



**Bu bir MMO
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDAKİ MİKROPLASTİKLER'İN İNCELENMESİ: BİR KAMPÜS ÖRNEĞİ

**MERAL YURTSEVER
YAVUZ SELİM ÜNLÜ
MERYEM YILMAZ
AYŞE HİLAL KARTAL
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**

İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDAKİ MİKROPLASTİKLERİN İNCELENMESİ: BİR KAMPÜS ÖRNEĞİ

Investigation of Microplastics in Indoor and Outdoor Air: a Campus Sample

**Meral Yurtsever
Yavuz Selim ÜNLÜ
Meryem YILMAZ
Ayşe Hilal KARTAL**

ÖZET

Mikroplastikler (MP), çevre ve sağlığa olası tehlikeleri henüz anlaşılan mikrokirleticilerdendir. Şimdiye kadar mikroplastikler konusunda özellikle okyanus, deniz, tatlı su kaynakları ve biyota'da yaratabileceği tehlikeler araştırılmış olsa da, artık mikroplastikler hava kirleticilerden partikül madde (PM) kapsamında da dikkatle ele alınması gereken bir kirletici durumundadır. Çünkü mikroplastikler; kaba, ince ve ultra ince partikül madde boyutunda bulunabilen ve bir çok toksik organik kirleticiyi (KOK'lar, pestisitler, PAH'lar vb. gibi) de yüzeyinde tutabilme kapasitesine sahip plastik parçalarıdır.

Bu çalışmada, bir üniversite kampüsündeki iç ve dış ortam havasında (atmosferik döküntü) dolaşan mikroplastikler incelenmiştir. Örneklemeler haftalık olarak alınmış ve incelemeler en az üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Kampüs içerisindeki laboratuvar, kantin ve bina dışında önceden belirlenen yerlere yerleştirilen en az ikişerli numune alma aparatları ile örneklemeler yapılmıştır. Ağız kapatılarak laboratuvara getirilen bu örnekler mikroskop ve mikro ATR/FT-IR cihazı ile incelenerek karakterize edilmiştir. Toplanan örneklerdeki sentetik (petrol türevi malzemeler) ve sentetik olmayan maddeler (pamuk, yün...) ayrı ayrı incelenerek, bu maddelerin havada bulunma oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik döküntü, Hava; Kampüs, Lif, Mikroplastikler.

ABSTRACT

Microplastics (MP) are a type of micropollutants the potential hazards of which on the environment and human health are only recently being realized. To date, even though the potential harm microplastics may cause on ocean, sea, freshwater resources biota in particular had been investigated, now, a careful assessment with reference to particulate matter (PM) among other air pollutants is necessary, for microplastics are rough, fine, or ultra-fine particles of plastics which are capable of hanging on to a wide range of toxic organic pollutants (such as POPs, pesticides, PAHs, etc.) on their surface.

In the present study, microplastics circulating in the indoors and outdoors (atmospheric fallout) spaces of a university campus were analyzed. The samples were taken on a weekly basis, and examining of MP with at least three repeats. The sampling devices installed at least in couples at the laboratory, canteen, and exteriors of buildings inside the campus were used for sampling. The samples taken to the laboratory in closed containers were analyzed with a microscope and micro ATR/FT-IR spectroscopic system to ascertain their characteristics. The synthetic (petroleum derived materials) and non-synthetic (cotton, wool, etc.) materials in the samples were analyzed separately, in order to measure their presence in the atmosphere.

Key Words: Atmospheric fallout, Air, Campus, Fiber, Microplastics.

1. GİRİŞ

Mikroplastik kirliliği antropojenik kaynaklı bir problemdir ve bu problemi çözebilmek için öncelikle “insan” boyutunu anlamak gerekmektedir (Pahl ve Wyles, 2017). Nüfusun artması, sanayileşme, teknolojik gelişmeler vb. gibi olaylar sonucunda insanoğlu, kaynak ihtiyacını karşılamada doğal maddelerin yanısıra sentetik ürünleri de aşırı şekilde üretilip kullanmaya başlamıştır. Son 60 yıl içerisinde dünya genelinde yıllık plastik üretimi 1.7 milyon ton’dan, 288 milyon tona kadar hızlı bir şekilde artmıştır. Bu da oluşabilecek mikroplastik kirliliğinin boyutu hakkında fikir verebilmektedir.

Mikroplastikler; plastik malzemelerin evsel kullanımlarının yanısıra, endüstriyel, zirai ve ulaşım gibi her türlü aktiviteden kaynaklanabilir. Bu aktiviteler neticesinde sulara, topraklara ve havaya mikroplastiklerin dağıldığı bilinmektedir. Mikroplastiklerin su çevrelerinde taşınmasında, özellikle akarsular etkili bir rol oynamaktadır (Besseling vd., 2017) Hava ortamında ise rüzgar ve doğal hava sirkülasyonunun etkisiyle özellikle küçük mikro nano boyuttaki MP parçacıkları ve mikrolifler (ML) kolaylıkla taşınabilmektedir.

