

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

**MARMARA DENİZİ MİKROPLASTİK
KARAKTERİZASYONU VE DAĞILIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZLEM GÜRBÜZ

Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı

Danışman

Yard. Doç. Dr. Ahsen Yüksek

ARALIK, 2017

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

Özlem GÜRBÜZ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “MARMARA DENİZİ MİKROPLASTİK KARAKTERİZASYONU VE DAĞILIMI” başlıklı tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI ve DENİZ BİYOLOJİSİ Anabilim Dalında YÜKSEK LISANS Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yard. Doç. Dr. Ahsen YÜKSEK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Süleyman ÖVEZ

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Dilek EDİGER

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cem GAZIOĞLU

Jüri Üyesi

Doç. Dr Hüsne ALTIÖK

Tez Savunma Tarihi: 26.12.2017

ÖNSÖZ

Bu araştırma, Marmara Denizi'ndeki mikroplastik kirliliğinin dağılımının ortaya konmasını ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalara katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Bu araştırmayı yapmamı öneren, beni yönlendiren, bilgilerini paylaşan ve bana destek olan danışmanım Yard. Doç. Dr. Ahsen YÜKSEK'e teşekkür ederim. Örnekleme aşamasındaki yardımlarından dolayı laborant Sezgin ÇAMURCU'ya ve Yaprak GÜRKAN'a teşekkür ederim. Kendisine ihtiyaç duyduğum her anda konu ile ilgili bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşmaktan asla imtina etmeyen Doç. Dr. Olgaç GÜVEN'e teşekkür ederim. Manevi destekleri ve tez ile ilgili yardımları için Prof. Dr. Dilek EDİGER'e, Yard. Doç. Dr. Hüsne ALTIOK'a, Doç. Dr. Nazlı DEMİREL'e ve Doç. Dr. İ. Noyan YILMAZ'a teşekkür ederim.

İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nde çalışmalarını sürdürüyor olan, ablam gibi gördüğüm Prof. Dr. Özlem SERTKAYA DOĞAN'a; bana olan ilgisi ve tez ile ilgili yardımları için minnettarım.

Manevi destekleri için kötü gün dostlarım Alpaslan KARA'ya, Sinem İNCE'ye, Koray BAŞEĞMEZ'e ve Cem KALMAZ'a, teşekkür ederim.

Zerrin DEDE'ye; bana hep destek olduğu için, kardeş olduğu için, her anımız dolu dolu geçiyor olduğu için teşekkür ederim. Annesi Şahsenem DEDE'ye teşekkür ederim.

Bu tezi oluştururken benimle birlikte uğraşan, her dakika yanımda olan, sevgili Betül ÖZKAYA'ya minnettarım. Bir kaya kadar sağlam olup, bir o kadar merhametli olduğun için; sen olduğun için teşekkür ederim.

Manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nde çalışmalarını sürdürüyor olan babam Doç. Dr. Orhan GÜRBÜZ'e teşekkür ederim. İngilizce-Türkçe çevirilerimde bana yardım eden kardeşim Gökhan GÜRBÜZ'e teşekkür ederim.

Her zaman, her koşulda yanımda olan güzel kadına, annem Gülşen GÜRBÜZ'e minnettarım.

Zihnimde dün gibi yaşattığım rahmetli dedem Arif KILIÇ'a

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖNSÖZ	İ
ÖZET	İİ
ABSTRACT	İİİ
TABLO LİSTESİ	İV
ŞEKİL LİSTESİ	V
SİMGE LİSTESİ	Xİİ
KISALTMA LİSTESİ	Xİİİ
I. GİRİŞ	1
II. MATERYAL VE YÖNTEM	10
2.1. ÇALIŞMA ALANI	10
2.2. ÇALIŞMA İSTASYONLARI VE ÖRNEKLEME	10
2.3. ÖRNEKLERİN İŞLENMESİ VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	14
2.4. MİKROPLASTİKLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	16
III. BULGULAR	18
3.1. ÇALIŞILAN İSTASYONLARDAKİ MİKROPLASTİK DAĞILIMI VE KARAKTERİZASYONU	18
3.1.1. İstasyon BK1	19
3.1.2. İstasyon D7	26
3.1.3. İstasyon GD1	33
3.1.4. İstasyon SD1	40
3.1.5. İstasyon MD89A.....	49
3.1.6. İstasyon MD24	56
3.1.7. İstasyon İZ30	62
3.1.8. İstasyon KC1	69
3.1.9. İstasyon K0	76
3.2. PLASTİK GRUPLARINA GÖRE GENEL DEĞERLENDİRME.....	83
3.2.1. Sert plastik dağılımları ve sert plastiklerin boy-frekans dağılımı.....	83
3.2.1.1. Yatay çekim örneklemelerindeki sert plastik dağılımı	83
3.2.1.2. Dikey çekim örneklemelerindeki sert plastik dağılımı	84
3.2.1.3. Sediment örneklemelerindeki sert plastik dağılımı.....	84
3.2.1.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki sert plastiklerin boy- frekans dağılımı	85
3.2.2. Fiber Dağılımları	86
3.2.2.1. Yatay çekim örneklemelerindeki fiber dağılımı	86
3.2.2.2. Dikey çekim örneklemelerindeki fiber dağılımı	87
3.2.2.3. Sediment örneklemelerindeki fiber dağılımı.....	87
3.2.2.4 Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki fiberlerin boy-frekans dağılımı	88

3.2.3. Boya Maddesi Dağılımları.....	89
3.2.3.1. Yatay çekim örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı.....	89
3.2.3.2. Dikey çekim örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı.....	89
3.2.3.3. Sediment örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı.....	90
3.2.3.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki boya maddelerinin boy- frekans dağılımı.....	91
3.2.4. Polistiren Dağılımları.....	91
3.2.4.1. Yatay çekim örneklemelerindeki polistiren dağılımı.....	91
3.2.4.2. Dikey çekim örneklemelerindeki polistiren dağılımı.....	92
3.2.4.3. Sediment örneklemelerindeki polistiren dağılımı.....	93
3.2.4.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki polistirenlerin boy- frekans dağılımı.....	93
3.2.5. Pellet Dağılımları.....	94
3.2.5.1. Yatay çekim örneklemelerindeki pellet dağılımı.....	94
3.2.5.2. Dikey çekim örneklemelerindeki pellet dağılımı.....	95
3.2.5.3. Sediment örneklemelerindeki pellet dağılımı.....	95
3.2.5.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki pelletlerin boy-frekans- dağılımı.....	96
3.2.6. Naylon Dağılımları.....	96
3.2.6.1. Yatay çekim örneklemelerindeki naylon dağılımı.....	96
3.2.6.2. Dikey çekim örneklemelerindeki naylon dağılımı.....	97
3.2.6.3. Sediment örneklemelerindeki naylon dağılımı.....	98
3.2.6.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki naylonların boy- frekans-dağılımı.....	98
3.2.7. Diğer Materyal Dağılımları.....	99
3.2.7.1. Yatay çekim örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı.....	99
3.2.7.2. Dikey çekim örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı.....	100
3.2.7.3. Sediment örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı.....	100
3.2.7.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki diğer materyallerin boy-frekans-dağılımı.....	100
3.2.8. Kauçuk Dağılımları.....	101
3.2.8.1. Yatay çekim örneklemelerindeki kauçuk dağılımı.....	101
3.2.8.2. Dikey çekim örneklemelerindeki kauçuk dağılımı.....	102
3.2.8.3. Sediment örneklemelerindeki kauçuk dağılımı.....	102
3.2.8.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki kauçukların boy- frekans-dağılımı.....	102
3.2.9. Tüm mikroplastik türlerinin boy-frekans dağılımı.....	102
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	107
KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ.....	115

ÖZET

MARMARA DENİZİ MİKROPLASTİK KARAKTERİZASYONU VE DAĞILIMI

ÖZLEM GÜRBÜZ

Geçmişten günümüze kadar geçen zaman içinde insan unsuru; doğadaki kirleticilerin besin zincirindeki dağılımının geniş habitatlara yayılmasına, sebep olduğu karasal ve denizel deformasyonun neticesi olarak yine insan üzerindeki olumsuz etkilerine neden olmuştur. Evsel yerleşmenin, sanayileşmenin, çevre duyarsızlığının, doğanın gidişatını olumsuz etkileyecek durumlara karşı öngörüsüz ve bilinçsiz olmanın neticeleri, gün geçtikçe daha belirgin bir şekilde görülmeye başlandı.

Bu çalışmanın amacı, mikroplastik kirliliğinin Marmara Denizi üzerindeki durumunu ortaya koymak ve daha sonra yapılacağı öngörülen çalışmalar için örnek teşkil etmektir.

Bu çalışma süresince, Marmara Denizi'nde, Ağustos 2014'te iki ve Mart 2015'te yedi istasyon olmak üzere toplam dokuz istasyonda örnekleme yapılmıştır. Yatay, dikey ve sediment olmak üzere üç tür örnekleme yapılmıştır. Mikroplastik kirliliği, Marmara Denizi'nin en çok deniz yüzeyinde tespit edilmiş olup, sedimentte ise en az seviyede tespit edilmiştir. Mikroplastik kirliliğinin en fazla görüldüğü bölgelerin nehir girdilerinden etkilenen yerler olduğu saptanmıştır. Bu yerleri körfez bölgeleri izlemektedir. Sert plastik ve fiber plastik türlerinin daha çok olduğu gözlenmiştir.

ABSTRACT

SEA OF MARMARA MICROPLASTIC CHARACTERIZATION AND DISTRIBUTION

Özlem GÜRBÜZ

Throughout history, mankind have caused the distribution of pollutants to become prevalent in extensive areas in natural habitats, and in turn, suffered adverse effects resulted from this and other types of man-made terrestrial and marine deformation. The results of rapid growth of settlements, industrialization, disregard for the natural environment and the lack of vision and awareness of the conditions that would adversely affect it are becoming more apparent each day.

The goal of this study is to identify the state of microplastic pollution in the Sea of Marmara, and serve as an example for future studies.

In this study, samplings had been made at nine stations -two in 2014 and seven in 2015- in the Sea of Marmara. These samplings were of three types; yatay, vertical, and sedimental. Microplastic pollution was seen to be most extensive in the samplings made on sea surface, however it was the least extensive in sedimental samplings. Amount of microplastic pollution was seen to be the highest in estuarial areas, followed by gulf areas. Types of hard plastic and plastic fibers were seen to be more common than the rest.

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Çalışılan istasyonların derinlikleri, koordinatları ve çalışılan derinlikler.	13
Tablo 2. Mikroplastiklerin kodları ve renkleri.....	17
Tablo 3. Plastik türlerinin birim alandaki miktarının (adet/ m ²) örnekleme türüne göre istasyonlardaki toplam dağılımı.....	103
Tablo 4. Bulgu İstasyonlara ait tüm örnekleme türlerinin birim alandaki toplam mikroplastik miktarı dağılımları.	104
Tablo 5. Plastik türlerinin birim alandaki miktarının (adet/ m ²) maksimum olduğu istasyondaki örnekleme türlerine göre dağılımları.	104
Tablo 6. Yatay çekimden elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m ²).	105
Tablo 7. Dikey çekimden elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m ²).	105
Tablo 8. Sedimentten elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m ²).	106

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Çalışılan istasyonlar ve konumlar.....	10
Şekil 2. Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları (MEMPIS Projesi, 2008).	12
Şekil 3. Cam petride bulunan GF/C filtre kâğıdına aktarılan mikroplastikler.....	16
Şekil 4. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	19
Şekil 5. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	20
Şekil 6. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	20
Şekil 7. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen yatay çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.....	21
Şekil 8. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	21
Şekil 9. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	22
Şekil 10. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	22
Şekil 11. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen dikey çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.....	22
Şekil 12. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	23
Şekil 13. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	23
Şekil 14. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	24
Şekil 15. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.....	24
Şekil 16. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	25
Şekil 17. İstasyon BK1'de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	25
Şekil 18. İstasyon D7'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	26
Şekil 19. İstasyon D7'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	27
Şekil 20. İstasyon D7'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	27
Şekil 21. İstasyon D7'de gerçekleştirilen yatay çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.....	28
Şekil 22. İstasyon D7'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.....	28
Şekil 23. İstasyon D7'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	29

Şekil 24. İstasyon D7’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	29
Şekil 25. İstasyon D7’de gerçekleştirilen dikey çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	30
Şekil 26. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	30
Şekil 27. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	31
Şekil 28. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	31
Şekil 29. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	31
Şekil 30. İstasyon D7’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	32
Şekil 31. İstasyon D7’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	32
Şekil 32. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	33
Şekil 33. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	34
Şekil 34. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	34
Şekil 35. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	35
Şekil 36. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	35
Şekil 37. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	36
Şekil 38. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	36
Şekil 39. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	37
Şekil 40. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	37
Şekil 41. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	38
Şekil 42. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	38
Şekil 43. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	39
Şekil 44. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	39
Şekil 45. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	40
Şekil 46. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	41

Şekil 47. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	41
Şekil 48. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	42
Şekil 49. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	42
Şekil 50. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	43
Şekil 51. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	44
Şekil 52. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	44
Şekil 53. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	45
Şekil 54. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	46
Şekil 55. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	46
Şekil 56. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	47
Şekil 57. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	47
Şekil 58. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	48
Şekil 59. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	48
Şekil 60. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	49
Şekil 61. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	50
Şekil 62. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	50
Şekil 63. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	51
Şekil 64. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	51
Şekil 65. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	52
Şekil 66. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² ’deki adet dağılımları.	52
Şekil 67. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin m ² ’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	53
Şekil 68. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	53
Şekil 69. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	54

Şekil 70. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	54
Şekil 71. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	54
Şekil 72. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	55
Şekil 73. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	56
Şekil 74. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	57
Şekil 75. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	57
Şekil 76. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	58
Şekil 77. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	58
Şekil 78. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	59
Şekil 79. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	59
Şekil 80. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	60
Şekil 81. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	60
Şekil 82. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	61
Şekil 83. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	61
Şekil 84. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	62
Şekil 85. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	63
Şekil 86. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	63
Şekil 87. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	64
Şekil 88. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	64
Şekil 89. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	65
Şekil 90. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	65
Şekil 91. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen dikey çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	66
Şekil 92. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	66

Şekil 93. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	67
Şekil 94. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	67
Şekil 95. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	67
Şekil 96. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	68
Şekil 97. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	68
Şekil 98. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	69
Şekil 99. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	70
Şekil 100. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	70
Şekil 101. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen yatay çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	71
Şekil 102. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	71
Şekil 103. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	72
Şekil 104. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	72
Şekil 105. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen dikey çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	72
Şekil 106. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	73
Şekil 107. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	73
Şekil 108. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.....	74
Şekil 109. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	74
Şekil 110. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.	75
Şekil 111. İstasyon KC1'de gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerine göre mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.....	75
Şekil 112. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	76
Şekil 113. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	77
Şekil 114. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	77
Şekil 115. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	78

Şekil 116. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	78
Şekil 117. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	79
Şekil 118. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	79
Şekil 119. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	79
Şekil 120. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	80
Şekil 121. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	80
Şekil 122. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m ² 'deki adet dağılımları.	81
Şekil 123. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m ² 'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.	81
Şekil 124. İstasyon K0'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.	82
Şekil 125. İstasyon K0'da gerçekleştirilen tüm örnekleme türlerinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.	82
Şekil 126. Yatay çekim örnekleme türlerinden elde edilen sert plastiklerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	83
Şekil 127. Dikey çekim örnekleme türlerinden elde edilen sert plastiklerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	84
Şekil 128. Sediment örnekleme türlerinden elde edilen sert plastiklerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	85
Şekil 129. Sert plastiklerin boy-frekans değerleri.	86
Şekil 130. Yatay çekim örnekleme türlerinden elde edilen fiberlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	86
Şekil 131. Dikey çekim örnekleme türlerinden elde edilen fiberlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	87
Şekil 132. Sediment örnekleme türlerinden elde edilen fiberlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	88
Şekil 133. Fiber mikroplastiklerin boy-frekans değerleri.	88
Şekil 134. Yatay çekim örnekleme türlerinden elde edilen boya maddelerinin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	89
Şekil 135. Dikey çekim örnekleme türlerinden elde edilen boya maddelerinin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	90
Şekil 136. Sediment örnekleme türlerinden elde edilen boya maddelerinin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	90
Şekil 137. Boya maddesinin boy-frekans değerleri.	91
Şekil 138. Yatay çekim örnekleme türlerinden elde edilen polistiren maddelerinin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	92
Şekil 139. Dikey çekim örnekleme türlerinden elde edilen polistiren maddelerinin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.	92

Şekil 140. Sediment örneklemelerinden elde edilen polistiren maddelerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	93
Şekil 141. Polistiren materyallerin boy-frekans değerleri	94
Şekil 142. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	94
Şekil 143. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	95
Şekil 144. Sediment örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	95
Şekil 145. Pellet materyallerin boy-frekans değerleri	96
Şekil 146. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	97
Şekil 147. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	97
Şekil 148. Sediment örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	98
Şekil 149. Naylon materyallerin boy-frekans değerleri.....	99
Şekil 150. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen diğer materyallerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	99
Şekil 151. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen diğer materyallerin m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	100
Şekil 152. Diğer (tanımlanamamış) materyallerin boy-frekans değerleri	101
Şekil 153. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen kauçukların m ² 'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.....	101
Şekil 154. Kauçuk materyallerin boy-frekans değerleri	102
Şekil 155. İncelenen tüm mikroplastiklerin boy-frekans değerleri.....	103

SİMGE LİSTESİ

μm : Mikrometre

mm : Milimetre

m : Metre

km : Kilometre

m^2 : Metrekare

km^2 : Kilometrekare

$\%$: Yüzde

$^\circ$: Derece

' : Dakika

": Saniye

L : Litre

ml : Mililitre

G : Gram

Mm : Milimetre

M : Metre

Km : Kilometre

m^2 : Metrekare

km^2 : Kilometrekare

cm : Santimetre

cm^2 : Santimetrekare

cm^3 : Santimetreküp

+

: Artı

KISALTMA LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
İÇD	: İyi Çevre Durumu
DSÇD	:Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
DEKOS Projesi	: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
GF/C	: Cam mikro fiber filtre kâğıdı
NaCl	: Sodyum Klorür
H ₂ O ₂	: Hidrojen Peroksit
HCl	: Hidroklorik Asit

I. GİRİŞ

Marmara Denizi'nde, koriolis kuvvetinden kaynaklanan dairesel akıntılar yerine, Doğu-Batı doğrultusunda Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru düz bir yüzey akıntı sistemi vardır. Aynı zamanda kıyısal topografiden ve sürtünme direncinden doğan (orkoz) ters akıntılar da bulunmaktadır. Marmara Denizi sularına göre daha az tuzlu olan Karadeniz suları, bu iki deniz arasında çift yönlü akıntı sistemine neden olur. Marmara Denizi'nden Karadeniz'e Doğu-Batı doğrultusunda dip akıntısı vardır. Karadeniz sularını Akdeniz'e doğru taşıyan bu yüzey akıntısının altında ise, Marmara ve Karadeniz arasındaki yoğunluk farkı sebebiyle Batı-Doğu doğrultusunda bir dip akıntısı yer almaktadır. Bahsedilen yüzey ve dip akıntıları; tuzluluk, sıcaklık, oksijen içeriği, besleyici tuzlar gibi özellikleri açısından farklı iki su kütlelerini Marmara'ya getirerek burada iki denizin birbiri üzerinde yer almasına neden olmuşlardır (Artüz, 2011).

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz arasındaki deniz iletişimini ve bağlantısını sağlamaktadır. Avrupa ve Asya kıtaları arasında yer alıyor olması sonucunda sahip olduğu ekonomik ve sosyal önem, Marmara Denizi'nin oşinografik yapısının ve değişkenliğinin en önemli sebepleridir (Özsoy vd., 2000).

1950'lerden bu yana, Marmara Denizi çevresinde hızlı bir yapılaşma görülmektedir (Artüz, 2011). Bölgedeki yerleşim ve yapılaşma ise kalabalık nüfusa neden olmaktadır (Artüz, 2011). Nüfus patlaması, gayri safi milli hasıladaki artış ve özellikle de endüstriyel gelişme, Marmara Denizi'ndeki kirlenmenin, denizel ekosistemindeki artan kirliliğin kökenini oluşturmaktadır (Artüz, 2011). Tüm bu etkenler Marmara Denizi'ni evsel ve endüstriyel atıksuların deşarjlarına, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan kirliliğe, boğazlardan geçen gemi trafiğindeki artış eğiliminin yarattığı kirliliğe büyük oranlarda maruz bırakmaktadır (Özsoy vd., 2000; Taşdemir, 2002). Karadeniz'in yıpratıcı koşullarından da etkilenmekte olan Marmara Denizi'nin süreklilik arz eden kirliliği, insanları söz konusu kirliliğe karşı uygulamaya geçirilmesi gereken çözüm yöntemlerine muhtaç bırakmaktadır (Özsoy vd., 2000).

Denizlerdeki katı kirleticilerin kökeni karasal ve denizel kökenlidir. Denizel kökenli kirleticilerin çoğunluğu tekne ve gemilerden (ticaret gemileri, feribotlar, yolcu gemileri, balıkçılık gemileri, gezi tekneleri), açık deniz petrol ve gaz platformları, sondaj kuyuları ve yetiştiricilik tesislerinden gelir. Kara kökenli deniz çöpleri ise sahiller, iskeleler, limanlar, marinalar, rıhtım ve nehir kenarlarını içeren kıyı ve iç kaynaklı bölgelerden kaynaklanır (Vişne ve Bat, 2015).

Başta atıklar olmak üzere, denizel ortama ulaşan katı materyallere “denizel döküntü” denir (Allsopp vd., 2006). En yaygın denizel döküntü türleri; plastik ve sentetik materyallerdir (Allsopp vd., 2006). Her yıl balıkçılar tarafından denizlere yüzlerce kilo plastik, ağ net, ip vb. kirleticiler atılmaktadır (Taşdemir, 2002). Bununla beraber çeşitli başka kaynaklar vasıtasıyla denizlere ulaşan çok fazla plastik atık, yarattığı plastik kirliliği sebebiyle her yıl çeşitli türden birçok canlının ölmesine neden olmaktadır (Taşdemir, 2002) Marmara Denizi’ndeki plastik kökenli kirlenme yüksek seviyelerdedir (Taşdemir, 2002). Türkiye’de ise plastik atıklarının yalnızca %30’u geri dönüştürülmektedir (Sivri vd., 2017).

Evrensel sorunlardan biri olan denizel kirlilik, Avrupa Birliği (AB) tarafından göz ardı edilmemiştir. Bu sebeple AB, 2020 yılına kadar denizlerde İyi Çevre Durumu’na (İÇD) erişebilmeyi hedeflemektedir ve bu doğrultuda, denizel çevreyi daha etkin koruyabilmek amacıyla 17 Haziran 2008 tarihinde, “Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi”ni (AB-DSÇD) (2008/56/EC) yürürlüğe koymuştur. İÇD’nin uygulamada ne anlama geldiğini gözler önüne sermek amacı ile AB, AB-DSÇD EK I’de, İÇD’nin nasıl sağlanabileceğini gösteren 11 nitel tanımlayıcı belirtmiştir. 10 numaralı nitel tanımlayıcı; “denizel atıkların niteliği ve miktarı, sahil ve ekosisteme zarar vermeyecek düzeyde olmalıdır” ilkesine vurgu yapmaktadır. İÇD’ye ulaşabilmek için; atıkların denizel çevre üzerindeki etkileri kapsamında değerlendirilmesi ve incelenmesi gereken göstergeler de belirlenmiştir. Bu göstergelerden biri; denizel alanda ve kıyı bölgelerinde bulunan mikroplastik atıklar konusu ile ilgilidir (2010/477/EU). İÇD’de, doğru bir değerlendirme ve inceleme için, mikro parçacıkların (özellikle mikroplastiklerin); dağılımlarını, miktarlarını ve imkân varsa içerik eğilimlerini takip etmenin gerekli olduğu vurgulanmıştır (Galgani vd., 2013).

Mikroplastikler (<5mm), daha büyük boyuttaki plastiklerin parçalanması veya bozulmasıyla oluşan, doğal hayatı olumsuz etkileyen insan kaynaklı atıklardan biridir (Moore, 2008; Andrady, 2011; Woodall vd., 2014). Deniz canlılarının besin ağının temelini oluşturan plankton türleri için tehlike arz eden mikroplastiklerin (Andrady, 2011), biyolojik olarak parçalanmayan plastiklerin üretimi ve bundan kaynaklı atık imha etme uygulamalarındaki artış nedeniyle muhtemelen artmaya devam edecek olan kirlilik seviyeleri, denizel canlılar ve denizel kuş türleri için büyüyen bir tehdit oluşturacaktır (Azzarello ve Van Vleet, 1987). Kaplumbağalar, foklar, denizaslanları, balıklar ve balinalar dâhil olmak üzere en az 267 farklı türün, söz konusu plastik kirliliğinden; yutma ve dolanma yoluyla zarar gördükleri bilinmektedir (Allsopp vd., 2006). Yalnızca denizel kuş türlerinin dahi %44'ü plastik yutmaktadır (Moore, 2008).

Her denizel habitatta mikroplastik birikintilerine rastlanmaktadır (do Sul ve Costa, 2014). Güncel veri kaynaklarına göre bütün denizel organizma grupları, mikroplastiklerin zararlı etkilerine maruz kalma tehdidi altındadır (do Sul ve Costa, 2014). Mikroplastiklerin mikroorganizmalar üzerindeki etkisi, mikroplastik niteliğine (boyut, yoğunluk ve renk) ve organizmaların besin zincirindeki yerine bağlıdır (Sivri vd., 2017).

Okyanuslarda ve denizlerdeki geniş çapta plastik kirliliğinin varlığı 1970'lere kadar fark edilmemiştir (Azzarello ve Van Vleet, 1987). 80'li yılların başlıca plastik materyallerinin ticari üretimi, lastik ve diğer materyallerdeki kıtlığa ve dolayısıyla bunlar için büyük bir talep oluşmasına sebep olan İkinci Dünya Savaşı'na kadar başlamamıştır (O'Hara, 1988). Odun, kâğıt, metal ve cam gibi materyallere iyi bir alternatif olmuş olan plastikler, geniş çapta üretimini takiben düşen fiyatları ile birlikte büyük talep görmüştür (O'Hara, 1988). 1960 yılında dahi sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda yaklaşık 6.3 milyar pound plastik üretilmekteydi (O'Hara, 1988). Derraik (2002); Stefatos ve diğerlerinin (1999), plastiklerin denizel ortamda arz ettiği tehlikenin uzun bir süre görmezden gelindiğini ve durumun ciddiyetinin ancak yakın zamanda fark edildiğini belirttiklerini ifade etmektedir. Zamanında İngiliz Plastik Federasyonu Konseyi ve Plastik Enstitüsü üyesi olan Fergusson'un (1974): "Plastik atıklar, bütün atıkların yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır ve çevreye göze batmaktan başka hiçbir zararı yoktur" dediğini ayrıca belirtmektedir. Fergusson'un bu yorumu; plastiğin zararlı çevresel etkilerinin tamamen görmezden gelindiğinin açık bir kanıtıdır. Aynı

zamanda plastik endüstrisinin bile, son otuz yılda plastiklerin üretimi ve kullanımında meydana gelen patlamayı öngöremediğini ortaya koymaktadır (Derraik, 2002). Günümüzde, el-yüz bakımı ürünlerinde ve diş macunu gibi başlıca kişisel bakım ürünlerinin bazılarında kir aşındırıcı olarak bulunan mikroplastikler (Duis ve Coors, 2016), evrensel bilinçlenmenin, insan kaynaklı atıkların birikimi konusunda hâlâ yetersiz olduğunu göstermektedir.

Sedimentte biriken mikroplastikler; deniz morfolojisine, mekanik su kolonu hareketlerine ve yoğunluğa bağlı olarak su kolonuna geçip dağılım yapabilir (Wright vd., 2013). Su kolonundaki mikroplastik dağılımları ise; suyun yoğunluğuna, dalga hareketlerine ve akıntılara bağlı olarak değişim gösterir ve yüzey suyu hareketleri, yüzeydeki mikroplastiklerin geniş bir alana yayılımına neden olur (Wright vd., 2013). Mikroplastikler, nesiller boyunca denizel ortamda birikmekte ve dünya genelinde; sublittoralde, su kolonunda ve kıyısız sedimentte görülmektedir; ancak şimdiye kadar, mikroplastiklerin yalnızca kıta sahanlığı gibi belirli bölgelerde birikip birikmediği veya derin deniz sedimentlerinde var olup olmadığı hakkında belirli bir fikir ortaya konmamıştır (Cauwenberghe vd., 2013).

Carpenter ve diğerlerinin (Carpenter ve Smith, 1972; Carpenter vd., 1972) yaptıkları araştırmalar; plastiklerin varlığı ve çevresel etkilerinin bilinmesi açısından önemli bir kaynaktır. Carpenter ve Smith (1972), Sargassum (alg) örneklemeleri esnasında, yüzey ağlarında plastik parçacıklarına rastladıklarını belirtmişlerdir. Bu plastik parçacıklarının deniz yüzeyinde daha önce rapor edilmediğini ve bunun yanı sıra petrol yumaklarına da rastladıklarını kaydetmişlerdir. 2 deniz mili hızla çekilen bu yüzey ağından elde ettikleri materyalleri elle ayıklamışlar; en kuzey ve en güney çekim arasındaki uzaklık 1300 km olmak üzere, bu plastik parçacıklarının büyük bir alanda çokça bulunduğunu belirtmişlerdir. Plastik parçacıklarının en az buldukları alanların ise; Gulf Stream akıntılarının (Atlantik) gerçekleştiği bölgeler olduğunu gözlemlemişlerdir. Tespit ettikleri plastik parçacıklarının; şekillerini, türlerini ve renklerini (kırılgan, sert, yassı, silindir, polistren, kırmızı, yeşil vb) kayıt altına almışlardır. Carpenter ve Smith (1972), plastiklerin çoğunun yüzeyine kenetlenmiş olan diatom ve hidroidlerin varlığına da dikkat çekmişlerdir. Bu plastiklerin; diatom, hidroid ve bakteriler için yüzey görevi görüyor olmasının, bilinen tek biyolojik etki olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrı bir araştırma, Carpenter vd. (1972) tarafından gerçekleştirilmiştir. New England'ın güney kıyılarında polistiren küreciklerinin yaygın olduğunu belirtmişlerdir. 1971 yılında, plankton örnekleme esnasında, net üzerinde polistiren küreciklerine rastladıklarını ve polistirenlerin Long Island Boğazı'nın ekolojisi üzerindeki etkilerini belirlemek için numune aldıklarını belirtmişlerdir. Polistiren küreciklerinin şekillerinin, boyutlarının, dağılımlarının ve kimyasal bileşimlerinin farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Carpenter vd. (1972) tarafından sunulan araştırmalar; günümüzde birçok farklı araştırmada referans alınan, plastik parçacıklarının tespit edilmesi aşamasında başvuru öncü bir kaynak durumundadır. do Sul ve Costa (2014); 1972 yılında Carpenter ve Smith'in, Kuzey Atlantik Okyanusu yüzeyindeki plastik parçalarının varlığı konusunda bilgi veren ilk araştırmacılar olduklarını belirtmişlerdir. do Sul ve Costa (2014), sunmuş oldukları araştırma dâhilinde; Carpenter ve diğerlerinin 'artan plastik üretiminin, mevcut atık imha etme teknikleriyle beraber, deniz yüzeyinde daha büyük konsantrasyonlara sebep olabileceği yönündeki fikirlerine yer vermişlerdir.

Morris vd. (1974), İngiltere'deki Bristol Kanalı sularının maruz kaldığı mikroplastik atıklarla ilgili yaptıkları araştırmada, tıpkı Carpenter vd. (1972)'nin tespitlerine eş olarak, küçük polistiren köpük parçacıklarının belirli bölgelerde planktonların yaygın bir bileşeni haline gelmekte olduğunu belirtmişlerdir. Polistiren parçacıklarının, polistiren üreticilerinin atık sularından türemiş olduklarını saptamışlardır. Araştırmaya göre; bazı dip sedimentlerinde ve akarsu ağzındaki kıyılarda, özellikle de suyun azami kabarma noktasında görülen polistiren köpük parçacıklarının renkleri; şeffaf beyaz, yeşil veya kahverengi olarak değişmektedir. Söz konusu parçacıkların yoğunlukları sebebiyle büyük oranda batır yapıda olmadıkları ve çoğu zaman vakuollerle beraber tıkanık fazlar içerdikleri gözlemlenmiştir. Bu araştırma kapsamında; su yüzeyi ile dibi arasındaki 2m'lik yükseklikten, eğimli olarak alınan plankton örnekleri üzerinde -örgü açıklığı 270 mikrometre olan bir ağ ile donatılmış Lowesoft Plankton Örnekleyici kullanılarak- polistiren küre adedinin sayımları yapılmıştır (Morris vd., 1974).

Yakın geçmişte ve günümüzde, denizel ortamın korunması ile ilgili arazi ve laboratuvar çalışmaları gözle görünür biçimde artış göstermiştir (do Sul ve Costa, 2014). Denizlerde ve okyanuslarda, mikroplastik konusundaki araştırmalar genel olarak; plankton örnekleri, kumlu

ve çamurlu sedimentler, omurgalı ve omurgasızların sindirim sistemine ulaşımı ile kimyasal kirleticilerle etkileşimleri başlıkları altında yapılmaktadır (do Sul ve Costa, 2014).

Thompson vd. (2004); İngiltere'nin Plymouth bölgesindeki mikroplastığın miktarını belirlemek için, plajlardan, nehir ağzında bulunan (eustuarine) sedimentten ve subtidal sedimentten topladıkları örneklerin içeriğindeki doğal görünen maddeleri ayırıp, farklı olanları çıkarmışlar ve FITR analizi ile bu maddeleri tanımlamışlardır. Tanımlayamadıkları maddeler olduğunu, ancak bunların yaklaşık üçte birinin sentetik polimerlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca; bu polimerlerin çoğunun numunede mevcut olduğunu, ancak subtidal sedimentte belirgin şekilde daha bol miktarda bulunduğunu da raporlamışlardır. Sonuç olarak; yaptıkları çalışma ile 9 sentetik polimer türü tespit etmişlerdir. Mikroplastiklerin tortul habitatlarda belirgin bir şekilde yaygın olduğu sonucuna varmışlardır (Thompson vd., 2004).

Nel ve Froneman (2015); Güney Afrika'nın güneydoğu kıyı şeridi boyunca incelemeler yapmış, tespit edilen mikroplastik kirliliği değerlendirilerek; yüksek yoğunluklu mikroplastiklerin, kıyı şeridindeki yüzey suyunun ve sahil sedimentinin her ikisinde de karakterize olup olmadıklarını anlamayı amaçlamıştır. Güney yarımkürede, özellikle Güney Afrika'daki mikroplastik kirliliğinin boyutlarının tam anlamıyla bilinemediği belirtilmiştir (Nel ve Froneman, 2015). Sahil sedimentindeki ve su kolonundaki örnekleri, toplam 21 bölgede yapılan çalışmalar ile elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Araştırma, mikroplastik yoğunluğunun sahil sedimentinde arttığını ortaya koymuştur (Nel ve Froneman, 2015). Ancak sediment örnekleri tüm sahilin sadece küçük bir bölümünden toplandığı için, sahil sedimenti ile su kolonundaki mikroplastik varlığını karşılaştırmanın sağlıklı bir sonuç vermeyeceği söylenmiştir. Çalışma boyunca; koylarda ve sahil açıklarında (su örneği) fiber mikroplastiklere, fragmentlere ve polistiren mikroplastik parçalarına rastlamışlardır. Birçok kez; farklı yayınlarda, Güney Afrika'nın güneydoğu kıyı şeridindeki plajlar; 'bakir' ve 'bozulmamış' olarak tanımlanmış olsa da bu araştırma ile durumun tam olarak böyle olmadığını ortaya koymuşlardır. Çalışma sonunda oluşturulan rapor; söz konusu bölgeden alınan sahil sedimenti ve su kolonu örneklerinin ciddi ölçüde mikroplastik kirliliği ihtiva ettiğini gözler önüne seren ilk çalışmadır. Özellikle; sentetik maddelerin parçalanması ile (giyim ürünleri ve halılar gibi) oluşan mikro fiberlerin yarattığı kirliliğin yoğunluğu vurgulanmıştır. Bu çalışma, Güney Afrika'nın güneydoğu kıyı şeridindeki mikroplastik kirliliği sorununun kapsamını belirlemek

ve değerlendirmek adına gerçekleştirilmiş ilk örnek niteliğindedir ve bu anlamda atılmış önemli bir adım olarak, söz konusu soruna dikkat çekilmesine hizmet etmiştir (Nel ve Froneman, 2015).

Türkiye’de; mikroplastik kirliliğinin kamu bilincindeki yeri son birkaç yıldan beri büyümektedir (Güven vd., 2017). Güven vd., Türkiye’nin Akdeniz bölgesinde, bugüne kadar analiz edilen en geniş örnek hacmine sahip olan bir araştırma yapmışlardır (Güven vd., 2017). 28 tür ve 14 familyayı temsil eden toplamda 1337 balık numunesinin, mikroplastik atığının varlığının belirlenmesi için incelendiğini; buna ek olarak, aynı bölgedeki mikroplastiklerin sayımı için su ve sediment örneklerinin de analiz edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmalarına göre, su/sediment örneklerini Türkiye'nin Akdeniz kıyısında bulunan 18 farklı konumdan toplamış; balıkların mide ve bağırsaklarından toplam 182 mikroplastik çıkarmışlardır. Yutulan 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 renklilerin bulunduğu, incelenen balıkların %34’ünün midelerinde mikroplastığe rastlanıldığı görülmektedir. Pelajik balıkların demersallerden daha fazla plastik yuttukları raporlanmıştır. Yaptıkları bu çalışmada, genel olarak daha yüksek sayıda mikroplastik yutan balıkların, suda ve sedimentte daha fazla mikroplastığe rastlanan sahalardan gelmekte oldukları görüşünü belirtmişlerdir.

Yüksek ve Beken (2013), denizel çöplerin küresel bir kirlilik sorunu olduğunun kabul gördüğünü; Akdeniz ve Karadeniz dâhil olmak üzere UNEP'in küresel inisiyatifi kapsamında, birtakım bölgesel değerlendirmeler yapılmış olduğunu belirtmişlerdir. Konuyla ilgili araştırma ve takip etme ihtiyacındaki artış ile beraber; dağılım, yönelim ve ekosistemlerdeki etki üzerine mevcut verilerin yetersiz olmasından da yola çıkarak, T.C. evre ve şehircilik Bakanlığı’nın birtakım araştırmalara destek verdiğini vurgulamışlardır. Ulusal düzeyde entegre edilmiş olan DEKOS (Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi) projesi kapsamında, ülke genelinde kıyı, deniz yüzeyi ve deniz yatağı ile ilgili var olan bilginin kapsamı üzerine öncül bir değerlendirme hazırlandığını ve neredeyse tüm veri kümelerinin edinilmiş olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı periyotlarda elde edilen verilere göre trollerde biriken materyalin %90-97’sinin ambalaj materyalinden ve küçük bir kısmının balıkçılıktan,

deniz araçlarından ve kazalardan kaynaklanan atıklardan oluştuğunu aktarmışlardır. Ambalaj materyallerinin sebep olduğu kirliliğin %50'sinin plastikler ve diğer petrol türevlerinden, %30'unun ise teneke ve diğer alüminyum materyallerden oluştuğunu; atık birikiminin, İstanbul'un metropolitan bölgesi olan Büyükçekmece-Yenikapı kıyı sahanlığında (kuzey kıyı şeridi), tuzla tersanelerinin bulunduğu bölgelerde (güney kıyı şeridi) ve İzmit Körfezi'nde yoğunlaştığını ifade etmişlerdir. 1994 yılında, aynı trol istasyonu alanlarındaki atık miktarının 318 ton olduğu bilinmekte iken; bu değer, 2000 yılına kadar yaklaşık 6 kat arttığına dikkat çekmişlerdir. 2000 yılından sonra benzer veri setlerinin analizi ile daha güvenilir yönelim verilerinin elde edilebileceğini de belirtmişlerdir. Plastik kirliliği ile ilgili gözlem aktivitelerinin şimdiye kadar gerçekleştirilmemesi nedeniyle, Türk deniz diplerindeki çöplerin yayılımı hakkında sınırlı miktarda bilgiye ulaşıldığını belirtmişlerdir (Yüksek ve Beken, 2013).

Yeşilköy'ün kıyılarında sudan ve karadan alınan kum örneklerinin incelendiği bir çalışma yapan Sivri vd. (2017), kıyıdan denize geçen makroplastiklerin ve mikroplastiklerin denizel ekosisteme muhtemel giriş yollarını, bunların İstanbul'un kıyısız alanlarına etkilerinin belirlenmesini ve aynı zamanda İstanbul'un kıyı bölgelerini inceleyerek makro ve mikroplastiklerin kıyı ekosistemlerine ulaşmak için geçtiği aşamaları belirlemeyi amaçlamışlar. Çalışmadan elde ettikleri sonuçlara göre; Yeşilköy kıyılarındaki kirliliğin diğer ülkelerdeki kıyılardan nitelik ve nicelik bakımından daha yoğun olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, kıyı alanlarına ulaşan her plastiğin durum ve boyutlarına göre ayrı araştırmalarla takip edilmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır (Sivri vd., 2017).

Aytan vd. (2016), Karadeniz'in su yüzeyindeki (12 istasyon) mikroplastik oluşumu ve dağılımı hakkında ilk verileri sunmuş ve Avrupa Birliği Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (AB-DSÇD) kapsamında mikroplastikleri değerlendirmek için ilk kez katkıda bulunmuşlardır. Karadeniz, birçok sanayileşmiş ülkenin nehir boşaltımının yarı kapalı denize açılması nedeniyle yüksek bir plastik kirliliği riski taşımaktadır (Aytan vd., 2016). Araştırmaya göre, mikroplastik maddeler Karadeniz'in güneydoğu sahili boyunca ilk kez, iki yolculuk sırasında alınan (nöstön) zooplankton örneklerine göre değerlendirilmiş ve numunelerin %92'sinde mikroplastik bulunmuştur. Elde ettikleri sonuç ise; birincil grubun fiber (%49,4) olduğu, bunu plastik tabakaların (%30,6) ve küçük plastik parçacıkların (%20) izlediği ve hiçbir mikro boncuğun bulunmadığıdır. Bu çalışma öncesinde Karadeniz'e ait mikroplastik verilerinin

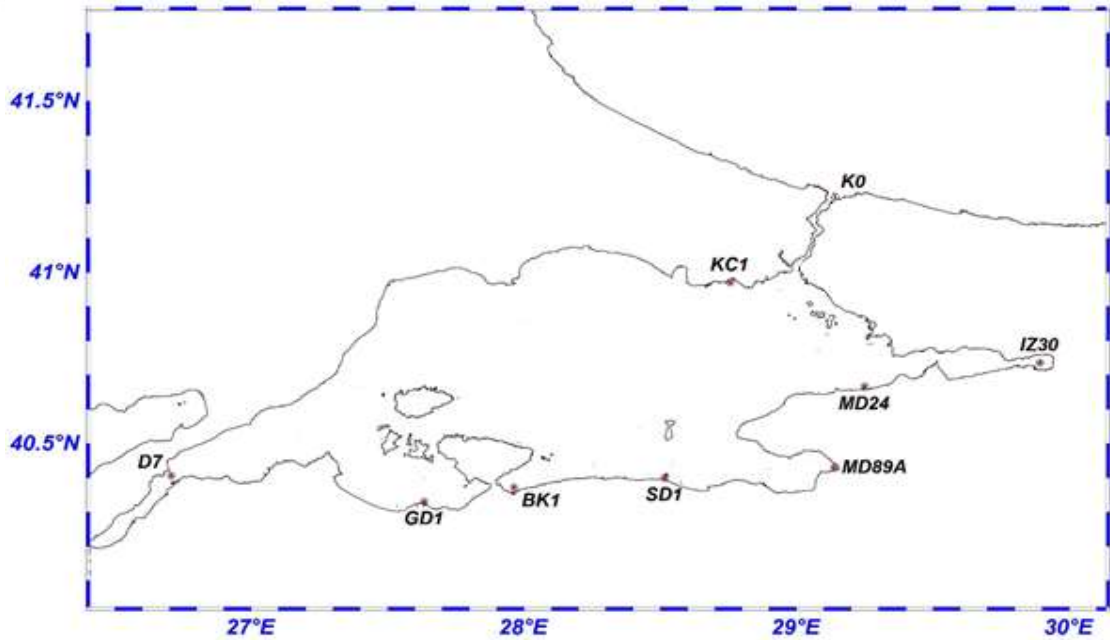
bulunmamasının, o dönem bölgesel karşılaştırmalı analiz yapılmasını engellediğini belirtmişlerdir. Mikroplastiklerin potansiyel kökenleri hakkında daha fazla bilgi sağlamak için FTIR analizi de dâhil olmak üzere daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğunu eklemiştir (Aytan vd., 2016).

Bu araştırmanın amacı; Ağustos 2014 ve Mart 2015'te Marmara Denizi'nde örneklenen mikroplastik materyallerinin Marmara Denizi'ndeki karakterizasyonunu ve dağılımını belirleyip ortaya koymak, bölgenin zaman içindeki değişimlerinin gözlenebilmesi için şu anki denizel mikroplastik kirliliğinin boyutlarına ışık tutmak, Marmara Denizi'nin mikroplastik kirliliğinden korunması konusundaki planlara ve projelere katkı sağlamaktır. Gerçekleştirilmiş olan bu araştırmanın; daha sonra yapılacak benzer araştırmalar için öncü bir kaynak olması, Marmara Denizi'nin sedimentleri ve su katmanlarındaki mikroplastik kirliliğinin tespitinin, ilgili kişi ve kurumlar için faydalı olması umut edilmektedir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Marmara Denizi'nde, Ağustos 2014'te iki ve Mart 2015'te yedi istasyon olmak üzere toplam dokuz istasyonda örnekleme yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışılan istasyonlar ve konumlar.

