



## Rize İli Atık Su Arıtma Tesislerinde Mikroplastik Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Tolga AKDEMİR\*

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 53100, Rize, Türkiye

Received: 18.11.2024

Accepted: 17.12.2024

Published: 31.12.2024

Atıf yapmak için: Akdemir, T. (2024). Rize ili atık su arıtma tesislerinde mikroplastik konsantrasyonlarının belirlenmesi. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(4), 816-821. <https://doi.org/10.35229/jaes.1587391>

How to cite: Akdemir, T. (2024). Determination of microplastic concentrations in Rize province wastewater treatment plants. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(4), 816-821. <https://doi.org/10.35229/jaes.1587391>

\*ID: <https://orcid.org/0000-0001-8994-6406>

\*Sorumlu yazar:  
Tolga AKDEMİR  
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik  
Bilimler Meslek Yüksekokulu, 53100, Rize,  
Türkiye  
✉: [tolga.akdemir@erdogan.edu.tr](mailto:tolga.akdemir@erdogan.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışma, Türkiye'nin en yağışlı ili olan Rize'deki kentsel atık su arıtma tesislerinde mikroplastik (MP) kirliliğini incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yağışlı ve kurak dönemlerdeki mikroplastik miktarları, şekilleri (fiber, fragment, film, foam) ve polimer türleri (PET, PP, PE, PS, PVC) arasındaki dönemsel farklılıklar analiz edilmiştir. Sonuçlar, mikroplastik yoğunluğunun mevsimsel dalgalanmalar gösterdiğini, ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Çalışma boyunca en yaygın şekilsel tür fiber olarak tespit edilmiş, polimer türlerinde ise PET'in baskın olarak öne çıkmıştır. Özellikle tekstil ürünlerinden kaynaklanan fiberlerin mikroplastik kirliliğinde belirgin bir payı olduğu saptanmıştır. Film ve foam türlerinde mevsimsel farklılıklar gözlemlenmiş, bu durumun çevresel koşullara duyarlılık gösterebileceği vurgulanmıştır. MP kirliliğinin kaynaklarının anlaşılması ve etkili giderim teknolojilerinin geliştirilmesi için daha kapsamlı ve uzun vadeli araştırmalar önerilmektedir.

**Keywords:** Atık su, mikroplastik, derin deniz deşarjı, AAT, Rize.

## Determination of microplastic concentrations in Rize province wastewater treatment plants

**Abstract:** This study was conducted to investigate microplastic (MP) pollution in municipal wastewater treatment plants in Rize, the rainiest province in Türkiye. The study analyzed the seasonal differences in microplastic quantities, shapes (fiber, fragment, film, foam) and polymer types (PET, PP, PE, PS, PVC) during rainy and dry periods. The results revealed that microplastic density showed seasonal fluctuations, however no statistically significant differences were found. The most common morphological type was fiber throughout the study, while PET was the dominant polymer type. Especially fibers from textile products were found to have a significant share in microplastic pollution. Seasonal differences were observed in film and foam types and it was emphasized that this situation may be sensitive to environmental conditions. More comprehensive and long-term research is recommended to understand the sources of MP pollution and to develop effective removal technologies.

\*Corresponding author's:  
Tolga AKDEMİR  
Recep Tayyip Erdoğan University, Technical  
Sciences Vocational School, 53100, Rize,  
Türkiye  
✉: [tolga.akdemir@erdogan.edu.tr](mailto:tolga.akdemir@erdogan.edu.tr)

**Anahtar kelimeler:** Wastewater, microplastics, deep sea discharge, WWTP, Rize.

### GİRİŞ

Plastikler, keşfedildiklerinden bu yana dayanıklılık, hafiflik, şekillendirilebilirlik ve yalıtım gibi ekonomik faydaları nedeniyle giderek daha fazla üretilmekte ve kullanılmaktadır. Boyutu 5 mm'den küçük olan plastik parçacıkları tanımlamak için "Mikroplastik" terimi kullanılır. Bu parçacıklar, uzun ömürlü olmaları, düşük geri dönüşüm oranları, ekosistemlerde birikmeleri

ve özellikle sucul ekosistemlere ve insan sağlığına verebilecekleri potansiyel zararlar nedeniyle yaygın bir çevresel kirlenici haline gelmiştir (Thompson vd., 2009; Geyer vd., 2017; Frias & Nash, 2019; Akdemir & Gedik, 2023; Akkan vd., 2023).

