

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**YOZGAT ATIK SU ARITMA TESİSİNİN MİKROPLASTİK
TUTMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Hasan ALTUĞ

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Şeyda ERDOĞAN**

YOZGAT 2020

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**YOZGAT ATIK SU ARITMA TESİSİNİN
MİKROPLASTİK TUTMA KAPASİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

Hasan ALTUĞ

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Şeyda ERDOĞAN**

**Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından 6601-FBE/19-317 kodu ile desteklenmiştir.**

YOZGAT 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLO	iii
ŞEKİLLER.....	iv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Plastik Nedir?.....	1
1.2. Plastiğin Kullanım Alanları	5
1.3. Plastik Kirliliğinin Canlılar Üzerindeki Etkisi	7
1.4. Su Arıtma Tesislerinin Önemi, Genel Olarak Arıtma Aşamaları ve Özellikleri ...	10
1.5. Çalışmanın Amacı.....	14
2. MATERYAL VE METOD.....	16
2.1. Cihaz ve Malzemeler	17
2.2. Metot Aşamaları.....	18
2.2.1. Islak Eleme.....	18
2.2.2. Kurutma İşlemi	19
2.2.3. Peroksit Uygulaması (WPO).....	19
2.2.4. Yoğunluk Ayırımı	20
2.2.5. Vakum Pompası ile Ayırma	21
2.2.6. Mikroskop Analizi	21
2.2.7. Çamur Analizi	21
2.2.8. Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi	22
2.2.9. İstatistiksel Analiz.....	23
3. BULGULAR.....	24
3.1. Girdi Birinci Örnekleme (Mart 2019).....	24
3.2. Girdi İkinci Örnekleme (Eylül 2019).....	26
3.3. Çıktı Birinci Örnekleme (Mart 2019)	27
3.4. Çıktı İkinci Örnekleme (Eylül 2019)	29
3.5. Atık Çamur.....	31
3.6. Mezoplastik.....	33

3.7. Plastik Türevleri.....	35
3.8. Mikro ve Mesoplastik Tutulumu.....	38
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	38
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ.....	48



YOZGAT ATIK SU ARITMA TESİSİNİN MİKROPLASTİK TUTMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

Hasan ALTUĞ

Yozgat Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

2020; Sayfa: 48

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Şeyda ERDOĞAN

ÖZET

Plastik materyallerin üretimi 1950'lerden itibaren hızla artış göstermiştir. Plastik materyaller dayanıklı, kolay şekli alabilen ve ucuz materyaller olduklarından bir çok farklı endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik maddeler dayanıklı olduklarından doğada bozunmaktan ziyade zamanla küçük parçacıklara ayrılırlar. Bu küçük parçacıklardan boyutu 5mm'den daha küçük olanlar genellikle mikroplastik olarak adlandırılmaktadır. Büyük miktarda üretim oranına bağlı olarak, plastik atıkların doğada birikimi de dünya çapında hızla artış göstermektedir. Ancak bu plastik atıkların farklı ekosistemlerdeki dağılışı ve etkileri hala tam olarak bilinmemektedir. Evsel ve endüstriyel atıkların toplandığı ve arıtıldığı atık su arıtma tesisleri doğaya plastik tutulum veya salınım oranlarının tahmin edilmesinde önemli tesislerdir. Bu çalışmada Yozgat Atık Su Arıtma Tesisinin mikroplastik tutma kapasitesi araştırılmıştır. Su örnekleri girdi (10 L) ve çıktıdan (200 L) iki defa (Mart-Eylül) üçer tekrarlı olarak alınmıştır. Su örnekleri birbirine geçirilmiş farklı gözenek açıklıkları olan (500 μ , 328 μ , 61 μ) çelik eleklerden süzülerek sıvı peroksit uygulamasına tabii tutulmuştur. Daha sonra parçacıkların stereo mikroskopta sayımları (renk, şekil, boyut) gerçekleştirilmiştir. Ek olarak rastgele seçilen 44 partikül FTIR yöntemi ile analiz edilmiştir. FTIR sonuçlarına göre en yaygın tespit edilen mikroplastik türleri polistiren ve polivinil klorid olmuştur. Sonuçlara göre Yozgat Atık Su Arıtma Tesisinin mikroplastik tutma yüzdesi % 96.7 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikroplastik, Atık Su Arıtma Tesisi, Yozgat.

DETERMINATION OF MICROPLASTIC HOLDING CAPACITY OF YOZGAT WASTEWATER TREATMENT PLANT

Hasan ALTUĞ

T.C.

**Yozgat Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department Of Biology
Master Of Science Thesis**

2020; Page: 48

Thesis Supervisor: Assit. Prof. Şeyda ERDOĞAN

ABSTRACT

Plastic material production has been rapidly increased since 1950s. Since plastic materials are durable, easy to shape and low-cost, they commonly used in different industries. Plastic materials are durable and rather than decomposing, they break down into small plastic particles over time. These small particles that are less than 5 mm usually defined as microplastic. As a consequence of large plastic production rates, plastic waste accumulation in natural environment rapidly increased all over the World. However, the effects and distribution of plastic wastes in different ecosystems still largely unknown. Water treatment plants, where domestic and industrial wastewater containing microplastic particles are collected and treated, are important facilities to estimate plastic waste release or retention amount to the environment. In this study it was aimed to investigate microplastic removal rate of Wastewater Treatment Plant in Yozgat. Water samples were taken twice (March-September) as three replicates and from both inlet (10 L) and outlet (200 L). Water samples were filtered through stacked steel sieves with different pore sizes (500 μ , 328 μ , 61 μ) and subjected to wet peroxide oxidation. Than isolated particles were counted (colour, shape, size) under stereo microscope. Additionally, 44 random particles were analysed with FTIR spectroscopy. According to FTIR results most abundant microplastic types were polystyrene and polyvinyl chloride. According to the results WWTP removed % 96.7 of the microplastic particles came from influent.

Keywords: Microplastic, Waste Water Treatment Plant, Yozgat.

TEŞEKKÜR

“Yozgat Atık Su Arıtma Tesisinin Mikroplastik Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi” konulu tez çalışmasının yürütülmesinde, arazi çalışmasında, sonuçlandırılıp değerlendirilmesinde desteğini esirgemeyen bilgi ve deneyimleriyle rehberlik eden çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Şeyda ERDOĞAN’ a teşekkür ederim. Bu çalışmada her türlü yardımda bulunan Yozgat Atık Su Arıtma Tesisi sorumluları ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Kodu: 6601-FBE/19-317). Maddi desteklerinden dolayı Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Günümüzde en çok kullanılan bazı plastikler	2
Tablo 1.2: Uygulama sektörleri tarafından kullanılan polimerler	4
Tablo 3.1: Mart ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı.....	24
Tablo 3.2: Eylül ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı	26
Tablo 3.3: Mart ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı	28
Tablo 3.4: Eylül ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı	30
Tablo 3.5: Çamur örnekleme ortalama MP partikül türü, sayısı ve boyut sınıfları sayısı	32
Tablo 3.6: Mesoplastik örnekleme ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı	34
Tablo 3.7: Analiz sonucu bulunan plastik türleri	36
Tablo 4.1: MP üzerine yapılan çalışmaların karşılaştırılması	38

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: 1950-2015 yılları arası global plastik üretimi	2
Şekil 1.2: Su canlılarını etkileyen plastik tipleri.....	5
Şekil 2.1: Yozgat Atık Su Biyolojik Arıtma tesisi	16
Şekil 2.2: Islak eleme	18
Şekil 2.3: Kurutma İşlemi.....	19
Şekil 2.4: Islak peroksit uygulaması.....	20
Şekil 2.5: Yoğunluk ayırımı	20
Şekil 2.6: Mikroskop analizi a(fiber), b(fragment).....	21
Şekil 2.7: Belt pres işlemi sonucu çamur alınımı	22
Şekil 3.1: Mart ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül sayısı	24
Şekil 3.2: Mart ayı girdi MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	25
Şekil 3.3: Eylül ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül sayısı	26
Şekil 3.4: Eylül ayı girdi MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	27
Şekil 3.5: Mart ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül sayısı	28
Şekil 3.6: Mart ayı çıktı MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	29
Şekil 3.7: Eylül ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül sayısı.....	30
Şekil 3.8: Eylül ayı çıktı MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	31
Şekil 3.9: Çamur örnekleme ortalama MP partikül sayısı	32
Şekil 3.10: Çamur örnekleme MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	33
Şekil 3.11: Mesoplastik örnekleme ortalama MP partikül sayısı.....	34
Şekil 3.12: Mesoplastik örnekleme MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt).....	35
Şekil 3.13: Analiz sonuçlarına göre plastik türevi yüzdeleri	37
Şekil 3.14: Ölçüm spektrumlarının karşılaştırılması siyah renk bizim spektrumlarımız, kırmızı Biyo-rad spektrumları.....	37

Şekil 3.15: Mikro ve mesoplastik giriş ve çıkış tutulumu	38
---	----



KISALTMALAR LİSTESİ

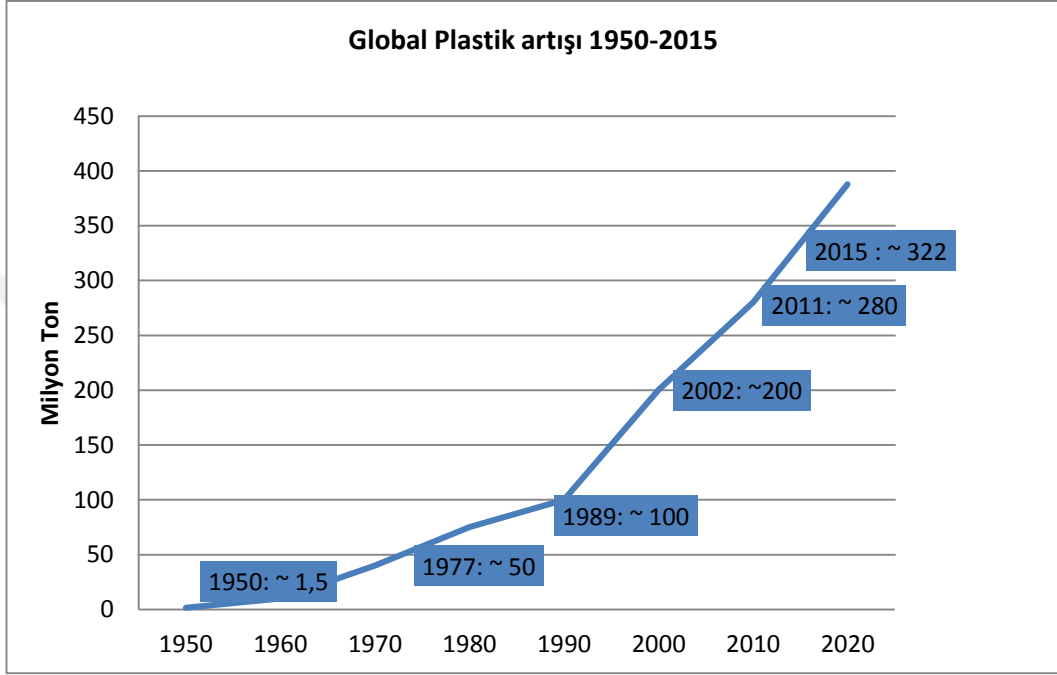
ABS	: Akrilonitril- Butadien Stiren
DEPH	: Di- 2- etil hekzil fitalat
FTIR	: Fourier Transform Infrared
IR	: Kızılötesi
MP	: Mikroplastik
MEHP	: Mono 2- etil hekzil fitalat
PE	: Polietilen
PMMA	: Polimetilmetakürilat
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorür

1. GİRİŞ

1.1. Plastik Nedir?

Polimerler, çok sayıda makro molekülün düzenli bir şekilde, kimyasal bağlarla bağlanarak oluşturdıkları yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerdir. “poli-” kelimesi Latince “birden fazla, çok” anlamındadır. “mer” adı verilen ünitelerin tekrarlanması sonrasında polimerler meydana gelir [1]. Diğer bir deyişle polimerler çok sayıda (monomer) denilen birimlerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Polimerlerin malzeme olarak kullanılabilmesi için çeşitli yöntemlerle işlenmesi gerekmektedir. Polimerler çoğu zaman tek başlarına, saf olarak işlenmezler. Polimerler işlenirken beraberinde, renklendiriciler, güneş ışığına karşı koruyucular, plastikleştirici, kaydırıcılar ve benzeri dolgu malzemeleriyle karıştırılarak, bir ön karışım hazırlanır. Bu karışım “kompound” olarak adlandırılır. Bu karışımlardan çeşitli üretim yöntemleriyle (Plastik Enjeksiyon, Plastik Ekstrüzyon, Şişirme Kalıplama Yöntemi, Isıl Şekillendirme Yöntemi vb.) ürün ve yarı ürün elde edilir. Bu üretim yöntemleriyle elde edilmiş ve son şekli verilmiş ürün “plastik” olarak tanımlanır [2]. Plastik, 1851 yılında ilk olarak sert kauçuğun yapılması ile doğal maddeler yerine kullanılabilen kimyasal bir maddeden elde edilmiştir. Kauçuğun keşfini takiben 1862 yılında Alexander Parkes ilk insan yapımı plastiği Londra’da uluslararası bir sergide kauçuğun yapabileceği her şeyi yapabilen ama daha ucuz olan bir madde olarak sergilemiştir [3]. Sonrasında 1900’lü yılların başına kadar geçen süreçte kimyasal bileşimlerin karıştırılarak temel düzeydeki plastik maddeler elde edilmiş. İlk fenol formaldehit reçinesi olan polimer (Bakalite) kimyager Leo Baekeland tarafından 1907’de geliştirilmiştir [4]. Kolayca kırılabilen ve koyu kahverengi bir malzeme olan bakalite elektrik yalıtım özelliği sayesinde lamba, elektrik fişi ve prizi yapımında kullanılmıştır. Ayrıca bakalite materyali elektronik, makine, mobilya ve iç mekân mobilyalarında kullanılmıştır [5]. Plastik üretimi ve plastik eşya imalatı 2. Dünya Savaşı sırasında ve sonrasında hızlı bir şekilde artmıştır [6]. Savaşta ihtiyaca göre gelişim gösteren plastik sektörü polietilen denilen plastiğin keşfedilmesiyle uzun elektrik hatlarının yalıtımında önemli bir yere sahip olmuş, paraşütler ipekten değil naylondan yapılmaya başlanmış ve plastik miğferler üretilmiştir. Böylece petrol türevi bir malzeme olan plastiğin ilk endüstriyel ölçekli üretimi 1940’lı yıllarda gerçekleştirilmiştir [7]. 1940’lı yıllarda plastik seri üretimine başlanmış olmasına

rağmen, 2015 yılında 322 milyon tona ulaşan küresel üretiminde hızlı artış gözlenmiştir [8]. Üretilen plastiğin neredeyse üçte biri tek kullanımlık plastiklerin üretiminde kullanılmaktadır [9]



Şekil 1.1: 1950-2015 yılları arası küresel plastik üretimi [10].

Termosetler, termoplastikler, poliviklorür (PVC), poliüretanlar, polistiren (PS), polietilen teraftalat, poliolefinler, florlu polimerler, genişmiş polistiren, epoksi reçineler, elastomerler, mühendislik plastikleri, biyo bozunur plastikler ve biyobazlı plastiklerdir [11]. Bunlar içerisinde termoplastikleri ve termosetleri iki ana başlık altında incelenebilir. Termoplastikler, ısıtılıp tekrar soğutulduğunda eski şeklini alabilirken, termoset plastikler eski şekillerini alamamakta ve bozulmaktadırlar [12].

Tablo 1. 1: Günümüzde en çok kullanılan bazı plastikler [13].