2.2. Çalışma İstasyonları ve Örnekleme

Ağustos 2014'te iki ve Mart 2015'te yedi olmak üzere, çalışılan dokuz istasyon; akıntı, nehir etki alanları, rüzgâr, evsel yerleşim alanlarının etkin varlığı, sanayileşmenin yoğun olduğu bölgeler ele alınarak belirlenmiştir. Numuneler; yüzeyden, su kolonundan ve sedimentten alınmıştır.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi kapsamında, mikroplastikler ile ilgili ortak bir çalışmaya gidilmiştir. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü; AB-DSÇD'yi referans alarak mikroplastiklerin örnekleme ve laboratuvar araştırma yöntemlerini belirlemek amacıyla ortaklaşa bir standardizasyon belirlemişlerdir. Bu standardizasyona bağlı kalarak, mikroplastiklerin deniz yüzeyindeki, su kolonundaki ve sedimentteki varlıkları tespit edilmiştir.

Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarına bakarak, mikroplastik kirliliğinin hangi sebeplerden ötürü oluştuğuyla ilgili, bu başlık altındaki grafiklerden bir tahmin yürütülebilir (Şekil 2).

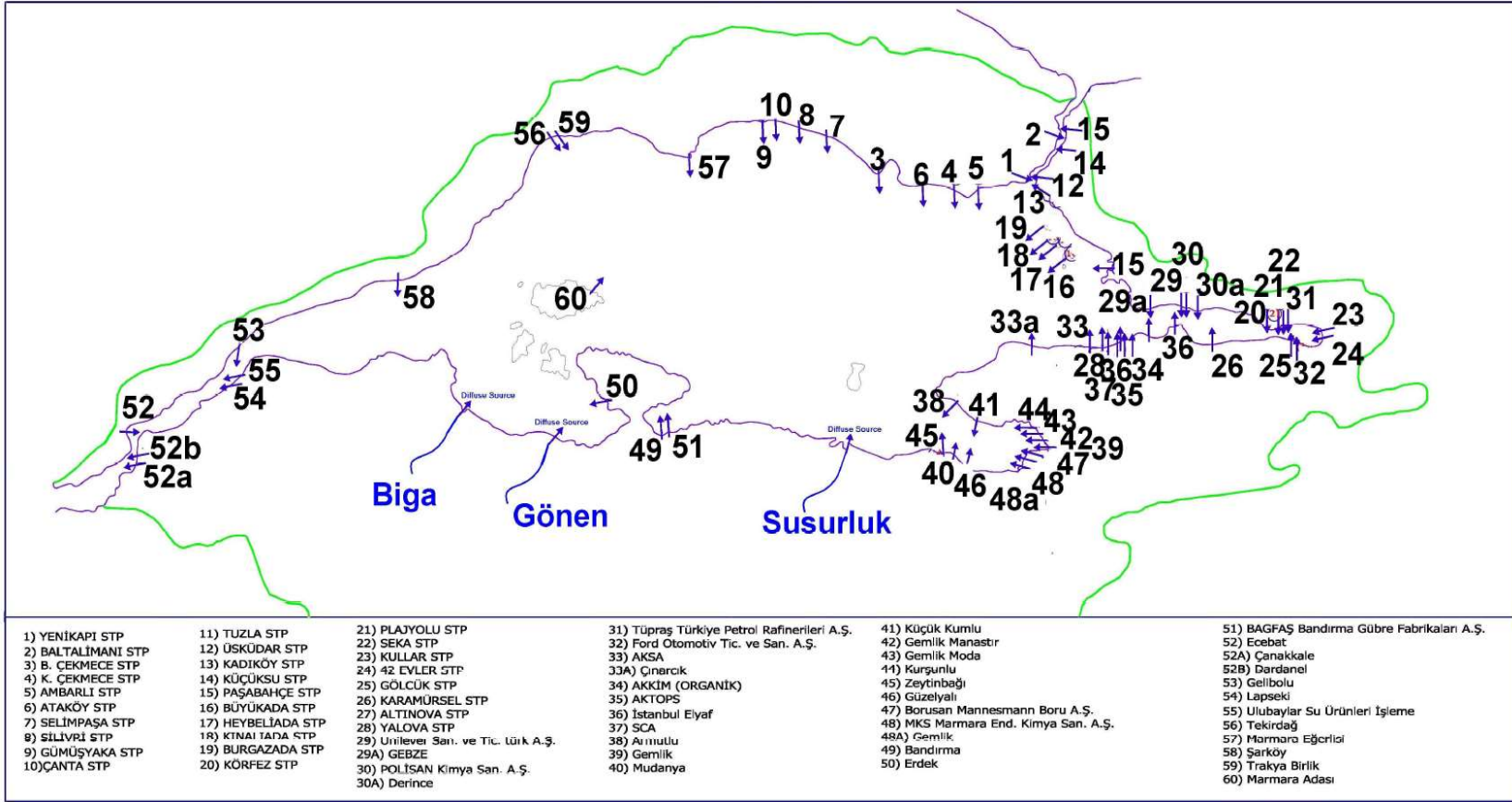
Mikroplastiklerin, küçük boyutlarından dolayı büyük parçalara göre yatay akımlardan daha fazla etkilendiği görülse de bütün okyanusal sirkülasyonlardan etkilendikleri, araştırmalar neticesinde edinilen bir gerçektir (Wright vd., 2013). Tüm bu süreçler göz önünde bulundurularak, bu çalışmada mikroplastiklerin tespiti için üç örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

Örnekleme yöntemleri;

- Yüzeyden yapılan 10 ve 15 dakikalık yatay çekimler
- Ara tabaka dikkate alınarak yapılan dikey çekimler
- van Veen Grab kullanılarak gerçekleştirilen sediment örnekleme yöntemidir.

Yatay çekim, D7, GD1, BK1, SD1, MD89A, İZ30, KC1 ve K0 olmak üzere 8 istasyonda yapılmıştır. MD24 adlı istasyonda, yaşanan bazı aksaklıklar nedeniyle yatay çekim yapılamamıştır.

Dikey çekim ve sediment örnekleme, tüm istasyonlarda (D7, GD1, BK1, SD1, MD89A, MD24, İZ30, KC1, K0) yapılmıştır.



Şekil 2. Marmara Denizi'ndeki noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları (MEMPIŞ Projesi, 2008).

Tablo 1. Çalışılan istasyonların derinlikleri, koordinatları ve çalışılan derinlikler.

İstasyon	Enlem (°)	Boylam (°)	Dikey Çekim Derinliği (m)	Yatay Çekim Süresi (dakika)	Sediment Örnekleme Derinliği (m)	Toplam Derinlik (m)
D7	40° 24' 23"	26° 42' 24"	0 - 20	15	70	73
K0	41° 13' 30"	29° 08' 00"	0 - 20	15	72	72
BK1	40° 22' 16"	27° 57' 50"	0 - 20	15	37	41
SD1	40° 23' 58"	28° 30' 57"	0 - 7	15	12	11
GD1	40° 19' 48"	27° 38' 05"	0 - 10	15	15	16
KC1	40° 58' 14"	28° 45' 23"	0 - 20	15	30	37
MD89A	40° 25' 48"	29° 08' 13"	0 - 20	10	40	40
IZ30	40° 44' 12"	29° 53' 30"	0 - 20	15	26	28
MD24	40° 40' 00"	29° 15' 00"	0 - 20	*	40	58

2.3. Örneklerin İşlenmesi ve Verilerin Değerlendirilmesi

Mikroplastik örnekleri;

- KC1 ve K0 istasyonları 200 µm olmakla birlikte diğer tüm istasyonlar 335 µm göz açıklığı, 2,5 m uzunluğa ve 57 cm çapa sahip Nansen tipi plankton kepçesi kullanılarak 2 mil hızda 10 ve 15 dakikalık yatay çekim ile
- Ara tabaka göz önünde bulundurularak, 335 µm göz açıklığı, 2,5 m uzunluğa ve 57 cm çapa sahip Nansen tipi plankton kepçesi kullanılarak SD1 istasyonu 0-7 metre arasında, GD1 0-10 metre arasında olmakla birlikte diğer tüm istasyonlar 0-20 metre arasında dikey çekim ile
- Deniz tabanından van Veen Grap (1000 cm²) ile alınan sedimentin yüzeyinin kazınması ile elde edilmiştir.

Örneklemede kullanılan ekipmanlar, elde edilen materyallerin verimli ve doğru sonuçlar vermesi için her örnekleme sonrasında basınçlı su ile dikkatlice yıkanmıştır.

Elde edilen örnekler, sudaki organik materyal aktivitesinin sonlanması için %70'lik etil alkol içerisinde ve +4 santigrat derecede cam kavanozlarda muhafaza edilmiştir. Sediment örnekleri van Veen Grap (1000 cm²) ile alındıktan sonra yüzey kazınarak elde edildiğinden, kazınacak sediment yüzeyinin dağılıp zarar görmemesi adına, alkol içerisine alınmamıştır.

Su örnekleri 5 mm ve 1mm göz açıklığına sahip eleklerden süzülerek 2 L'lik bir beher içine alınmış, 5 mm ve 1 mm'den küçük boyutlardaki maddelerin ayrımı sağlanmıştır. Eleklerin üzerinde kalan parçacıklar distile su ile iyice yıkanmış ve kalan parçacıklar arasından plastikler seçilerek GF/C filtre kâğıdına alınmıştır.

Beher içerisinde kalan örnekler, 26 mikron göz açıklığına sahip olan net üzerinden, vakumlu süzme seti kullanılarak süzülmüştür. Kontaminasyona sebep olmamak için işlem araları boyunca beherin ağzı alüminyum folyo ile kapatılmıştır.

van Veen Grap (1000 cm²) ile alınan sediment materyali, havadan veya giysilerden bulaşmış olma ihtimali olan mikroplastiklerden ayırmak ve böylece doğru ölçüm yapabilmiş olmak adına öncesinde distile su ile yıkanıp kurutulduktan sonra kapağı kapatılmış olan cam kavanozlarda muhafaza edilmiştir. Kavanozlarda muhafaza edilen bu sediment örneğinin de

yine özellikle yüzey kısmı kazınarak, 80 ml'lik bir beher yardımı ile 50 ml miktara sahip sediment materyali elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilmiş olan sediment materyali 2 L'lik bir beher içerisine alınmıştır. Bu beher içerisinde, sediment örneğindeki plastiklerin sediment örneğinden ayrılması için $1,2 \text{ g/cm}^3$ derişimindeki NaCl (Sodyum Klorür) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Bu karışım, ağzı alüminyum folyo ile kapalı bir halde bir saat bekletilmiştir. Bir saat bekledikten sonra, 5 L'lik başka bir beherin üstüne 5 mm ve 1 mm göz açıklığındaki elekler yerleştirilmiştir. Bir saat bekletilen 2 L'lik beherdeki çözelti, dikkatlice bu eleklerin üstüne konulmuş ve beherin üst kısmında yüzüyor olan plastik parçacıklar, aynı derişimdeki NaCl çözeltisi kullanılarak taşıma yöntemiyle 5 L'lik beherin içine aktarılmıştır. Daha sonra, öncelikle 5 mm ve 1mm göz açıklığındaki eleklerin üzerinde, eğer varsa, kalan plastik parçaları toplanarak GF/C filtre kâğıdına alınmıştır. 2 L'lik beherden 5 L'lik behere süzülen sıvı ise, 26 mikron net aracılığıyla vakumlu süzme seti kullanılarak süzülmüştür. Böylelikle süzülen sıvıdaki materyal 26 mikron net üzerinde birikmiştir. Sonrasında bu 26 mikron net, ince uçlu bir pens yardımıyla, dikkatlice temiz cam bir petri kabının içerisine alınmıştır. Petri içerisindeki 26 mikron netin üzerinde bulunan, istenmeyen organik materyalin bu ortamdan kısmen de olsa parçalanarak uzaklaştırılması için, %35 derişime sahip olan SP_2O_2 (hidrojen peroksit), temiz cam damlalık yardımı ile örneklerin üzerine, organik materyalin yoğunluğuna göre 5-10 damla damlatılıp beklenmiştir. Bekletilen örneklere SP_2O_2 damlatma işlemi, yine örneklerin organik madde yoğunluklarına göre 4-5 gün boyunca uygulanmıştır. Organik materyalin kısmen dahi olsa uzaklaşmadığı yoğun örneklerde, ileri bir aşama olarak %10 derişime sahip olan HCl (hidroklorik asit) yine SP_2O_2 'nin eklendiği yöntemdeki gibi, örneklerin üzerine gerekli görüldüğü miktarda ve günde damlatılmıştır. Organik materyalden kısmen arındığı saptanan bu örnekler, çalışır durumdaki çeker ocakta SP_2O_2 ve/veya HCl'nin ortamdan uzaklaşması için minimum 8 saat bekletilmiştir.

Örnekler, çeker ocakta bekletildikten sonra, Leica EZ4 stereo mikroskop kullanılarak, saptanabilen renge (kırmızı, sarı, yeşil vb.) ve materyal cinsine (sert plastik, fiber, naylon vb.) göre, ince uçlu bir pens yardımıyla örneklerin plastik parçaları ayıklanıp, başka bir temiz cam petri içindeki GF/C filtre kâğıdına aktarılmıştır (Şekil 3).

GF/C filtre kâğıdına alınan sınıflandırılmış materyallerin uzunlukları, Leica 2500 stereo mikroskop ve kamera sistemi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılırken en uzun mesafe dikkate alınmıştır.



Şekil 3. Cam petride bulunan GF/C filtre kâğıdına aktarılan mikroplastikler.

2.4. Mikroplastiklerin sınıflandırılması

Mikroplastik örneklerinin mikroskop incelemesinde renk ve plastik türü ayrımı, kodlama yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Tablo 2). Mikroplastiklerin ayrımını yapabilmek için belirtilen kodlama sistemi, Güven vd.'nin (2017) ‘‘Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish’’ adlı çalışması temel alınarak oluşturulmuştur.

Tablo 2. Mikroplastiklerin kodları ve renkleri.

Sert Plastik		Fiber		Fiber Demeti		Naylon	
Kod	Açıklama	Kod	Açıklama	Kod	Açıklama	Kod	Açıklama
SP1	Beyaz	F1	Kırmızı	FD1	Beyaz	N1	Beyaz
SP2	Gri	F2	Sarı	FD2	Kırmızı	N2	Kristal
SP3	Kırmızı	F3	Yeşil	FD3	Yeşil	N3	Mavi
SP4	Kahverengi (renklenmiş)	F4	Mavi	FD4	Mavi	N4	Şeffaf
SP5	Kristal	F5	Mor	FD5	Mor	N5	Kahverengi
SP6	Mavi	F6	Siyah	FD6	Siyah	N6	Gri
SP7	Mor	F7	Kahverengi	FD8	Şeffaf	N7	Kırmızı
SP8	Sarı	F8	Şeffaf	FD9	Kahverengi	N8	Siyah
SP9	Şeffaf (mineral)	F9	Beyaz			N9	Yeşil
SP10	Şeffaf (plaka)					N10	Mor
SP11	Şeffaf					N11	Sarı
SP12	Siyah						
SP13	Yeşil						
SP14	Yeşil (renklenmiş)						
SP15	Kahverengi						
Pellet		Polistiren		Kauçuk		Boya Maddesi	
Kod	Açıklama	Kod	Açıklama	Kod	Açıklama	Kod	Açıklama
PL1	Siyah	P1	Beyaz	K1	Siyah	B1	Kahverengi
PL2	Mavi	P2	Siyah	K2	Kahverengi	B2	Yeşil
PL3	Kahverengi (renklenmiş)	P3	Mavi	K3	Yeşil	B3	Gri
PL4	Yeşil	P4	Yeşil	K4	Beyaz		
PL5	Kristal / Şeffaf	P5	Kırmızı	K5	Gri		
PL6	Gri	P6	Gri				Diğer
PL7	Mor					Kod	Açıklama
PL8	Kırmızı					D1	Beyaz
PL9	Beyaz					D2	Kahverengi
PL10	Sarı					D3	Siyah

III. BULGULAR

Ağustos 2014 ve Mart 2015'te, Marmara Denizi'ndeki mikroplastik kirliliğinin belirlenmesi için yapılan araştırma bulguları, alt başlıklar içinde sunulmuştur.

3.1. Çalışılan İstasyonlardaki Mikroplastik Dağılımı ve Karakterizasyonu

Çalışılan 9 istasyonun yüzey, su kolonu ve sediment örneklerinden elde edilen mikroplastiklerin; ortamdaki varlığı (adet/m²), renk dağılımı (%) ve boy-frekans değerleri ayrı başlıklar altında incelenmiş ve bununla birlikte toplam sonuç değerlendirmesi yapılmıştır.

MD24 adlı istasyonda, olumsuz çalışma koşulları nedeniyle yatay çekim örnekleme yapılamamıştır.

Araştırma süresince, birkaç fiberin birbiri içine girerek yumak oluşturdukları durumlarla karşılaşmış, bu yumaklar fiber demeti (FD) olarak adlandırılmıştır. Bir değil birkaç fiberden oluşan bu yumaklar, boy ölçümünde kesin bir sonuç veremeyeceği için boy-frekans analizine dâhil edilmemiştir. Buna göre 2852 adet mikroplastik materyalin boy-frekans analizi yapılmıştır. Sayılar, virgülden sonra iki basamak olacak şekilde yuvarlanmıştır.

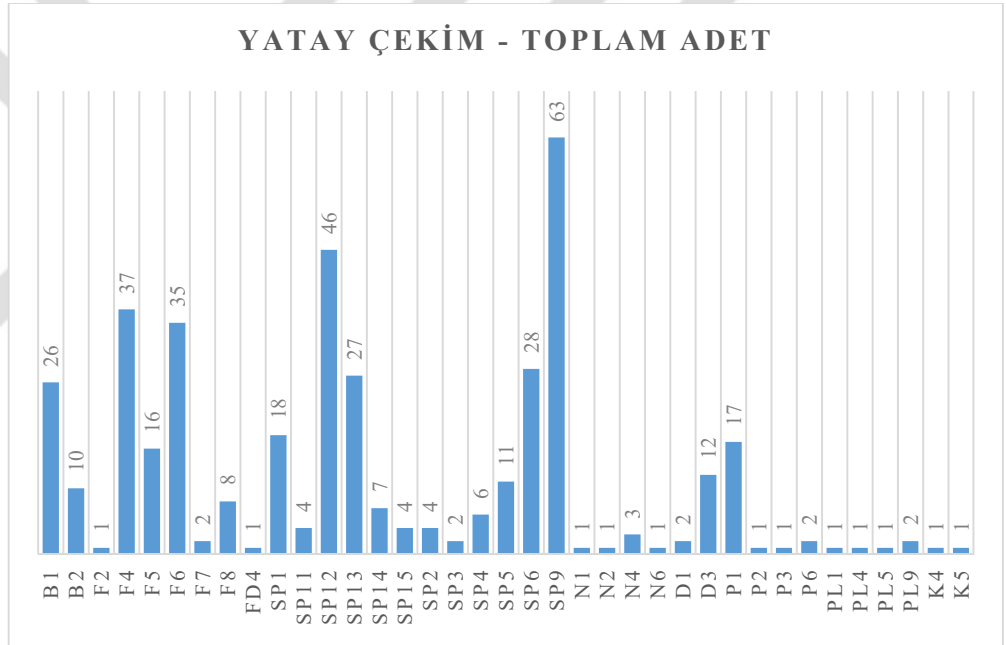
Mikroplastik adetleri ile ilgili tüm grafiklerde ve renk dağılımlarındaki tüm şekillerde FD verileri bulunmaktadır. Sayılar, virgülden sonra bir basamak olacak şekilde yuvarlanmıştır.

3.1.1. İstasyon BK1

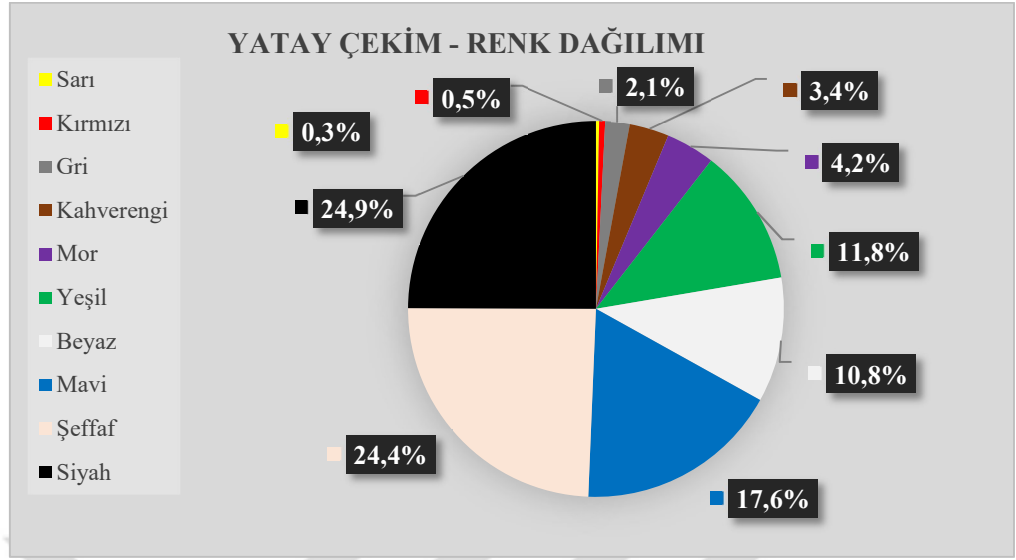
Yatay çekim

15 dakika süren yatay çekimde, SP9 kodlu (şeffaf/mineral) mikroplastiklerin adet olarak çokluğu tespit edilmiştir (Şekil 4). Mikroplastiklerin renk dağılımları incelendiğinde, siyah ve şeffaf renge çok, sarı ve kırmızı renge ise az miktarda rastlanılmıştır (Şekil 5).

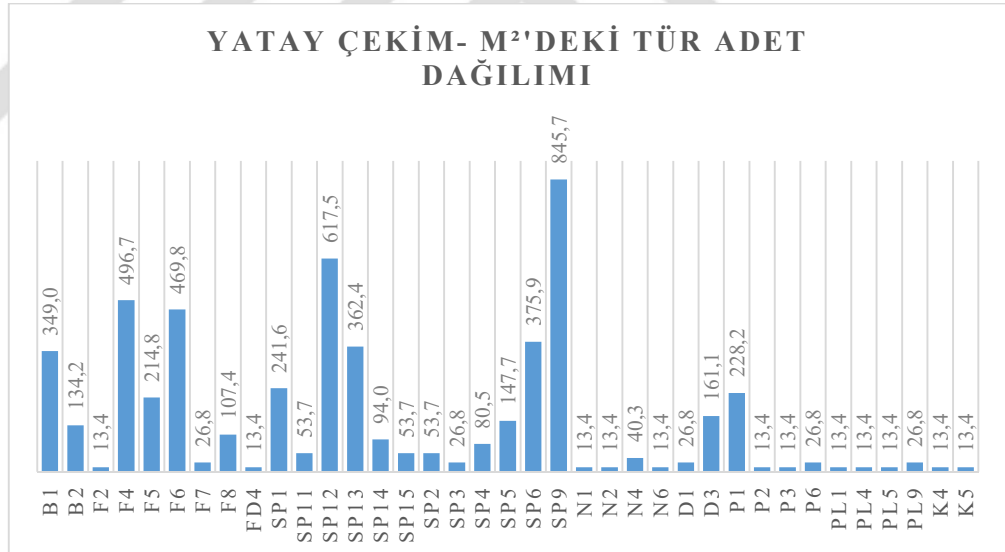
İnceleme sonucunda belirlenen m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımının, toplam adet ve toplam renk verileri ile doğru orantılı olduğu gözlenmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7).



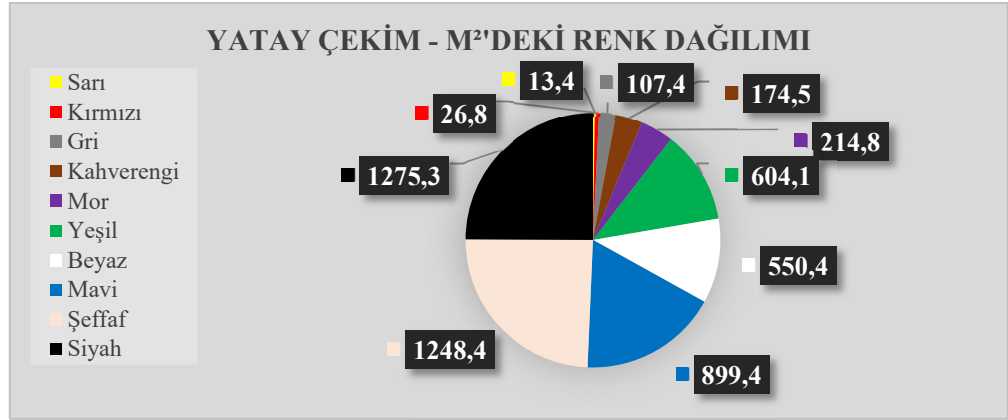
Şekil 4. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 5. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 6. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

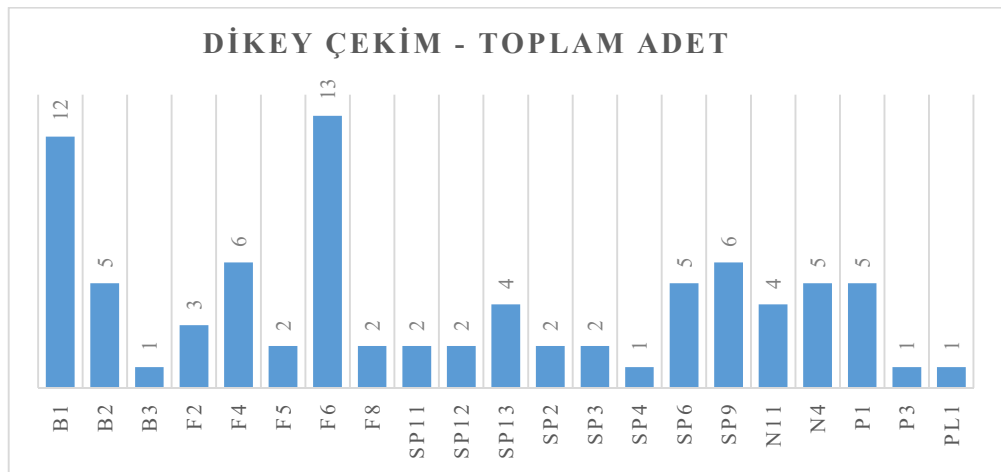


Şekil 7. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

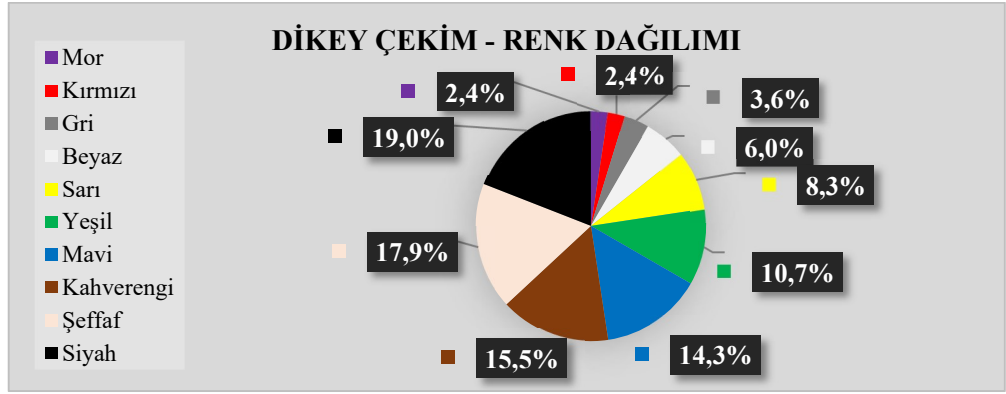
Dikey çekim

0-20 metre arasında gerçekleştirilen örneklemeden elde edilen mikroplastikler incelendiğinde; su kütlesinde çoğunlukla siyah fiber (F6) ve kahverengi boya maddesi (B1) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8). Ortamda daha çok siyah, kahverengi ve şeffaf renge rastlanılmıştır (Şekil 9).

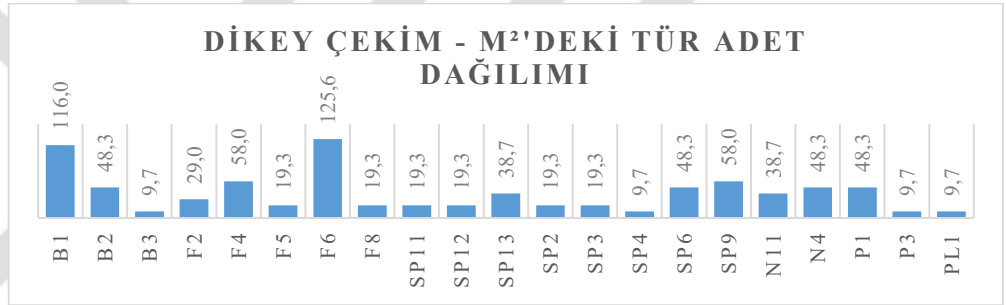
Tespit edilen mikroplastiklerin m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı, Şekil 10 ve Şekil 11’dir.



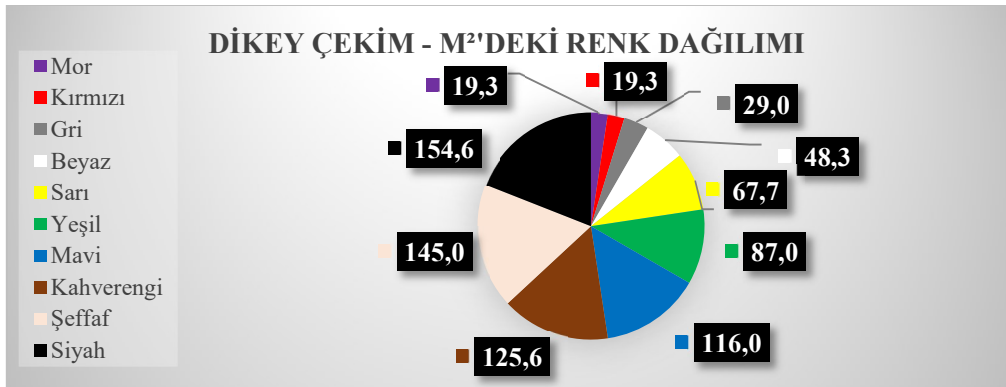
Şekil 8. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 9. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 10. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

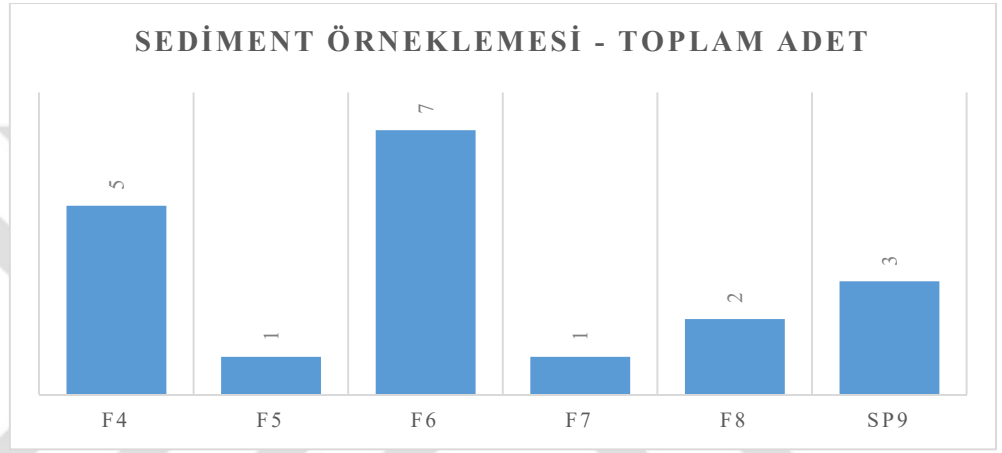


Şekil 11. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

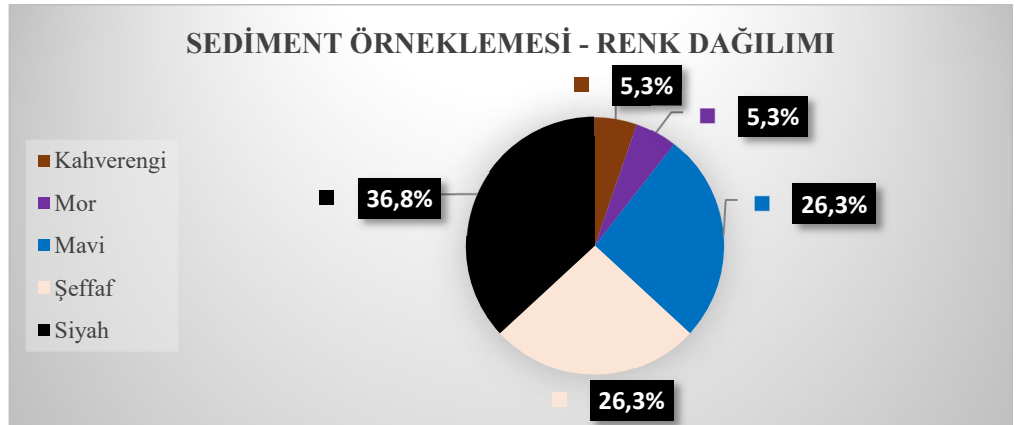
Sediment örnekleme

37 metreden alınan sediment örneğinde en çok siyah fiber (F6) görülmüştür (Şekil 12). Siyah fiberin adet olarak çokluğu, örnekteki siyah mikroplastik adedini de etkilemiş olduğundan, sedimentte en çok siyah renk görülmüştür (Şekil 13).

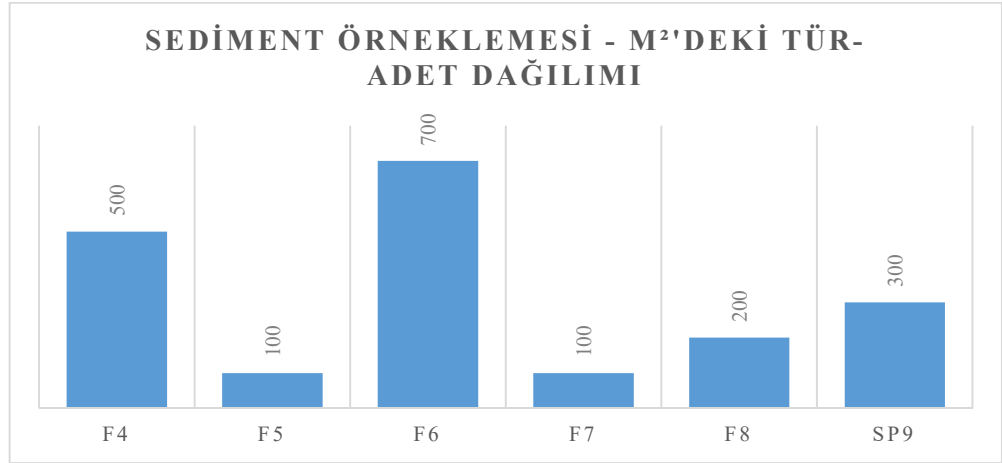
Sediment incelemesi sonucunda, m²'deki türlerin adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımı ise Şekil 14'te ve Şekil 15'te gösterilmiştir.



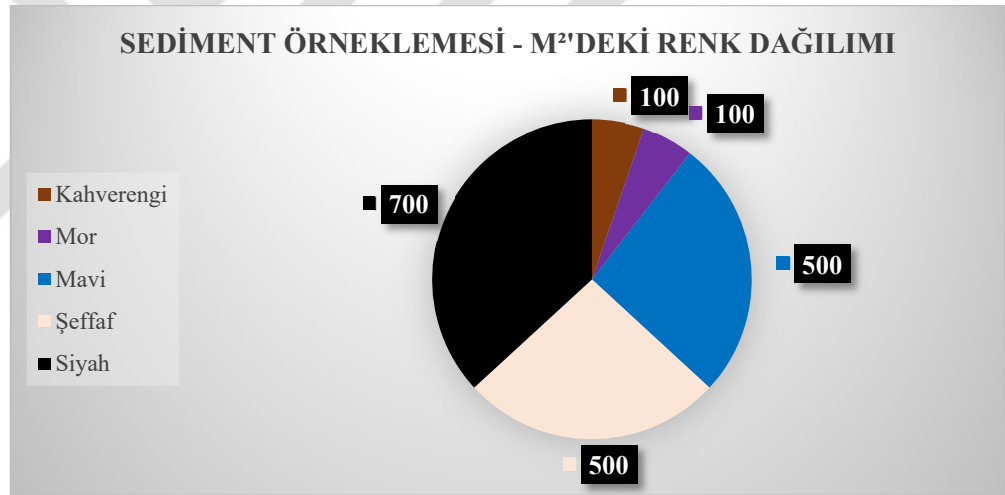
Şekil 12. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen sediment örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 13. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen sediment örnekleme renk dağılım yüzdeleri.



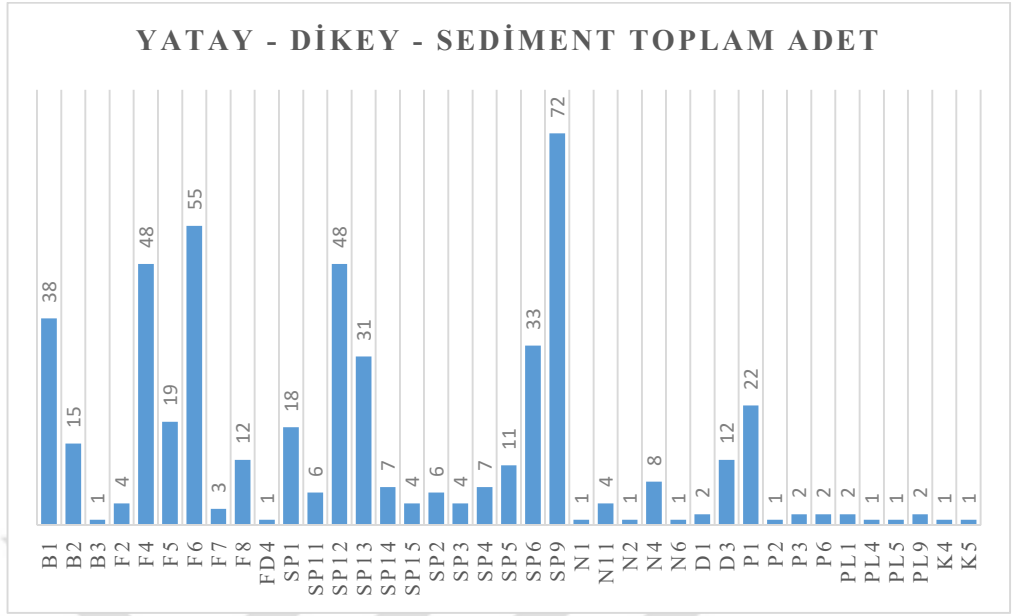
Şekil 14. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



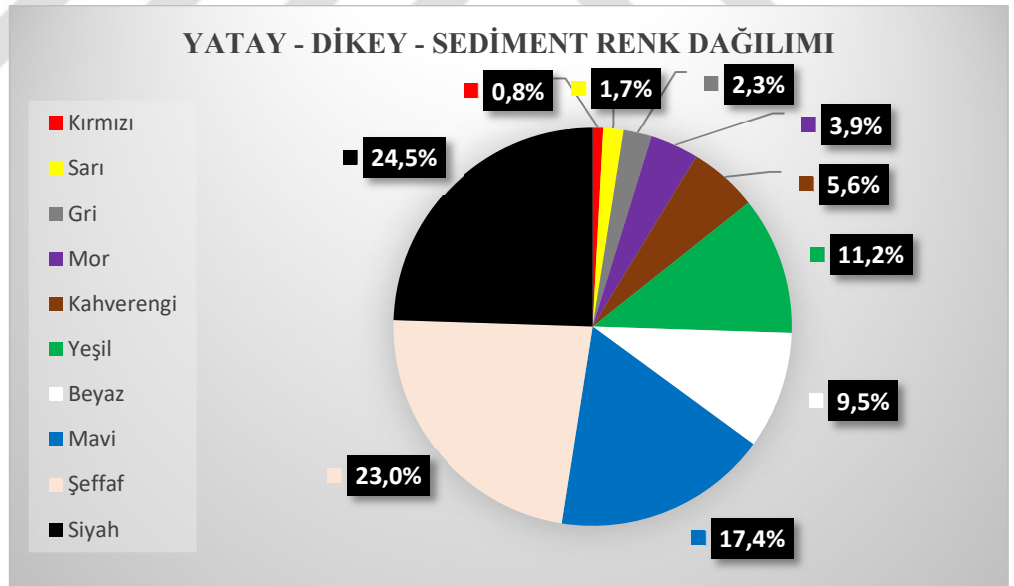
Şekil 15. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemeinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon BK1’de; sıklıkla şeffaf/mineral sert plastikler (SP9) bulunmuştur (Şekil 16). Siyah ve şeffaf renk ise istasyonda en sık rastlanan renktir (Şekil 17).



Şekil 16. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 17. İstasyon BK1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

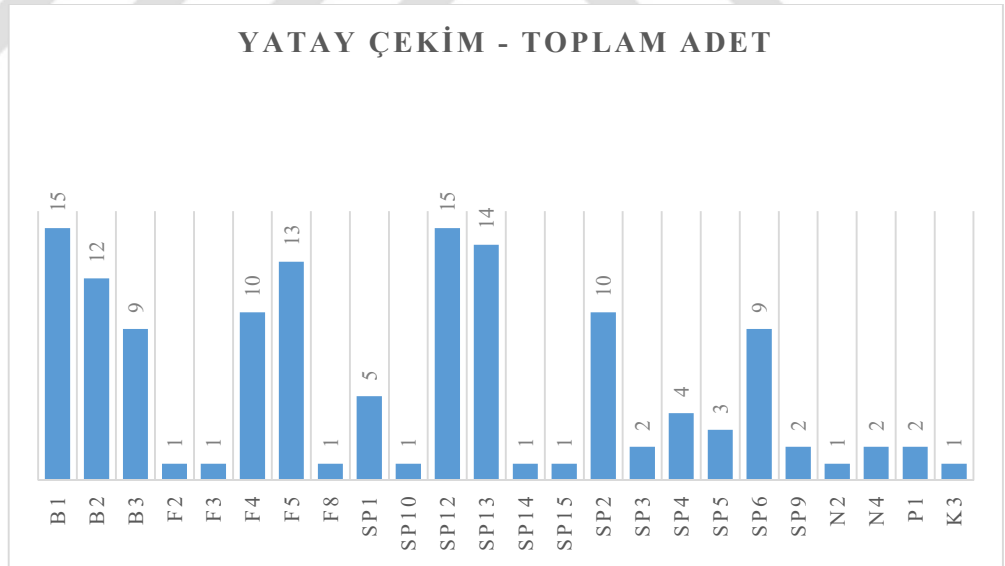
3.1.2. İstasyon D7

Yatay çekim

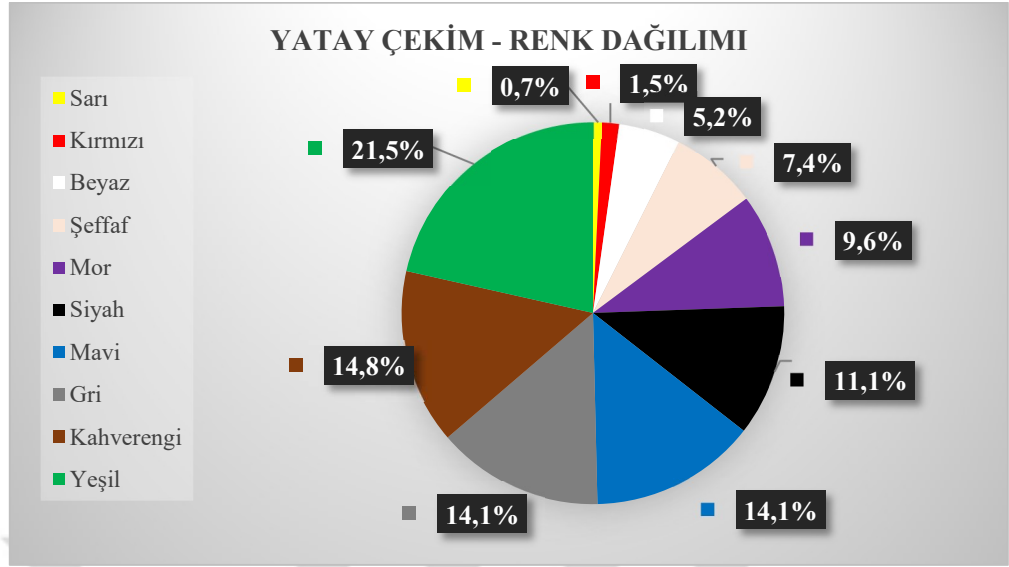
15 dakika süren yatay çekim örnekleme sonucunda, su yüzeyinde siyah sert plastik (SP12) ve kahverengi boya maddesi (B1) eşit sayıda (Şekil 18). Yüzeyde en çok sert plastiklere rastlanılmıştır (Şekil 18). Boya maddelerinin de adetçe fazla olduğu görülmüştür (Şekil 18).

Su yüzeyinde en çok yeşil renge rastlanılmıştır (Şekil 19). Sarı ve kırmızı renk oldukça azdır (Şekil 19).