Ekosistemler; plastik atıkların yanlış işlenmesi veya gelişigüzel bir şekilde bertarafı (Jambeck vd., 2015) ve atıksu arıtma tesislerinin yetersiz filtrasyonunun (Murphy vd., 2016) yanısıra, havaya karışan atmosferik döküntüler vasıtasıyla (Dris vd., 2016) da mikroplastiklerle kirlenmektedir. Son zamanlarda, kentsel ve kentsele yakın bölgelerdeki atmosferik döküntülerde büyük miktarda sentetik lifler tespit edilmiş ve bu atmosferik döküntüler, mikroplastiklerin havada taşınımında bir nakil yolu olarak gösterilmiştir. (Dris vd., 2016).

Mikroplastiklere, şehirleşmiş bölgelerde yoğun olarak rastlandığı gibi kırsal bölgelerde hatta yerleşimden epey uzak dağ göllerinde bile rastlanabilmektedir. Örneğin Moğolistan’daki Hovsgol gölünden (Free vd., 2014) ve Tibet Platosu’ndaki uzak göllerden alınan (Zhang vd., 2016) numunelerde önemli miktarda mikroplastik (563 MP/m^2) tespit edilmiştir. Çalışmada, rastlanan mikroplastiklerin (PE, PP, PET, PVC ve PS) yüzey dokusunun mekanik ve oksidatif parçalanma özellikleri taşıdığı bildirilmiştir. MP incelemesi yapılan ortamlardaki mikroplastiklerin atmosferik taşınımında, havadaki hakim rüzgarların dönemsel olarak etkili olabilmesi de sözkonusudur (Zhang vd., 2016). İç ve dış ortam atmosferinde yapılan mikroplastik inceleme çalışmaları henüz yenidir ve çok az sayıdadır (Gasperi vd., 2015a; Dris vd., 2015; Dris vd., 2016; Gasperi vd., 2015b). Örneğin; şehirleşmiş bölgelerde dış ortamdaki atmosferik döküntüler incelenerek yapılan çalışmalarda, günde $2-355 \text{ (lif/m}^2)$ toplam life rastlandığı ve bunların da en az %29’unun sentetik mikroplastik (petrol türevi malzeme) lif (ML) olduğu belirlenmiştir (Dris vd., 2015). Çevremizdeki mikroplastiklerin “kaynaklarını” tespit etmek ve transfer yollarını belirlemek; iç ve dış mekanlardaki mikroplastik dağılımını azaltma çabalarında da kilit öneme sahip olacaktır (Pirc vd., 2016).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen üniversite kampüsünde iç ve dış ortam havasında MP incelemeleri yapılmıştır. Numune örneklemeleri bir hafta süreyle bekletilerek alınmıştır. Örneklemelerde bekleme süresi olarak başta bir günlük, bir haftalık ve bir aylık süreler denenmiş ve bunun sonucunda, numune alma kaplarına bir gün bekletmede çok az, bir ay bekleme süresinde ise sayılamayacak kadar fazla MP yığılmasından dolayı, bir hafta bekleme süresinin optimum olduğuna kadar verilmiştir. Örneklemeler en az üç tekrarlı olarak çalışılmıştır.

Başta kampüs içerisindeki dersliklere de örneklemeye kabı konulmuş fakat bu kapların korunması ve takibi mümkün olmadığından daha korumalı olarak seçilen laboratuvar, kantin ve bina dışındaki bölgelere yerleştirilen numune alma kapları (petri dish, ve U-plate) ile örneklemeler yapılmıştır. Bir hafta sonunda alınan numune kaplarının ağzı kapatılarak laboratuvara getirilmiş ve incelenmiştir. MP varlığını tespit için belirlenen ortamlardaki hareketlilik yani insanların geliş gidiş yoğunluğu, ortamdaki rüzgar ve hava akımı gibi kriterler gözönünde bulundurularak seçilmiştir.

2.2. Kullanılan Cihazlar

Yapılan MP inceleme çalışmalarında Olympus BX51 model mikroskop kullanılmıştır. Ayrıca polimerlerin kimyasal yapısını belirlemek için ise Bruker (Lumos) marka ATR/FT-IR Spektrofotometre (attenuated total reflection/Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) kullanılmıştır.

2.3. Laboratuvar Ortamında MP Kirliliğini Azaltma

Hava kirliliği ve kalitesi açısından yapılan MP incelemesi çalışmaları çok yenidir. Bilimadamlarının “Atmosferdeki MP incelenmesi” fikrini, özellikle, laboratuvarında incelenecek numunelere laboratuvar ortamından herhangi bir MP bulaşmasını önlemek amacıyla alınan tedbirlerin tetiklediği düşünülmektedir. Çünkü laboratuvar ortamında kullanılan plastik materyallerden, giyilen sentetik kıyafetlere kadar her şeyden MP döküntüsü oluşabilmektedir. Yapılan deneylerde dikkatli davranılmadığında da bu döküntüler pozitif hataya neden olabilecektir.

Numunelerin alımı ve laboratuvarında incelenmesi sırasında numuneye ortamdaki havadan, kıyafetlerden ve malzemelerden olası herhangi bir MP dökülmesini önlemek (Cole et al., 2014) için çeşitli tedbirler mevcuttur. Temiz ve havalandırma sistemi iyi bir laboratuvarında bile ortam havasında doğal/sentetik partiküllerin uçuştuğu görülebilmektedir. Ortam havasından kaynaklanan MP kontaminasyonunda önlem olarak laboratuvarında kullanılacak araç gereç temiz bir şekilde yıkanıp durulmalı, tüm yüzeyler doğal malzemeden yapılmış ve hav bırakmayan bir bezle temizce silinmeli, incelemede kullanılacak cihazlar alkolle silinmeli, numunelerin üzeri uygun bir kapakla veya örtüyle derhal kapatılmalı ve numuneler temiz kabin içinde tutulmalıdır.

