

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI TİP ATIKSULARDA VE ARITMA
ÇAMURLARINDA MİKROPLASTİK İNCELEME
TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat BİLGİN

Enstitü Anabilim Dalı

: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı

: Dr. Öğr. Üyesi Meral YURTSEVER

Haziran 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


**FARKLI TİP ATIKSULARDA VE ARITMA
ÇAMURLARINDA MİKROPLASTİK İNCELEME
TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

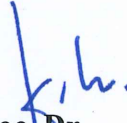
YÜKSEK LİSANS TEZİ


Murat BİLGİN

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 13.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Dr. Öğr. Üyesi
Meral YURTSEVER
Jüri Başkanı


Doç. Dr
Fatih KARADAĞLI
Üye


Dr. Öğr. Üyesi
Nursel KIRATLI YILMAZÇOBAN
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Murat BİLGİN

13.06.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Meral YURTSEVER'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım İnci ÇELİK ve Tunahan TANIŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana yol gösteren ve her konuda destek olan çok değerli aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan TÜBİTAK'a (Proje No: 115Y303) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Mikroplastik Kaynağı Olarak Atıksu Arıtma Tesisleri.....	10
2.2. Farklı Tip Atıksu Arıtma Tesislerinin Mikroplastik Giderim Verimlerinin İncelenmesi.....	12
BÖLÜM 3.	
MATERYAL METOD.....	16
3.1. Numunelerin Alındığı Tesisin Tanıtımı.....	16
3.2. Numunelerin Alınması.....	18
3.2.1. Sıvı numunelerin alınması	18
3.2.2. Çamur numunelerin alınması	21
3.3. Yöntem	21

3.3.1. Fenton prosesi ve fenton prosesinde oluşan kimyasal reaksiyonlar.....	21
3.3.1.1. Redoks reaksiyonları	22
3.3.1.2. Koagülasyon reaksiyonları	23
3.3.2. Fenton prosesini etkileyen faktörler.....	24
3.3.2.1. Sıcaklığın etkisi.....	24
3.3.2.2. pH etkisi.....	24
3.3.2.3. Demir sülfat miktarının etkisi.....	24
3.3.2.4. Hidrojen peroksit miktarının etkisi.....	25
3.3.3. Mikroplastik ekstraksiyonu ve mikroplastik incelemesi	25
3.3.3.1. Sıvı numuneler.....	25
3.3.3.2. Çamur numuneleri.....	26
3.4. Kullanılan Araç-Gereçler.....	27
3.5. Analizler.....	27
3.5.1. Mikroskop analizi.....	27
3.5.2. ATR-FT-IR analizi	29
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI	30
4.1. Mikroskop Analizi Sonuçları.....	30
4.1.1. Sıvı numunelerin sonuçları	30
4.1.2. Arıtma çamuru numunelerinin sonuçları.....	39
4.2. FT-IR Analizi Sonuçları.....	39
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ	41
KAYNAKLAR	44
EKLER	50
ÖZGEÇMİŞ.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BPA	: Bisphenol A
DDT	: Dikloro difenil trikloroethan
FeSO ₄ .7H ₂ O	: Demir sülfat
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
MP	: Mikroplastik
NaOH	: Sodyum hidroksit
PAH	: Poliaromatik hidrokarbonlar
PBDE	: Polibromlu difenil eter
PCB	: Poliklorlu bifeniller
ZnCl ₂	: Çinko klorür

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü	16
Şekil 3.2. Karaman atıksu arıtma tesisi akış şeması	17
Şekil 3.3. Filtrasyon düzeneği	18
Şekil 3.4. Numunelerin alındığı yerler	19
Şekil 3.5. 1 noktası giriş numunesinin alındığı yer	19
Şekil 3.6. 2 noktası kum tutucu numunesinin alındığı yer	20
Şekil 3.7. 3 noktası çıkış numunesinin alındığı	20
Şekil 3.8. Fenton oksidasyonu ile organik madde giderimi yapılmış numune.....	26
Şekil 3.9. Atıksu numulerinde bulunan lif şeklinde mikroplastikler.....	27
Şekil 3.10. Atıksu numulerinde bulunan film şeklinde mikroplastikler.....	28
Şekil 3.11. Çamur numunelerinde bulunan mikroplastikler.....	28
Şekil 4.1. 7 Haziran 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	31
Şekil 4.2. 11 Temmuz 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	32
Şekil 4.3. 7 Ağustos 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	32
Şekil 4.4. 24 Eylül 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	33
Şekil 4.5. 25 Ekim 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	33
Şekil 4.6. 7 Haziran 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	35
Şekil 4.7. 11 Temmuz 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	35

Şekil 4.8. 7 Ağustos 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	36
Şekil 4.9. 24 Eylül 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	36
Şekil 4.10. 25 Ekim 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	37
Şekil 4.11. Birincil ve ikincil arıtımın mikroplastik giderim verimleri.....	38
Şekil 4.12. Çamur numuneleri şekillerine göre mikroplastik yüzdeler dilimleri.....	39

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Çeşitli markalarda bulunan mikroboncukların boyutları.....	7
Tablo 2.2. Farklı tip arıtma tesislerinin mikroplastik arıtım verimi.....	12
Tablo 2.3. Farklı son arıtım ünitelerine sahip arıtma tesislerinin mikroplastik giderim verimlerinin karşılaştırılması.....	14
Tablo 2.4. Mikroplastik ayırım tekniklerinin organik madde giderim verimleri.....	15
Tablo 4.1. 7 Haziran 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırma..	30
Tablo 4.2. 11 Temmuz2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırma	30
Tablo 4.3. 7 Ağustos 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırma..	30
Tablo 4.4. 25 Eylül 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırma....	31
Tablo 4.5. 24 Ekim 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırma...	31
Tablo 4.6. 7 Haziran 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırma....	34
Tablo 4.7. 11 Temmuz 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırma	34
Tablo 4.8. 7 Ağustos 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması.	34
Tablo 4.9. 25 Eylül 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması...	34
Tablo 4.10. 24 Ekim 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması	34
Tablo 4.11. Arıtma tesisi ünitelerinin Haziran-Temmuz ayı mikroplastik arıtma verimi.....	38
Tablo 4.12. Arıtma tesisi ünitelerinin, Ağustos-Eylül ayı mikroplastik arıtma verimi.....	38
Tablo 4.13. Arıtma tesisi ünitelerinin, ekim ayı mikroplastik arıtma verimi.....	38
Tablo 4.14. Çamur numuneleri mikroplastik sonuçları.....	39
Tablo 5.1. Toprakta kullanılabilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları.....	42

ÖZET

Anahtar kelimeler: Mikroplastikler; Kirlilik; Atıksu Arıtma Tesisi; Arıtma Çamuru.

Son yıllarda hızlı bir şekilde artan plastik üretimi ve tüketimine bağlı olarak çevrede oluşan plastik kirliliği de artmıştır. Bunun yanı sıra 5 mm'den küçük plastik parçacıkları anlamına gelen mikroplastiklerin de çevrede oluşturduğu kirlilik artarak endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Son yıllarda dünyada, kentsel atıksu arıtma tesislerinin deşarj ettiği suların ve arıtma tesisi çamurlarının önemli birer mikroplastik kaynağı olabileceği üzerinde durulmaktadır. Bu sebeple yapılan çalışmada, Sakarya ilinde klasik arıtma yapan ikincil bir atıksu arıtma tesisindeki mikroplastik kirliliği Haziran 2017-Ekim 2017 tarihleri arasında alınan numuneler üzerinde incelenmiş ve tesisteki farklı ünitelerdeki mikroplastik kirliliği oranları kıyaslanarak giderim verimi hesaplanmıştır. Atıksu numunesi örneklemede farklı gözenek çapına sahip filtreler kullanılarak hazırlanan filtrasyon düzeneği ile kompozit numuneler alınmıştır. Atıksular ve özellikle arıtma çamurları yüksek miktarda safsızlık ihtiva ettiğinden dolayı doğrudan bir mikroskop incelemesi yapılamamaktadır. Bu sebeple özellikle mikroplastik inceleme öncesinde mikroplastiklerin iyi bir şekilde ekstraksiyonu gerekiyor. Atıksu ve arıtma çamuru numuneleri üzerinde yapılan çalışmada önce mikroplastiklerin ekstraksiyonu için numuneler üzerinde sırasıyla; yıkama, fenton oksidasyonu, santrifüj ve filtrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise, numuneler bir optik mikroskop altında ve ATR-FT-IR mikroskobu altında incelenmiştir. İncelemeler sonucunda mikroplastikler; şekillerine, büyüklüklerine ve tiplerine göre sınıflandırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizdeki bir atıksu arıtma tesisindeki mikroplastik miktarlarını gösteren örnek bir çalışma yaparak, mikroplastik kirliliğine dikkat çekebilmektir. Çalışma sonucunda; deşarj edilen atıksuda ve arıtma çamurunda çok yüksek miktarda mikroplastik bulunduğu tespit edilmiştir. Günlük deşarj edilen mikroplastik miktarı 474-822 milyon olarak bulunmuştur. Sıvı numunelerde 5-10 MP/L; çamur numunelerinde ise 570-1180 MP/L bulunmaktadır. Arıtma tesisinin mikroplastik giderim verimi ise % 60-76 arasındadır.

DEVELOPMENT OF MICROPLASTIC EXAMINATION TECHNIQUES IN DIFFERENT TYPES OF WASTEWATER AND SEWAGE SLUDGE

SUMMARY

Keywords: Microplastics; Pollution; Waste Water Treatment Plant; Sewage Sludge.

Plastic pollution in the environment has increased due to the rapidly increasing production and consumption of plastics in recent years. In addition, the pollution caused by microplastics, which means plastic particles smaller than 5 mm, has reached alarming proportions. In recent years, it has become a prominent concern around the world that the discharge waters and sludges of urban wastewater treatment plants can be important sources of microplastics. Therefore, for the purposes of this study, the microplastic pollution in a secondary wastewater treatment plant in the Sakarya province was investigated based on samples obtained between June 2017 and October 2017 and the efficiency of microplastic removal in different units of the plant was compared and calculated. The wastewater samples were collected in the form of composite samples with the help of the filtration system designed to use filters with different pore sizes. Since the wastewater and especially the sewage sludge are abundant in impurities, a direct microscopic examination was not helpful. For this reason, especially before the microplastic examination, an efficient extraction of microplastics should be carried out. Thus, for the microplastic extraction in waste water samples and in sewage sludge, samples were subjected to a process that included washing, Fenton oxidation, centrifugation and filtration, respectively. Subsequently, the samples were examined under an optical microscope and an ATR-FT-IR microscope, and the microplastics were classified by shape, size and type.

The aim of this study is to draw attention to the microplastic pollution through a sample case study measuring the concentrations of microplastics in a wastewater treatment plant in our country. The study has demonstrated that the waste water discharge and sludge are abundant in microplastics. The discharged amount of microplastics per day was found as 5695-9860 million and the concentrations were 67-116 mp/L in liquid samples and 670-1160 mp/L in sludge samples. The microplastic removal efficiency of the wastewater treatment plant ranged from 60% to 76%.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Plastikler, petrol veya gazdan ekstrakte edilen monomerlerin polimerizasyonundan elde edilen sentetik organik polimerlerdir yani monomerlerin kimyasal bağlarla polimerlere dönüşmesi ile plastikler meydana gelir. Polimer molekülünün yapısı ve büyüklüğü o plastiğin özelliklerini belirler (Cole, 2011).

Plastiklerin sağlam, hafif ve dayanıklı olmasının yanında ucuz olması gibi birçok avantajları sayesinde çok geniş çapta ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (İñiguez, 2016). 16 Ocak 2018 tarihinde AB Plastik Stratejisi kapsamındaki verilerde, AB’de her yıl yaklaşık 58 milyon ton plastik üretildiği, bunun %40’nın ambalajlarda, %22’sinin tüketim ürünlerinde, %20’sinin bina ve inşaatlarda, %9’unun araba ve kamyonlarda, %6’sının elektrikli ve elektronik aletlerde, %3’ünün ise tarımda kullanıldığı belirtilmektedir (Veral, 2018). 1950’lerden bu yana plastik üretimi yıllık %8,6 oranında artarak, yaklaşık 348 milyon ton/yıl düzeyine ulaşmıştır. Yapılan hesaplamalara göre yıllık plastik üretiminin %10’u denizlerde sonlanarak, deniz çöplerinin %80’ini, plaj çöplerinin ise %50-80’ini oluşturmaktadır (Şahin ve ark., 2018).

Sulara dökülmüş deniz çöplerindeki plastiklerin, güneş ışığı, dalga hareketi, rüzgar veya canlılar tarafından çeşitli fizikokimyasal ve biyolojik etkilere maruz kalarak parçalanması sonucunda mikroplastikler oluşmaktadır. Mikroplastik teriminin tarihi 1993 yılına kadar gitmektedir. 1993 yılında Man Adası’nda kumsal temizleme çalışmasına katılan Richard C. Thompson denizin yükselme sınırındaki küçük parçacıklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu parçacıkları incelediğinde; çöplerde büyük oranlarda plastiklerin bulunduğunu ve plastik çöplerin çok küçük parçalara ayrılmış olduğunu, bu sebepten dolayı da parçalanmış plastiklerin gözle görülmesinin ve

tesbitinin zorlaştığını farketmiştir. Thompson ve arkadaşları, (2004) yayımladıkları bir çalışmada bu küçük parçacıklar için ilk kez “mikro-plastik” terimini kullanmıştır.

Başlarda mikroplastikleri tanımlamak için farklı boyutlandırmalar yapılmıştır. Örneğin; Arthur ve arkadaşları (2009), 333 µm - 5 mm arasında sınıflandırırken, GESAMP (denizlerdeki çevre kirliliğine bilimsel bakış açıları uzman grubu) 1 nm - 5 mm arasında sınıflandırmıştır (Lassen ve ark., 2015). Mikroplastikler için genel kabul görmüş bir boyutlandırma olmamasına rağmen (Hidalgo-Ruz ve ark., 2012), Amerika Çevre Koruma Ajansının yapmış olduğu boyutlandırma tercih edilmektedir, buna göre; mikroplastikler <5 mm, mezoplastikler 5–20 mm, ve makroplastikler >20 mm olarak ifade edilmektedir (US EPA, 2011).

Mikroplastikler kaynaklarına göre birincil ve ikincil mikroplastikler olarak ikiye ayrılır. Birincil mikroplastikler, 5mm'den küçük boyutlarda üretilen plastik parçacıklarına denir ve genel olarak; kozmetik ürünleri, yüz temizleme ürünleri gibi kişisel bakım ürünlerinde, endüstriyel temizleyicilerde ve plastik şişe vb. maddelerin yapımı için üretilmiş olan plastik tozları örnek verilebilir.

İkincil mikroplastikler ise normal boyutta veya daha büyük boyutta olan mikroplastiklerin parçalanması sonucu meydana gelen plastiklerdir. Bu parçalanma, ultraviyole ışınları etkisiyle, antropojenik veya doğal (su, hava, rüzgâr gibi) etkilerle olabilir (Yurtsever, 2015).

Çevresel örnekler incelendiğinde hem birincil hem de ikincil mikroplastiklere bol miktarda rastlanılmaktadır (GESAMP, 2015). Mikroplastikler toksik etkilerinden, kalıcılıklarından yani doğada çok uzun yıllar yok olmamalarından ve her yerde bulunmalarından dolayı önemli bir çevre kirleticisi olarak kabul edilmektedir (Song ve ark., 2015). Mikroplastikler üzerine yapılan ilk çalışmalar su ekosistemlerinde yapılmıştır ve bu yüzden mikroplastikler önemli bir deniz kirleticisi olarak kabul edilmiştir. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalar; mikroplastiklerin hava ve toprakta da yoğun olarak bulunduğu göstermiştir (Dehghani ve ark., 2017; Steinmetz ve ark., 2016; Bläsing ve Amelung, 2018).

Plastiklerin mukavemet gibi özelliklerini artırmak veya farklı özellikte ürün elde etmek için plastiklere; Bisfenol A, kurşun, bakır, kadmiyum gibi ağır metaller veya plastiklerin esnekliklerini artırmak için katılan ftalatlar gibi canlılara zararlı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ayrıca mikroplastikler DDT, PBDE (Polibromlu difenil eter), PAH, PCB (poliklorlu bifeniller) gibi kalıcı organik kirleticileri ve toksik pestisitleri adsorplayarak yüzeyinde taşıyabilmektedir. Mikron boyutundaki bu plastikler adsorpladıkları organik kirleticilerin besin zinciri yoluyla taşınımına neden olmaktadır (Aslan, 2018).

Su ekosistemlerinde mikroplastik kirliliğinin nedenleri araştırıldığında endüstriyel tesislerden yüksek derecede kirletici geldiği bilinmektedir (Mani ve ark., 2015); fakat en büyük kirletici kaynağı, atıksu arıtma tesisleri olduğu birçok araştırma ile kanıtlanmıştır (Cole ve ark., 2011; Talvitie ve ark., 2015; Murphy ve ark., 2016; Carr ve ark., 2016; Ziajahromi ve ark., 2017).

Mikroplastikler su ortamına girdiklerinde besin zinciri yoluyla taşınımı gerçekleşir. Zooplanktondan balinalara kadar denizlerde yaşayan her boyutta tür, mikroplastikleri besin olarak tüketmektedir. Mikroplastikler, su canlılarının sindirim sistemlerini bloke ederek organik bileşiklerin canlıların vücuduna girmesine sebep olurlar. Ayrıca BPA gibi zehirli kimyasallar balıkların üreme sistemlerine etki ederek endokrin üretimini engelliyorlar ve üremelerine engel olarak canlılara hem fiziksel hem de kimyasal zarar verme potansiyelinden dolayı mikroplastikler büyük bir çevresel sorun yaratmaktadırlar (Ziajahromi, 2017).

Balıkların bünyesine giren bu maddeler besin zincirinde yukarıya doğru tırmanarak insan bedenine kadar ulaşırlar ve balık tüketen kişilerde bu zehirli kimyasallara maruz kalırlar ve bunun sonucu olarak mikroplastikler insanlar içinde tehlike oluşturmaktadırlar (Miranda ve ark., 2016).

Son yıllarda su ortamındaki mikroplastik sayısı çok fazla artmaktadır, örneğin; 1997'de deniz kaplumbağalarının %86'sında deniz memelilerinin %43'ünde deniz kuşlarının ise %44'ünde mikroplastik varlığı tespit edilmiş fakat 2015 yılında yapılan

bir araştırmada ise deniz kaplumbağalarının %100'ünde deniz memelilerinin %66'sında deniz kuşlarının ise %50'sinde mikroplastik varlığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2018).

Atıksu arıtma tesislerindeki mikroplastik kaynakları incelendiğinde ise birincil mikroplastikler olarak adlandırılan kişisel bakım ürünleri ve sentetik malzemelerden yapılmış kıyafetlerin yıkanması sonucu ortaya çıkan lifler arıtma tesislerindeki mikroplastiklerin en büyük kaynağı olarak görölmektedir (Fendall ve Sewal, 2009; Nappell ve ark., 2015; Cheung ve ark., 2016; Browne ve ark., 2011; Napper ve Thompson, 2016).

Doğal peeling malzemeleri olan ceviz kabuğu, kayısı kabuğu, ponza taşı gibi malzemelerin yerine mikroboncuk kullanımının giderek artması sonucu her gün çok sayıda mikroplastik arıtma tesislerine gelmektedir. Amerikan Dermatoloji Akademisinin açıklamaları da bu sonucu doğrulamaktadır; boyutu 4 µm ve 1 mm arasında olan polietilen mikroboncukların cilde daha az kızarıklık ve daha az zarar vermesinden dolayı diğer materyallere göre çok sıklıkla kullanıldığını ifade etmiştir.

Arıtma tesislerinden sadece su ekosistemlerine mikroplastik taşınımı olmamaktadır, arıtma çamurlarının tarım alanlarında gübre olarak kullanımı sonucunda mikroplastikler tarım alanlarına da taşınmaktadır ve arıtma çamurları bol miktarda mikroplastik içerdiği bilinmektedir (Horton ve ark., 2017; Mahon ve ark., 2016; Kokalj ve ark., 2018). Örneğin, İrlanda'da 7 ayrı arıtma çamuru örnekleri incelenmiş ve 1 kg çamurda 4196 – 15385 aralığında mikroplastik parçacığı bulunmuştur (Kokalj ve ark., 2018).

Araştırmacılar topraktaki plastik kirliliği boyutunun denizlerden ve göllerden daha da endişe verici olduğunu söylemektedir. Topraktaki mikroplastik kaynakları araştırıldığında sadece arıtma çamurları değil plastik malçlama, evsel arıtma sularının tarımsal sulamada kullanılması ile de yüksek miktarda mikroplastik toprağa geçmektedir (Zhang ve Liu, 2018).

Amerika’da arıtma çamurlarının %50’si Finlandiya ve İrlanda’ da ise %72’si tarım alanlarında kullanılmaktadır. Arıtma çamurlarının gübre olarak kullanımı sonucu her yıl Avrupa’da 63000 – 430000 ton mikroplastik; Kuzey Amerika’da 44000 – 300000 ton mikroplastığın tarım alanlarına karıştığı tahmin edilmektedir (Nizzetto ve ark., 2016).

Bu çalışmanın amacı, bir klasik atıksu arıtma tesisinin farklı kademelerindeki atıksularda ve arıtma işlemleri sonucu oluşan arıtma çamurunda bulunan mikroplastik varlığını tespit etmektir. Buna ilaveten arıtma çamurlarında mikroplastik analizi yapabilmek için uygun bir ekstraksiyon ve inceleme metodolojisi geliştirebilmek ve tarım toprağı uygulamalarında da kullanılabilen arıtma çamurlarındaki mikroplastik tehlikesine dikkat çekebilmek de amaçlar arasındadır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Su ortamındaki plastik kirliliğini belirlemek için yapılan çalışmalar 70'li yılların başında başlamıştır. Bu yıllarda Kuzey Atlantik'de yapılan çalışmalarda mikroplastikler dahil olmak üzere yüzen plastik atıklar ve plastik peletler olduğu bildirilmiştir (Carpenter ve Smith, 1972; Colton ve ark., 1974).

Carpenter ve arkadaşları (1972), Sargasso Denizi'nde yaptığı çalışmada her bir kilometrekarelik alanda ortalama 3500 plastik parçası olduğunu ve bu plastik parçalarının büyük çoğunluğu sert, beyaz, silindirik plastik pelet olduklarını ve çaplarının 0,25 – 0,50 cm arasında değiştiğini gözlemlemiştir (Carpenter ve ark., 1972).

Morris (1974), İngiltere'deki Bristol Kanalı'nda mikroplastik atıklarla ilgili yaptıkları araştırmada, sedimentlerde ve akarsu kıyısında bol miktarda polistren tipi plastik polimer bulunduğunu tespit etmiş ve bu plastiklerin renklerinin çoğunlukla şeffaf beyaz, yeşil ve kahverengi olduğunu bildirmiştir (Morris, 1974).