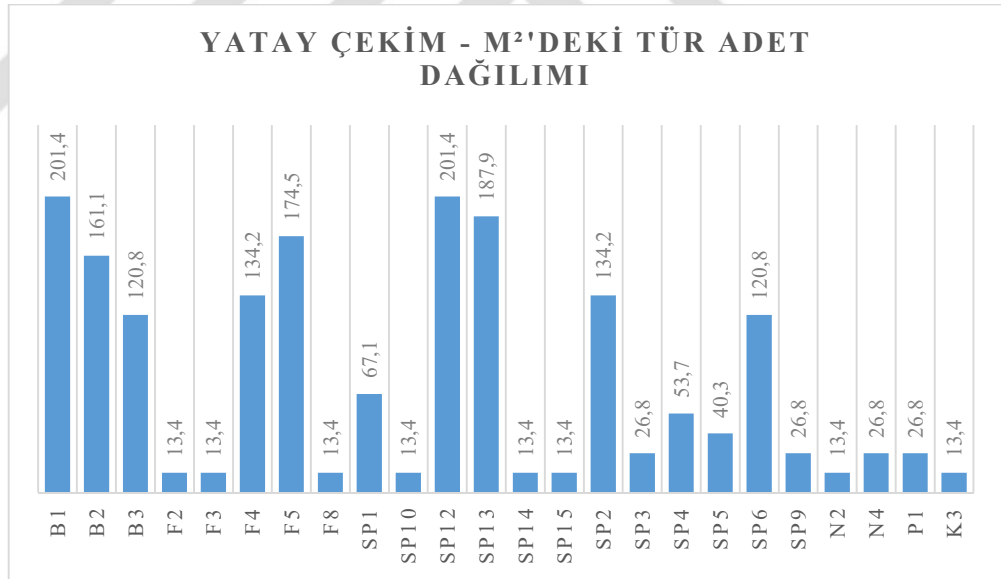
Şekil 20 ve Şekil 21’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



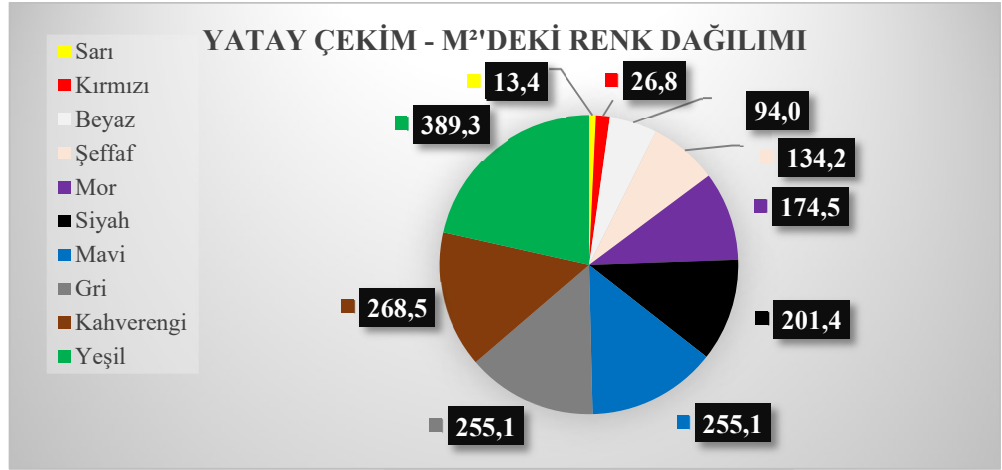
Şekil 18. İstasyon D7’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 19. İstasyon D7’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 20. İstasyon D7’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

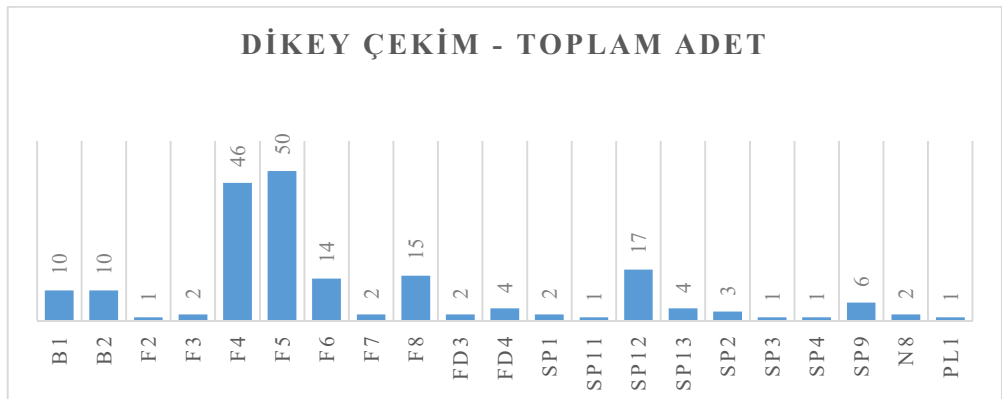


Şekil 21. İstasyon D7'de gerçekleştirilen yatay çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

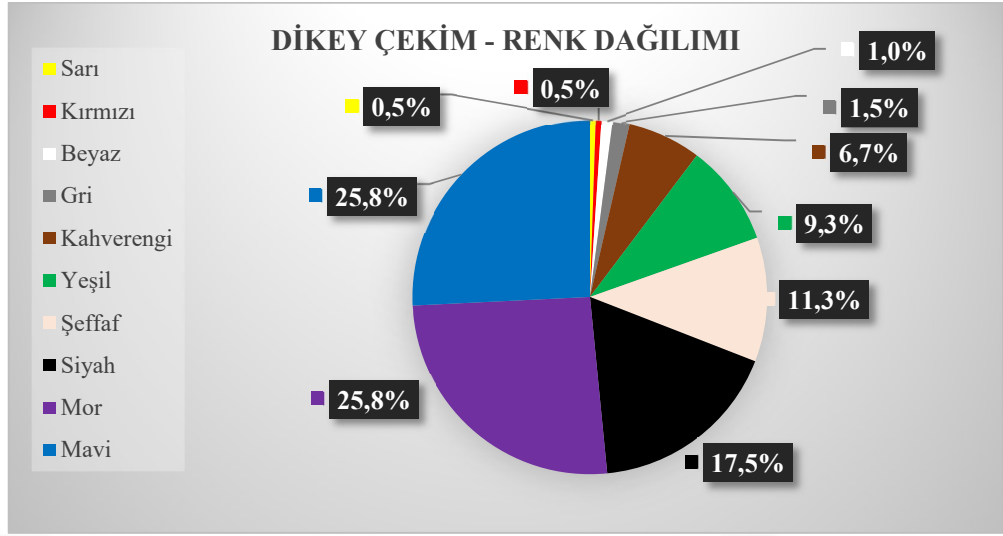
Dikey çekim

Dikey örnekleme 0-20 metre arasında gerçekleştirilmiştir. Mor fiber (F5) ve mavi fiber (F4), su kolonunda oldukça fazladır (Şekil 22). Su kolonunda tespit edilmiş olan fiber türlerinin ortamdaki baskınlığı, toplam adet dağılımlarında görülmektedir (Şekil 22). Mavi ve mor fiberler, su kolonunda en çok mavi ve mor rengin görülmesinin nedenidir (Şekil 23).

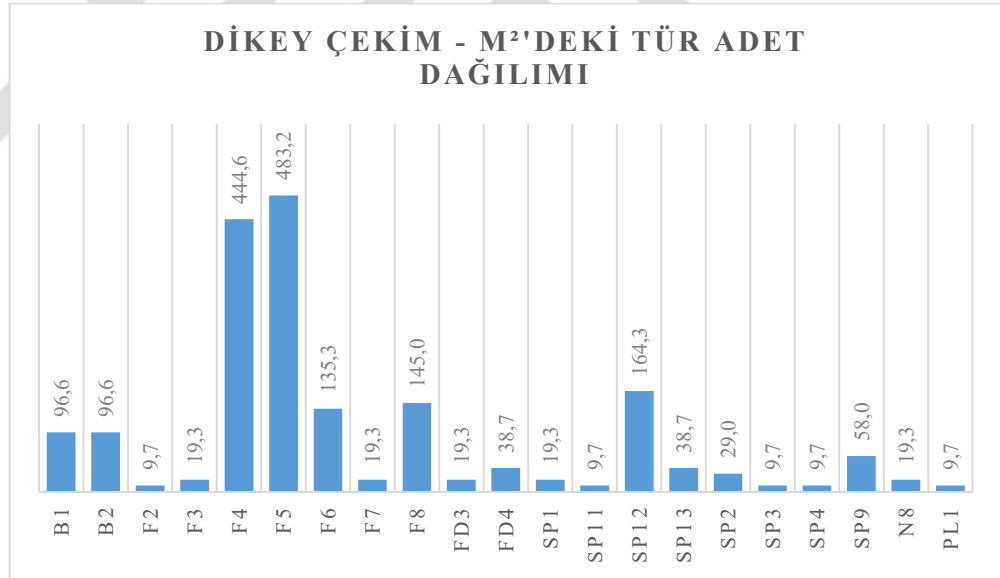
Şekil 24'te ve Şekil 25'te, m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımı gösterilmiştir.



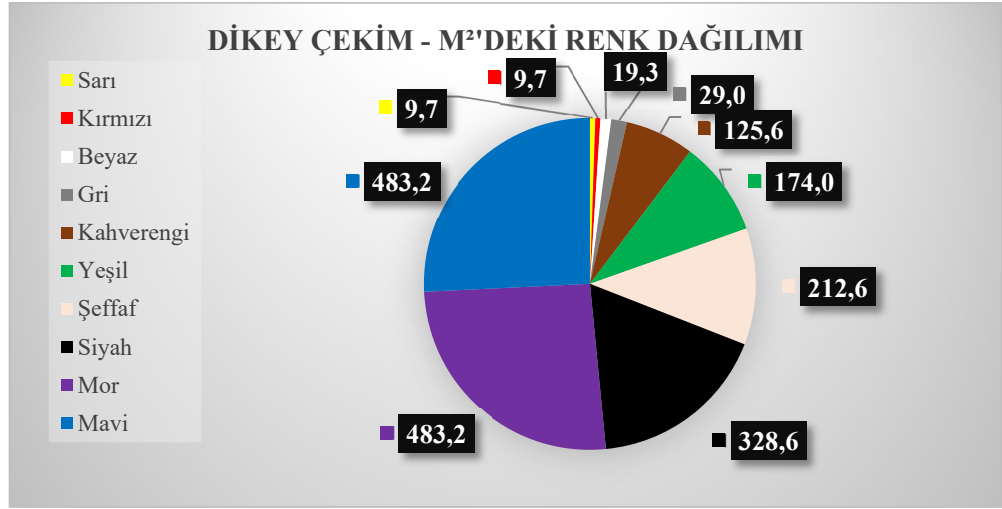
Şekil 22. İstasyon D7'de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 23. İstasyon D7’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 24. İstasyon D7’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

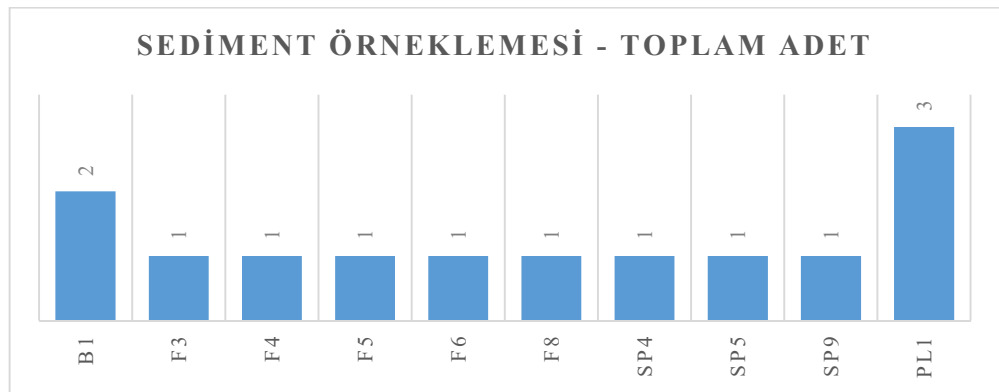


Şekil 25. İstasyon D7’de gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

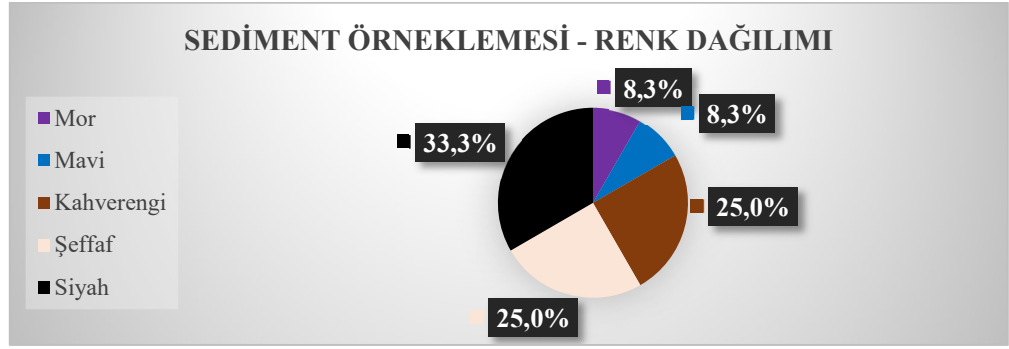
Sediment örnekleme

70 metreden alınan sediment örneğinde bulunan mikroplastik türlerinin yüzde sekseni eşit adette olup, siyah pellet (PL1) ve kahverengi boya maddesi (B1) yüzde yirmilik kısmı kaplamaktadır (Şekil 26). D7 kodlu istasyonun sedimentinde siyah renk baskındır (Şekil 27).

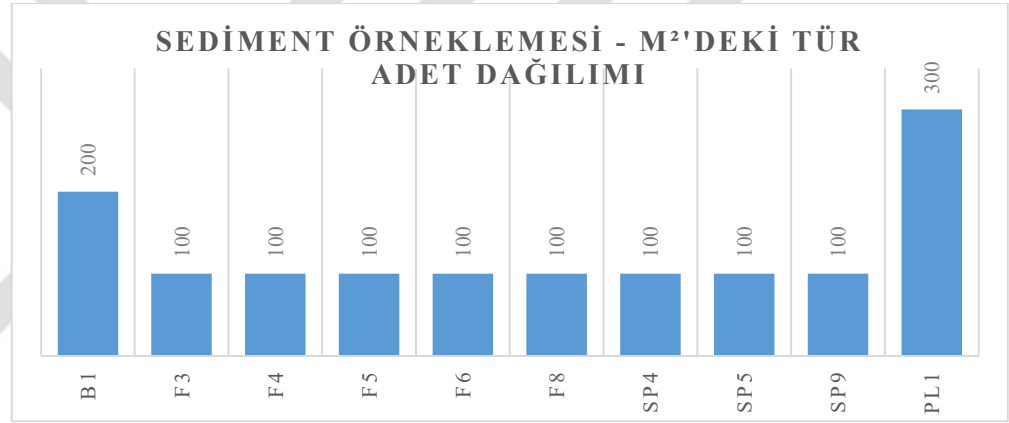
Şekil 28 ve Şekil 29, m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımını göstermektedir.



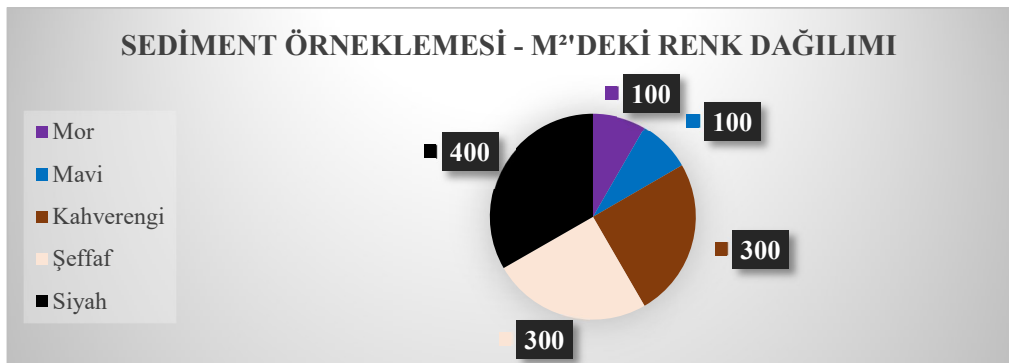
Şekil 26. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 27. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



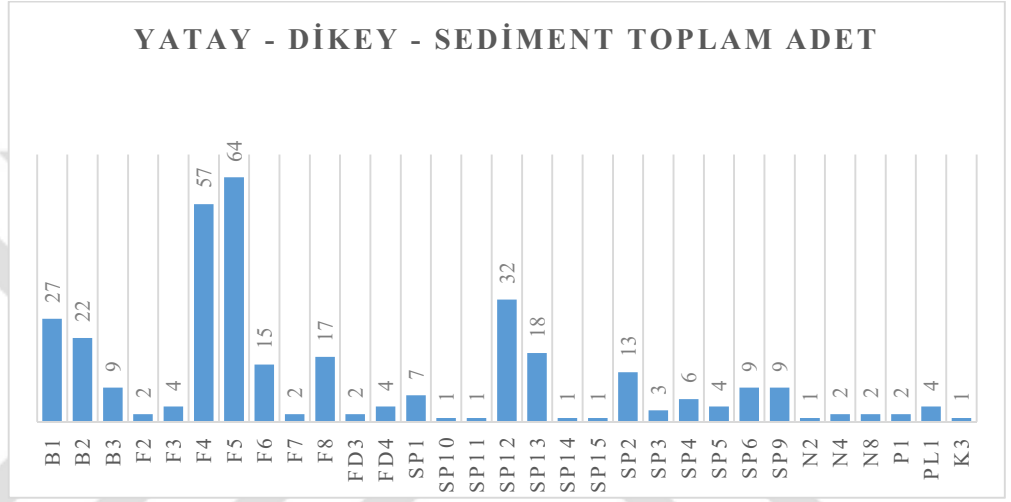
Şekil 28. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



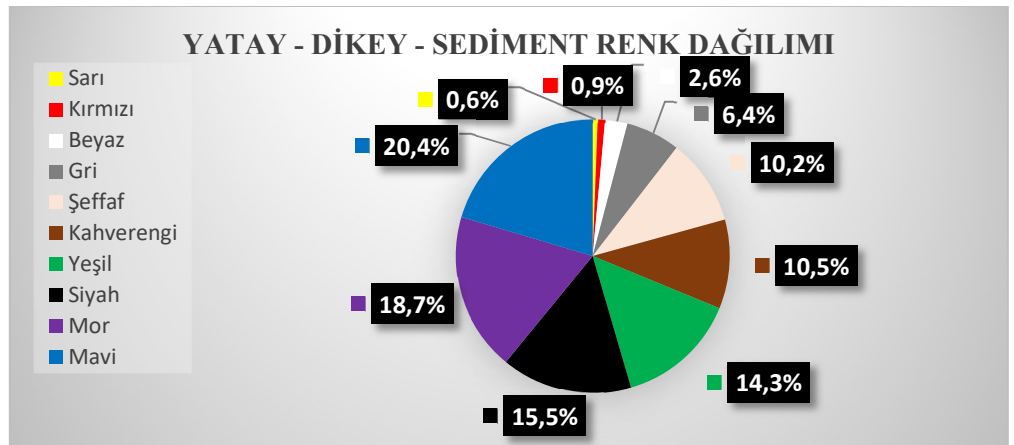
Şekil 29. İstasyon D7’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon D7’de; mavi fiber (F4) ve mor fiber (F5), gerçekleştirilen üç örneklemin laboratuvar incelemesi sonucunda en yüksek adette bulunmuştur (Şekil 30). Bu iki fiberin istasyon D7’deki varlığı, burada en çok mavi ve mor rengin görülmesinin sebeplerindendir (Şekil 31). F4 ve F5 dâhil olmak üzere istasyon D7’de en çok fiber ve sert plastik türleri görülmüştür (Şekil 30).



Şekil 30. İstasyon D7’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



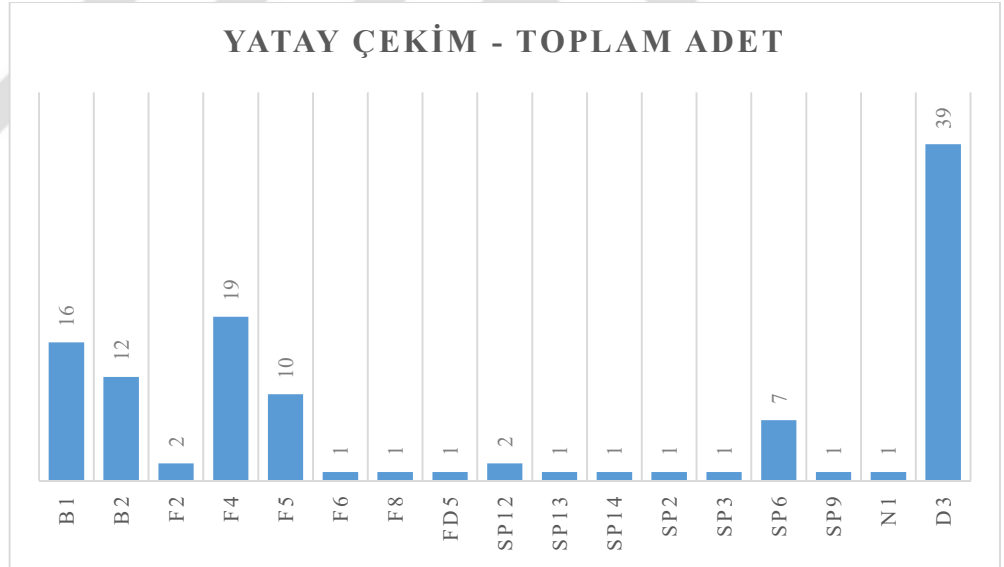
Şekil 31. İstasyon D7’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

3.1.3. İstasyon GD1

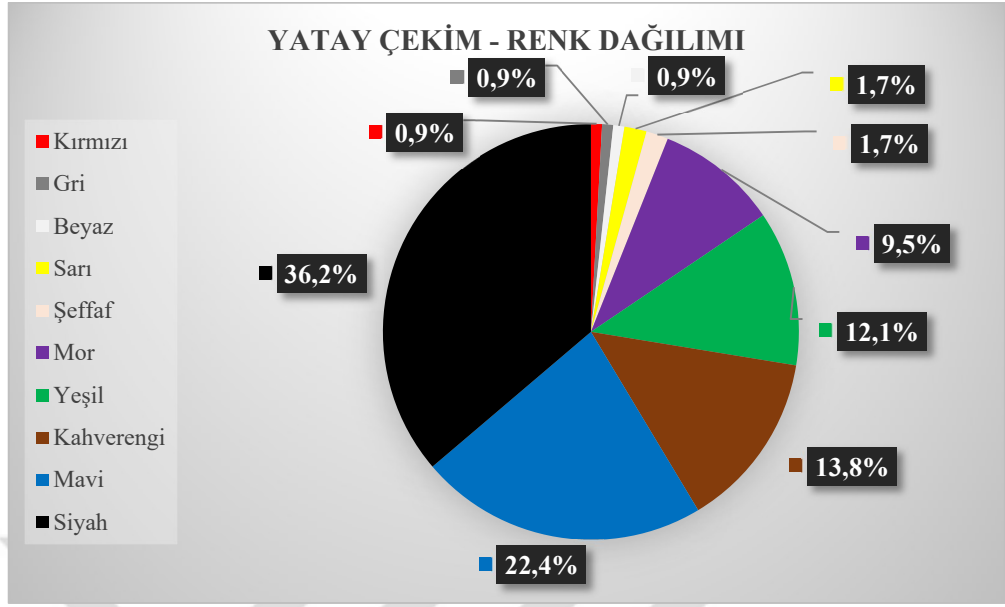
Yatay çekim

15 dakika süren yatay çekimden elde edilen yüzey örneğinde görülen bazı parçacıkların hangi mikroplastik tipine ait olduğu veya mikroplastik olup olmadığı konusunda emin olunamamıştır. Bu nedenle bu parçacıklar “tanımlanamamış materyal” ya da “diğer” olarak adlandırılmıştır. Diğer siyah materyaller (OT3), istasyon GD1’de oldukça fazladır (Şekil 32). Dolayısıyla yüzeyde siyah renk daha fazladır (Şekil 33).

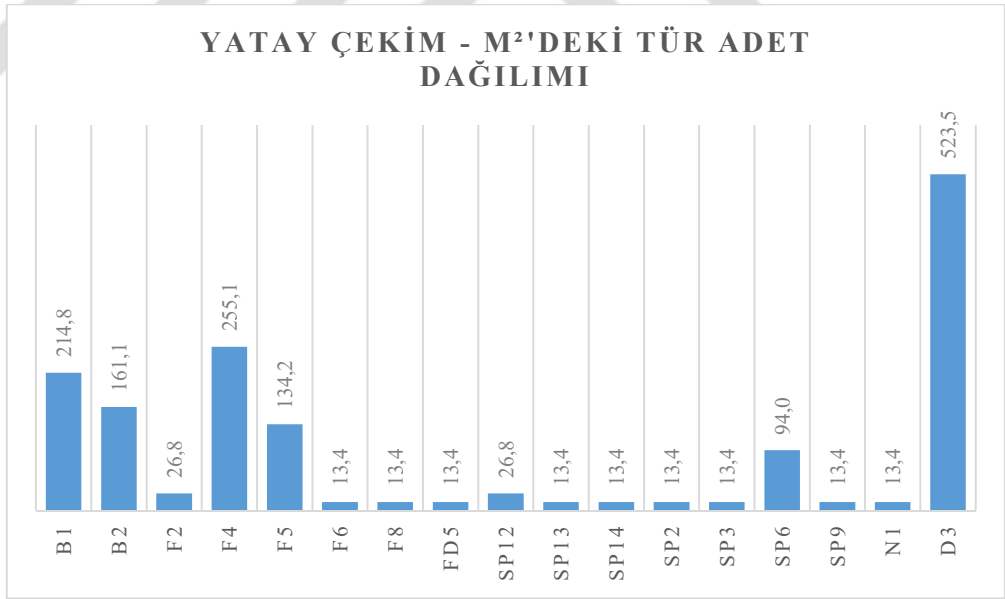
Şekil 34 ve Şekil 35’te sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



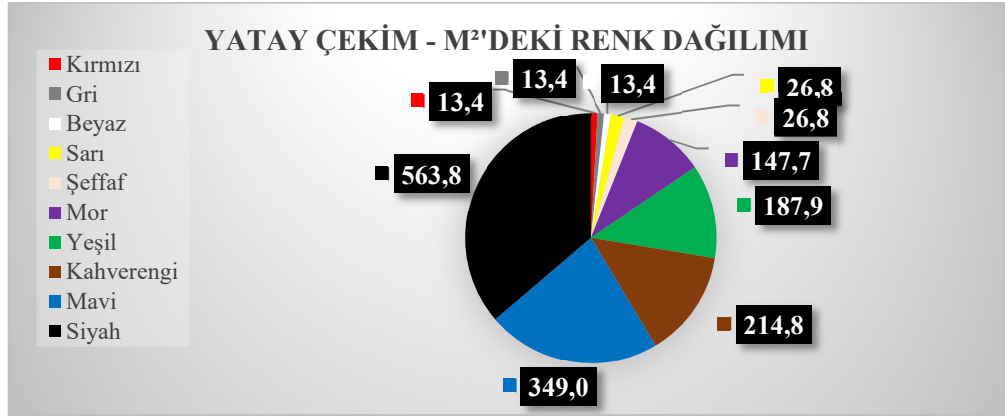
Şekil 32. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 33. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 34. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



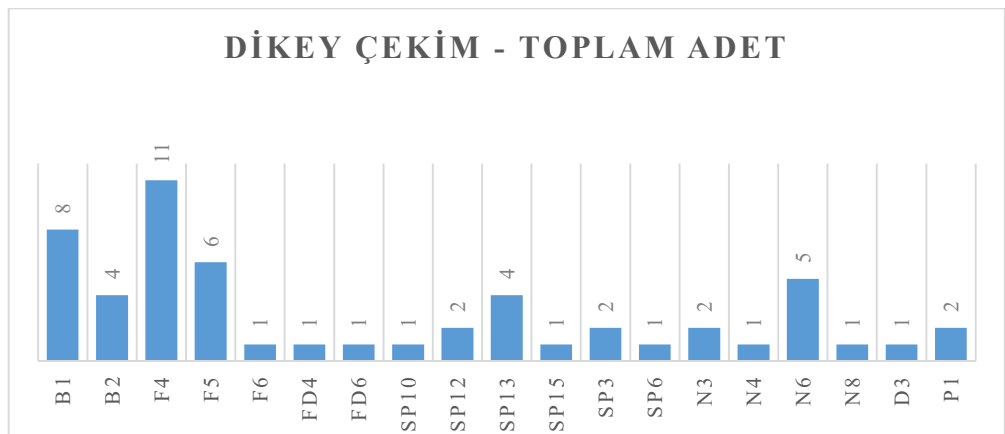
Şekil 35. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Dikey çekim

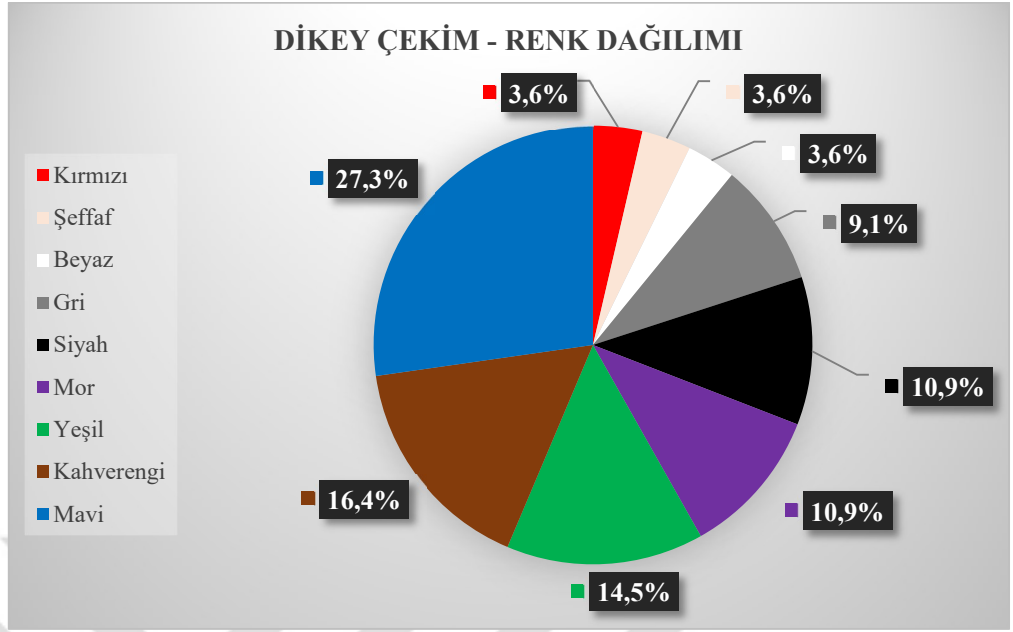
0-10 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekimde, mavi fiber (F4) adetçe diğer mikroplastik türlerine göre yüksek bulunmuştur (Şekil 36). F4, mavi rengin su kütlesinde tespit edilen mikroplastiklerin içinde baskın renk özelliğinde olmasına neden olmuştur (Şekil 37)

İstasyon GD1’in su kolonunda daha çok fiber mikroplastiklere rastlanılmıştır (Şekil 36).

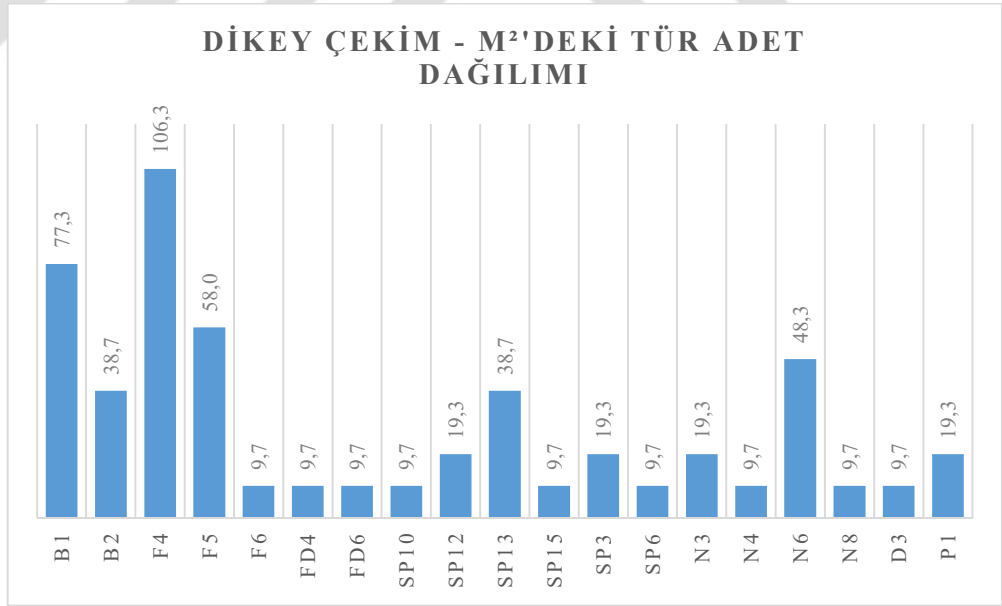
Şekil 38’de ve Şekil 39’da ise sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



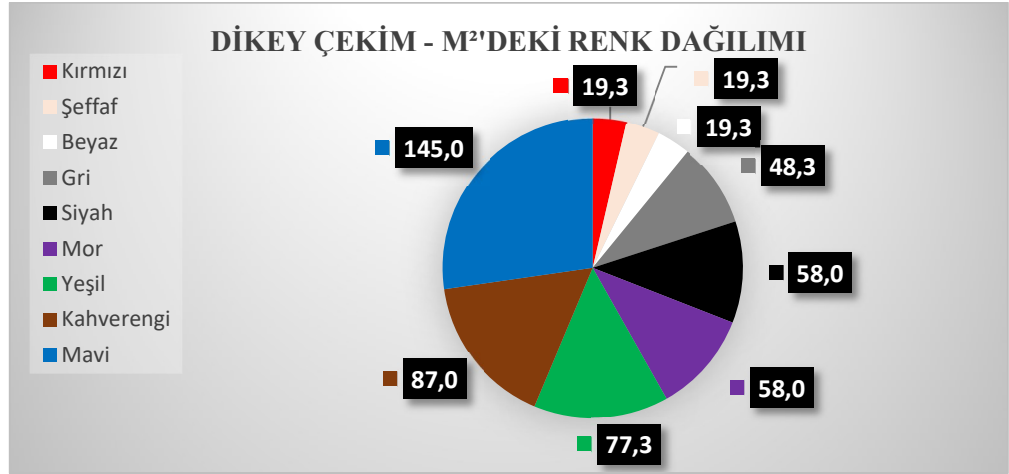
Şekil 36. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 37. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 38. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

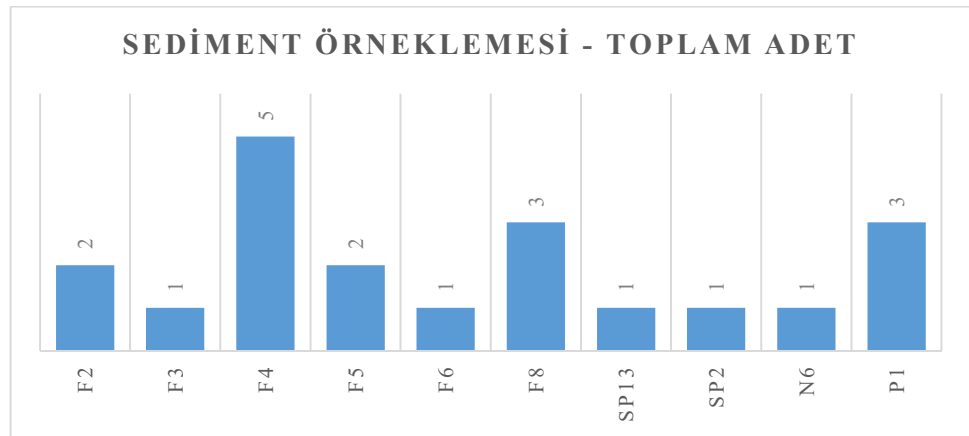


Şekil 39. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

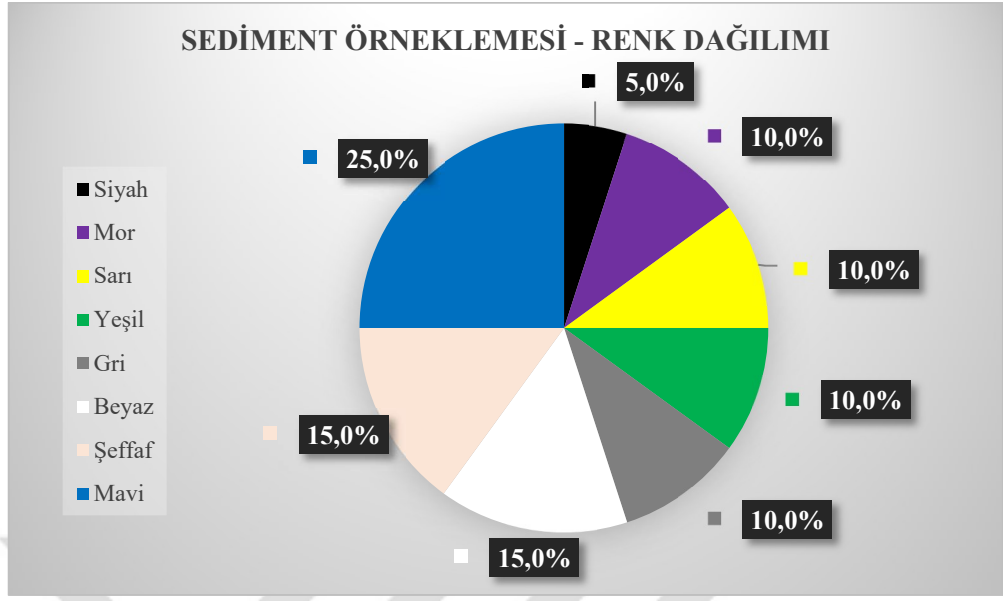
Sediment örnekleme

15 metreden alınan sediment örneğinde, mikroplastiklerin adetçe birbirlerine yakın olduklarının tespit edilmesiyle birlikte; ortamda fazlaca mavi fiber (F4) olduğu görülmüştür (Şekil 40). GD1’in sedimentinde en çok mavi renge rastlanılmıştır (Şekil 41).

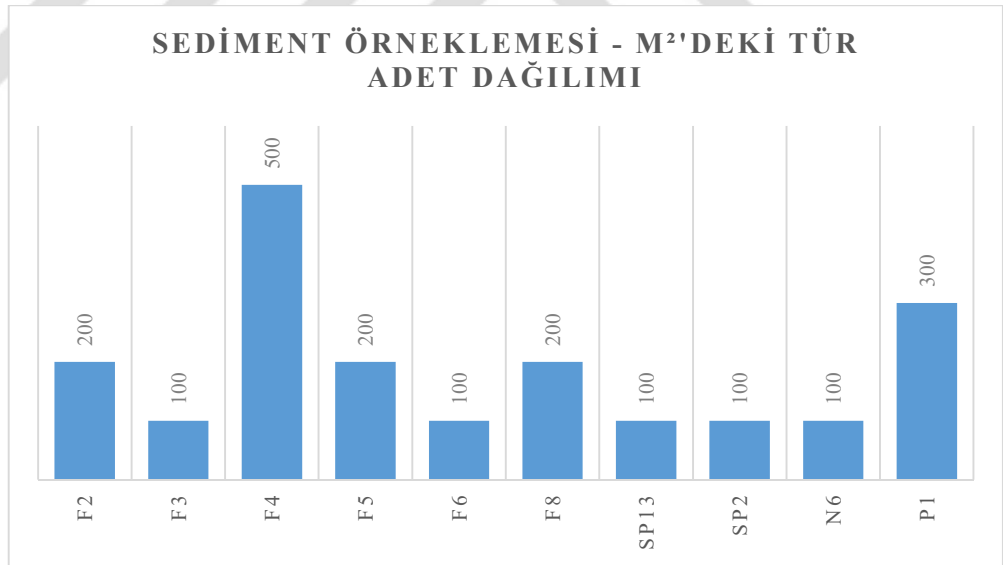
Şekil 42 ve Şekil 43’te ise sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



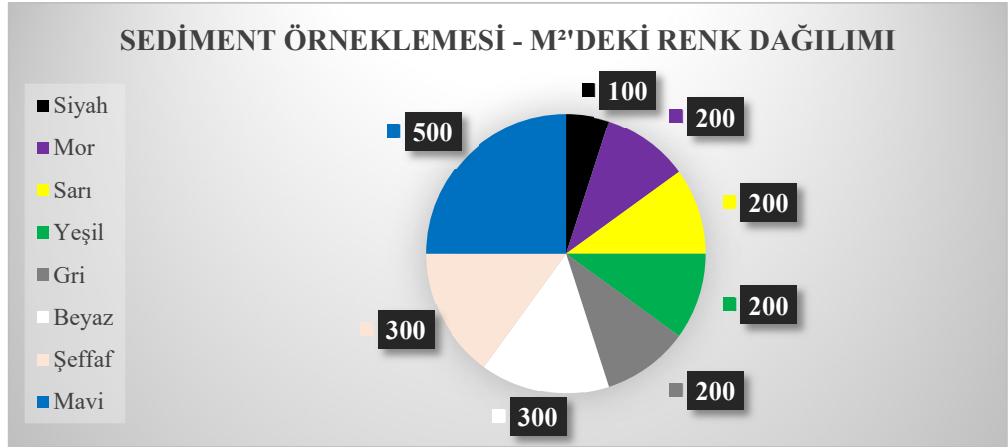
Şekil 40. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 41. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



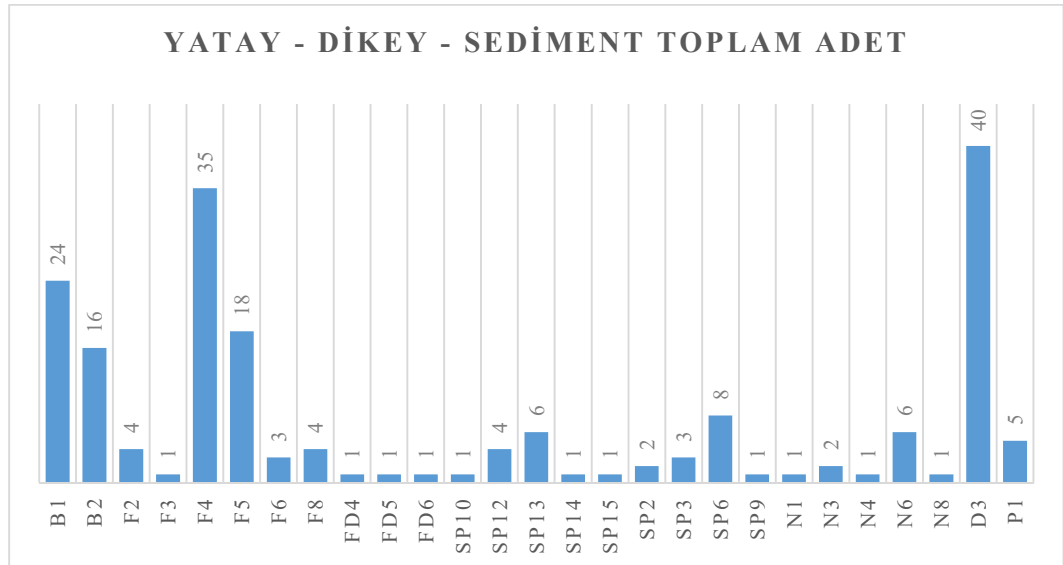
Şekil 42. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



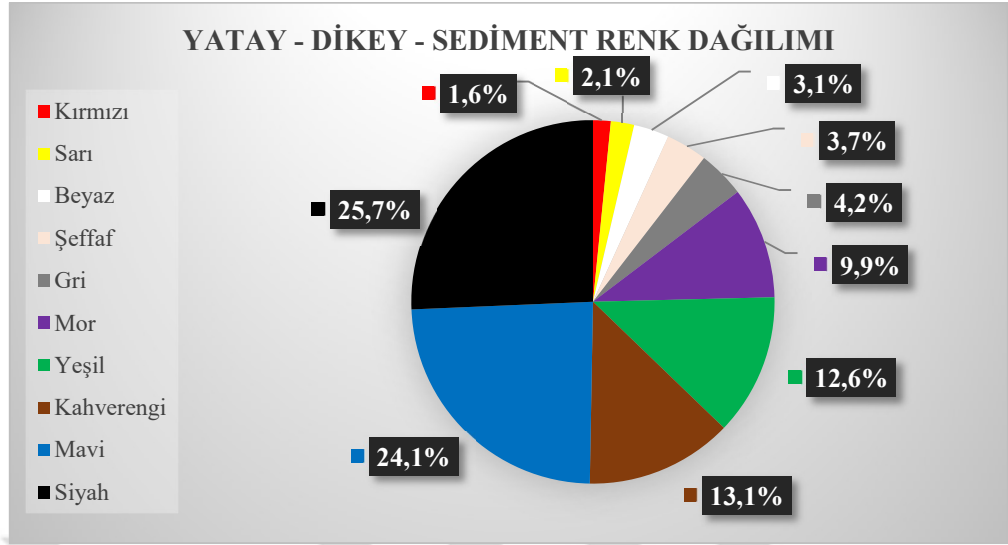
Şekil 43. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemeinin toplam sonuç incelemesi

Yatay çekim örneklemeinde diğer materyallerin (D3), tüm örneklemeinin toplam adet ve toplam renk dağılımlarına olan etkisi Şekillerde görülmektedir (Şekil 44, Şekil 45). Bununla beraber boya maddeleri (B1 ve B2) ile mor ve mavi fiberlerin (F5 ve F4) ortamdaki toplam varlığı, ölçülen yüksek değerdedir (Şekil 44).