Ayrıca, incelenecek numunenin boyutları da uygunsa kullanımdan önce bir mikroskop altında incelenerek “kontrol” edilebilir. Ayrıca adli tıp laboratuvarlarında kullanılan yüzey bantlama (tape lifting) tekniği ile kontrol de yapılabilir. Murphy ve arkadaşları MP kontaminasyonunu görmek için temiz yüzeylerde bantlama yapmışlar ve her işlem başına ortalama 3.3 lif bulmuşlardır (Murphy et al., 2016). Tabi ki, yapılan çalışmalarda kontaminasyon olup olmadığından tam emin olmak için, inceleme prosedürlerini bir “boş numune” (blank sample) üzerinde de uygulamak kontrol açısından iyi olacaktır (Devriese et al., 2015).

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Günlük hayatta antropojenik aktiviteler neticesinde oluşan mikroplastikler, hafifliklerinden dolayı kolayca her yere taşınabilmekte ve hava, su, toprak ortamlarına girebilmektedir. Şehirleşmiş bölgelerdeki atmosferde özellikle en çok rastlanan mikroplastikler, lif şeklinde olanlardır. Günlük hayatta sıkça kullanılan Sentetik tekstil ürünlerinden kaynaklanan lifler, genel hareketliliğin etkisiyle havada dolaşmakta, sakin ortamlarda ise çökelmektedir. Bir yere çökelen bu lifler en ufak bir hava akımının etkisiyle tekrar hareket ederek başka bir yere taşınabilmektedir. Hatta bilim adamları, yaptıkları bir çalışmada mikroplastiklerin sadece şehirlerdeki ortamlarda değil, yerleşimden çok uzak alanlarda bulunan ıssız dağ göllerinde bile çok büyük miktarlarda bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, mikroplastiklerin bir şehirden uzak bölgelere doğru rüzgar ve akımların etkisiyle kolayca taşındığının kanıtı niteliğindedir.

3.1. Mikroskop incelemeleri ve Karakterizasyon

Çalışmaların öncesinde bir çok defa yer tespiti, zamanlama ve inceleme konularında netlik sağlayabilmek amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Yapılan ön denemelerden sonra, bu çalışmadaki ilk örneklemeler 23.12.2016-30.12.2016 tarihlerinde ve ikincisi ise 30.12.2016-06.01.2017 tarihleri arasında aynı noktalarda yapılmıştır. Kampüs içinde örneklemeye yeri olarak kantin (K noktası), kantin binasının dışı (KD noktası), laboratuvar (L noktası) ve laboratuvar binasının dışı (LD noktası) olmak üzere 4 farklı yer seçilmiştir. Burada yapılan ilk örneklemeye 1, sonraki örneklemeye ise 2 şeklinde belirtilmiş olup sonuçlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Ayrıca farklı tarihlerde alınan numunelerden Laboratuvardaki atmosferik döküntülerin (L1 ve L2) incelemelerine ait detaylı sonuçlar, Tablo 2’de

örnek olarak gösterilmiştir. İncelemelerde minimum boyut olarak; $MP < 50 \mu m$ ve/veya nanoboyutta olan ve burada belirtilmemiş çok sayıda MP'ler de bulunabilmektedir.