Malzeme	Grubu	Sıcaklık Sınırı (°C)	Özellikleri	Kullanım Alanı
Polietilen (PE)	Termoplastik	80-100	Toplam plastik üretiminin %40'ını oluşturur. Özelliği tiplere göre değişiklik gösterir, dış ortam koşulları ve neme karşı dirençli, esnek ve zayıf mekaniksek kuvvet özelliktedir.	Film levha, profil vb.
Polipropilen (PP)	Termoplastik	105	Beyaz renkli, yarı şeffaf ve oda sıcaklığında katı halde bulunur.	Paketleme filmi, otomobil parçası, tel ve kablo kaplama, gıda maddesi ambalajı vb.
Polistiren	Termoplastik	85	100 °C'nin altında katı ve şeffaf, 100 °C'nin üstünde akışkan ve yumuşaktır.	Gıda ambalajı, radyo ve televizyon kabinleri, teyp ve mobilya malzemesi, oyuncak vb.
Polivinilklorür	Termoplastik	110	Sert, yumuşak, opak ve saydam türleri vardır. Üretimi kolaydır.	Oyuncak bebek, plastik eşya yapımı, yer döşeme malzemesi, su hortumu vb.
Akrilonitril-Butadien- Stiren (ABS)	Termoplastik	75	İşlenmesi kolay, darbelere karşı dayanıklı, metal veya tahtaya alternatiftir.	Çeşitli far, ayna, boru, çanta, anahtar kutuları, tüfek dipçikleri vb.
Polimetilmetakürit (PMMA)	Termoplastik	125	Optik, saydam ve parlak görünümlüdür. Sert, UV' e dirençlidir. Cama alternatiftir.	Otomotiv farı, cihaz kapakları, ev dekorasyon ürünleri vb.
Politetrafloretillen Teflon	Termoplastik	120	Kimyasallara dayanıklı, sürtünme en düşüktür. Bazı tipleri çok iyi elektrik yalıtkandır.	Yatak malzemesi, kompresör ve hidrolik sektörü vb.
Naylon	Termoplastik	82	Süt beyaz renkte, katılaşır.	Giyim, ev tekstili, çadır, uyku tulumu, balık ağı, otomobil lastiği vb.
Selülozikler	Termoplastik	60	Termoplastiklerin kuvvetlendirilmesinde kullanılır.	Buzdolabı kapları, banyo küvetleri üretimi vb.
Fenolikler	Termoset	170- 250	Isıya dayanıklı, darbeye dayanıklı, büzülme miktarı az, suya ve asitlere yüksek dirençli.	Yaprak halinde ince levha yapımında, televizyon çerçevesi, elektrik şalter kutusu, priz vb.
Melaminler	Termoset	150- 200	Oda sıcaklığında sıvı, katı ve kuvvetlendirilmiş olarak bulunur, ısı altında serttir. Elektrik yalıtkanlığı iyidir, aşınmaya dayanıklı, alevlere karşı dayanıklıdır.	Düğme, tabak, elektrik parçaları, bardak vb.
Epoksiler	Termoset	150-260	Termik özellik ve kimyasal mukavemetleri çok iyidir. Lifli güçlendiriciler.	Duş başlığı, cihazlar, elektrik parçaları vb.

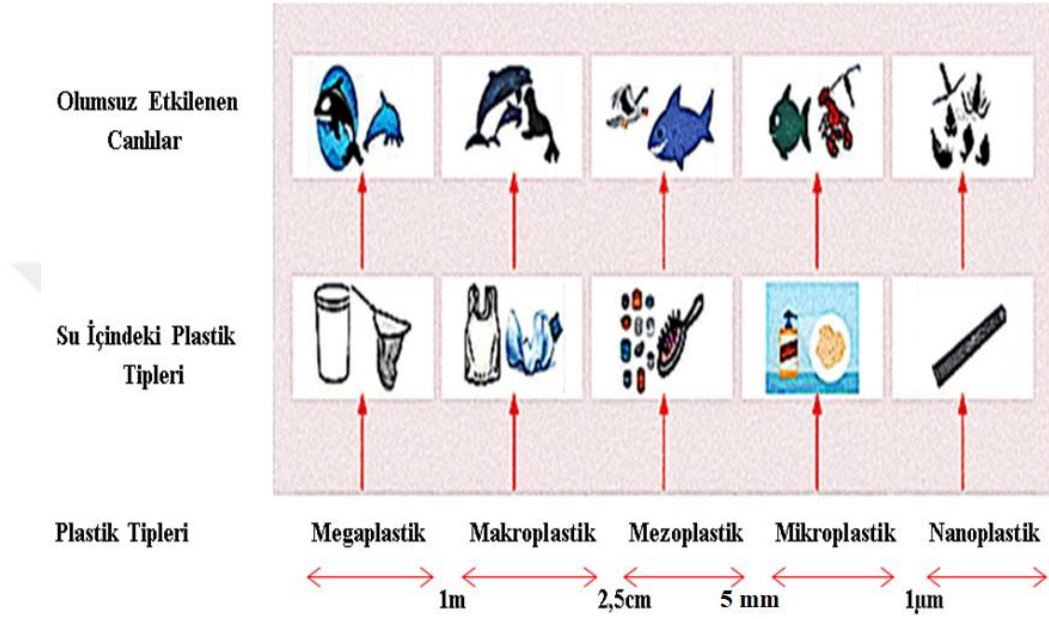
Termoplastiklere örnek olarak polietilen polistren ve polipropilen verilebilir [14]. Termosetlere örnek olarak polyster, epoksi, PVC ve asetol verilebilir [14]. Küresel olarak üretilen plastiğin kabaca %90'ı altı kategoriden birine girmektedir: HDPE, LDPE, PVC, PS ve PET [15].

Tablo 1. 2: Uygulama sektörleri tarafından kullanılan polimerler [16].

Pazar Sektörü	LDPE, LLDPE	HDPE	PP	PS	PVC	PET	PUR	Diğerleri	Toplam
Taşımacılık	%0,1	%0,8	%2,6	%0	%0,3	%0	%1,6	%1,4	%6,7
Paketleme	%13,5	%9,3	%8,2	%2,3	%0,9	%10,2	%0,2	%0,1	%44,8
Bina İnşaatı	%1,1	%3,3	%1,2	%2,2	%8,1	%0	%2,4	%0,5	%18,8
Elektrik Elektronik	%0,5	%0,2	%0,9	%0,6	%0,4	%0	%0,4	%1	%3,8
Tüketici Ürünleri	%2,9	%1,7	%3,8	%1,8	%0,6	%0	%1	%0,2	%11,9
Endüstriyel Makine	%0,2	%0,1	%0,2	%0	%0	%0	%0,3	%0	%0,8
Diğerleri	%1,7	%0,9	%4,2	%0,7	%1,4	%0	%2,5	%1,7	%13,2
Toplam	%20	%16,3	%21	%7,6	%11,8	%10,2	%8,2	%4,9	%100

Plastikler, bulundukları ortamda mekanik, UV ve kimyasal etkilerle daha küçük parçacıklara ayrılırlar, bu küçük parçacıklar sonucu mikroplastikler oluşur. Mikroplastikler (MP) boyu 5 mm'den küçük olan plastik parçacık olarak tanımlanmaktadır [17]. MP şekilleri küresel, uzun ince, dikdörtgen, silindirik, disk şeklindeki polimerlerdir. Renkleri, şeffaf, beyaz, açık- beyaz, kırmızı, opak, siyah, yeşil, gri, kahverengi, mavi, ten rengi, sarı, pembe ve pigmentasyondadır. Genellikle beyaz, yarı beyaz veya saydam olan MP güneş ışığının etkisiyle veya biyogenik ve antropojenik birikimlerince kirlenme ile zamanla renk değiştirebilirler [18]. MP'ler primer (birincil) MP ve sekonder (ikincil) MP olarak iki kısımda incelenir. Primer MP, mikro boyutlarda üretilmiş olan plastiklerdir. Birincil MP, kozmetikten ilaç sanayisine birçok alanda kullanılmaktadır. Yüz temizleyicileri, diş macunu, reçine toprakları, kozmetik/ duş/ banyo jelleri, göz farı, deodorant, alık tozları, fondöten, rimel, traş kremi, bebek ürünleri, banyo köpüğü losyonlar, saç boyası, oje, böcek kovucular ve güneş kremi kullanılan plastik parçacıkları içerir [19]. İkincil MP, bunlar daha büyük parçaların UV, ısı, rüzgâr gibi mekanik hareketler ve dalgalar veya biyolojik aktivitelerle bozulması ile meydana gelir. Mezoplastik (sentetik kökenli 5-25 mm olan ürünler) makroplastik boyut kategorisindedir [20].

Makroplastikler UV radyasyonunda fotogradasyona uğrar ve ayrışıp MP'ler oluşur. Nanoplastikler boyutu $< 1\mu\text{m}$ 'den küçük olan MP parçacıklarıdır [21]. Ancak bu sınıf aralıkları farklı kaynaklara göre farklılıklar göstermektedir. En yaygın gözlemlenen MP'ler fiber, ardından fragmentlerdir [22].



Şekil 1.2: Su canlılarını etkileyen plastik tipleri

Mikro ve nano plastik parçacıkları giderek artan bir sorun haline gelişmiştir. Bu nedenle son yıllarda plastik kirliliğine ilişkin araştırmaların sayısı her geçen gün artmaktadır.

1.2. Plastiğin Kullanım Alanları

Plastikler, birçok üretilen malzemelere göre daha hafif, işlenmesi kolay, birçok kimyasala karşı dayanıklılık göstermesi, düşük geçirgenliğe sahip olması, tekrar kullanılabilir olması, katkı maddeleri ile geliştirilebilmeleri (örneğin karbon elyafı ve cam), bazı plastiklerin esnekliği, şekil değiştirme, ısıyı ve elektriği hiç veya çok az ilettilerinden, bazı plastiklerinde saydam bir görünüme sahip olmalarından dolayı birçok alanda kullanılmaktadır [23]. 1940'lar da plastik seri üretimine başlanmış olmasına rağmen, 2015 yılında 322 milyon tona ulaşan küresel üretiminde hızlı artış gözlenmiştir [24]. Plastikler malzemeler, günümüzde en çok kullanım alanı olarak ambalaj ve inşaat sektöründe yanı sıra otomotiv parçalar, elektrik eşyalar, ayakkabı

ve beyaz eşya gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Plastik malzemeler, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin getirdiği avantajlarından dolayı birçok malzemenin (seramik, ahşap, metal) yerini almaya başlamıştır [25]. İnsanlar tarafından en çok kullanılan MP, yüz temizleyici ve diş macununda kullanılan mikro boncuklardır. Yeni bir deneysel deneme, mikro boncukların sorbed kimyasallarının taşıma vektörleri olarak hareket ettiğini gösterdi [26]. Atmosfer ve dış etkilere gösterdikleri yüksek dayanım da malzemenin yaygın kullanımında tercih nedeni olmaktadır [27]. Modern dünyada özellikle hafif ancak dayanıklı malların üretiminde ve maliyetlerini azaltmada plastik önemli bir yere sahiptir. Plastik ürünler, tıp alanında bile en yüksek hijyen seviyesini garanti eden aseptik ve tek kullanımlık araçlar olarak önemli bir rol oynarlar [28]. Üretilen plastiğin yaklaşık %50'si tek kullanımlık ambalajlar oluşturmaktadır [29]. Üretilen bu ambalajlar özellikle gıda sanayinde paketleme ve saklamada kullanılmaktadır. Sanayi olduğu kadar tarım sektörünün gelişmesinde de plastik malzemeler kullanılmıştır. Plastik malzemelerin tarımda kullanımı ilk olarak 1948'de ABD'de, selofanlı seralar ve hemen sonra Japonya'da seraları örtmek için PVC kullanılmaya başlanılmıştır [30]. Gelişen üretimle sonralarda sera örtme işini malç filmler üstlenmiştir. Malç filmler her türlü sebze ve meyve üretiminde kullanılan toprak üzerine örtülen ve bitkinin toprakla temasını engelleyerek mahsül kapasitesinin artışı, su tasarrufunu, yabancı ot minimizasyonunu, toprak sıcaklığını kontrol altına almaktadır. Çin' de yapılan bir araştırmada Çin Tarımsal İstatistik yılına göre kullanılan plastik film malçları mahsül üretiminin de yıllık % 7,1 büyüme sağlamıştır [31]. Günümüzde çok çeşitli yerlerde kullanılan plastikler kaldırım taşları yerine de kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada termoplastikten yapılan dolgu maddeleri (içeriği ağırlıkça %40-60 vinil, ağırlıkça %60 ABS) döşenmiş ve kullanım koşullarına bakılmıştır. Bu çalışmaya göre dayanıklılığı, zarar gördüğünde kolay değiştirilebilirliği, suyu uzaklaştırması, kolay renklendirme ve ağırlıklara dayanma gücü normal kaldırım taşlarından daha fazla olduğu gözlenmiştir [32]. Yıllık 35 milyon ton üretilen bir termoplastik olan PE yarısı plastik film yapmak için kullanılır [33]. PE kullanım alanları arasında taşıma ve saklama torbaları, streç film, sulama boruları, şişirilmiş kalıplı kaplar olarak (su, süt, deterjan ve kimyasal kap), dielektrik olarak elektrik kablolarında izolatör olarak kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe dahi önemli bir yere sahip olmaya başlamıştır.

Betonu güçlendirme amacıyla makro plastik fiberler kullanılmıştır, bununla ilgili yapılan bir çalışmada betona makro plastik fiberler katılmış ve sonuç olarak işlenebilirlik, plastik büzülme özelliği, basınç mukavemeti, yarıma gerilme mukavemeti, eğilme mukavemeti, çatlak sonrası performans ve kuru büzülme özelliği ile betona güç verdiği gözlenmiştir [34].

1.3. Plastik Kirliliğinin Canlılar Üzerindeki Etkisi

1950’li yıllarda plastik üretiminin artmasıyla, kötü atık yönetimi, yoğun kullanımları nedeni ile plastik kirliliğinde de artış meydana gelmiştir. Kirliliğin artması deniz ekosistemleri, kara ekosistemleri ve insan sağlığı için ciddi endişeler oluşturmaktadır. Özellikle kirlilik kıyı şeridinden okyanusa ve derin denizlere kadar genişlemektedir. Son yıllarda bu kirlilikte deniz ortamındaki MP’ler den kaynaklı kirlenme giderek artmaktadır. Deniz ekosistemindeki toplam plastik miktarının % 92’sini MP partikülleri oluşturmaktadır [35]. Endonezya Makassar’da ve ABD Kaliforniya’da denizlerden toplanan kabuklu deniz hayvanları ve balıklar incelenmiştir. ABD’den alınan örneklerin %67’sinde Endonezya’daki örneklerin %33’ünde MP fiberleri gözlenmiştir [36]. Diğer bir çalışmada Norveç kıyılarında kirlilik belirlenmesinde kullanılan Mavi midye (*Mytilus spp.*) incelemesi yapılmış ve yüksek oranda MP olduğu gözlenmiştir [37]. ABD yapılan başka bir çalışmada kişisel bakım ürünleri üreten bir sanayi kuruluşuna yakın bulunan bir gölde Zebra balıkları (*Danio rerio*) üzerinde MP incelemesi yapılmıştır. Rüzgâr, yağmur suyu, nehir yolu ve yer altı suyu ile göle geldiği düşünülüp 96 adet Zebra balığı incelenmiştir. İnceleme sonucunda balıkların solungaçlarında ve bağırsaklarında çeşitli boyutlarda genellikle MP boyutunda olan boncuk ve fiberlere rastlanmıştır [38]. Yukarıdaki çalışmaların hepsinde MP kirliliği nüfus yoğunluğu ve sanayi bölgelerine bağlı olarak daha fazla görüldüğü gözlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada Saint Paul takımadalarının çevresinden su yüzeyinden örnekler alınmış ve içeriğine bakıldığında özellikle polistren plastik peletlere (1-2 mm boyutunda) rastlanmıştır. Bu peletlerin çoğunluğunun kâğıt geri dönüşüm tesisinden geldiği tespit edilmiştir [39]. Plastik atıkların çevresel etkilerinin tam olarak anlaşılamamıştır, ancak Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP), deniz plastik atıklarının her yıl yüzbinlerce su omurgasının ölümüne neden olduğunu tahmin

etmektedir. Bu ölümler kısmen makro plastiklerin su canlılarına dolaşarak veya fiziksel hasardan kaynaklanır, ayrıca plastiklerin hidrofobik özelliğinden su yüzeyinde kolayca yüzebildiği için sudaki organizmalar tarafından yutulduğu ve plastik parçaların (MP) sindirim sistemini tıkadığından dolayı açlığa neden olduğu anlaşılmıştır [40]. İtalya kıyılarında Gagalı balina (*Mesoplodon mirus*) üzerine ölümünden sonra yapılan analizde belirgin bir şekilde fragment (3,1 cm boyutunda) ve polietilen (2,2 cm boyutunda) iki makro plastiğe rastlanmıştır. Ayrıca tüm mide bölmelerinde ve bağırsaklarında toplam 59 MP bulunmuştur [41]. Çin kıyılarında yapılan başka bir çalışmada da yutma yoluyla balıkların aldığı MP'lere bakılmıştır. Alınan 24 balık türünde mide ve bağırsaklarında (1,1-7,2 mm arasında) MP gözlenmiştir [42].

Plastikler son derece dayanıklı sentetik polimerlerdir, bu yüzden deniz okyanus diplerinde dahi bulunmaktadır. Atlantik Okyanusunda Eylül 2001 ile Ağustos 2012 arasında birbirinden bağımsız iki ekip tarafından yılın belirli zamanlarında yapılan çalışmada okyanus dibinden mercan örnekleri alınıp incelenmiş ve çeşitli boyutlarda (0,3mm ila 40 mm arasında) plastiğe rastlanmıştır [43].