Şekil 44. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen tüm örneklemeinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



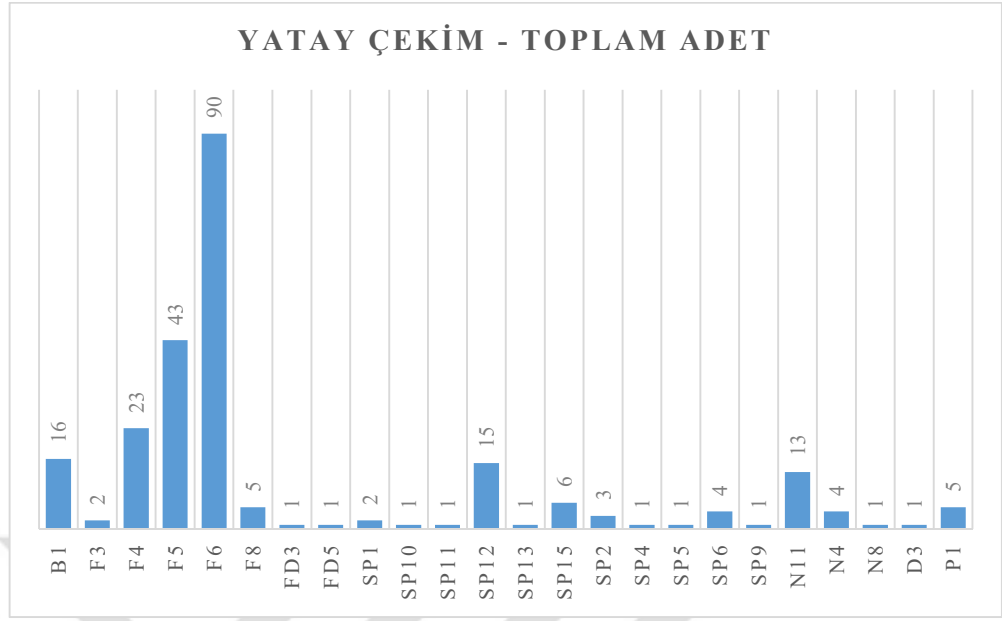
Şekil 45. İstasyon GD1’de gerçekleştirilen tüm örneklemlerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

3.1.4. İstasyon SD1

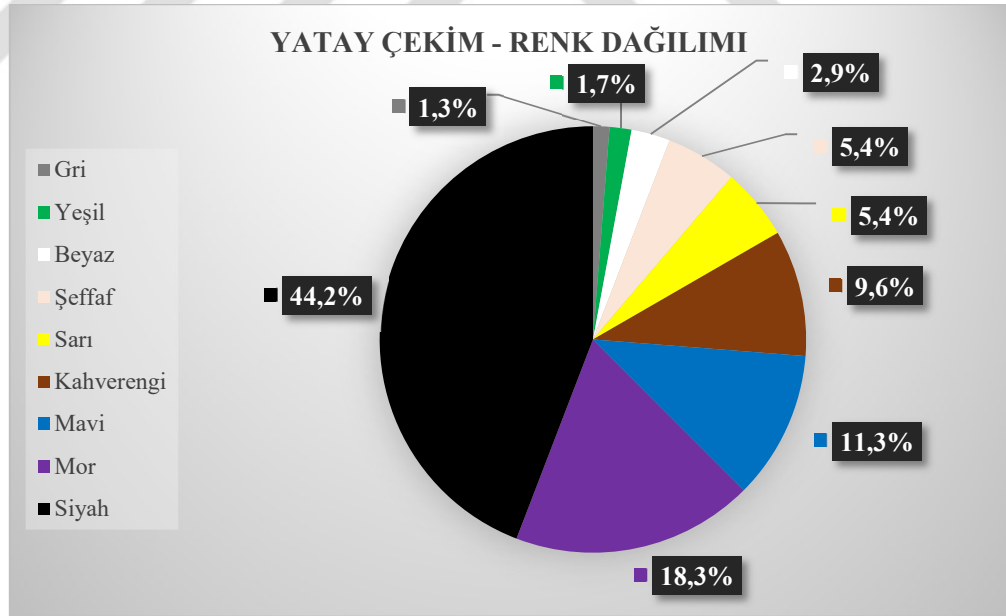
Yatay çekim

15 dakika süren yatay örnekleme sonrasındaki mikroskop incelemesinde, fiber plastik haricindeki çeşitli sert plastik türlerinin fazlalığı göze çarpsa da toplam adet olarak fiber plastiklerin özellikle iki türünün [F6 (siyah fiber) ve F5 (mor fiber)] baskın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 46). SD1 adlı istasyonun yüzeyinde, siyah renkli mikroplastikler oldukça fazladır.(Şekil 47).

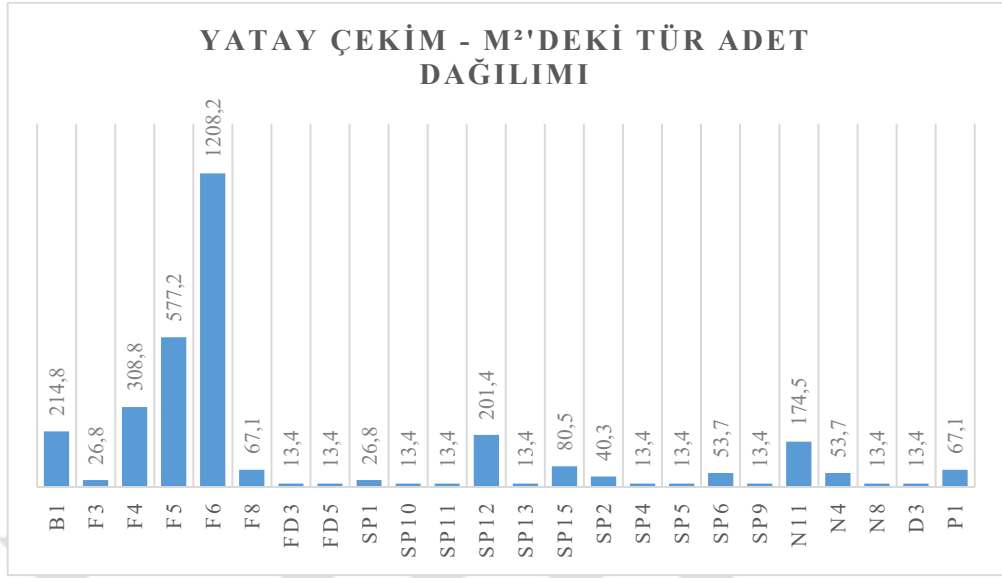
Şekil 48 ve Şekil 49’da sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



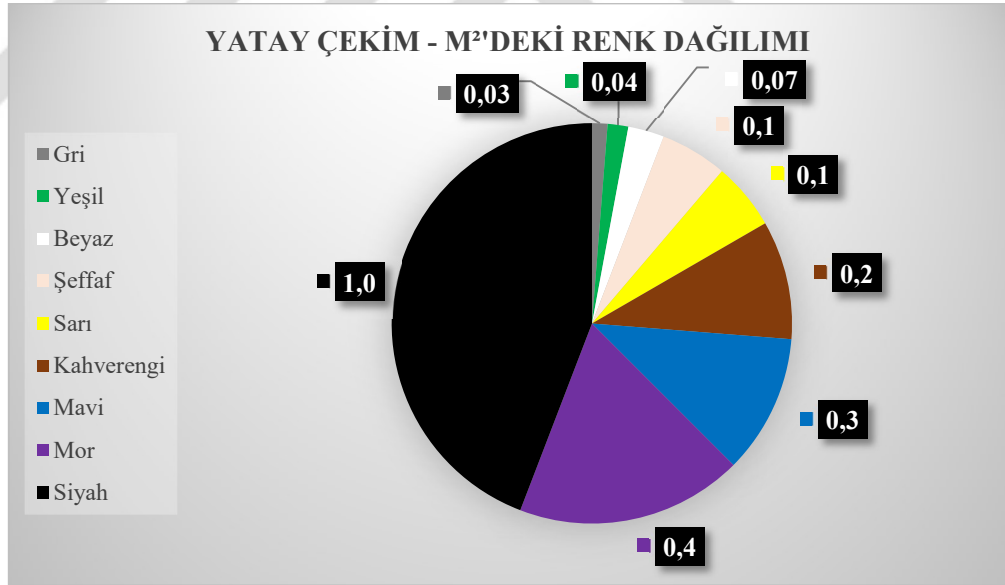
Şekil 46. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 47. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 48. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



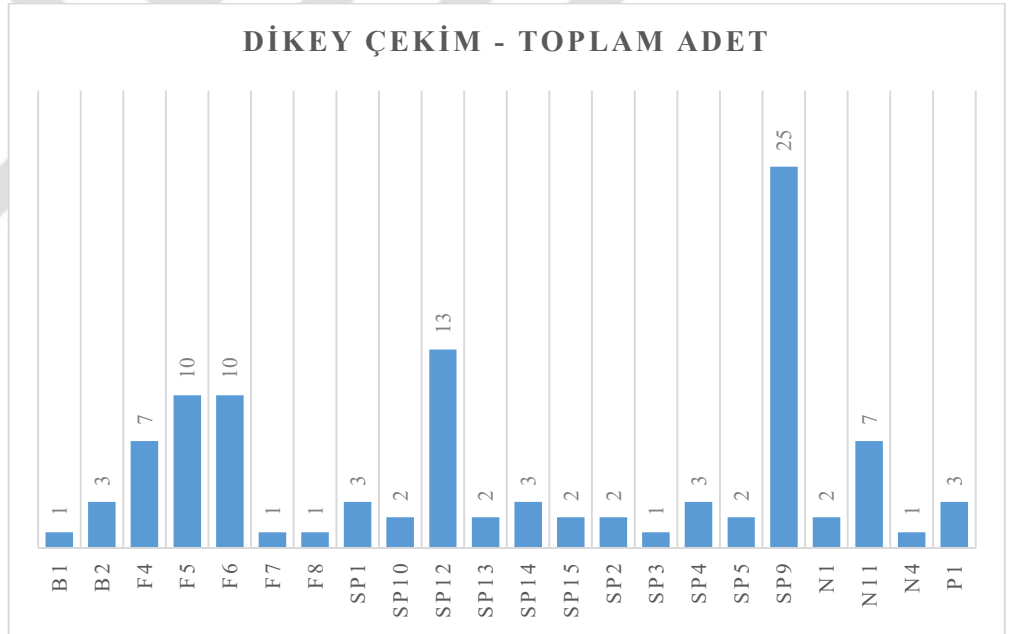
Şekil 49. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Dikey çekim

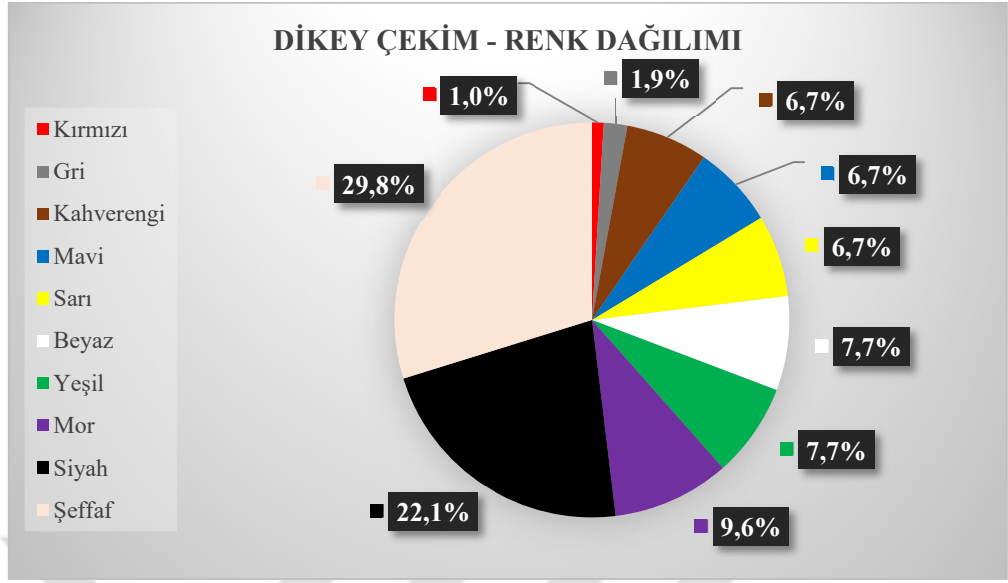
0-7 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekimden elde edilen örneğin laboratuvar incelemesi sonucunda, su kolonunda daha çok sert mikroplastiklerin (özellikle SP9 kodlu şeffaf/mineral) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 50).

N4 (şeffaf naylon), F8 (şeffaf fiber), SP5 (kristal sert plastik), SP10 (şeffaf / plaka) ve özellikle SP9 kodlu (şeffaf / mineral) mikroplastik türlerinin renk dağılımlarına olan etkisi, adet toplamlarına olan etkisiyle doğru orantılıdır (Şekil 51).

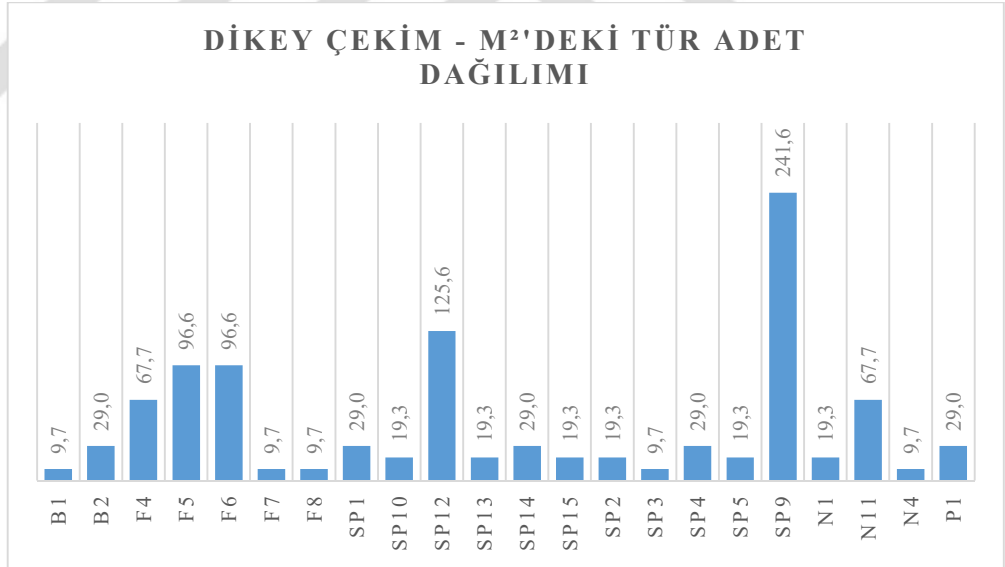
Şekil 52 ve Şekil 53 sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımını göstermektedir.



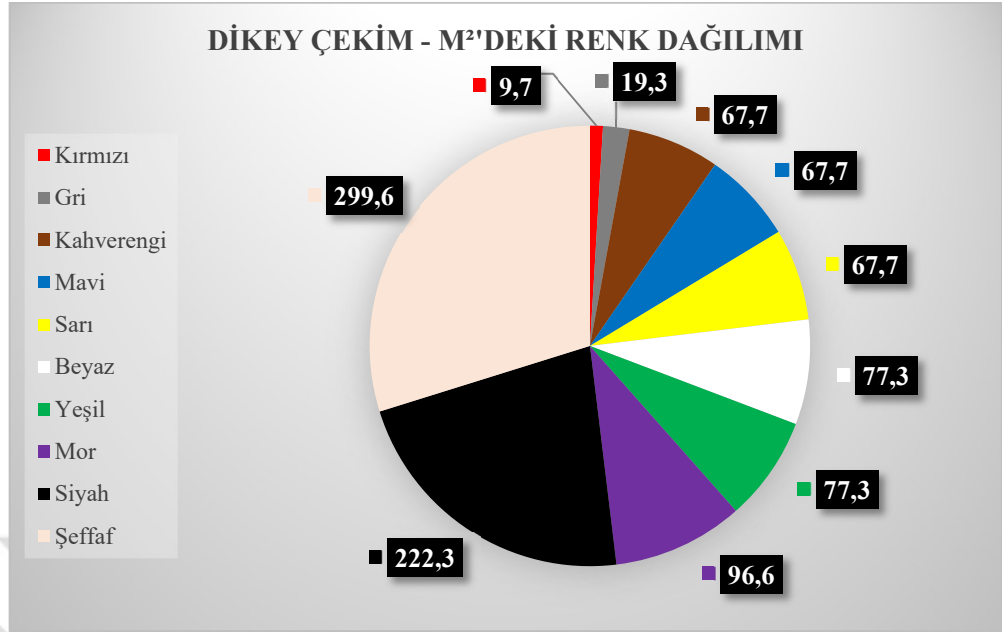
Şekil 50. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 51. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 52. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



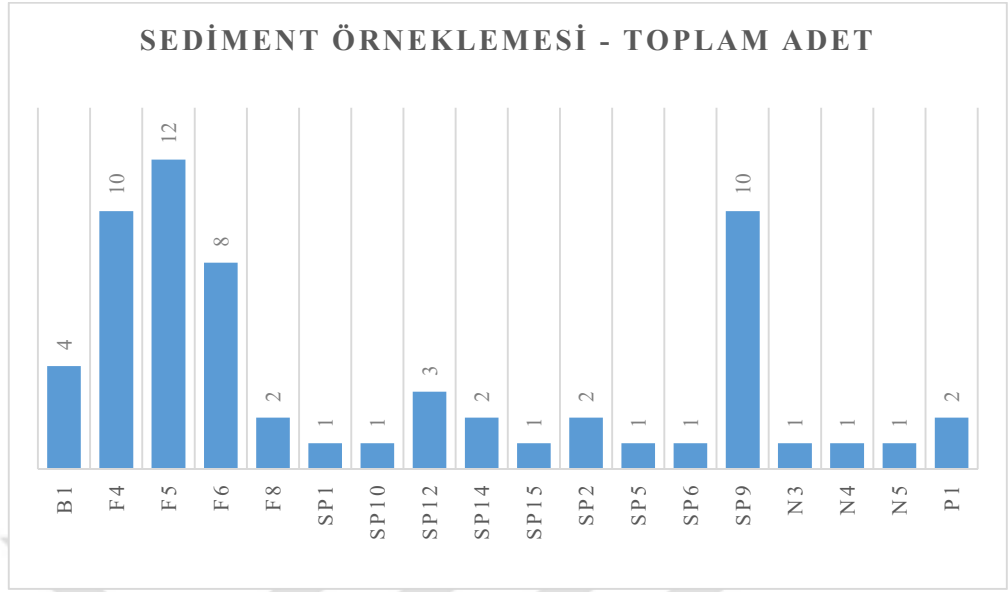
Şekil 53. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Sediment örnekleme

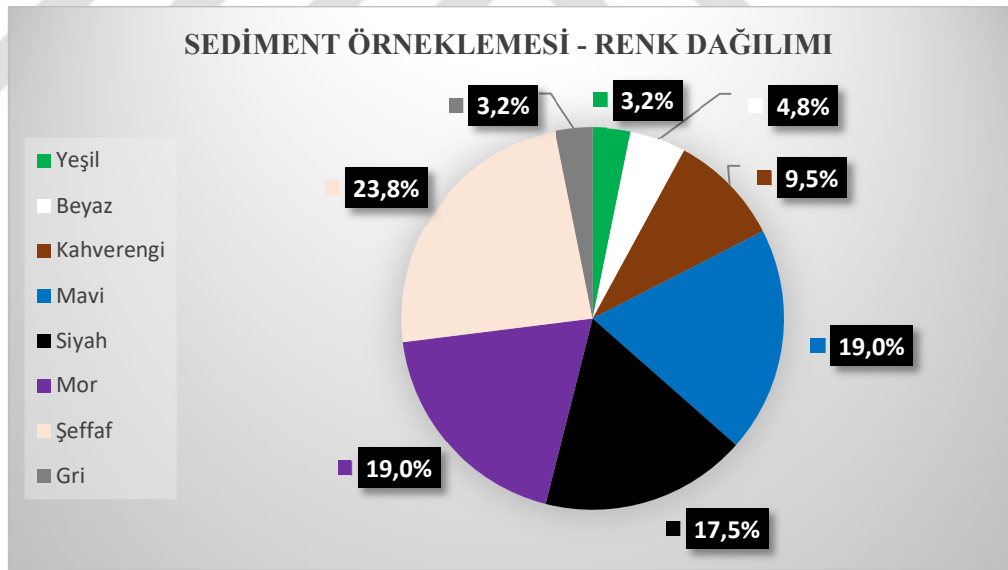
12 metreden alınan sediment örneğinin mikroskop incelemesinde, fiber plastiklerin [F5 (mor fiber), F4 (mavi fiber), F6 (siyah fiber), F8 (şeffaf fiber)] adetçe diğer mikroplastik türlerine göre daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 54).

Renk dağılım yüzdelerinde ise şeffaf renk çoğunluktadır (Şekil 55). Fiber plastik türlerinin içinde sadece şeffaf fiberler (F8), şeffaf renk çoğunluğuna katkıda bulunmuştur (Şekil 54 ve Şekil 55). Sedimentte daha çok şeffaf renk görülmüştür (Şekil 55).

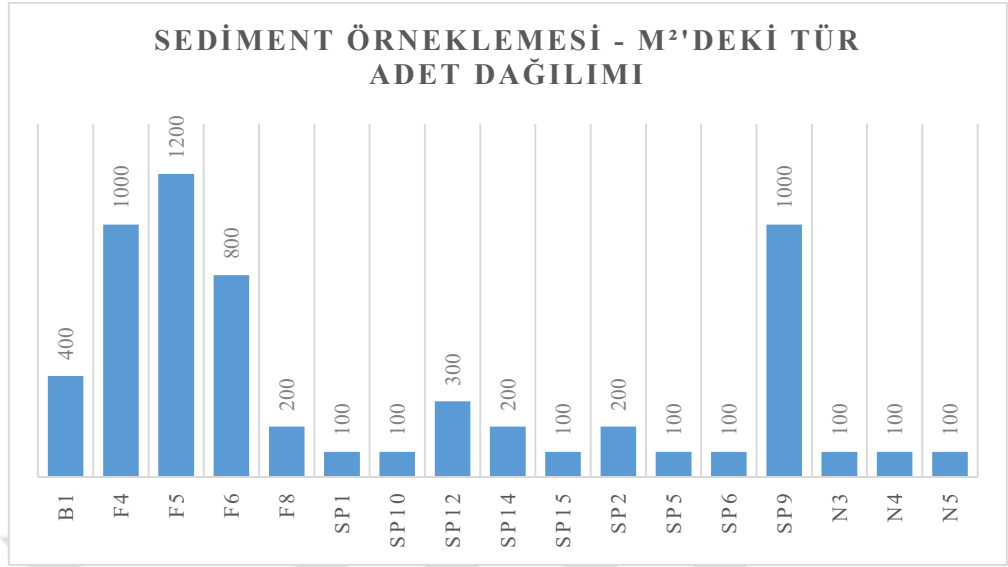
Şekil 56’da ve Şekil 57’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



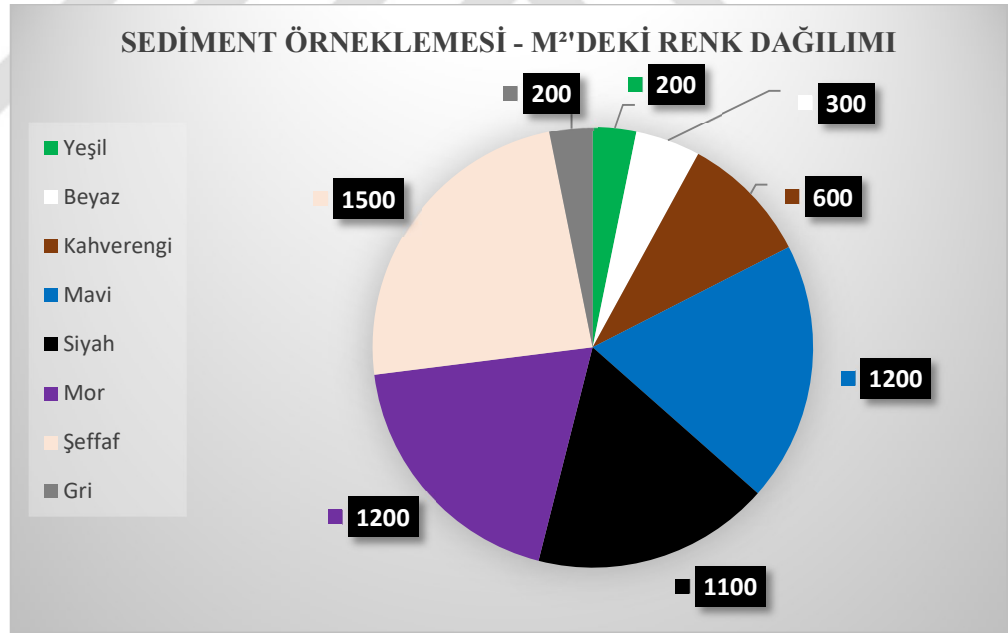
Şekil 54. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 55. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



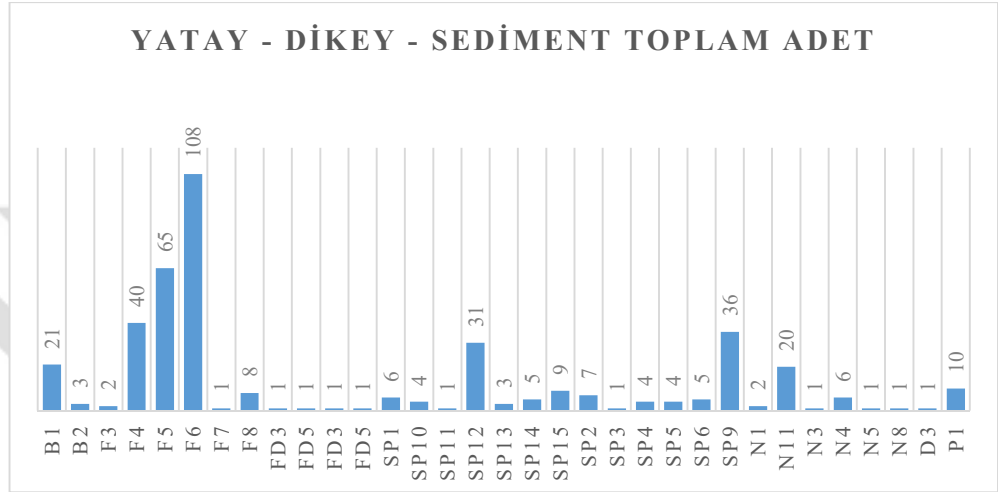
Şekil 56. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



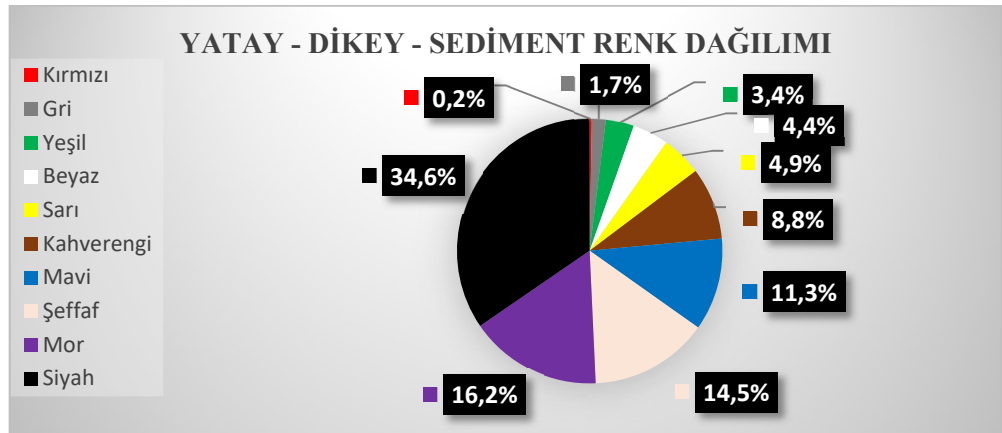
Şekil 57. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen sediment örneklemesinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon SD1’de, fiber plastiklerin ortamdaki varlığının, diğer mikroplastik türlerinin varlığını gözle görülür biçimde baskılamış olduğu görülmüştür (Şekil 58). Adetçe en yüksek değerde olan siyah fiberler (F6), renk dağılımında bulunan siyah renk çokluğunun en önemli nedenidir (Şekil 58 ve Şekil 59).



Şekil 58. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



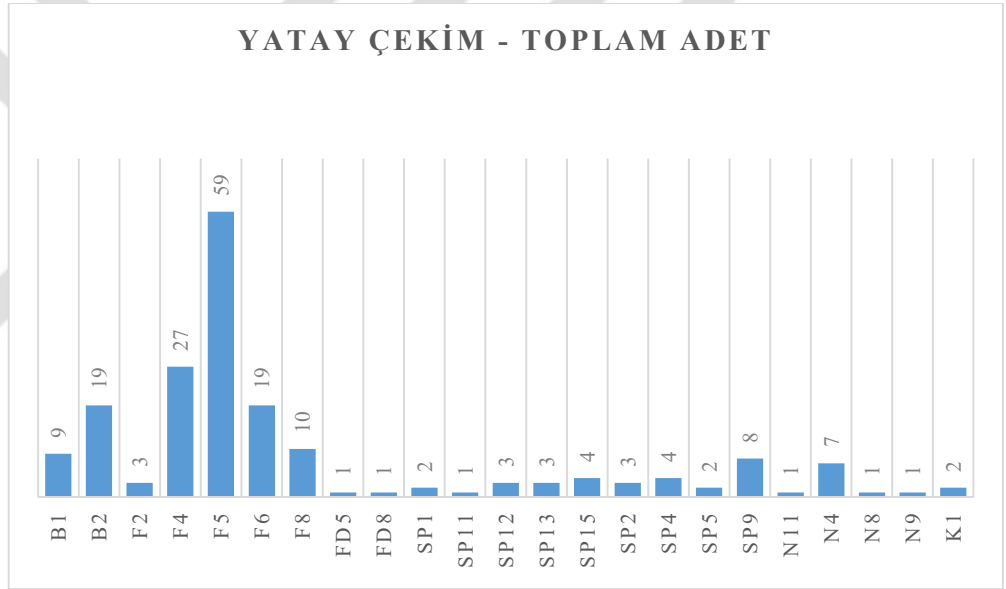
Şekil 59. İstasyon SD1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

3.1.5. İstasyon MD89A

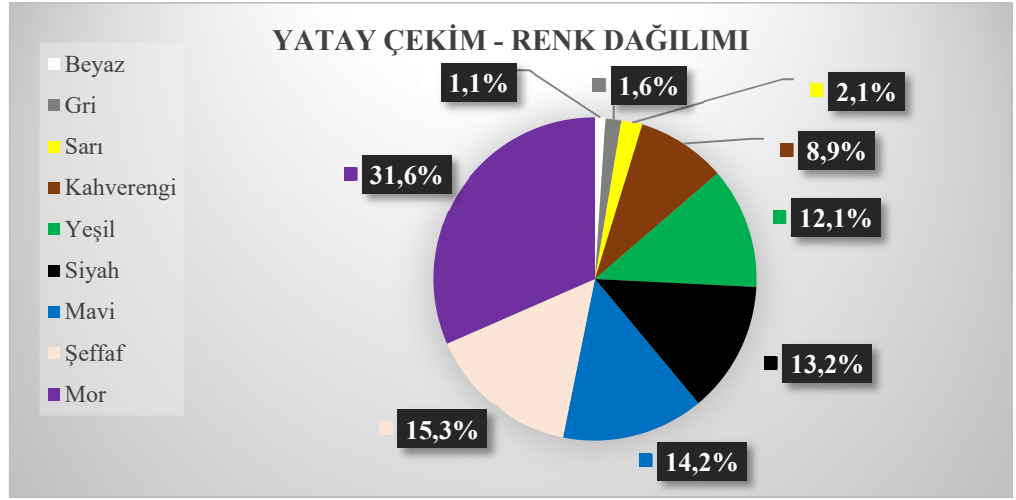
Yatay çekim

10 dakika süren yatay çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde fiber plastiklerin varlığı [özellikle F5 (mor fiber)] adetçe diğer mikroplastik türlerine göre daha fazladır (Şekil 60). Tür F5'in varlığı, renk dağılımındaki yerini de baskın kılmıştır (Şekil 61).

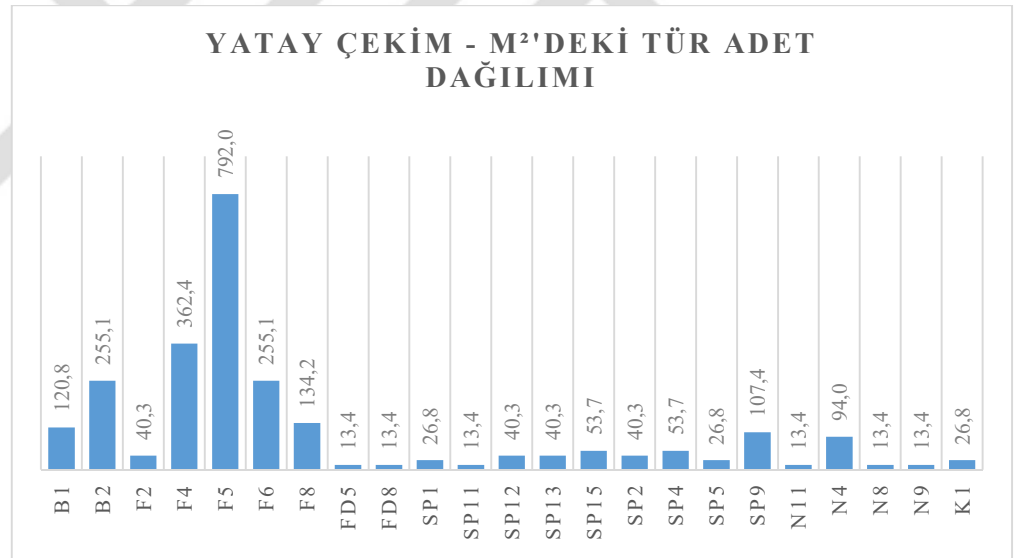
Şekil 62'de ve Şekil 63'te sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımı gösterilmiştir.



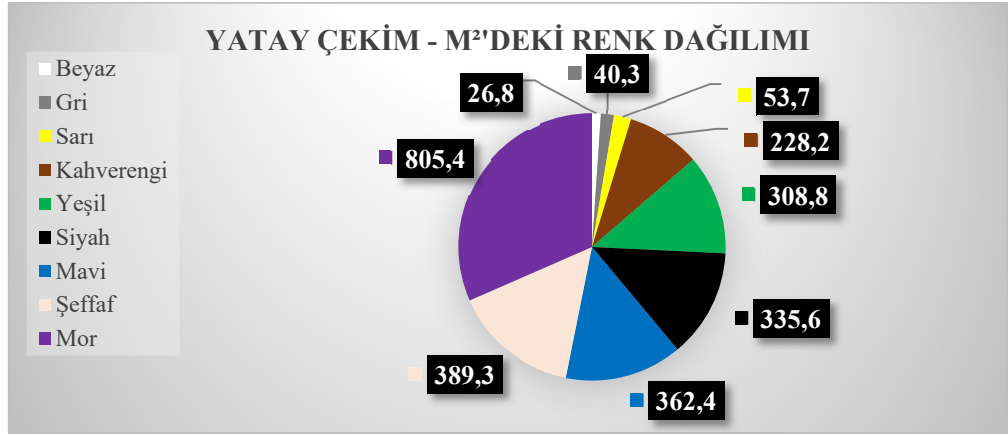
Şekil 60. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 61. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



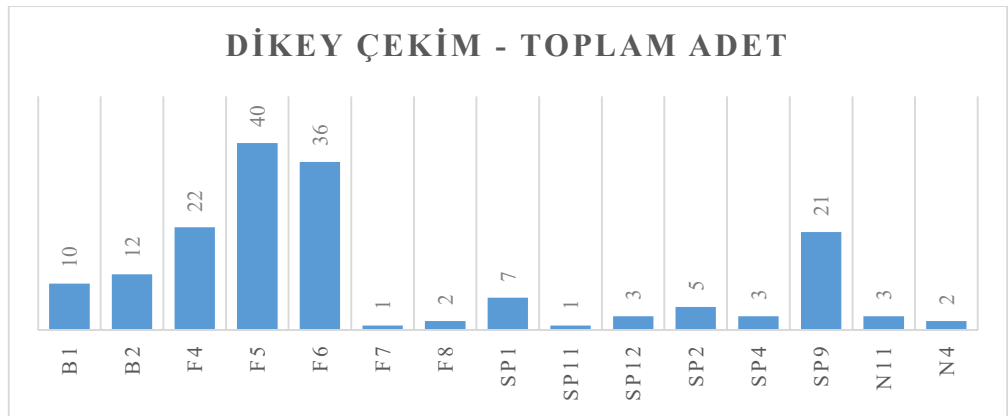
Şekil 62. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



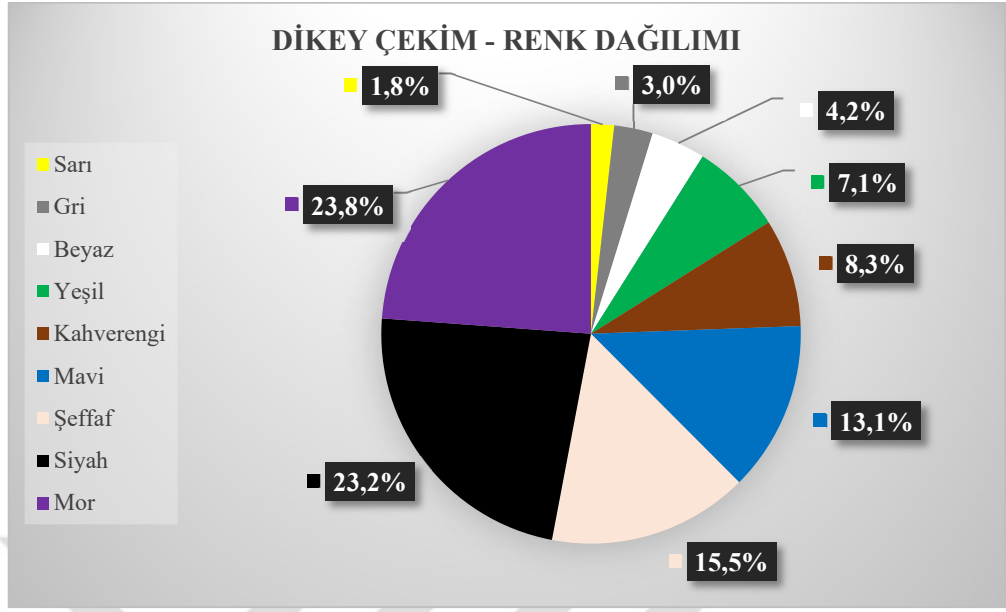
Şekil 63. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen yatay çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Dikey çekim

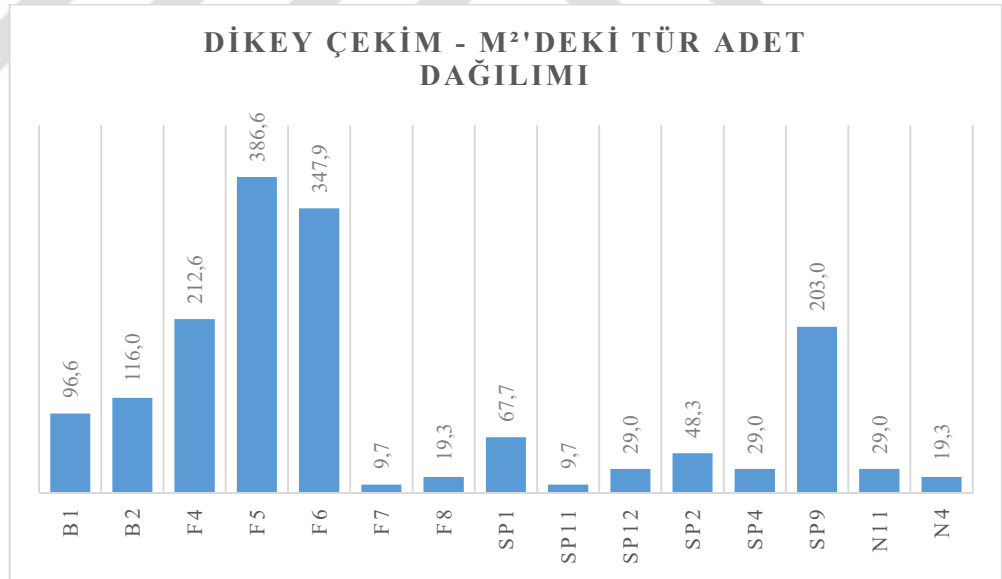
0-20 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, fiber mikroplastiklerin diğer mikroplastik türlerine göre toplam adetçe daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 64). Bunun yanı sıra özellikle tür F5 (mor fiber) ve tür F6 (siyah fiber)'nın ortamdaki çoğunluğu, renk dağılım yüzdesini de gözle görülür biçimde etkilemiştir (Şekil 65). Şekil 66 ve Şekil 67'de sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımı gösterilmiştir.



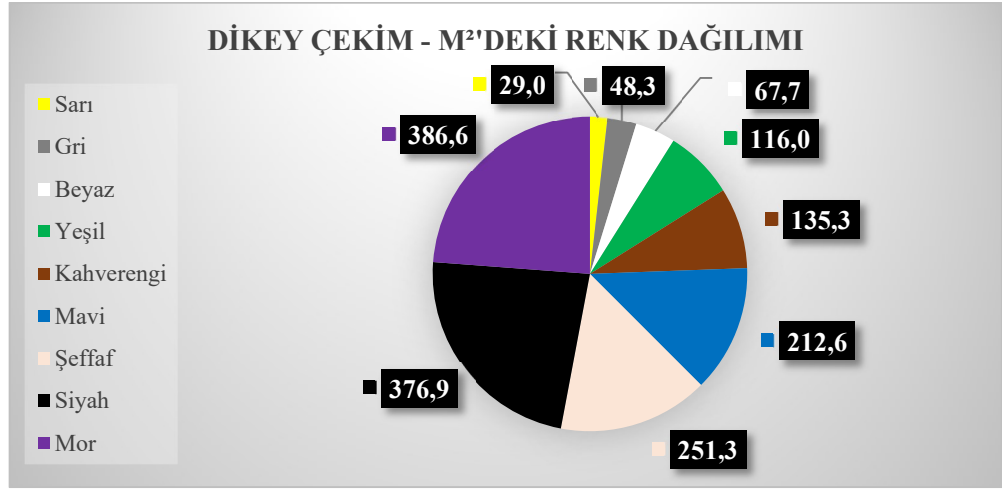
Şekil 64. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 65. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 66. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

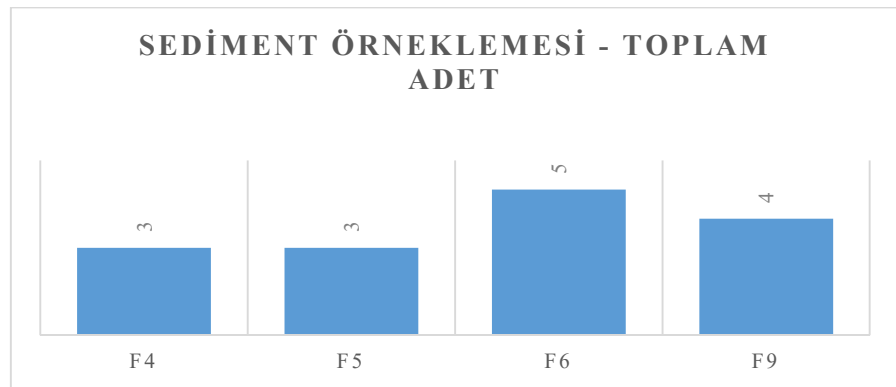


Şekil 67. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

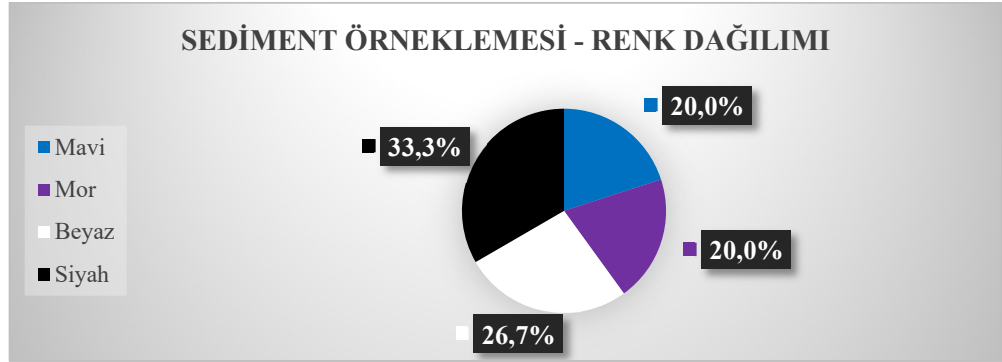
Sediment örnekleme

40 metreden alınan sediment örneklemeinin mikroskop incelemesinde, yalnızca fiber mikroplastik türü çıkmıştır (Şekil 68). Siyah rengin baskın olduğu örneklemedeki renk dağılımları ise Şekildeki gibidir (Şekil 69).