Yine Morris (1980), Güney Atlantik Okyanusu'nda yapmış olduğu çalışmada, Carpenter ve arkadaşlarının (1972) sonuçlarına benzer sonuçlar elde etmiştir. Atlantik okyanusunda polietilen ve polipropilen plastik döküntüleri olduğunu raporlamıştır (Morris, 1980)

Laist (1987), plastik atıklarının su canlıları üzerindeki biyolojik ve fizyolojik etkisini araştırmıştır. Okyanuslara atılan balıkçı ağları, plastik atıklar veya büyük plastik parçalarının parçalanarak mikroplastik haline gelmesiyle deniz kabukluları, balıklar, kaplumbağalar ve deniz kuşları için ciddi bir tehdit oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır (Laist, 1987).

Thompson ve arkadaşları (2004), İngiltere'nin Plymouth bölgesindeki mikroplastik varlığını tespit etmek için, plajlardan ve nehir ağzından sediment örnekleri ile subdital sediment örnekleri toplayıp Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FT-IR) analizi ile bu maddeleri tanımlamışlardır. 30 numunenin 23 tanesinde polimer olduğunu fakat subdital sediment örneklerinde çok daha fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir. Polimer türlerini incelediklerinde ise 9 farklı polimer türü olduğunu tespit etmişlerdir (Thompson ve ark., 2004).

Plastiklerin, kalıcı organik kirleticileri adsorplaması üzerine yapılan ilk çalışmalar 2003-2004 yılları arasında Kuzey Pasifik Okyanusu'ndan ve California kıyılarından toplanan plastik peletler araştırılıp bulunmuştur. İnsanlar tarafından kullanılıp atılmış plastik parçaları toplanmış ve kalıcı organik kirletici madde miktarını belirlemek için analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre toplam PCB konsantrasyonu 27-980 ng/g, DDT konsantrasyonu 22-7100 ng/g, PAH konsantrasyonu 39-1200 ng/g ve alifatik hidrokarbon konsantrasyonu ise 1,1-8600 lg/g (Rios ve ark., 2007).

Fendall ve Sewell (2009), Yeni Zelanda'da; yüz temizleme jellerinde bulunan mikrobuncukların arıtma tesislerinin birincil arıtım kademesinde yani ince ızgarada giderilip giderilmediğini belirlemek için 4 büyük kozmetik markasında bulunan mikrobuncukların boyutlarını incelemişler ve mikrobuncukların çok büyük bir yüzdesinin 0,5 mm'den küçük olduğu sonucunu bulmuşlardır. İnce ızgara aralığı 1,5 - 6 mm arasında olduğu düşünülürse kirleticilerin tutulma oranı çok düşük olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır (Fendall ve Sewell, 2009). Yüz temizleme jellerinde bulunan mikrobuncukların ortalama boyutu ve boyut aralıkları Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Çeşitli markalarda bulunan mikrobuncukların boyutları (Fendall ve Sewell, 2009)

Marka	Ortalama boyut (μm)	Boyut aralığı (μm)
A	196,81	10,2-1075
B	375	52,5-847,5
C	247,50	4,1-1240
D	196,94	31,6-418,4

İngiltere ve Hong Kong'da yapılan araştırmaların sonucuda Fendall ve Sewell'in çalışmasının sonucunu desteklemektedir. Napper ve arkadaşları (2015), İngiltere'nin Plymouth bölgesinde yapmış oldukları araştırma sonucuna göre tek bir seferde 94500 adet mikroboncuk arıtma tesislerine gelmektedir (Napper ve ark., 2015), Hong Kong'da yapılan çalışmada ise; 20 - 44 yaş arasındaki kişilere yüz temizleme jeli kullanıp kullanmadıkları eğer kullanıyorlarsa ne sıklıkla kullandıkları üzerine yapılan anket sonuçlarına göre ise her yıl 263,9 milyar mikroboncuk evlerden arıtma tesislerine gelmektedir (Cheung ve Fok, 2016).

Browne ve arkadaşları (2011), yapmış oldukları çalışmaya göre bir giysi, her yıkamada 1900'dan fazla mikro fiber ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca her bir giysi her yıkamada litrede >100 adet lif bırakmaktadır (Browne ve ark., 2011). Elbiselerin yıkanması sonucu arıtma tesislerine gelen lif miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışma ise; Napper ve Thompson (2016) tarafından yapılmıştır. Napper ve Thompson İngiltere' de 3 farklı kumaştan (polyester, polyester-pamuk karışımı ve akrilik) yapılmış giysi olarak hepsi 6 kg olacak Şekilde yıkama işlemini gerçekleştirmişler. Yaptıkları alışma sonucunda, polyester-pamuk karışımı kumaş yaklaşık 138 bin, polyester kumaş 496 bin ve akrilik kumaş yıkanması sonucu 728 bin lifin arıtma tesislerine geldiği raporlanmıştır. Ayrıca sentetik-doğal karışımlı kumaş olan polyester-pamuk karışımlı elbise, %100 sentetik kumaş olan akrilik kumaşa göre %80 daha az lif bırakmaktadır (Napper ve Thompson, 2016).

Yapılan araştırmaların sonuçlarına göre evsel atıksu arıtma tesislerinin mikroplastik kaynağı olarak çok büyük bir yüzdesini diş macunlarında, peelinglerde, duş jellerinde, sabunlarda yani kişisel bakım ürünlerinde bulunan mikroboncuklar ve elbiselerin yıkanması sonucu arıtma tesisine gelen liflerin oluşturduğu sonucu grlmektedir.

Miranda ve arkadaşları Brezilya'nın güney sahillerinde bol miktarda bulunan ve bolca tüketilen iki önemli balık türü olan *Scomberomorus cavalla* yani kral balığı ve bir köpek balığı türü olan *Rhizoprionodon lalandii*'nin midelerini incelemişler ve bol miktarda plastik pelet olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada incelenen kral balığı

sayısı sekiz, köpek balığı sayısı ise altıdır. İnceleme sonucunda kral balığında boyutları 2 - 5 mm arasında değişen 2 - 6 adet plastik pellet; *R. Lalandii* türünde ise boyutları 1 - 3 mm arasında değişen 1 - 3 adet plastik pellet olduğu bulunmuştur (Miranda ve ark., 2016).

Ülkemizde Çevre Bakanlığı, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve bazı üniversitelerin 2016 yazında yapmış oldukları ortak bir çalışmada toplamda 8 balık türü incelenmiştir. Bu türler; Türkiye'nin tüm denizlerinde ortak bulunan türleri (yani barbun (*Mullus barbatus*) ve istavrit (*Trachurus mediterraneus* veya *T. trachurus*) ve de diğer bazı türlerin (*Merluccius merluccius*, *Phycis blennoides*, *Triptopterus minutus*, *Pagellus erythrinus*, *Pagellus sp.* ve *Merlangius merlangus*) mide ve bağırsaklarında mikroplastik araştırması yapılmıştır. Toplamda 846 balık incelenmiş ve 514'ünün sindirim kanalları içerisinde (mide veya bağırsakta) toplamda 1051 adet mikroplastik parçacık tespit edilmiş ve sindirim kanalları içerisinde tespit edilen mikroplastik parçacıklarının çoğunun bireylerin bağırsaklarında bulunduğu görülmüştür (Kideys ve ark., 2016).

Yine ülkemizde Karadeniz'de mikroplastik kirliliğinin canlılar üzerine etkilerinin tespitine yönelik 9 farklı yerde (Batı Karadeniz ve Doğu Karadeniz arasında) gerçekleştirilen araştırma kapsamında 3 balık türünden (*Trachurus trachurus*, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*) toplamda 263 balığın mide ve bağırsakları incelenmiştir. 174'ünün mide ve bağırsaklarında toplamda 332 adet mikroplastik parçacık tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında balıkların sindirim kanallarında 8'i fiber, 4'ü sert plastik ve 5'i naylon olmak üzere 17 farklı plastik tipi tespit edilmiştir. Ayrıca toplamda tespit edilen tüm plastik parçacıklarının yarısından fazlası yani %51,48'lik kısmı ile en sık karşılaşılan plastik tipi siyah fiber parçacıklarıdır. Bunu %19,99, %5,65 ve % 4,71'lik oranlar ile mavi fiber, beyaz polistren ve kırmızı fiber parçacıklar takip etmektedir (Bakanlığı, Ç. V. Ş., 2017).

Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yapılan başka bir çalışmada ise 1337 balık numunesini incelenmiştir. Balıkların mide ve bağırsaklarından toplam 182 mikroplastik tespit edilmiş. Bu mikroplastiklerin büyük çoğunluğunun elyaflardan

(%70) ve sert plastiklerden (%20,8) oluştuğunu, diğer grupların yüzde oranlarının ise (nylon %2,7, lastik %0,8 ve diğer plastikler %5,5) daha düşük olduğunu raporlamışlardır. Araştırma sonuçları incelendiğinde; plastiklerin arasında en çok mavi renkli plastik bulunduğu ve incelenen balıkların %34'ünün midelerinde mikroplastığe rastlanıldığı görülmektedir (Güven ve ark., 2017).

Başka bir örnek verecek olursak Duncan ve arkadaşları (2019), Pasifik, Atlantik ve Akdeniz'de ölmüş olan kaplumbağaların midelerini incelemişler ve hepsinin midesinde mikroplastik tespit etmişlerdir. Duncan ve arkadaşları, yedi türden 102 deniz kaplumbağasını incelemişler ve 5 mm uzunluğunda 800 parça plastik bulmuşlardır. Ortalama olarak her bir kaplumbağanın midesinde 150'den fazla mikroplastik tespit edilmiş ve kaplumbağa başına 500 adet mikroplastik parçacıkla Akdeniz'deki kaplumbağalar en fazla etkilenen kaplumbağalar olarak tespit edilmiştir (Duncan ve ark., 2019).

Hava ortamında bulunan mikroplastik kirliliği tespitine yönelik bir çalışma Dehghani ve arkadaşları tarafından (2017) yılında Tahran şehrinde yapılmıştır. Havadan elde edilen 30 gr'lık kuru toz (bir insanın ortalama bir günde soluduğu toz miktarına neredeyse eşit) içerisinde çoğunluğu fiber tipteki plastiklerden oluşan 88 - 605 adet mikroplastik parçacık olduğunu bildirmişlerdir (Dehghani ve ark., 2017).

2.1. Mikroplastik Kaynağı Olarak Arıtma Tesisleri

Arıtma tesislerinin deşarj ettikleri sularda çok yüksek miktarda mikroplastik bulunduğu için ve arıtılmış sular su ekosistemlerine deşarj edildiğinden dolayı arıtma tesisleri su ekosistemlerinde bulunan mikroplastiklerin kaynağı olarak görülmektedir (Murphy ve ark., 2016; Mintening ve ark., 2017; Talvitie ve ark., 2017). Pek çok ülkede yapılan çalışmalarda bu sonucu desteklemektedir. Murphy ve arkadaşları (2016), İskoçya'da incelemiş oldukları atıksu arıtma tesisinin %98,41 arıtım verimi olmasına rağmen deşarj edilen arıtılmış suyun litresinde 0,25 adet mikroplastik olduğunu tespit etmişlerdir. Tesisin debisi 260954 m³/gün olduğu hesaba katılırsa

günlük toplam deşarj edilen mikroplastik miktarı 65 milyonun üzerindedir (Murphy ve ark., 2016).

Minteniğ ve arkadaşları 2016 yılında Almanya’da 12 atıksu arıtma tesisinin deşarjından alınan numunelerde yapmış oldukları çalışmada mikroplastik miktarlarını ve türlerini analiz etmişlerdir. ATR FT-IR ve Micro FT-IR kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde filtrasyon ünitesi bulunan 2 adet tesis hariç geriye kalan 10 adet tesisin hepsinde 500 µm’den büyük mikroplastik parçaları bulunmuştur. 12 tesisin hepsinde en çok polietilen yapıli mikroplastik salındığı sonucunu ortaya çıkarmışlardır. 500 µm’den daha küçük mikroplastik parçaları ise 12 tesisin tamamında tespit edilmiş olup bu mikroplastiklerin 12 farklı polimer yapısında olduğunu belirlemişlerdir. (Mintening ve ark., 2017).

Talvitie ve arkadaşlarının (2017) Finlandiya’nın en büyük atıksu arıtma tesisinde yapmış oldukları çalışmanın sonucuna göre ise; arıtma tesisinden Baltık Denizi’ne günlük $2 \times 10^8 - 7,9 \times 10^8$ adet mikro çöp ve $1,7 \times 10^6 - 1,4 \times 10^8$ adet mikroplastik deşarj edilmektedir. (Talvitie ve ark., 2017).

Yapılan bu çalışmalar arıtma tesislerinden su ekosistemlerine aşırı miktarda mikroplastik geçişi olduğunu kanıtlamaktadırlar. Ayrıca arıtılmış suların tarımda sulama amaçlı kullanımı veya arıtma çamurlarının gübre olarak kullanımı sonucunda da toprağa ve tarım alanlarına yüksek miktarda mikroplastik geçişi olmaktadır.

Kanada’da Gies ve arkadaşları (2018) bir atıksu arıtma tesisinde ön çöktürmeden gelen birincil çamur ve ön çöktürme deşarj suyunu ayrıca son çöktürmeden gelen ikincil çamur ve deşarj suyundaki mikroplastik miktarını incelemişlerdir. Çamur numunelerindeki mikroplastik miktarı çıkış sularındakinden çok daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Birincil çamurun gramında 14,9 mikroplastik, ikincil çamurun gramında ise 4,4 adet mikroplastik tespit etmişlerdir. Çıkış suları ile çamur numunelerini karşılaştırıldığında ise; ön çöktürme çamurundan yılda 1,28 trilyon mikroplastik, çıkış suyunda ise 0,15 trilyon mikroplastik deşarj edilmektedir.

Son çöktürme havuzu çamurundan ise yılda 0,36 trilyon mikroplastik çıkış suyunda ise 0,03 trilyon mikroplastik deşarj edildiğini hesaplamışlardır (Gies ve ark., 2018).

2.2. Farklı Tip Atıksu Arıtma Tesislerinin Mikroplastik Giderim Verimleri

Atıksu arıtma tesislerinde bulunan arıtım üniteleri ve kullanılan ekipmanlar mikroplastik arıtımında çok büyük önem arz etmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelenerek farklı tip atıksuların arıtım verimleri araştırılmıştır. Mikroplastik gideriminde en etkili yöntem üçüncül arıtım olarak membran filtrasyon sistemi kullanan tesisler olduğu görülmektedir.

Michielssen ve arkadaşları (2016); Amerika’da farklı arıtım ünitelerine sahip 2 arıtma tesisinde mikroplastik giderim verimini incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmaları Detroit ve Northfield atıksu arıtım tesislerinde yapmışlardır. Detroit atıksu arıtma tesisinin ön arıtım kademesi elek ızgara ve kum tutucudan oluşmaktadır buradan çıkan su ön çöktürme havuzuna geliyor ve birincil arıtım tamamlanıyor. İkincil arıtım olarak ise klasik aktif çamur sistemi var ve tesiste üçüncül arıtım kademesi yok. Northfield arıtma tesisinde ise ön arıtım ve birincil arıtım kademeleri Detroit tesisiyle aynı ikincil arıtım ise 2 kademededen oluşuyor; damlatmalı filtre ve aktif çamur sistemi ve üçüncül arıtım olarak kum filtresi ünitesi bulunuyor. Ayrıca anaerobik membran biyoreaktörlerin mikroplastik giderim verimini belirlemek için Northfield tesisinde membran biyoreaktörü test etmişlerdir. Ön arıtım yapılan atıksu, 0,2 µm pore çapı olan anaerobik membran biyoreaktör ile arıtım işlemine tabii tutulmuştur. Tesislerin arıtma verimleri Tablo 2.2.’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Farklı tip arıtma tesislerinin mikroplastik arıtım verimi (Michielssen ve ark., 2016).

Arıtım	Detroit Arıtma Tesisi	Northfield Arıtma Tesisi	MBR
Ön Arıtım	%58,6	%35,1	%35,1
Birincil Arıtım	%84,1	%88,4
İkincil Arıtım	%93,8	%89,8
Üçüncül Arıtım	-----	%97,2	%99,4

Mikroplastikler şekillerine göre sınıflandırılmış ve arıtma tesislerinin giderim verimleri bulunmuştur. Detroit tesisinde, toplam kirletici miktarının %11,1'ini oluşturan mikroboncuk giderim verimi %100 olmasına rağmen; lif, parçacık gibi kirleticileri tamamıyla giderememiştir. Üçüncül arıtım olarak kum filtrasyonu ünitesi bulunan Northfield arıtma tesisi ise mikroboncukları %100 oranında gidermiş ve kirleticilerin büyük çoğunluğunu oluşturan lif giderim verimi ise; %97,5'dir. Giriş numunesi lif miktarı 200 mp/L çıkış suyu lif miktarı ise 5,25 mp/L olarak hesaplanmıştır. Anaerobik membran biyoreaktör ise toplamda %99,4 gibi yüksek arıtım verimine ek olarak %99,76 gibi yüksek bir lif giderimi yapmıştır. Giriş numunesi lif sayısı 200 mp/L, çıkış suyu lif sayısı 0,47 mp/L. Yani membran biyoreaktör ünitesi eklenmiş arıtma tesisinin deşarj ettiği artılmış sudaki lif miktarı klasik Northfield arıtım tesisine göre 10 kat daha az olmaktadır.

Bu çalışmanın sonucundan anlaşılacağı üzere sadece birincil ve ikincil arıtım ünitesi bulunan arıtma tesisleri mikroplastik gibi küçük boyutta kirleticilerin gideriminde yetersiz kalmaktadır. Tesisler, kum filtrasyon veya membran biyoreaktörler ile güçlendirilirse arıtım verimi artmaktadır ve mikroplastik deşarjı önemli ölçüde azalmaktadır.

Michielssen ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmaya benzer bir çalışmada Finlandiya'da Talvitie ve arkadaşları (2017) tarafından yapılmıştır. Talvitie ve arkadaşlarının amacı farklı son arıtım ünitelerine sahip 4 farklı arıtma tesisinin mikroplastik giderim verimini belirlemek. Araştırma yaptıkları arıtma tesislerin hepsinin birincil ve ikincil arıtım üniteleri aynı olup hepsi klasik aktif çamur sistemi ile dizayn edilmiş tesislerdir. Tesislerin son arıtım üniteleri ise şu şekildedir; birinci tesisin son arıtım ünitesi; 20 µm gözenek büyüklüğü olan mikrofiltrasyon ünitesi (MF), ikinci tesisin son arıtım ünitesi hızlı kum filtrasyonu (HKF), üçüncü tesisin son arıtım ünitesi çözünmüş hava flatosyonu (CHF) ve dördüncü tesisin son arıtım ünitesi ise 0,4 mikron gözenek aralığı olan membran biyoreaktördür (MBR). Bu 4 farklı tesisin mikroplastik giderim verimleri Tablo 2.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Farklı son arıtım ünitelerine sahip arıtma tesislerinin mikroplastik giderim verimlerinin karşılaştırılması (Talvitie ve ark., 2017).

Arıtım Ünitesi	Çıkış suyu	Giriş (Mp/L)	Çıkış (Mp/L)	Giderim Verimi (%)
DF	2.arıtımdan sonra	2	0,03	98,5
HKF	2.arıtımdan sonra	0,7	0,02	97,1
CHF	2.arıtımdan sonra	2	0,1	95
MBR	1.arıtımdan sonra	6,9	0,005	99,9

Tablodan da görüldüğü gibi MBR sistemine gelen su; birincil arıtımın çıkış suyu olduğundan dolayı ikincil arıtımın çıkış suyuna oranla çok daha fazla mikroplastik konsantrasyonu (3,5 – 7 kat) olmasına rağmen en yüksek arıtım veriminin (%99,9) yine membran biyoreaktör ile sağlandığı görülmektedir.

Organik kirliliği fazla olan atıksularda ve arıtma çamurlarında sağlıklı bir mikroplastik analizi yapabilmek için ön arıtım işlemi gerekmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, organik madde giderimi için en uygun yöntemin fenton oksidasyonu olduğu anlaşılmaktadır (Rodrigues ve ark., 2018; Sun ve ark., 2019).

Hurley ve arkadaşları (2018) atıksu arıtma tesislerinde oluşan sıvı çamur ve katı çamurdaki mikroplastik ayırım tekniklerinden olan, NaOH ve KOH tuzları ile yoğunluk farkı yaratarak ayırma, H₂O₂ ile oksidasyon ve fenton oksidasyonu yöntemleri arasında; organik madde giderim verimlerini ve bu teknikler sırasında polimerlerin şeklinde veya yapısında bir değişikliğe neden olup olmadıklarını araştırmışlardır. Bu yöntemler arasında fenton oksidasyonu en etkili yöntem olduğu anlaşılmıştır diğer yöntemler ya yüksek bir organik madde giderimi yapamadığı ya da mikroplastik şeklini değiştirdiği görülmüştür. Araştırılan yöntemlerin organik madde giderim verimleri Tablo 2.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Mikroplastik ayırım tekniklerinin organik madde giderim verimleri (Hurley ve ark., 2018).

Ön arıtım yöntemi	Organik madde giderim verimi
H ₂ O ₂ (60 °C)	%80,2
Fenton	%86,9
1M NaOH	%60,9
10M NaOH	%67,2
%10 KOH	%56,8

Hurley ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmanın sonucundan da anlaşılacağı üzere mikroplastikleri ayırmada gerekli olan ön arıtım işlemi için fenton oksidasyonu diğer yöntemlerle kıyaslandığında çok daha verimli ve uygulanabilir bir yöntem olduğu görülmektedir.