Bir çalışmada sudaki canlıların özellikle omurgalıların MP'leri yutması ile yavaş hareket etme, büyüme ve doğurganlığın azalmasına neden olduğu anlaşılmıştır [44]. Bununla ilgili birçok çalışma yapılmıştır, bunlardan birisi 2007 ve 2012 yılları arasında İtalya kıyılarında 5 tane Akdeniz yüzgeç balinasına bakılmıştır ve balinalardaki DEHP (Di- 2- etil hekzil fitalat) ve MEHP (Mono 2- etil hekzil fitalat) oranının fazla olduğu anlaşılmıştır. DEHP en yaygın kullanılan fitalat türevidir ve örneğin PVC tipi plastiklerde bulur. MEHP DEHP' in ana metabolitidir ve DEHP' den daha toksiktir. Bunlara bakılarak MP'nin yüzgeç balinalar üzerine etkisinin olduğu anlaşılmıştır. MP'lerin denizcilik faaliyetleri balıkçılık, ulaşım, deniz sporları gibi ve kara kaynaklı turizm, endüstriyel veya kanalizasyon ile denizlere geçtiği yüzgeç balinalarına bu şekilde ulaştığı düşünülmektedir. MP'ler yüzgeç balinalarında yavaş büyümeye, uzun olgunlaşma süresine, uzun gebelik süresine ve düşük doğurganlığa sebep olduğu düşünülmektedir [45][46]. Üremeye etkisi üzerine yapılan başka bir çalışmada midye, kopepodlar ve istiridye de MP etkisine bakılmıştır. Çalışmada MP boncukları kullanılmış ve MP alımına bağlı olarak

beslenme, hayatta kalma ve doğurganlığın azaldığı gözlemlenmiştir, yine aynı çalışmada nano boyutlu plastik parçacıklar *Daphnia*'ya uygulanmış ve üreme bozukluğuna neden olduğu görülmüştür [47]. Plastik materyallerde kullanılan renklendirici maddeler, meydana gelen kimyasal reaksiyonlar ve sıcaklık değişimleri nedeniyle deniz içerisinde canlılar üzerinde toksik etki yaratarak ölüme dahi yol açmaktadır. Batı İngiliz Kanalı'nda kopepodlar üzerinde yapılan bir incelemede MP miktarı ve etkilerine bakılmıştır. Yutulan MP'lerin fiber ve küre olduğu renklerinin siyah, mavi veya kırmızı olduğu bunların ön bağırsağa yerleşerek burada zamanla biriktiği sonradan toksik etki yarattığı anlaşılmıştır [48]. MP alınımı ayrıca deniz omurgasız hayvanlarına karşıda etki ettiği gözlenmiştir, kestane larvaları (*Tripneustes gratilla*) üzerinde yapılan bir çalışmada MP küreler kullanılmış ve günlük ölümlerine bakılmıştır. Kestane larvası kullanılmasının sebebi MP boyutundaki parçacıklarla beslendikleri için tercih edilmiştir. Sonuç olarak larvalarda günlük % 38 oranında azalmanın olduğu belirlenmiştir [49].

MP ayrıca çevreye doğrudan daha büyük plastik ürünlerin, ilaçların üretiminde ve sentetik giysilerin yıkanmasında kullanılan granüller topaklar fiberler ve tozlar olarak da girebilirler [50]. MP'ler ile ilgili ülkemizde de son yıllarda çalışmalar yapılmıştır. Akdeniz' in sadece ülkemize ait kıyılarında 2016 yılında aylık örneklemelerle yapılan bir çalışmada, 28 türe ait 1137 balığın büyük çoğunluğunda, sindirim sisteminde MP olduğu tespit edilmiş, en sık karşılaşılan mikro plastiğin genellikle çamaşır makinelerinden geldiği düşünülen fiber olduğu görülmüştür [51].

Denizel kirliliğe sebep olduğu kadar karasal kirliliğe de neden olmaktadır. Çevreye girdikten sonra plastikler biyolojik bozulmaya karşı direnir, onlarca yüzyıllarca çevreyi kirletir ve insan sağlığı için risk oluşturur. Etiyopya'nın Gondar şehrinde plastik torba kullanımının çevre ve sığır sağlığı üzerindeki etkileri üzerine yapılan bir çalışmada plastik torba atıklarının yol kenarlarına, kanalizasyon ve halka açık yerlere atılmasıyla kanalizasyon tıkanmasına sebep olarak su taşkınlarına ve sığırların yemesi sonucu bağırsaklarının kilitlenmesine sebep olup ölümlerine yol açmıştır[52]. Buna önlem olarak plastik torbalar yakılma kararı alınmış sonucunda da zararlı gazlar hava kirliliğine neden olmuştur, böylece çevresel kirliliğinin, hayvan ölümlerinin yanı sıra birde hava kirliliğine neden olmuştur [52]. Ayrıca plastik

torbalar tarım alanlarına eriştiğinde, suyun süzülmesini ve toprakta uygun havalandırmayı azaltarak, bu alanların verimliliğinin azalmasına neden olur. Plastik atıklar oluk ve kanalizasyonları bloke ederek ciddi sorunlara neden olur. Örneğin Bangladeş’ te, Mart 2002’ de kanalizasyon tıkanıklığına neden olduğu için plastik torbalara yasak uygulanmıştır. Hindistan’ da plastik torbalar biyolojik olarak parçalanmadığından dolayı toprak verimliliği azalmış ve sivrisinekler için habitat oluşturduğu için sıtmanın yayılmasına katkı sağlamış ve dolaylıda olsa insan ölümlerine yol açmıştır [53].

1.4. Su Arıtma Tesislerinin Önemi, Genel Olarak Arıtma Aşamaları ve Özellikleri

Su, insan yaşamı ve ekolojik denge için en önemli unsurlardan biridir. Nüfusun hızla artması suyun sürekli kullanılması ve tüketilmesi, kullanım alanlarının azalmasına ve dünya üzerindeki su kaynaklarının giderek azalmasına neden olmaktadır[54]. Eski zamanlardan bu yana atık su uzaklaştırma çalışmaları yapılmaktadır. Su uzaklaştırma mimarisindeki gelişmelerin başlangıcı M.Ö önce 3000 ve 4000 yıllarına kadar uzanmaktadır [55]. Eski Hindistan'ın MohencoDaro kentinde İsa'dan 4500 yıl öncesine kadar varan tarihlerde helâ, hamam ve kanalizasyon gibi drenaj sistemi, kullanılmış suları saraylardan ve şehirden gibi oturma bölgelerinden uzaklaştırmaktaydı [55]. Uzaklaştırma işlemi sadece atık suyun kanalizasyon yardımıyla uzaklaştırılmasını sağlamakta asıl ihtiyacın o suyun kullanılır hale gelmesini sağlamaya çalışmaktı. Bu durum kullanılan suların tekrar temizlenerek doğaya bırakılma gereksinimini çok önemli hale getirir, bunun içinde su kullanım ihtiyacını karşılamak için takviye çalışmalar yapılmış sonucunda da ihtiyacı karşılamak için su arıtma tesisleri kurulmuştur. Su arıtma tesisleri, suyu çeşitli mekanik ve kimyasal işlemlerden geçirerek atık halde bulunan suların tekrar kullanılmasını sağlar. Küçük topluluklar halinde yaşayan insanlığın büyük topluluklar halinde yaşamaya başlamasıyla su arıtma tesislerine ihtiyaç artmaya başlamıştır. Dünya da modern anlamda ilk atık su tesisi, 1842 yılında Hamburg’da inşa edilmiştir. Bundan 12 yıl sonra da 1855’te, Chicago’da, ilk kanalizasyonun yapımına başlanmıştır. Tasfiye tesislerinin inşası ise 1870 yılından sonradır [56]. Arıtma işlemi içerisinde üç teknik kullanılarak arıtma işlemi uygulanmakta, bu teknikler Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik arıtma yöntemleridir.

Fiziksel arıtma yöntemi, diğer arıtma yöntemlerinden önce atık suda yüzen ve çökebilen katı maddelerin ızgaralar, elekler, kum tutucular, yüzdürme sistemleri ve çökeltme havuzları ile uzaklaştırılması amacıyla uygulanır [57].

Kimyasal arıtma yöntemi, suda çözünmüş halde bulunan kirleticilerin kimyasal reaksiyonlarla çözünürlüğü düşük bileşiklere dönüştürülmesi ya da kolloidal ve askıdaki maddelerin yumaklar oluşturularak çökeltme işlemi yapılarak uzaklaştırılmasıdır. Uzaklaştırma işlemine geçmesi için nötralizasyon, koagülasyon ve flokülasyon yapılır. Nötralizasyon, asidik ve bazik karakterdeki atık suların, uygun pH değerinin ayarlanması amacıyla yapılan asit veya baz ilavesi işlemidir. Koagülasyon, koagülant maddelerin (alüminyum sülfat, polialüminyum klorür, demir sülfat, kireç, poliamin vs.) uygun pH'da atık suya ilave edilmesi ile atık suyun bünyesindeki kolloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşturmaya hazır hale getirir. Flokülasyon (yumaklaştırma), atık suyun uygun hızda karıştırılması sonucunda koagülasyon işlemi ile oluşturulmuş küçük taneciklerin, birbiriyle birleşmesi ve kolay çökebilecek flokların oluşturulması işlemidir [57][58].

Biyolojik arıtma yöntemleri, atık suda kolloidal veya çözünmüş halde bulunan biyolojik olarak parçalanabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından besin ve enerji kaynağı olarak kullanılmak suretiyle atık sudan uzaklaştırılması esasına dayanır. Atık sudaki organik maddeler; bakteriler tarafından parçalanarak sıvının içinde kalan biyolojik floklara veya gaz olarak atmosfere çıkan sabit inorganik bileşenlere dönüştürülür. Oksijenin bulunduğu ortamda faaliyet gösteren aerobik ve oksijen olmadığı ortamda faaliyet gösteren anaerobik bakterilerin kullanılmasıyla biyolojik arıtma yapılır. Bakteriler, kullanılan atık su arıtma ünitelerinde karbon, azot ve kükürt bileşiklerinin giderilmesinde kullanılır. Arıtmada aktif çamur prosesleri, havalandırma lagünleri, damlatmalı filtre ve döner biyodisk biyolojik arıtma kısımları olarak kullanılır. Aktif çamur prosesleri, farklı karakterizasyona sahip atık suları arıtmak için kullanılır, bu proseste organik kirleticileri karbondioksit, su ve biyokütleye dönüştürmektir. Biyokütle, arıtılmış sudan ayrılıp aşırı çamur konsantre bir formda uzaklaştırılmaktadır, aktif çamur proseste her mg biyokimyasal oksijen ihtiyacına (BOİ) karşılık 0,5 mg kuru ağırlıkta biyokütle oluşmaktadır. Oluşan aşırı çamur, ikincil bir katı olduğunda uzaklaştırılır. Havalandırma lagünleri, 2,5-5 m

derinliğinde toprak yapılar olup, havalandırma dubalar veya sabit kolonlar üzerine yerleştirilen mekanik havalandırıcılar ile yapılır. Bu arıtma sisteminin esas fonksiyonu atık dönüşümüdür, diğer askıda katı madde sistemlerinde olduğu gibi havalandırma ile oluşturulan türbülans sistemin içeriğini askıda tutmayı sağlar. Hidrolik kalış süresine bağlı olarak, havalandırılmalı lagünden çıkan arıtılmış su giren BOİ 'nin üçte biri ile yarısını hücre formunda mikroorganizma oluşturur. Bu katıların çoğu deşarjdan önce çöktürülerek ortamdan uzaklaştırılır. Damlatmalı filtreler üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü katı tanecikler içeren dolgu sistemidir, bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan düzeneikle atık su dağıtımı yapılır. Filtreden geçen atık su dolgu taşlarına geçer burada ince bir tabaka meydana getiren bakteriler atık sudaki organik kirleticileri önce tutar, sonra biyolojik arıtım reaksiyonu meydana gelir. Burada biriken biyofilm katılaşır, sıvı hareketinden oluşan kesme kuvveti ile biyofilm dolgu taşından ayrılır ve çıkış suyu ile dışarı atılır, bu döngü sürekli devam eder. Döner biyo diskler, küçük yerleşim merkezlerinin evsel atık sularının arıtımında kullanılır, bu sistemler plastikten yapılan 2-3 m çapında, 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaft üzerine birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor ile döndürülür, atık su uzun ve sık tankların içine konur ve diskler atık su içinde %40-50 oranında batık şekilde döndürülür. Mikroorganizmalar disk üzerinde biyofilm oluşturacak şekilde büyürler, organik bileşikler tutulur ve biyolojik reaksiyon meydana gelir. Mikroorganizmalar oksijen ihtiyacını disk dönüşlerinde hava ile temas ederek sağlar [59][60]. Biyolojik yöntemler, Fiziksel ve Kimyasal yöntemlere göre ülkemiz ile birlikte birçok ülkede atık suyu daha iyi temizlediğinden dolayı kullanılmaya başlanmıştır [61].

Arıtma işlemi çeşitli aşamalar geçirilerek yapılır [62][63][64]. Bunlar;

- a) Giriş Kanalı, Izgaralar ve Kum Tutucu: Atık sular giriş kanalına kanalizasyon hattı ile gelir ve birinci aşama başlamış olur. Buradan giriş kanalı vasıtasıyla kaba ve ince ızgaraların bulunduğu by-pass odalarına geçer. Standart kaba ızgara ölçüsü 9 cm, ince ızgara ölçüsü 2,5 cm olmaktadır, buradan 40 mm'den büyük maddelerin tutulması sağlanır. Izgara kanalının genişliği minimum 0,6 m seçilir. Bu kanaldaki hızın maksimum debide 1,0 m/s değerini geçmemesi, minimum

debide ise 0,3 m/s'den az olmaması istenir. Belirlenen bu hızlar, kanalda birikim(çökerme) olmaması için belirlenen değerdedir. Izgaralar düzenli olarak temizlenmezse yük kaybı artar, ızgaralarda tutulan madde miktarı atık suyun özelliğine ve ızgara çubuk aralıklarına bağlıdır. Buradan atık su kum tutuculara geçer, burada atık suda bulunan kum, çakıl gibi kolayca çökebilen maddeler pompaların aşınmasına, kanallar, borular, çökeltme havuzlarında tıkanmalara neden olacağından, tesis girişinde kum tutucular vasıtasıyla sudan uzaklaştırılır. Kum tutucular sabit olarak bulunan dalgıç tip atık su pompaları ve yüzey sıyrıcıları ile olur, pompalar atmosferden aldıkları havayı filtre edip kum tutucu havuza basar ve gezer köprü ile ileri geri giderek kumun orada tutulmasını sağlar sıyrıcılarda gezer köprünün zıttı yönünde kumları ayırıcı hazneye itilir.

- b) Ön Çökeltme Havuzları: Kum tutuculardan sonra ön çökeltme havuzuna gelen atık su burada sıvıdan katı maddelerin (çamurun) uzaklaştırılması ve yüzdürme ile sıvıdan katı maddeleri (köpük, yağ ve yüzen birikintiler) ayrılması sağlanır. Havuz içerisindeki dairesel sıyrıcılar yüzen birikintilerin alınmasını sağlar. Atık sudan katıların giderilmesi ile bir miktar katı madde giderilmiş olur, böylece biyolojik arıtma ünitesinde arıtılacak organik yük azaltılmış olur. Köpüğün giderilmesi de havalandırma tankında ve çöktürme tanklarında köpük oluşumunu azaltır.
- c) Havalandırma Havuzu: Burada mikroorganizmaların organik maddeleri oksitlemesi için ihtiyaç duyulan hava suya verilir. Hava veya karıştırıcılar katıların askıda kalmasını sağlar. 4 m'den daha az derinlikteki havuzlarda tabanda difüzörler ile mikroorganizmalar için gerekli olan hava verilmiş olur.
- d) Çamur Çürütme Havuzu: Atık su arıtılması sonucu oluşan çamurları ham halde yüksek miktarda organik kirletici içerir, bertaraf edilmeden önce aerobik (havalı) çürütme ile çamur topak hale getirilir ve su hızı ile biyofilm alınır.
- e) Çamur Yoğunlaştırma Havuzu: Arıtma işlemi sonunda çıkan çamur sıvı veya yarı katı formda alınır ve belt prese alınarak burada susuzlaştırma işlemi yapılarak çamurun kek kalıbı şeklinde katı olarak atılmasını sağlar. Çamurlar ön çökeltme çamurları, kimyasal çamurlar (havalandırma havuzunda oluşan), biyolojik çamurlar (biyolojik arıtma sırasında), içme suyu arıtma işlemleri

sonucu oluşan inorganik çamurlar ve son çökeltme havuzunda oluşan çamurlardır.

- f) Son Çökeltme Havuzu: Buraya gelen atık su son çökeltme yapılarak katı maddeler (çamur), sıyrıcılar vasıtasıyla yüzeyde bulunan köpük, yağ ve yüzen birikintiler uzaklaştırılır. Buradan sonra arıtılan su dışarı deşarj edilir.