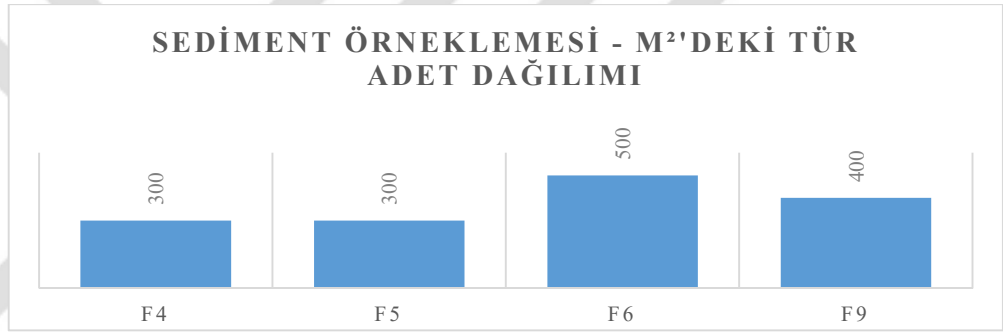
Şekil 70 ve Şekil 71’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



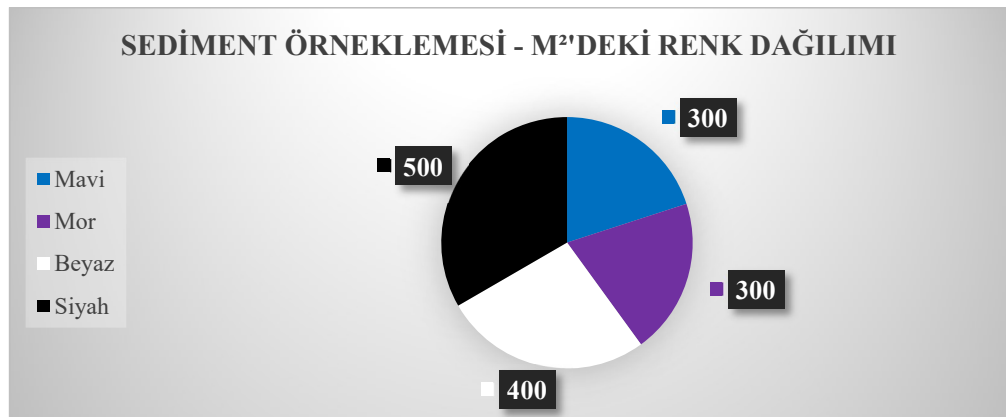
Şekil 68. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 69. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



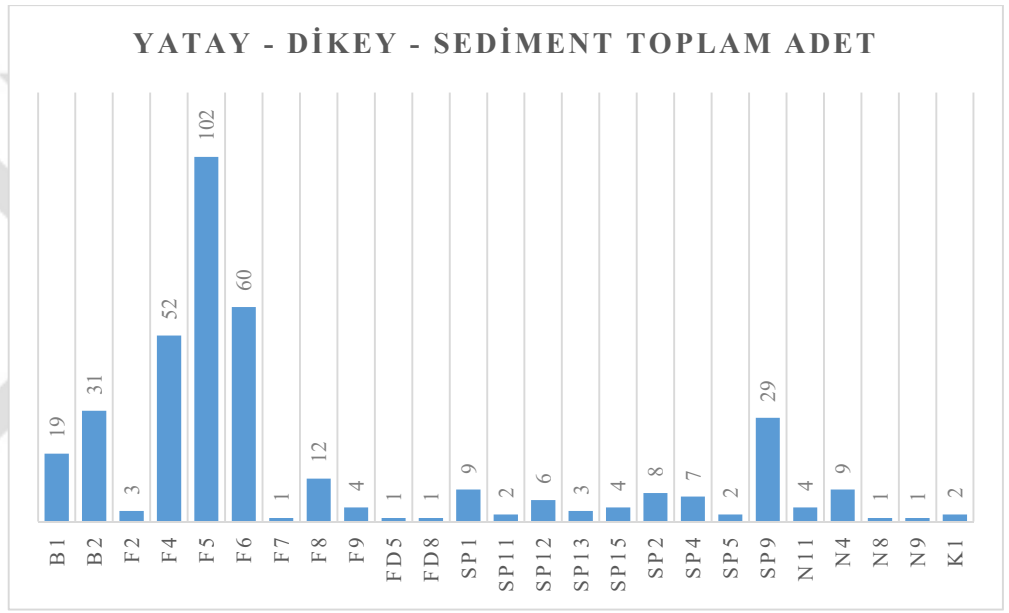
Şekil 70. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



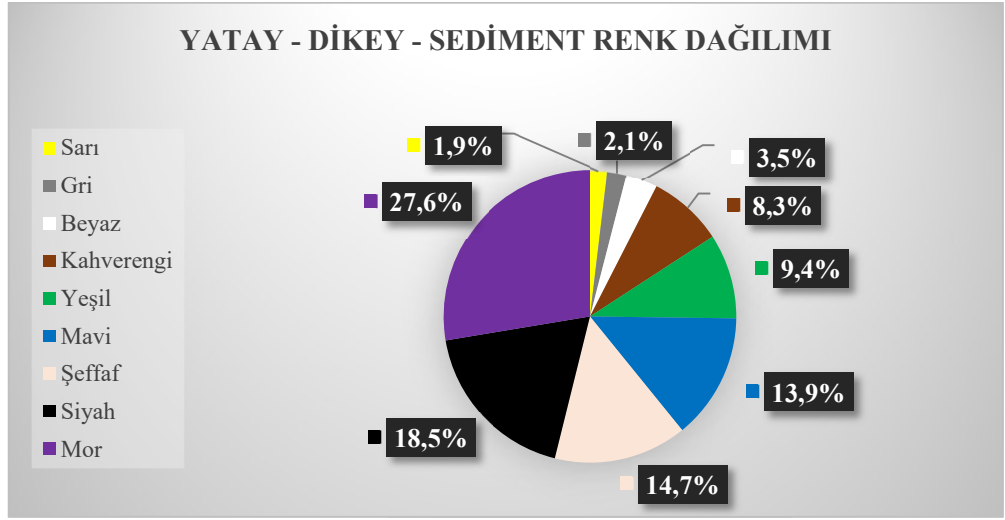
Şekil 71. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon MD89A'daki en baskın mikroplastik türü, fiber plastiktir (Şekil 72). Bunun yanı sıra, boya maddelerinin (B2) ortamdaki varlığının da teker teker incelenen örneklemelerin kaydedilen bu toplam sonucunda, önemli bir yer aldığı görülmektedir (Şekil 72). Şekil 72'de görüldüğü gibi, mor fiber mikroplastiklerin (F5) ortamdaki çokluğu, renk dağılımlarına da aynı şekilde etki etmiştir (Şekil 73).



Şekil 72. İstasyon MD89A'da gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 73. İstasyon MD89A’da gerçekleştirilen tüm örnekleme örneklerinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

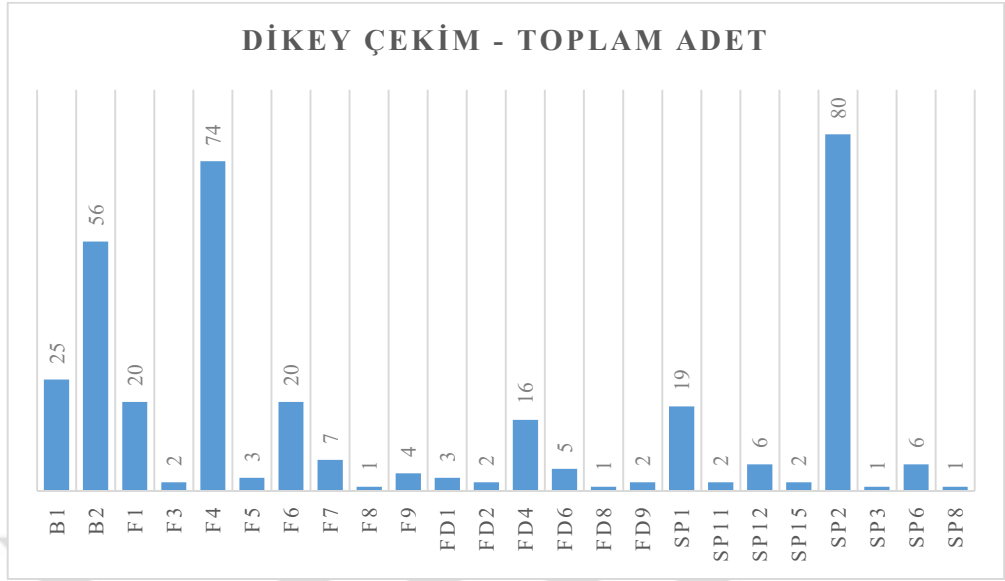
3.1.6. İstasyon MD24

Dikey çekim

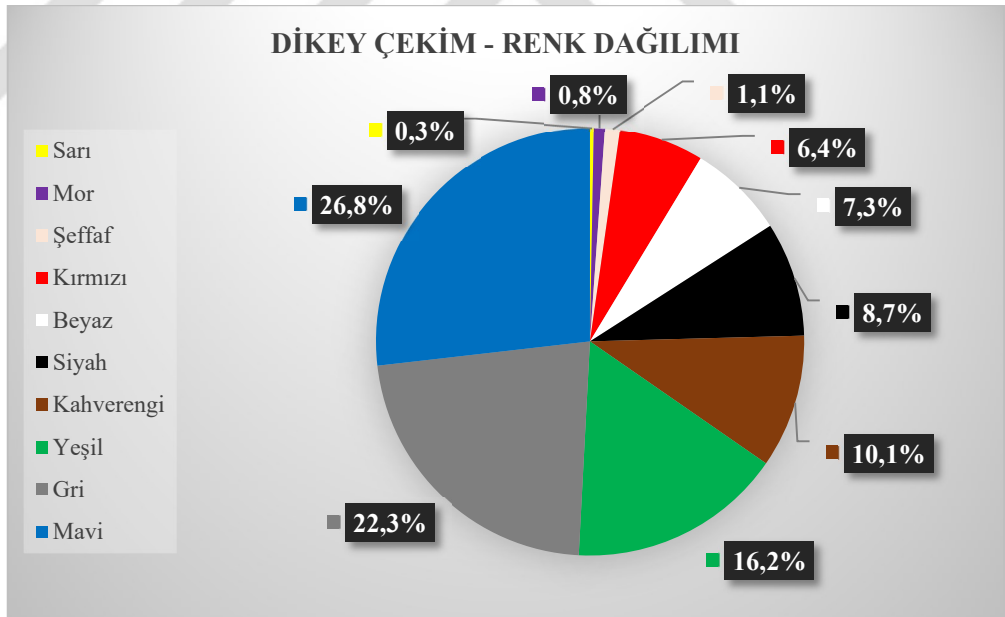
0-20 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekim örnekleme örnekleme mikroskop incelemesinde, gri sert plastik (SP2) ve mavi fiber mikroplastiklerin (F4) adetçe üstünlükleri görülmektedir (Şekil 74). Bununla birlikte, boya maddelerinin (B1 ve B2) ortamdaki varlığı da sayıca kendini hissettirmektedir (Şekil 74).

Gri sert plastik (SP2) ve mavi fiber plastiklerin (F4) ortamdaki çokluğu, bu örnekleme renk dağılım yüzdelerine de doğru orantılı olarak etki etmiştir (Şekil 75).

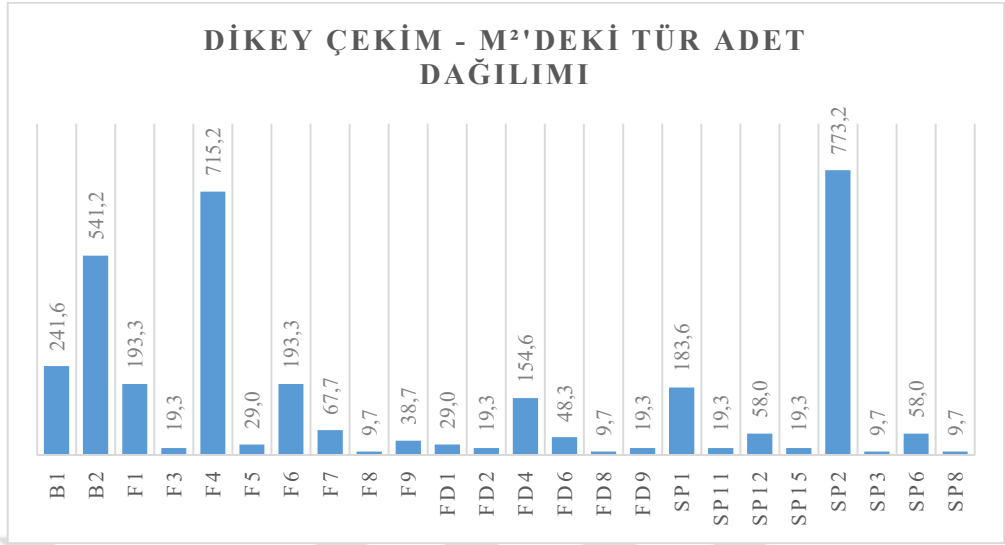
Şekil 76 ve Şekil 77’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



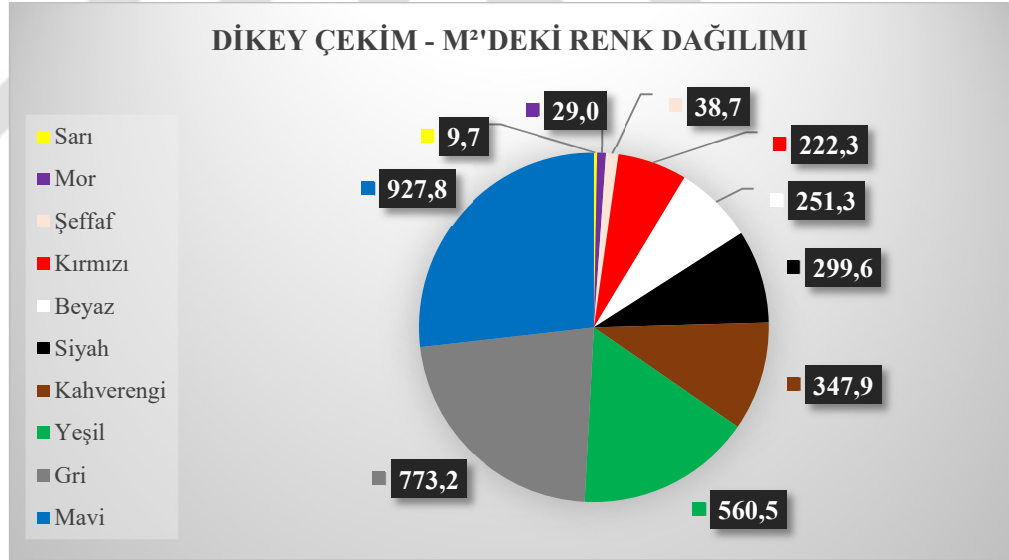
Şekil 74. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 75. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 76. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

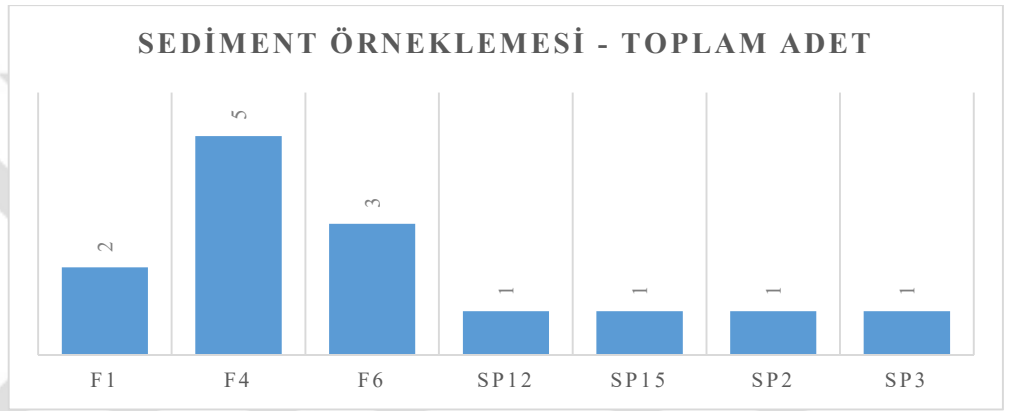


Şekil 77. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen dikey çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

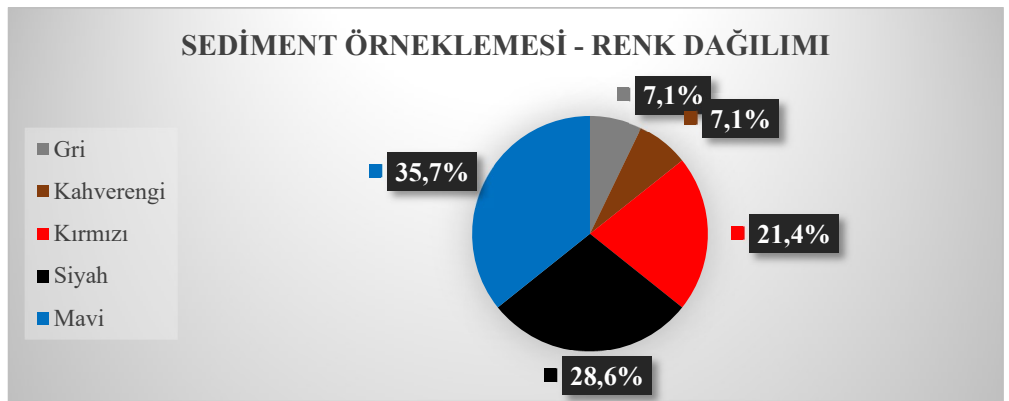
Sediment örnekleme

40 metreden alınan sediment örneğinin mikroskop incelemesinde, daha çok fiber mikroplastiklere (F1, F6 ve özellikle F4) rastlanılmıştır (Şekil 78). Mavi fiber mikroplastiklerin ortamdaki çokluğu, sediment örnekleme renk dağılım yüzdelere de yansımış ve mavi rengin baskın çıkmasına sebep olmuştur (Şekil 78 ve Şekil 79).

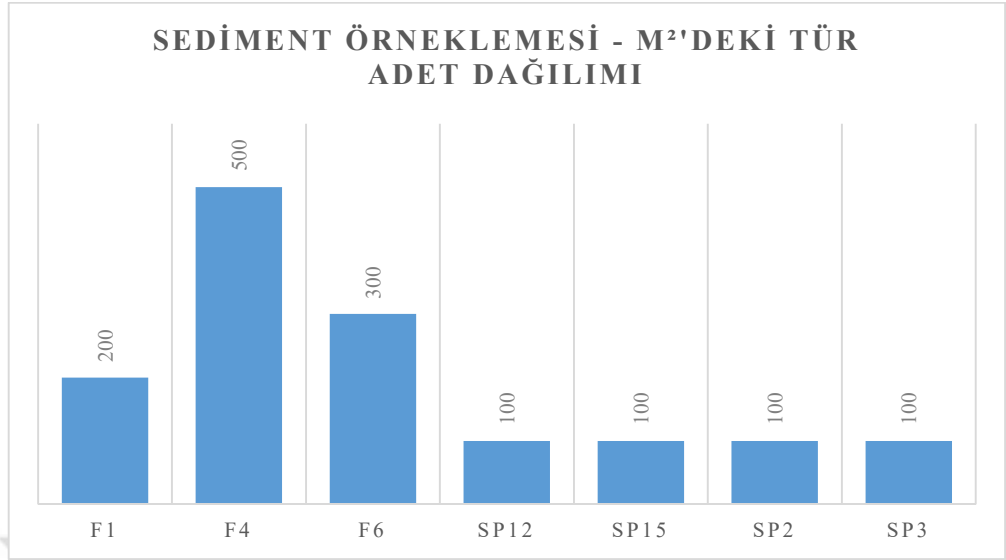
Şekil 80 ve Şekil 81’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



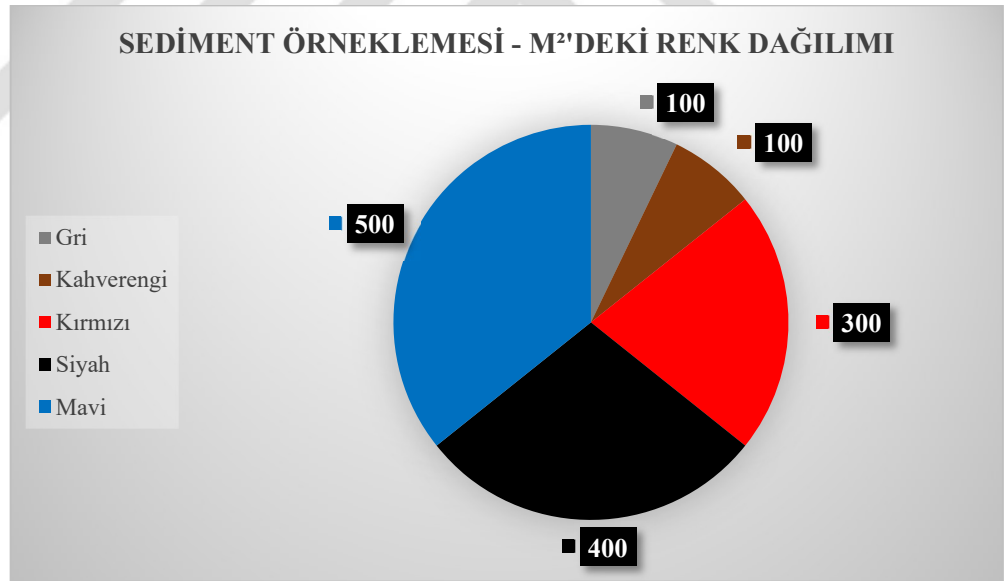
Şekil 78. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen sediment örnekleme mikropplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 79. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen sediment örnekleme mikropplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 80. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

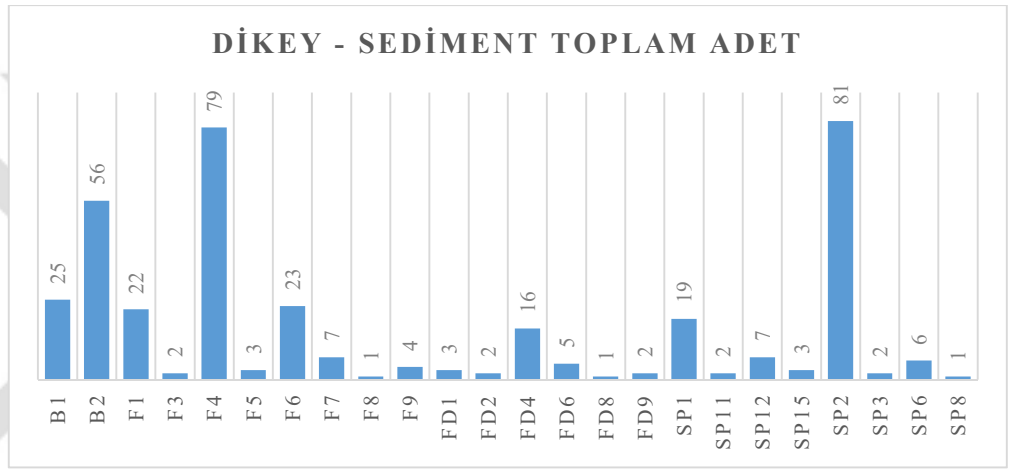


Şekil 81. İstasyon MD24'te gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

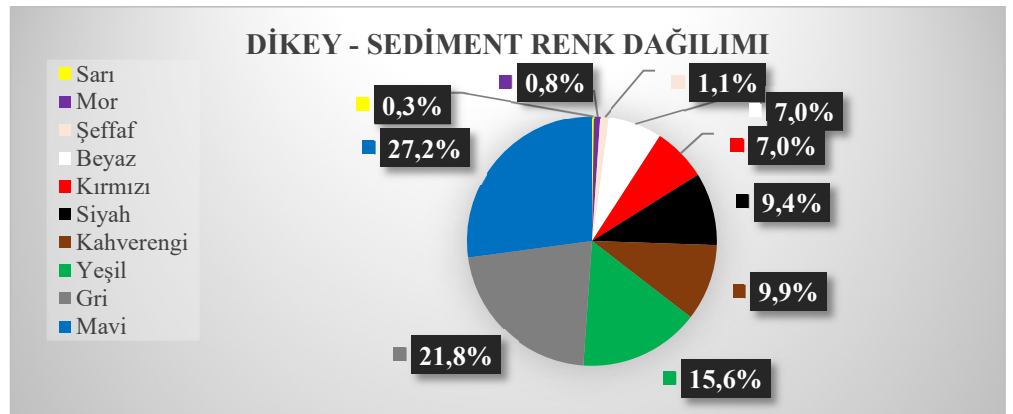
Dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon MD24’te tüm örneklemelerden elde edilen mikroplastiklerin toplam adedi Şekil 82’de verilmiştir. Buna göre; boya maddelerinin (B1 – B2), mavi fiber plastiklerin (F4) ve gri sert plastiklerin (SP2) ortamdaki çokluğu görülmektedir (Şekil 82).

Toplam adet olarak en yüksek değerlerde sayılmış olan mikroplastik türleri (Şekil 82), istasyondaki toplam renk dağılımlarına da aynı oranda etki etmiştir ve bu durum mavi ile gri rengin ortamdaki baskınlığına neden olmuştur (Şekil 83).



Şekil 82. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



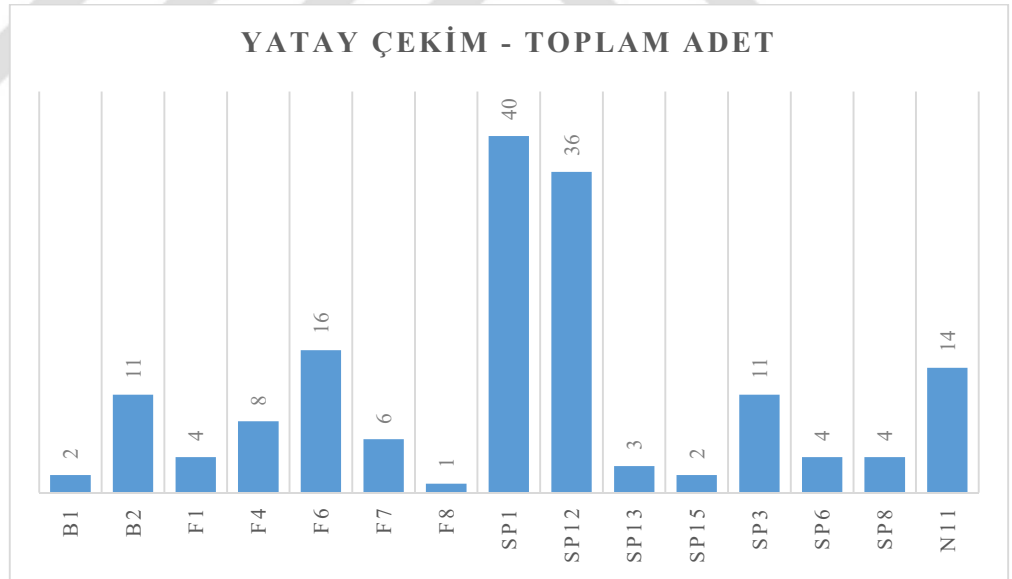
Şekil 83. İstasyon MD24’te gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

3.1.7. İstasyon İZ30

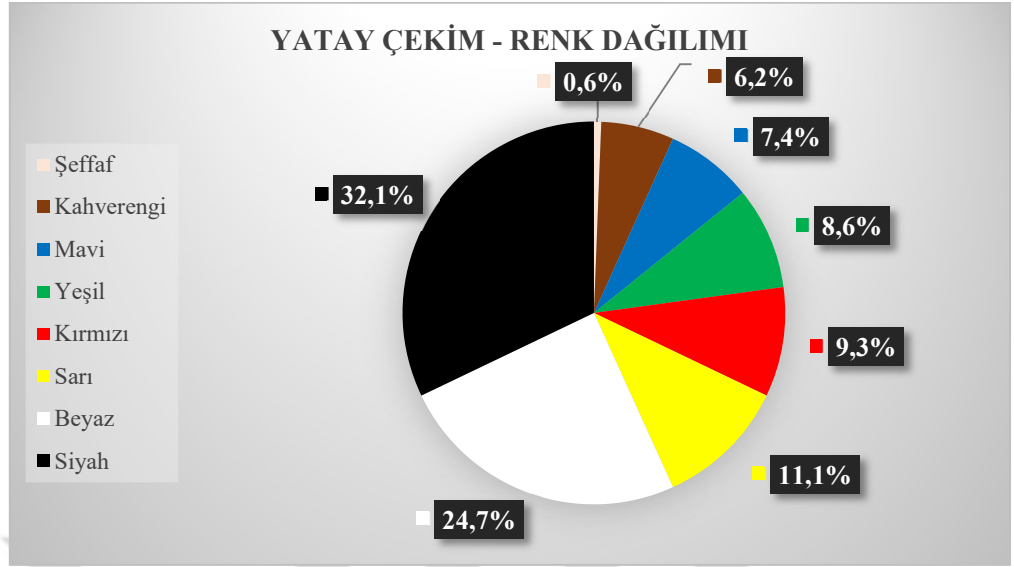
Yatay çekim

10 dakika süren yatay çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, ortamdaki sert plastiklerin [özellikle SP12 (siyah sert plastik) ve SP1 (beyaz sert plastik) kodlu mikroplastikler] varlığının, sayıca diğer mikroplastik türlerine göre daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 84). Çalışılan örneklemenin mikroplastik renk dağılım yüzdelерinde ise SP12 ve SP1 kodlu mikroplastiklerin ortamdaki çokluğu nedeniyle, siyah ve beyaz renkler baskın çıkmıştır (85).

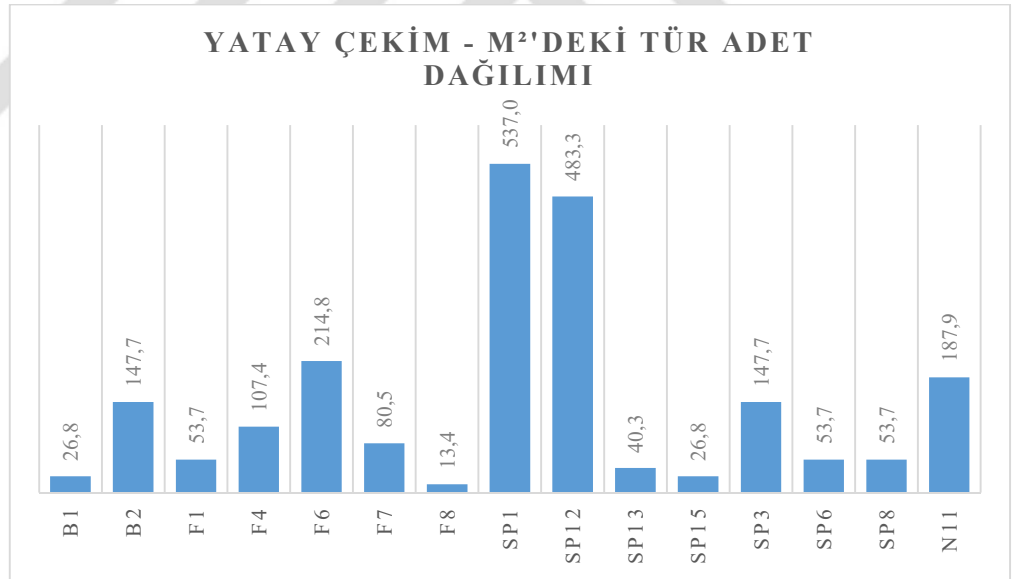
Şekil 86’da ve Şekil 87’de sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



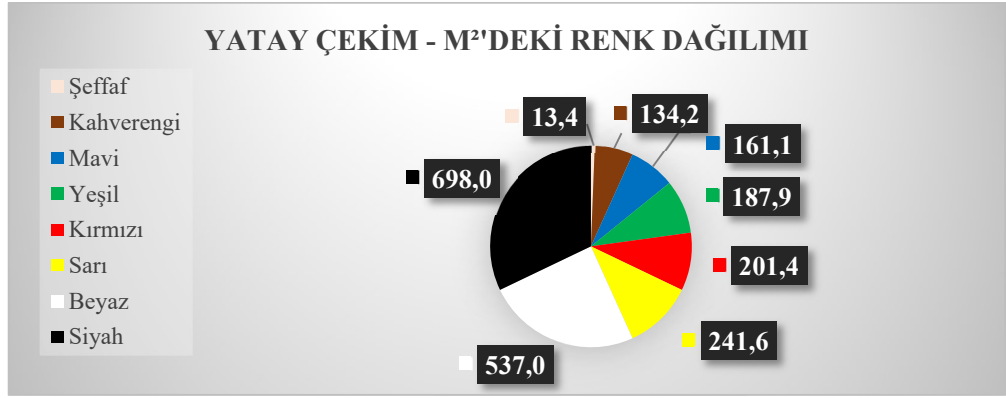
Şekil 84. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 85. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 86. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

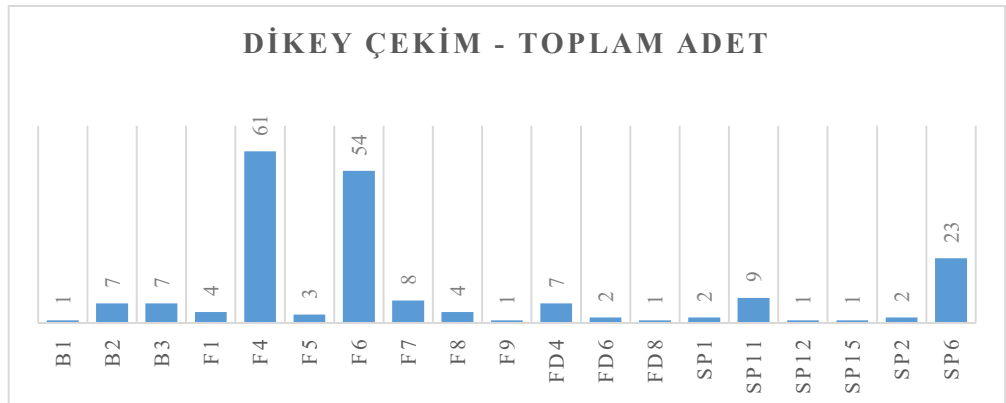


Şekil 87. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen yatay çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

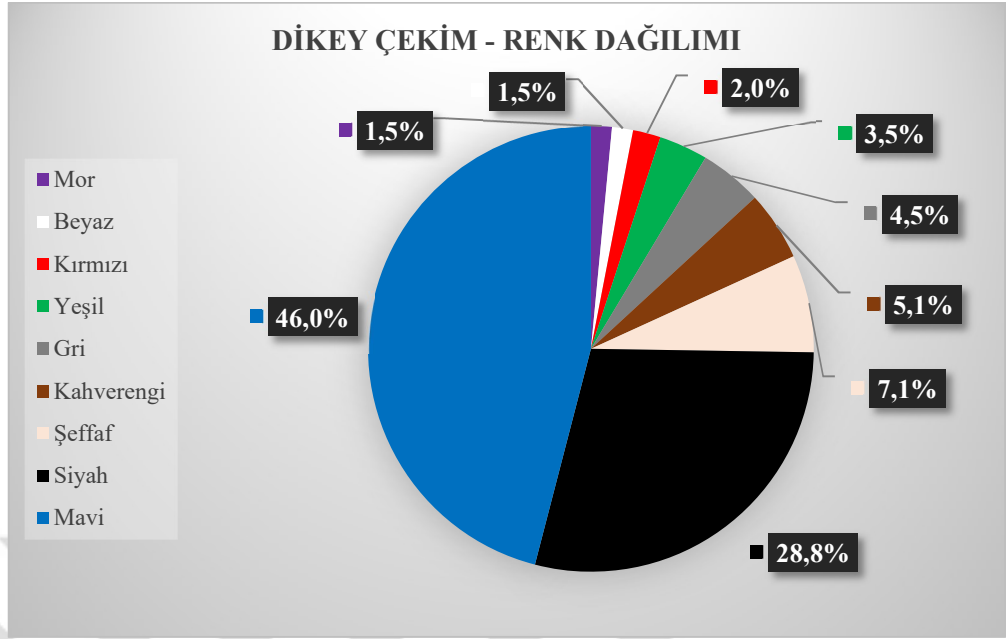
Dikey çekim

20-0 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, F4 (mavi fiber plastik) ve F6 (siyah fiber plastik) kodlu mikroplastiklerin adetçe en yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 88). F4'ün ve F6'nın adet olarak çokluğu, dikey çekimin mikroplastik renk dağılımlarında da mavi ve siyah rengin ortamda baskınlık kurmasına neden olmuştur (Şekil 89).

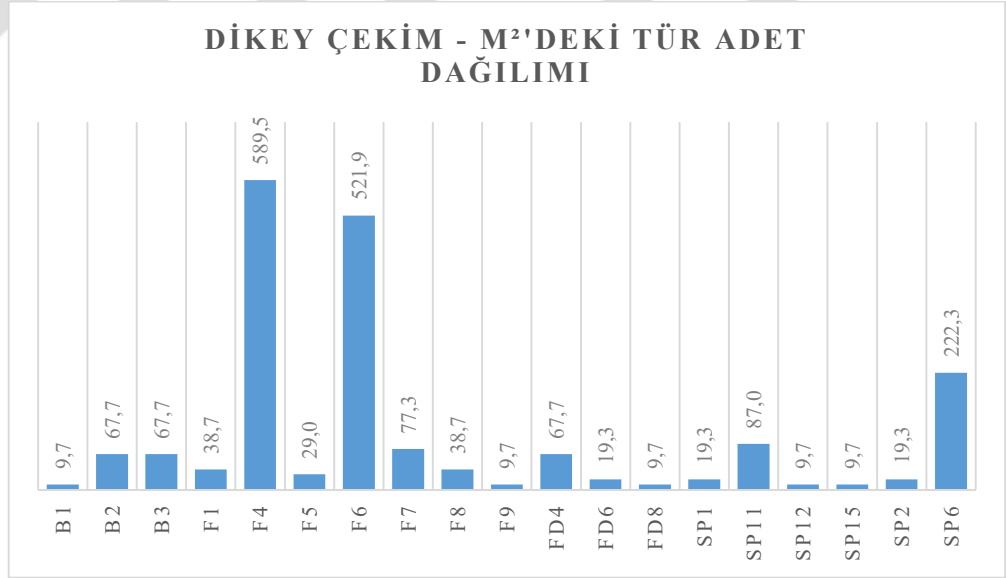
Şekil 90, m²'deki tür adet dağılımını, Şekil 91 ise m²'deki renk dağılımını göstermektedir.



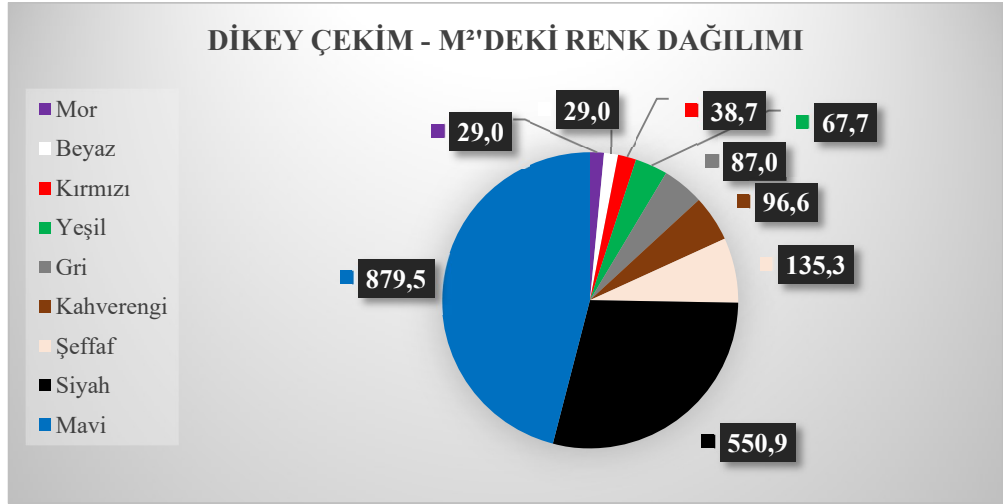
Şekil 88. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 89. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 90. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

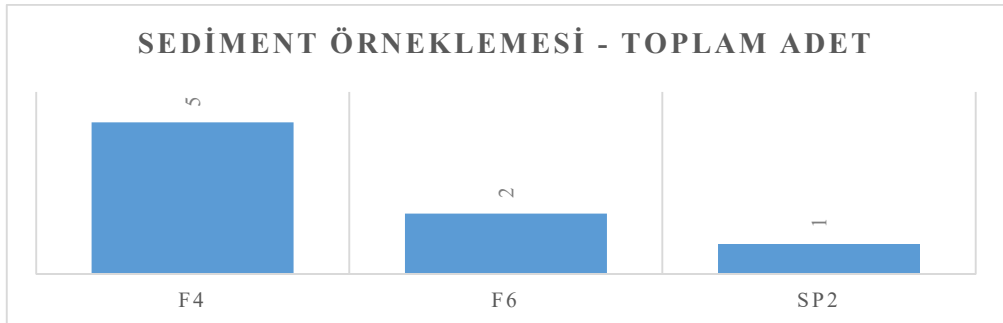


Şekil 91. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

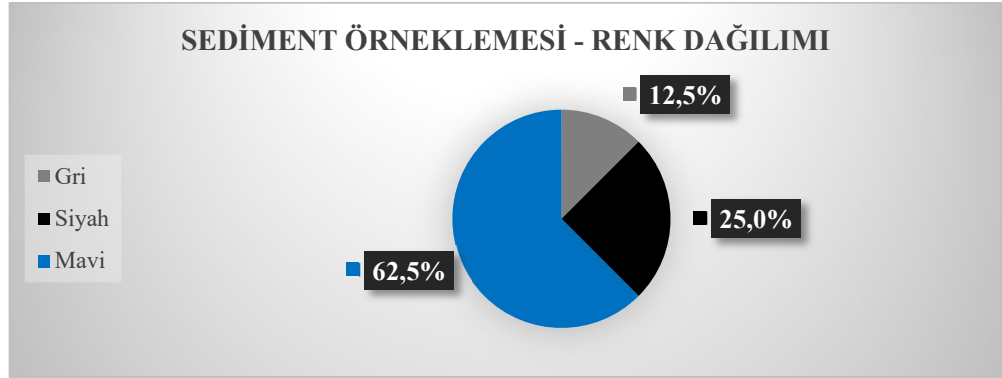
Sediment örnekleme

26 metreden alınan sediment örneğinin mikroskop incelemesinde, üç tür mikroplastik materyale rastlanmış ve fiber mikroplastiklerin (F4 ve F6) sediment örneğindeki çokluğu tespit edilmiştir (Şekil 92). Belirtilen bu fiber plastikler, sediment örneğindeki mikroplastik renk dağılımlarına da yüksek oranda etki etmiş ve siyah ile mavi rengin baskın çıkmasına neden olmuştur (Şekil 93).

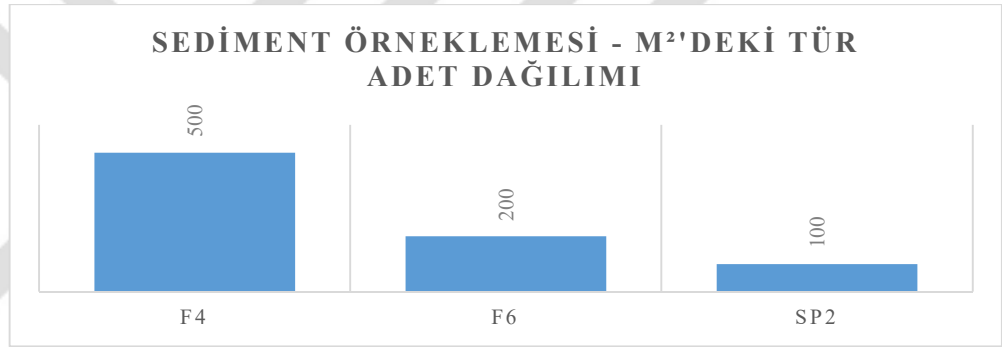
Şekil 94 ve Şekil 95’te sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 92. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen sediment örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 93. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



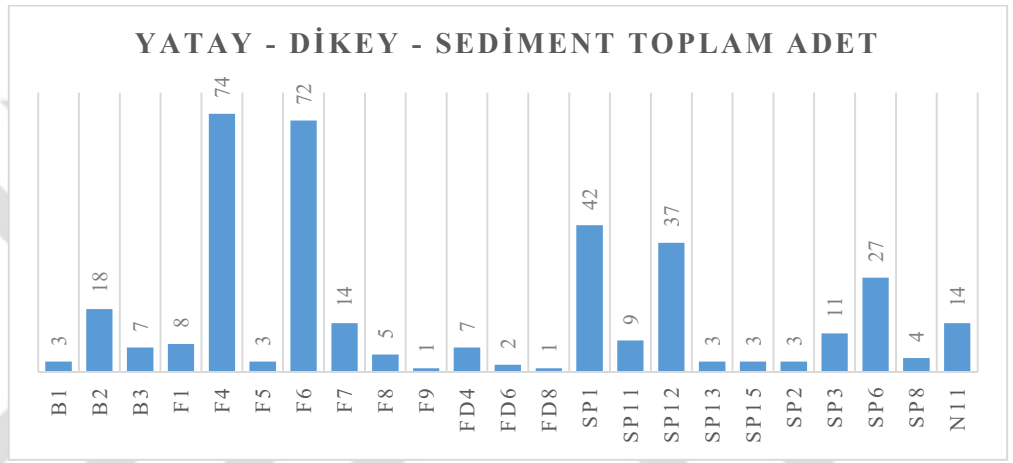
Şekil 94. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.



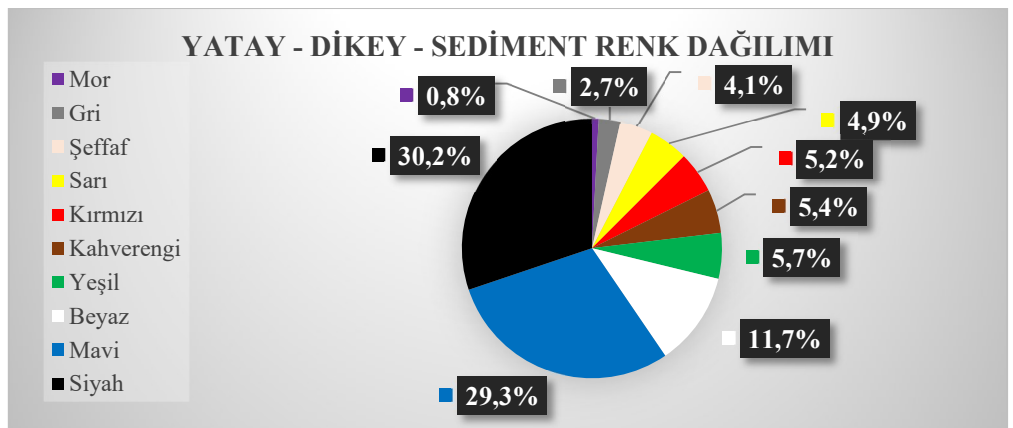
Şekil 95. İstasyon İZ30'da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon İZ30’da tüm örneklemelerden elde edilen mikroplastiklerin toplam adedi Şekil 96’da verilmiştir. Sayıca çokluğu tespit edilen fiber plastikleri, sert plastikler izlemektedir. İstasyonda en az çıkan mikroplastik türü ise boya maddeleridir (Şekil 96). F4 ve F6 kodlu fiber mikroplastiklerin ortamdaki çokluğu (Şekil 96), istasyondaki mikroplastik türlerinin renk dağılımlarına da büyük ölçüde etki edip, mavi ve siyah rengin baskınlığına sebep olmuştur (Şekil 97).