Günümüzde atık su arıtma tesislerinin (AAT) mikroplastiklerin çevreye salınmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Browne vd., 2011). Hemen her gün, her evde kullanılan yüz temizleyicilerden dış

macunlarına kadar kozmetik ürünleri doğrudan atık su sistemine dahil olmaktadır (Cheung & Fok, 2017; Fendall & Sewell, 2009). Polyester ve naylon gibi sentetik materyallerden üretilen kıyafetlerden çamaşır yıkama işlemi sonucu, binlerce lifin atık sulara karıştığı bilinmektedir (Browne, 2015; Napper & Thompson, 2016). Ayrıca tekstil, kozmetik, lastik sanayi gibi endüstriyel kaynaklar ile yollardan ve kentsel yüzeylerden bu parçacıkları taşıyan yağmur suyunun (Browne vd., 2011; Carr vd., 2016; Nizzetto vd., 2016) atık su arıtma tesislerine ulaşması mikroplastiklerin kaynaklarına ilişkin insan ve doğa faaliyetlerinin bazı sonuçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda kentsel atık su arıtma tesisleri, evsel ve endüstriyel atıklar ile yağmur suları dahil birçok kaynaktan yüksek hacimlerde atık su alma ve işleme kapasitelerinden dolayı mikroplastiklerin kaderinin incelenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Sun vd., 2019). Atık su arıtma tesisleri (AAT), kullanılan arıtma türlerine bağlı olarak bazı mikroplastikleri giderme kapasitesine sahip olsada, kanıtlar mikroplastiklerin atık su arıtma tesislerini geçerek su kütlelerine girebileceğini ve nihayetinde çevrede birikebileceğini göstermektedir (Carr vd., 2016; Murphy vd., 2016; Sun vd., 2019).

Günümüzde yağmurlu ve kurak mevsimlerde kentsel atık su arıtma sistemlerindeki mikroplastik kontaminasyonunu inceleyen çalışmalar mevcut olup bu çalışmalar ayrıca arıtma sistemleri verimliliği üzerine çeşitli yöntem ve teknolojilere odaklanmışlardır (Can, 2020; Bozdaş vd., 2022). Yağışların taşıdığı yükün önemi göz önünde bulundurulduğunda yıllık 2300 mm'den fazla yağış miktarı ile Türkiye'nin en yağışlı ili olan Rize'de yürütülen bu çalışma bir ilk niteliğindedir. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Rize'nin 2023 yılı merkez nüfusu 147.996'dır (TUİK, 2024) ve şehir merkezi yaklaşık 20 km uzunluğunda bir kıyı şeridinde sahiptir. Rize'deki kentsel atık su sistemlerinin, her ikisi de atıklarını doğrudan Karadeniz'e deşarj etmektedir. Bunlardan biri şehrin doğu diğeri batı yakasında olmak üzere iki fiziksel arıtma tesisinden çıkmaktadır. Atık suyu bu tesislere taşıyan 6 terfi merkezi bulunmaktadır (Yılmaz vd., 2016; ÇŞİB, 2023).

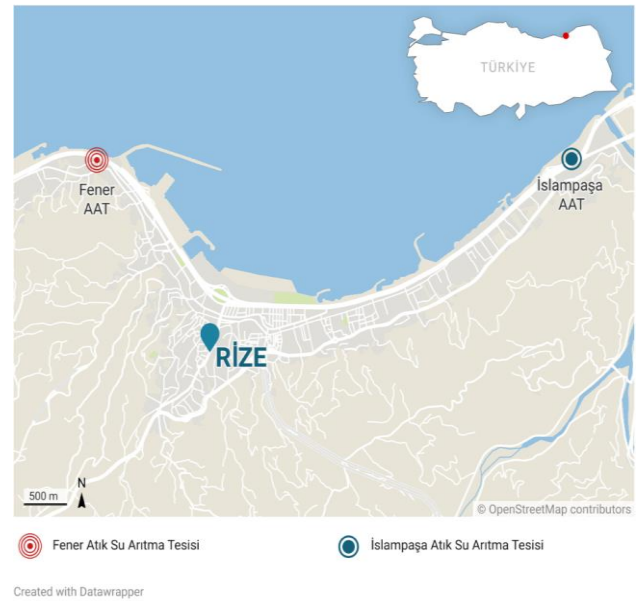
Mevcut çalışma, Rize ili kentsel atık su sistemlerindeki mikroplastik kontaminasyonunu tespit etmek amacıyla; yağışlı ve kurak dönemlerdeki değişiklikleri inceleyerek hem mikroplastik çeşitliliğine hem de mikroplastik bolluklarına odaklanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