Tablo 1. Örnekleme Noktaları ve Sonuçlar

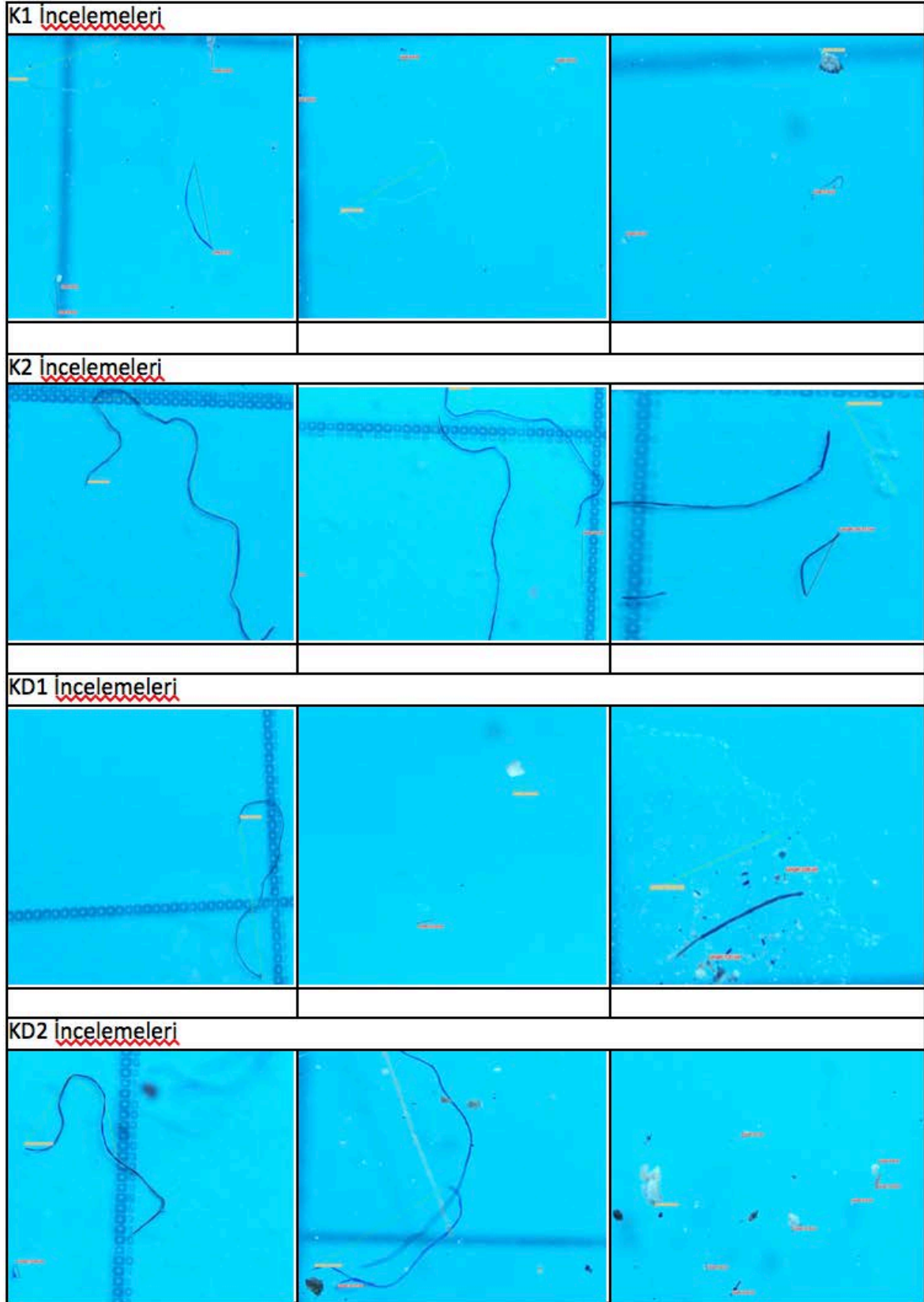
	1. örnekleme (1)	2. örnekleme (2)
1.Kantin (K)	Numunede çok sayıda beyaz parçacık ve beyaz-mavi karışımı, şeffaf lifler ve 1 adet beyaz film tespit edilmiştir. Gözlemlenen en büyük şeffaf lifin boyutu $1292,4 \mu m$ 'dir. Farklı olarak pembe bir parçacık da tespit edilmiştir ve boyutu $112,9 \mu m$ 'dir.	Yapılan inceleme de çoğunlukla lif ve aynı zamanda parçacıklar da tespit edilmiştir. Liflerin neredeyse tamamı lacivert renklidir. Parçacıklar ise şeffaf ve beyaz renktedir. Parçacıkların boyutu fazla büyük olmayıp, parçacıkların en uzununu $161,5 \mu m$ boyutundadır. En büyük yapıdaki mavi lif ise $1949,6 \mu m$ 'dir.
2.Kantin Binası Dışı (KD)	Renk çeşitliliği olarak, beyaz, lacivert, sarı, mor, yeşil renkler vardır. Beyaz hakim renk olup, çoğunlukla parçacıklar beyadır. Lifler ise Lacivert ve yeşildir. Dış ortamdaki numunede, genel olarak beyaz renkte olan parçacıklar, lif halinde olanlardan daha fazladır. Her karede neredeyse boyutu çok küçük beyaz parçalar bol miktarda bulunmaktadır. Rastlanan lacivert liflerin parçalanmış halde bulunması da söz konusudur. Toplam MP Sayısı 30 dan fazladır. Lacivert Liflerin ortalama boyutu $1046,2 \mu m$ civarında olup, beyaz parçacık halinde olanlar $96,5 \mu m$ 'dir.	Hemen hemen her karede beyaz parçacık tespit edilmiştir. Beyaz parçacıkların boyutu genel olarak küçüktür en büyük parçacığın boyutu $154,4 \mu m$ 'dir. Lacivert lifler de tüm numunelerde yaygın olarak bulunmaktadır. En büyük mavi lif boyutu $4317,9 \mu m$ olarak ölçülmüştür. Mavi liflerin hem küçük, hem orta boy, hem de büyük boyutta bulunduğu gözlenmiştir. Mavi liflerin yanında renkleri sarı, gri, turuncu, siyah-beyaz lifler de tespit edilmiştir.
3.Laboratuvar (L)	Numunede ağırlıklı olarak lacivert renkte lif ve beyaz renkte parçacıklar olduğu görülmüştür. Bunun yanında az miktarda gri, mor ve açık mavi renkte parçacıklar da mevcuttur. Numunede lifler karmaşık yapıda olmayıp net bir şekilde görülmektedir. Lacivert liflerin çok fazla olmasının kaynağı, içinde bulunduğu mevsim dikkate alındığında kıyafetler, özellikle de atkı, eldiven vb. olabilir. Toplam MP sayısı 49 ($81 mm^2$ 'de) olup bu miktarın içerisinde lacivert liflerin sayısı 25'tir. Beyaz parçacıkların sayısı ise 8'dir. Lacivert liflerin ortalama boyutu $1415,7 \mu m$ 'dir. Beyaz parçacıkların ortalama boyutu ise $154,9 \mu m$ 'dir.	İç ortamdan kaynaklı ve sıklıkla kıyafetlerden ya da kumaşlardan dökülmüş liflere yoğun olarak rastlanmıştır. Lifler parçacıklardan daha baskın olup, bazı lifler sayımda bir kareye sığmayacak kadar büyüktür (Yani $>3000 \mu m$). Lacivert lifler her karede neredeyse mevcut olup, bununla birlikte her karede çok küçük beyaz parçacıklar dağılmış vaziyette görülmektedir. Bazı karelerde boyutları karışmış beyaz liflere de rastlanmıştır. Liflerin renkleri; en baskın lacivert, beyaz, açık mavi, pembe, mor renklerindedir. Toplam MP sayısı 85'tir. Bunun 61'i lif, 18'i ise parçacıktır. Parçacıkların 9'u beyaz, diğerleri ise açık mavi, lacivert, sarı vb. renktedir. Parçacıklar ise saydam, gri, mavi ve beyaz renklerden oluşmakta ya da bu renklerin farklı tonlarının karışımı halindedir. Liflerin ortalama boyutu $967,7 \mu m$ 'dir, en büyük boyutlu lif $4250 \mu m$ boyuta sahiptir. Parçacıkların ortalama boyu $207,9 \mu m$ olup, parçacık boyutları en büyük $1406,2 \mu m$ 'dir.
4.Laboratuvar Binası Dışı (LD)	Numunede ağırlıklı olarak lif ve parçacıklar mevcuttur. Lif sayısı 9 olup bunun 8'i lacivert, diğeri ise beyazdır. Lifler net bir şekilde görülmekte olup, herhangi bir yumaklaşma olmamıştır. Numunede farklı olarak şeffaf parçacıklar görülmüştür. Bunların sayısı 3'tür. Geriye kalan parçacıkların sayısı 7 olup tamamı beyazdır. Bu deneyde iç ortama göre daha az sayıda mikroplastik görülmesinin sebebi dış ortamdaki rüzgar, yağmur, kar vb. etkenler nedeniyle deney düzeneğinde tutulmuş olan mikroplastiklerin sirkülasyon sonucu uçması olabilir.	Dış ortamda farklı tipteki kirlenmelerin artmasına bağlı olarak parçacık türleri liflerden daha baskın haldedir. Her karede 10 mikrondan küçük olan lacivert, beyaz parçacıklar görülmektedir, bunların bazılarının şekli amorfür. Parçacık renkleri beyaz, şeffaf, açık mavi, gri ve lacivert tonlarındadır. Lifler lacivert, mavi ve beyaz renktedir. Parçacıkların ortalama mikron boyutu $197,2 \mu m$, en büyük parçacık boyutu $645,1 \mu m$ 'dir. Liflerin ortalama boyutu $428,1 \mu m$ 'dir. Max lif uzunluğu $1700 \mu m$ gibi görünse de lifinücu diğer karelere de taşıdığı için 1700 mikrondan daha fazladır.

