s. 25-31.
- Venghaus, D. & Barjenbruch M. (2017). “Microplastics in Urban Water Management.” Technical Transactions, pp. 137-146. doi: 10.4467/2353737XCT.17.011.6108.
- Vişne, A., and Bat, L. (2015). “Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi Üzerine Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi Ve Karadeniz’deki Mevcut Durum.” Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research, Vol. 1, No. 3, pp. 104-115.
- WWF. (2018). Plastik Kapanından Çıkış, Akdeniz’i Plastik Kirliliğinden Kurtarmak. Dünya Doğayı Koruma Vakfı.
- Yashkaya, Refik (2004). Katı Atık Hizmetlerinde Özelleştirme, Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimleri Anabilim Dalı Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Yenice, K. M., Doğruparmak, Ç. Ş., ve Durmuşoğlu, E. (2009). “Kocaeli İli Katı Atık Karakterizasyonu.” Türkiye Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, TÜRKAY, Kocaeli, Türkiye.
- Yilmaz, A. B., Basusta, N., and Ismen, A., (2002). “ A study on plastic materials accumulation in the south-eastern Iskenderun Bay. ” Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 19, No. 3, pp. 485–488.
- Yurtsever, M. (2015). “Mikroplastiklere Genel Bir Bakış.” Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Vol. 17, No. 50, s. 68-83.

Yurtsever, M., Ünlü, Y., Yılmaz, M., & Kartal, A. (2017). “İç ve Dış Ortam Havaındaki Mikroplastiklerin İncelenmesi: Bir Kampüs Örneği. ” 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. İzmir, Türkiye.



EKLER

EK 1. RESMÎ YAZILAR





EK 2. DENİZ SÜPÜRGESİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ



Deniz SüpürGESİNİN Teknik Özellikleri

Ortalama Seyir Saati	3 saat/gün
Ortalama Seyir Hızı	3,704 km /saat
Konveyör Genişliği	1 metre
Konveyör Kolu Uzunluğu	1,2 metre
Konveyör İki Kol Genişliği	2,5 metre
Kolların Su Altında Kalma Yüksekliği	0,20 metre
Deniz süpürGESİNİN çalışma mesafesi (=Seyir Saati* Ortalama Seyir Hızı)	11,112 km/gün
Taranan hacim (=Çalışma Mesafesi * Derinlik * Genişlik)	5.556 m ³ /gün

EK 3. HAVA DURUM BİLGİLERİ

ÇALIŞMA TAKVİMİNE İLİŞKİN HAVA DURUM BİLGİLERİ											
Yıl	Ay	Hâkim Rüzgâr Yönü		Ort Rüzgâr Hızı (km/sa)	Yağış Durumu		Ortalama Yağış Miktarı (mm)	Yağışlı Gün Sayısı	MP Miktarı (adet/gün)	Denizel Atık Miktarı (kg/gün)	Toplam Denizel Atık Miktarı (kg/ay)
		Önceki Gün	Çalışma Günü		Önceki Gün	Çalışma Günü					
2021	Temmuz	Güney/ Güney Batı	Güney / Güneydoğu	10,4	-	-	3,00	1	78	105,9	12119
	Ağustos	Güney	Güney	10,4	-	-	3,00	3	112	40,2	11489
	Eylül	Güney	Güney	10,4	X	-	9,66	6	65	49,9	9330
	Ekim	Kuzey	Kuzey	11,3	-	-	35,25	3	91	102,1	8786
	Kasım	Kuzey/ KuzeyDoğu	Kuzey/ KuzeyDoğu	12,1	X	-	64,33	9	72	20,9	6794
	Aralık	Kuzey/ KuzeyDoğu	Kuzey/ KuzeyDoğu	13,2	X	-	83,66	10	307	148,4	6255
2022	Ocak	Kuzey/ KuzeyBatı	Kuzey/ KuzeyBatı	14	X	-	77,50	11	179	8,69	4419
	Şubat	Kuzey/ KuzeyDoğu	Kuzey/ KuzeyDoğu	13,5	X	-	66,33	11	176	75,6	5271
	Mart	Kuzey/ KuzeyBatı	Kuzey/ KuzeyDoğu	12,3	-	-	44,30	11	64	14,6	4767
	Nisan	GüneyDoğu/ Güney	KuzeyDoğu	10,66	X	-	29,00	2	75	150	7325
	Mayıs	Batı/ GüneyBatı	Doğu/ KuzeyDoğu	9,75	X	-	21,75	8	101	2209	5666
	Haziran	Güney/ GüneyBatı	Güney/ GüneyBatı	10,06	X	-	10,33	5	89	127,4	7240

EK 4. MİKROPLASTİK ANALİZLERİ**1. Sefer**

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	16	103,26	16047,06	2523,48
2	4	190,2	980,71	405,21
3	3	466,04	815,53	659,82
4	10	190,18	15524,69	2270,709
5	13	203,25	14972,25	2490,463
6	5	547,24	2272,66	1478,16
7	3	136,41	1631,05	679,88
8	7	335,79	1062,09	636,49
9	9	49,44	6337,34	1371,047
10	8	254,07	3761,16	1590,07
Ortalama [µm]				1410,53
TOPLAM (adet/ay)	78			

2. Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	6	186,68	700,2	385,66
2	8	16,45	9995,81	1969,70
3	6	221,66	1436,36	754,14
4	53	43,17	2680,11	583,57
5	9	46,37	4326,46	1217,22
6	10	123,48	2031,81	632,95
7	4	752,1	1100,96	876,55
8	8	157,67	3007,63	1078,93
9	2	670,7	692,79	681,75
10	6	69,59	4250,25	1231,49
Ortalama [µm]				941,20
TOPLAM (adet/ay)	112			

3. Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	6	481	6885,36	2616,618
2	4	410,81	2482,53	993,94
3	6	243,08	2183,52	830,46
4	5	89,92	438,24	254,76
5	11	184,28	3528,4	839,36
6	7	507,89	2577,33	1169,52
7	7	210,54	1749,03	766,78
8	7	162,78	3238,43	1300,18
9	7	323,66	2117,51	1141,7
10	5	449,62	2066,61	948,56
Ortalama [µm]				1086,19
TOPLAM (adet/ay)	65			

4. Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	15	124,57	7486,27	1020,85
2	12	230,92	1521,49	616,19
3	7	282,75	993,41	542,54
4	9	273,37	1344,46	685,65
5	6	476,53	6822,85	1824,07
6	8	213,66	3175,75	958,9
7	7	163,41	2512,35	854,22
8	6	291,03	6609,32	1431,84
9	8	218,38	4011,9	1373,11
10	13	144,86	6780,98	1346,912
Ortalama [µm]				1065,43
TOPLAM (adet/ay)	91			

5. Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	3	350,36	6295,37	2767,74
2	2	755,15	765,28	760,21
3	4	212,23	2718,39	870,8
4	13	116,34	3239,08	1004,61
5	9	210,14	1662,44	727,52
6	9	284,41	3466,27	1232,74
7	7	251,78	4133,92	1379,68
8	11	316,24	4430,14	1136,06
9	5	220,15	6360,72	1566,18
10	9	241,01	3299,81	1193,56
Ortalama [µm]				1263,91
TOPLAM (adet/ay)	72			

6. Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	33	79,39	4905,4	809,02
2	17	178,45	3313,46	1106,08
3	40	112,58	3393,26	608,14
4	24	139,64	8770,02	1230,07
5	19	189,91	3148,61	777,66
6	11	101,42	3283,84	869,01
7	42	143,92	9121,37	686,07
8	35	131,63	2414,97	577,17
9	53	102,13	2484,93	672,9
10	33	188,72	8180,6	1211,66
Ortalama [µm]				854,78
TOPLAM (adet/ay)	307			

7.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	25	28,45	603,69	255,81
2	18	63,61	4751,91	514,16
3	15	69,69	1655,61	413,7
4	9	58,12	2223,34	591,69
5	24	94,68	1072,74	271,69
6	7	62,35	1519,82	460,93
7	18	85,2	649,57	326,45
8	12	73,24	1603,5	510,28
9	22	120,96	1698,41	467,93
10	29	42,6	1126,42	276,08
Ortalama [µm]				408,872
TOPLAM (adet/ay)	179			

8.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	29	42,6	1126,42	276,81
2	15	29,16	1146,24	294,15
3	15	61,15	1406,27	401,95
4	9	154,79	1155,62	547,92
5	25	84,65	5481,02	713,93
6	11	24,38	1087,19	446,86
7	20	69,08	1171,59	522,41
8	11	46,31	1527,01	400,76
9	25	34,35	1297,85	255,76
10	16	40,29	1428,14	366,02
Ortalama [µm]				422,66
TOPLAM (adet/ay)	176			

9.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	11	77,3	657,76	302,19
2	3	162,4	3407,74	1309,53
3	3	123,6	718,2	450,78
4	9	142,23	4850,05	1063
5	5	87,6	722,16	288,28
6	2	265,15	498,31	381,73
7	1	337,05	337,05	337,05
8	2	157,66	914,75	417,19
9	8	70,57	1264,29	330,92
10	20	113,82	1655,85	389,85
Ortalama [µm]				527,05
TOPLAM (adet/ay)	64			

10.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	10	113,01	899,18	388,82
2	7	127,8	1820,42	478,43
3	8	29,46	747,63	199,65
4	6	182,19	911,27	414,42
5	8	58,77	802	306,21
6	7	66,32	1069,8	329,08
7	4	144,53	1145,41	613,25
8	15	134,88	1145,41	460,38
9	4	77,07	970,48	509,51
10	6	63,93	1909,11	465,43
Ortalama [µm]				416,52
TOPLAM (adet/ay)	75			

11.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	26	72,54	1565,9	399,33
2	3	107,21	237,11	179,2
3	4	47,22	210,63	131,95
4	4	132,64	693,39	343,06
5	5	71,28	1303,59	423,83
6	10	38,81	644,44	228,94
7	9	88,89	688,63	233,53
8	32	43,02	988,78	271,7
9	3	232,33	1224,76	781,04
10	5	741,34	741,34	327,07
Ortalama [µm]				331,97
TOPLAM (adet/ay)	101			

12.Sefer

Sıra No	MP Sayısı (Adet)	Minumum [µm]	Maximum [µm]	Ortalama [µm]
1	3	128,83	186,33	162,28
2	12	30,19	968,02	312,13
3	13	70,9	519,07	222,94
4	5	81,77	1098,1	406,24
5	8	72,64	1462,83	328,74
6	12	60,75	785,36	325,89
7	5	30,74	468,73	141,67
8	3	131,24	432,3	260,6
9	15	92,34	2141,5	479,32
10	13	62,74	1996,71	466,73
Ortalama [µm]				310,654
TOPLAM (adet/ay)	89			

ÖZGEÇMİŞ