**Örnekleme Sahası ve Örnekleme:** Bu çalışma 15.11.2023 – 15.06.2024 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma Rize ili Fener Mahallesi ve İslampaşa Mahallesi Atık Su Arıtma Tesislerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Her iki arıtma tesisi de fiziksel

arıtma özelliğine sahiptir ve atık sularını Karadeniz'e deşarj etmektedir. Tesislerde mikroplastik giderimi için özel bir yöntem kullanılmamaktadır. Örnekleme en az 4 gün süren ardışık sağanak yağışın ve en az 4 gün süren kurak günlerin 3. günlerinde gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme paslanmaz çelik bir kovanın İslampaşa AAT için sadece çıkış rezervuarına ve Fener AAT için hem giriş hem de çıkış rezervuarına, 0,2-0,4 m daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Örnekleme işlemi 3 tekrarlı yapılmıştır. Örnekler cam şişelere alınıp ağızları alüminyum folyo kapatılmış ve kapaklar kapatıldıktan sonra soğutucu kutuya konularak laboratuvara nakledilmiştir.



Şekil 1. Atık su arıtma tesislerinin yerleri.

Figure 1. Locations of wastewater treatment plants.

**Örneklerin İşlenmesi ve Mikroplastik Ekstraksiyonu:** Örnekler sahadan transfer edildikten sonra işlenene kadar 4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir. Numuneler (1 L, N = 3) ilk önce 45 µm'lik çelik elekten (Retsch) geçirilmiştir, ardından elek üzerinde biriken malzemeler dikkatlice beherlere yerleştirilmiş ve ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Örneklerdeki organik içeriği ayrıştırmak için cam behere 100 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%30, TEKKİM) eklenmiştir (Stock vd., 2019; Shruti vd., 2022). Daha sonra beherler, organik bileşenlerin tamamen bozunmasını sağlamak için 3-4 gün boyunca 60 °C'de tutulmuştur. Organik madde sindirimini tam olarak gerçekleşmesi için 4. günün sonunda numune üzerine 5 ml HNO<sub>3</sub> eklenerek 6 saat daha bekletilmiştir.

Berrak bir çözelti elde edildikten sonra çözelti Grade 4 Filtre Kağıtlarından (Whatman, 47 mm, 25 µm gözenek boyutunda) geçirilerek parçacıklar filtre üzerinde toplanmıştır. Çözeltinin parçacık yoğunluğuna bağlı olarak beherlerdeki çözeltiler 1 ila 3 filtreden geçirilmiştir. Filtreler daha sonra cam petri kaplarına konularak oda

sıcaklığında ( $22 \pm 1$  °C) kuruması için saklanmıştır (Gedik vd., 2022a,b).

**Mikroplastiklerin Tespiti ve Doğrulama:** Atık sularda mikroplastiklerin tespitinde yaygın olarak kullanılan Nil Kırmızısı (NR) ile boyama tekniği kullanılmıştır (Nguyen vd., 2021; Sturm vd., 2023). 100 mg NR (Sigma-Aldrich 72485) 100 mL'lik balon jöjeye konularak, aseton (%99,5, TEKKİM) içerisinde eritilerek, süzölmüş (ISOLAB, PTFE, 0,22 µm gözenek boyutu) ve amber şişe içerisinde 4 °C'de saklanmıştır. Petri kabındaki filtre kağıtlarının üzerine cam pastör pipet yardımıyla hazırlanan NR solüsyonundan birkaç damla damlatılarak yüzey tamamen renklendirilmiştir. Petri kapları daha sonra 30 dakika oda sıcaklığında bırakılmıştır (Shruti vd., 2022). Filtreler floresan mikroskopu altında incelenmiştir. Mikroplastik olduğu varsayılan parçacıklar bir dijital kamera (RoHS A59.4910) kullanılarak yakalanmıştır. Parçacıkların boyutu ve şekli, incelenerek mikroplastik Hidalgo-Ruz vd. (2012) tarafından belirlenen fiziksel özelliklere göre değerlendirilmiş ve parçacıklar şekilsel olarak fragment, film, pelet ve lif olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca edilen parçacıkların tamamı Zayıflatılmış Toplam Yansıma, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometresi (Perkin Elmer, ATR-FTIR) kullanılarak incelenmiş, parçacıkların mikroplastik olup olmadığı ve mikroplastik olarak tespit edilen parçacıkların polimer tipleri belirlenmiştir. Mikroplastik olmadığı tespit edilen partiküllere ilişkin veriler çalışmadan çıkarılmıştır (Gedik vd., 2022a).