Yapılan örnekleme sonuçlarında elde edilen bulgular tek bir kare ($9 mm^2$) başına dökülmüş olan MP sayılarından yola çıkarak hesaplanmıştır.

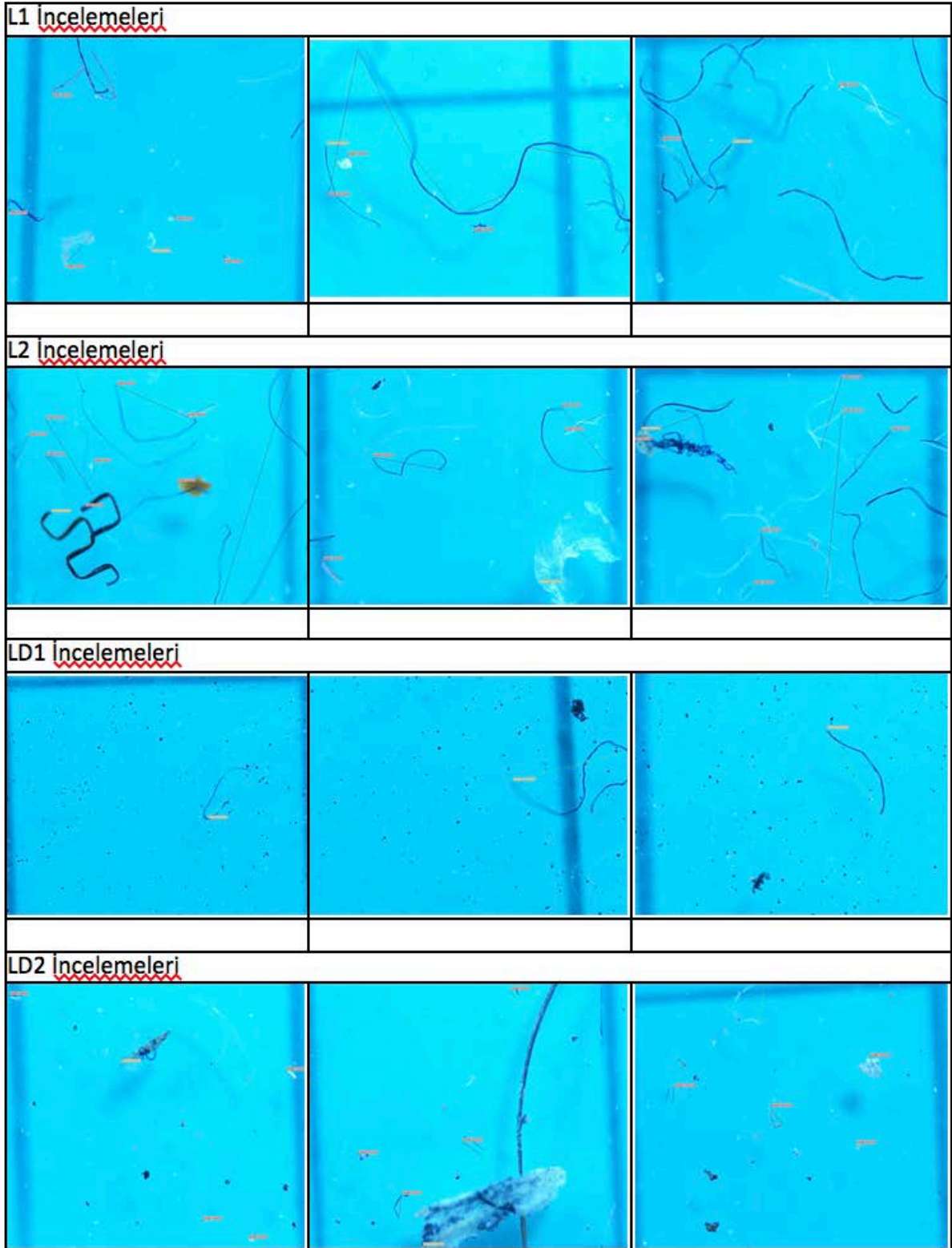
**Tablo 2.** Laboratuvar döküntüsü (L1 ve L2) incelemelerine ait detaylı sonuçlar