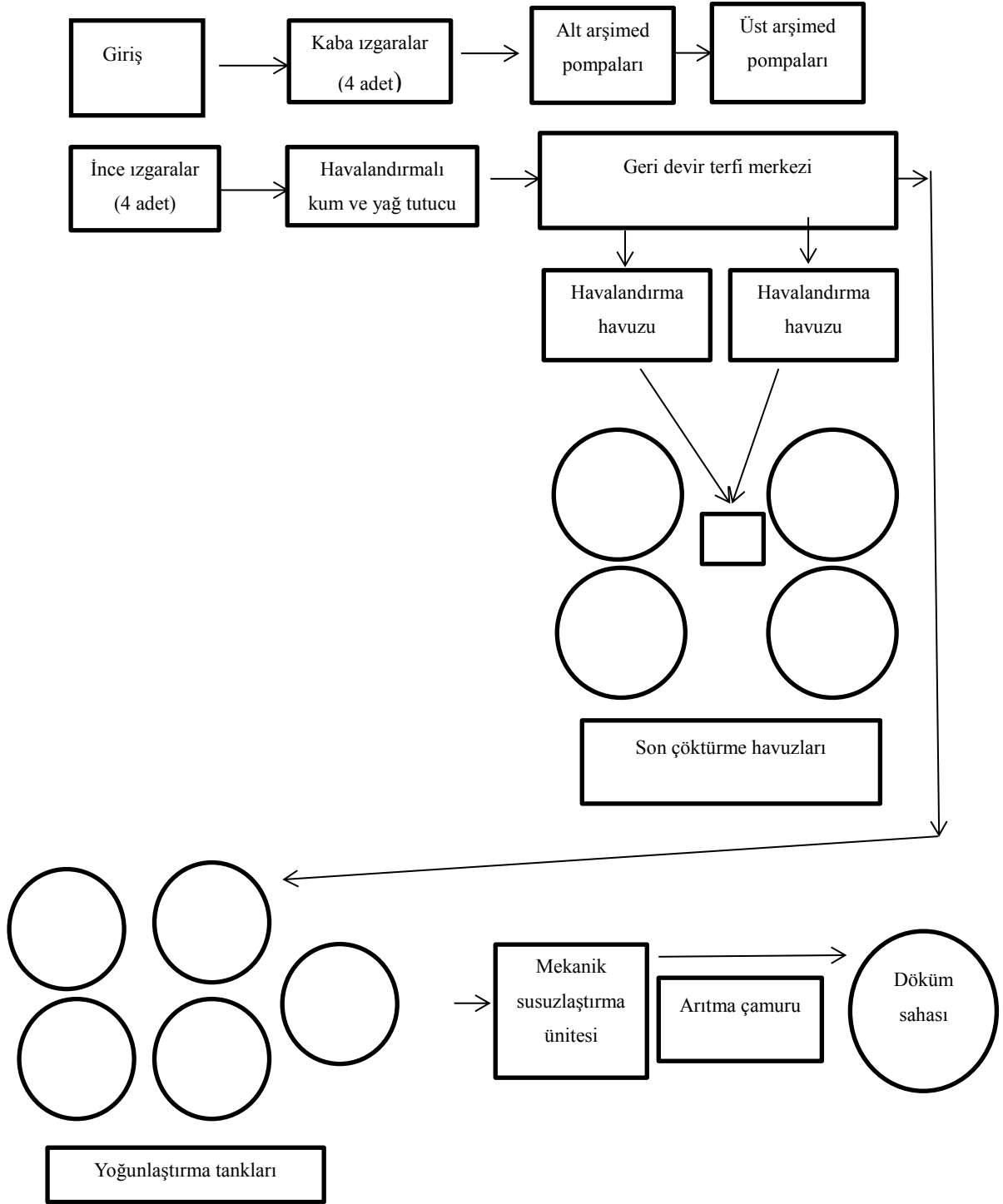
BÖLÜM 3. MATERYAL METOD

3.1. Numunelerin Alındığı Tesisin Tanıtımı

Bu çalışmada kullanılan numuneler Sakarya ili Karaman mevkisinde bulunan ileri biyolojik arıtma tesisinden temin edilmiştir. Örneklerin alındığı tesis Sakarya ilinin en büyük evsel atıksu arıtma tesisidir. Arıtma tesisi 1625767 kişilik nüfusa hizmet verebilecek kapasiteye sahip olup günlük ortalama debisi 85000 m³/gün'dür. Tesisin genel görünümü Şekil 3.1.'de ve tesisin genel akış şeması Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü

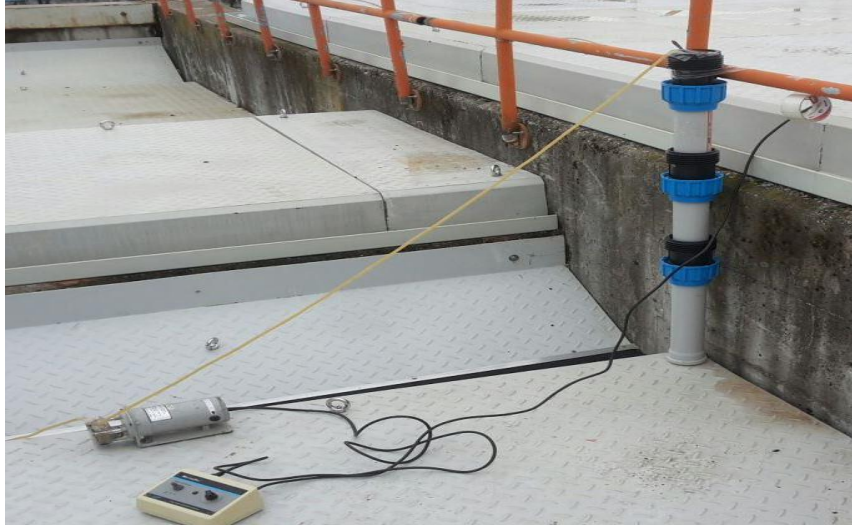


Şekil 3.2. Karaman atıksu arıtma tesisi genel görünümü

3.2. Numunelerin Alınması

3.2.1. Sıvı numunelerin alınması

Sıvı numuneler 100 mL/dk debi ile 2 saat boyunca elektrikli pompa kullanılarak alındı. Pompa olarak Masterflex marka peristaltik pompa kullanıldı. Filtreleme için filtrasyon düzeneği oluşturuldu. 3 adet 30 cm uzunluğunda ve 7,5 cm çapında pvc borular kullanıldı ve boruların arasına çelik filtreler yerleştirildi, en üstten alta doğru sırasıyla 5000 mikron, 1000 mikron, 500 mikron ve 50 mikronluk çelik filtreler konuldu. Su kaybı olmaması için boruların ek yerlerine bağlantı elemanları yerleştirildi. Filtrasyon düzeneği Şekil 3.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Filtrasyon düzeneği

Sıvı numuneler Karaman atık su arıtma tesisinin; giriş 1 numara ile gösterilen yer, kum tutucu 2 numara ile gösterilen yer ve çıkış 3 numara ile gösterilen yerlerden 100mL/dk debi ile ikişer saatlik kompozit numune alınıp filtrasyon düzeneği ile filtre edilmiştir. Örnekler arıtma tesisinin 3 ayrı kademesinden Haziran-Ekim ayları arasında ayda bir kez olmak üzere toplamda 5 ay alınmıştır.



Şekil 3.4. Numunelerin alındığı yerler



Şekil 3.5. 1 noktası giriş numunesinin alındığı yer

Giriş numunesi; 50 mm ızgara aralığı olan kaba ızgaradan sonra alınmıştır.



Şekil 3.6. 2 noktası kum tutucu numunesinin alındığı yer

Kum tutucu numunesi; 43 m uzunluğu 3,3 m genişliği ve 4,15 m derinliği olan havalandırmalı kum ve yağ tutucu havuzunun çıkışından alınmıştır.



Şekil 3.7. 3 noktası çıkış numunesinin alındığı yer

Çıkış numunesi ise arıtılmış suyun deşarj edildiği noktadan alınmıştır.

3.2.2. Çamur numunelerinin alınması

Sıvı çamur numunesi, yoğunlaştırma ünitesinden 1000 ml olarak alınmıştır.

3.3. Yöntem

Atıksularda bulunan organik maddeler, özellikle yağlar ve kolloidler mikroplastiklerin yüzeyine yapışıp kaplamasından dolayı mikroplastiklerin bulunması ve tanımlanmasında kullanılan FT-IR cihazında önemli ölçüde farklılıklar yaratırlar ve bundan dolayı ölçüm yapılmadan önce etkili bir önartım işlemi yapılması gerekmektedir, bu noktada Fenton prosesi hızlı, etkili ve organik madde miktarını önemli ölçüde azalttığından dolayı FT-IR analizinden önce kullanılabilir etkili bir yöntem olduğu birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Ou ve Zeng, 2018; Tagg ve ark., 2017; Hurley ve ark., 2018). Atıksu arıtımında kullanımı oldukça yaygın olan bu prosesin son yıllarda çamur arıtımı amacıyla kullanımı da gündeme gelmiştir (Filibelli ve Erden, 2010).

3.3.1. Fenton prosesi ve fenton prosesinde oluşan reaksiyonlar

Fenton metodu, 1894 yılında H.J.H. Fenton tarafından keşfedilmiş bir metottur. Fe^{2+} ve H_2O_2 arasındaki reaksiyonu açıklamıştır. Zincirleme reaksiyonlar sonucu hidroksil radikallerinin meydana geldiğini belirtmiştir. Oluşan 26 hidroksil radikalleri oldukça yüksek oksitleme gücüne sahiptirler. Hidrojen peroksit ferro iyonu sistemi "Fenton reaktifi" olarak bilinmektedir. Fenton oksidasyonu şu sırada gerçekleşmektedir.

1. Başlangıçta asidik koşullar sağlanır. Bunun için uygun pH aralığı 2-5 arasındadır.
2. Önce Fe^{2+} tuzları, sonra H_2O_2 ilave edilerek, hidroksil radikalleri oluşturulur. Oksidasyonla organik yüksek moleküllü maddeler daha düşük ağırlıktaki moleküllere dönüşür. Fe^{2+} bu esnada Fe^{3+} 'e yükseltgenir.

3. Reaksiyondan sonra, kireç veya sodyum hidroksit ile nötralizasyon yapılarak ortam pH'ı Fe^{3+} floklarının en uygun çökebilme aralığı olan pH 7-8'e getirilir.
4. Nötralizasyon sonrasında ortamdaki Fe^{3+} floklarının yeterince çökebilmesinin temin edildiği bir bekleme süresinin sonunda oluşan duru faz, çamurdan ayrılır (Şirin, 2010).

Fenton prosesi 2 prosese ayrılabilir ilk proses düşük pH değerinde (pH=3) başlangıç reaksiyonu; ikinci proses ise yüksek pH'da (pH=7-8) gerçekleşen koagülasyondur (Külünk, 2000).

3.3.1.1. Redoks reaksiyonları

Fenton oksidasyonu reaksiyonunun temeli yüksek oksitleme kapasitesine sahip OH^* radikallerinin oluşumudur. Fe^{2+} ve hidrojen peroksidin reaksiyonları asidik koşullarda daha karardır. Fenton oksidasyonu için en uygun değer olan pH 3-4 değeridir (Kang ve Hwang, 2000; Neyens ve Baeyens, 2003).

Organik maddelerin ve Fe^{2+} iyonlarının var olduğu bir su ortamına hidrojen peroksit verildiğinde reaksiyon 3.1.'deki kompleks reaksiyonlar meydana gelir. Fenton oksidasyonu, reaksiyon esnasında yüksek oksitleme kapasitesine sahip hidroksil radikallerinin oluşumunu destekleyen ve aşağıdaki denklemlerle ifade edilen kimyasal mekanizmalar içermektedir.



Ortamdaki Fe^{2+} hidroksil radikallerinin diğer bir reaksiyonuyla Fe^{3+} 'e yükseltgenir.



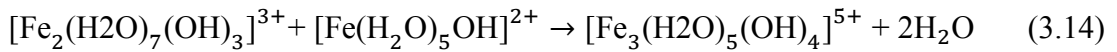
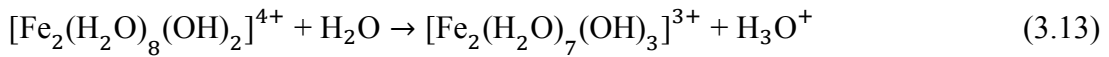
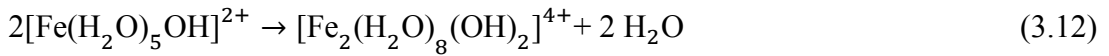
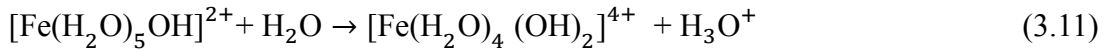
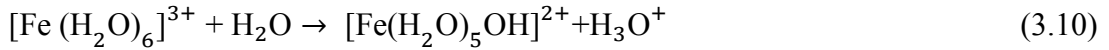
Fe^{3+} 'ün katalitik etkisiyle hidroksil ve hidroperoksil radikal oluşum mekanizmaları ile hidrojen peroksit bozunur.



(Yılmaz, 2008)

3.3.1.2. Koagülasyon reaksiyonları

Organik maddelerin parçalanarak ürünlere dönüşmesi renk giderimi açısından da avantaj sağlamaktadır. Demir iyonları suya verildiği zaman hidroksil iyonları ile ferrik hidroksi kompleksleri oluşturur ve aşağıdaki koagülasyon reaksiyonları meydana gelir.



(Duman, 2006)

3.3.2. Fenton prosesini etkileyen faktörler

Sıcaklık, pH, demir sülfat ve hidrojen peroksit miktarlarındaki değişiklikler Fenton prosesinin arıtma verimliliğini etkileyen parametrelerdir.

3.3.2.1. Sıcaklığın etkisi

Yüksek sıcaklıkta renk giderme düşük sıcaklıktakinden daha iyi gerçekleşmektedir. Sıcaklık hidrojen peroksitin dönüşüm süresinde etkilidir. Reaksiyonda sıcaklık arttıkça reaksiyon süresi azalır. Fenton uygulaması için optimum sıcaklık aralığı 20 – 40°C'dir (Öden, 2010).

3.3.2.2. pH etkisi

Fenton prosesinde kirleticilerin parçalanmasında işletme pH'ı etkin bir parametredir. Fenton prosesle yapılan çalışmalarda, çoğunlukla optimum pH olarak 3 bulunmuştur. pH>4 olması halinde Fe^{2+} komplekslerinin oluşumundan dolayı parçalanma hızı azalır (Gürtekin ve Şekerdağ, 2008).

3.3.2.3. Demir sülfat miktarının etkisi

Demir iyonu yokluğunda ortamda hidroksil radikalini üretecek temel faktör bulunmadığından Fenton reaksiyonuna dayalı etkin bir oksidasyon gerçekleşmemektedir. Demir sülfat dozunun artması veya azalması giderme veriminde etkilidir. Daha yüksek dozaj, daha iyi etki demektir. Demir sülfat dozunun artması, redoks reaksiyonunun tamamlanmasına ve koagülasyona sebep olur. Ortamdaki demir konsantrasyonu arttıkça reaksiyonun hızı artmaktadır. Ancak öyle bir konsantrasyona ulaşılır ki bundan sonra ilave edilen demir iyonu verimi artırıcı etkide bulunamaz (Tezcan, 2010). Reaksiyonun gerçekleşmesi için, gerekli demir konsantrasyonu Fe/H_2O_2 oranı şeklinde de ifade edilmektedir. Bu amaçla kullanılan genel aralık değerleri: 1/5 - 1/25 (ağırlık/ağırlık) şeklindedir (Bishop, 1968).

3.3.2.4. Hidrojen peroksit konsantrasyonu

Kirlilik yükü fazla olan atık sularda başlangıçta demir ve H_2O_2 miktarının fazla tutulması reaksiyonların performansını olumlu etkilemektedir. H_2O_2 yüksek miktarda kullanıldığı zaman renk giderim verimi de yüksek olmaktadır. Fakat bu durumun etkisi belli bir yere kadar olumluyken bir noktadan sonra fazla hidrojen peroksit OH radikalleriyle reaksiyona girer ve oksidasyon veriminin düşmesine sebep olur (Bouasla ve ark., 2010).

3.3.3. Mikroplastik ekstraksiyonu ve mikroplastik incelemesi

3.3.3.1. Sıvı numuneler

Petri kapları ile laboratuvara getirilen çelik filtreler 500 ml beher içerisinde; üzerine 10 ml H_2O_2 dökülerek ters yıkama yapıldı ve daha sonra 100 ml olana kadar saf su eklenerek hot plate'de karıştırma işlemi yapıldı.

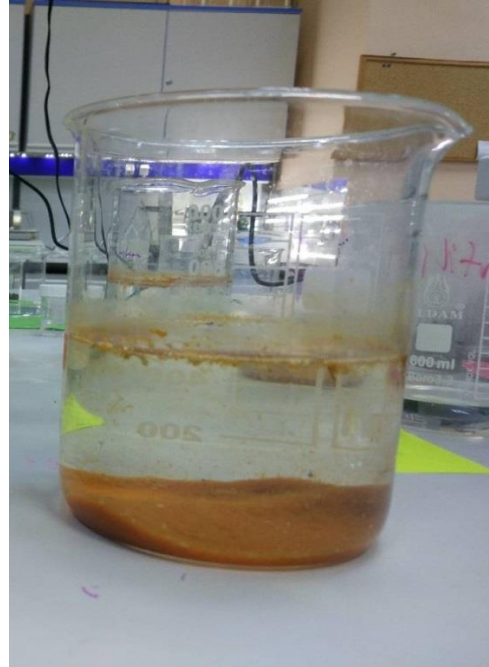
Yıkama işleminden sonra yıkama suyu 300 ml olana kadar saf su eklendi ve fenton oksidasyonu yapıldı. Fenton oksidasyonu, daha önce literatürde yapılmış olan çalışmalar incelenerek aşağıdaki sıralamada yapılmıştır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan demir konsantrasyonu Fe/H_2O_2 oranı 1/5 - 1/25 (ağırlık/ağırlık) baz alınarak yapılmıştır. Demir oranı fazlalığı filtre kağıdı üzerinde kalıntı bırakmaktadır ve bu da hem mikroskop incelemesini hem de FT-IR incelemesini zorlaştırmaktadır ayrıca H_2O_2 yüksekliği renk giderim verimini artırdığından dolayı Fe/H_2O_2 oranı 1/15 – 1/25 aralığında tutulmuştur.

1. HCl asit kullanılarak pH 3 civarına ayarlandı.
2. 0,5 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ eklendi daha sonra 8 mL H_2O_2 (%35) eklendi.
3. Reaksiyonun tamamlanması için yeterli süre beklenildi.
4. Nötralize etmek için NaOH eklenerek Ph 7-8 aralığına getirildi.
5. Numune santrifüj tüplerine doldurularak 3000 rpm'de 5 dak. santrifüj yapıldı.
6. Santrifüj yapılan numuneler 50 mikronluk plankton net filtre kağıdı ile filtrasyon yapıldı.

3.3.3.2. Çamur numuneler

Sıvı çamur numunelerinin aktifliğini gidermek için belli miktar H_2O_2 eklemesi yapıldı iyice karıştırılıp yeterli süre beklendikten sonra numuneler 24 saat $40^\circ C$ 'de etüvde bekletildi. Daha sonra aşağıdaki işlemler yapıldı.

1. 100 ml sıvı çamur saf su ile 1000 ml tamamlandı.
2. HCl asit ile pH 3 civarına getirildi.
3. İlk olarak 3 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ daha sonra 30 ml H_2O_2 (%35) eklendi.
4. Reaksiyon tamamlanması için yeterli süre beklenildi.
5. Nötralizasyon için NaOH eklenerek pH 7-8 aralığına getirildi.
6. Reaksiyonun sonlanması için beklendikten sonra 8 gram $ZnCl_2$ eklendi.
7. Numune bir gece laboratuvar ortamında bekletildi ve 50 mikronluk plankton net filtre kağıdı kullanılarak filtrasyon yapıldı.



Şekil 3.8. Fenton oksidasyonu ile organik madde giderimi yapılmış numune

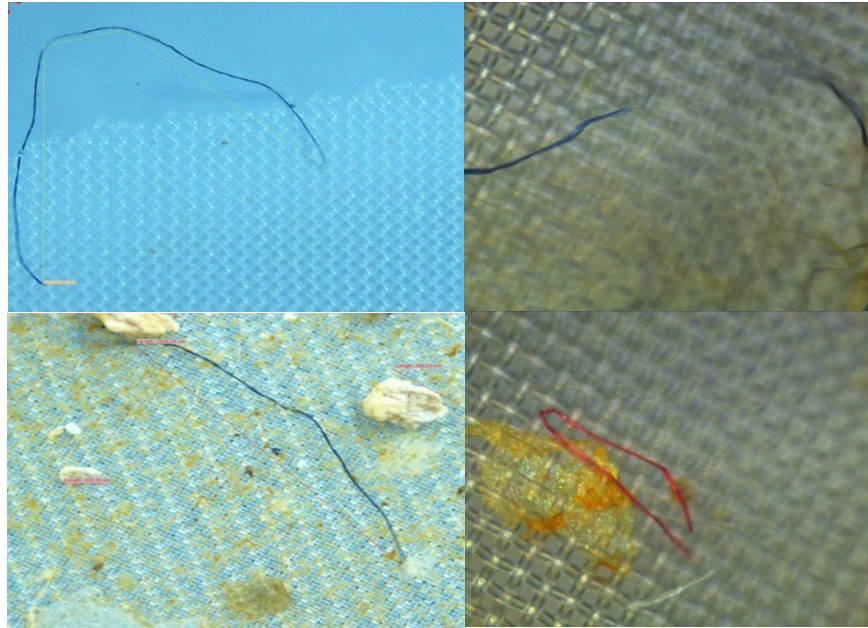
3.4. Kullanılan Araç-Gereçler

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar, Bruker Lumos model ATR-FT-IR, Olympus BX51 model ışık mikroskobu, Olympus DP-20 kamera, Sartorius marka filtrasyon düzeneği, Memmert model etüv, Thermo Scientific model otomatik pipet, ES 225 SM-DR model hassas terazi, Mettler Toledo S210-U masa tipi pH metre, 5000-1000-500-50 µm gözenek çapında çelik filtreler, 50 µm gözenek çapında hydrobios marka planktonnet filtre kağıdı, Millipore Direct-Q5 saf su cihazı, Masterflex marka peristaltik pompa.

3.5. Analizler

3.5.1. Mikroskop analizi

50 µm gözenek aralığına sahip planktonnet filtre kağıdı üzerindeki mikroplastikler Olympus BX51 ışık mikroskobunda 4x büyütme ile incelenmiştir ve renklerine, şekillerine, boyutlarına göre kategorize edilerek sayılmıştır. Numunelere ait birkaç mikroskop görüntüsü aşağıda gösterilmiştir.



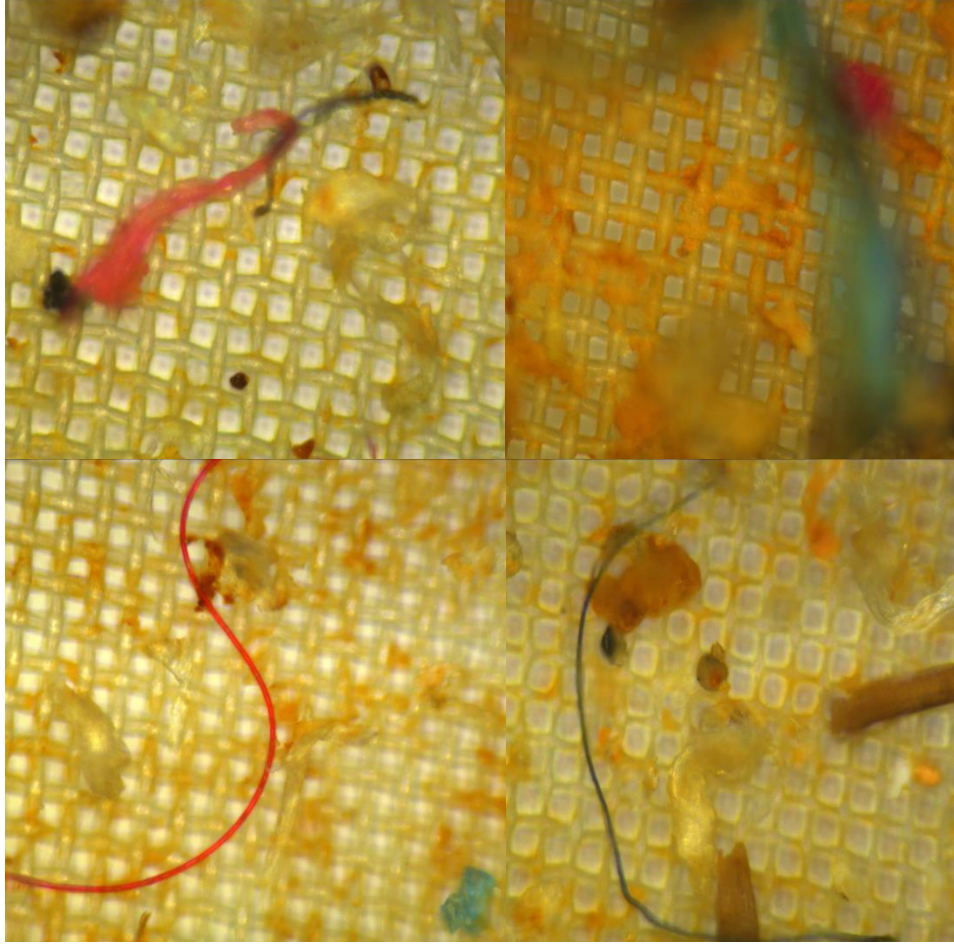
Şekil 3.9. Atıksu numularında bulunan lif şeklinde mikroplastikler



Şekil 3.10. Atıksu numulerinde bulunan film şeklinde mikroplastikler



Şekil 3.11. Çamur numunelerinde bulunan mikroplastikler



Şekil 3.11. Çamur numunelerinde bulunan mikroplastikler (devamı)

3.5.2. ATR-FT-IR analizi

Mikroskop incelemelerinde bulunan mikroplastiklerin polimer türünü anlayabilmek amacıyla ATR-FT-IR (Fourier Dönüştümlü Infrared Spektrofotometre) ile kimyasal yapı incelemesi yapılmıştır. İncelemelerde ATR-FT-IR Spektrofotometre Bruker cihazı kullanılmıştır FT-IR raporları ekler kısmında EK-1 olarak FT-IR analizi sonuçları EK-2 olarak paylaşılmıştır.