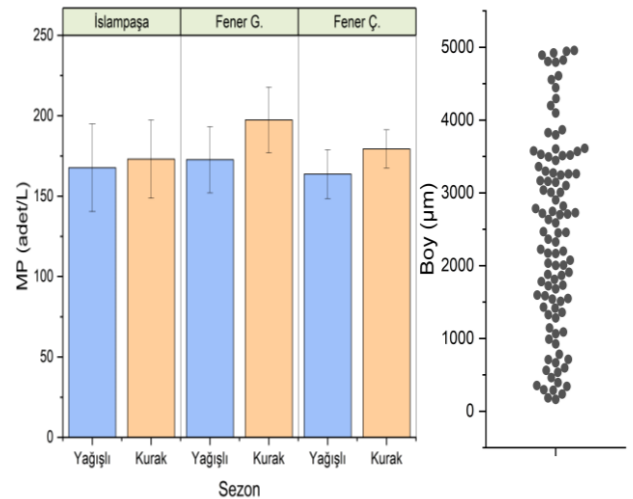
**Verilerin analizi:** Veriler ortalama  $\pm$  standart sapma (MP/L) olarak sunulmuştur. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığını görmek için Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Levene testi ile varyans homojenliğinin kontrolü sağlanmıştır. Tüm istasyonlarda; mikroplastik miktarları, mikroplastik şekilleri (% Fiber, % Fragment, % Film ve % Foam) ve polimer türleri (% PET, % PP, % PE, % PS ve % PVC) gibi değişkenlerde istasyonlar ve yağışlı ve kurak sezonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız iki örneklem T testi ile test edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

Grafikler Origin(Pro), 2024b. OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA kullanılarak hazırlanmış ve tüm istatistiksel analizler Sigmaplot Ver. 13.0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sahasında tüm istasyonlarda ortalama MP bolluğu  $175,61 \pm 20,60$  adet/L olarak tespit edilmiştir. En büyük bolluk verisi 221 adet/L ile kurak dönemde Fener Giriş istasyonunda ölçülürken en düşük bolluk verisi 143 adet/L ile yağışlı dönemde İslampaşa istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 2).

Akarsu vd. (2017) dört ayrı kıtaya ait beş çalışmanın sonuçlarını incelenmişlerdir ve atık sularda tespit edilen mikroplastik miktarlarının 0,2 ile 25,8 adet/L arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler bahsi geçen çalışmalara göre oldukça yüksektir. Atık su arıtma tesislerinde MP konsantrasyonlarının mevsimsel değişimini inceleyen çalışmalar mevcuttur ve bu çalışmalar yağışlı ve kurak sezonlar arasında farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. İlgili çalışmaların bir kısmında yağışlı sezonda mikroplastik miktarının kurak sezona göre daha fazla miktarda olduğundan bahsedilirken (Uoginté vd., 2022; Koyuncuoğlu, 2021; Murphy et al., 2016) bir kısmında ise tam tersi olarak kurak sezonda mikroplastik konsantrasyonlarının yağışlı sezona göre daha yüksek olduğundan bahsedilmektedir (Saiwarae & Kanokkantapong, 2021). Bu çalışmanın verilerine bakıldığında her istasyonda kurak dönemlerde mikroplastik miktarları yağışlı dönemlerden genellikle daha yüksektir, ancak yapılan analizler sonucu istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p > 0.05$ ). Bu çalışmaların bulguları ayrı ayrı değerlendirildiğinde, atık su arıtma tesislerindeki MP konsantrasyonlarının mevsimsel dalgalanmalar gösterdiği ve bu dalgalanmanın trendinin belli bir yönde olmadığı ayrıca bu farklılıkların bölgesel değişkenlere bağlı olduğu görülmektedir.

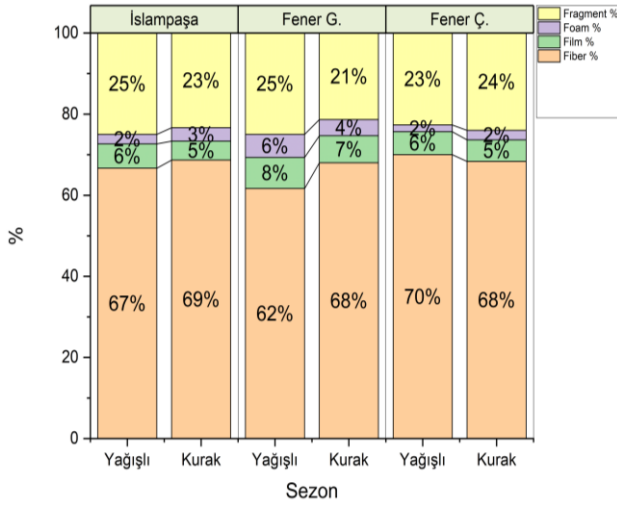


Şekil 2. Sezona bağlı olarak MP bolluğunun (adets/L) ve boyutlarının (µm) dağılımları.