Şekil 96. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 97. İstasyon İZ30’da gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

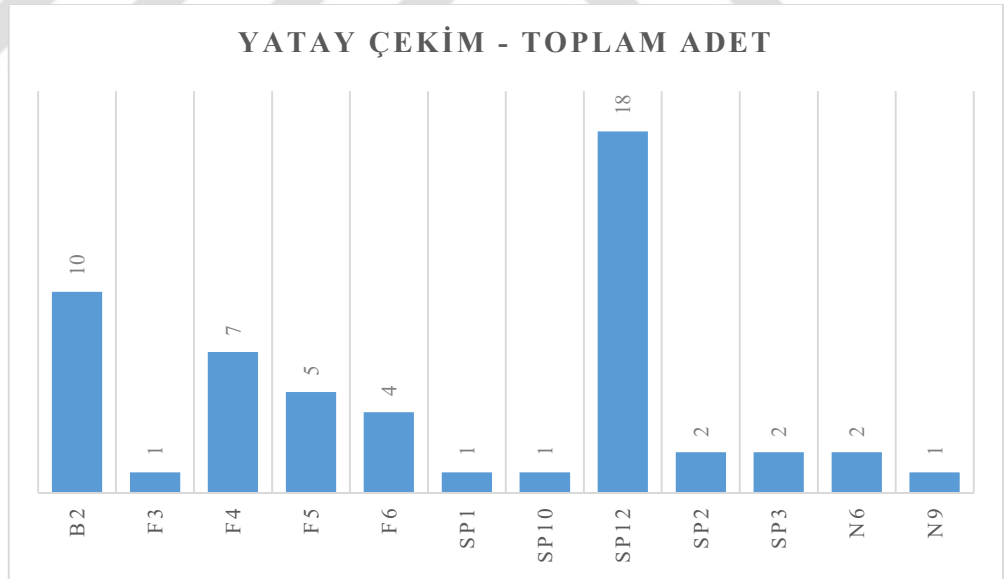
3.1.8. İstasyon KC1

Yatay çekim

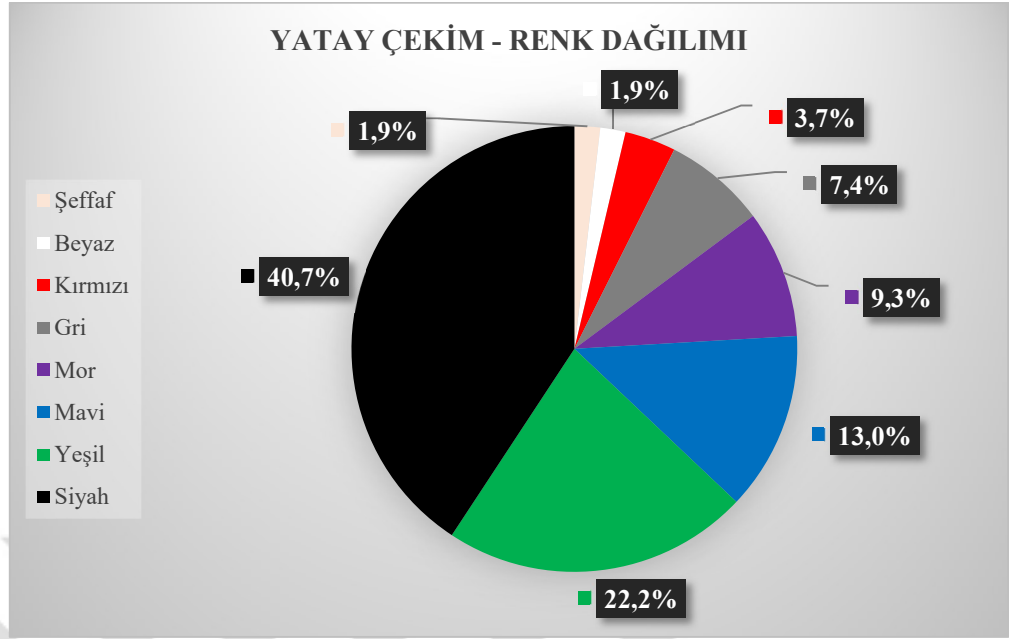
15 dakika süren yatay çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, siyah sert plastiklerin (SP12) ve yeşil boya maddelerinin (B2) adet olarak diğer mikroplastik türlerine göre daha çok olduğu görülmüştür (Şekil 98). Bununla birlikte, genel olarak mikroplastik türleri bakımından fiber ve sert plastik türlerinin baskın olduğu görülmüştür (Şekil 98).

Yatay çekimin renk dağılımlarında, SP12 ve B2 kodlu mikroplastik türlerinin ortamdaki çokluğu nedeniyle, siyah ve yeşil renk baskın çıkmıştır (Şekil 99).

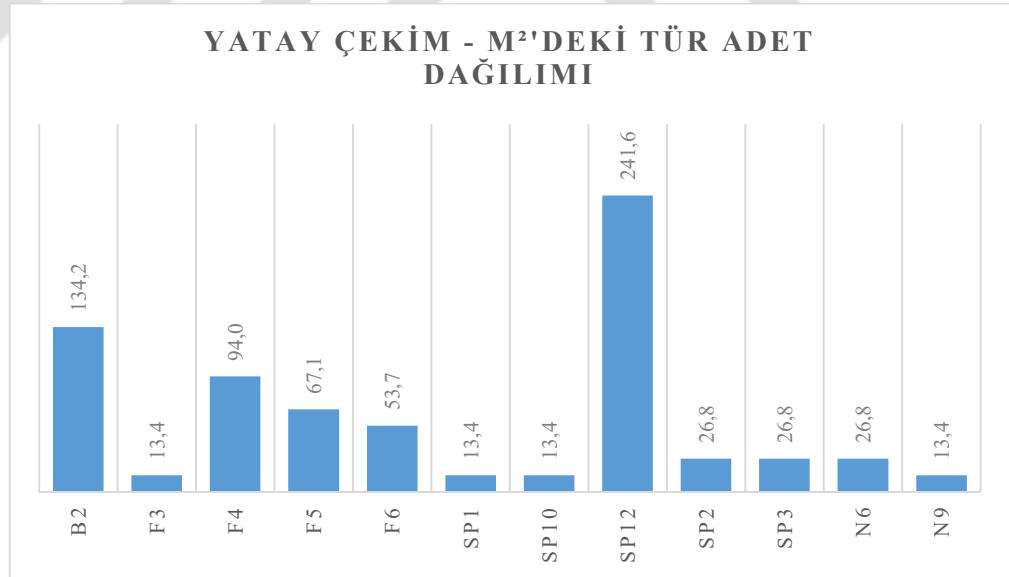
Şekil 100 ve Şekil 101 sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımını göstermektedir.



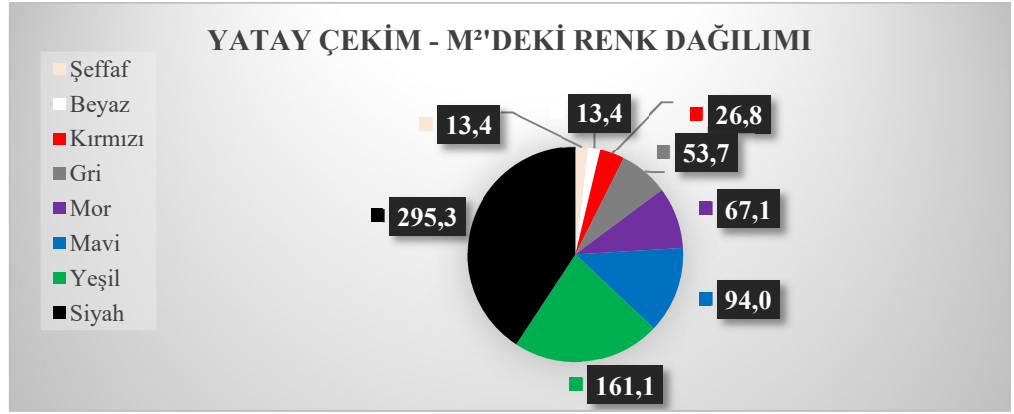
Şekil 98. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 99. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 100. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.



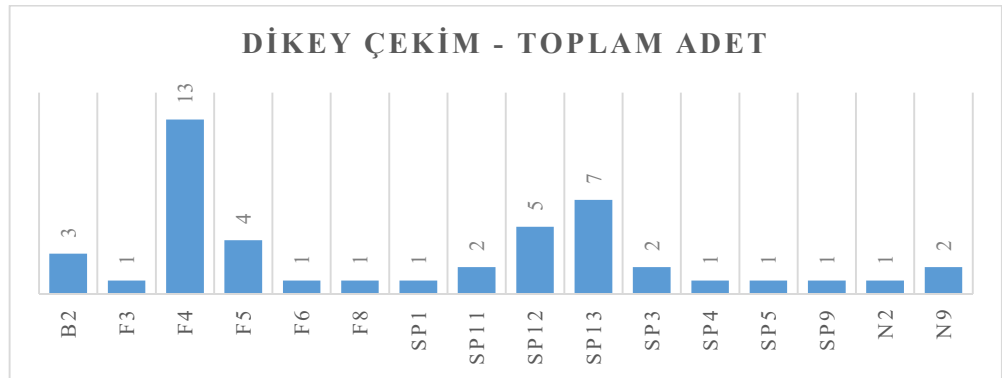
Şekil 101. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen yatay çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Dikey çekim

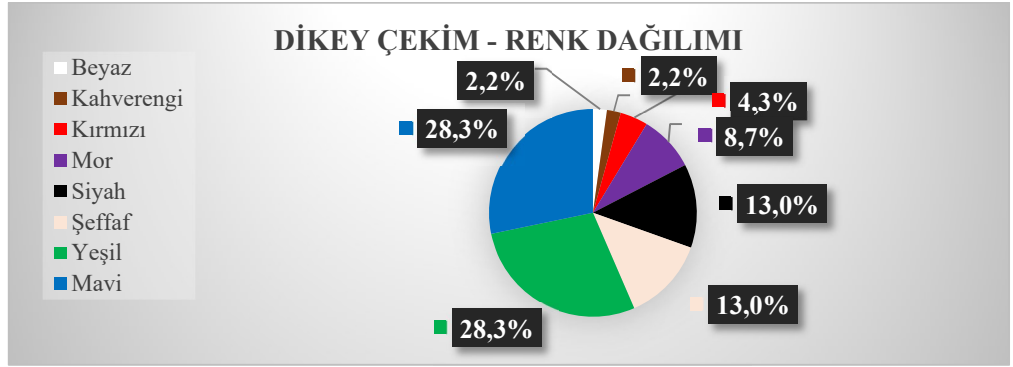
0-20 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, fiber mikroplastiklerin (özellikle F4 olmak üzere, F5, F6, vs.) ortamdaki varlığının diğer mikroplastik türlerine göre daha baskın olduğu görülmüştür (Şekil 102).

F4 (mavi fiber plastik) ve SP13 (yeşil fiber plastik) kodlu mikroplastiklerin sahip olduğu renkler su kolonunda baskındır (Şekil 103).

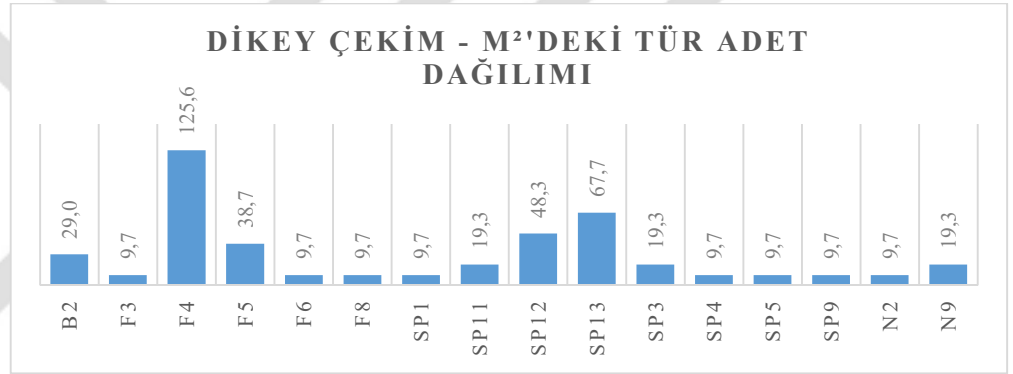
Şekil 104 ve Şekil 105, sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımını göstermektedir.



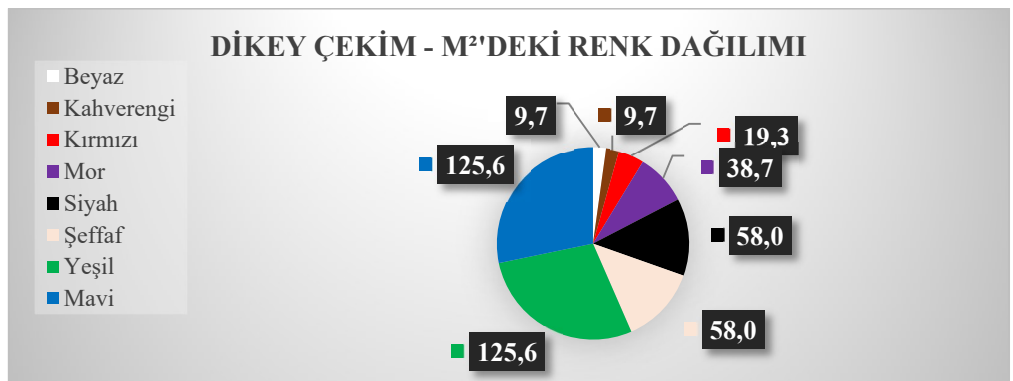
Şekil 102. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 103. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 104. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

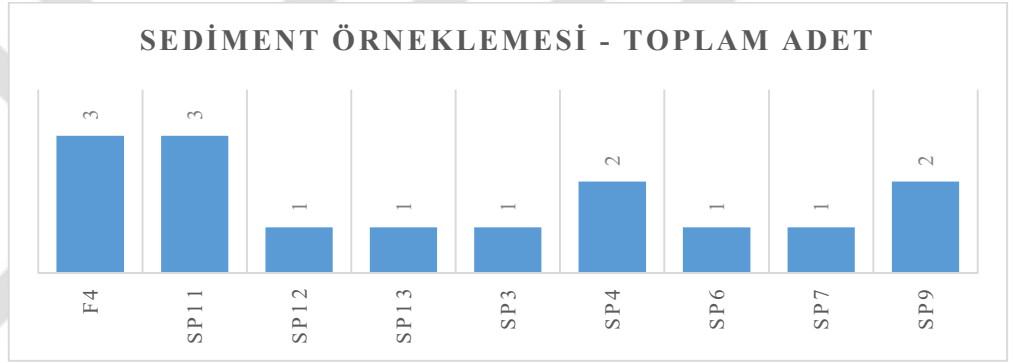


Şekil 105. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen dikey çekimin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

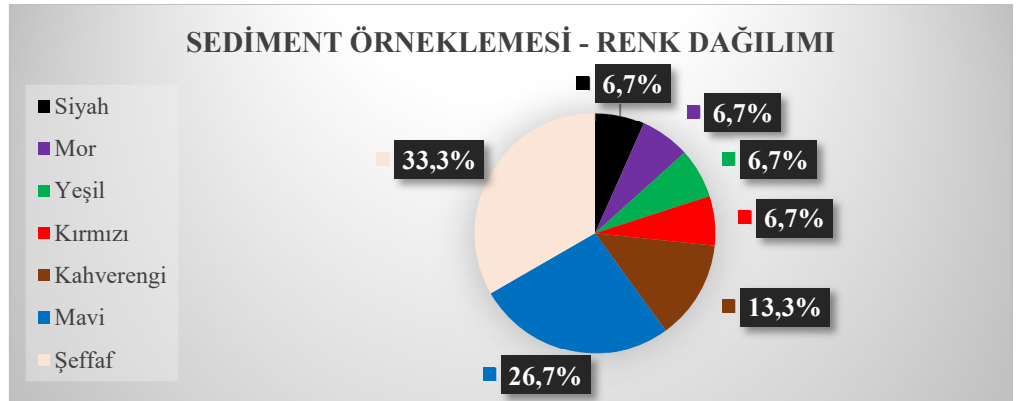
Sediment örnekleme

30 metreden alınan sediment örneğinin mikroskop incelemesinde, sert plastiklerin ortamdaki varlığının oldukça baskın olduğu görülmüştür (Şekil 106). Bununla birlikte; sadece tek bir fiber plastik (F4) türü ile karşılaşmış olup, sert plastik ve fiber plastik türlerinden başka bir mikroplastik türüne rastlanılmamıştır (Şekil 106). Örnekleme renk dağılımlarına bakıldığında, toplam adetçe daha çok olan SP11 (şeffaf sert plastik) kodlu mikroplastiklerin şeffaf rengi baskın kıldığı görülmüştür (Şekil 107).

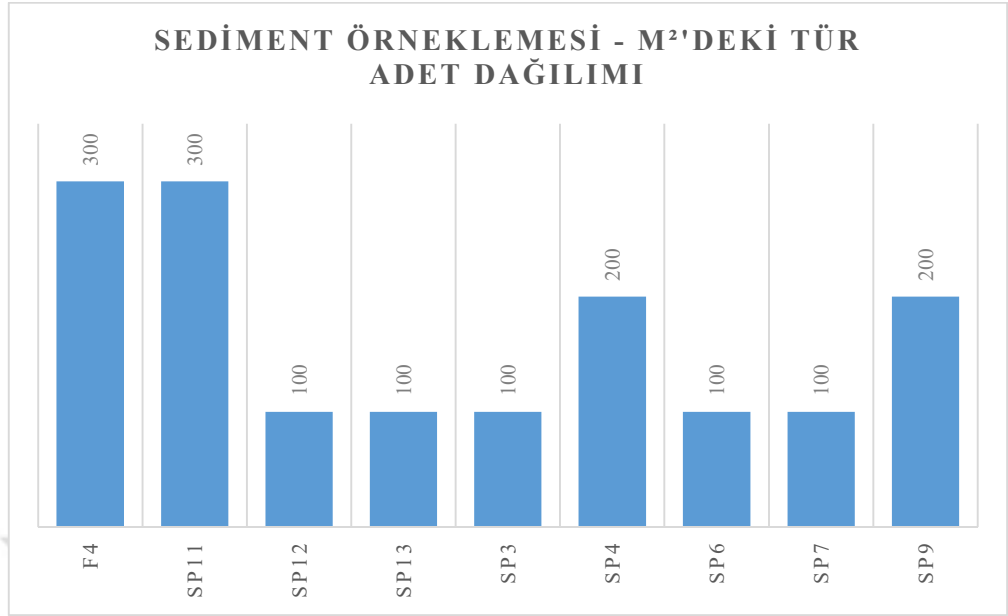
Şekil 108’de ve Şekil 109’da sırasıyla m²’deki tür adet dağılımı ve m²’deki renk dağılımı gösterilmiştir.



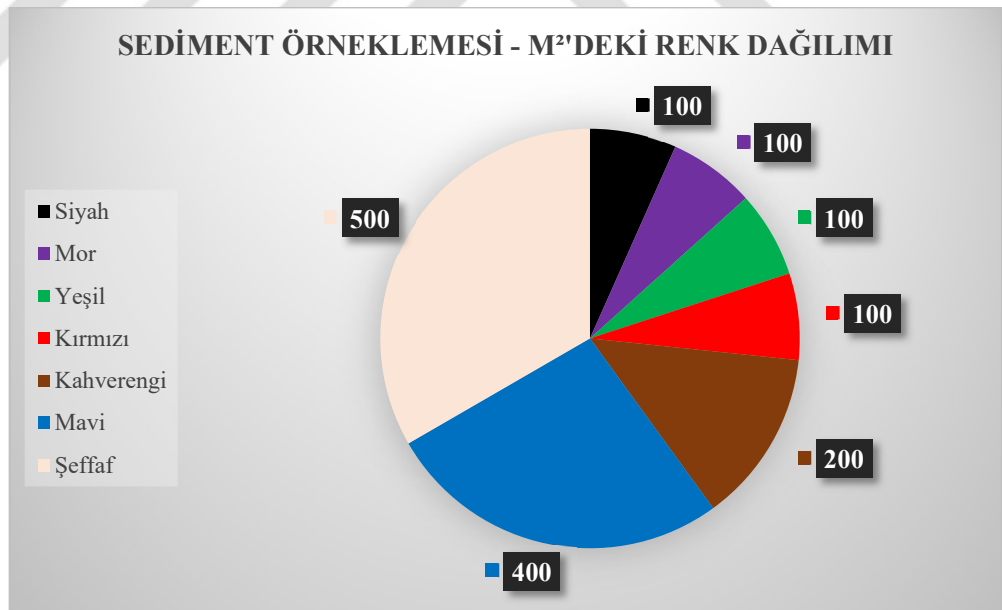
Şekil 106. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen sediment örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 107. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen sediment örnekleme renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 108. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²’deki adet dağılımları.

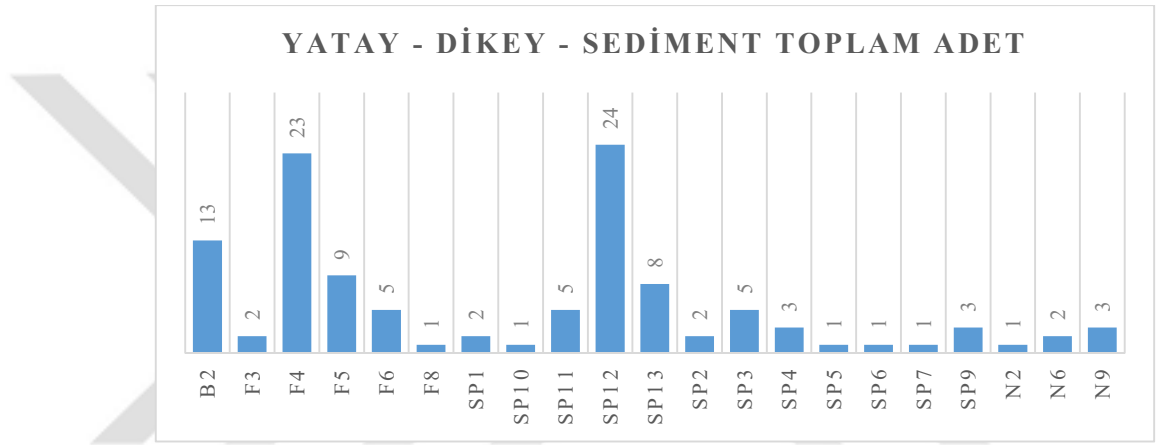


Şekil 109. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²’deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

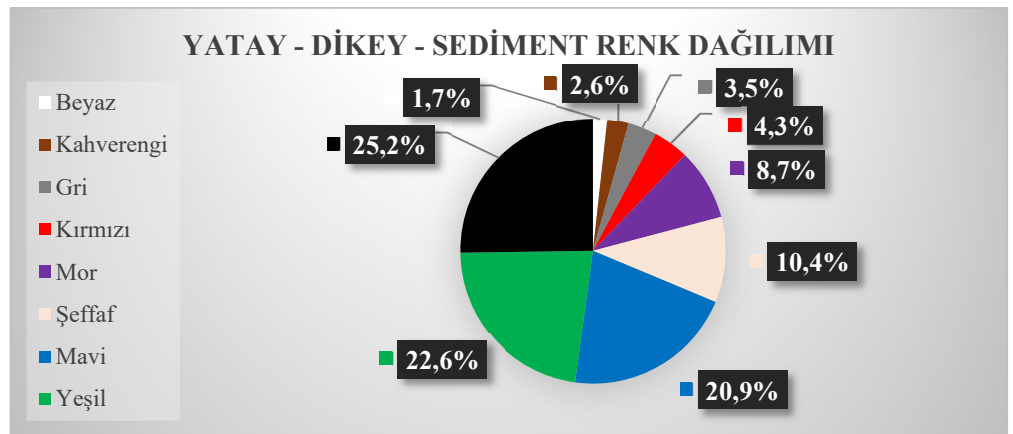
Yatay-dikey-sediment örneklemelerinin toplam sonuç incelemesi

İstasyon KC1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin laboratuvar incelemesi sonucu elde edilen mikroplastiklerin toplam adedi Şekil 110’da verilmiştir. Buna göre, sert mikroplastik türlerinin diğer mikroplastik türlerine göre baskın olduğu, bununla birlikte F4 (mavi fiber plastik) kodlu mikroplastik türünün sayıca fazla olduğu görülmüştür (Şekil 110).

SP12 ve F4 kodlu mikroplastiklerin sayıca çokluğu, istasyonun renk dağılımlarında, siyah ve yeşil rengin varlığına büyük ölçüde etki etmiştir (Şekil 111).



Şekil 110. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 111. İstasyon KC1’de gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

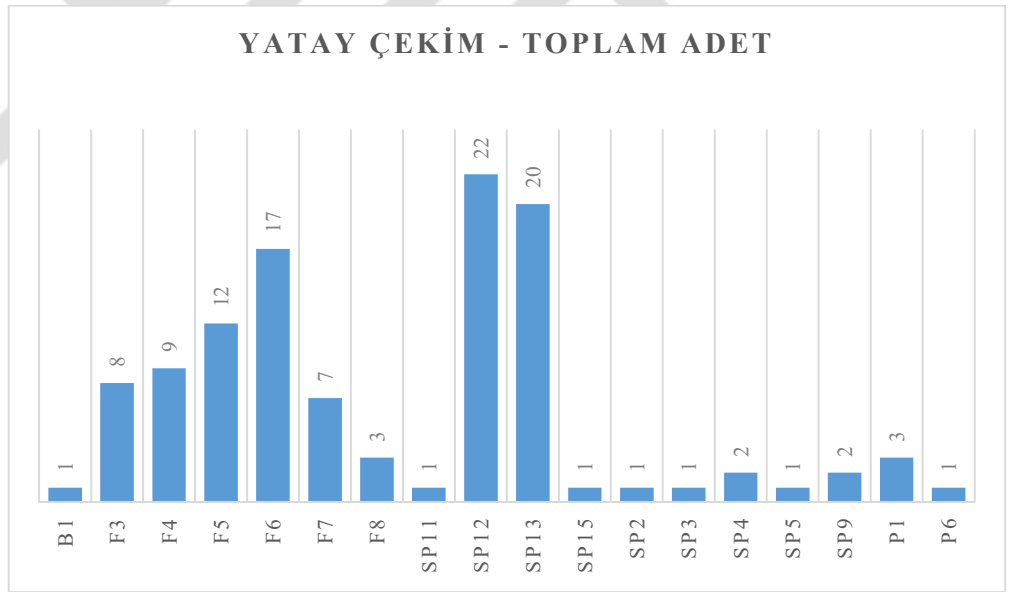
3.1.9. İstasyon K0

Yatay çekim

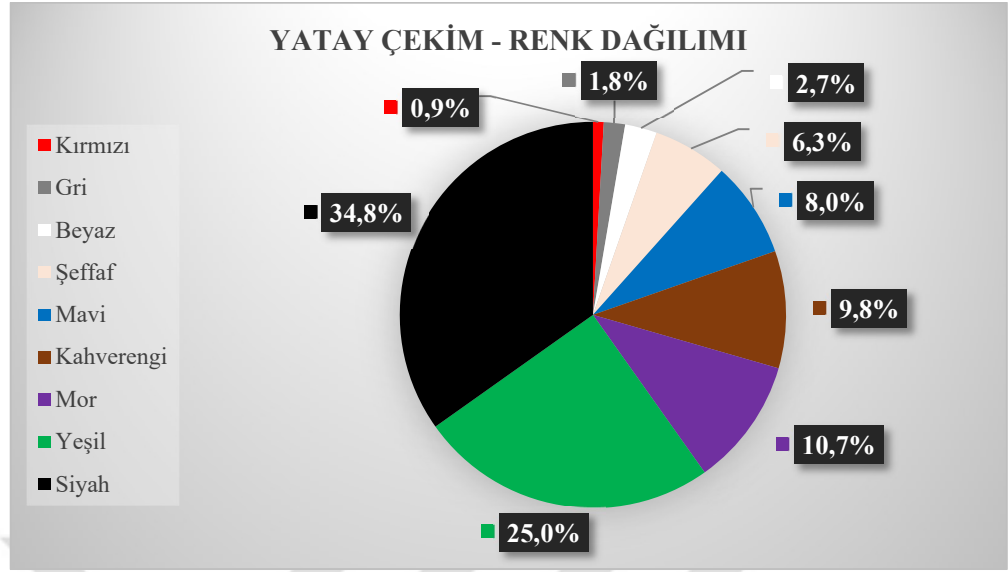
15 dakika süren yatay çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde, ortamdaki sert plastik türlerinin daha fazla olduğu ve bununla birlikte iki sert mikroplastik türünün (SP12 ve SP13) adetçe en fazla olduğu görülmüştür (Şekil 112).

Su kolonunda siyah ile yeşil renk baskındır (Şekil 113).

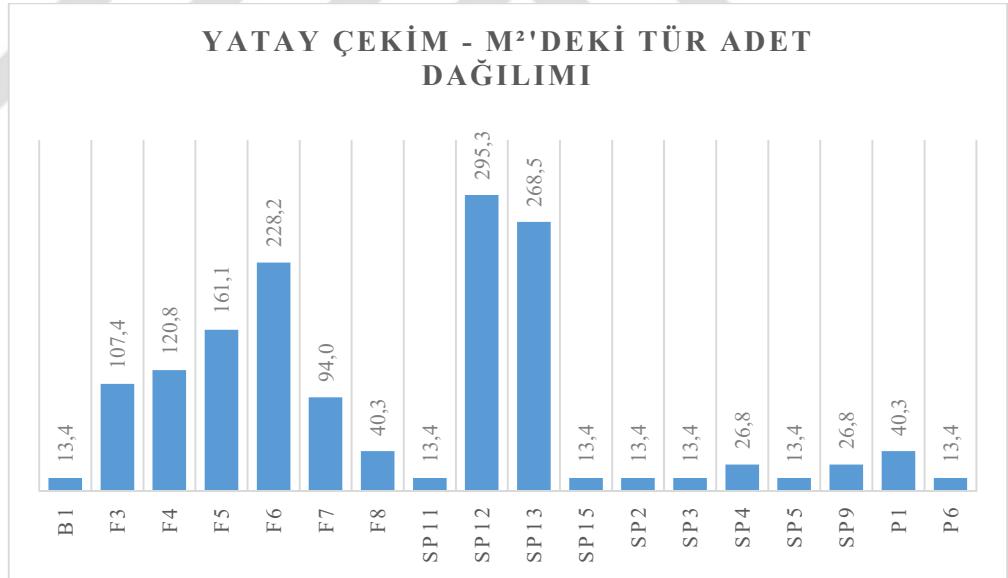
Şekil 114 ve Şekil 115 sırasıyla, m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımını göstermektedir.



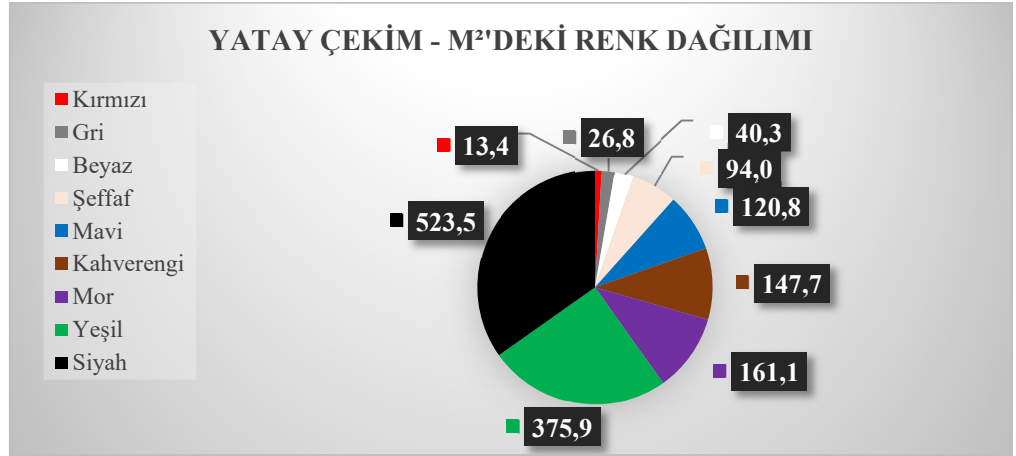
Şekil 112. İstasyon K0’da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 113. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 114. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

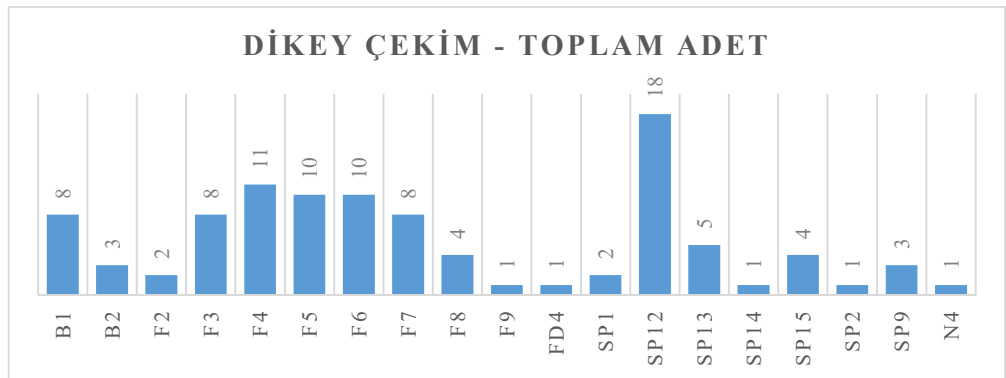


Şekil 115. İstasyon K0'da gerçekleştirilen yatay çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

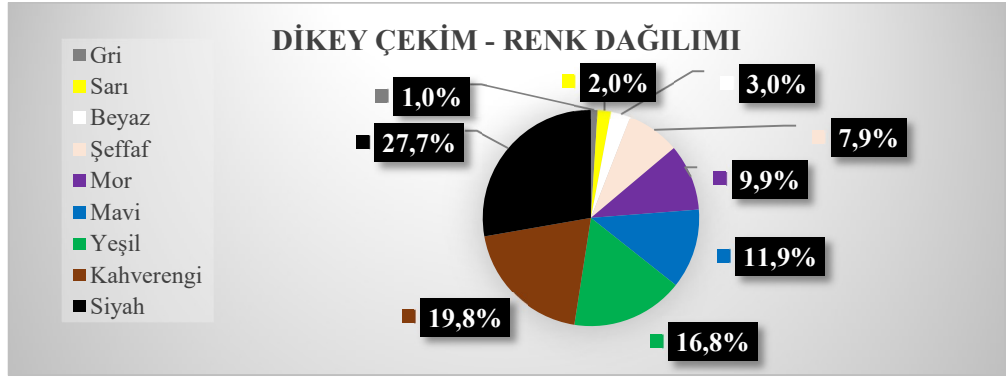
Dikey çekim

0-20 metre arasında gerçekleştirilen dikey çekim örneklemesinin mikroskop incelemesinde sert mikroplastik türlerinin (SP12, SP15, SP13, vs.) ve fiber plastik türlerinin (F3, F4, F5, vs.) ortamda fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 116). Bununla birlikte, siyah sert plastik türünün (SP12) toplam adetçe en fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 116). Su kolonunda siyahın ve kahverenginin baskın olduğu görülmüştür (Şekil 117).

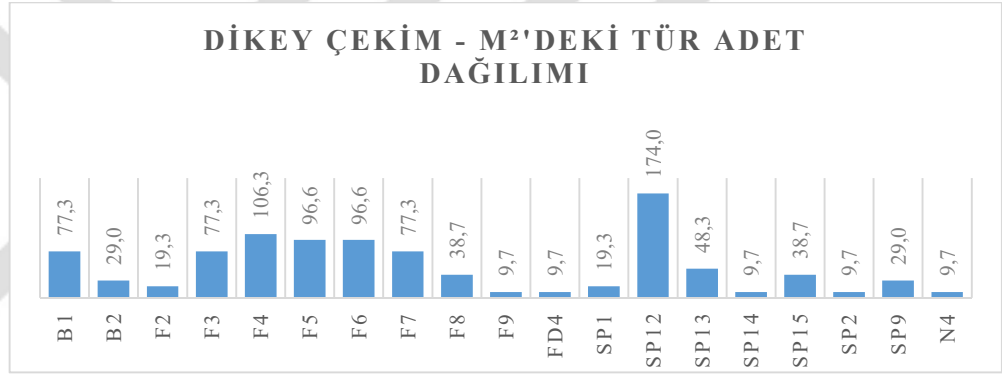
Şekil 118 ve Şekil 119'da sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımı gösterilmiştir.



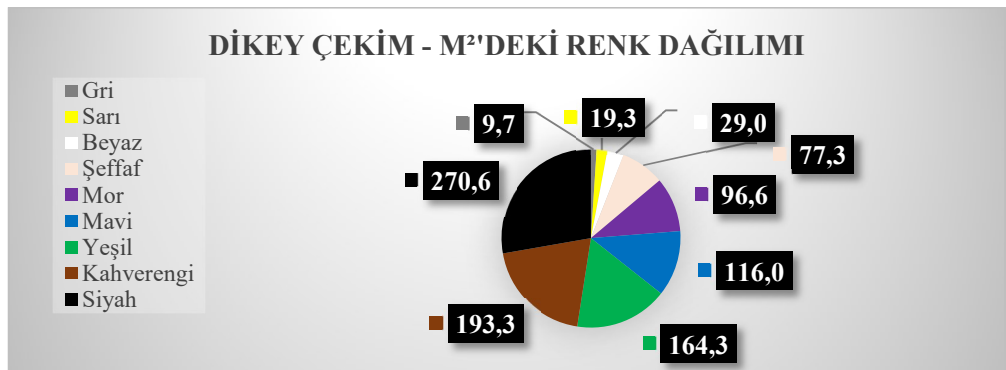
Şekil 116. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 117. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.



Şekil 118. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.

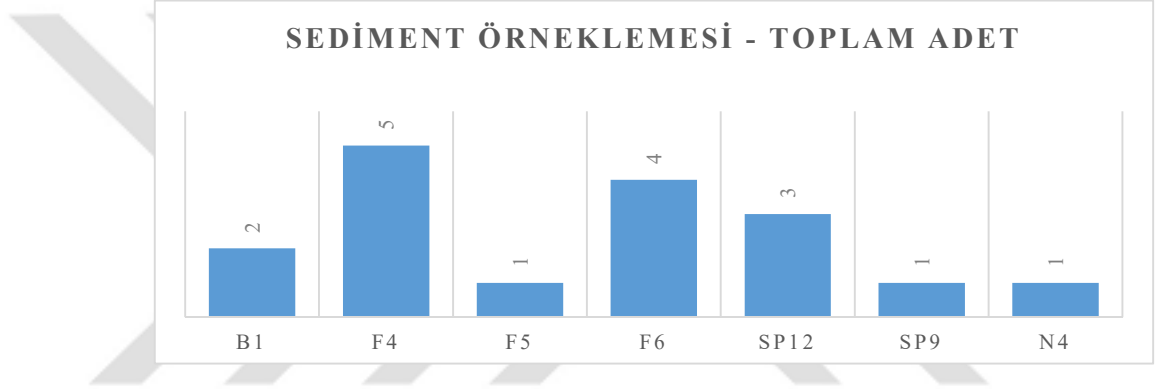


Şekil 119. İstasyon K0'da gerçekleştirilen dikey çekimin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

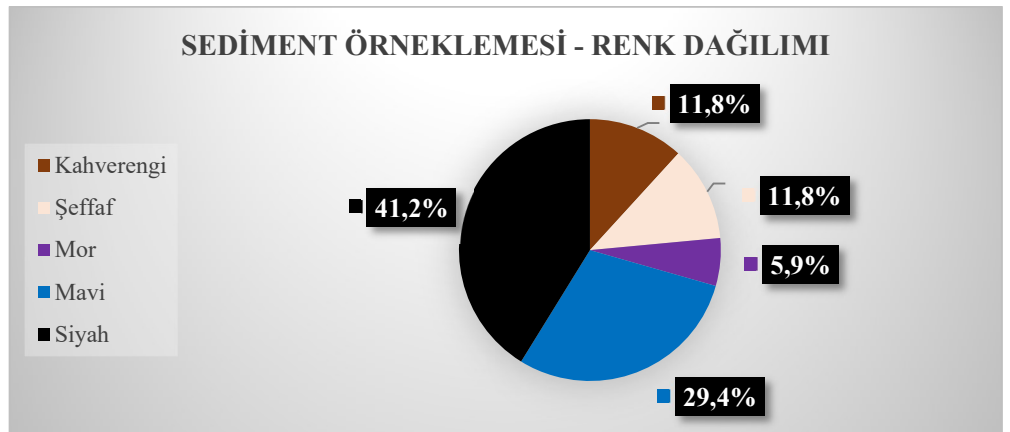
Sediment örnekleme

72 metreden alınan sediment örneğinin mikroskop incelemesinde, fiber mikroplastik türlerinin diğer türlere göre daha fazla olduğunun tespit edilmesiyle birlikte, özellikle mavi fiber plastiklerin (F4) adetçe daha çok oldukları görülmüştür (Şekil 120). Sediment örneklemesinden elde edilen mikroplastiklerin renk dağılımlarına bakıldığında ise siyah ve mavi rengin baskın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 121).

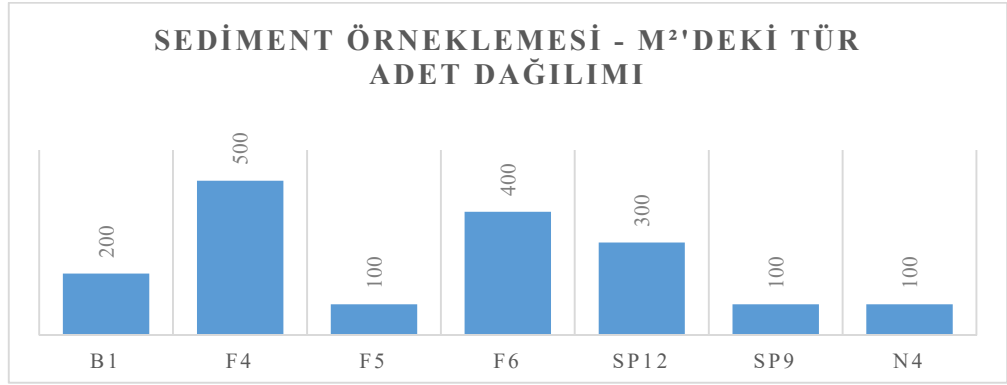
Şekil 122 ve Şekil 123, sırasıyla m²'deki tür adet dağılımı ve m²'deki renk dağılımını göstermektedir.



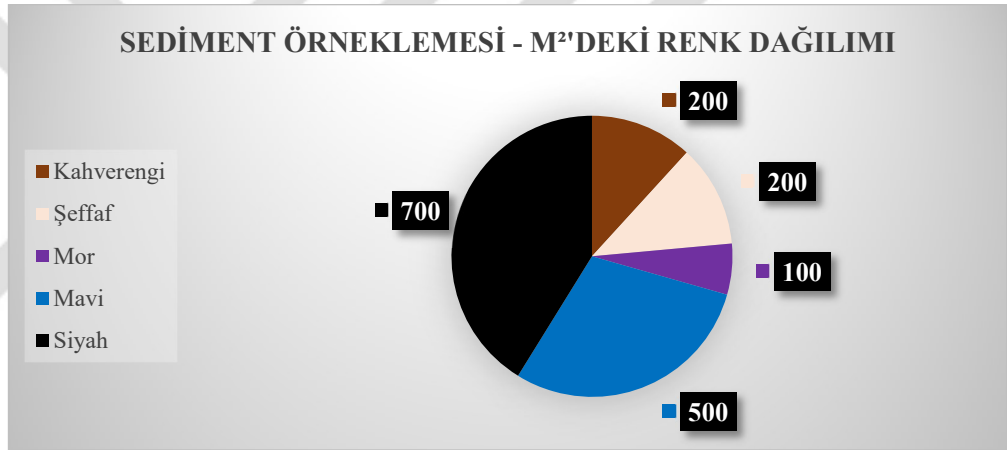
Şekil 120. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örnekleme türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 121. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örnekleme renk dağılım yüzdeleri.



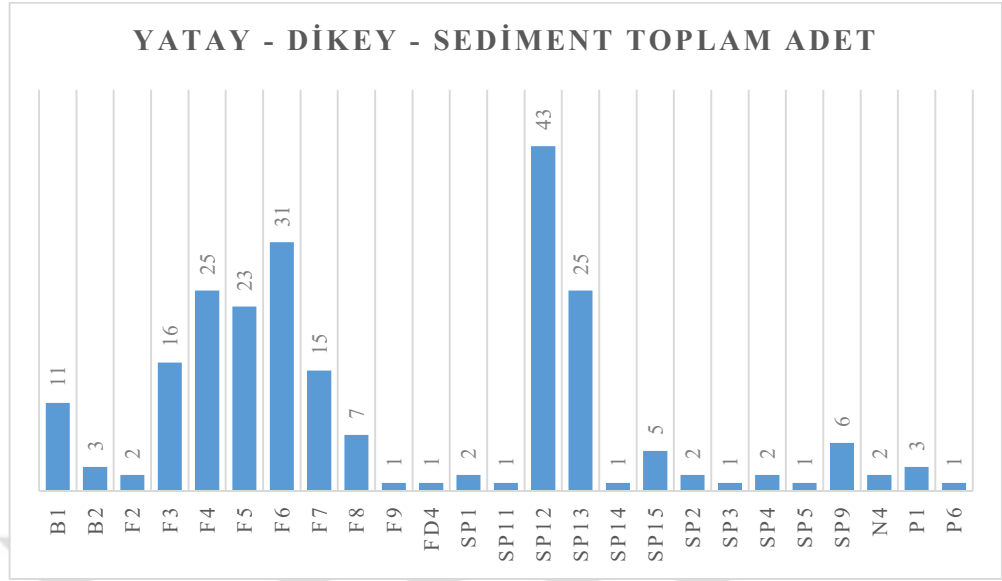
Şekil 122. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin mikroplastik türlerine göre m²'deki adet dağılımları.