BÖLÜM 4. BULGULAR

Haziran 2017 ve Ekim 2017 tarihleri arasında Karaman Atıksu Arıtma Tesisinde mikroplastik kirliliğinin belirlenmesi için yapılan araştırma bulguları tablolar halinde sunulmuştur.

4.1. Mikroskop Sonuçları

Filtrasyon yapılan numuneler 4x yakınlaştırma ile ışık mikroskopunda incelenmiştir.

4.1.1. Sıvı numuneler

Boyutlarına göre mikroplastikler <50µm, 50-330µm, 330-1000µm ve 1000-5000µm olarak sınıflandırıldı. Sonuçlar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 4.1. 7 Haziran 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırması

	<50 µm	50µm-330µm	330µm-1mm	1-5 mm	toplam
GİRİŞ	0	41	89	132	262
KUM TUTUCU	0	64	63	89	16
ÇIKIŞ	0	17	23	30	70

Tablo 4.2. 11 Temmuz 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırması

	<50 µm	50µm-330µm	330µm-1mm	1-5 mm	toplam
GİRİŞ	7	59	99	74	239
KUM TUTUCU	6	69	64	18	170
ÇIKIŞ	2	27	31	34	94

Tablo 4.3. 7 Ağustos 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırması

	<50 µm	50µm-330µm	330µm-1mm	1-5 mm	toplam
GİRİŞ	0	38	60	192	290
KUM TUTUCU	5	33	30	73	141
ÇIKIŞ	0	11	40	16	67

Tablo 4.4. 25 Eylül 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırması

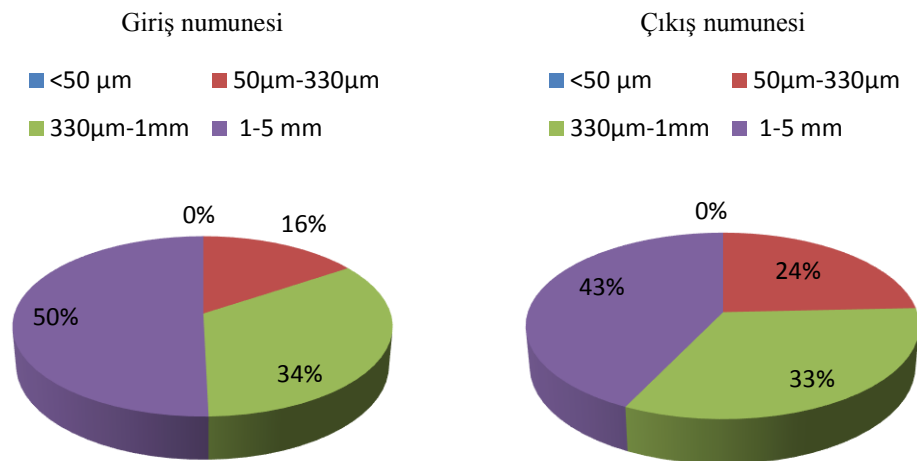
	<50 μm	50 μm -330 μm	330 μm -1mm	1-5 mm	toplam
GİRİŞ	0	40	232	107	379
KUM TUTUCU	25	116	92	71	304
ÇIKIŞ	0	16	61	30	107

Tablo 4.5. 24 Ekim 2017 tarihli su numunesi mikroplastik boyut sınıflandırması

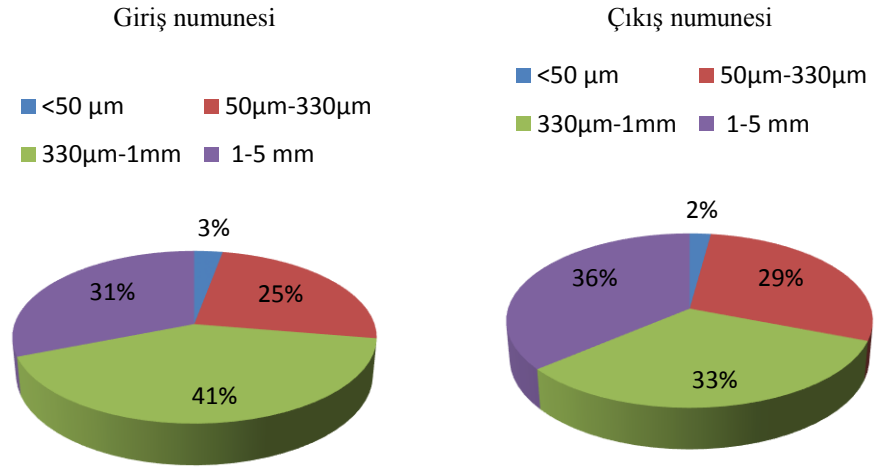
	<50 μm	50 μm -330 μm	330 μm -1mm	1-5 mm	toplam
GİRİŞ	0	56	105	174	335
KUM TUTUCU	12	67	108	120	307
ÇIKIŞ	0	33	46	36	115

Giriş ve çıkış numuneleri mikroskop sonuçları incelendiğinde mikroplastiklerin %70'inden fazlası 330 μm 'den daha büyük oldukları görülmektedir.

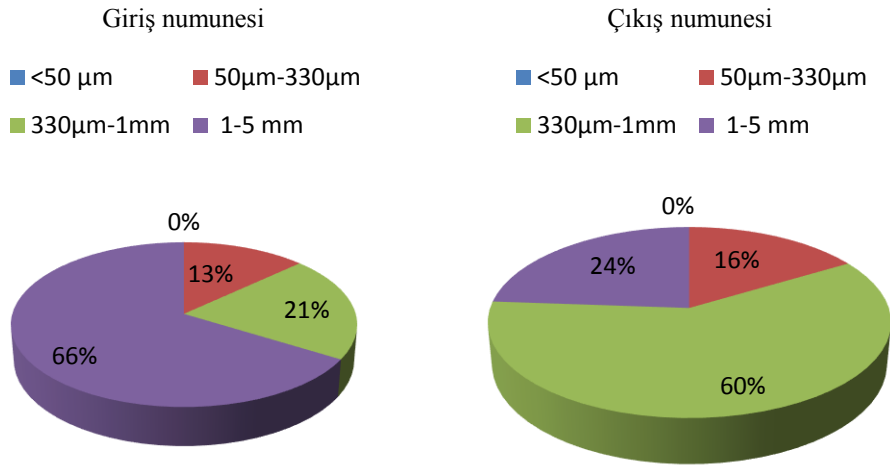
Arıtma tesisine gelen atıksuda ve tesisten deşarj edilen arıtma suyunda bulunan mikroplastiklerin boyutlarının yüzdelik dilimleri aşğıdaki şekillerde gösterilmiştir.



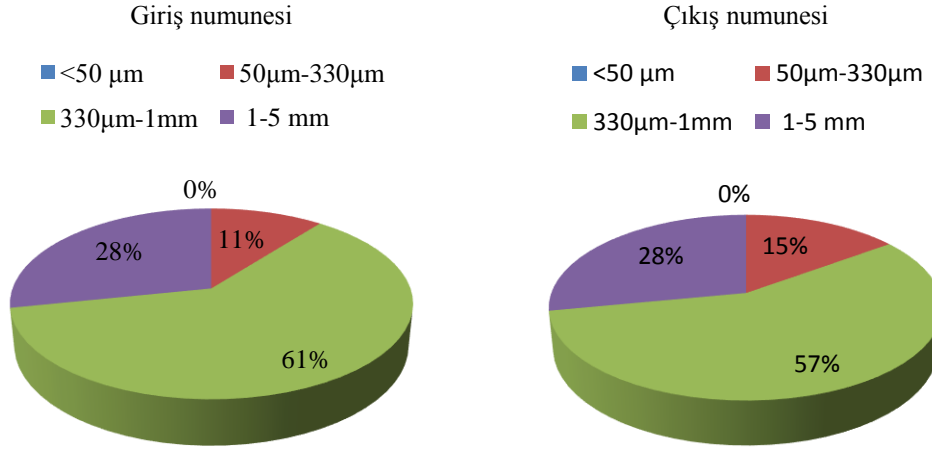
Şekil 4.1. 7 Haziran 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdelik dilimleri



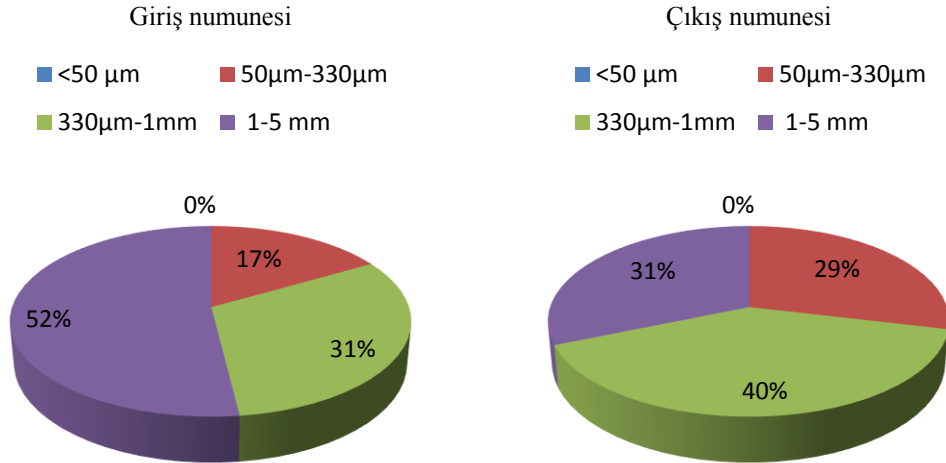
Şekil 4.2. 11 Temmuz 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdelerinin dağılımı



Şekil 4.3. 7 Ağustos 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdelerinin dağılımı



Şekil 4.4. 25 Eylül 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdelerine ilişkin dilimleri



Şekil 4.5. 24 Ekim 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi boyutlarına göre mikroplastik yüzdelerine ilişkin dilimleri

Bu çalışmada 50 mikron altındaki mikroplastikler ve nanoplastikler incelenememiştir. Bu sebeple grafiklerdeki 50 mikron altı mikroplastikler gösterilenden daha fazla olması mümkündür

Şekillerine göre mikroplastikler lif, parçacık ve film olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 4.6. 7 Haziran 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması

	lif	parçacık	film	toplam
GİRİŞ	67	8	187	262
KUM TUTUCU	65	26	125	216
ÇIKIŞ	37	9	4	70

Tablo 4.7. 11 Temmuz 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması

	lif	parçacık	film	toplam
GİRİŞ	161	48	30	239
KUM TUTUCU	110	37	23	170
ÇIKIŞ	78	8	8	94

Tablo 4.8. 7 Ağustos 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması

	lif	parçacık	film	toplam
GİRİŞ	68	26	196	290
KUM TUTUCU	30	24	87	141
ÇIKIŞ	14	0	53	67

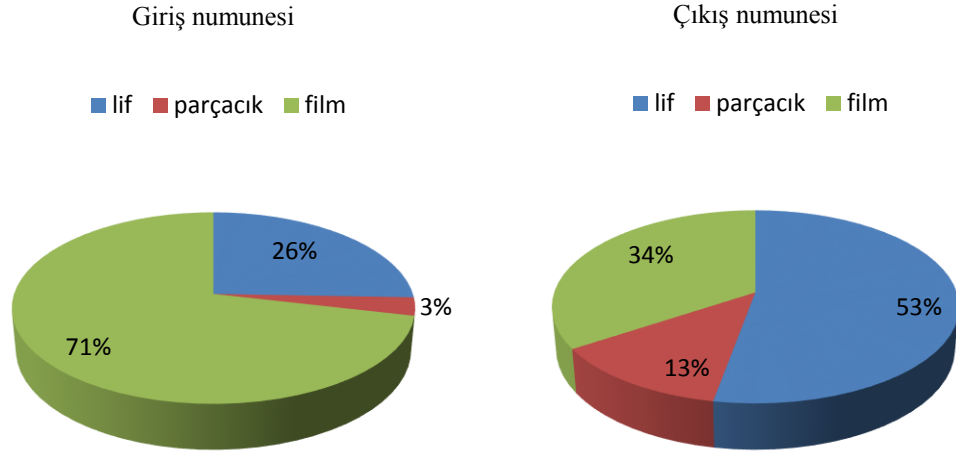
Tablo 4.9. 25 Eylül 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması

	lif	parçacık	film	toplam
GİRİŞ	170	5	204	379
KUM TUTUCU	115	3	186	304
ÇIKIŞ	81	2	24	107

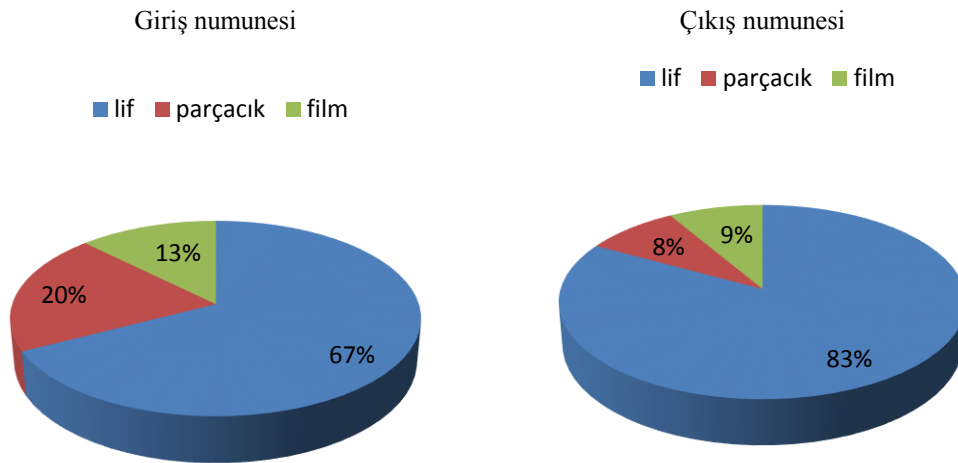
Tablo 4.10. 24 Ekim 2017 tarihli su numunesi mikroplastik şekil sınıflandırması

	lif	parçacık	film	toplam
GİRİŞ	38	7	290	335
KUM TUTUCU	74	54	179	307
ÇIKIŞ	67	12	37	116

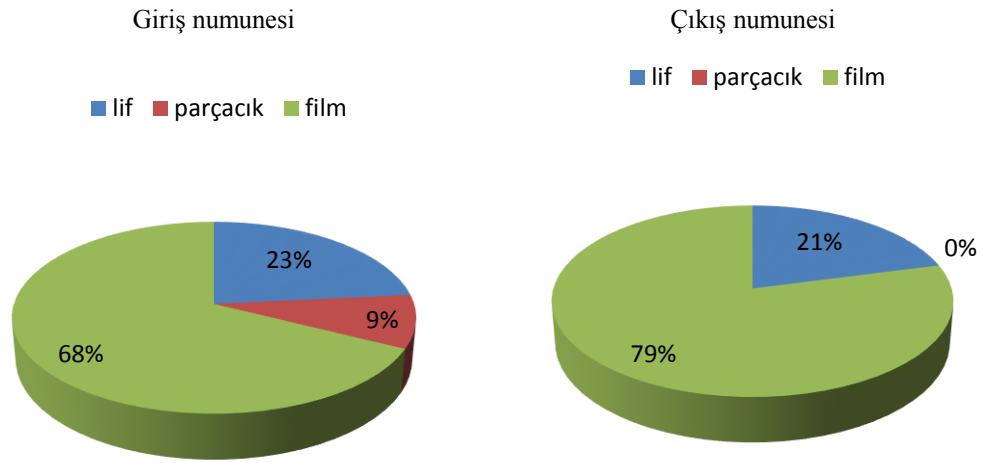
Arıtma tesisine gelen atıksuda ve tesisten deşarj edilen arıtma suyunda bulunan mikroplastiklerin, şekillerinin yüzdelik dilimleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir



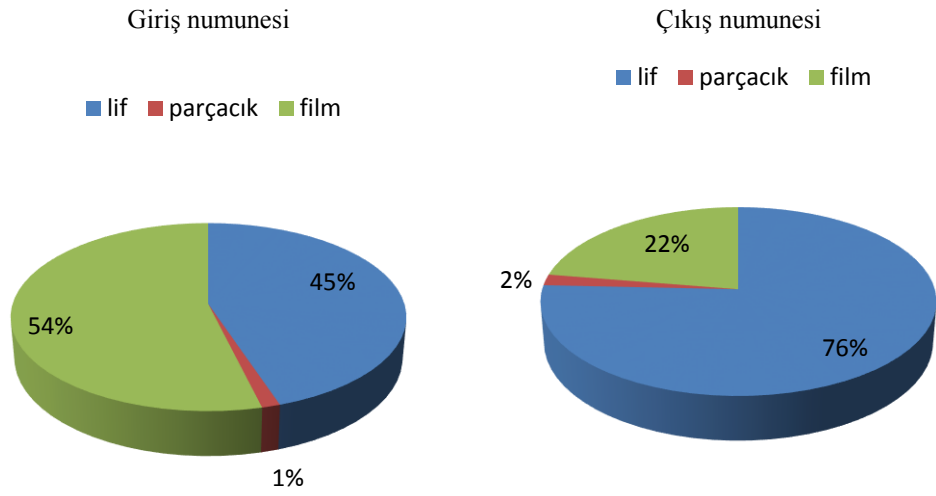
Şekil 4.6. 7 Haziran 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdelik durumları



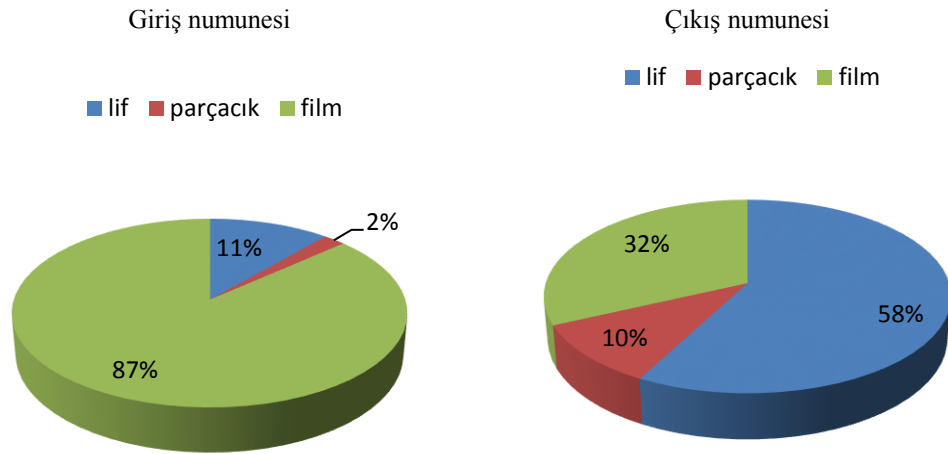
Şekil 4.7. 11 Temmuz 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdelik dilimleri



Şekil 4.8. 7 Ağustos 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler



Şekil 4.9. 24 Eylül 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeler



Şekil 4.10. 25 Ekim 2017 tarihli giriş-çıkış numunesi şekillerine göre mikroplastik yüzdeleri

Grafikler incelendiğinde, giriş numunelerinde lif şeklinde mikroplastik yüzdesi aylara göre sırasıyla; %26, %67, %23, %45, %11; film şeklinde mikroplastik yüzdesi %71, %13, %68, %54, %87; parçacık şeklinde mikroplastik yüzdesi %3, %20, %0, %9, %1, %2 olarak bulunmuştur. Evlerden arıtma tesislerine gelen atıksularda bulunan mikroplastiklerin büyük çoğunluğunu film ve lif şeklinde mikroplastikler oluşturmaktadır.

Çıkış numunelerindeki mikroplastik şekilleri incelendiğinde ise; lif şeklinde mikroplastik yüzdesi aylara göre sırasıyla; %53, %83, %21, %76, %58; film şeklinde mikroplastik yüzdesi %34, %9, %79, %22, %32; parçacık şeklinde mikroplastik yüzdesi %13, %8, %0, %2, %10 olarak bulunmuştur. Bütün aylar incelendiğinde deşarj edilen suda bulunan mikroplastiklerin %50'den fazlasının (Ağustos ayı hariç) lif şeklinde mikroplastik olduğu görülmüştür. Ayrıca giriş numunelerinin büyük bir yüzdesini oluşturan film şeklinde mikroplastik, çıkış numunelerinde daha az miktarda bulunmaktadır.