Türkiye’de 881 adet atık su arıtma tesisi bulunmaktadır [65]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2018 yılında toplam 4,8 milyar metreküp atık su deşarj edildi, kanalizasyon ile bu 4,8 milyar metreküp atık suyun %46,9’u akarsuya, %40,7’si denize, %3,1’i baraja, %1,4’ü göl, %0,4’ü araziye ve %7,5’i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Deşarj edilen atık suyun %88,3’ü (4,2 milyar metreküp) arıtılmıştır. Arıtılan atık suyun %2,3’ü sanayi, tarımsal sulama vb. alanlarda yeniden kullanılmıştır [66]. MP’lerin en çok bulunduğu alanlardan biri de atık su arıtma tesisleridir. Atık su arıtma tesisleri evlerden, ticari kuruluşlardan, endüstrilerden ve kentsel alanlardan atık su almaktadır, bu atık su içerisindeki plastiklerin makro boyutundakiler ortamdaki daha kolay uzaklaştırılırken MP tamamen uzaklaştırılamamaktadır. Almanya’daki 2014 yılında 12 atık su arıtma tesisinde yapılan bir çalışmada giriş ve çıkış kısımlarından örnekler alınarak gözenek açıklığı 3 mm olan elekler vasıtasıyla içerisindeki MP miktarlarına bakılmıştır. Alınan atık su örneklerinde deşarj sonucunda %97 MP tutulduğu ve çoğunlukla bulunan MP polietilen olduğu, bu MP’lerin kaynağının lavabolar olduğu gözlenmiştir [67]. İngiltere’nin kıyı atık su arıtma tesisinde yapılan başka bir çalışmada çoğunluğunun çamaşır makinelerinden geldiği düşünülen MP fiberleri gözlenmiştir [68]. Atık su arıtma tesisi çıkışları MP’lerin önemli nokta kaynaklarıdır. Raritan Nehri’nde yapılan bir çalışmada birincil ve ikincil MP’lerin bulundukları konumlara bakılmış, bu çalışmanın sonuçları, özellikle primer MP’lerin konsantrasyonunun atık su arıtma tesisi çıkışlarının aşağısında arttığını göstermiştir [69].

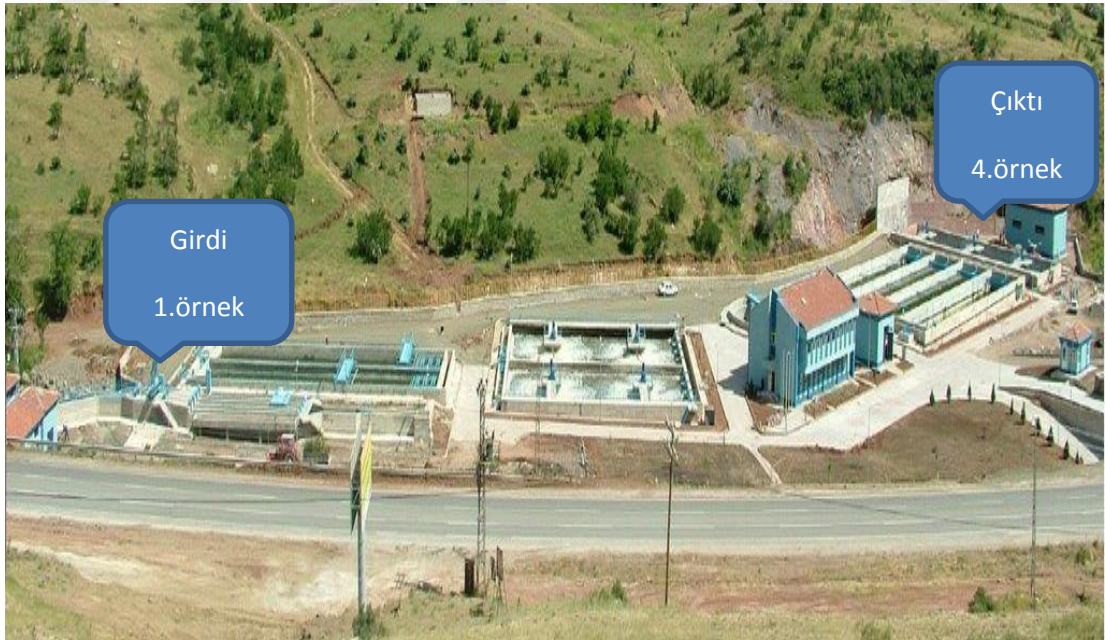
1.5. Çalışmanın Amacı

Çevre kirliliği ülkemiz için olduğu kadar dünya içinde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu sorun karşısında çözüm oluşturmak için çeşitli araştırma yolları aranmaktadır. Sucul ekosistemlerde meydana gelen hızlı MP artışı ve bu artışın sebep olduğu kirlilik sebebi ile son zamanlarda MP üzerine önemli sayıda çalışma

yayınlaştırmıştır [70]. MP enkazı, plastiğin günlük yaşamda rahatlıkla kullanımı ve oluşan atık maddelerin dikkatsiz bir şekilde imha edilmesi ile ekolojiye zarar vermektedir. MP kirliliğinin yanı sıra küçük boyutu birçok hayvanın besinlerini taklit ederek tüketilmesi yolu ile olumsuz yönde etkilemektedir. Plastik ürünlerin kaynakları antropojenik olmasına ve dolayısıyla karasal ortamda üretilmesine rağmen, sadece karasal ekosistemde kalmamış okyanus ve denizlere kadar ulaşmıştır. Gelecek 40 yılda plastik üretiminin 2 katına çıkacağı öngörülmektedir [71]. Plastik kirliliğinin yaşadığımız ekosisteme verebileceği zararlar göz önünde bulundurulduğunda acil önlemlerin alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır. MP sorunu son yıllarda farkına varılan bir kirlilik türü olduğundan kurulan atık su arıtma tesisleri özel olarak MP kirliliğinin önlenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmamıştır. Kentsel atık su ile gelen MP'lerin bu tesisler tarafından ne miktarda bertaraf edildiği ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur ve bu çalışmaların sonuçları farklı arıtma yöntemlerinin kullanıldığı tesislerde farklılıklar göstermektedir. Bu çalışmada yaşadığımız çevrede önemli bir ekolojik kirlilik nedeni olan MP hakkında Yozgat Atık Su Arıtma Tesisinin MP bertaraf edilmesinde ne kadar etkili olduğu araştırılmıştır. Aynı zamanda kentsel atık su ile sisteme gelen MP miktarı ve MP kirliliğinin seviyesini belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERİYAL VE METOD

MP kirliliğinin belirlenmesi için su örnekleri Yozgat'ın Bendilli mevkinde 1991 yılında 2 hektarlık alana inşa edilmiş olan Yozgat Atık Su Biyolojik Arıtma tesisinden alınmıştır [72]. Toplamda Eylül ve Mart aylarında olmak üzere 2 defa arıtma tesisinin girdi ve çıktı kısımlarından 3'er tekrarlı örnekler alınmış, ayrıca arıtma sonucunda belt pres (çamur susuzlaştırma makinesi) işlemi ile elde edilen çamurdan örnek alınmıştır. Yöntem olarak, uygun boyuttaki katı malzemeyi izole etmek için çelik kovalarla alınmış su örnekleri 5mm, 0,333mm ve 0,061mm gözenek açıklıkları olan çelik eleklerden süzülerek, elekler üzerinde kalan partiküller incelenmiştir. Elenmiş malzeme, numunedeki katı kütlenin belirlenmesi için kurutulmuş ve geriye kalan partiküller organik maddenin uzaklaştırılması için peroksit ile muamele edilmiştir. Bu karışımda bulunan plastik kalıntılarının öz kütleye bağlı olarak yüzdürme yoluyla izole edilmesi için NaCl yoğunluk ayırımı metodu uygulanmıştır. Askıda yüzeyde bulunan parçacıklar kullanılarak alındıktan sonra kurutulur ve mikroskop analizi yapılmıştır [73].



Şekil 2.1: Yozgat Atık Su Biyolojik Arıtma tesisi [72].

2.1. Cihaz ve Malzemeler

- 1) Paslanmaz elik elekler, her biri 5mm, 0,333mm ve 0,061mm süzme işlemi için.
- 2) elik kova 10 litrelik örnek alımı için.
- 3) Piset örneklerin durulanıp tuzdan uzaklaştırmak için.
- 4) Beherler, örneklerin konması için.
- 5) Metal spatula örneklerin alınması için.
- 6) Etiketleme kalemi
- 7) Terazı örneklerin tartımı için.
- 8) Kurutma fırını (90  C) rnekler kurutmak için.
- 9) eker ocak kimyasallarla işlem yapıldığı için önlem için kullanılır.
- 10) $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Demir Sülfat) ve %30 H_2O_2 (Hidrojen Peroksit) oksidasyonu organik maddenin uzaklaştırılması için.
- 11) Karıştırma ubuėu beher karıştırmak için.
- 12) Hot plate oksidasyonun 70  C’de ısıtılması için.
- 13) Saat camı beher üzerine kapatılır.
- 14) NaCl (sofra tuzu yeterli) yoğunluk ayrımı için kullanılır.
- 15) Yoğunluk ayırıcı (cam balon ve cam huni) ken madde ve tuzların uzaklaştırılması için kullanılır. Cam huninin u kısmına sıvı akışını kontrol etmek için kelepçe takılır.
- 16) Retort standı cam balon ve hunilerin konması için.
- 17) O-ring retort standına takılıp cam balon ve huninin üzerine takılmasını sağlar.
- 18) Filtre vakum pompasına konularak sıvı ile katıyı ayırmaya yardımcı olur.
- 18) Vakum pompası balon ve huniden alınan örnekler pompa ve filtre yardımıyla su ile plastik parçacıkları ayrılır.
- 19) Metal forseps (cimbız) yardımı ile filtre alınır ve cam petriye aktarmada kullanılır.

20) Cam petri filtre konulur

21) Cam kavanoz

22) Alüminyum folyo beher ve cam petrilerin üzerini örtmek için kullanılır.

23) Stero mikroskop renk ve boyutunun ölçülmesi için kullanılır.

24) Raman mikroskobu MP'lerin analizi için kullanılır.

2.2. Metot Aşamaları

2.2.1. Islak Eleme

İlk örnekleme işlemi girdi kısmında kaba ve ince ızgaraların bulunduğu by-pass kısmından alınmıştır. Örnekler daha önce hacimleri belirlenmiş çelik kovalar ile örnekler alınmış ve gözenek açıklıkları 5mm, 0,333mm ve 0,061mm olmak üzere 3 paslanmaz çelik elekten süzülmüştür. Girdi kısmından 10 litre örnek 3 tekrarlı olarak alınmıştır. Elekler üzerinde kalan örnekler steril edilmiş beherler içerisine önceden filtre edilmiş distile su konmuş pisetler ile yıkama işlemi yapıp tuzlar ortamdan uzaklaştırılarak örnekler spatula yardımıyla alınıp, beherlerin üzeri alüminyum folyo kapatılıp üzerleri etiketlenmiştir. İkinci örnek alımı son çökeltme havuzundan sonraki çıkış kısmından 250 litre 3 tekrarlı olacak şekilde yukarıda belirtilen örnek alma yöntemi kullanılarak alınmıştır. Ayrıca bir kaşık yardımıyla belt pres işlemi oluşan çamur örneği alınmış ve cam kavanoza konmuştur. Alınan 21 örneğin ve alınan 3 çamur örneğinin hepsi kontrollü bir şekilde laboratuvara taşınmıştır. Aşağıda açıklanan metot aşamaları tüm örneklerle uygulanmıştır.



Şekil 2.2: Islak eleme

2.2.2. Kurutma İşlemi

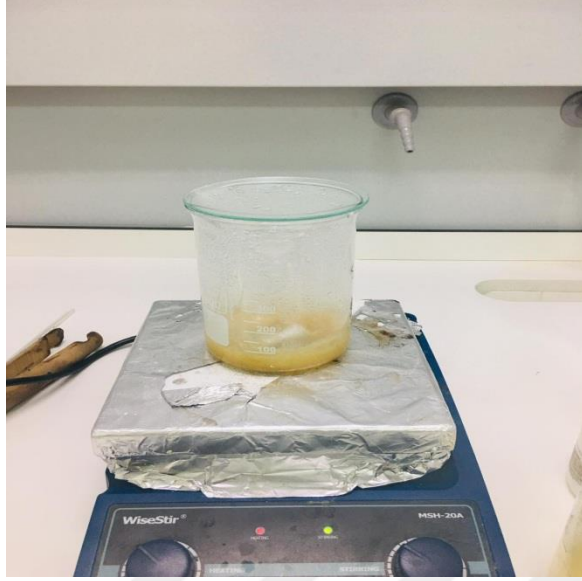
Getirilen örnekler kuruması için etüvde 90 °C’de 24 saat veya daha uzun süre içerisinde sadece katı madde kalana dek kurutulmuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Kurutma İşlemi

2.2.3. Peroksit Uygulaması (WPO)

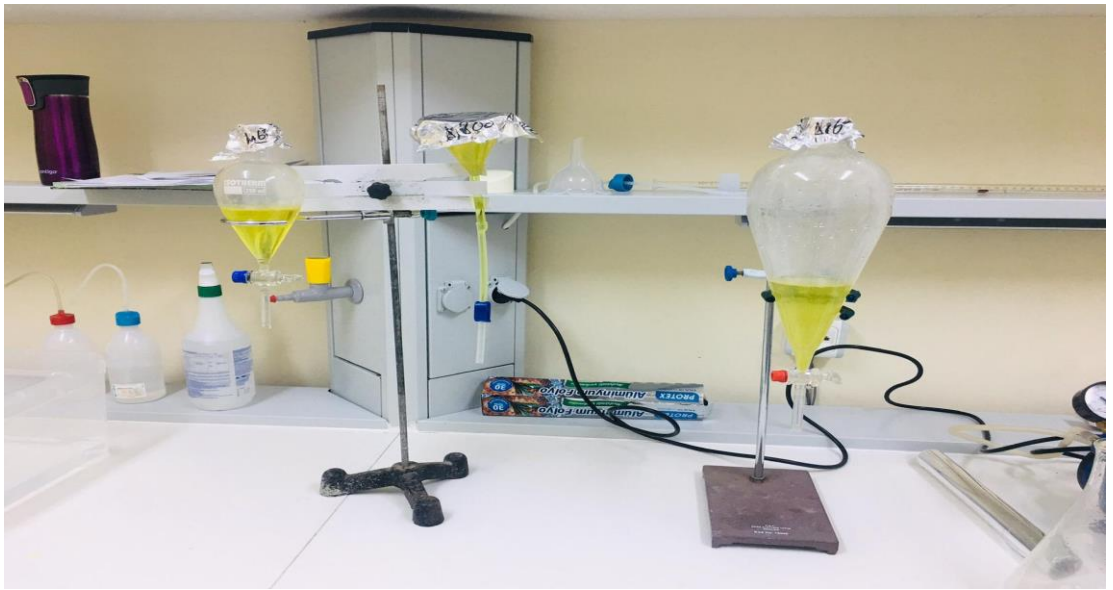
Kurutma işleminden sonra geriye kalan partüküller hidrojen peroksit ile muamele edilmiştir. Isıtıcı tabla üzerine alınan beherler içerisine daha önce hazırlanmış 20 ml $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Demir sülfat) ve 20 ml %30 H_2O_2 (Hidrojen Peroksit) eklenmiştir. $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve %30 H_2O_2 eklenmesi ortamdaki organik maddenin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 100 ml suya 1,5 gr $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ eklenerek hazırlanıp behere 20 ml ilave edilmiştir. 5 dakika karışım bekletildikten sonra oda sıcaklığında balık eklenip, beher saat camı ile kapatılmıştır. Beher ısıtıcı tabla üzerinde 75 °C ‘de ısıtılmıştır. Beherde gaz baloncukları görüldüğü anda ısıtıcı tabla üzerinden alınıp, çeker ocakta baloncuklar bitene kadar beklenmiştir. Eğer reaksiyon çok hızlı ve beherden taşma söz konusu ise distile su eklenerek reaksiyon hızı yavaşlatılmıştır. Bu işlem sonunda hala organik materyal görülüyorsa organik maddeler ortamdaki uzaklaştırılana değin işlem tekrarlanmıştır. Son işlem olarak öz kütleye bağlı ayırma için beher içinde kalan sıvının her 20 ml için 6 gr NaCl (Tuz) eklenmesi yapılarak tuzun çözünmesi için 75 °C’de ısıtılmıştır. NaCl gibi doymuş tuz çözeltileri, çözünmemiş büyük miktarda inorganik maddenin olduğu yerlerde daha az yoğun partiküllerin ayrılmasına izin verir. Ucuz ve tehlikeli olmadığı için MP çalışmalarında NaCl yaygın olarak kullanılmaktadır [74].



Şekil 2.4: Islak peroksit uygulaması

2.2.4. Yoğunluk Ayırımı

Hazırlanan çözelti çeker ocaktan alınarak ve ayırma hunisi veya armudi ayırma balonlarına doldurulmuş, beher içerisinde bir şey kalmaması için distile su ile 3 defa temizlenmiştir. Huni ve cam balonun ağzı alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Bir gece plastiklerin yüzeye çıkması ve diğer maddelerin çökmesi için beklenmiştir, eğer diğer maddelerle çöken gözle görünen plastik var ise bunlar ayrıştırılmıştır. 24 saat bekledikten sonra dibe çöken kısım atılmıştır.