Figure 2. Seasonal distribution of MP abundance (pcs/L) and size (µm).

Atık su arıtma tesislerinin giriş ve çıkış sularını analiz ederek mikroplastiklerin ne ölçüde giderildiğini inceleyen birçok çalışma (Carr vd., 2016; Murphy vd., 2016; Talvitie vd., 2017; Sun vd., 2019) bulunmakla birlikte, giriş ve çıkış suları sadece tek bir istasyonda izlendiği için bu çalışmadan böyle bir çıkarım yapmak mümkün değildir. Hem giriş hem de çıkış sularının izlendiği Fener istasyonu ile ilgili olarak, literatürde atıfta bulunulan %99'a varan (Mason vd., 2016; Carr vd., 2016;

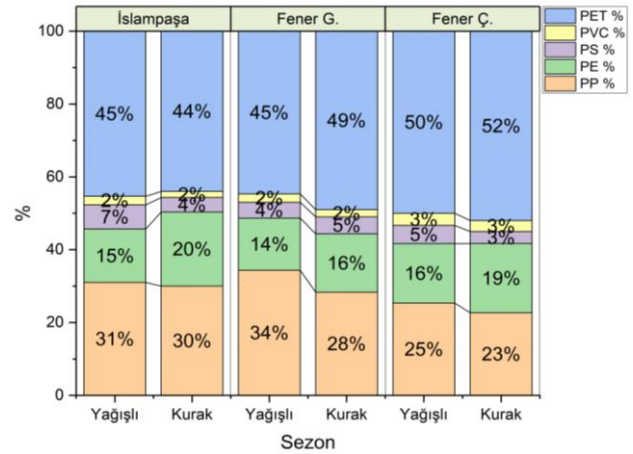
Murphy vd., 2016) yüksek arıtma oranına ilişkin bir söylemde bulunmak mümkün değildir. Çıkış suları nispeten daha düşük mikroplastik konsantrasyonları sergilemiştir ve giriş ve çıkış suları arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 3. Sezona bağlı olarak Toplam MP'lerin şekilsel dağılımı (%).  
Figure 3. Seasonal shape distribution of Total MPs (%).

İstasyonlarda MP'lere ait şekilsel dağılım Şekil 3'te verilmiştir. Fiber oranları her istasyonda ve sezonda benzer seviyelerde olup, genellikle %62-70 aralığındadır ve yağışlı ve kurak dönemler arasında büyük bir değişim gözlemlenmemiştir. Fragment oranları da benzer bir eğilim göstermektedir ve %21-25 aralığında tespit edilmiştir. Fener Giriş istasyonunda yağışlı dönemde film oranı diğer istasyonlara göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Foam oranları, Fener Giriş istasyonunda kurak sezonda diğer istasyonlara göre belirgin şekilde daha yüksektir. Diğer istasyonlarda ise bu oran daha düşüktür ve sezonlar arası fark daha azdır. T testi sonuçlarına göre, mikroplastik türlerinin yüzdeleri açısından istasyonlar ve sezonlar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Şekil 3 incelendiğinde, her bir mikroplastik türü için sezonlar arası dağılımların genel olarak benzer olduğunu ve istasyonlar arasında ciddi farklar olmadığını desteklemektedir. Özellikle fiber ve fragment oranları istasyonlar ve sezonlar arasında oldukça tutarlıdır. Film ve foam türlerinde ise oransal olarak küçük değişiklikler olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. MP'lerin şekilsel olarak sınıflandırılması kirlilik kaynağının belirlenmesinde kritik rol oynamakta ve bu kirleticileri bertaraf etme teknolojisinin hangi özellikler taşıyacağını tespit edilerek uygun arıtma teknolojisinin geliştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Fiberlerin atık su arıtma tesislerinde en yaygın tespit edilen parçacık türü olduğu ve fiber oranlarının genellikle %50-80 arasında değiştiği literatürde bildirilmiştir (Ziajahromi vd., 2017; Carr vd., 2016). Iyare vd. (2020) 16 ülkede yapılan araştırmaları inceledikleri kapsamlı çalışmalarında da çalışmalarında atık sularda tespit edilen mikroplastiklerin