Renkler	Sayı	Boyut (µm)	Lif	Parçacık veya Küresel	Film	L1 MP Sayısı	Renkler	Sayı	Boyut (µm)	Lif	Parçacık veya Küresel	Film	L2 MP Sayısı	
lacivert	1	6030,8	x			4	beyaz	1	1043,2			x	7	
lacivert	1	1007,6	x				beyaz	1	540,4	x				
lacivert	1	146	x				lacivert	1	766,8	x				
beyaz	1	120,8		x		6	lacivert	1	882	x			12	
lacivert	1	280	x				mor-beyaz	1	304,9	x				
lacivert	1	1148,5	x				şeffaf	1	673,2	x				
beyaz	1	649,4	x				lacivert	1	2016,1	x				
beyaz	1	674,7	x				lacivert	1	>277	x				
gri	1	65,3		x			lacivert	1	2339,9		x			
beyaz	1	175,8		x		açık mavi	1	>100	x					
lacivert	1	2379	x			kahverengi	1	397,6			x			
lacivert	1	308,3	x			beyaz	1	90,4			x			
beyaz	1	743	x			beyaz	2	338,9	x					
lacivert	1	416,9	x			lacivert	1	991,9	x					
şeffaf	1	125,4		x		açık mavi	1	972,7	x					
beyaz	1	76,7		x		açık mavi	1	337,5	x					
lacibeyaz	1	45,4		x		açık mavi	1	313,6	x					
açık mor-beyaz	1	421		x		lacivert	1	1678	x					
mor	1	1443,4	x			lacivert	1	520,3	x					
lacivert	1	1038,9	x			aç.mavi	1	357,3	x					
lacivert	1	529,7	x			açık mavi	1	1283,6	x					
lacivert	1	318,6	x			beyaz	1	67,9			x			
beyaz	1	572,5	x			beyaz	1	77			x			
beyaz	1	164,9		x		beyaz	1	239,7			x			
beyaz	1	130		x		beyaz	1	1406,2			x			
beyaz	1	274		x		lacivert	1	916,1	x					
lacivert	1	768,3	x			lacivert	1	138,9	x					
lacivert	1	1093,7	x			lacivert	1	1224,9	x					
lacivert	1	646,7	x			beyaz	2	350,6	x					
lacivert	1	1853,9	x			beyaz	1	166,5			x			
lacivert	1	640	x			lacivert	1	100	x					
mor	1	0	x			sarı-beyaz	1	232,5				x		
beyaz	1	131,3		x		lacivert	1	54	x					
beyaz	1	165,9		x		açık mor	1	415,9	x					
lacivert	1	>8732	x			lacivert	1	120	x					
lacivert	1	386,7	x			lacivert	1	430	x					
beyaz	1	416,3	x			lacivert	1	180,3	x					
saydam- açıkmavi	1	99,6		x		beyaz	1	606,7	x					
saydami	1	112,4		x		açık mavi saydam	1	130,7			x			
pembe-beyaz	1	2534,2	x			şeffaf	1	827				x		
açıkmavi	1	176,6	x			lacivert	1	3426	x					
lacivert	1	1798,5	x			lacivert	1	1766,4	x					
lacivert	1	629,7	x			lacivert	1	>200	x					
lacivert	1	545,6	x			lacivert	1	184,7	x					
beyaz	1	740,7	x			açımavi	1	73,5			x			
açık mor	1	1939,1	x			lacivert	1	700,1	x					
lacivert	1	1124,3	x			lacivert	1	979,5	x					
beyaz	1	746,2	x			açık mavi	1	4257,4	x					
lacivert	1	862	x			lacivert	1	446,6	x					
lacivert	1	2201,7	x			lacivert	1	1070,9	x					
						lacivert	1	378	x					
						açık mavi	1	582,6	x					
						lacivert	1	79,2	x					
						saydamlaci	1	50			x			
						beyaz	1	61			x			
						beyaz	1	90,9			x			
						lacivert	1	875,7	x					
						lacivert	1	2442,9	x					
						beyaz	1	1933,6	x					
						gri-beyaz	1	48,8			x			
						gri	1	559,6	x					
						lacivert-gri	1	133,8			x			
						lacivert	1	>50	x					
						beyaz	1	>205	x					
						beyaz	1	>100	x					
						beyaz	1	52	x					
						beyaz	1	810,2	x					
						beyaz	1	188,8	x					
						lacivert	1	822,1	x					
						lacivert	1	1201,1	x					
						açık mor	1	582,3	x					
						Laci-beyaz	1	294,6			x			
						lacivert	1	1235,6	x					
						lacivert	1	2636	x					
						lacivert	1	1665,9	x					
						lacivert	1	2533,9	x					
						lacivert	1	347,7	x					
						lacivert	1	217,9	x					
						lacivert	1	938,1	x					
						beyaz	2	>100	x					
						beyaz	1	84,9			x			
						beyaz	1	96,2			x			