Şekil 2.5: Yoğunluk ayırımı

2.2.5. Vakum Pompası ile Ayırma

Çöken kısım uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan askıdaki partiküller alınır. Vakum pompasına yerleştirilmiş filtreye kalan numune boşaltılır ve pompa çalıştırılarak sıvı ile kalan plastik parçaları birbirinden uzaklaştırılmış olur. Daha sonra filtre cımbız yardımı ile cam petri içerisine alınarak ağzı kapatılıp kurutulmuştur.

2.2.6. Mikroskop Analizi

Filtre üzerinde kalan partiküller görsel olarak stereo mikroskop altında incelenmiştir. Mikroskop altında hazırlanan petrilerin içerisindeki MP'lerin sayısı, boyut, renk, şekil ve tür bakımından incelemesi yapılmıştır. MP olup olmadığının kontrolü iğne ucunun ısıtılıp değdirilme yöntemiyle ön incelemeden geçirilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Mikroskop analizi a(fiber), b(fragment).

2.2.7. Çamur Analizi

Arıtma işlemi sonucunda belt pres işlemi oluşan çamurdan kavanozla alınan çamur örnekleri ağzı kapatılarak laboratuvara getirilmiştir. Getirilen örnekler alüminyum folyo üzerine alınarak etüvde kurutulup akabinde çamur analiz metodu uygulanmıştır. Bu yöntemde 1 ml distile su içerisine 1,2 gr/ml NaCl (sofra tuzu) ilavesi yapılır ve hot plate üzerinde 5 dakika karıştırılır amaç yoğunluk ayırma yöntemi kullanılarak plastik parçalarının su yüzeyinde askıda kalmasını sağlamaktır. Askıda kalan parçacıklar alınarak filtreden geçirilir bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır.

[75]. Sonraki işlemler diğer su örneklerinde olduğu gibi tekrarlanmaktadır. Bu işlem 6 ay olacak şekilde 2 defa ve 3 tekrarlı 6 örnek üzerinde tekrarlanmıştır.



Şekil 2.7: Belt pres işlemi sonucu çamur alınımı

2.2.8. Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi

Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), IR (kızılötesi) ışınları bir molekülün üzerine gönderilip titreşim hareketiyle soğurulmasını sağlayarak hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilir [76]. FTIR şüpheli tüm parçacıkları taramak veya görsel tanımlama sonuçlarını doğrulamak için kullanılmaktadır. FTIR spektrumları polimerik fonksiyonel grupların belirli bölgelerini kolayca tanıyabilir. Yüksek güvenilirliği nedeniyle FTIR, MP'lerin kimyasal karakterizasyonunda en sık kullanılan tekniktir. Bu yöntem, MP bolluğu ve polimer tipleri hakkında bilgi vermek için kullanılmaktadır. FTIR 500 nm'ye kadar MP numunelerini daha hızlı analiz yapar. Özellikle fragmentler FTIR analizinde gözlenmektedir. Görsel sayımda MP olarak sayılan maddeler, FTIR ile analiz edildiğinde plastik olmadığı anlaşılabilir [77][78][79]. MP parçacıklarının yapısal karakterizasyonu FTIR (Perkin Elmer-Spectrum Two) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Parçacık yüzeyinde bulunan fonksiyonel grupların belirlenebilmesi için 400-4000 cm^{-1} spektrum aralığında ölçümler yapılmıştır. Elde edilen spektrumlar Bio-Rad (Bio-Rad KnowItAll® Informatics System – Raman ID Expert (trial version) (Bio-Rad Laboratories, California, USA) programı kullanılarak referans kütüphaneler içerisinde taranmış ve HQI ($\text{HQI} > 80$) değerlerine göre MP türevleri belirlenmiştir.

2.2.9. İstatistiksel Analiz

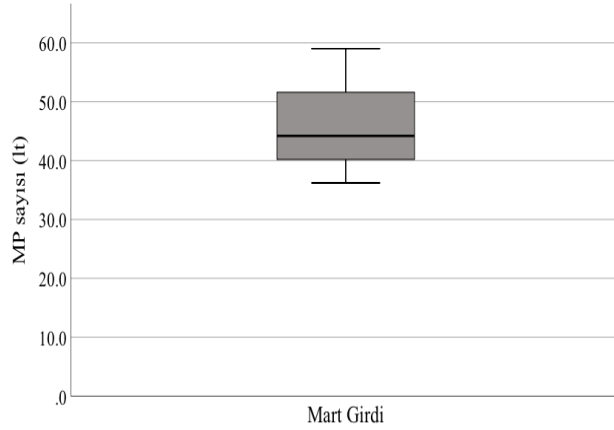
Elde edilen sonuçlara göre MP renk, boyut aralığı ve türü MP sayılarının istatistiksel olarak farklı olup olmadıkları Kruskal vallis analizi ile ($p<0.05$) test edilmiştir. Girdi ve çıktı kısımlarından alınan örneklerden elde edilen verilere bağlı olarak MP tutulum yüzdesi hesaplanmıştır ve aradaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Mann-Whitney U testi kullanılarak belirlenmiştir. Tüm analizler R istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (R Development Core Team, 2015; versiyon 3.1.3).



3. BULGULAR

3.1. Girdi Birinci Örnekleme (Mart 2019)

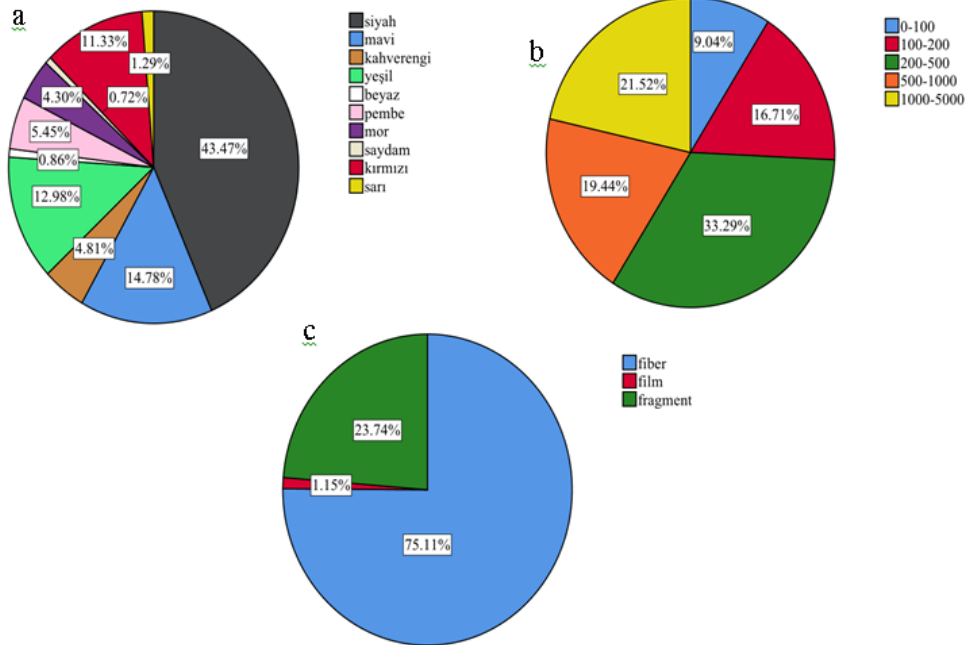
Mart ayında girdiden alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $46,4(\pm 11,5)$ MP/l olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile siyah, mavi, yeşil ve kırmızı olmuştur. Pembe, kahverengi, mor, sarı, saydam ve beyaz renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlemlenmiştir ($p < 0.01$). MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 200-500 μm olmuştur. Bunu sırası ile 1000-5000, 100-200, 500-1000 ve 0-100 μm sınıf aralıkları takip etmiştir ($p < 0.05$). Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir. İkinci en yoğun gözlemlenen fragment ve ardından film türevleri olmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 3.1, Şekil 3.2).



Şekil 3.1: Mart ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.1: Mart ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı

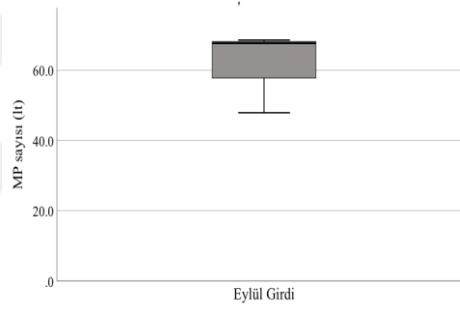
Girdi Mart					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı (µm)	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	20,2 ± 8,354	0-100	42 ± 3,606	Fiber	34,9 ± 12,158
Mavi	6,867 ± 0,404	100-200	77,667 ± 19,502	Fragmen t	11,033 ± 0,097
Kahverengi	2,233 ± 0,850	200-500	154,667 ± 52,003	Film	0,533 ± 0,681
Yeşil	6,033 ± 1,102	500-1000	90,333 ± 25,794	Pellet	0
Pembe	2,533 ± 1,250	1000-5000	100 ± 26,211		
Mor	2 ± 1,3				
Kırmızı	5,267 ± 1,137				
Saydam	0,333 ± 0,493				
Beyaz	0,400 ± 0,265				
Sarı	0,6 ± 0,346				



Şekil 3.2: Mart ayı girdi MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türü (c) yüzdeleri (MP/lt)

3.2. Girdi İkinci Örneklem (Eylül 2019)

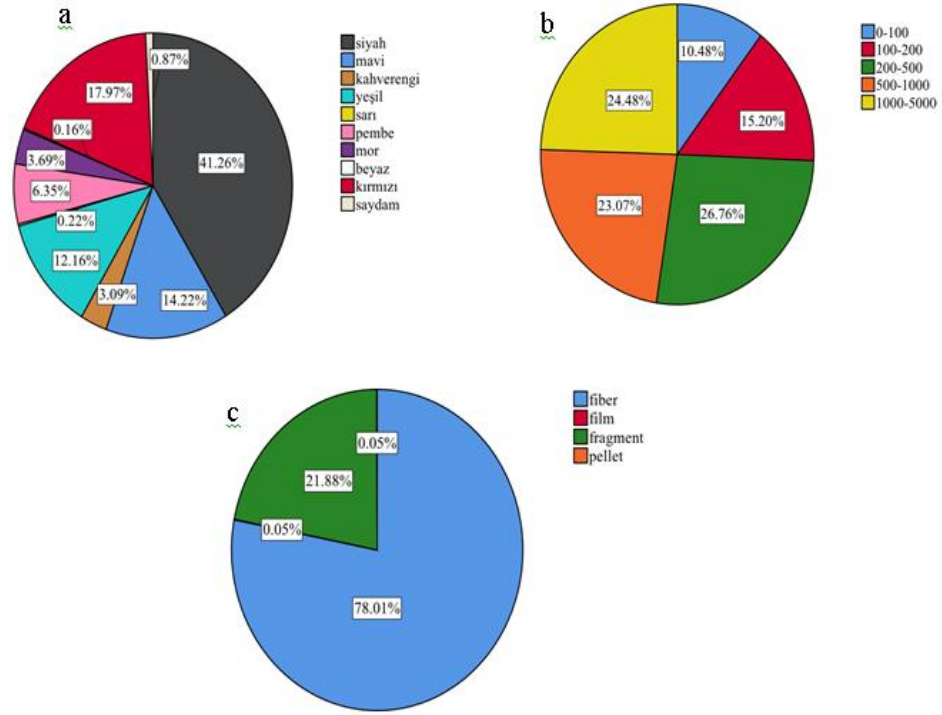
Eylül ayında girdiden alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı 61,4($\pm 11,7$) MP/lt olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile siyah, kırmızı, mavi ve yeşil olmuştur ($p < 0.01$). Pembe, mor, kahverengi, beyaz, sarı ve saydam renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlenmiştir. MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 200-500 μm olmuştur. Bunu sırası ile 1000-5000, 500-1000, 100-200, 0-100 μm sınıf aralıkları takip etmiştir ($p < 0.05$). Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). İkinci en yoğun gözlemlenen fragment ve ardından film ve pellet türevleri olmuştur (Tablo 3.2, Şekil 3.4).



Şekil 3.3: Eylül ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.2: Eylül ayı örnekleme girdi ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı

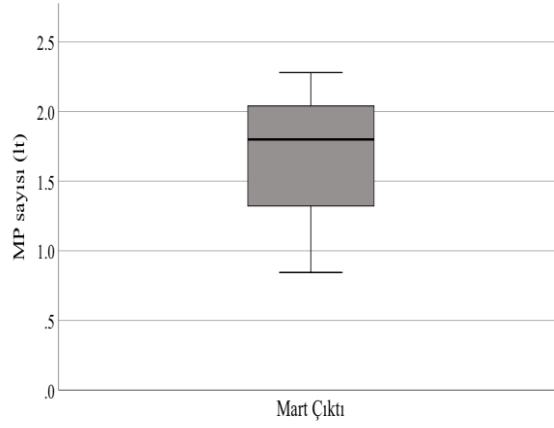
Girdi Eylül					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı (μm)	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	25,333 $\pm$ 6,332	0-100	60,333 $\pm$ 33,724	Fiber	47,900 $\pm$ 9,815
Mavi	8,733 $\pm$ 2,538	100-200	77,333 $\pm$ 26,083	Fragment	13,433 $\pm$ 4,429
Kahverengi	1,900 $\pm$ 0,436	200-500	152 $\pm$ 14,993	Film	0,033 $\pm$ 0,058
Yeşil	7,467 $\pm$ 2,566	500-1000	111,1 $\pm$ 34,117	Pellet	0,033 $\pm$ 0,058
Pembe	3,900 $\pm$ 1,212	1000-5000	132 $\pm$ 36,014		
Mor	2,267 $\pm$ 0,751				
Kırmızı	11,033 $\pm$ 1,601				
Saydam	0,533 $\pm$ 0,153				
Beyaz	0,1 $\pm$ 0				
Sarı	0,133 $\pm$ 0,153				



Şekil 3.4: Eylül ayı girdi MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt)

3.3. Çıktı Birinci Örnekleme (Mart 2019)

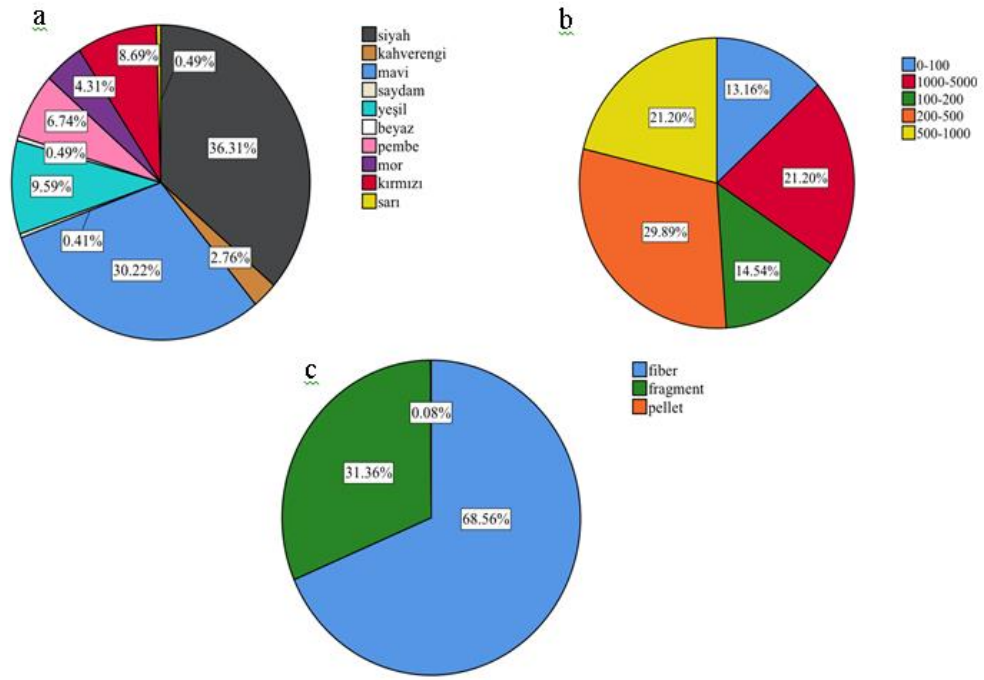
Mart ayında çıktıdan alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $1,6(\pm 0,7)$ MP/lt olarak belirlenmiştir (Şekil 3.5). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile siyah, mavi, yeşil ve kırmızı olmuştur ($p < 0.01$). Pembe, mor, kahverengi, sarı, beyaz ve saydam renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlenmiştir. MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 200-500 μm olmuştur ($p < 0.05$). Bunu sırası ile 1000-5000, 500-1000, 100-200, 0-100 μm sınıf aralıkları takip etmiştir. Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). İkinci en yoğun gözlemlenen fragment ve ardından pellet türevleri olmuştur (Tablo 3.3, Şekil 3.6).