Arıtma tesisinin aylara göre mikroplastik giderim verimi, birincil arıtım ünitesinin verimi, ikincil arıtım ünitesinin verimi ve toplam arıtım verimi aşağıdaki tablo ve şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 4.11. Arıtma tesisi ünitelerinin, haziran-temmuz ayı mikroplastik arıtma verimi

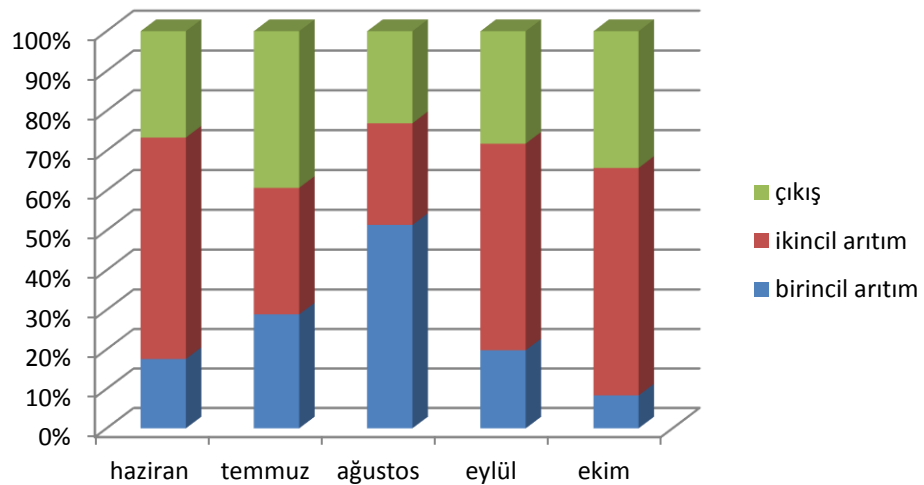
Haziran	MP miktarı	Arıtma verimi	Temmuz	MP miktarı	Arıtma verimi
Giriş	262		239		
Kum tutucu	216	%17,557	170		%28,87
Çıkış	70	%67,25	94		%58,823
Toplam arıtım	-----	%73,282	-----		%60,669

Tablo 4.12. Arıtma tesisi ünitelerinin, ağustos-eylül ayı mikroplastik arıtma verimi

Ağustos	MP miktarı	Arıtma verimi	Eylül	MP miktarı	Arıtma verimi
Giriş	290		379		
Kum tutucu	141	%51,379	304		%18,997
Çıkış	67	%52,482	107		%64,80
Toplam arıtım	-----	%76,8965	-----		%71,76

Tablo 4.13. Arıtma tesisi ünitelerinin, ekim ayı mikroplastik arıtma verimi

Ekim	MP miktarı	Arıtma verimi
Giriş	335	
Kum tutucu	307	%8,3582
Çıkış	115	%62,54
Toplam arıtım	-----	%65,6716



Şekil 4.11. Birincil ve ikincil arıtımın mikroplastik giderim verimleri

4.1.2. Arıtma çamuru numunelerinin sonuçları

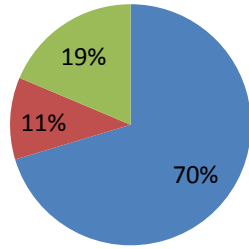
100 mL sıvı çamur numuneleri ile yapılan deney sonuçları ve mikroskop inceleme sonucu Tablo 4.14.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.14. Çamur numunleri mikroplastik sonuçları

	lif	parçacık	film	toplam
07.06.2017 tarihli çamur numunesi	83	13	22	118
07.08.2017 tarihli çamur numunesi	46	5	6	57

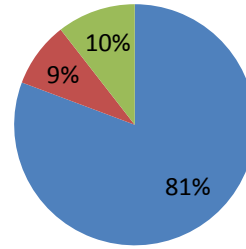
07.06.2017 tarihli çamur numunesi

■ lif ■ parçacık ■ film



07.08.2017 tarihli çamur numunesi

■ lif ■ parçacık ■ film



Şekil 4.12. Çamur numuneleri şekillerine göre mikroplastik yüzdelik dilimleri

Sıvı çamur numuneleri grafikleri incelendiğinde; çamur numunelerinde bulunan mikroplastiklerin %70'den fazlası lif şeklindeki mikroplastiklerdir. Giriş numunelerinde bulunan mikroplastiklerin büyük çoğunluğunu oluşturan film türü mikroplastiklerin, çıkış numunesinde ve çamur numunelerinde yüzdesel olarak çok daha az bulunduğu görülmektedir.

4.2. FT-IR Analizi Sonuçları

FT-IR raporu sonuçları incelendiğinde giriş ve çıkış numunelerinde çoğunlukla polyamid 66 polimer türü görülmektedir. Polyamid 66 veya naylon 66 üstün dayanıklılık ve mukavemetinden dolayı birçok uygulamada yaygın olarak

kullanılmaktadır ve mühendislik polimerleri içerisinde en geniş kullanılan polimer türüdür. Atıksu numunelerine ve arıtma çamuru numunelerine ait bazı ATR-FT-IR raporları ve ATR-FT-IR sonuçları ekler bölümünde paylaşılmıştır.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma, arıtma tesislerinde arıtılmış sularda ve arıtma çamurlarında bulunan mikroplastik miktarını belirlemek için yapılmıştır. Günümüzde arıtılmış sular direkt su kaynaklarına deşarj edilmekte veya zirai faaliyetlerde sulama amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca arıtma çamurlarının, tarım topraklarına uygulanması da söz konusudur. Bu sebeple bu tür faydalı kullanım amacıyla kullanılabilen su veya arıtma çamurlarının içeriğindeki mikroplastik kirliliğine dikkat çekmek iyi olacaktır.

Mikroplastik kirliliği problemi giderek büyüyen bir problem olduğundan dolayı dünyanın çoğu ülkelerinde bilim insanları ve araştırmacılar bu soruna çözüm aramaktadır. Örneğin; mikroplastik arıtımı için yenilikçi çözümler ('Su 3.0' projesi) getirmeye çalışan bir grup bilim insanı, plastik kirliliğine çözüm aramaktadır. Almanya'daki Koblenz-Landau Üniversitesinde yapılan bir projede, araştırmacılar geliştirdikleri hibrit silika jel parçalarıyla sudaki mikroplastik parçacıklarını toplayarak büyük parçalar halinde suyun üzerine çıkarıp biriktirdiğini kanıtlamışlardır (Herbort ve ark., 2018). Bir başka gelişme ise, bir mantar türü olan *Aspergillus tubingensis* mantarının plastik kirliliğine çözüm olabileceği söylenmektedir. Bilim insanlarının yayınladığı rapora göre, mantar doğada çözünmesi yüzyıllar alan plastiği birkaç hafta içerisinde çözüyor (Khan ve ark., 2017). Bu ve benzeri çalışmalar mikroplastik kirliliğini önlemek için umut verici gibi görünse de, global ölçekteki aşırı plastik tüketiminin önüne geçilmediği sürece çözümden uzaktır.

Ülkemizde ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalar incelendiğinde evlerden arıtma tesislerine aşırı miktarda mikroplastik gelmektedir ve klasik arıtma tesisleri bu mikro kirleticileri arıtmak için dizayn edilmediğinden dolayı yüksek bir arıtım verimi elde edilememektedir. Ultrafiltrasyon ünitesi bulunan arıtma tesislerinin mikroplastik

arıtım verimi her ne kadar klasik aktif çamur sistemlerine oranla yüksek olsa da; tesislerin deşarj ettikleri su miktarı hesaba katıldığında çok yüksek miktarda mikroplastik su ortamına girmektedir veya arıtma çamurları ile tarım alanlarına girmektedir. Örneğin %99 arıtım verimi olan tesislerde bile günde milyonlarca mikroplastik alıcı ortama deşarj edilmektedir.

Arıtma tesislerinden deşarj edilen mikroplastik miktarını azaltmak için filtrasyon sistemi olmayan tesislerde filtrasyon sistemleri kurulmalı ve mevcut su arıtma teknolojilerini optimize ederek mikroplastiklerin su ortamına ulaşması engellenmelidir. Tesislerin mikroplastik arıtma verimini az da olsa artıracak önlemlerin alınması mikroplastik deşarjını çok büyük oranda azaltmaktadır. Örneğin, çalışma yaptığımız tesisi inceleyecek olursak, ağustos ayı arıtım verimi %76,89 eylül ayı arıtım verimi %71,76 arıtım verimleri arasında büyük bir fark olmamasına rağmen ağustos ayında deşarj edilen mikroplastik sayısı 170.850 milyon, eylül ayında deşarj edilen mikroplastik sayısı 272.850 milyon. Mikroplastik arıtım veriminin %7,14 oranında artması deşarj edilen mikroplastik sayısında %37,38'lik bir düşüş sağlamaktadır.

Arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanımı dünyada yaygın olarak yapılmaktadır. Bu da çok büyük miktardaki mikroplastığın toprağa girmesi veya rüzgar ve yağış ile taşınması anlamına gelmektedir. Bu gibi risklerinden dolayı arıtma çamurlarının tarımda kullanımında tıpkı çamurun içerdiği ağır metal veya patojen miktarına sınır değerler konulduğu gibi (Tablo 5.1.) mikroplastik miktarı içinde sınır değerler konulmalıdır.

Tablo 5.1. Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği).

Ağır Metal	Sınır Değerler (mg/kg fırın kuru materyal)
Kurşun	1200
Kadmiyum	40
Krom	1200
Bakır	1750
Nikel	400
Çinko	4000
Cıva	25
Mikroplastik	Herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır.

Ülkemizde plastik geri dönüşüm oranı %30'dur, bu oranı yükseltmek için kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları ortak çalışmalar yapmalıdır. Halka, bilgilendirici eğitimler verilmeli plastiklerin doğaya verdiği zararlar sivil toplum kuruluşları ve kamu kurumları aracılığıyla anlatılmalıdır. PET şişelerin geri dönüşümü için makinalar konulmalı ve halka PET şişe karşılığı cüzi bir ücret vererek geri dönüşüm teşvik edilmelidir. Bu tip uygulamaların yaygınlaşmasıyla önemli miktarda atık azaltımı olmaktadır. Örneğin; ülkemiz de plastik poşetlerin ücretli olmasıyla birlikte poşet kullanımını %70 oranında azalmıştır. Kişi başı yıllık poşet kullanım sayısı 440 civarıyken şuan ortalama 130-140 poşete kadar azalmıştır.

Diğer bütün kirleticiler gibi mikroplastik kirliliğini de azaltmanın en etkili yolu kirleticinin kaynağında azaltılmasıdır yani mikroplastiklerin kullanımının azaltılmasıdır. Bunun içinde bilinçli bir birey olarak; plastik ve türevlerinden yapılmış veya plastik içeren kişisel bakım ürünleri gibi her türlü maddenin kullanım ve tüketimden kaçınarak atık oluşumunu azaltmaktır.

KAYNAKLAR

- Akarsu, C., Kıdeyş, A. E., & Kumbur, H. Evsel atıksu arıtma tesislerinin sucul ekosisteme mikroplastik tehditi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74(Supp: Su Kongresi), 73-78.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008.
- Aslan, R. (2018). Mikroplastikler: Hayatı kuşatan yeni tehlike. *Ayrıntı Dergisi*, 6(66).
- Bishop, D. F., Stern, G., Fleischman, M., & Marshall, L. S. (1968). Hydrogen peroxide catalytic oxidation of refractory organics in municipal waste waters. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, 7(1), 110-117.
- Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, 612, 422-435.
- Bouasla, C., Samar, M. E. H., & Ismail, F. (2010). Degradation of methyl violet 6B dye by the Fenton process. *Desalination*, 254(1-3), 35-41.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental science & technology*, 45(21), 9175-9179.
- Carpenter, E. J., & Smith, K. L. (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175(4027), 1240-1241.
- Cheung, P. K., & Fok, L. (2016). Evidence of microbeads from personal care product contaminating the sea. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 582-585.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- Colton, J. B., Knapp, F. D., & Burns, B. R. (1974). Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. *Science*, 185(4150), 491-497.

- Dehghani, S., Moore, F., & Akhbarizadeh, R. (2017). Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 20360-20371.
- Duman, E. (2006). İlaç Endüstrisi Atıksularının Fenton Oksidasyonu İle Arıtılabilirliğinin Araştırılması. Yük. Lis. Tezi, Hacettepe Üniversitesi Çevre Müh. ABD, Ankara.
- Duncan, E. M., Broderick, A. C., Fuller, W. J., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., ... & Santillo, D. (2019). Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. *Global change biology*, 25(2), 744-752.
- Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., ... & Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine pollution bulletin*, 77(1-2), 177-182.
- Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Marine pollution bulletin*, 58(8), 1225-1228.
- Filibelli, A., & Erden Kaynak, G. (2010). Arıtma çamuru miktarının azaltılması ve özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla yapılan ön işlemler. *İTÜDERGİSİ/e*, 16(1-3).
- Gatidou, G., Arvaniti, O. S., & Stasinakis, A. S. (2019). Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. *Journal of hazardous materials*, 367, 504-512.
- Gies, E. A., LeNoble, J. L., Noël, M., Etemadifar, A., Bishay, F., Hall, E. R., & Ross, P. S. (2018). Retention of microplastics in a major secondary wastewater treatment plant in Vancouver, Canada. *Marine pollution bulletin*, 133, 553-561.
- Gürtekin, E., & Şekerdağ, N. (2008). Bir ileri oksidasyon prosesi: Fenton Prosesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(3), 229-236.
- Herbort, A. F., Sturm, M. T., Fiedler, S., Abkai, G., & Schuhen, K. (2018). Alkoxy-silyl Induced Agglomeration: A New Approach for the Sustainable Removal of Microplastic from Aquatic Systems. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(11), 4258-4270.
- Hurley, R. R., Lusher, A. L., Olsen, M., & Nizzetto, L. (2018). Validation of a method for extracting microplastics from complex, Organic-Rich, Environmental Matrices. *Environmental science & technology*, 52(13), 7409-7417.
- Kang, Y. W., & Hwang, K. Y. (2000). Effects of reaction conditions on the oxidation efficiency in the Fenton process. *Water research*, 34(10), 2786-2790.
- Kershaw, P. J., & Rochman, C. M. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. *Reports and studies-*

IMO/FAO/Unesco-IOC/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) eng no. 93.

- Khan, S., Nadir, S., Shah, Z. U., Shah, A. A., Karunarathna, S. C., Xu, J., ... & Hasan, F. (2017). Biodegradation of polyester polyurethane by *Aspergillus tubingensis*. *Environmental Pollution*, 225, 469-480.
- Kilponen, J. (2016). Microplastics and harmful substances in urban runoffs and landfill leachates: possible emission sources to marine environment.
- Kokalj, A. J., Horvat, P., Skalar, T., & Kržan, A. (2018). Plastic bag and facial cleanser derived microplastic do not affect feeding behaviour and energy reserves of terrestrial isopods. *Science of the Total Environment*, 615, 761-766.
- Külünk, A. (2000). Tekstil endüstrisinde asit boyarmaddelerden kaynaklanan rengin Fenton prosesi ile giderilmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Laist, D. W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 18(6), 319-326.
- Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Jensen, P. R., Nielsen, T. G., & Brinch, A. (2015). Microplastics: occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark.
- Liu, X., Yuan, W., Di, M., Li, Z., & Wang, J. (2019). Transfer and fate of microplastics during the conventional activated sludge process in one wastewater treatment plant of China. *Chemical Engineering Journal*, 362, 176-182.
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. (2015). Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific reports*, 5, 17988.
- Michielssen, M. R., Michielssen, E. R., Ni, J., & Duhaime, M. B. (2016). Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends on unit processes employed. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2(6), 1064-1073.
- Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G., Primpke, S., & Gerdt, G. (2017). Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water research*, 108, 365-372.
- Miranda, D. D. A., & de Carvalho-Souza, G. F. (2016). Are we eating plastic-ingesting fish?. *Marine pollution bulletin*, 103(1-2), 109-114.
- Morris, R. J. (1974). Polystyrene spherules in the Bristol Channel. *Mar. Pollut. Bull.*, 5, 26-27.
- Morris, R. J. (1980). Plastic debris in the surface waters of the South Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 11(6), 164-166.

- Murphy, F., Ewins, C., Carbonnier, F., & Quinn, B. (2016). Wastewater treatment works (WwTW) as a source of microplastics in the aquatic environment. *Environmental science & technology*, 50(11), 5800-5808.
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine pollution bulletin*, 112(1-2), 39-45.
- Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 178-185.
- Neyens, E. and Baeyens, J. 2003. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials*. B98 33-50.
- Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin?.of Existing Information and Identification of Data Gaps. EPA-909-R-11-006. San Francisco:
- Ou, H., & Zeng, E. Y. (2018). Occurrence and Fate of Microplastics in Wastewater Treatment Plants. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (pp. 317-338).
- Öden, M. K. (2010). Sentetik tekstil atıksularında boyar maddelerin fenton prosesi ile arıtımı (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Rios, L. M., Moore, C., & Jones, P. R. (2007). Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin*, 54(8), 1230-1237.
- Rodrigues, M. O., Gonçalves, A. M. M., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Abrantes, N. (2018). Effectiveness of a methodology of microplastics isolation for environmental monitoring in freshwater systems. *Ecological indicators*, 89, 488-495.
- Simon, M., van Alst, N., & Vollertsen, J. (2018). Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging. *Water research*, 142, 1-9.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J., & Shim, W. J. (2015). A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples. *Marine Pollution Bulletin*, 93(1-2), 202-209.
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., ... & Schaumann, G. E. (2016). Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation?. *Science of the Total Environment*, 550, 690-705.

- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M. C., & Ni, B. J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water research*.
- Şahin, F. B. E., Karacan, F., & Aytan, Ü. (2018). GÜNEYDOĞU KARADENİZ RİZE SARAYKÖY PLAJINDA PLASTİK KİRLİLİĞİ. *Aquatic Research*, 1(3), 127-135.
- Şirin, N. (2010). Kok fabrikası atık sularının ileri oksidasyon yöntemleri ile arıtılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Tagg, A. S., Harrison, J. P., Ju-Nam, Y., Sapp, M., Bradley, E. L., Sinclair, C. J., & Ojeda, J. J. (2017). Fenton's reagent for the rapid and efficient isolation of microplastics from wastewater. *Chemical Communications*, 53(2), 372-375.
- Talvitie, J., Heinonen, M., Pääkkönen, J. P., Vahtera, E., Mikola, A., Setälä, O., & Vahala, R. (2015). Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea. *Water Science and Technology*, 72(9), 1495-1504.
- 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 Research*, 123, 401-407.
- Talvitie, J., Mikola, A., Setälä, O., Heinonen, M., & Koistinen, A. (2017). How well is microlitter purified from wastewater?—A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water research*, 109, 164-172.
- Tezcan, H. (2010). Zeytinyağı atıksularının Fenton prosesi ile arıtılması (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, 304(5672), 838-838.
- Ugolini, A., Ungherese, G., Ciofini, M., Lapucci, A., & Camaiti, M. (2013). Microplastic debris in sandhoppers. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 129, 19-22.
- US EPA (2011). Marine Debris in the North Pacific. *Marine Debris in the North Pacific. A Summary*
- Uzun, P., & Bilgili, U. (2011). Arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 135-146.
- VERAL, E. S. Döngüsel Ekonomiye Geçiş Doğrultusunda Yeni Tedbirler ve AB Üye Ülkelerinin Stratejileri. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 463-488.
- www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm, Erişim Tarihi: 04.05.2019

www.nationalgeographic.com.tr/makale/haziran_2018/plastik/3951., Erişim Tarihi: 14.04.2019

Yılmaz, S. (2008). Metal kaplama endüstrisi atıksularının fenton oksidasyonu ile arıtımı (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Yurtsever, M. Mikroplastiklere genel bir bakış. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 17(50), 68-83.

Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of the total environment*, 642, 12-20.

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 research*, 112, 93-99.

EKLER

EK 1: Atıksu ve Çamur Numuneleri Üzerinde Yapılan ATR-FT-IR İncelemelerine Ait Bazı FT-IR Raporları

07.06.2017 tarihli haziran numunesi ft-ır raporu

	KÜTÜPHANE % İHTİMALLERİ	KORELASYON
Giriş numunesi	%54,2 CASTROL 291/100	Blend of Polypropylen and Ethylen Propylen (PP + EPDM)
	%81,1 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%47,3 PINA, NATURAL FIBER	Polyvinyl Chloride - Hard (PVC-Hard).2
	%60,3 BERKLEY POLYETHYLENE, OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%44,4 VEXAR PLASTIC NETTING, OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%63,3 PERSOFTAL PEK (DRIED)	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%77 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 6.12 (PA 6.12) bright.0
	%62,2 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 6.12 (PA 6.12) bright.0
	%55,7 BE, OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%56,3 CASTROL 291/100	Polyethylene Polypropylene Blend (EPR) TAFMER PO680.0
	%60 PERSOFTAL OE (DRIED)	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%92,4 FUCHS RENOLIN UNISYN 68	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%68,3 PREVENTOL D6	Ixef Polyarylamide (PARA).0
	%72 PREVENTOL D6	Ixef Polyarylamide (PARA).0
	%79,2 VEXAR PLASTIC NETTING, OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD).0

Kum tutucu numunesi	%99,2 OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD).
	%83,5 ULTRON, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%82,9 ULTRON, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%47,4 N4, NYLON FIBER	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%23,3 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%53,8 POLY[(ACRYLIC ACID):ETHYLENE], SURLYN	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%44,9 GELATIN FOAM	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%60 POLY[(ACRYLIC ACID):ETHYLENE], SURLYN	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%52,5 PENNZOIL ATF+3	Low Density Polyethylene (PE-LD).0
	%58,1 FLAX, NATURAL FIBER	Polyamide 6 (PA6) Ultramid.0
Çıkış numunesi	%79,8 BE, OLEFIN FIBER	Low Density Polyethylene (PE-LD)
	%54 PAMAM DENDRIMER, GENERATION 5	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%71,5 LUBRANOL	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%86,3 PREVENTOL D6	Silicate Sipernat
	%64 FRANKLIN HYDE GLUE	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%88,5 NYLON 6,6, 426A, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%72,7 DURVIL RAYON, RAYON FIBER	Polypropylene 20% talc (PP).5
	%82 NYLON 6,6, 426A, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%91,1 CELLULOSE SWABS	Polypropylene 40% talc (PP).6
	%73,4 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%58,8 PAMAM DENDRIMER, GENERATION 1	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%97 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%74,9 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%96,4 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%33,9 CELLULOSE BASED MATERIAL USED FOR FURNITURE VENEER	Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4
	%96 WONDER THREAD, NYLON FIBER	Polyamide 66 (PA 66).2
	%25 DASKONZ	Low Density Polyethylene

11.07.2017 tarihli Temmuz numunesi ft-ir raporu

	KÜTÜPHANE % İHTİMALLERİ	KORELASYON
Çıkış numunesi	%22 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%11 AFITAN 650	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%29 DIMETHYL SULFOXIDE	POLYVINYLIDENE FLUORİDE
	%24 WOOL+ COTTON+ACRYLIC+ NYLON	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%97 GOR, FLUOROCA RBON FIBER	POLYTETRAFLUROETHYLENE
	%65 GOR, FLUOROCA RBON FIBER	POLYTETRAFLUROETHYLENE
	%36 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%17 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%27 IRGAFOS 168	STYRENE-LİQ
	%45 WONDER THREAD, NYLON	DURETHAN POLYAMIDE 66
GİRİŞ	%32 GLASS WOOL	TALC-FILLER
	%29 BENTONE 38	TALC-FILLER
	%23 ATTAPULGITE	TALC-FILLER
	%62 PFR RAYON,RAYON FIBER	TALC-FILLER
	%53 PFR RAYON,RAYON FIBER	TALC-FILLER
	%48 RAYON FIBER	TALC-FILLER
	%35 CARBOXY METHYLCELLULOSE	POLYPROPYLENE
	%41 PFR RAYLON, RAYON FIBER	POLYPROPYLENE
	%37 C101 BLUE CRAYON	POLYPROPYLENE
	%49 RAYON FIBER	POLYAMIDE 6
	%34 CARBOXY METHLAMYOPECTINE	POLYPROPYLENE