başlıca şekillerin çoğunluğunu fiber liflerin oluşturduğu açıkça görülmektedir. Mason vd. (2016) çalışmalarında yine şeklen en yaygın türün fiber olduğundan bahsetmiştir. Çoğunluğu tekstil kökenli bu kirleticilerin boyutunun zihinde canlandırılması adına Browne vd. (2011) çalışmalarında tek bir çamaşır yıkama döngüsünde bir elbiseden 1.900'e kadar mikro lifin salınabileceğini belirtmişlerdir dahası insan nüfusunun artması ve insanların sentetik tekstil malzemelerinden üretilen giysiler kullanmaya devam etmesi ile yaşam alanlarının ve hayvanların mikroplastik kirliliğine daha çok maruz kalacağını belirtmişlerdir. Ayrıca Browne vd. (2011) bu yaklaşımı fiberlerin mevsimsel değişikliklerden bağımsız olarak sürekli bir giriş trendinde göstermektedir. Bu çalışmanın verileri de literatürdeki bu bilgiler ile örtüşmektedir.



Şekil 4. Sezona bağlı olarak MP'lerin polimer tipleri dağılımı (%).  
Figure 4. Distribution of MPs by polymer types depending on the season (%).

İstasyonlarda MP'lere ait polimer tipleri dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. PET oranları, tüm istasyonlarda %44-%52 arasında değişiklik göstermektedir. Kurak dönemde Fener AAT istasyonlarında oranlar İslampaşa AAT'ye göre daha yüksek olsa da istasyonlar arası büyük bir farklılık tespit edilememiştir. PP oranları yağışlı sezonda Fener Giriş istasyonunda daha yüksek iken, diğer istasyonlarda benzer seviyelerde ölçülmüştür. PE oranları İslampaşa ve Fener Çıkış istasyonlarında kurak sezonda daha yüksek olarak tespit edilmiştir. PS oranları İslampaşa istasyonunda yağışlı sezonda daha yüksekken, Fener Çıkış istasyonunda kurak sezonda daha düşük olarak ölçülmüştür. PVC oranları genel olarak düşük seviyelerde olup, Fener Çıkış istasyonunda kurak sezonda diğer istasyonlara göre biraz daha yüksek bir orana sahip iken diğer istasyonlarda sınırlı değişim tespit edilmiştir. T testi sonuçlarına göre polimer tipleri yüzdeleri açısından istasyonlar ve sezonlar arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Gündoğdu vd. (2018) çalışmalarında yedi farklı polimer türü tespit etiklerinden

ve en sık gözlenen polimer türünün polyster olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca Iordachescu vd. (2024) yine çalışmalarında en sık gözlenen polimer türünün polyster olduğundan bahsetmişlerdir. Bir başka çalışmada Akarsu vd. (2017) ise en yaygın plastik türünün polietilen olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada tespit edilen en baskın polimer türü olarak Polietilen Tereftalat'ın (PET) tekstil ürünlerinin yıkama süreçlerinden kaynaklanan lifler ve içecek şişeleri gibi yaygın tüketim ürünlerinin parçalanmasıyla atık sulara giriş yapması (Browne et al., 2011; Geyer et al., 2017) ve yoğunluk ve dayanıklılık gibi fizikokimyasal özellikleri (Hidalgo-Ruz et al., 2012) nedeniyle çevrede uzun süre kalıcı olması örnekleme istasyonlarının atık su konsantrasyonunda yüksek miktarlarda bulunmasını açıklamaktadır.

## SONUÇ

Bu çalışmada gerçekleştirilen yağışlı ve kurak dönemlerin detaylı analizi, MP bolluğunun, şekillerinin ve polimer türlerinin yüzdelerinde ilgili sezonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Mikroplastik şekillerinin (Fiber, Fragment, Film, Foam) ve polimer türlerinin (PET, PP, PE, PS, PVC) yüzdeleri her iki dönemde de büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Ancak, bazı polimer türleri için küçük mevsimsel farklılıklar gözlenmiştir.

Fiber ve fragment yüzdeleri yağışlı ve kurak dönemlerin her ikisinde de tüm istasyonlarda tutarlı olduğu tespit edilmiştir, bu durum çevresel değişikliklerden bağımsız olarak bu türlerin istikrarlı şekilde dağılım gösterdiği anlamına gelebilir.

Film ve foam oransal olarak ele alındığında belirli istasyonlarda yağışlı ve kurak dönemler arasında dalgalanmalar görülmüştür. Bu durum, bu karakterdeki MP'lerin mevsimsel değişikliklere daha duyarlı olabileceğinden bir gösterge olarak kullanılabilceği anlamı taşımaktadır.