Şekil 3.5: Mart ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.3: Mart ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı

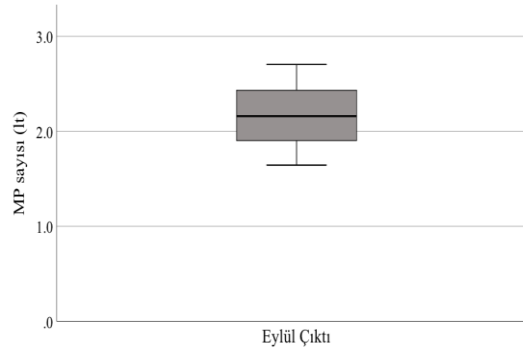
Çıktı Mart					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	$0,596 \pm 0,203$	0-100	$54 \pm 48,816$	Fiber	$1,125 \pm 0,361$
Mavi	$0,496 \pm 0,321$	100-200	$59.667 \pm 43,085$	Fragment	$0,515 \pm 0,477$
Kahverengi	$0,045 \pm 0,029$	200-500	$122,667 \pm 77,468$	Film	0
Yeşil	$0,157 \pm 0,144$	500-1000	$87 \pm 24,249$	Pellet	$0,001 \pm 0,002$
Pembe	$0,111 \pm 0,057$	1000-5000	$87 \pm 32,047$		
Mor	$0,071 \pm 0,053$				
Kırmızı	$0,143 \pm 0,069$				
Saydam	$0,007 \pm 0,012$				
Beyaz	$0,008 \pm 0,008$				
Sarı	$0,008 \pm 0,004$				



Şekil 3.6: Mart ayı çıktı MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türü (c) yüzdeleri (MP/Lt)

3.4. Çıktı İkinci Örnekleme (Eylül 2019)

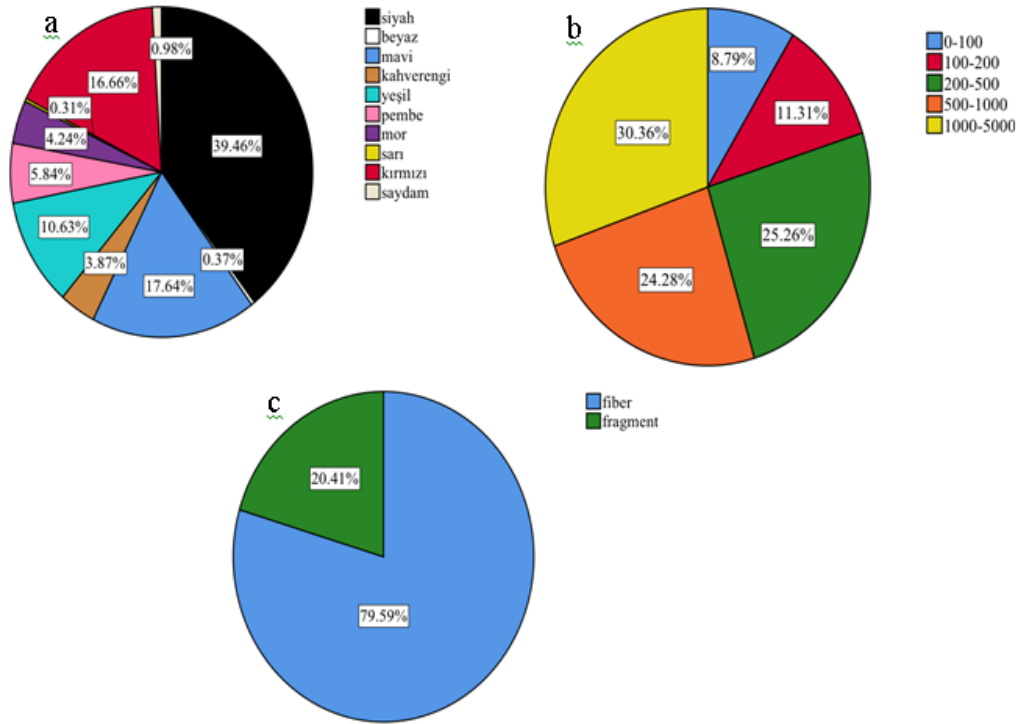
Eylül ayında çıktıdan alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $2,1(\pm 0,5)$ MP/Lt olarak belirlenmiştir (Şekil 3.7). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile siyah, mavi, kırmızı ve yeşil olmuştur ($p < 0.01$). Pembe, mor, kahverengi, beyaz, sarı ve saydam renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlenmiştir. MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 1000-5000 μm olmuştur ($p < 0.05$). Bunu sırası ile 200-500, 500-1000, 100-200, 0-100 μm sınıf aralıkları takip etmiştir. Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$). İkinci en yoğun gözlemlenen fragment olmuştur (Tablo 3.4, Şekil 3.8).



Şekil 3.7: Eylül ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.4: Eylül ayı örnekleme çıktı ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı

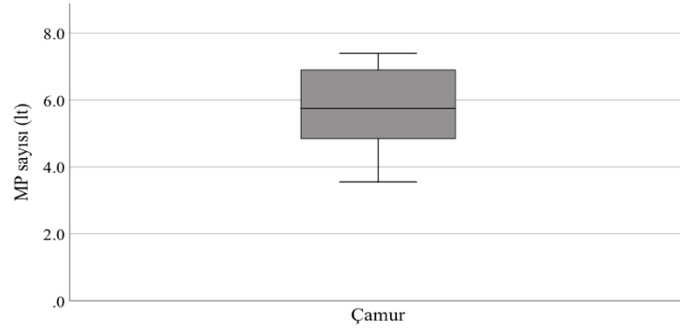
Çıktı Eylül					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	0,856 ± 0,217	0-100	47,667 ± 22,189	Fiber	1,727 ± 0,524
Mavi	0,383 ± 0,139	100-200	61,333 ± 11,676	Fragment	0,443 ± 0,204
Kahverengi	0,084 ± 0,014	200-500	137 ± 45,398	Film	0
Yeşil	0,231 ± 0,110	500-1000	131,667 ± 41,885	Pellet	0
Pembe	0,127 ± 0,056	1000-5000	164,667 ± 35,303		
Mor	0,092 ± 0,035				
Kırmızı	0,361 ± 0,115				
Saydam	0,021 ± 0,005				
Beyaz	0,008 ± 0,011				
Sarı	0,007 ± 0,005				



Şekil 3.8: Eylül ayı çıktı MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt)

3.5. Atık Çamur

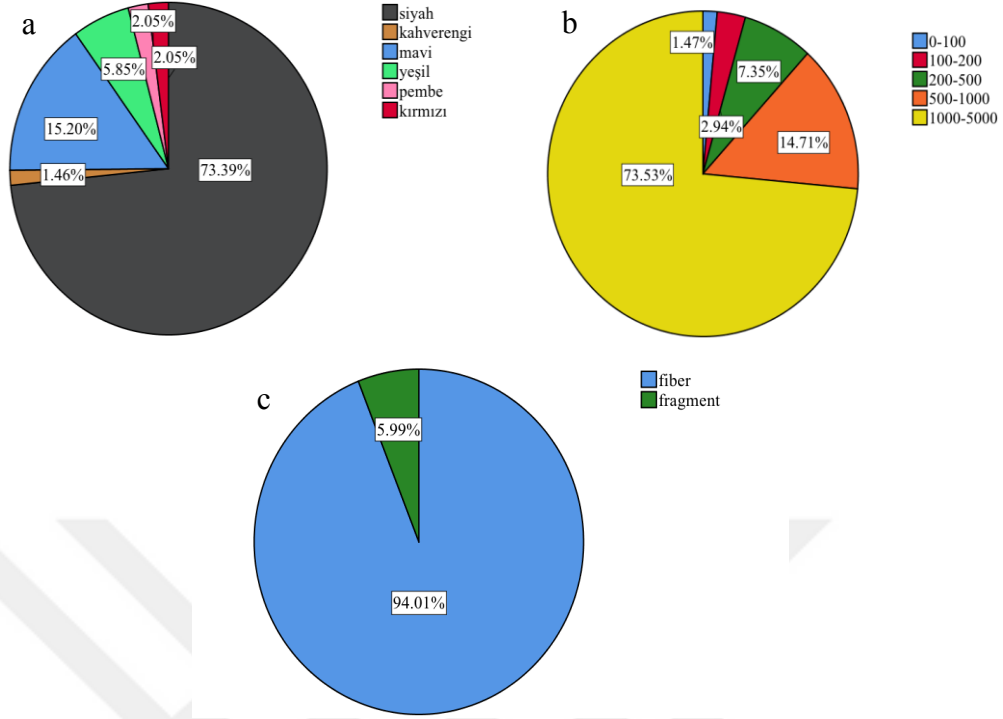
Çamurdan alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $5,7(\pm 1,4)$ MP/gr olarak belirlenmiştir (Şekil 3.9). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile siyah, mavi ve yeşil olmuştur ($p < 0.001$). Pembe, kırmızı ve kahverengi renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlenmiştir. MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 1000-5000 µm olmuştur ($p < 0.001$). Bunu sırası ile 500-1000, 200-500, 100-200, 0-100 µm sınıf aralıkları takip etmiştir. Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir ($p < 0.001$). İkinci en yoğun gözlemlenen fragment olmuştur (Tablo 3.5, Şekil 3.10).



Şekil 3.9: Çamur örnekleme ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.5: Çamur örnekleme ortalama MP partikül türü, sayısı ve boyut sınıfları sayısı

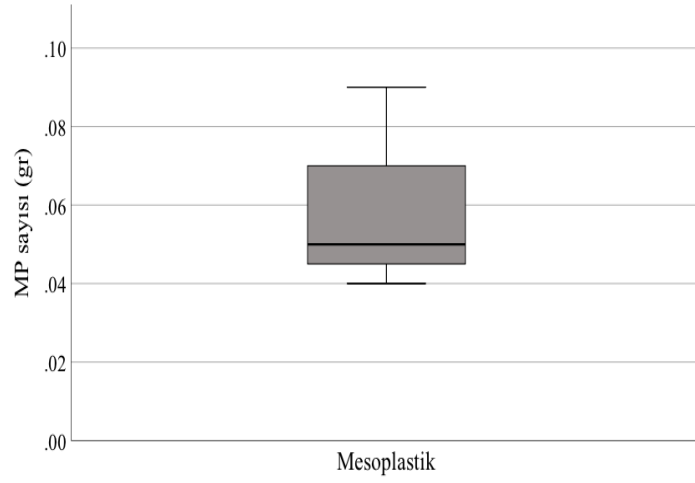
Atık Çamur					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	4,183 ± 1,050	0-100	6,167 ± 1,835	Fiber	5,358 ± 1,337
Mavi	0,867 ± 0,342	100-200	6,667 ± 0,816	Fragment	0,342 ± 0,102
Kahverengi	0,083 ± 0,082	200-500	64,167 ± 13,717	Film	0
Yeşil	0,333 ± 0,163	500-1000	25,667 ± 6,683	Pellet	0
Pembe	0,117 ± 0,098	1000-5000	17,333 ± 7,474		
Mor	0				
Kırmızı	0,117 ± 0,052				
Saydam	0				
Beyaz	0				
Sarı	0				



Şekil 3. 10: Çamur örnekleme MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türü (c) yüzdeleri (MP/lt)

3.6. Mezoplastik

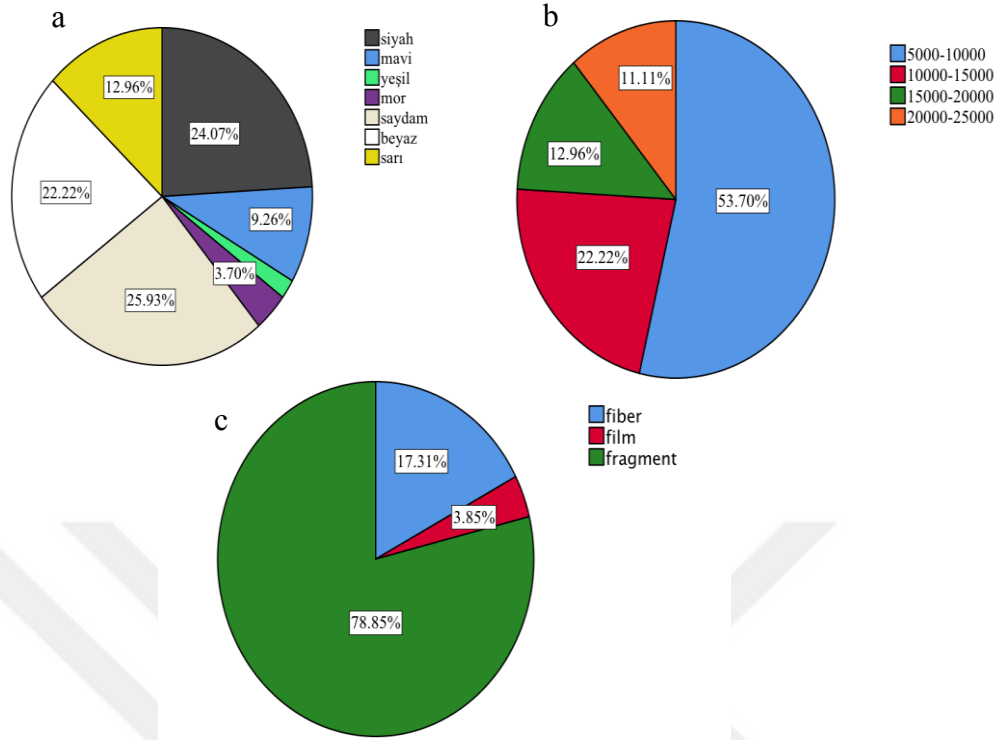
Girdiden alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $0,06(\pm 0,02)$ MP/gr olarak belirlenmiştir (Şekil 3.11). MP parçacıklarının renk dağılımında ise en fazla gözlemlenen renkler sırası ile saydam, siyah, beyaz ve sarı olmuştur ($p > 0.05$). Mavi, yeşil ve mor renkli MP partikülleri ise daha az sıklıkta gözlenmiştir. MP partikülleri boyut aralıklarında ise en yoğun gözlemlenen boyut aralığı 5000-10000 μm olmuştur ($p > 0.05$). Bunu sırası ile 10000-15000, 15000-20000, 20000-25000 μm sınıf aralıkları takip etmiştir. Örnek analizlerinde en fazla gözlemlenen MP türü fiber olarak belirlenmiştir ($p > 0.05$). İkinci en yoğun gözlemlenen fragment ve ardından film olmuştur (Tablo 3.6, Şekil 3.12).



Şekil 3.11: Mezoplastik örnekleme ortalama MP partikül sayısı

Tablo 3.6: Mezoplastik örnekleme ortalama MP partikül türü, rengi ve boyut sınıfları sayısı

Mezoplastik					
Renk dağılımı	MP sayısı (lt)	Boyut aralığı	MP sayısı (lt)	MP türü	MP sayısı (lt)
Siyah	0,014 ± 0,008	5000-10000	9,667 ± 7,234	Fiber	0,010 ± 0,007
Mavi	0,006 ± 0,005	10000-15000	4 ± 2	Fragment	0,046 ± 0,022
Kahverengi	0	15000-20000	2,333 ± 1,155	Film	0,002 ± 0,004
Yeşil	0,001 ± 0,002	20000-25000	2	Pellet	0,002 ± 0,002
Pembe	0				
Mor	0,002 ± 0,004				
Kırmızı	0				
Saydam	0,016 ± 0,015				
Beyaz	0,013 ± 0,012				
Sarı	0,008 ± 0,011				



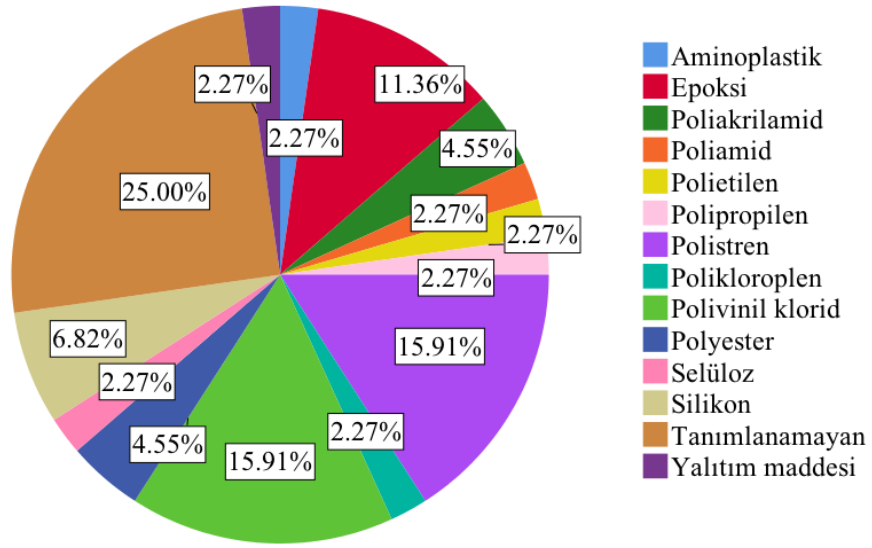
Şekil 3.12: Mesoplastik örneklem MP rengi (a), boyut aralığı (b) ve partikül türev (c) yüzdeleri (MP/lt)