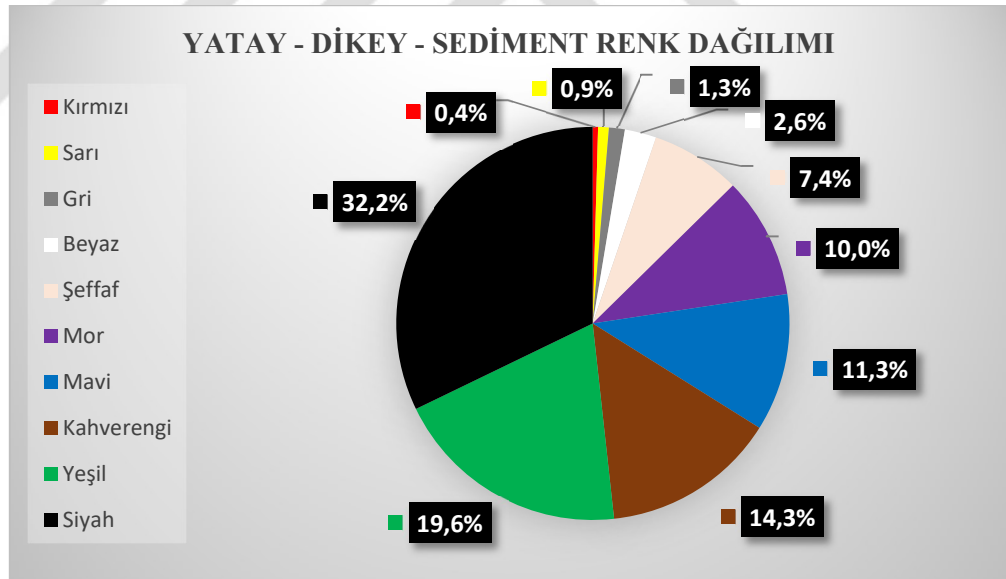
Şekil 123. İstasyon K0'da gerçekleştirilen sediment örneklemeinin m²'deki mikroplastik renk dağılım adetleri.

Yatay-dikey-sediment örneklemeinin toplam sonuç incelemesi

K0 adlı istasyondaki tüm örneklemeinde elde edilen mikroplastiklerin toplam adedi Şekil 124'te verilmiştir. Sert mikroplastik türlerinin, -özellikle siyah sert plastik (SP12)- diğer mikroplastik türlerine göre daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 124). Sert plastiklerden sonra ise fiber plastiklerin sayıca çokluğu tespit edilmiştir (Şekil 124). Çalışılan istasyonda siyah ve yeşil rengin baskın olduğu tespit edilmiştir (125).



Şekil 124. İstasyon K0'da gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik türlerine göre toplam adet dağılımları.



Şekil 125. İstasyon K0'da gerçekleştirilen tüm örneklemelerin mikroplastik renk dağılım yüzdeleri.

3.2. Plastik Gruplarına Göre Genel Değerlendirme

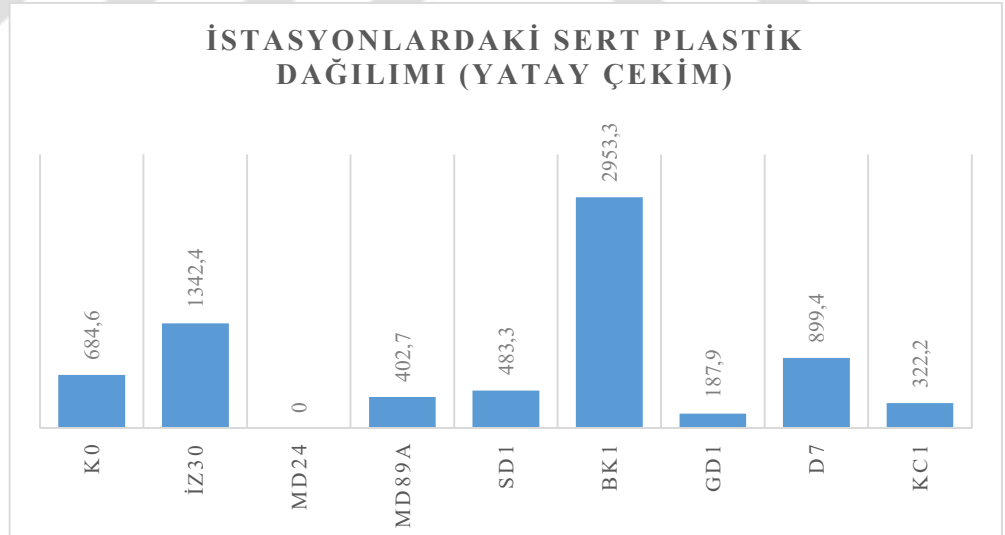
Bu başlık altında; sert plastik, fiber, boya maddesi, polistiren, pellet, naylon, kauçuk ve diğer (tanımlanamamış) materyaller olmak üzere, incelenmiş olan toplamda 8 plastik türünün, çalışılmış olan 9 istasyondaki adet dağılımları m² cinsinden verilmiştir. Plastik türlerinin boy-frekans dağılımı, tüm istasyonlar ve tüm örnekleme çeşitleri ele alınarak oluşturulmuştur.

MD24'te yatay çekim yapılamamıştır.

3.2.1. Sert plastik dağılımları ve sert plastiklerin boy-frekans dağılımı

3.2.1.1. Yatay çekim örneklemelerindeki sert plastik dağılımı

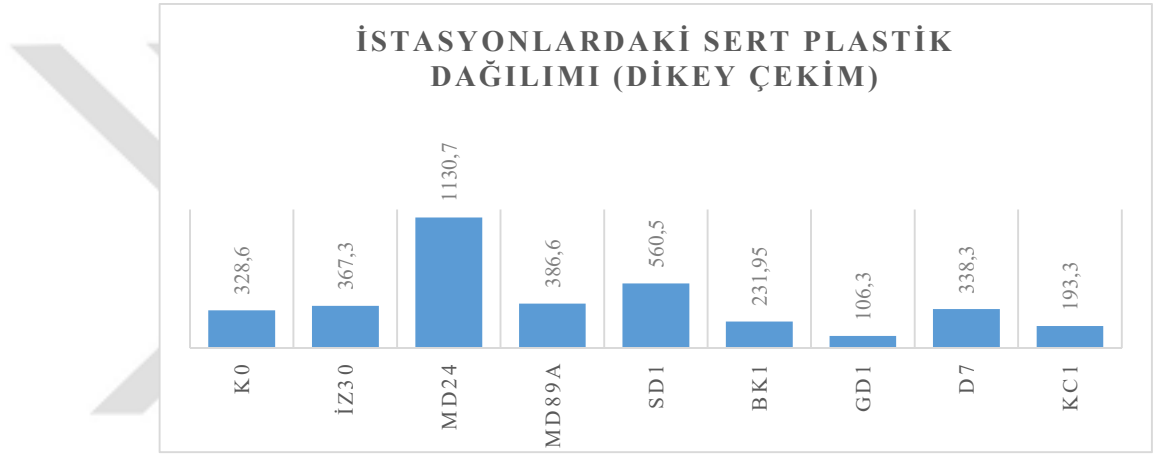
Bandırma Körfezi'nin yüzeyinde yüksek miktarda sert plastik tespit edilmiştir (Şekil 126).



Şekil 126. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen sert plastiklerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.1.2. Dikey çekim örneklemelerindeki sert plastik dağılımı

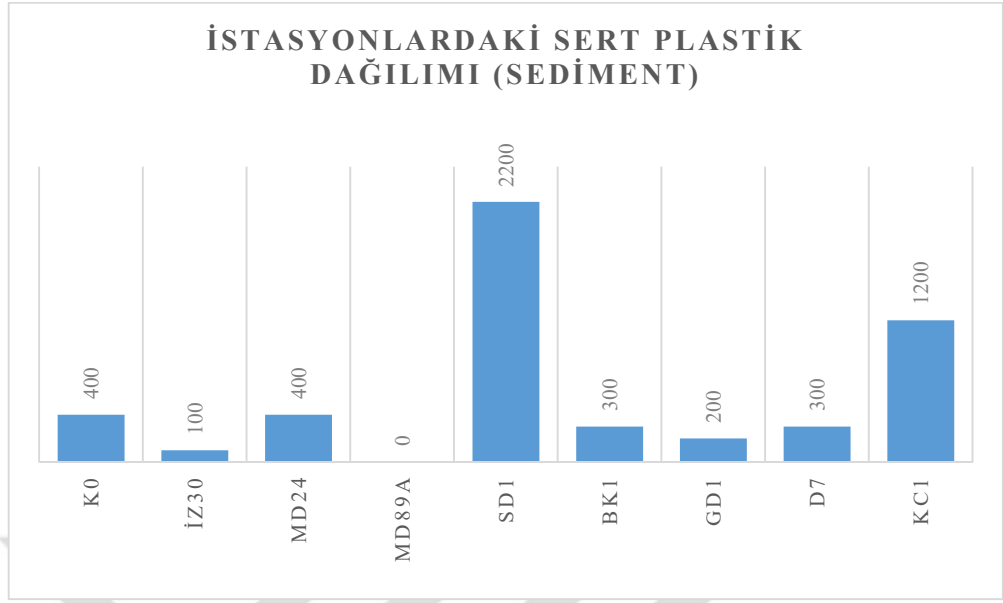
MD24, su kolonunda, m²'deki sert plastik sayısı en yüksek olan istasyondur (Şekil 127). Çanakkale Boğazı'nda konumlandırılmış olan D7 adlı istasyon ve Marmara Denizi'nin Karadeniz çıkışında konumlandırılmış olan K0 adlı istasyona bakıldığında; m²'deki sert plastik sayısının K0'ın ve D7'nin su kolonunda hemen hemen aynı görülmüştür (Şekil 127). Nehir etki alanlarının, -Susurluk Çayı ve Gönen Çayı-, olduğu bölgelere konumlandırılmış olan SD1 ve GD1 adlı istasyonlara bakıldığında ise SD1'de daha fazla sert plastik tespit edildiği görülmüştür (Şekil 127).



Şekil 127. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen sert plastiklerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.1.3. Sediment örneklemelerindeki sert plastik dağılımı

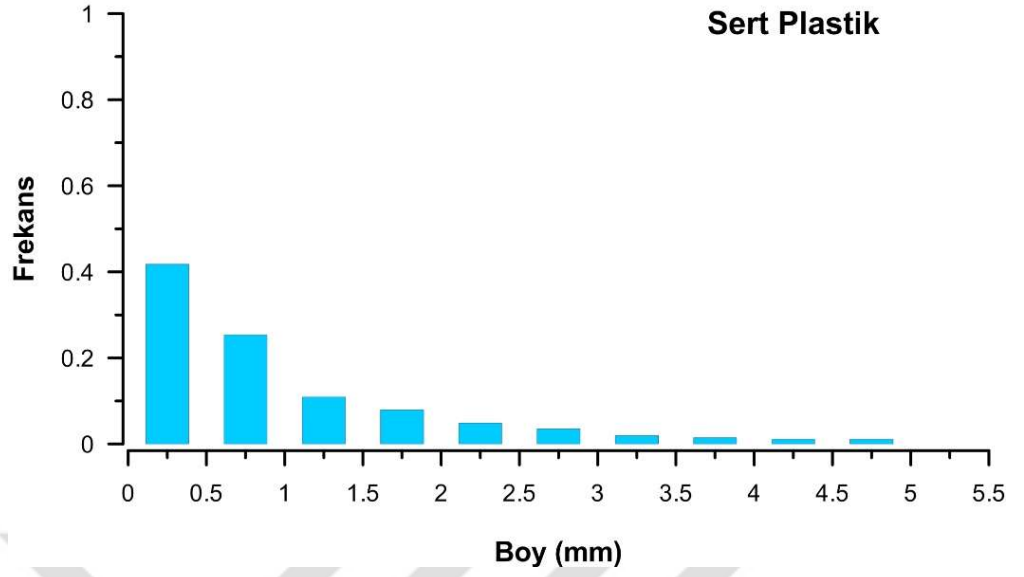
Nehir etkisinde kalan bir bölge olan SD1 (Susurluk Çayı) adlı istasyonun sediment örneklemeinde, konumu bir diğer nehir etki alanında yer alan GD1 (Gönen Çayı) adlı istasyona göre, m²'deki sert plastik sayısının oldukça yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 128). Bunun nedeninin, sanayileşme ve evsel yerleşimin etkisi ile olduğu düşünülmektedir. Bandırma Körfezi'nin (MD89A) sediment örneklemeinde ise sert plastiklere rastlanılmamıştır (Şekil 128).



Şekil 128. Sediment örneklemelerinden elde edilen sert plastiklerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.1.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki sert plastiklerin boy-frekans dağılımı

Sert plastiklerin boyu 0,06 mm ve 4,89 mm arasında değişim göstermektedir (Şekil 129). Grafiğe göre 0,06 mm ve 1 mm arasındaki boylarda ölçülmüş olan sert plastiklerin sayısı oldukça fazladır (Şekil 129). 0,06 mm ve 0,5 mm arasında değişen boylardaki sert plastikler, en yüksek frekans değerindedir (Şekil 129). Sudaki sert plastiklerin maksimum ve minimum boyu 4,89 mm ve 0,06 mm'dir. Sudaki boy ortalaması ise 1,03 mm'dir. Sedimentteki sert plastiklerin maksimum ve minimum boyları 1,74 mm ve 0,08 mm'dir. Sedimentteki sert plastiklerin boy ortalaması ise 0,50 mm'dir.

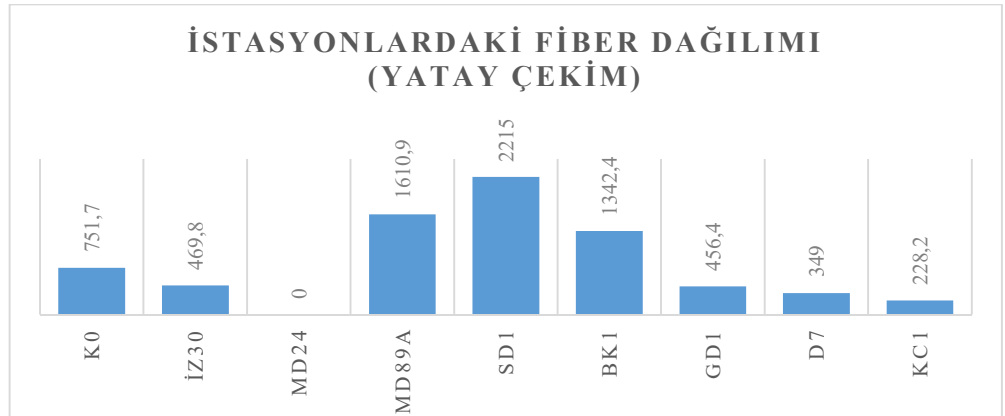


Şekil 129. Sert plastiklerin boy-frekans değerleri

3.2.2. Fiber Dağılımları

3.2.2.1. Yatay çekim örneklemelerindeki fiber dağılımı

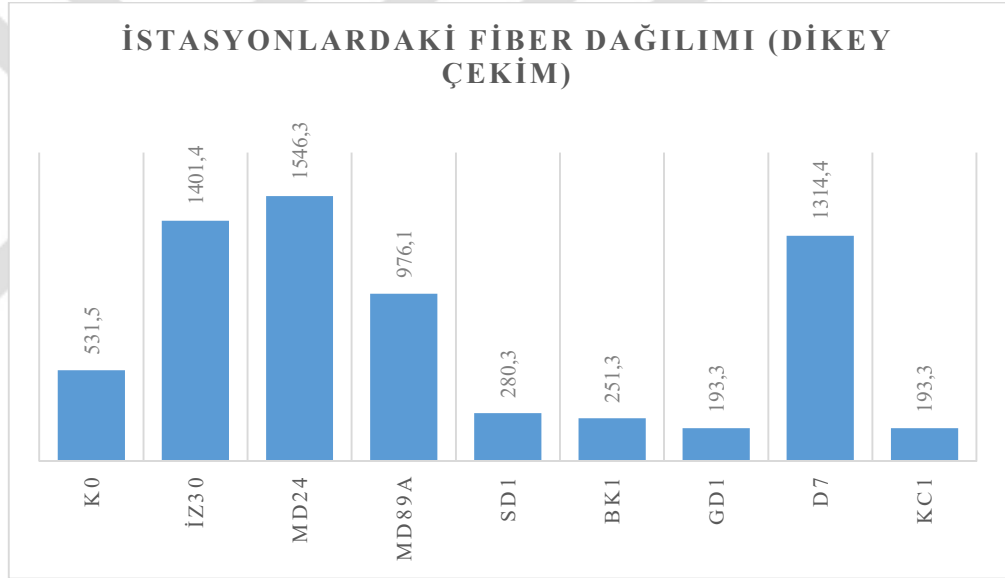
Fiberlerin yüzeyde en fazla görüldüğü bölge SD1'dir. KC1'in yüzeyinde, metrekaredeki fiber adedinin az olduğu tespit edilmiştir (130).



Şekil 130. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen fiberlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.2.2. Dikey çekim örneklemelerindeki fiber dağılımı

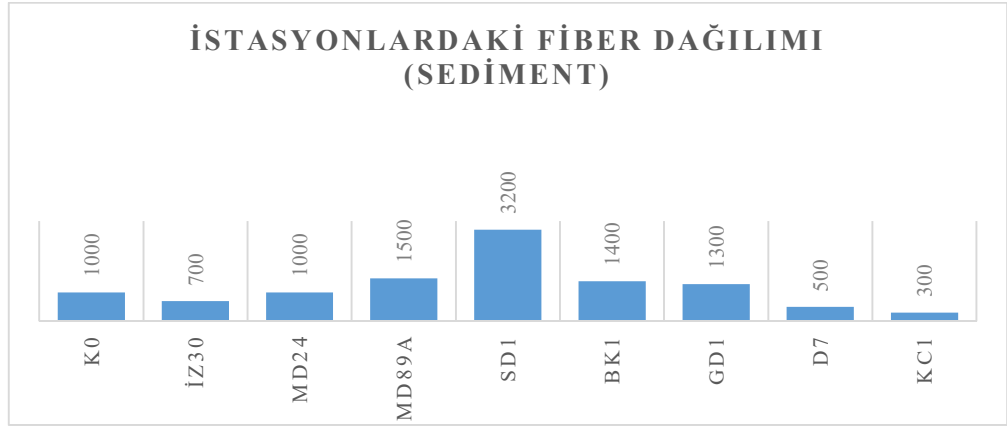
Sanayileşmenin, evsel yerleşimin ve kuzey rüzgârlarının etkisinde olan MD24 adlı istasyonda, dikey çekim örneklemede m²'deki fiber plastik sayısının en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 131). Marmara Denizi'nin Çanakkale Boğazı'na giriş bölgesinde bulunan D7 adlı istasyonda da m²'deki fiber plastik sayısı K0 adlı istasyona göre oldukça yüksektir (Şekil 131). Nehir etki alanlarında ise (GD1 ve SD1) m²'deki fiber sayısı Bandırma Körfezi'nde bulunan BK1, Küçükçekmece Gölü'nün kıyısında bulunan KC1 adlı istasyonlarda görüldüğü gibi az miktardadır (Şekil 131). Gemlik Körfez'inin iç kısmında konumlandırılmış olan; gemi trafiğinin, evsel yerleşimin ve dolayısıyla evsel atıkların yoğun olduğu MD89A adlı istasyonda da m²'deki fiber plastik sayısı yüksek bulunmuştur (Şekil 131).



Şekil 131. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen fiberlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.2.3. Sediment örneklemelerindeki fiber dağılımı

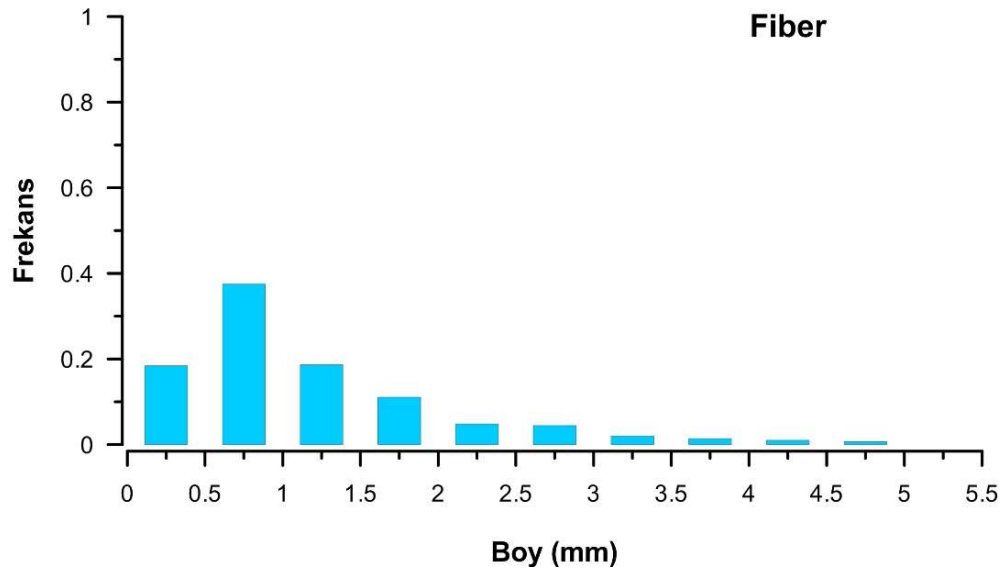
Sediment örneklerinin incelenmesi sonucunda SD1 adlı istasyonda, m²'deki fiber plastik sayısının yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 132). KC1'de ise en düşük değerde olduğu görülmüştür (Şekil 132).



Şekil 132. Sediment örneklemelerinden elde edilen fiberlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.2.4 Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki fiberlerin boy-frekans dağılımı

Fiber mikroplastiklerin boyu 0,07 mm ve 4,98 mm'ye kadar değişim göstermektedir (Şekil 133). Tespit edilen fiberler 0,07 mm ile 1,50 mm arasındaki boy değerlerinde daha fazladır (Şekil 133). Sudaki maksimum ve minimum fiber boyu 4,98 mm ve 0,02 mm'dir. Sudaki boy ortalaması ise 1,05 mm'dir. Sedimentteki maksimum ve minimum boylar 4,19 mm ve 0,10 mm'dir. Sedimentte bulunan fiberlerin boy ortalaması ise 1,05 mm'dir.

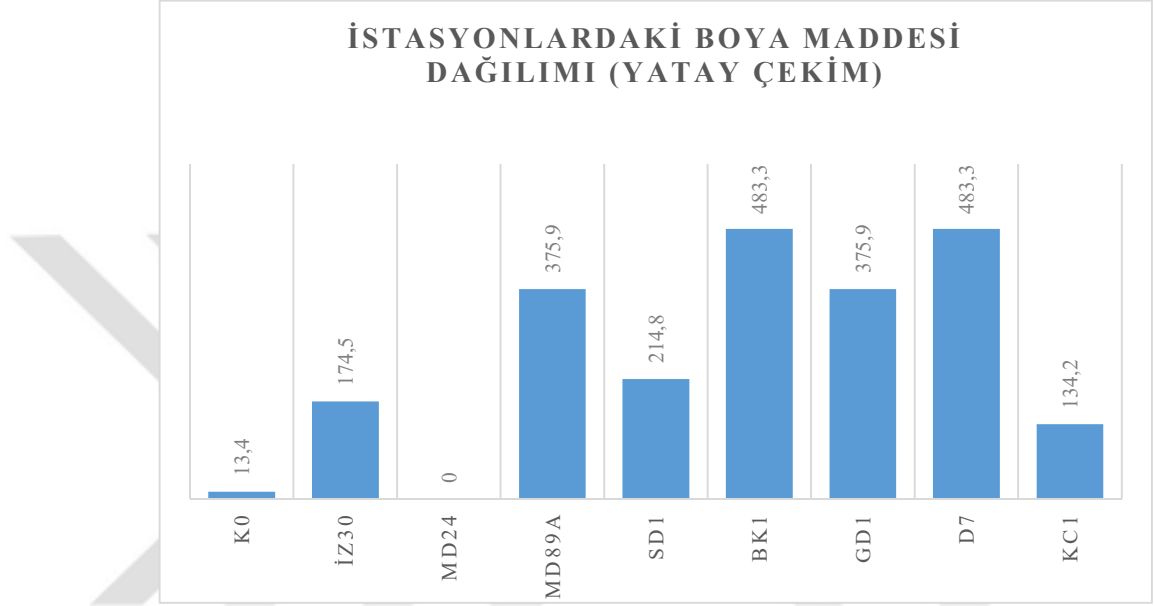


Şekil 133. Fiber mikroplastiklerin boy-frekans değerleri

3.2.3. Boya Maddesi Dağılımları

3.2.3.1. Yatay çekim örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı

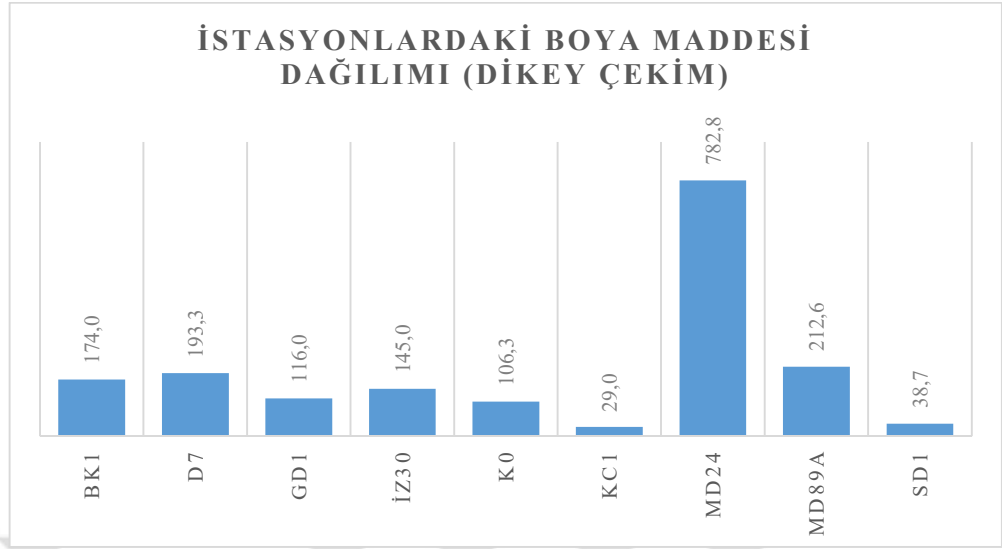
K0'ın su kolonunda, boya maddeleri belirgin bir biçimde azdır (Şekil 134). D7 ve BK1'de ise yüksektir (Şekil 134).



Şekil 134. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen boya maddelerinin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.3.2. Dikey çekim örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı

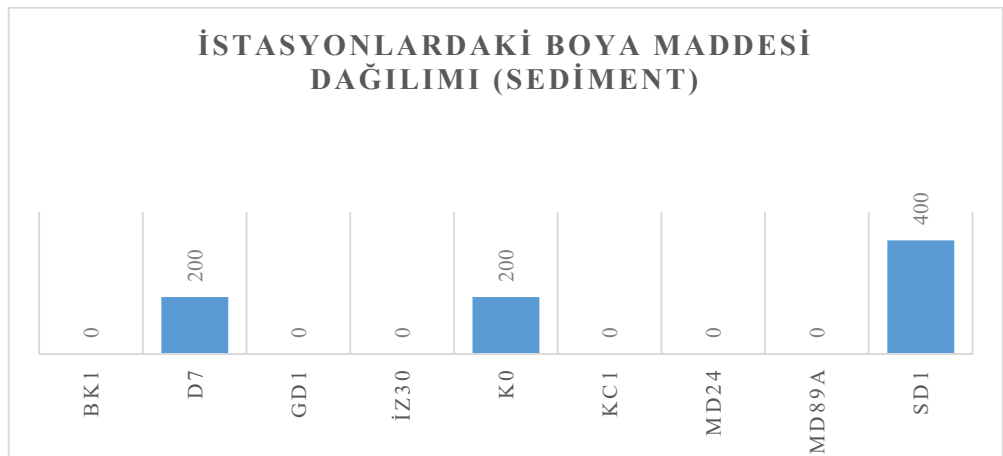
Boya maddelerinin, özellikle gemilerin karinasından parçalar halinde denize karıştığı ve daha küçük parçalara ayrılabilirdiği düşünülmüş ve görülmüştür. MD24'ün, İzmit Körfezi'nin ve İstanbul Boğazı'nın gemi trafiğinden etkilenen, denizel akıntının kirlilik yoğunlaşmasına neden olduğu bir bölge olarak, boya maddesinin m²'deki en yüksek değere ulaştığı bölge konumunda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 135).



Şekil 135. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen boya maddelerinin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.3.3. Sediment örneklemelerindeki boya maddesi dağılımı

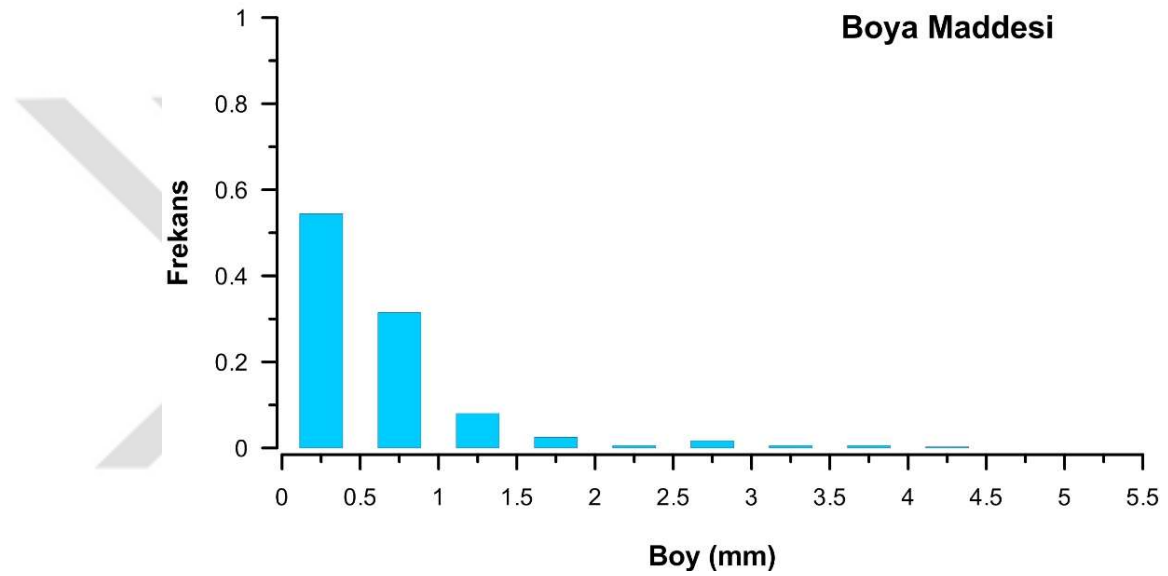
Susurluk Çayı'nın etkisindeki SD1'in sediment örneğinin incelenmesi sonucu, m²'deki boya maddelerinin en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 136). Marmara Denizi giriş ve çıkışlarında (K0 ve D7) m²'deki boya maddesi sayısı aynı olup, diğer hiçbir istasyonun sediment örneğinde boya maddesine rastlanılmamıştır (Şekil 136).



Şekil 136. Sediment örneklemelerinden elde edilen boya maddelerinin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.3.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki boya maddelerinin boy-frekans dağılımı

Boya maddelerinin boyu 0,02 mm'den 4,23 mm'ye kadar değişim göstermektedir (Şekil 137). Tespit edilen boya maddeleri, daha çok 0,02 mm'den 1 mm'ye kadar olan boy aralığındadır (Şekil 137). Boya maddelerinin sudaki maksimum ve minimum boyları 4,23 mm ve 0,02 mm'dir. Sudaki boy ortalaması ise 0,62 mm'dir. Sedimentteki maksimum ve minimum boylar 0,46 mm ve 0,13 mm'dir. Sedimentteki boy ortalaması 0,22 mm'dir.

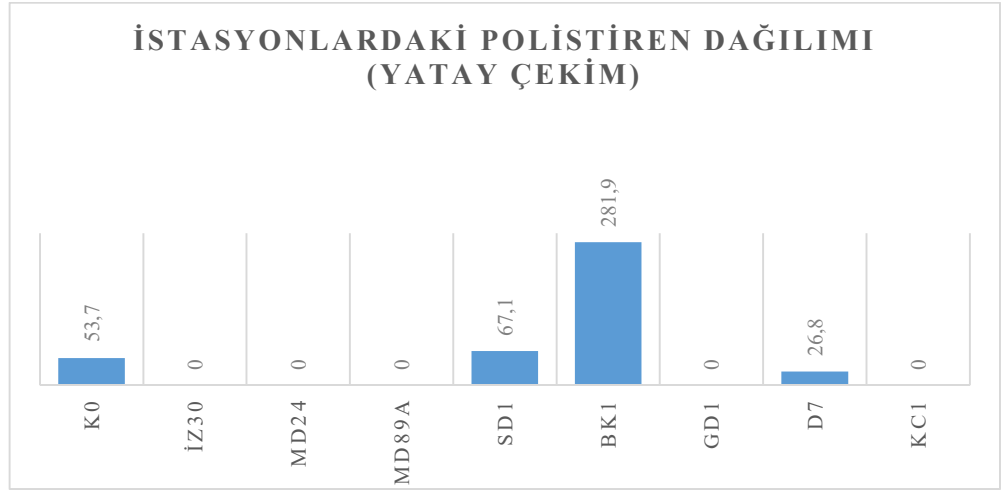


Şekil 137. Boya maddesinin boy-frekans değerleri

3.2.4. Polistiren Dağılımları

3.2.4.1. Yatay çekim örneklemeindeki polistiren dağılımı

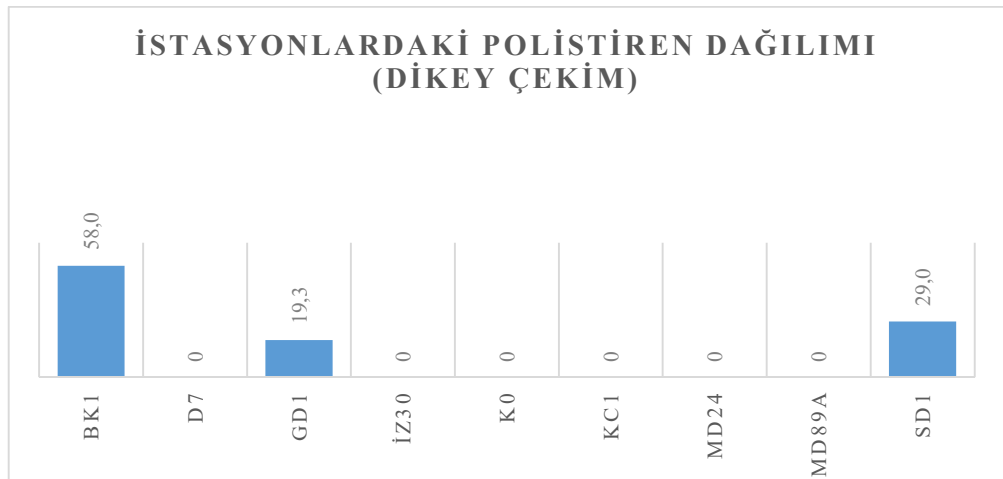
Genele bakıldığında, polistirenler Marmara Denizi'nde çalışılmış olan bölgelerde az görülmüştür (Şekil 138). Polistirenlerin çoğunluğu BK1'de tespit edilmiştir (Şekil 138).



Şekil 138. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen polistiren maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.4.2. Dikey çekim örneklemelerindeki polistiren dağılımı

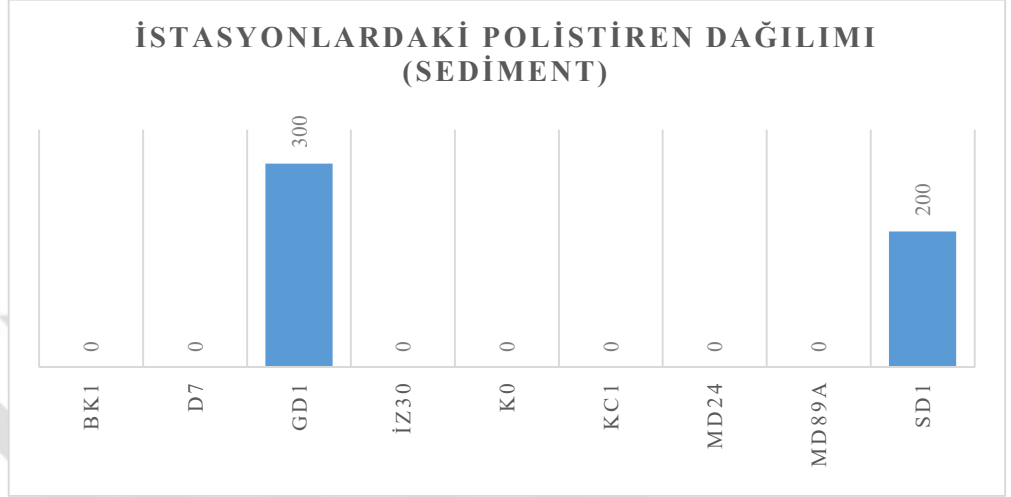
Çalışılmış olan 9 istasyonda polistiren maddelere az rastlanılmıştır. Sadece 3 istasyonun su kolonunda polistiren maddelere rastlanılmış ve gerçekleştirilen incelemede m²'deki polistiren madde sayısının BK1'de en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 139).



Şekil 139. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen polistiren maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.4.3. Sediment örneklerindeki polistiren dağılımı

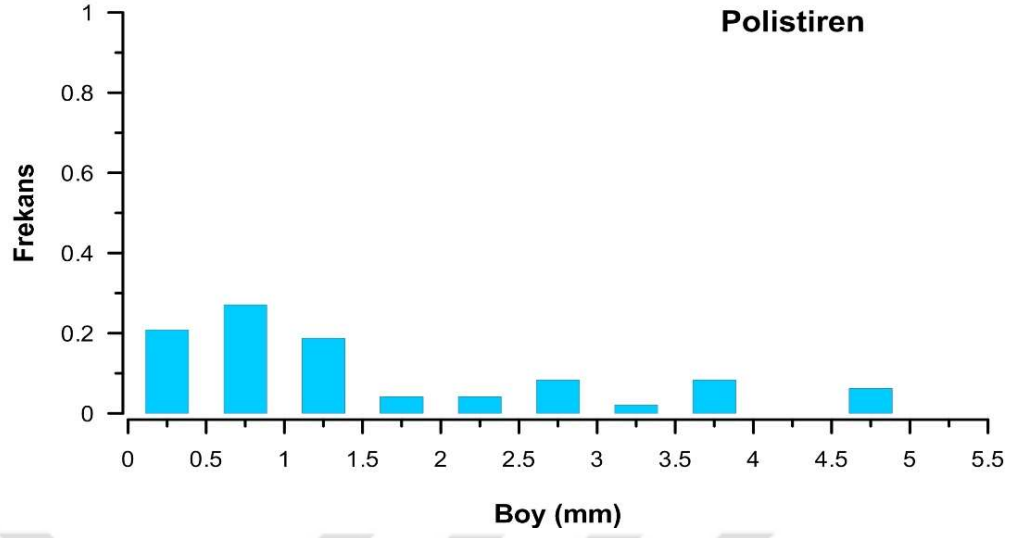
Sediment örneklerinin laboratuvar incelemelerinde, sadece nehir etki alanlarında (GD1 ve SD1) polistiren maddelere rastlanılmıştır (Şekil 140).



Şekil 140. Sediment örneklemelerinden elde edilen polistiren maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.4.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki polistirenlerin boy-frekans dağılımı

Polistirenlerin boyları 0,12 mm ve 4,77 mm arasında değişim göstermektedir (Şekil 141). Polistirenlerin sudaki maksimum ve minimum boy değerleri 4,77 mm ve 0,12 mm'dir. Sudaki boy ortalaması ise 1,70 mm'dir. Sedimentteki maksimum ve minimum boy 0,96 mm ve 0,12 mm olmakla birlikte boy ortalaması ise 0,34 mm'dir.

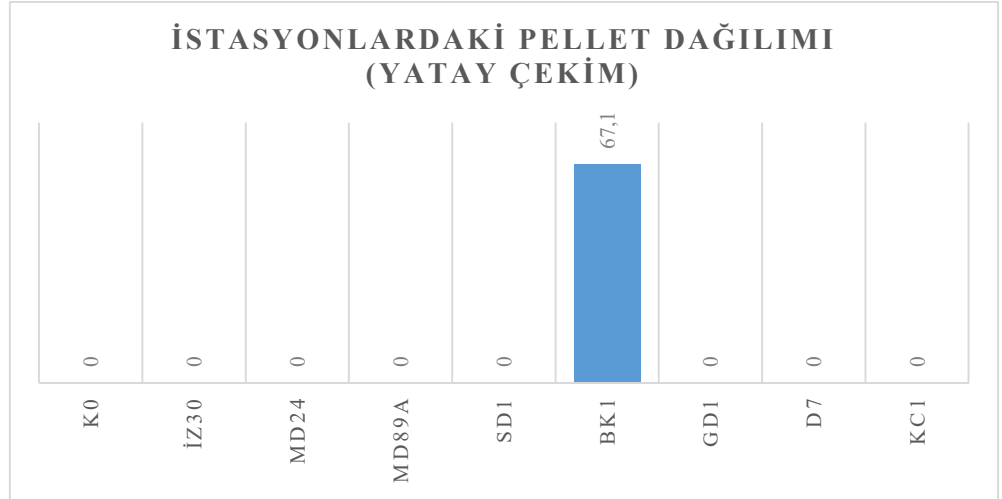


Şekil 141. Polistiren materyallerin boy-frekans değerleri

3.2.5. Pellet Dağılımları

3.2.5.1. Yatay çekim örneklemelerindeki pellet dağılımı

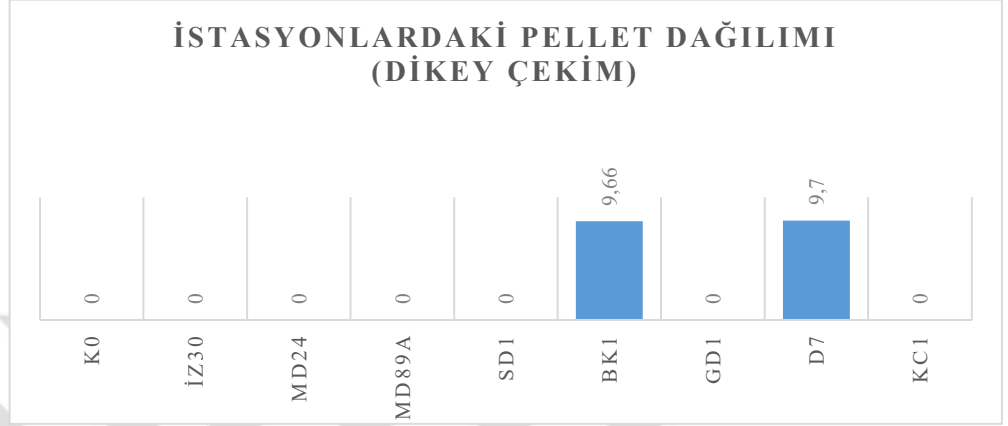
Pelletler su kolonunda yalnızca BK1’de görülmüştür (142).



Şekil 142. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.5.2. Dikey çekim örneklemelerindeki pellet dağılımı

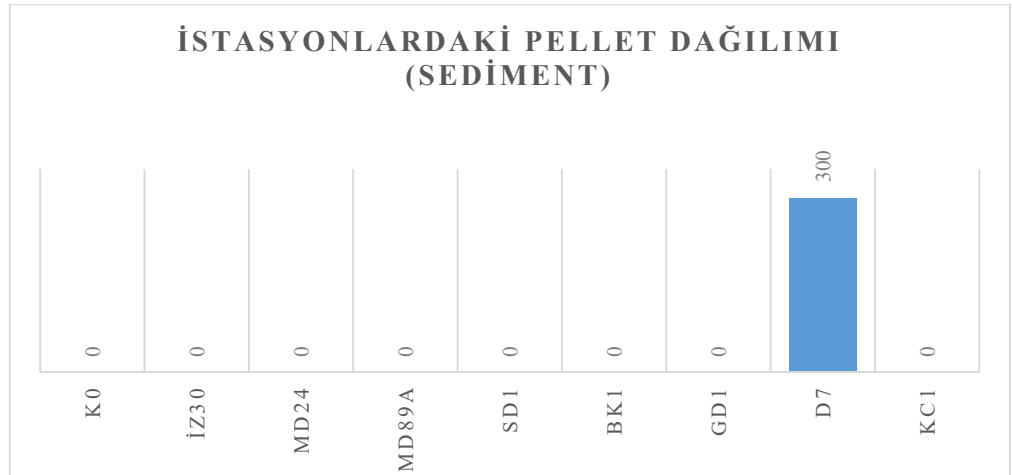
Pelletler, sanayileşmenin neden olduğu kirliliğe dâhildir. Sentetik olan bu maddelere, çalışılmış olan 9 istasyonun sadece 2'sinin su kolonunda rastlanılmıştır (Şekil 143).



Şekil 143. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.5.3. Sediment örneklemelerindeki pellet dağılımı

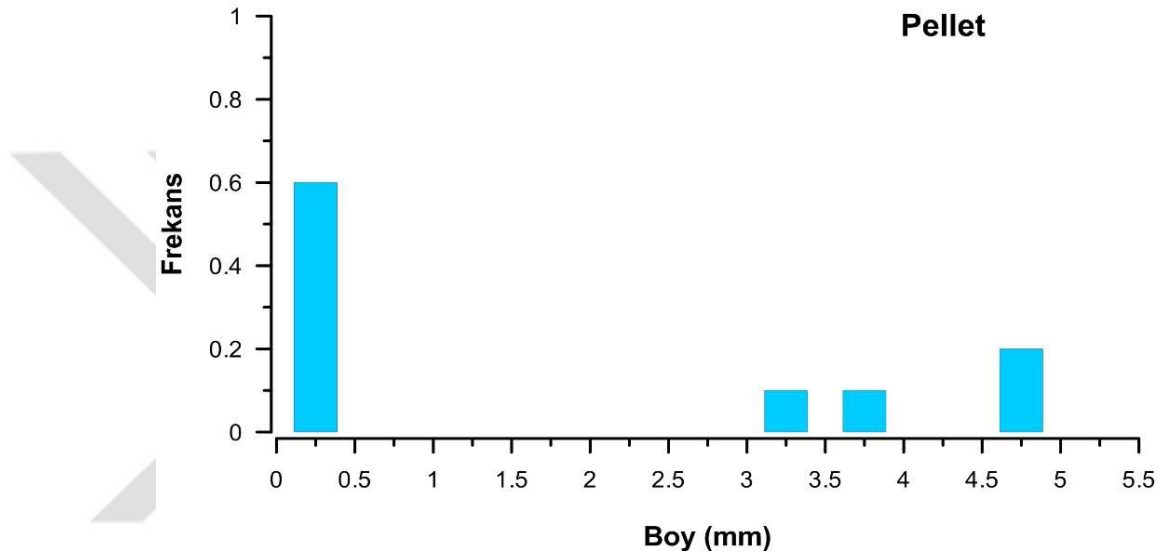
Sedimentte sadece D7'de pelletlere rastlanılmıştır (Şekil 144).