	%39 GUANIDINE HYDROCHLORIDE	POLYAMIDE 6
	%37 PFR RAYON, RAYON FIBER	POLYAMIDE 6
	%31 RAYON FIBER	POLYPROPYLENE
	%37 RAYON FIBER	POLYAMIDE 6
	%50 ZEFTRON 500, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%38 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%24 WSD-M1C234-A	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%24 POLY((ACRYLIC ACID) : ETHYLENE),SURLYN	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%23 C101 BLUE CRAYON	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%21 C101 BLUE CRAYON	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%61 ETHYLENE/VINYLACETATE COPOLYMER	LOW DENSITY POLYETHYLENE+ ETHYLENE VINYL ACETATE
	%35 PREVENTOL D6	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%25 MOBIL RALLY FORMULA 5W40	THERMOPLASTIC POLYURETHANE
	%54 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%17 CALCIUM STEARATE	LOW DENSITY POLYETHYLENE
Kum-tutucu	%36 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%24 SULRYN RANDOM COPOLYMER POLY(ETHYLENE-CO-METHACRYLIC ACID)	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%23 EFKA 4530	POLPROPYLENE
	%30 GUANIDINE	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%40 TAPIFLOR,RAYON FIBER	IXEF POLYARYLAMIDE
	%26 MOBILTAC 81	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%14 C101 BLUE CRAYON	IXEF POLYARYLAMIDE
	%60 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLAMIDE 66
Kum tutucu	%30 POLY((ACRYLIC): ETHYLENE)	LOW DENSITY POLYETHYLENE

	%55 ATTAPULGTE	TALC FILLER
	%46 IWA-ENOGU IWABENI	TALC FILLER
	%45 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%29 TRILENE, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%24 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%47 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%21 POLYAMIDE 6 # 1	POLYAMIDE 66

07.08.2017 tarihli Ağustos numunesi ft-ır raporu

	KÜTÜPHANE % İHTİMALLERİ	KORELASYON
Çıkış	%22 ISOGRIN 130	POLYAMIDE 6 ULTRAMID
	%49 NICKEL AMMONIUM SULFATE HEXAHYDRATE	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%53 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%33 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%19 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%14 AGITAN 650	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
	%24 NYLON 6,6 696AS, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%65 GOR, FLUOROCARBON FIBER	POLYTETRAFLUOROETHYLENE
	%27 SULFATE ZINC HEPTAHYDRATE	SILICATE SIPERNAT
	%44 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%16 POLY(CAPROLACTAM: (HEXAMETHYLENE ADIPAMIDE))	IXEF POLYARYLAMIDE
	%34 DASKONZ	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%28 RAYON FIBER	IXEF POLYARYLAMIDE
	%19 GUANIDINE	IXEF POLYARYLAMIDE
Giriş	%79 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%92 WSD-M1C226-A	LOW DENSITY POLYETHYLENE

	%65 BE,OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%56 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%79 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%79 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%79 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%53 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%98 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%78 SY NT HETIC LEATHER LOT#4, WITH NITROCELLULOSE BASED LACQUERE	ACRYLONITRILE STYRENE ACRYLATE POLYAMIDE
	%74 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%57 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%54 RAYON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	% 98 BE,OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%79 BE OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%65 OLEFIN FIBER	POLYPROPYLENE
	%86 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%64 CASTROL 291/100	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%97 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%81 WONDER THREAD	POLYAMIDE 66
Kum tutucu	%67 WONDER THREAD,NLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%74 TRIELENE,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%52 CARBOXY METHYLAMYLOPECTINE SODIUM	POLYVINYL CHLORIDE
	%56 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%61 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
Kum tutucu	%52 ANISO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%94 NYLON FBER	POLYAMIDE 66
	%87 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMİDE 66

	%87 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%60 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%53 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMİDE 66
	%64 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMİDE 66
	%40 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMİDE 66
	%57 RAYON FIBER	SILICATE SİPERNAT

25.09.2017 tarihli Eylül numunesi ft-ir raporu

	KÜTÜPHANE % İHTİMALLERİ	KORELASYON
Çıkış	%17 POLYAMIDE 66	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%26 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%12 CELLULOSE MICROCRYS TALLINE	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%14 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%18 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%15 ENKALON, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%11 COTTON LOT#2	POLYAMIDE 66
	%12 EMPJPHOS ALKYLPHOSP HORJC ACJD C16-C18/S632	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%11 EMPJPHOS ALKYLPHOSP HORJC ACJD C16-C18/S632	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%20 POLY((ACRYLIC ACID): ETHYLENE), SURLYN	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%19 HOUGHTO GRIND 590	POLYURETHANE-REACTION INJECTION MOLDED POLYURETHANE-AMINE
	%15 PROMOL 101	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%15 MOBILTAC 81	POLYTETRAFLUROETHYLENE
	%20 MOBILTAC 81	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%13 W SD-MIC234-A2	POLYURETHANE-REACTION INJECTION MOLDED POLYURETHANE-AMINE
	%15 SULFATE STANNOUS	POLYURETHANE-REACTION INJECTION MOLDED POLYURETHANE-AMINE
	%11 ALUMINIUM HYDROX IDE	POLYURETHANE-REACTION INJECTION MOLDED POLYURETHANE-AMINE
	%10 GREY CRAYON	POLYURETHANE-REACTION INJECTION MOLDED POLYURETHANE-AMINE
Giriş	%13 CELLULOSE BASED MATERIAL USED A	POLYETHYLENE POLPROPYLENE

	INSULATION MATERIAL IN CARS	BLEND
	%12 CELLULOSE BASED MATERIAL USED A INSULATION MATERIAL IN CARS	POLYETHYLENE POLPROPYLENE BLEND
	%49 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%47 ANSO IV HALOFRESH,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%15 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%34 NYLON6,6,696AS, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%18 DASKONZ	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
	%46 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%34 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%35 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%17 NYLON/RAYON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%12 SULRYN RANDOM COPOLYMER POLY (ETHYLENE-CO-METHACRYLIC ACID)	POLYETHYLENE POLPROPYLENE BLEND
	%11 SPIDER NET (ARANEUS DIADEMATUS)	POLYETHYLENE POLPROPYLENE
	%12 CELLULOSE BASED MATERIAL USED A SINSULATION MATERIAL IN CARS	POLYETHYLENE POLPROPYLENE BLEND
	%56 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%61 NYLON6,6, 426A,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%18 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%37 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%21 POLY(ETHYLENE TEREPHTHALATE)	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE
	%26 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%17 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%33 ANSO IV HALOFRESH,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
Kum tutucu	%21 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%13 GOR,FLUOROCARBON FIBER	POLYTETRAFLUROETHYLENE
	%13 SULRYN RANDOM COPOLYMER POLY	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%16 1-BROMOTETRADECANE	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
	%29 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%61 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%64 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%13 POLYETHYLLENE, ERACLENE 80	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%15 WOOL+COTTON+ACRYLJC+NYLON	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%29 FLAX,NATURAL FIBER	POLYAMIDE 6
	%19 PLASTORITA SUPER	POLYDIMETHYLSİLOXAN USP REFERENCE
	%10 STYMENE ACRYBNITRILE	ZINC SALT OF A TECHNICAL STEARIC ACID ZN
	%16 SYLOOEX 07	TALC FILLER
	%17 ERKA 1530	THERMOPLASTIC POLYURETHANE
	%20 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE

	%20 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%17 MOBİL PEGASUS 905	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%14 BYK 405	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%14 PLASTORITA SUPER	LOW DENSITY POLYETHYLENE+ ETHYLENE VINYL ACETATE
	%18 PLASTORITA SUPER	STYRENE-LİQ MONOMER
	%27 PLASTORITA SUPER	POLYDIMETHYLSİLOXAN USP
	%13 PLASTORITA SUPER	POLYDIMETHYLSİLOXAN USP
	%11 AMBERLITE XAD-1180	POLYAMİDE 66
	%12 EMPJPHOS ALKYLPHOSP HORJC ACJD C16-	HIGH DENSITY POLYETHYLENE
	%10 POLY(CAPROLACTAM: (HEXAMETHYLENE	POLYAMİDE 66

24.10.2017 tarihli Eylül numunesi ft-ır raporu

ÇIKIŞ	KÜTÜPHANE % İHTİMALLERİ	KORELASYON
	%39 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%19 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%30 COTTON+FLAX (60:40)	POLYAMİDE 6 ULTRAMİD
	%31 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%36 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%26 WOOL	IXEF POLYARYLAMİDE (PARA)
	%19 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%57 CELLULOSE SWABS	POLYAMİDE 6 ULTRAMİD
	%80 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%85 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%74 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%31 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FİBER	POLYAMİDE 6.10
	%57 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%59 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%62 NYLON 6,6, 426A , NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%69 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%64 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%36 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%69 WONDER THREAD NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%23 PLASTORITA SUPER	POLYDIMETHYLSİLOXAN USP REFENCE
	%16 ISOSYNTH VX 110 BF	POLYTHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%32 ISOSYNTH VX 110 BF	POLYTHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%37 ISOSYNTH VX 110 BF	POLYAMİDE PA 6.12
	%30 BE, OLEFIN FIBER	POLYTHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%26 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%16 BE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%67 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FİBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%16 PRF RAYON, RAYON FİBER	IXEF POLYARYLAMİDE (PARA)

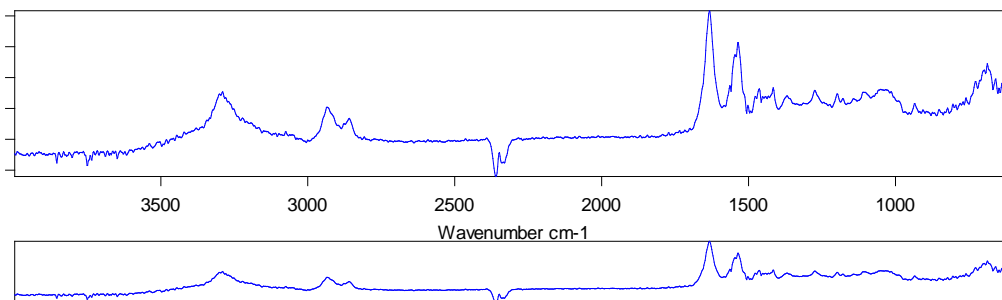
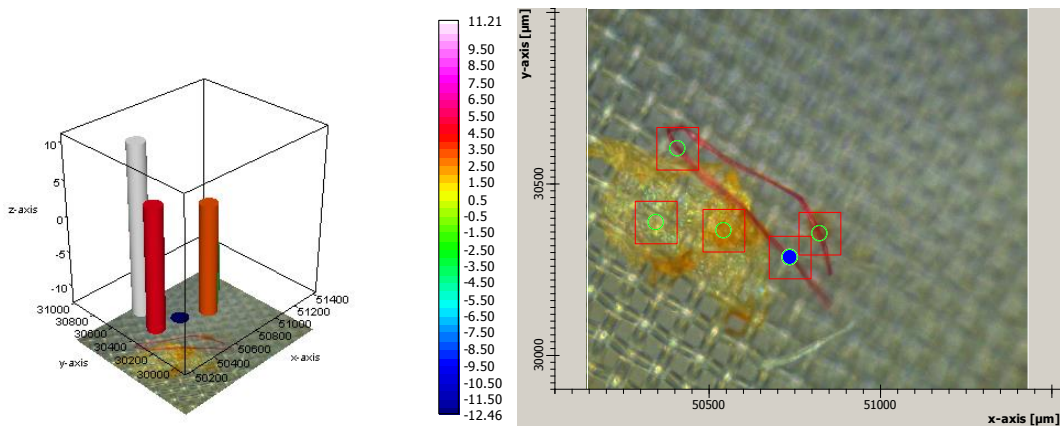
	%20 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%15 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%26 ANSO IV HALOFRESH, NYLON	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%49 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%34 CELLULOSE SWABS	POLYAMİDE 6 ULTRAMİD
	%29 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%65 GOR, FLUOROCARBON FIBER	POLYTETRAFLUROETHYLENE
GİRİŞ	%21 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE PA 6.12
	%16 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%13 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE PA 6.12
	%24 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%23 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMİDE 66 DURETHAN
	%22 OLEFIN FIBER	POLYPROPYLENE
	%17 POLY[(ACRYLIC ACID):ETHYLENE], SURLYN	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%54 NYLON 6,6, 696AS , NYLON FIBER	
	%18 VEXAR PLASTIC NETTING, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%32 BE, OLEFIN FIBER	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%26 BE, OLEFIN FIBER	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%57 ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%82 LUROL,NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%13 FABRIC POLYAMIDE+ELASTANE	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%11 FORMING OIL LOT 1	ZINC SALT OF A TECHNIAL STEARIC ACID
	%21 WONDER THREAD NYLON FIBER	POLYAMIDE 6
	%13 SISAL, NATURAL FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE+ ETHYLENE VINYL ACETATE
	%22 WONDER THREAD,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%21 COTTON LOT#2	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%26 LUROL,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%18 COTTON+FLAX	DURETHAN POLYAMIDE 66
KUM TUTUCU	%21 LUROL,NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%58 NYLON 6,6, 426A, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%46 SUILTEX D 220	LOW DENSITY POLYETHYLNE
	%51 WONDER THREAD,NYLON FIBER	POLYAMIDE 6.10
	%30 BERKLEY POLYETHYLENE, OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%34 AGITAN 650	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%64 WONDER THREAD NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%17 RHODOLINE DF 6681	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%18 BE, OLEFIN FIBER	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
	%19 TRANSMISSION 1#9120541	LOW DENSITY POLYETHYLENE
	%35 WONDER THREAD, NYLON FIBER	POLYAMIDE 66
	%33 WONDER THREAD, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
	%39 BERKLEY POLYETHYLENE,OLEFIN FIBER	LOW DENSITY POLYETHYLENE

%57 WONDER THREAD NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
%18 BERKLEY POLYPROPYLENE,OLEFIN FIBER	BLEND OF POLYPROPYLEN AND ETHYLEN PROPYLEN
%15 AGITAN 650	LOW DENSITY POLYETHYLENE
%31 MOBIL MORNOP 55	POLYETHYLENE POLYPROPYLENE BLEND
%30 PANTONE BLACK NATURAL 10009	POLYVINYL CHLORIDE-PHENOLIC
%21 ANSO IV HALOSFRESH, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
%44 NYLON 6,6, 426A, NYLON FIBER	DURETHAN POLYAMIDE 66
%16 ETERNAL PAINT 14 IVORY	POLYVINYL CHLORIDE-PHENOLIC
%29 W SD-M1C226-A	LOW DENSITY POLYETHYLENE

EK 2: Atıksu ve Çamur Numunelerine Ait Bazı ATR-FT-IR Sonuçları

Chemical Imaging

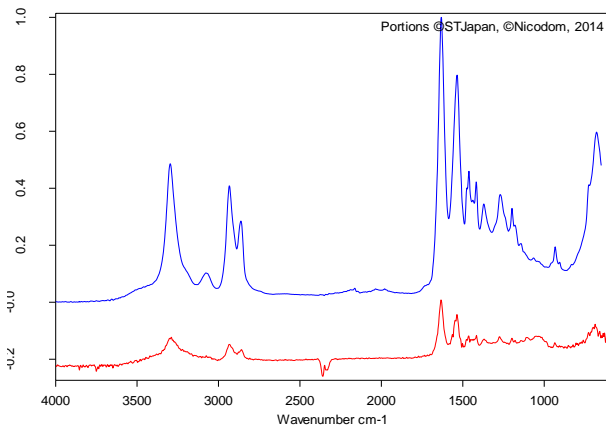
10.01.2018 14:15:52



Page 1 of 1

Search Library

10.01.2018 14:15:58



Compound Name	WONDER THREAD, NYLON FIBER
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Boiling Point	Shakespeare Company
Sample Preparation	ATR single bounce
Reference	F01241/ FIB0242
Copyright	Public Domain Spectrum
Entry No.	1717
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-3-472-2.S01

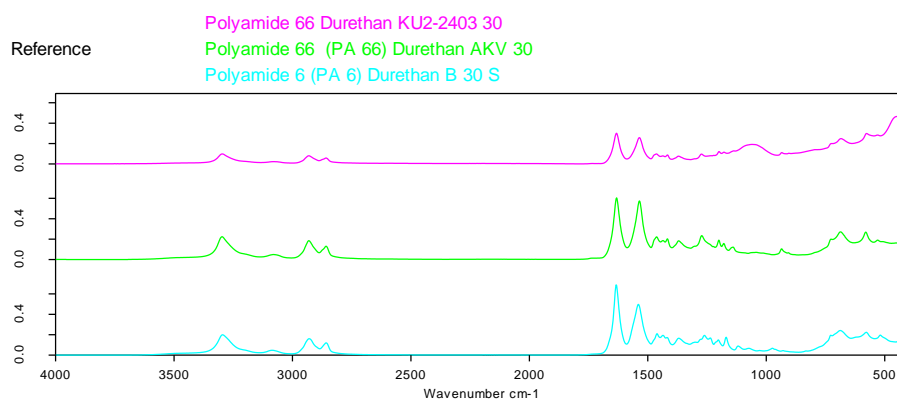
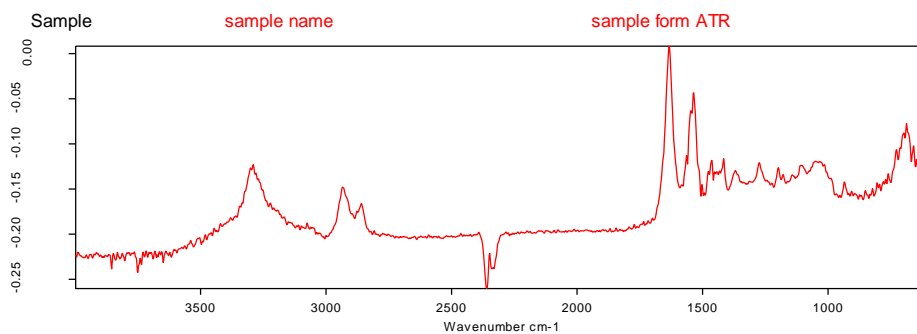
Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	576	WONDER THREAD, NYLON FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.336_AB_000000.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Page 1 of 1



Quick Compare Result



Result: NOT OK

Correlation: 89.16 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.336_AB_000000.0

Compared with Reference: Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 10/01/2018 14:11:13.340 (GMT+3)

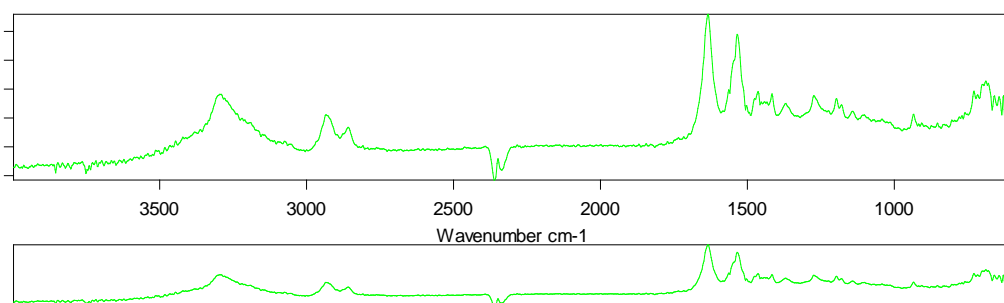
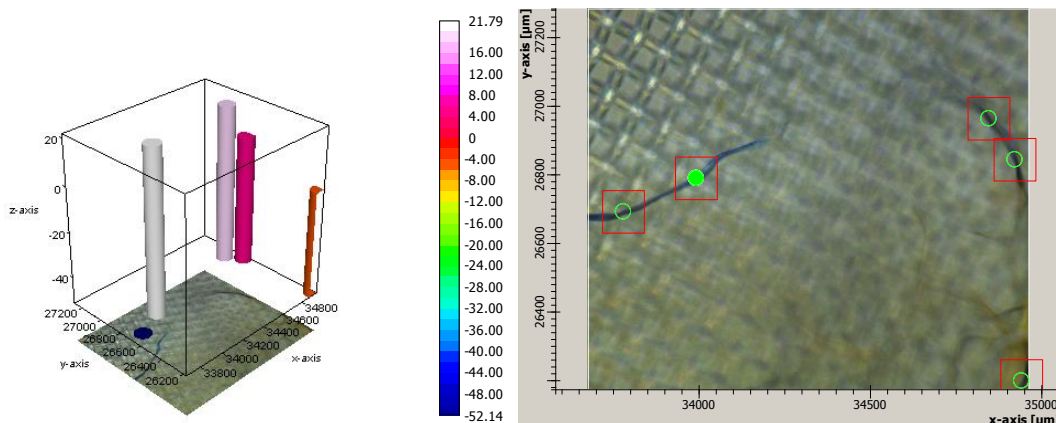
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)

Signature (Release)

Chemical Imaging

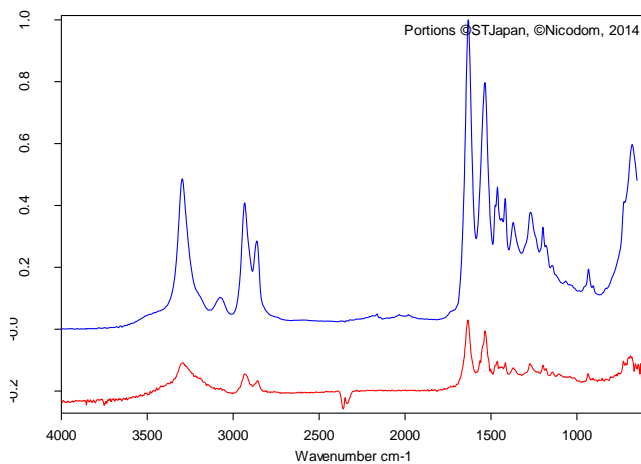
10.01.2018 14:40:49



Page 1 of 1

Search Library

10.01.2018 14:41:01



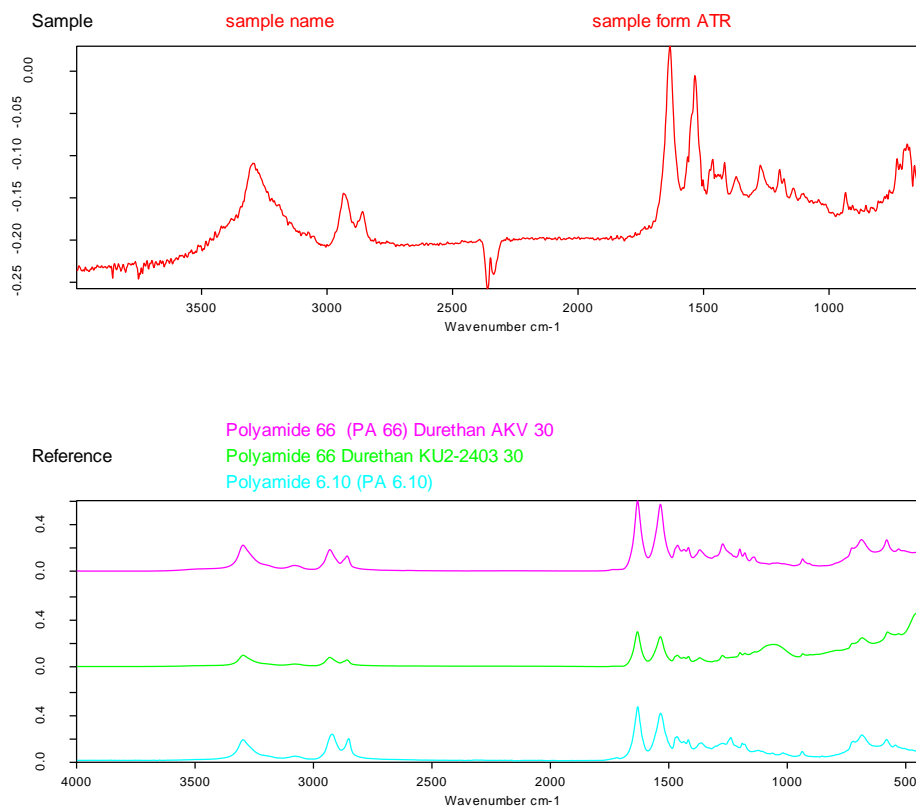
Compound Name	WONDER THREAD, NYLON FIBER
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Boiling Point	Shakespeare Company
Sample Preparation	ATR single bounce
Reference	F01241/ FIB0242
Copyright	Public Domain Spectrum
Entry No.	1717
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-3-472-2.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	691	WONDER THREAD, NYLON FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.338_AB_000001.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum



Quick Compare Result



Result: NOT OK

Correlation: 89.28 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.338_AB_000001.0

Compared with Reference: Polyamide 66 (PA 66).2

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 10/01/2018 14:32:12.310 (GMT+3)

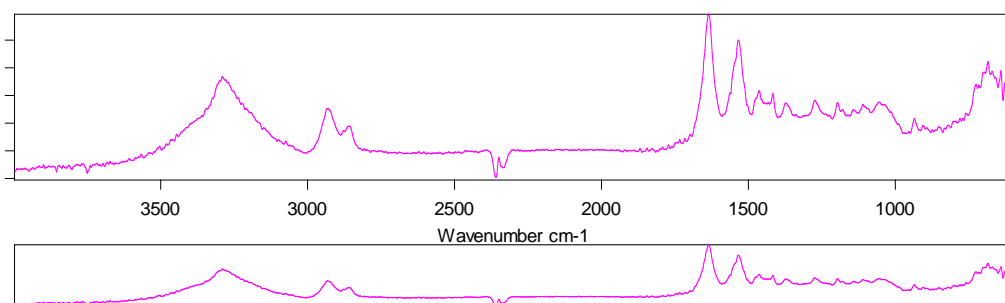
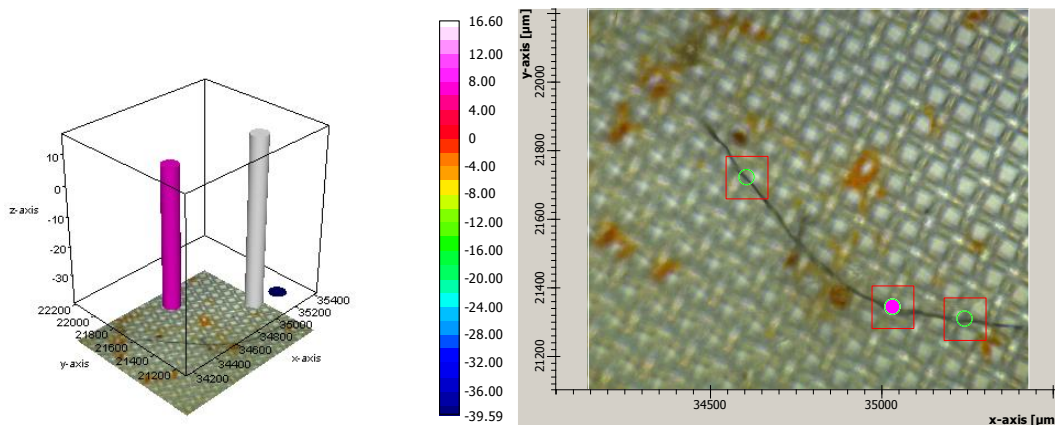
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)

Signature (Release)

Chemical Imaging

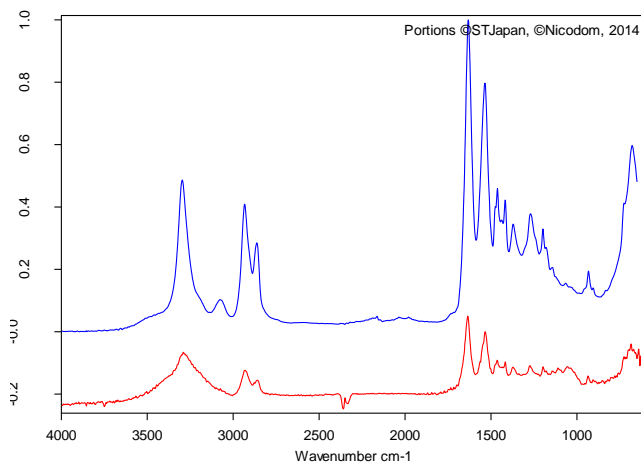
10.01.2018 15:04:28



Page 1 of 1

Search Library

10.01.2018 15:04:35

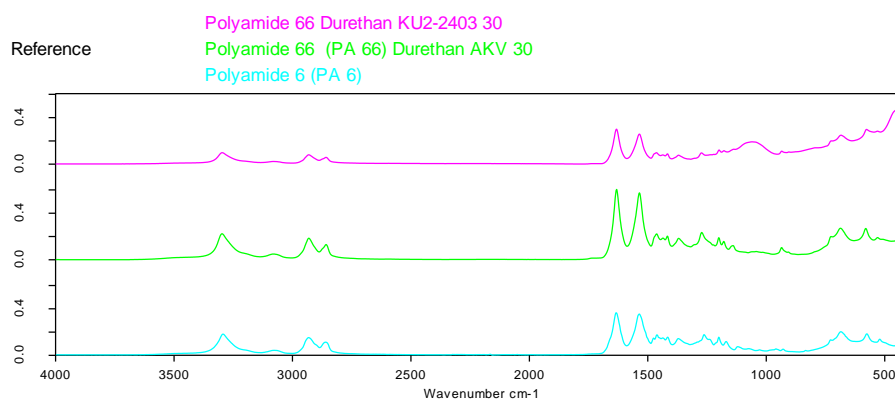
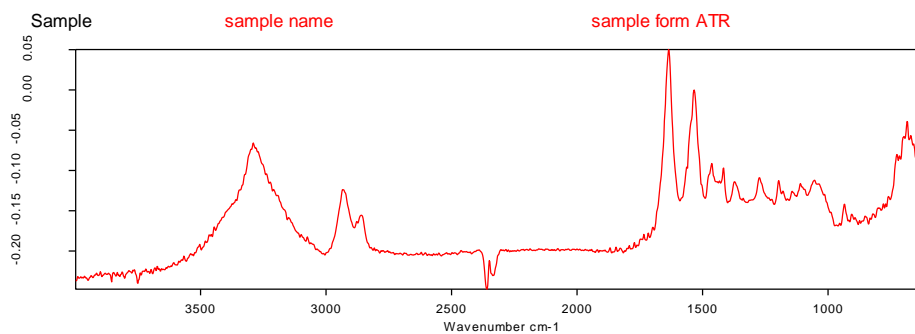


Compound Name	WONDER THREAD, NYLON FIBER
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Boiling Point	Shakespeare Company
Sample Preparation	ATR single bounce
Reference	F01241/ FIB0242
Copyright	Public Domain Spectrum
Entry No.	1717
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-3-472-2.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	693	WONDER THREAD, NYLON FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.341_AB_000001.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 88.70 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.341_AB_000001.0

Compared with Reference: Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 10/01/2018 15:03:21.870 (GMT+3)

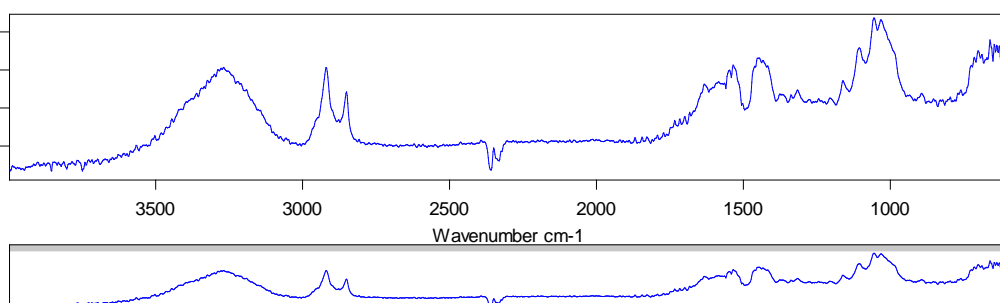
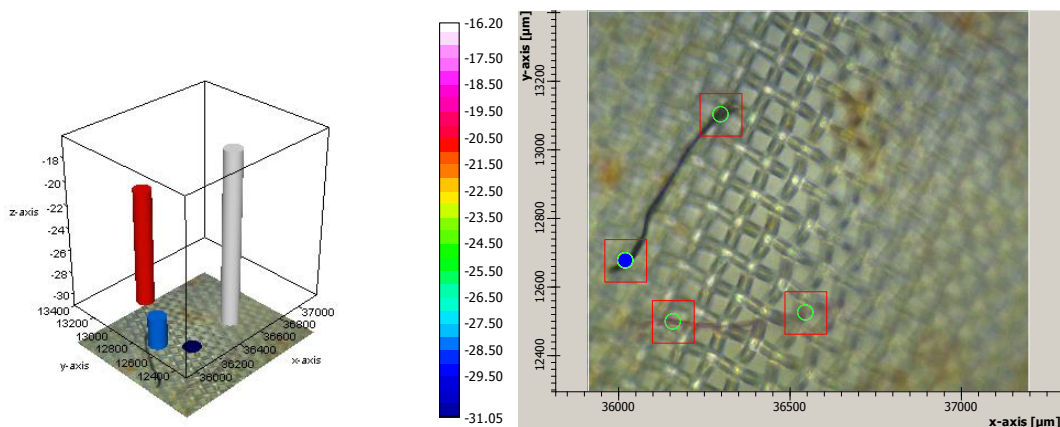
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)

Signature (Release)

Chemical Imaging

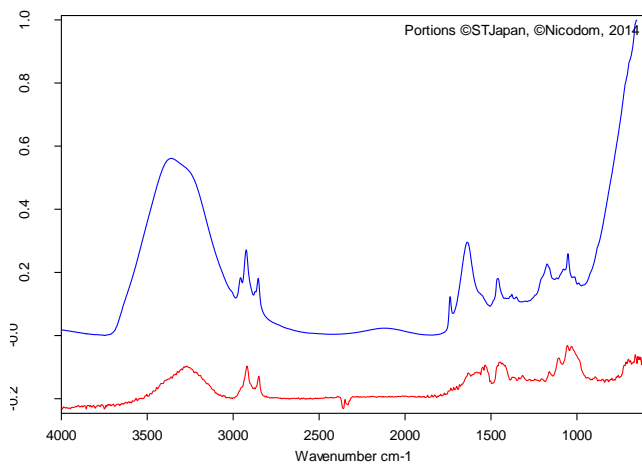
10.01.2018 15:16:41



Page 1 of 1

Search Library

10.01.2018 15:16:46



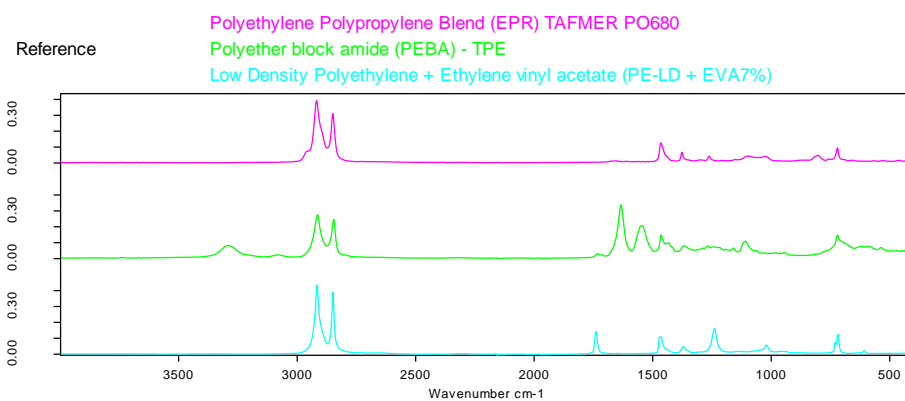
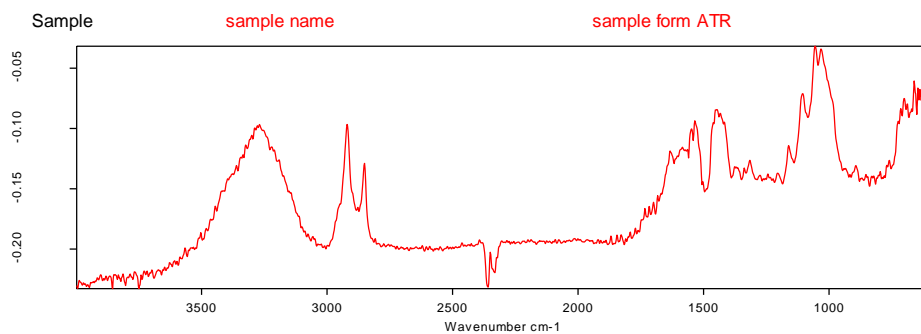
Compound Name	ISOSYNTH VX 110 BF
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample Preparation	ATR single bounce
Manufacturer	DA STUART
Comment	manuf. in germany Special oil
Reference	LST0999/ NIC01861
Copyright	(c) 2014 Nicodom
Entry No.	886

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	325	ISOSYNTH VX 110 BF			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.343_AB_000000.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Page 1 of 1

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 54.21 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.343_AB_000000.0

Compared with Reference: Polyethylene Polypropylene Blend (EPR) TAFMER PO680.0

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

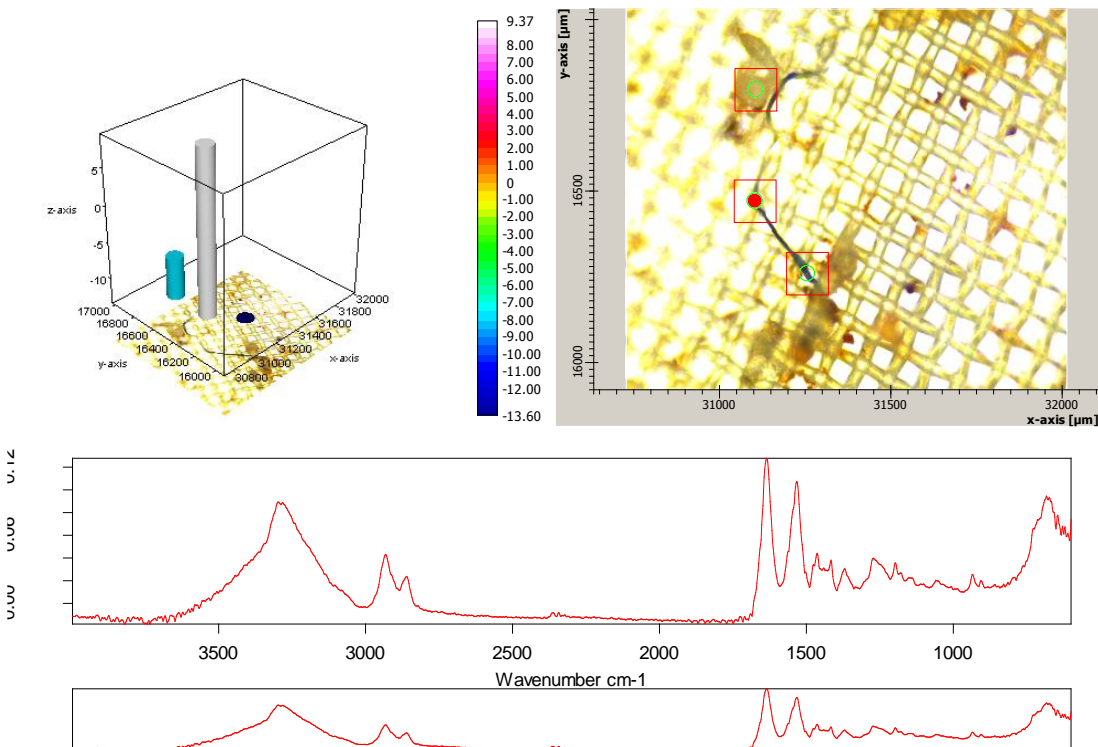
Date and time (measurement): 10/01/2018 15:15:23.050 (GMT+3)

Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)_____
Signature (Release)

Chemical Imaging

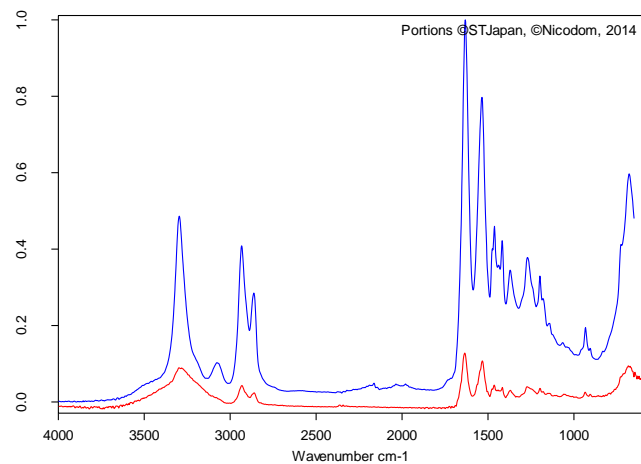
16.06.2017 17:26:03



Page 1 of 1

Search Library

16.06.2017 17:26:13

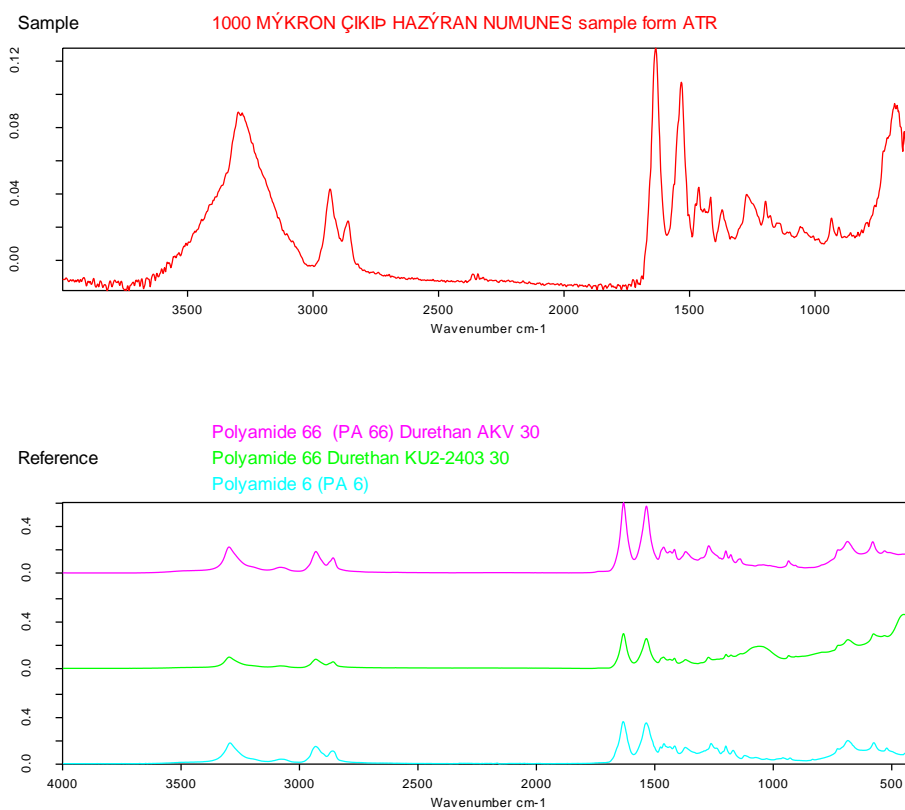


Compound Name	WONDER THREAD, NYLON FIBER
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Boiling Point	Shakespeare Company
Sample Preparation	ATR single bounce
Reference	F01241/ FIB0242
Copyright	Public Domain Spectrum
Entry No.	1717
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-3-472-2.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	749	WONDER THREAD, NYLON FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_1000 ΜΥΚΡΟΝ ÇIKIP HAZÝRAN NUMUNESÝ	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 91.57 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_1000 MÝKRON ÇIKIÐ HAZÝRAN NUMUNESÝ ÇÝNKO 2,5 GR-1.0_AB_000002.0

Compared with Reference: Polyamide 66 (PA 66).2

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2016/06/21 14:26:03 (GMT+3))

Operator: Default

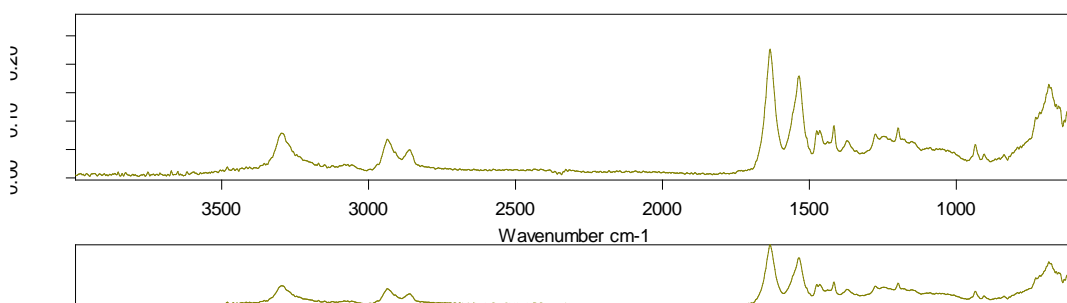
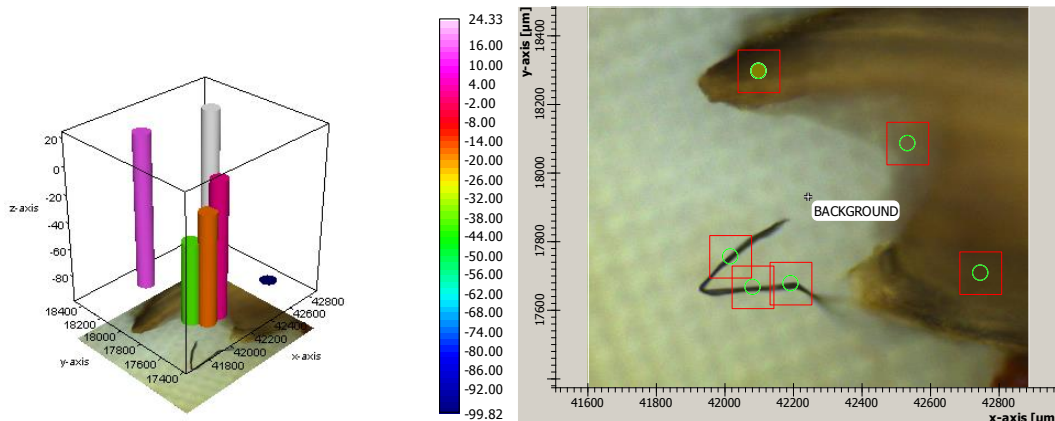
Date and time (measurement): 16/06/2017 17:24:02.420 (GMT+3)

Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)_____
Signature (Release)