Farklı örnekleme yerlerine göre rastlanan MP'lere ait bazı mikroskop görüntüleri aşağıdaki Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme yerlerinde rastlanan MP'lerin mikroskop görüntüleri

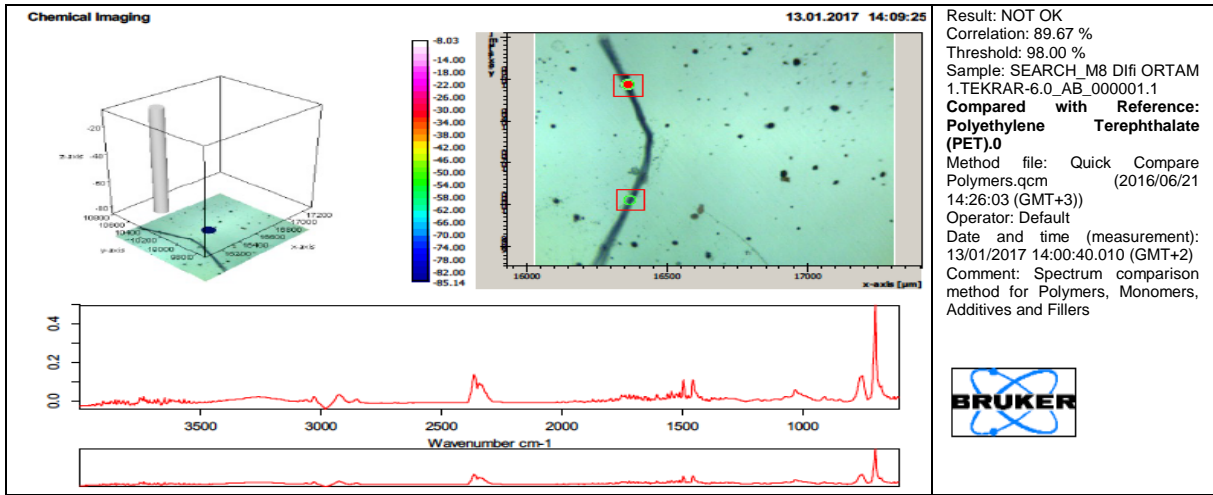


Şekil 1(devamı). Örnekleme yerlerinde rastlanan MP'lerin mikroskop görüntüleri

3.2. FT-IR Analizleri ile Kimyasal Yapı Belirleme

Numuneler üzerinde yapılan ayrıntılı mikroATR/FT-IR taramalarında; Polyester, Polyester lif, Akrilik, Polyamid (Naylon 6, Naylon 66), Polistiren (PS), LDPE+EVA, Polietilen tereftalat (PET), Stiren Butadien Kopolimeri, Polistiren yüksek etkili, Polyamid 66 (PA 66) Kayak üretimi için kullanılan Polyamid esaslı karışım Durethan, Ixef Poliarilamid PARA), Pigment Renkli Masterbatch Polistiren vb. gibi plastik türevlerine rastlanmıştır.

Şekil 2' de ise, mikro ATR/FT-IR cihazı ile kimyasal analizi yapılan bir numunenin (LD1) sonuçları örnek olarak gösterilmiştir. Şekilde de belirttiği gibi bulunan bu plastik polimerin türü; Polietilentereftalat (Polyethylene Terephthalate, PET) plastik tipidir.



Şekil 2. Mikro ATR/FT-IR Cihazı ile bir MP kimyasal yapı analizine örnek

FT-IR analizleri sonucunda en çok rastaladığımız MP polimer tipleri olarak; polyester, polymamid, polistiren, akrilik, polietilen, kauçuk ve bazı pigmentler söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Çalışmada yapılan incelemeler sonucunda genelleme yapılacak olursa; döküntülerde lif, parçacık ve film şeklinde mikroplastiklere rastlanmıştır. Mikroliflerin en fazla sayıda olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular; bir çok deneysel çalışmanın yapıldığı laboratuvar ortamlarındaki havada ciddi oranda MP bulunabileceğini ispatlar niteliktedir.