Şekil 144. Sediment örneklemelerinden elde edilen pelletlerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.5.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki pelletlerin boy-frekans-dağılımı

Pellet materyallerin boyları 0,16 mm ve 4,98 mm arasında değişim göstermektedir (Şekil 145). Tespit edilmiş olan pellet miktarı oldukça azdır. Bu sebeple görüldüğü boy aralıkları sınırlıdır (Şekil 145). Sudaki pelletlerin maksimum ve minimum boyları 4,98 mm ve 0,16 mm'dir. Sudaki boy ortalaması ise 2,48 mm'dir. Sedimentteki pelletlerin maksimum ve minimum boyları 0,41 mm ve 0,28 mm olmakla birlikte boy ortalaması ise 0,35 mm'dir.

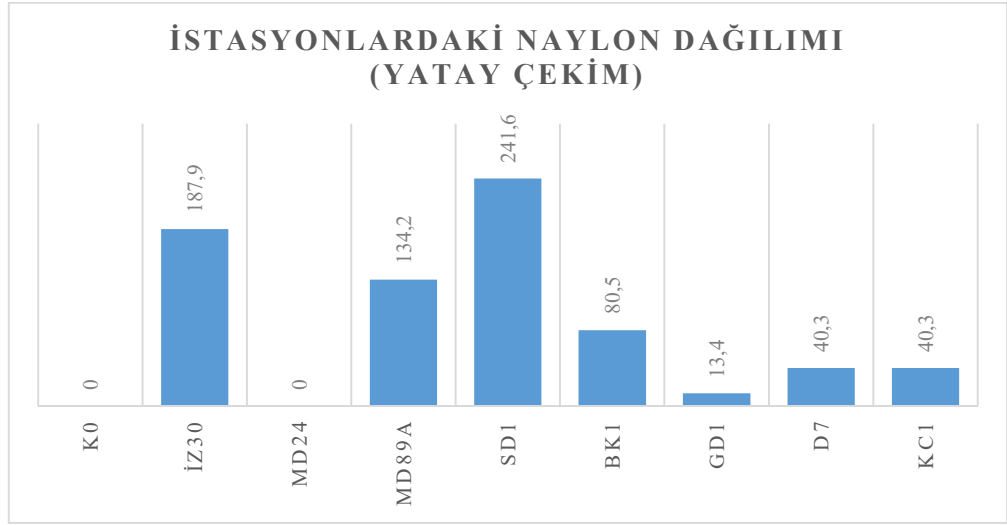


Şekil 145. Pellet materyallerin boy-frekans değerleri

3.2.6. Naylon Dağılımları

3.2.6.1. Yatay çekim örneklemelemlerindeki naylon dağılımı

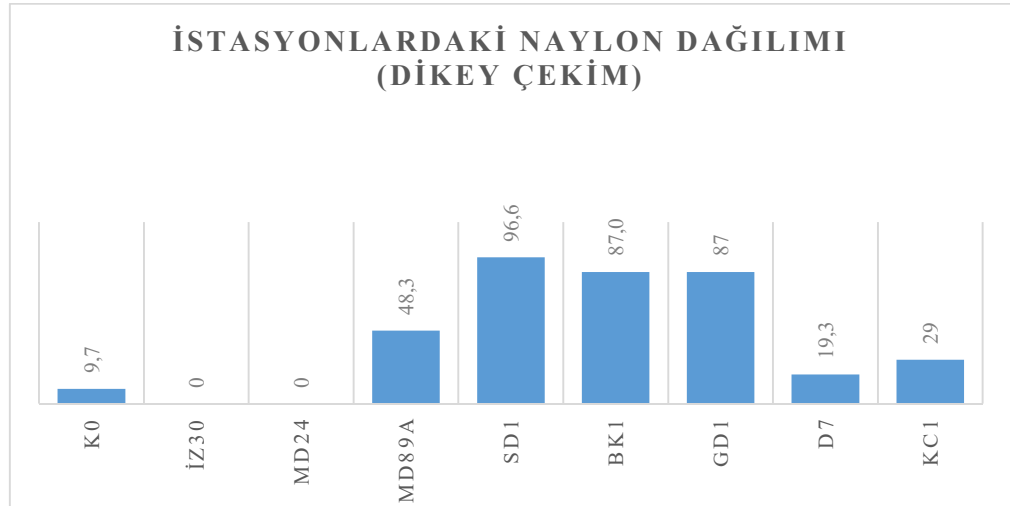
Çalışılan bölgelerin yüzeylerinde tespit edilen naylon mikroplastiklerin, en çok SD1'in yüzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 146).



Şekil 146. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.6.2. Dikey çekim örneklemelerindeki naylon dağılımı

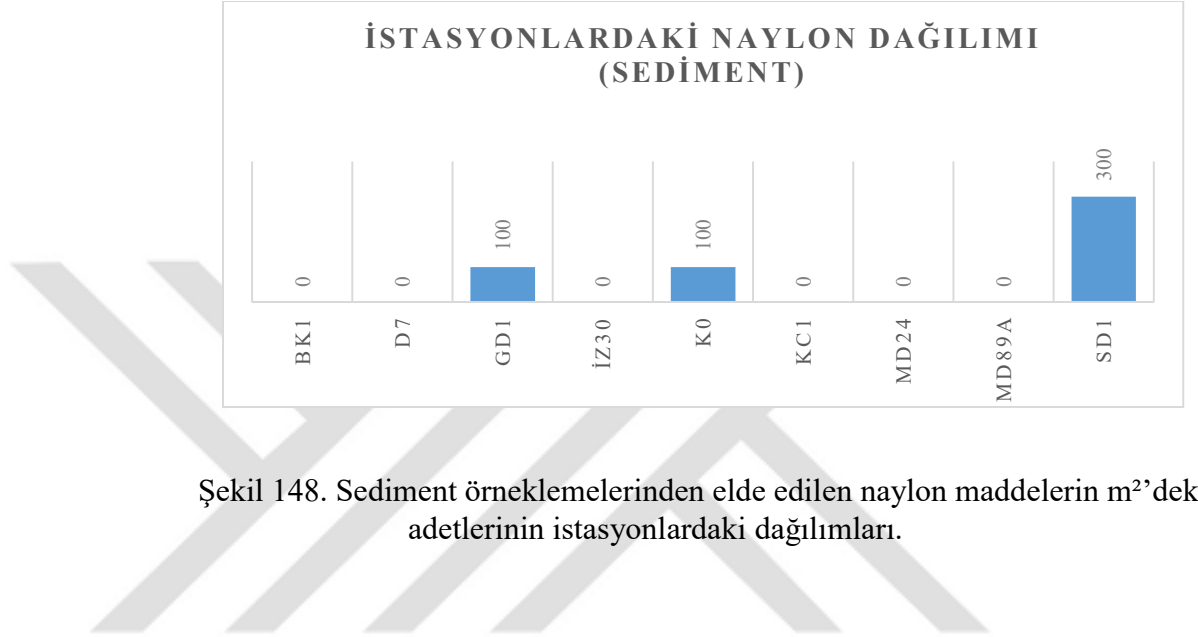
Naylon maddelere, 2 istasyonda rastlanılmamıştır (Şekil 147). K0, D7 ve KC1, su kolonunda naylonların az görüldüğü bölgelerdir (Şekil 147).



Şekil 147. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.6.3. Sediment örneklemelerindeki naylon dağılımı

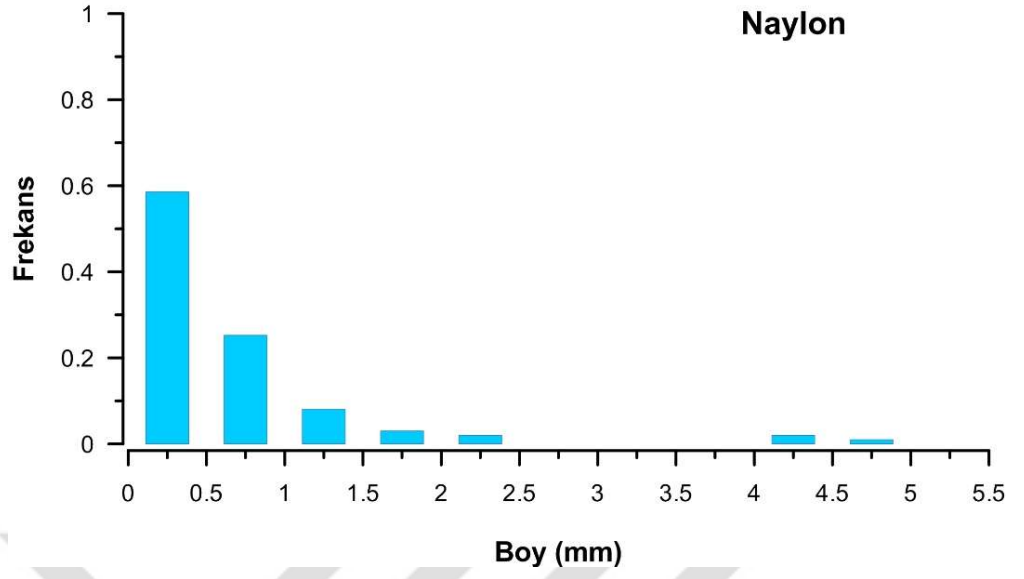
Sediment örneklerinin incelenmesi sonucunda 3 istasyonda naylon maddelere rastlanılmıştır (148). Nehir etkisinde kalan istasyonlar (SD1 ve GD1) ve Marmara Denizi'nin Karadeniz çıkışında yer alan istasyonda (K0) bu maddeler tespit edilmiştir (Şekil 148).



Şekil 148. Sediment örneklemelerinden elde edilen naylon maddelerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.6.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki naylonların boy-frekans-dağılımı

Tüm istasyonlardan ve tüm örnekleme çeşitlerinden elde edilmiş olan naylon materyallerin boyları 0,07 mm ve 4,90 mm arasında değişmektedir (Şekil 149). Aynı zamanda naylonların, sıklıkla 0,07 mm'den 0,5 mm'ye kadar olan boy değerlerinde olduğu görülmüştür (Şekil 149). Sudaki naylonların maksimum ve minimum boyları 4,90 mm ve 0,07 mm olmakla birlikte, boy ortalaması 0,67 mm'dir. Sedimentteki naylonların maksimum ve minimum boyları 1,37 mm ve 0,19 mm'dir. Sedimentteki boy ortalaması ise 0,55 mm'dir.

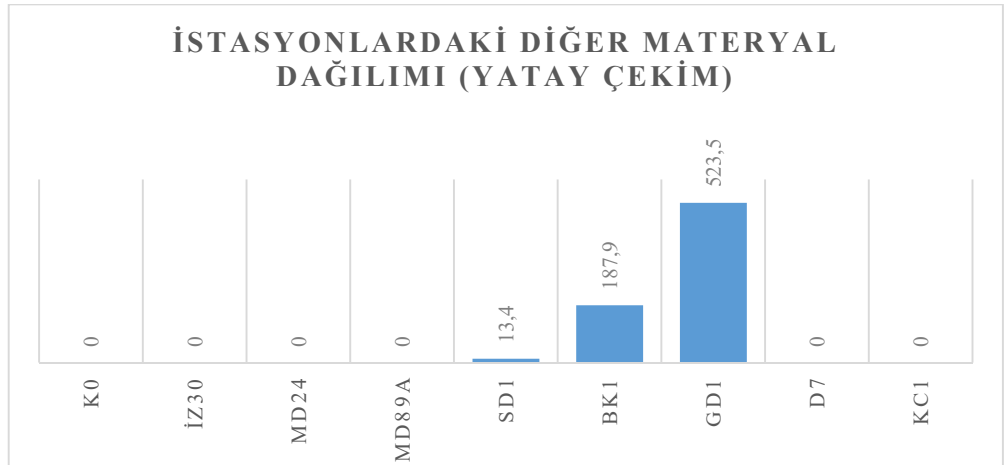


Şekil 149. Naylon materyallerin boy-frekans değerleri

3.2.7. Diğer Materyal Dağılımları

3.2.7.1. Yatay çekim örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı

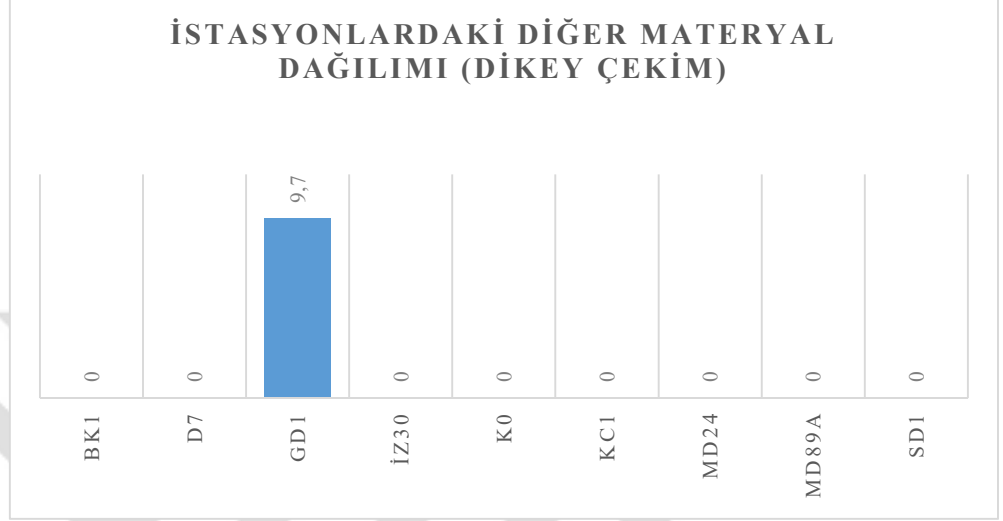
GD1'in yüzeyinde çok fazla diğer/tanımlanamamış materyalle karşılaşmıştır (Şekil 150).



Şekil 150. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen diğer materyallerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.7.2. Dikey çekim örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı

Dikey çekim örneklemelerinin laboratuvar incelemesinde, diğer maddeler sadece GD1 adlı istasyonda sayılmıştır (Şekil 151).



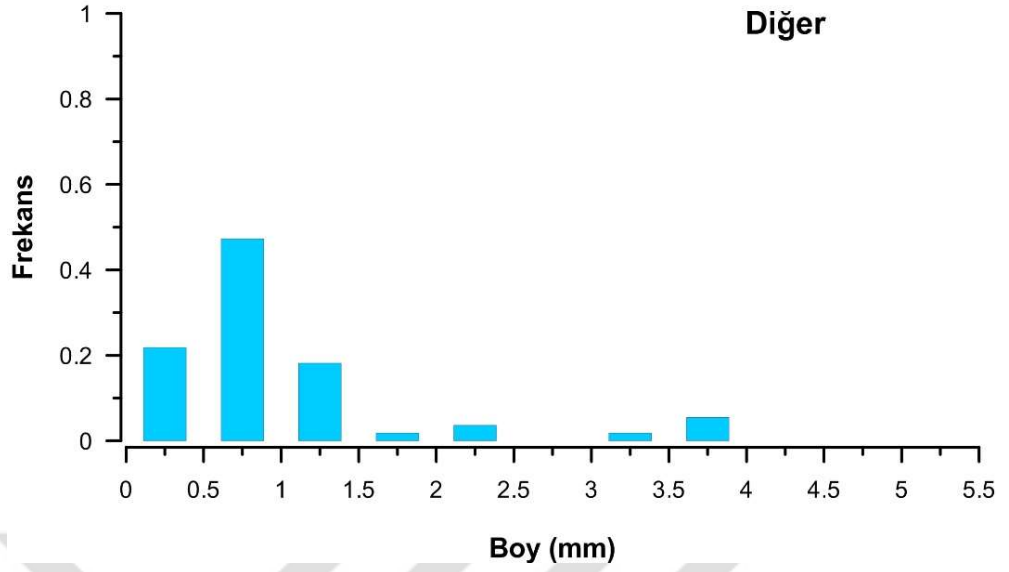
Şekil 151. Dikey çekim örneklemelerinden elde edilen diğer materyallerin m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.7.3. Sediment örneklemelerindeki diğer materyal dağılımı

İstasyonların hiçbirinin sedimentinde diğer materyale rastlanılmamıştır.

3.2.7.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki diğer materyallerin boy-frekans-dağılımı

Diğer materyallerin boyu 0,09 mm ile 3,92 mm arasında değişim göstermektedir (Şekil 152). Frekans değeri 0,5 mm ve 1 mm arasındaki boylarda yüksektir (Şekil 152). Sudaki diğer materyallerin maksimum ve minimum boyu 3,92 mm ve 0,09 mm'dir. Sudaki ortalama ise 0,98 mm'dir. Sedimentte diğer materyaller bulunmamıştır.

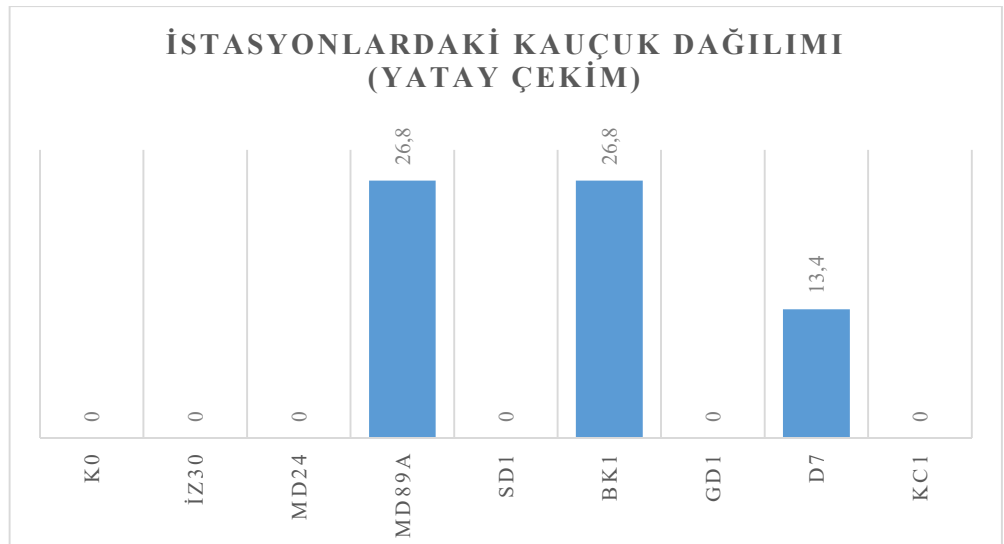


Şekil 152. Diğer (tanımlanamamış) materyallerin boy-frekans değerleri

3.2.8. Kauçuk Dağılımları

3.2.8.1. Yatay çekim örneklemelerindeki kauçuk dağılımı

Kauçuklar yalnızca yüzeyde, üç bölgede bulunmuştur (Şekil 153).



Şekil 153. Yatay çekim örneklemelerinden elde edilen kauçukların m²'deki adetlerinin istasyonlardaki dağılımları.

3.2.8.2. Dikey çekim örneklemelerindeki kauçuk dağılımı

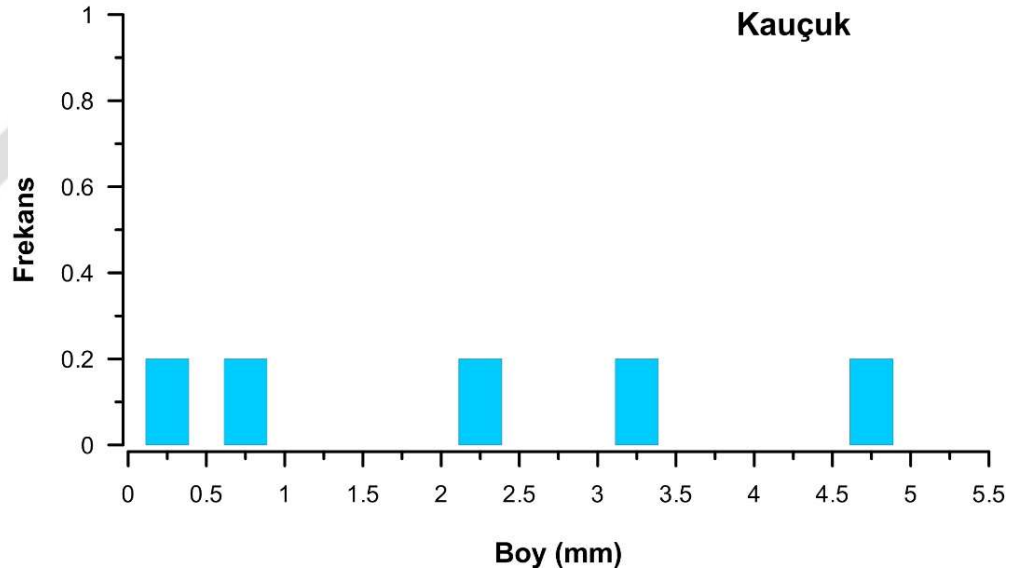
İstasyonların hiçbirinin su kolonunda kauçuk maddeye rastlanılmamıştır.

3.2.8.3. Sediment örneklemelerindeki kauçuk dağılımı

İstasyonların hiçbirinin sediment örneğinde kauçuk maddeye rastlanılmamıştır.

3.2.8.4. Tüm istasyonlardaki ve örnekleme çeşitlerindeki kauçukların boy-frekans-dağılımı

Tespit edilmiş olan kauçuklar yalnızca yüzeyledir. Su kolonunda ve sedimentte kauçuklara rastlanılmamıştır. Kauçukların boyları 0,26 mm ve 4,63 mm aralığında değişim göstermiştir (Şekil 154). Frekans değerleri hemen hemen eşittir (Şekil 154). Tüm istasyonlar içinde yalnızca 5 adet kauçuk bulunmuştur. Kauçukların boy ortalaması ise 2,24 mm'dir.

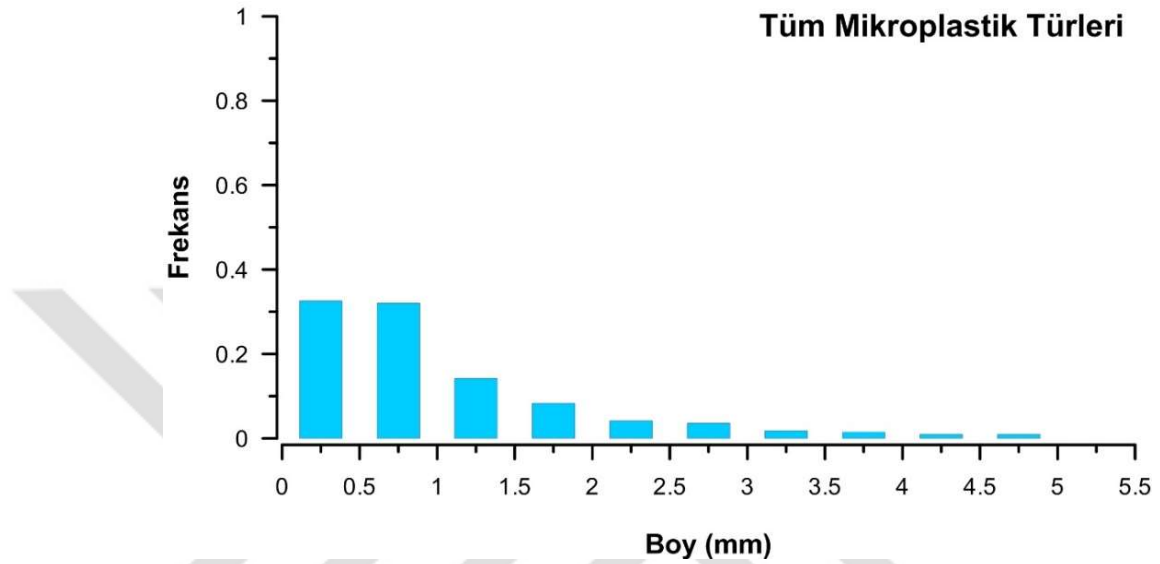


Şekil 154. Kauçuk materyallerin boy-frekans değerleri

3.2.9. Tüm mikroplastik türlerinin boy-frekans dağılımı

2852 adet mikroplastik materyalin boyları 0,02 mm'den 4,98 mm'ye kadar değişim göstermektedir (Şekil 155). En yüksek frekans, 0,02 mm'den 1 mm'ye kadar olan boy aralığındadır (Şekil 155). Sudaki maksimum ve minimum mikroplastik boyları 4,98 mm ve

0,02 mm olmakla birlikte boy ortalaması ise 1,05 mm'dir. Sedimentte yapılan örneklemelelerde ise maksimum ve minimum mikroplastik boyları 4,19 mm ve 0,08 mm olarak tespit edilmiştir. Marmara Denizi'nde çöken ve sedimentte birikim yapan mikroplastiklerin ortalama boyu ise 0,81 mm'dir.



Şekil 155.İncelenen tüm mikroplastiklerin boy-frekans değerleri

Tablo 3. Plastik türlerinin birim alandaki miktarının (adet/ m²) örnekleme türüne göre istasyonlardaki toplam dağılımı.

İstasyon	Yatay (m ²)	Dikey (m ²)	Sediment (m ²)
K0	1503,5	976,12	1700
İZ30	2174,7	1913,57	800
MD24	-	3459,9	1400
MD89A	2550,6	1623,64	1500
SD1	3235,2	1005,11	6300
BK1	5423,3	811,82	1900
GD1	1557,2	531,55	2000
D7	1812,2	1874,92	1300
KC1	724,9	444,57	1500
TOPLAM	18981,6	12641,2	18400

Tablo 4. Bulgu İstasyonlarına ait tüm örneklemelemlerin birim alandaki toplam mikroplastik miktarı dağılımları.

İstasyonlardaki Toplam Mikroplastik Miktarı (Tüm Örneklemler) (m ²)	K0	İZ30	MD24	MD89A	SD1	BK1	GD1	D7	KC1
	4119,6	4888,3	4859,9	5674,2	10640,3	8135,1	4088,8	4987,1	2669,5

Tablo 5. Plastik türlerinin birim alandaki miktarının (adet/ m²) maksimum olduğu istasyondaki örnekleme türlerine göre dağılımları.

Plastik Türü	İstasyon (Yatay)	Yatay (adet/m ²)	İstasyon (Dikey)	Dikey (adet/m ²)	İstasyon (Sediment)	Sediment (adet/m ²)
Sert Plastik	BK1	2953,3	MD24	1130,8	SD1	2200
Fiber Plastik	SD1	2215,0	MD24	1546,3	SD1	3200
Boya Maddesi	BK1/D7	483,3	MD24	782,8	SD1	400
Polistiren	BK1	281,9	BK1	58,0	GD1	300
Pellet	BK1	67,1	BK1/D7	9,7	D7	300
Naylon	SD1	241,6	SD1	96,7	SD1	300
Diğer Materyal	GD1	523,5	GD1	9,7	-	0
Kauçuk	BK1/MD89A	26,8	-	0	-	0

Tablo 6. Yatay çekimden elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m²).

YATAY	SP	F	B	P	PL	N	D	K
K0	684,6	751,7	13,4	53,7	0	0	0	0
İZ30	1342,4	469,8	174,5	0	0	187,9	0	0
MD24	-	-	-	-	-	-	-	-
MD89A	402,7	1610,9	375,9	0	0	134,2	0	26,8
SD1	483,3	2215	214,8	67,1	0	241,6	13,4	0
BK1	2953,3	1342,4	483,3	281,9	67,1	80,5	187,9	26,8
GD1	187,9	456,4	375,9	0	0	13,4	523,5	0
D7	899,4	349	483,3	26,8	0	40,3	0	13,4
KC1	322,2	228,2	134,2	0	0	40,3	0	0
TOPLAM	7275,8	7423,4	2255,3	429,5	67,1	738,2	724,8	67

SP: Sert plastik, F: Fiber plastik, B: Boya maddesi, P: Polistiren, PL: Pellet, N: Naylon, D: Diğer/Tanımlanamamış materyal, K: Kauçuk

Tablo 7. Dikey çekimden elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m²).

DİKEY	SP	F	B	P	PL	N	D	K
K0	328,6	531,6	106,3	0	0	9,7	0	0
İZ30	367,3	1401,4	145,0	0	0	0	0	0
MD24	1130,8	1546,3	782,8	0	0	0	0	0
MD89A	386,6	976,1	212,6	0	0	48,3	0	0
SD1	560,5	280,3	38,7	29,0	0	96,7	0	0
BK1	232,0	251,3	174,0	58,0	9,7	87,0	0	0
GD1	106,3	193,3	116,0	19,3	0	87,0	9,7	0
D7	338,3	1314,4	193,3	0	9,7	19,3	0	0
KC1	193,3	193,3	29,0	0	0	29,0	0	0
TOPLAM	3643,5	6687,8	1797,6	106,3	19,3	376,9	9,7	0

Tablo 8. Sedimentten elde edilen mikroplastik türlerinin istasyonlara göre birim alandaki miktarı (adet/ m²).

SEDİMENT	SP	F	B	P	PL	N	D	K
K0	400	1000	200	0	0	100	0	0
İZ30	100	700	0	0	0	0	0	0
MD24	400	1000	0	0	0	0	0	0
MD89A	0	1500	0	0	0	0	0	0
SD1	2200	3200	400	200	0	300	0	0
BK1	300	1600	0	0	0	0	0	0
GD1	200	1300	0	300	0	100	0	0
D7	300	500	200	0	300	0	0	0
KC1	1200	300	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	5100	11100	800	500	300	500	0	0

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma, Ağustos 2014 ve Mart 2015'te Marmara Denizi'nin farklı fiziksel koşullara sahip 9 noktasında gerçekleştirilmiştir. İstasyon seçimlerin de; yerleşim, akıntı sistemi, karasal girdiler ve baskın rüzgâr yönleri dikkate alınmıştır. Her istasyonda su yüzeyinden, su kolonundan ve sediment yüzeyinden olmak üzere, toplam 26 örnekleme yapılmış ve değerlendirmeler sonucunda bölgelerdeki mikroplastik karakterizasyonu ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Yalnızca MD24 kodlu istasyondaki yatay örnekleme, olumsuz koşullar nedeniyle gerçekleştirilememiştir.

Araştırma sonuçlarımıza göre Marmara Denizi genelinde yüzeyde, yüzen ortalama mikroplastik kirliliği 2373 adet /m² dir. Askıda olan kirlilik ise 1405 adet /m². Sedimentte biriken ise 2044 adet /m² olarak belirlenmiştir. Doğu Akdeniz'de kıyı sularında yapılan araştırmada elde edilen bulgular, Marmara Denizi ile karşılaştırıldığında durumun kötülüğü açıkça gözlenmiştir (Güven vd., 2017). Doğu Akdeniz'de, su yüzeyinde yüzen maksimum mikroplastik kirliliği birim alanda 0.5 partikül/m² iken Marmara'da 2373 adet/m² dir. Bu durum yoğun baskı altında olan Marmara Denizi'nin yarı bir kapalı havza olmasından da kaynaklanmaktadır.

Araştırma Marmara Denizi'nde dağılım yapan mikroplastik kirliliğinin kaynaklarının belirlenmesi ve dağılımı amacı doğrultusunda, Karadeniz'den gelen ve Marmara Denizi'nden Ege'ye geçen mikroplastik kirliliği hakkında fikir edinmek için belirlenen K0 ve D7 istasyonlarında yapılan örneklemler bize göstermiştir ki, Marmara Denizi-Çanakkale Boğazı girişinde bulunan D7 istasyonunda birim alandaki mikroplastik miktarı, K0'a (İstanbul Boğazı Karadeniz girişi) göre daha yüksek değerdedir (Tablo 3). Yüzey suyunda, Ege Denizi'ne geçen mikroplastik kirleticileri Karadeniz'den gelene göre 1,2 kat yüksek tespit edilmişken sedimentte birikmiş kirlilik ise 0,76 kat azdır. Bu sonuçlar bize Marmara Denizi'nde dağılım

yapan plastik kirliliğinin, Marmara Havzası'nda yer alan karasal kaynaklardan geldiğini göstermektedir.

Marmara Denizi'ne nehirler ile gelen kirliliğe tespiti için seçilen SD1 (Susurluk Çayı) ve GD1 (Gönen Çayı) kodlu istasyonlardan alınan veriler değerlendirildiğinde ise sanayi ve tarım girdilerinin yoğun olduğu Susurluk (SD1) istasyonunda mikroplastik kirliliğinin çok daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 3). Susurluk havzasından gelen toplam mikroplastik kirliliği 3235,2 adet/m² dir. Sedimentteki birikim ise 6300 adet/m² dir. Bu değer Marmara Denizi genelinde değerlendirildiğinde, sedimentteki kirliliğin en yüksek olduğu bölge olarak söylenebilir. Araştırmanın bu sonucu dünya denizleri ile yapılan araştırmalar ile uyum sağlamaktadır. Çevre örgütlerinin hazırladıkları raporlara göre dünyadaki büyük nehirler yılda yaklaşık 1,15-2,41 milyon ton plastiği denizlere taşıdığını belirtmektedirler ve nehirler en önemli kirlenici kaynaklardır. Marmara Denizi'nde gerçekleştirilen bu araştırmada da özellikle Susurluk Çayı önemli bir kirlenici kaynak olarak belirlenmiştir.

Mikroplastik üzerine yapılan araştırmalar göstermiştir ki, plastik kirliliğinin yayılımında en önemli etki akıntılardır ve akıntılar ile taşınan plastik kirleniciler koy ve körfezlerde birikim yapabilirler. Marmara Denizi'nde birikim alanlarının belirlenmesi için Bandırma Körfezi iç kısmı (BK1), Gemlik Körfezi iç kesiminde (MD89A) ve İzmit Körfezi iç kısmında (IZ30) 3 istasyon belirlenmiştir. Deniz suyunda ve sedimentte plastik kirliliğinin en yüksek olduğu istasyon kuzeyli rüzgârın hâkim olduğu ve iç körfeze doğru kuvvetli akıntının olduğu BK1 istasyonudur. Yüzey suyunda tespit edilen mikroplastik miktarı 5423,3 adet/m² dir. Bu değer Marmara Denizi genelinde tespit edilen en yüksek değerdir. İzmit Körfezi'nin iç kesiminde elde edilen araştırma bulgularına göre su yüzeyinde ve deniz tabanında düşük oranda mikroplastik bulunmasına karşın su kütlelerinde ki oranın yüksek olması (1913,6 adet/m²) bu bölgedeki dip tarama ve yüzey temizlik faaliyetlerinin olumlu sonucu olarak değerlendirilmiştir.

Derin deşarj etkisini gözlemlemek için belirlenen MD24 istasyonu, Yalova'nın kıyı bölgesinde bulunmaktadır. İzmit Körfezi girişine yakın olması, kuzeyli rüzgâr etkisinde olan

ve derin deşarj noktası gibi etmenlerden dolayı belirlen istasyonda, aynı zamanda, olumsuz çalışma koşullarının sebep olduğu aksaklıklar nedeniyle yüzey örneklemesinin yapılamadığı tek istasyondur. Çalışılan bu istasyondaki örneklemelemlerden elde edilen materyallerin laboratuvar araştırmasında, su kolonunda tespit edilen mikroplastiklerin birim alandaki miktarının, diğer tüm istasyonlara göre, belirgin bir biçimde daha yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Bunun sebebinin, özellikle kuzey rüzgârları ve denizel akıntı olduğu düşünülmektedir. KC1, Küçükçekmece Gölü'nün kıyısında konumlandırılmıştır. Bu istasyonda, birim alandaki mikroplastik miktarının, deniz yüzeyinde ve su kolonunda, diğer tüm istasyonlara göre en düşük değerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Genel olarak KC1 birim alanda mikroplastik miktarının en az olduğu istasyondur. Bu sonuçlar kuzeyli rüzgârların etkisi ile yüzeysel dağılımın kıyıdan uzaklaşmış olmasından kaynaklanabilir.

Genel olarak Marmara Denizi genelinde mikroplastik kirliliği, iç körfezler ve nehir etki alanında bulunan bölgelerde yüksek olduğu, Boğazlar ve açık alanlarda ise (KC1, MD24), nispeten az olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar akıntıların mikroplastik taşınımı ve birikiminde önemli rol oynadığını göstermektedir. Zhang (2017)'a göre denizel ortama gelen mikroplastiklerin büyük kısmı su kolonunda tutuluyor ve hidrodinamik kuvvetler ile taşınıyor. Fakat bunların suda kalış sürelerinin boyut ve yoğunlukları ile ilişkisi hâlâ araştırılması gereken konular olarak belirtilmiş.

Bölgesel farklılığa ve örnekleme yöntemine göre mikroplastik kirliliği farklılık göstermektedir. Sert plastik türlerinin maksimum dağılım gösterdiği alan BK1'in su yüzeyidir (Tablo 6). Fiber kirliliğin en yüksek olduğu bölge SD1'in sedimentidir (Tablo 6). Boya Maddesi grubu, MD24'ün istasyonun su kolonunda (Tablo 7); Polistiren grubu dâhilindeki en yüksek mikroplastik kirliliği ise GD1'in sedimentindedir (Tablo 8). Pellet grubunun sebep olduğu en yüksek mikroplastik kirliliği D7'nin sedimentindedir (Tablo 6). Naylon kaynaklı en yüksek mikroplastik kirliliği, SD1'in adlı sedimentindedir (Tablo 8). Diğer materyaller yalnızca Marmara Denizi yüzeyindedir ve GD1 yüzeyinde en yüksek seviyededir (Tablo 6). Son olarak; Kauçuklar yalnızca yüzeyde görülmüş olmakla birlikte BK1 ve MD89A adlı çalışma

bölgelerinde eşit ve daha yüksektir (Tablo 6). Nitekim kauçuk dağılımı incelendiğinde (bknz: başlık 3.2.8.), su kolonunda ve sedimentte kauçuklara rastlanmadığı görülmüştür.

Plastik türlerine göre genel bir değerlendirme yapıldığında Marmara Denizi'nde Fiber grubu mikroplastik kirleticilerinin yüksek olduğu, bunu sert plastik türleri ve boya maddelerinin takip ettiğini görüyoruz. Elde edilen değerler şaşırtıcı şekilde Doğu Akdeniz'de balık midelerinde yapılan mikroplastik araştırma bulguları ile benzerlik göstermiştir (Güven vd., 2017).

Yüzey suyunda yapılan örneklemede kirleticilerin % 39 u fiber grubu, % 38'i ise sert plastik grubudur. Su kolonunda ise bu oranlar % 53 ve % 29 olarak değişmiştir. Yani fiber grubu plastiklerin suda askıda kalma oranı daha yüksektir. Sedimente çöken orana baktığımızda ise fiber oranı %61 iken, sert plastik oranı % 28'dir. Değerler hemen hemen su kolonuna yakındır.

Boy frekans grafikleri de bize göstermiştir ki 0,02-2 mm arasındaki mikroplastikler toplam mikroplastığın % 50 sini oluşturur. Boy büyüdükçe, bulunma oranı da belirgin şekilde düşmektedir. Güven vd., (2017)'nin, Doğu Akdeniz'de yaptıkları araştırmada da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Mikroplastikler (parçacıklar <5 mm), deniz suyunda ve sedimentte yüksek oranlarda bulunmuşlardır ve organizmalar ve çevre ile çeşitli şekillerde etkileşim halinde oldukları için deniz ekosistemi için küçük boyutlarına rağmen büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Obbard, 2018.). Marmara Denizi'nde yapılan bu araştırma sonuçları göstermiştir ki tehlikenin boyutları Akdeniz'e göre daha yüksektir ve bu etkileşim Ege Denizi'ni de etkilemektedir.

Marmara Denizi'nin çevresi; konumu ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak, yoğun nüfusa sahip bir bölgedir. Diğer taraftan hem deniz ulaşımı hem de kara ulaşımı oldukça fazladır. Kıyı kesimlerinden ve deniz ulaşım araçlarından çevreye bırakılan atıklar ile birlikte evsel atıklar ve sanayi atıkları Marmara Denizi'ne ulaşabilmektedir. Bu tip araştırmaların daha sık istasyonlarda ve zamanlarda tekrarlanarak, Marmara Deniz'inde plastik kirlilik boyutları

kaynakları belirlenmeli ve kalıcı önlemler alınmalıdır. İnsanlar tarafından üretilmiş her türlü katı malzemenin özellikle de plastiklerin denize ulaşması engellenmeli veya en aza indirilmelidir. Plastik ambalajların yerine, kâğıt ve diğer organik kökenli maddelerin kullanımı yaygınlaştırılabilir. Bu konuda ilgili yasalar hazırlanarak, yaptırımların titizlikle uygulanması etkili olabilir.



KAYNAKLAR

- ALLSOPP, M., WALTERS, A., SANTILLO, D. ve JOHNSTON, P. (2006): Plastic Debris in the World's Oceans. United Nations Environment Programme.
- ANDRADY, A. L. (2011): Microplastics in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605.
- ARTÜZ, M. L. (2011): Marmara ve Boğazların Ekolojisi ve Değişimler. *Deniz Teknolojisi Sempozyumu*, SBT 2002, Boğaziçi Üniversitesi, <https://www.researchgate.net/publication/237575364>.
- AYTAN, Ü., VALENTE, A., ŞENTÜRK, Y., USTA, R., ŞAHİN, F. B. E., MAZLUM, R. E. ve AĞIRBAŞ, E. (2016): First Evaluation of Neustonic Microplastics in Black Sea Waters. *Marine Environmental Research*, 119, 22-30.
- AZZARELLO, M. Y. ve VAN VLEET, E. S. (1987): Marine Birds and Plastic Pollution. *Marine Ecology Progress Series*, 37, 295-303.
- CARPENTER, E. J., ANDERSON, S. J., HARVEY, G. R., MIKLAS, H. P. ve PECK, B. B. (1972): Polystyrene Spherules in Coastal Waters. *Science*, 178(4062), 749-750.
- CARPENTER, E. J. ve SMITH, K. L. (1972): Plastics on the Sargasso Sea Surface. *Science*, 175(4027), 1240-1241.
- DERRAIK, J. G. (2002): The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.
- DO SUL, J. A. I. ve COSTA, M. F. (2014): The Present and Future of Microplastic Pollution in the Marine Environment. *Environmental Pollution*, 185, 352-364.
- DUIS, K. ve COORS, A. (2016): Microplastics in the Aquatic and Terrestrial Environment: Sources (with a specific focus on personal care products), Fate and Effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 2.
- GALGANI, F., HANKE, G., WERNER, S. D. V. L. ve DE VREES, L. (2013): Marine Litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055-1064.
- GÜVEN, O., GÖKDAĞ, K., JOVANOVIĆ, B. ve KIDEYŞ, A. E. (2017): Microplastic Litter Composition of the Turkish Territorial Waters of the Mediterranean Sea, and its Occurrence in the Gastrointestinal Tract Of Fish. *Environmental Pollution*, 223, 286-294.
- KARPUZCU, M. (1974): Pollution Problem of the Golden Horn. *Marine Pollution Bulletin*, 5(2), 27-31.
- Marmara Denizi Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejileri Projesi (MEMPIS) projesi (2008).

- MOORE, C. J. (2008): Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat *Environmental research*,108(2), 131-139.
- MORRIS, A. W. ve HAMILTON, E. I. (1974): Polystyrene Spherules in the Bristol Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 5(2), 26-27.
- NEL, H. A. ve FRONEMAN, P. W. (2015): A Quantitative Analysis of Microplastic Pollution Along the South-Eastern Coastline of South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 274-279.
- OBBARD, R. W. (2018): Microplastics in Polar Regions: The role of long range transport. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 2018, 1:24–29 <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.004>
- O'HARA, K. J., IUDICELLO, S. ve ZILLIGEN, J. (Eds.). (1994): A Citizen's Guide to Plastics in the Ocean: More Than a Litter Problem. Center for Marine Conservation.
- ÖZSOY, E., BEŞİKTEPE, Ş. ve LATİF, M. A. (2000): Türk Boğazlar Sistemi'nin Oşinografisi. *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, 11-12.
- SANTILLO, D., ALLSOPP, M., WALTERS, A., JOHNSTON, P. ve PERIVIER, H. (2006): Presence of Perflurionated Chemicals in Eels From 11 European Countries. Investigating the Contamination of the European Eel with PFCs, Substances used to Produce Non-Stick and Water-Repellant Coatings for a Multitude of Products. Report of the Greenpeace Research Laboratories Technical Note, 7, 2006.
- SİVRİ, N., KİREMİTÇİ, V. Z., ÖZCAN, H. K. ve CULLU, A. F. (2017): The Potential Physical Impacts of Macro/Microplastics on İstanbul Coastal Area. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(1), 208-215.
- TAŞDEMİR, Y. (2002): Marmara Denizi: Kirleticiler ve Çevre Açısından Alınabilecek Tedbirler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 7/Sayı 1*, 39-45.
- THOMPSON, R. C., OLSEN, Y., MITCHELL, R. P., DAVIS, A., ROWLAND, S. J., JOHN, A. W. ve RUSSELL, A. E. (2004): Lost at Sea: Where is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838-838.
- VAN CAUWENBERGHE, L., VANREUSEL, A., MEES, J. ve JANSSEN, C. R. (2013): Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments. *Environmental Pollution*, 182, 495-499.
- VİŞNE, A. ve BAT, L. (2015): Deniz Çöplerinin Değerlendirilmesi Üzerine Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi ve Karadeniz'deki Mevcut Durum. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1(3): 104-115.
- WOODALL, L. C., SANCHEZ-VIDAL, A., CANALS, M., PATERSON, G. L., COPPOCK, R., SLEIGHT, V. ve THOMPSON, R. C. (2014): The Deep Sea is a Major Sink for Microplastic Debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 140317.

WRIGHT, S. L., ROWE, D., THOMPSON, R. C. ve GALLOWAY, T. S. (2013): Microplastic Ingestion Decreases Energy Reserves in Marine Worms. *Current Biology*, 23(23), R1031-R1033.

YÜKSEK, A. ve BEKEN, Ç. P. (2016): The Accumulation Of Marine Litter on The Seabed of The Sea of Marmara. *The Sea of*, 793.

ZHANG, H. (2017): Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 199 (2017) 74-86.



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi :08.05.1986
Doğum Yeri :İstanbul/Fatih
Lise :Cibali Lisesi
Lisans :Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Su Ürünleri Mühendisliği
Yüksek Lisans :İstanbul Üniversitesi / Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü
/ Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