3.7. Plastik Türevleri

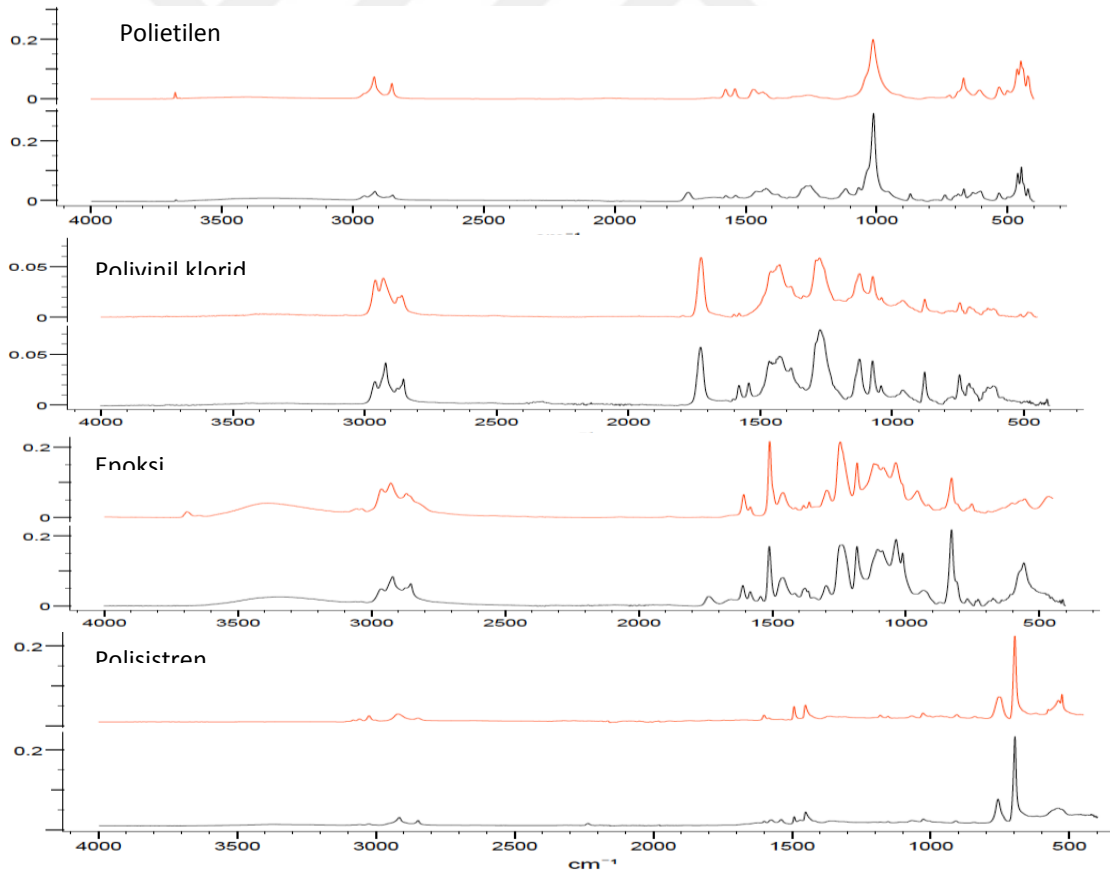
Toplamda 44 partikülün FTIR spektrumları alınmıştır. Bio-Rad spektrum kütüphaneleri ile yapılan eşlemlere bağlı olarak belirlenen MP türevleri ve sayıları tablo 3'te verilmiştir (Şekil 3.15). Spektrum eşleşmelerine göre tanımlanan MP partiküllerinde en fazla tespit edilen türevler polivinil klorid, polistren, epoksi olurken en az silikon, polyester, poliakrilamid, yalıtım maddesi, aminoplastik, poliamid, polietilen, polipropilen, polikloropren ve selüloz olmuştur (Şekil 3.13). Analiz edilen 11 partikül ise tanımlanamamıştır.

Tablo 3.7: Analiz sonucu bulunan plastik türevleri [80][81][82][83][84].

Analiz sonucu	Sayı	Yüzde	Kullanım alanları
Polistren	7	15,91	Gıda paketlenme, elektronik ve beyaz eşya, film, levha, kaplar, kapaklar, et ve yumurta kutuları, şişe, köpüklü izolasyon, aydınlatma, buzdolabı, çamaşır makinesi parçaları, radyo televizyon kasaları, oyuncak, kozmetik kutuları, duvar kaplamaları, ambalaj, izolasyon.
Polyester	2	4,55	Tekstil endüstrisi (kumaş, lif, perde vb.), film şerit, şişe, LCD (likit kristal ekran), çorap ve kemerde destekleyici elyaf olarak kullanılır.
Polipropilen	1	2,27	Otomobil yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapay halı kaplama, bahçe mobilyası, vs.
Polivinil klorid	7	15,91	Döşeme, ev dış cephe kaplaması, borular, streç, yiyecek kaplama, şişe, bardak, suni deri, kredi kartı, spor malzemeleri vs.
Polietilen	1	2,27	Paketleme, plastik mutfak ürünleri, otomotiv sanayi, altyapı malzemeleri, beyaz eşya ve makina parçaları, oyuncak ve tekstil.
Poliamid	1	2,27	Fiber, diş fırçası kılları, misina vb.
Epoksi	5	11,36	Duş başlığı, cihazlar, elektrik parçaları vb.
Poliakrilamid	2	4,55	Laboratuvar malzemeleri (besi yeri vb.)
Silikon	3	6,82	Banyo oyuncakları, döşeme, ev dış cephe kaplaması, borular, streç, yiyecek kaplama, şişe, bardak, suni deri, kredi kartı, spor malzemeleri
Poliloroplen	1	2,27	Otomobil yan sanayi, bahçe mobilyaları, yiyecek kabı, yoğurt ve margarin kapları, çocuk bezleri, biberon, yapay halı kaplama, bahçe mobilyası, vs.
Selüloz	1	2,27	Gıda ambalajlama, tekstil, yapıştırıcı ve patlayıcı sanayi, buzdolabı kapları, banyo küvetleri üretimi vb.
Aminoplastik	1	2,27	Kozmetik, lens, optik kaplamalar.
Tanımlanamayan	11	25,00	-
Yalıtım maddesi	1	2,27	Cam yünü, köpük, yalıtım levhası.



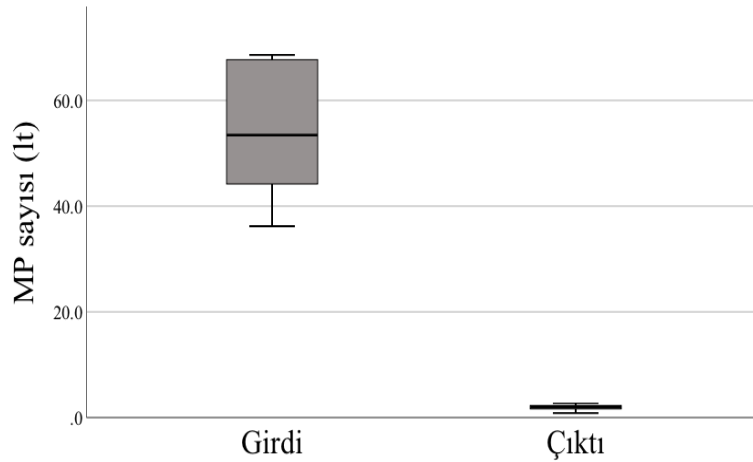
Şekil 3.13: Analiz sonuçlarına göre plastik türevi yüzdeleri



Şekil 3.14: Ölçüm spektrumlarının karşılaştırılması siyah renk bizim spektrumlarımız, kırmızı Biyo-rad spektrumları

3.8. Mikro ve Mesoplastik Tutulumu

İki örnekleme dönemi ortalamasına göre tesis girdisindeki ortalama MP sayısı $53,9 \pm 12,0$ adet/lt olarak hesaplanmıştır. Çıktıdaki ortalama MP sayısı ise $1,9 \pm 0,5$ adet/lt olarak belirlenmiştir (Şekil 3.15). Girdi ve çıktı arasındaki MP sayısının istatistiksel olarak da farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Tesise giren ortalama mezoplastik sayısı ise $0,06 \pm 0,02$ olarak hesaplanmıştır ve çıktıda mezoplastik gözlemlenmemiştir. Tesiste günlük ortalama $21\ 500\ m^3$ su arıtılmaktadır. Bu verilere bağlı olarak tesisin MP tutma kapasitesi %96,5'tir. Tesis atık suyundan günlük olarak doğaya salınan ortalama MP sayısı ise 4.957.500 adet olarak hesaplanmıştır. Atık çamurdan alınan örneklerdeki ortalama MP sayısı $5,7(\pm 1,4)$ MP/gr olarak belirlenmiştir ve tesiste günlük olarak 3 ton atık çamur üretilmektedir. Bu durumda tesiste üretilen atık çamur ile günlük olarak 17.100.000 adet MP doğaya karışmaktadır. Toplamda hem atık su hem atık çamur ile doğaya atılan MP sayısı ise 58.057.500 adet olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.15: Mikro ve mezoplastik giriş ve çıkış tutulumu

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yozgat Atık Su Arıtma Tesisinde yaptığımız çalışmada 5mm, 0,333mm ve 0,061mm paslanmaz çelik elekler kullanılarak arıtma tesisinin giriş ve çıkış kısımlarından alınan örneklerin laboratuvarda mikroskop altında sayım işlemi yapıldığında giriş ile çıkış arasında %96,5 oranında MP tutulma olduğu gözlenmiştir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen veriler, günümüzde kullanılan atık su arıtma tesisleri MP kirliliği dikkate alınarak tasarlanmamasına rağmen önemli ölçüde deşarj edildiği belirlenmiştir (Tablo 4.1). Ancak önemli ölçüde deşarj olmasına rağmen aynı zamanda günde milyonlarca litre atık su arıtan bir tesisin her gün milyonlarca MP'yi sucul ortama karıştırmaktadır.

Tablo 4.1: MP üzerine yapılan çalışmaların karşılaştırılması [85][86][87][88].

Şehir	Nüfus	Kullanılan Elek	En çok bulunan MP	En çok bulunan plastik türevi	Tutulma oranı
Yozgat (bizim çalışmamız)	105.000	5mm 0,333mm 0,061mm	Fiber	Polistren	%96,5
Adana (Seyhan ve Yüreğir)	Seyhan: 1.500.00 Yüreğir: 500.000	0,055mm	Fiber	Polyester	Seyhan: %73 Yüreğir: %79
Avustralya Sydney	1.000.000	5mm 3mm	Fiber	Polyester	%98
İsveç Gothenburg	750.000	0,300mm	Fiber	Polyester	%99
İskoçya Glosgow	650.000	0,065mm	Fiber	Polyester	%98,41

Atık su arıtma tesisine giren ve aşamalar sonucu çıkan atık suda en fazla görülen MP fiberdir (Tablo 4.1). Yine yapılan birçok çalışmada da arıtım sonucunda görülen en fazla MP fiber olarak gözlenmektedir. Örneğin; ABD'de 17 atık su arıtma tesisinde ve Finlandiya'nın Viikinmaki'deki atık su arıtma tesisinin giriş ve çıkış kısımlarından alınan atık sular içerisindeki MP'ler incelenmiş, ABD'deki tesislerde MP'nin ortalama %59 oranı fiber, Viikinmaki'deki tesisinde % 81 oranında fiber gözlenmiştir [89][90]. Buradan anlaşıyor ki fiberle üretilen malzemeler diğerlerine oranla daha fazla üretilmekte ve ekosisteme dağılmaktadır. AB Yaşam Programı MERMAID'in yaptığı araştırmada yıkanan her kıyafet için tahmini 1900 fiberin çamaşır makinesi ile atık sularla tesislere geldiği belirlenmiştir [91]. Gelen fiberleri

aza indirmek için çeşitli önlemler alınmalıdır. Örneğin; daha az plastik türevi içeren kıyafetlerin üretimi ve kullanımının teşviki, ev içerisinde kullanılan plastik türevleri atık su giderlerinden uzak tutulması gibi evsel önlemler alınmalıdır. MERMAID alınan başka bir önlemden çamaşır makineleri için filtreler kullanılmasıyla tesise giden fiber oranının düşürüldüğünü belirlemiştir [91]. Ev dışında asıl önlem alınması gereken en önemli yerler atık su arıtma tesisleri olmalı özellikle fiber tutucu önlemler alınmalıdır. Önlemler alınmadığı takdirde özellikle sucul ekosistem kirliliğine ve canlılara zarar vermektedir. Milletler Topluluğu Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Organizasyonunun (CSIRO) *Ceriodaphnia dubia* üzerinde MP fiber (boyut aralığı ortalama 62- 1400µm) ve küreler (1-4µm) kullanılarak yapılan bir çalışmada 48 saat boyunca ayrı beherlerde *C.dubia*’ya MP’ler maruz bırakılmıştır. 48 saat sonunda canlı ve ölü bireylerin mikroskop altında bağırsak analizi yapılmıştır. Sonuç olarak da fiberlerin kürelere göre daha fazla anormal yüzmeye sebep oldukları, vücutta daha fazla kaldıkları, vücut büyüklüğünü azalttıkları ve fiber boyutu arttıkça küreye oranla daha fazla vücutta kalma ve zarar verme gözlenmiştir. Ayrıca *C.dubia* küreleri yutarken fiberler dolaşarak hareketi kısıtlamışlardır [92]. Böylelikle sucul ekosisteme ve canlılara fiberler daha fazla zarar vermiştir. Ayrıca çalışmamızda MP boyutu baskın olarak <500µm altında olmuştur. Paris’te Seine nehrine bağlı atık su arıtma tesisinde ve Danimarka’da atık su arıtma tesisinde yapılan çalışmalarda MP boyutu 10-500µm olduğu gözlenmiştir [93][94]. Danimarka’nın deniz suyundan da örnekler alınmış boyut aralığı en fazla gözlenen 10-200µm olduğu gözlenmiştir [95]. Buradaki verilerden ve bizim çalışmamız sonucunda en fazla sucul ekosisteme <500µm salınmakta ayrıca MP boyutu ne kadar küçülürse besin zincirinde canlı yelpazesi için oluşturacağı risk o ölçüde genişlemektedir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre en fazla renkli MP’ler gözlenmiştir. Tokyo Shioda Plajından paslanmaz çelik eleklerle MP incelemesi için örnekler alınmış ve laboratuvarında incelemeden sonra en fazla renkli MP’lere rastlanmıştır. Renkli ve renksiz MP üzerinde kromatografi ile PCB (poliklorlu bifenil) analizine bakılıp toksisitesi incelenmiş ve polistiren peletlerinde yüksek miktarda PCB tespit edilmiştir [96]. PCB aromatik klorlu bir bileşik, insan sağlığına zarar veren en toksik kimyasaldır. PCB deri, sindirim, sinir sistemini ve üreme

yetisini olumsuz yönde etkileyerek genetik değişimlerle mutasyona neden olmaktadır. PCB genel olarak elektrik ekipmanlarında, gıda paketlerinde ve PVC üretimi içeriğinde bulunmaktadır [97]. Bu bilgilerden yola çıkarak bizim bulduğumuz sonuçlarda en fazla renkli MP'ler bulunmakta dolayısıyla PCB absorbsiyonunun olabileceğini de söylenebilir.

Atık su arıtma tesislerinden çıkan MP sucul ekosistemleri olduğu kadar karasal ekosistemlerde de MP kirliliğine neden olmaktadır. Atıklar kompost halinde hazırlanır ve içeriğindeki azot ve karbon gibi bitkiler için yararlı bileşikler tarım arazilerinde kullanılmaktadır, bunun yanı sıra günümüzde yüksek miktarlarda MP içeren atık su arıtma çamurlarının da tarım alanlarında içeriğindeki azot ve karbon gibi bileşiklerin bol olduğundan kullanımı yaygınlaşmıştır. Kuzey Amerika' da yapılan bir çalışmada atık su arıtma tesisinde işlemler sonucunda çıkan çamurun %50'sinin tarımsal alanlar için kullanıldığı belirlenmiştir. Tahminen yılda 44 bin ila 300 bin ton çamur ve içeriğindeki milyonlarca MP tarım arazilerine çamur yoluyla gitmektedir [98]. 2014 ve 2015 yılında Çin'in 11 ilindeki 28 atık su arıtma tesisinden çamur örnekleri alınmış ve laboratuvarında kurutma işlemi sonrasında MP ayrıştırma metotları kullanılıp mikroskop altında sayım işlemi yapılmıştır. Ortalama %78 oranında MP gözlenmiş, gözlenen bu MP'lerin kaynağı çamaşırhaneler ve plastik endüstrisi olarak belirlenmiştir. 2015 yılında tahminen 8 milyon ton kuru çamurun üretildiğini ve bu çamurun %86,6'sının yanlış boşaltım, %2,4'ünün arazi uygulamasında kullanıldığını böylece yaklaşık 15-50 trilyon MP'nin arazilere geçip MP kirliliğine neden olduğu bilinmektedir [99]. İrlanda'da 7 atık su arıtım tesisinde yapılan başka bir çalışmada da toprağa dökülen çamur örnekleri alınmış incelenmiş ve MP miktarlarına bakılmıştır. Sonuç olarak toprağa dökülen çamur içerisinde ortalama 4 bin ila 15 bin kilogramda MP gözlenmiş ve bu MP'leri toprak solucanlarının ve karada beslenen kuşların tükettikleri gözlenmiştir [100]. Yukarıdaki örneklerde görüldüğü gibi çevreye çok sayıda MP karışmaktadır. Bu çalışmada da çok sayıda çamur içerisinde MP gözlemledik ve bu çamurun köylüler tarafından bazen kullanıldığını ayrıca döküm sahasına kalan kısmın döküldüğü bilinmektedir. Buradan anlaşılmaktadır ki bu olayların sürekli tekrarlanmasıyla MP oranı arazilerde artmakta ve MP kirliliği atık su arıtma tesisinden çıkan çamurla dahi kara ekosistemlerinde yayılmaya başlamıştır.