Chemical Imaging

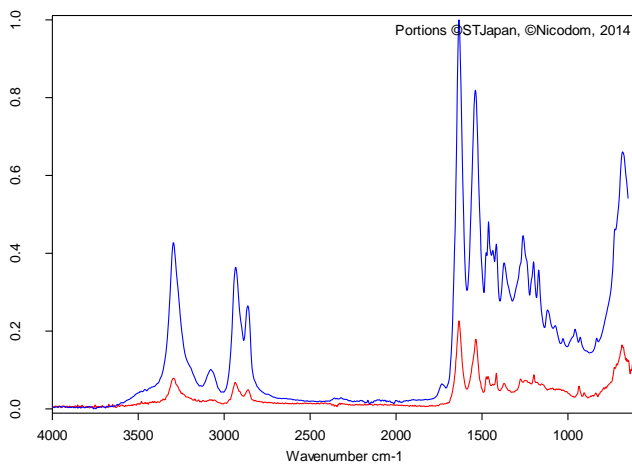
12.01.2018 14:34:33



Page 1 of 1

Search Library

12.01.2018 14:34:39

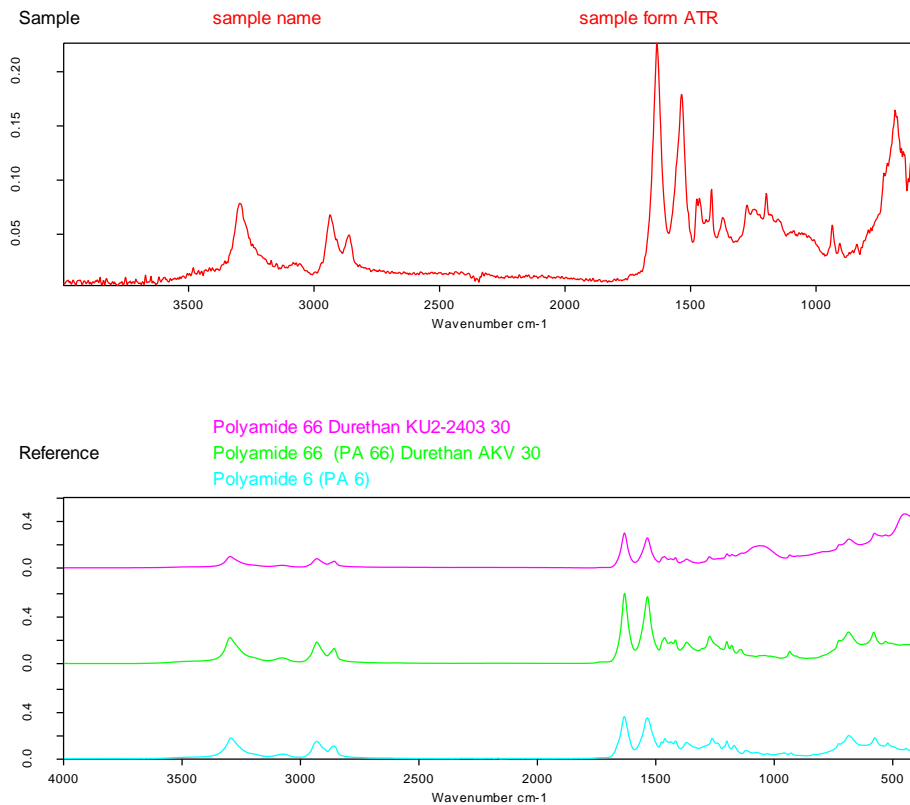


Compound Name	ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Boiling Point	Allied
Sample Preparation	ATR single bounce
Reference	F01031/ FIB0032
Copyright	Public Domain Spectrum
Entry No.	1507
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-3-472-2.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	806	ANSO IV HALOFRESH, NYLON FIBER			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.358_AB_000003.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 94.12 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.358_AB_000003.0

Compared with Reference: Durethan Polyamide 66 30% mineral filled (PA 66).4

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 12/01/2018 14:32:16.470 (GMT+3)

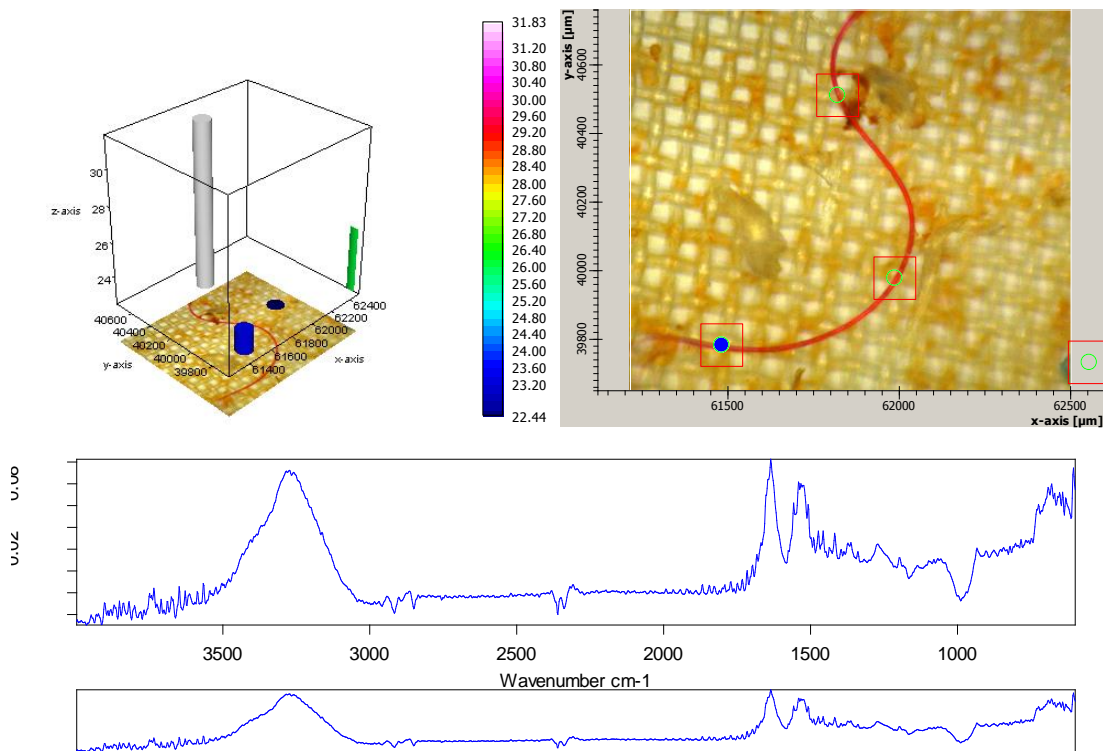
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)_____
Signature (Release)

Çamur Numuneleri

Chemical Imaging

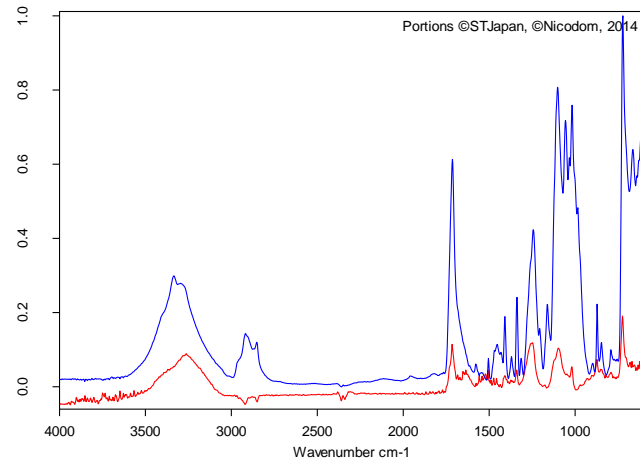
21.02.2018 15:50:30



Page 1 of 1

Search Library

21.02.2018 15:50:38



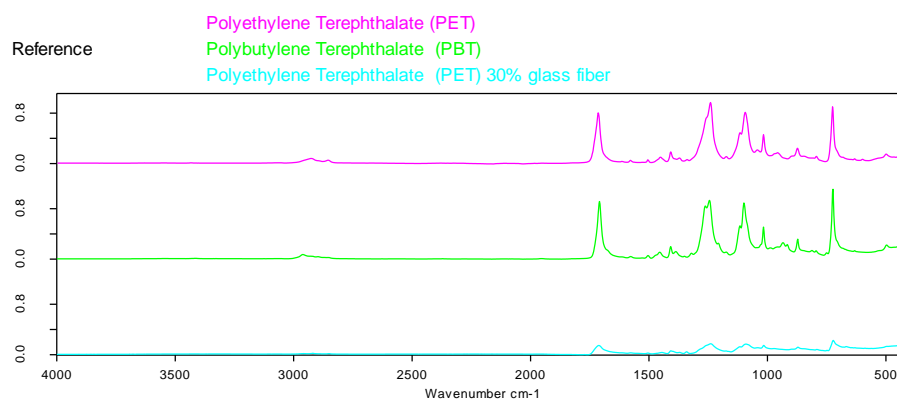
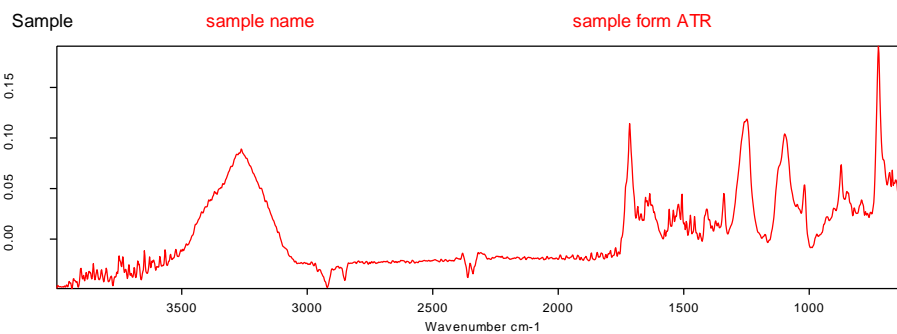
Compound Name	COTTON+POLYESTER (60:40)
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample Preparation	ATR single bounce
Comment	Fabric
Reference	MP1552/ MP1552
Copyright	(c) 2014 Nicodom
Entry No.	113
Library name	ATR-LIB-POLYMERS-4-472-2.S01

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	200	COTTON+POLYESTER (60:40)			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.528_AB_000001.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Page 1 of 1

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 83.03 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.528_AB_000001.0

Compared with Reference: Polyethylene Terephthalate (PET).0

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 21/02/2018 15:46:54.750 (GMT+3)

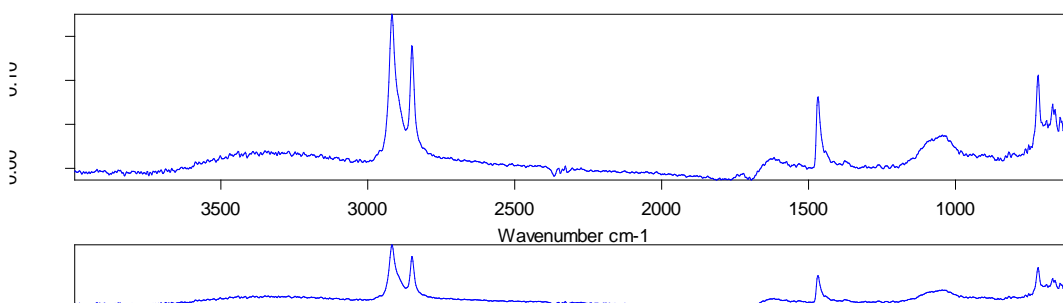
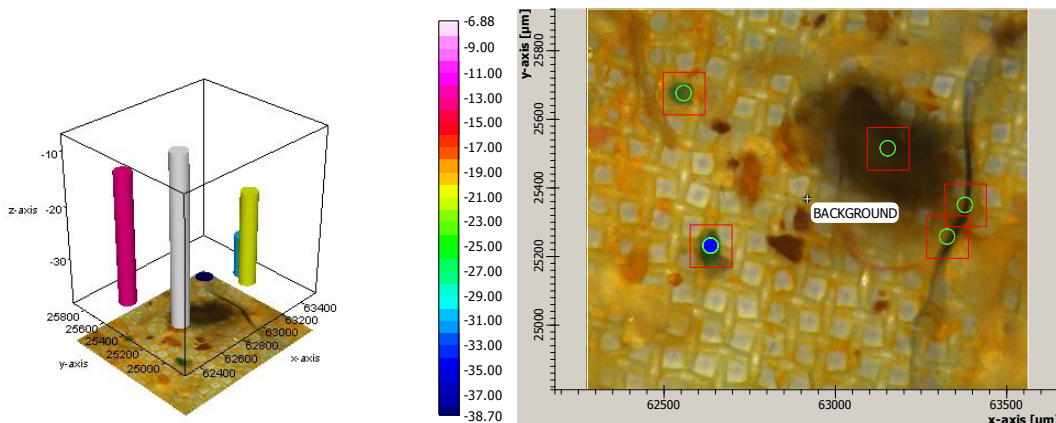
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)

Signature (Release)

Chemical Imaging

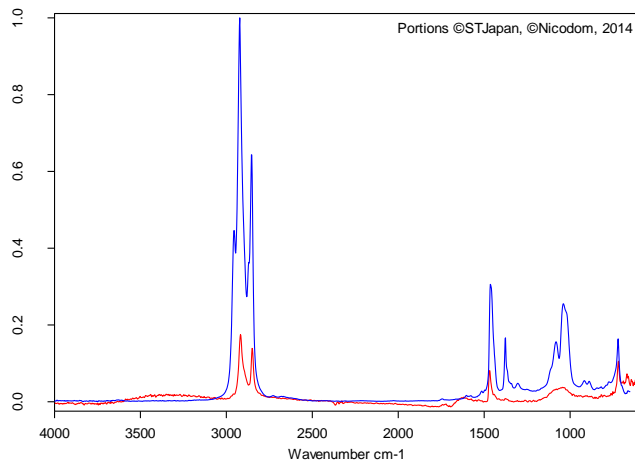
21.02.2018 16:55:48



Page 1 of 1

Search Library

21.02.2018 16:55:58



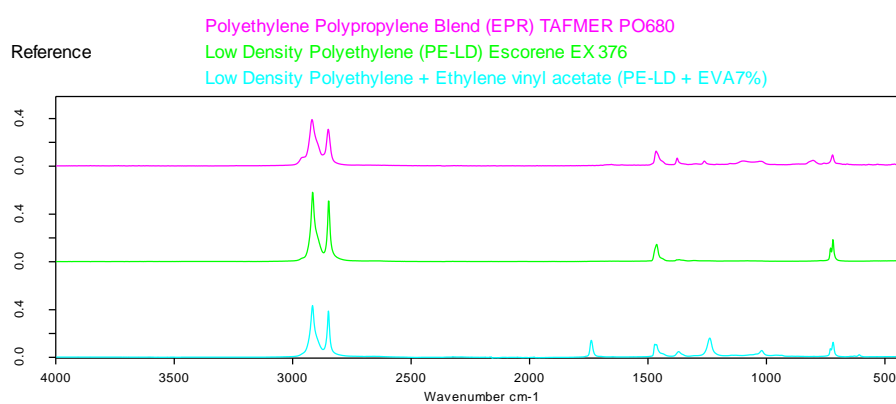
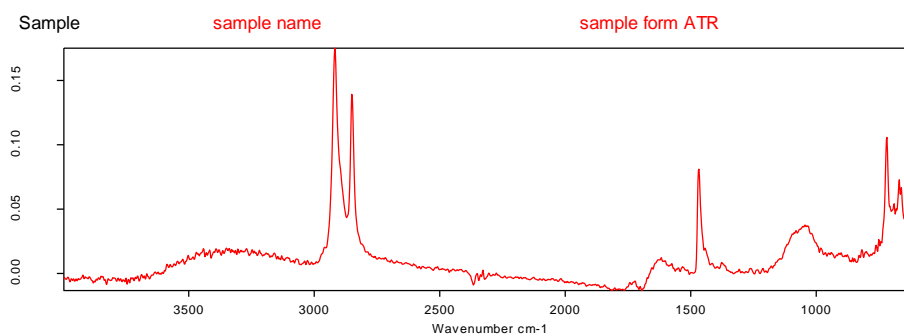
Compound Name	AERO SHELL 22
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample Preparation	ATR single bounce
Manufacturer	Shell
Comment	for aircraft Grease
Reference	LST0474/ NIC01362
Copyright	(c) 2014 Nicodrom
Entry No.	395

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	447	AERO SHELL 22			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.534_AB_000000.0	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum



Quick Compare Result



Result: NOT OK

Correlation: 91.34 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.534_AB_000000.0

Compared with Reference: Polyethylene Polypropylene Blend (EPR) TAFMER PO680.0

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 21/02/2018 16:54:35.100 (GMT+3)

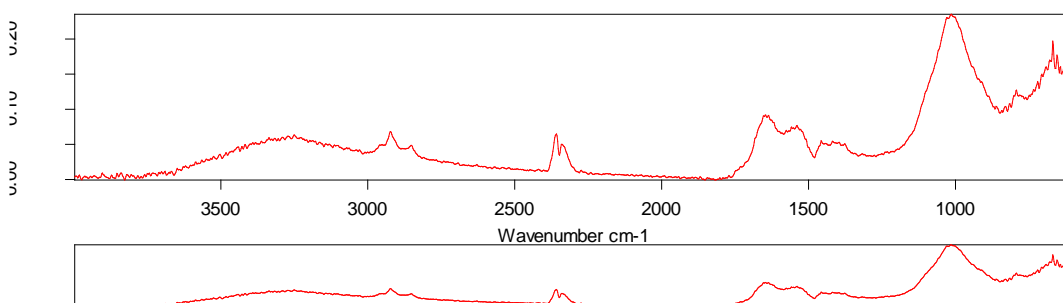
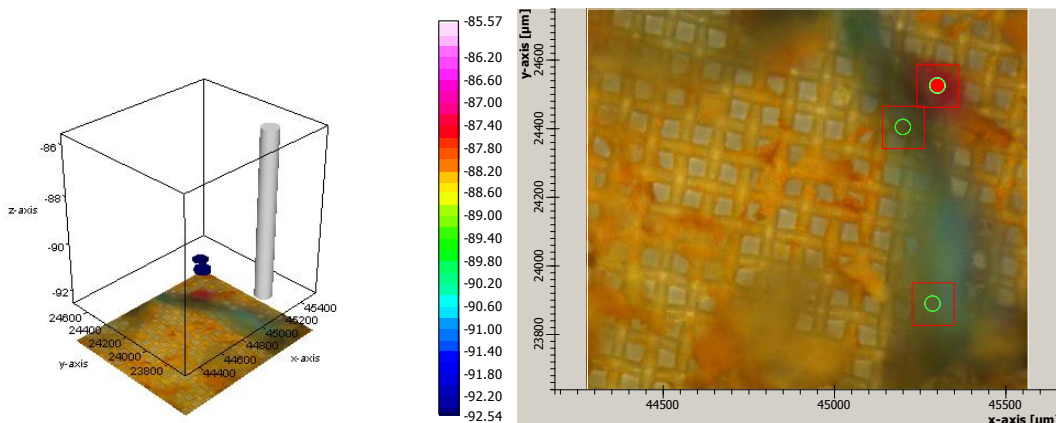
Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)

Signature (Release)

Chemical Imaging

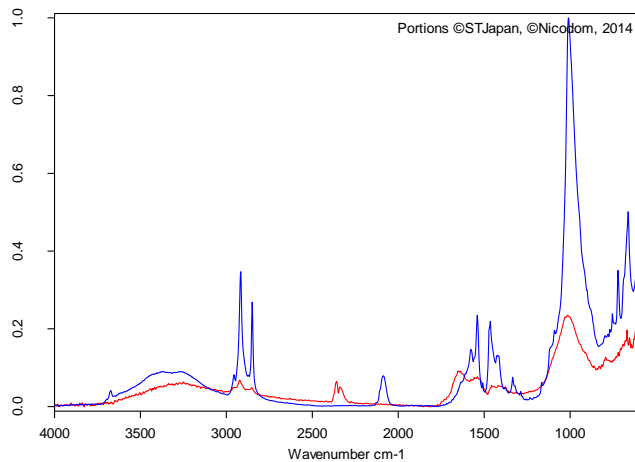
21.02.2018 17:13:50



Page 1 of 1

Search Library

21.02.2018 17:13:25

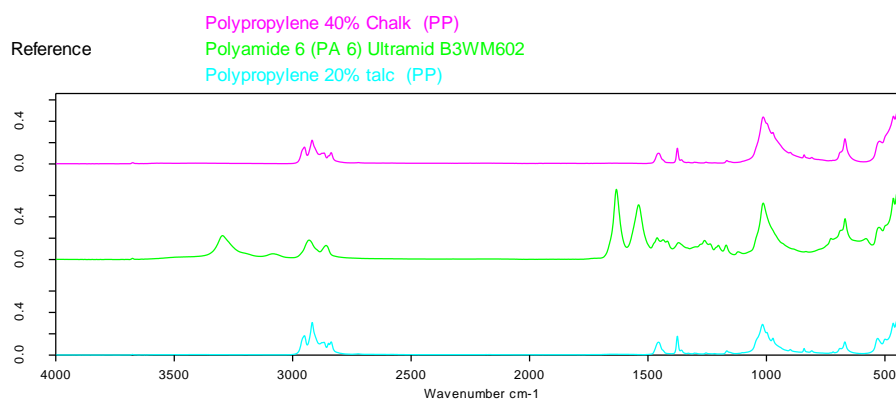
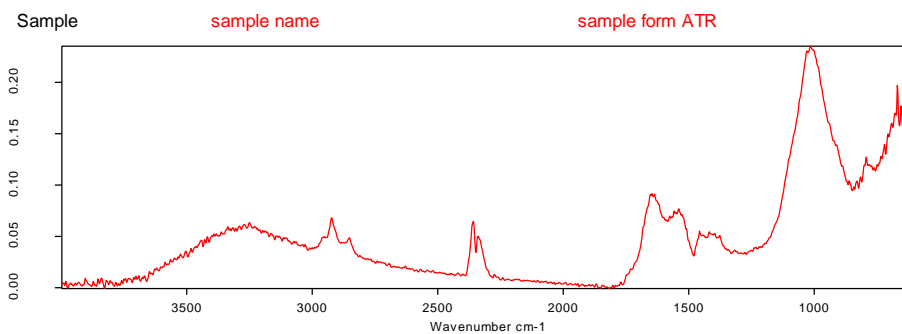


Compound Name	C101 BLUE CRAYON
Molecular Formula	
Molecular Weight	
CAS Registry Number	
Sample Preparation	ATR single bounce
Manufacturer	Concorde
Comment	crayon
Reference	V184/ NIC08895
Copyright	(c) 2014 Nicodom
Entry No.	434

Color	Hit Quality	Compound name	CAS Number	Molecular formula	Molecular weight
Blue	326	C101 BLUE CRAYON			

Color	File	Path	Spectrum Type
Red	SEARCH_sample name.536_AB_000002.1	C:\Users\DELL\Documents\Bruker\OPUS_7.5.18\DATA	Query Spectrum

Quick Compare Result

**Result: NOT OK**

Correlation: 41.30 %

Threshold: 98.00 %

Sample: SEARCH_sample name.536_AB_000002.1

Compared with Reference: Polypropylene 40% talc (PP).6

Method file: Quick Compare Polymers.qcm (2017/12/05 14:06:21 (GMT+3))

Operator: Administrator

Date and time (measurement): 21/02/2018 17:10:11.290 (GMT+3)

Comment: Spectrum comparison method for Polymers, Monomers, Additives and Fillers

Signature (Operator)_____
Signature (Release)

ÖZGEÇMİŞ

Murat BİLGİN, 13.05.1988'de Artvin'de doğdu. İlköğretimi Artvin'in Ardanuç ilçesinde, lise eğitimini Sakarya'nın Arifiye ilçesinde tamamladı. 2006 yılında Arifiye Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2015 yılında bitirdi. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.