Ayrıca, plastik türlerinin kimyasal bileşiminde küçük mevsimsel dalgalanmalar tespit edilmiştir. Özellikle, polietilen (PE) ve polistiren (PS) oranları kurak mevsim boyunca birkaç istasyonda sınırlı bir artış göstermiştir. Bu olgunun altında yatan nedenler, kurak mevsim boyunca akışkanlığı azalmış partiküllerin birikmesine veya farklı kirlilik kaynaklarının etkisine bağlanabilir.

Sonuç olarak, bulgular yağışlı ve kurak mevsimler arasında mikroplastik ve plastik türlerinde önemli farklılıklar olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, başta Film ve Foam olmak üzere bazı mikroplastik türlerinde küçük mevsimsel değişimler gözlenmesi dikkat çekicidir. Bu durum, mevsimsel koşulların belirli mikroplastik türlerinin dağılımı üzerinde sınırlı da olsa bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular ışığında,

çevresel faktörlerin mikroplastik dağılımı üzerindeki etkisinin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılabilmesi için daha kapsamlı mevsimsel analizlerin ve daha uzun süreli gözlemlerin yapılması faydalı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi için gerekli idari izinleri sağlayan Rize Belediyesi'ne ve Çevre Mühendisi İsa TAŞÇI'ya ve mikroplastiklerin tespit edilmesindeki değerli yardımları için Prof.Dr. Kenan GEDİK'e şükranlarımı sunarım.

## KAYNAKLAR

- Akarsu, C., Kideys, A.E. & Kumbur, H. (2017).** Evsel atık su arıtma tesislerinin sucul ekosisteme mikroplastik tehditi. *Turk Hij. Den. Biyol. Derg.*, **74(EK-1)**, 73-78. DOI: 10.5505/TurkHijyen.2017.36845
- Akdemir, T. & Gedik, K. (2023).** Microplastic emission trends in Turkish primary and secondary municipal wastewater treatment plant effluents discharged into the sea of Marmara and Black Sea. *Environ. Res.*, **231**, 116188. DOI: 10.1016/j.envres.2023.116188
- Akkan, T., Gedik, K. & Mutlu, T. (2023).** Protracted dynamicity of microplastics in the coastal sediment of the Southeast Black Sea. *Mar Pollut Bull.*, **188**, 114722. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114722
- Bozdaş, K. (2022).** *Atıksu arıtma tesislerinde mikroplastiklerin akıbeti*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 51s.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, A. & Thompson, R. (2011).** Accumulation of microplastics on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* **45**, 9175e9179. DOI: 10.1021/es201811s
- Browne, M.A. (2015).** Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (eds), *Marine Anthropogenic Litter*, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-16510-3\_9
- Can, T. (2020).** *Atıksu arıtma tesislerinde mikroplastik gideriminin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 78s.
- Carr, S.A., Liu, J. & Tesoro, A.G. (2016).** Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Res.*, **91**, 174-182. DOI: 10.1016/j.watres.2016.01.002
- Cheung, P.K. & Fok, L. (2017).** Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China. *Water Res.*, **122**, 53e61. DOI: 10.1016/j.watres.2017.05.053
- ÇŞİB. (2023).** *Rize İli 2023 Yılı Çevre Durum Raporu*. Çevre Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İl Müdürlüğü, Rize, Türkiye, 106s.
- Fendall, L.S. & Sewell, M.A. (2009).** Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.*, **58**(8), 1225e1228. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.04.025