Örnekleme kış mevsiminde yapılmış olup hemen akabinde incelemeleri de tamamlanmıştır. Ardarda yapılan bu incelemelerden de anlaşıldığı üzere atmosferik döküntüde dolaşan MP miktarı zamana mekana göre büyük farklılık gösterebilmektedir. Bu yüzden bir yerde bulunması muhtemel MP oranı için net bir miktar söylenemez, ama gerekirse yıl boyu aynı saatlerde ve aynı sürelerde alınacak örneklerin ortalaması alınarak bir ortalama değer belirlenebilir. Fakat atmosferde az ya da çok, ama mutlaka MP bulunduğu net olarak söylenebilir.

Çeşitli kaynaklardan gelen mikroplastik lifler yere çökebilir, rüzgâr ve hava akımlarıyla havaya doğru sürüklenebilir, belli süre havada askıda kalabilir ve tıpkı araç emisyonları gibi insanların solunum sistemi vasıtasıyla akciğerlerine kadar girebilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-ÇAYDAG (Proje No. 115Y303) Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı kapsamında desteklenmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] BESSELING, E., QUIK, J. T., SUN, M., KOELMANS, A. A., "Fate of nano-and microplastic in freshwater systems: A modeling study". *Environmental Pollution*, 220, 540-548, 2017.
- [2] COLE, M., WEBB, H., LINDEQUE, P. K., FILEMAN, E. S., HALSBAND, C., GALLOWAY, T. S., "Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. Scientific reports, 4, 2014.
- [3] DEVRIESE, L. I., VAN DER MEULEN, M. D., MAES, T., BEKAERT, K., PAUL-PONT, I., FRÈRE, L., VETHAAK, A. D., "Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area". *Marine pollution bulletin*, 98(1), 179-187, 2015.
- [4] DRIS, R., GASPERI, J., ROCHER, V., SAAD, M., RENAULT, N., TASSIN, B., "Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris. *Environmental Chemistry*, 12(5), 592-599, 2015.
- [5] DRIS, R., GASPERI, J., ROCHER, V., SAAD, M., RENAULT, N., TASSIN, B., "Microplastic contamination in an urban area: a case study in Greater Paris". *Environmental Chemistry*, 12(5), 592-599, 2015.
- [6] DRIS, R., GASPERI, J., SAAD, M., MIRANDE, C., TASSIN, B., "Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment?". *Marine pollution bulletin*, 104(1), 290-293, 2016.
- [7] FREE, C. M., JENSEN, O. P., MASON, S. A., ERIKSEN, M., WILLIAMSON, N. J., BOLDGIV, B., "High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake". *Marine pollution bulletin*, 85(1), 156-163, 2014.
- [8] GASPERI, J., DRIS, R., MIRANDE-BRET, C., MANDIN, C., LANGLOIS, V., TASSIN, B., "First overview of microplastics in indoor and outdoor air". In 15th EuCheMS International Conference on Chemistry and the Environment, 2015a.
- [9] GASPERI, J., DRIS, R., ROCHER, V., TASSIN, B., "Microplastics in the continental area: an emerging challenge". WELCOME TO ISSUE N 4, 2015b.
- [10] JAMBECK, J. R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T. R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., LAW, K. L., "Plastic waste inputs from land into the ocean". *Science*, 347(6223), 768-771, 2015.
- [11] MURPHY, F., EWINS, C., CARBONNIER, F., QUINN, B., "Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment". *Environmental science & technology*, 2016.
- [12] MURPHY, F., EWINS, C., CARBONNIER, F., QUINN, B., "Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment". *Environmental science & technology*, 2016.
- [13] PAHL, S., WYLES, K. J., "The human dimension: how social and behavioural research methods can help address microplastics in the environment". *Analytical Methods*, 2017.
- [14] PIRC, U., VIDMAR, M., MOZER, A., KRŽAN, A., "Emissions of microplastic fibers from microfiber fleece during domestic washing". *Environmental Science and Pollution Research*, 23(21), 22206-22211, 2016.
- [15] ZHANG, K., SU, J., XIONG, X., WU, X., WU, C., LIU, J., "Microplastic pollution of lakeshore sediments from remote lakes in Tibet plateau", China. *Environmental Pollution*, 2016.



ÖZGEÇMİŞ

Meral YURTSEVER

1999 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. Aynı Üniversite'den 2001 yılında Yüksek Mühendis ve 2008 yılında Doktor unvanını almıştır. 2000-2008 yılları arasında Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2008 yılından beri Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Adsorpsiyon, suların arıtılması, atıksuların arıtılması ve mikroplastikler konularında çalışmaktadır.

Yavuz Selim ÜNLÜ

2013 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki lisans eğitimini tamamlamak üzeredir. Ayrıca çiftanadal (ÇAP) kapsamında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ndeki eğitimine de devam etmektedir.

Meryem YILMAZ

2013 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki lisans eğitimini 2017 bahar dönemi sonu itibariyle tamamlamak üzeredir.

Ayşe Hilal KARTAL

2013 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki lisans eğitimini 2017 bahar dönemi sonu itibariyle tamamlamak üzeredir.