FT-IR sonucunda plastik türevleri belirlenmiştir. En fazla belirlenen plastik türevi polistiren, polivinil klorid ve epoksi olarak belirledik, harici olarak analiz sonucunda %25 oranında tanımlanamayan madde tespit edilmiştir. Birçok çalışmada az miktarda olsa analiz sonucunda tanımlanamayan madde tespit edilmekte İngiltere’de Severn atık su arıtma tesisinde örnekler alınmış Micro-FT-IR analizi yapılmış ve %98 oranında PE, PP, PS, PVC, %2 oranında tanımlanamayan madde gözlenmiştir. Bu tanımlanamayan maddenin polikarbonat membran filtresindeki düşük molekül ağırlığına sahip gıdaları asidik ortam etkisinden korumak için kullanılan organik bazlı bileşik olan biyogeni maddesinin karışımının MP tanımlanması için kullanılan IR spektral piklerinin arka planda biyogeni pikleriyle karışması sonucu tanımlanmadığı belirlenmiştir [101][102]. Bu çalışmada tanımlanamayan maddelerin plastik üzerindeki renklendiricilerin plastikten önce kendi piklerini oluşturması, biyogeni fragmentleri etkilemesi, hidrojen peroksidin yeteri kadar eklenmemesi sonucu plastik üzerinde organik maddelerin tamamen uzaklaştırılamaması ve inorganik plastik katkı maddelerinin (gümüş zeolit vb.) IR üzerine etkilemesi sonucu farklı pikler oluşmakta ve plastiklerin tanımlanmasını önlediğini söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Kılınç, M., Yüce, A.E., PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu, Adana, 29(2), 79-93, 2014.
2. Ekşi, O., Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne, 2007.
3. Eraslan, İ.H., Karataş, A., Kaya H., Türkiye Plastik Sektörünün Rekabetçilik Analizi, İstanbul, 11(6), 203-219, 2007.
4. Wessel, C. C., et al., Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries, USA, 109, 178-183, 2016.
5. Ferreira, M. C., Scaraboto, D., "My plastic dreams": Towards an extended understanding of materiality and the shaping of consumer identities, Chile, 69, 191-207, 2016.
6. Hamid, F. S., et al., Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation?, Malaysia, 36(10), 873-897, 2018.
7. Şahİnkaya, S., Plastik geri dönüşüm tesisi atıksularının Fenton ve Elektro- Fenton prosesleri ile arıtımı, Nevşehir, 8(3), 631-639, 2017.
8. Korkmaz, C., Ay, O., Erdem C., Plastics in Marine Environment, Mersin, 2(2), 2018.
9. Sigler, M., The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: Current situations and future solutions, Switzerland., 3-9, 2014.
10. PlasticsEurope, "World Plastics Materials Demand 2015 by Types", Plast. Mark., 8, 2015.
11. PAGEV, Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı, Türkiye, <https://www.pagev.org/plastik-cesitleri>, 2018
12. Gary, H., "United States Patent (19)", 21(9), 11-45, 1977.
13. Ay, i., Termoplastik ve Termoset Plastikler, Balıkesir, 1, 38-56, 2014.
14. Harper, C.A., Handbook of plastics technologies, IEEE Electr., 22(6), 53, 2006.
15. Kosuth, M., Mason, S.A., Wattenberg, E.V., "Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt", USA, 13(4), 1-18, 2017.
16. Mierement, B., Addressing the challenge of Marine Plastic Litter using Circular Economy methods, United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Austria, April 1-49, 2019.
17. Aksu, C., Kıdeyş, A.E., Kumbur, H., Evsel atık su arıtma tesislerinin sucul ekosisteme mikroplastik tehditi, Mersin, 74(50), 73-78, 2017.
18. Coley, I.A., Verbel, J.O., Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia, Colombia, 187(7), 1-14, 2015.
19. Auta, H.S., Emenike, C.U., Fauziah, S.H., Distribution and importance of microplastics in the marine environmentA review of the sources, fate, effects, and potential solutions, Malaysia, 102, 165-176, 2017.
20. Besseling, E., et al., Microplastic in a macro filter feeder: Humpback whale Megaptera novaeangliae, Netherlands, 95(1), 248-252, 2015.
21. Haward, M., Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary

- challenge in ocean governance, Australia, 9(1), 9-11, 2018.
22. Li, J., et al., Microplastics in mussels along the coastal waters of China, China, 214, 177-184, 2016.
 23. Shaw, D.K., Sahni, P., Plastic to Oil, India, 5, 46-48, 2014.
 24. Nieuwenhuyse, A.E., Plastics – the Facts 2016”, Belgium, 37, 2016.
 25. Çevik, B., Polimer Malzemelerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı", Düzce, 2, 271-277, 2014.
 26. Isobe, A., Percentage of microbeads in pelagic microplastics within Japanese coastal waters, Japanese, 110(1), 432-437, 2016.
 27. Kurt, B., Plastik Ürün İmalatı Yapan Kobilere İşg Uygulamaları ve Plastik Enjeksiyon Makinelerinde Oluşan Tehlikelerin Tanımlanması ve Önlenmesi, İşg Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, 2012.
 28. Gourmelon, G., Global Plastic Production Rises, Recycling Lags. Worldwatch Institute. <http://www.plastic-resource-center.com>. Accessed on 9 April 2020.”, April, 2020.
 29. Mathalon, A., Hill, P., Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia, Canada, 81(1), 69-79, 2014.
 30. Mugnozza, G.S., Sicia, C., Russo, G., Plastic Materials in European Agriculture: Actual Use and Perspectives, 42(3), 15, 2012.
 31. Liu, E.K., He, W.Q., Yan, C.R., White revolution’ to ‘white pollution’ - Agricultural plastic film mulch in China, China, 9(9), 7-10, 2014.
 32. Jan, R., Balen, V., United States Patent (19)”, 19, 3-6, 1979.
 33. Andrady, A.L., Neal, M.A., Applications and societal benefits of plastics, Belgium, 364(1526), 1977-1984, 2009.
 34. Yin, S., et.al., Use of macro plastic fibres in concrete: A review, Australia, 93, 180-188, 2015.
 35. Gündoğdu, S., High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey, Adana, 34(4), 401-408, 2017.
 36. Rochman, C.M., et al., Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption, USA, 5, 1-10, 2015.
 37. Riley, T., Rowley, K., Extraction and analysis methods of microplastics in bivalves, Maryland, 5, 1-26, 2018.
 38. Khan, F.R., et al., Influence of polyethylene microplastic beads on the uptake and localization of silver in zebrafish (*Danio rerio*), Denmark, 206, 73-79, 2015.
 39. Sul, J.A., Costa, M.F., The present and future of microplastic pollution in the marine environment, Brazil, 185, 352-364, 2014.
 40. Katzenberger, T., Thorpe, K., Assessing the impact of exposure to microplastics in fish, Environment Agency, 20, 2015.
 41. Lusher, A.I., et. al., Microplastic and macroplastic ingestion by a deep diving, oceanic cetacean: The True’s beaked whale *Mesoplodon mirus*, Ireland, 199, 185-191, 2015.
 42. Hantoro, I., et. al., Microplastics in coastal areas and seafood: implications for food safety, Food Addit. Contam, 36(5), 674-711, 2019.

43. Woodall, L.C., et al., The deep sea is a major sink for microplastic debris, The Royal Society, 1(4), 140317-140317, 2014.
44. Galloway, T.S., Cole, M., Lewis, C., Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem, Open Research Exeter, 1-21, November 12, 2018.
45. Fossi, M.C., et al., Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*), Italy, 100(2014), 17-24, 2014.
46. Erkekoğlu, P., et al., Evaluation of the correlation between plasma amylase and lipase levels and phthalate exposure in pubertal gynecomastia patients, Ankara, 45(4), 366-370, 2010.
47. Lenz, R., Enders, K., Nielsen, T.G., Microplastic exposure studies should be environmentally realistic, Denmark, 113(29), 121-122, 2016.
48. Cole, M., et al., Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms, Norway, 4, 1-8, 2014.
49. Kaposi, K.L., et al., Ingestion of microplastic has limited impact on a marine larva, Australia, 48(3), 1638-1545, 2014.
50. Lusher, A.L., Microplastics in Arctic polar waters: The first reported values of particles in surface and sub-surface samples, Scientific Reports, OPEN, 5(10), 2015.
51. Arslan, R., Microplastics: new danger surrounding life, Afyon, 61-67, 2018.
52. Adane, L., Muleta, D., Survey on the usage of plastic bags , their disposal and adverse impacts on environment : A case study in Jimma City, Ethiopia, 3(8) 234-248, 2011.
53. Njeru, J., The urban political ecology of plastic bag waste problem in Nairobi, Kenya, 37(6), 1046-1058, 2006.
54. Kılıç, M., Mikroorganizmalar ve Atıksu Teknolojisine Genel Bir Bakış, Edirne, 1-30, 2018.
55. Yıldız, S., Namal, O.Ö., Çekim, M., Atıksu Arıtımının Tarihsel Gelişimi, Sivas, 1(1), 55-67, 2013.
56. Kavak, N., Atık Su Arıtma Tesislerinde Uygulanan Arıtma Yöntemlerinin İncelenmesi ve Optimum Yöntemin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, 2016.
57. Ross, S., Guo, P., Jank, B., Design and Selection of small wastewater treatment systems, Economic and Technical Review, Canada, 1-296, 1980.
58. Karagözoğlu, M.B., Yılmaz, Z., Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Tüketimiyle İlgili Araştırma Bulguları, Denizli, 1157-1164, 2018.
59. Atilla, B., Biyolojik Arıtma Çamurlarının Anaerobik Çürütülmesi ve Üst Suyun Map Çöktürmesi ile Arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2002.
60. Gürtekin, E., Şekerdag, N., Aktif Çamur Proseste Aşırı Çamur Üretimini Azaltmak İçin Kullanılan Yöntemler, Bursa, 11(1), 1-8, 2006.
61. Kiliç, M.Y., Kestioğlu, K., Endüstriyel Atıksuların Arıtımında İleri Oksidasyon Proseslerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Bursa, 13(1), 67-80, 2008.
62. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Dünya Çevre Günü Türkiye Raporu, TMMOB

- Çevre Mühendisleri Odası, 1-40, 2019.
63. Sinan, R.K., Evsel Atık Su Arıtma Tesislerinde Ön Arıtım ve Biyolojik Arıtım Çıkış Parametrelerinin YSA ile Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2010.
64. Fettahoğlu, D., Endüstriyel Atık Su Arıtma Tesisi Ünite Boyutlarının İncelenmesi: Trabzon/ Arsin Organize Sanayi Bölgesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2013.
65. Öztürk, İ., ve ark., Atıksu Mühendisliği, s.596, İski Genel Müdürlüğü, İstanbul, 2017.
66. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara, http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30667_Sayı:30667, 2019.
67. Mintenig, S.M., et al., Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging, Germany, 108, 365-372, 2017.
68. McCormick, A., et al., Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river, USA, 48(20), 11863-11871, 2014.
69. Estahbanati, S., Influence of Wastewater Treatment Plant Discharges on Microplastic Concentrations in Surface Water, New Jersey, 1-34, 2016.
70. Löder, M.G.J., Gerds, G., Methodology Used for the Detection and Identification of Microplastics- A Critical Appraisal Germany, 1-447, 2015.
71. Corcoran, P.I., et al., Hidden plastics of Lake Ontario, Canada and their potential preservation in the sediment record, Canada, 204, 17-25, 2015.
72. Yozgat Belediyesi, Yozgat Atık Su Arıtma Tesisi, Yozgat, <https://www.yozgat.bel.tr/icerik/170/206/atik-su-aritma-tesisleri.aspx>, 2016
73. Masura, J., et al., Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment”, NOAA Marine Debris Program, 1-31, July, 2015..
74. Lusher, A.L., et al., Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates, Analytical Methods, 9(9), 1346-1360, 2017.
75. Schuhen, K., Imhof, W., Entwicklung eines Verfahrens zur Reduktion von Mikroplastik aus aquatischen Medien mittels innovativer Hybridmaterialien, 1-124, 2020.
76. Primpke, S., et al. Reference database design for the automated analysis of microplastic samples based on Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, Germany, 410(21), 5131-5141, 2018.
77. Tagg, A.S., et al., Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging, United Kingdom, 87(12), 6032-6040, 2015.
78. Song, Y.K., A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental sample, South Korea, 93(2), 202-209, 2015.
79. Esmeray, E., Armutçu, C., Mikroplastikler, Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri Ve Analiz Yöntemleri, Karabük, 8, 839-868, 2020.
80. Yurtsever, M., Microplastics: an Overview, Samsun, 17(2), 68-83, 2015.

81. Ryan, S.W., United States Patent Date of Patent (12), USA, 1(12), 14, 2019.
82. Yurtsever, M., Nano- ve Mikroplastik' lerin İnsan Sağlığı ve Ekosistem Üzerindeki Olasi Etkileri, Kastamonu, 5(2), 17-24, 2019.
83. Erçetin, H.K., Güneş, E., Plastik Mi Yenilebilir Ürünler Mi (Plastic or Edible Products), Konya, 8(1), 700-717, 2020.
84. Ankheila, A.S.N., Çeşitli Sunta ve PVC Atıkların Temel Koprolizi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, 2019.
85. Gündoğdu, S., et al., Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations, Adana, 190(11), 1-10, 2018.
86. Ziajahromi, S., Wasterwater treatment plants as a pathway for microplastics; Development of a new approach to sample wastewater- based microplastics, Australia, 112, 93-99, 2017.
87. Magnusson, K., Noren, F., Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant, IVL Swedish Environ, 55, 22, 2014.
88. Murphy, F., et al., Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment, Scotland, 50(11), 5800-5808, 2016.
89. Mason, S.A., et al., Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent, USA, 218, 1045-1054, 2016.
90. Talvitie, j., et al., Solutions to microplastic pollution – Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies, Finland, 123, 401-407, 2017.
91. Verschoor, A., Quick scan and Prioritization of Microplastic Sources and Emissions , National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands, 3-44, 2014.
92. Ziajahromi, S., et al., Impact of Microplastic Beads and Fibers on Waterflea (*Ceriodaphnia dubia*) Survival, Growth, and Reproduction: Implications of Single and Mixture Exposures, Australia, 51(22), 13397-13406, 2017.
93. Dris, R., Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris, France, 12(5), 592-599, 2015.
94. Enders, K., et al., Abundance, size and polymer composition of marine microplastics $\geq 10 \mu m$ in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution, Denmark, 100(1), 70-81, 2015.
95. Simon, M., Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging, Denmark, 142, 1-9, 2018.
96. Mato, Y., et al., Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment, Japon, 35(2), 318-324, 2001.
97. Çevre ve Orman Bakanlığı, "PCB ve PCT İçeren Atıkların Yönetimi, El Klavuzu, 1-155, 2009.
98. Nizzetto, L., et al., Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin?, Norway, 50(20), 10777-10779, 2016.
99. Li, X., et al., Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China, China, 142, 75-85, 2018.
100. Mahon, A.M., Microplastics in sewage sludge: Effects of treatment, Ireland, 51(2),

810-818, 2017.

- 101.** Harrison, J.P., The applicability of reflectance micro-Fourier-transform infrared spectroscopy for the detection of synthetic microplastics in marine sediments, Sheffield, 416, 455-463, 2012.
- 102.** Alper, N., Temiz, A., Gıdalardaki Biyojen Aminler ve Önemi, Ankara, 58(2), 71-80, 2001.



ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Yozgat/ Sorgun’da doğan Hasan ALTUĞ ilk ve orta öğrenimini Oral Bektaş İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini ise Türk Telekom Lisesi’nde tamamladı. 2009-2010 eğitim öğretim yılında Erciyes Üniversitesi Biyoloji Bölümüne kayıt yaptırdı. Bu bölümden 2014 yılında mezun oldu.

2018 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji anabilim dalında başladı ve halen bu anabilim dalında öğrenimine devam etmektedir.

İletişim Bilgileri:

Adres: Hanbaşı Mah. 13. Sokak Hasan Korkmaz Sitesi C Blok Kat:1 No:1 Sorgun/ Yozgat

E-Posta: hasanaltug66@hotmail.com