- Frias, J.P.G.L. & Nash, R. (2019).** Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Mar. Pollut. Bull.*, **138**, 145–147. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2018.11.022](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022)
- Gedik, K., Eryaşar, A.R. & Gözler, A.M. (2022a).** The microplastic pattern of wild-caught Mediterranean mussels from the Marmara Sea. *Mar. Pollut. Bull.*, **175**, 113331. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2022.113331](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113331)
- Gedik, K., Eryaşar, A.R., Öztürk, R.Ç., Mutlu, E., Karaoğlu, K., Şahin, A. & Özvarol, Y. (2022b).** The broad-scale microplastic distribution in surface water and sediments along Northeastern Mediterranean shoreline. *Sci. Total Environ.*, **843**, 157038. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2022.157038](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157038)
- Geyer, R., Jambeck J.R. & Law, K.L. (2017).** Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, **3**(7), e1700782. DOI: [10.1126/sciadv.1700782](https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782)
- Gündoğdu, S., Çevik, C., Güzel, E., ve Kilercioglu, S. (2018).** Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations. *Environ Monit Assess*, **190**(11). DOI: [10.1007/s10661-018-7010-y](https://doi.org/10.1007/s10661-018-7010-y)
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R.C. & Thiel, M., (2012).** Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ. Sci. Technol.*, **46**(6), 3060e3075. DOI: [10.1021/es2031505](https://doi.org/10.1021/es2031505)
- Iordachescu, L., Papacharalampos, K., Barritaud, L., Denieul, M.P., Plessis, E., Baratto, G., Julien, V., Vollertsen, J. (2024).** Microplastics in an advanced wastewater treatment plant: sustained and robust removal rates unfazed by seasonal variations. *Micropl. & Nanopl.* **4**, 18. DOI: [10.1186/s43591-024-00097-3b](https://doi.org/10.1186/s43591-024-00097-3b)
- Iyare, P. U., Ouki, S. K. & Bond, T. (2020).** Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environ. Sci.; Water Res. Technol.*, **6**, 2664. DOI: [10.1039/d0ew00397b](https://doi.org/10.1039/d0ew00397b)
- Koyuncuoğlu, P. (2021).** *Kentsel atıksu arıtma tesisi kaynaklı mikroplastik kirlilik profilinin belirlenmesi: Denizli ili örneği.* Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 145s.
- Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D. & Rogers, D.L. (2016).** Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environ. Pollut.*, **218**, 1045e1054. DOI: [10.1016/j.envpol.2016.08.056](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056)
- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F. & Quinn, B. (2016).** Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol.*, **50**(11), 5800e5808. DOI: [10.1021/acs.est.5b05416](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05416)
- Napper, I.E. & Thompson, R.C. (2016).** Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Mar. Pollut. Bull.*, **112**(1), 39e45. DOI: [10.1016/j.marpolbul.2016.09.025](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.025)
- Nizzetto, L., Futter, M. & Langaas, S. (2016).** Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin. *Environ. Sci. Technol.*, **50**(20), 10777-10779. DOI: [10.1021/acs.est.6b04140](https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140)
- Saiwaree S. & Kanokkantapong V. (2021).** Microplastics in Industrial Wastewater Treatment Plants: Dynamic Distribution, Seasonal Variation, and Removal Efficiencies. *Environmental Science and Engineering, 4th International Conference on Sustainable Development of Water and Environment, ICSDWE 2021*, Bangkok, 12-13 March, pp. 103 - 113.
- Shruti, V.C., P´erez-Guevara, F., Roy, P.D. & Kutralam-Muniasamy, G. (2022).** Analyzing microplastics with Nile Red: emerging trends, challenges, and prospects. *J. Hazard Mater.*, **423**, 127171 DOI: [10.1016/j.jhazmat.2021.127171](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127171)
- Stock, F., Kochleus, C., B´ansch-Baltruschat, B., Brennholt, N. & Reifferscheid, G. (2019).** Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment-A review. *Trends Anal. Chem.*, **113**, 84-92. DOI: [10.1016/j.trac.2019.01.014](https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.01.014)
- Sun, X., Dai, Q., Wang, M.C., van Loosdrecht, B.J. & Ni (2019).** Microplastics in wastewater treatment plants: detection, occurrence and removal. *Water Res.*, **152**, 21-37. DOI: [10.1016/j.watres.2018.12.050](https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050)
- Talvitie, J., Mikola, A., Koistinen, A., Setälä, O. (2017).** Solutions to microplastic pollution - removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies. *Water Res.*, **123**, 401. DOI: [10.1016/j.watres.2017.07.005](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.005)
- Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S. & Swan, S.H. (2009).** Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos. Trans. R. Soc. B.*, **364**, 2153-2166. DOI: [10.1098/rstb.2009.0053](https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053)
- TUİK. (2024).** *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları*, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, 49684.
- Uogintė, I., Pleskytė, S., Pauraitė, J. & Lujanienė, G. (2022).** Seasonal variation and complex analysis of microplastic distribution in different WWTP treatment stages in Lithuania. *Environmental Monitoring and Assessment*, **194**(11), 829. DOI: [10.1007/s10661-022-10478-x](https://doi.org/10.1007/s10661-022-10478-x)
- Yılmaz, E., Alaca, R., Karasu, S. (2016).** Rize ili atıksu sistemi, işletme çalışmaları ve sorunları. *International Symposium of Water and Wastewater Management*, 26-28 Ekim, Malatya, Türkiye.
- Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L. & Leusch, F.D. (2017).** Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Res.*, **112**, 93-99. DO: [10.1016/j.watres.2017.01.042](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042)