T.C.
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI
ÇED, İZİN VE DENETİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME PROGRAMI

2014-2019 YILI

MARMARA ÖZET RAPORU







TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

TÜBİTAK MAM

Bu çalışma Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Laboratuvar, Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı yayımıdır.

Bu raporun her türlü basım ve dağıtım hakkı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğüne aittir. Rapor izinsiz olarak çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

ANKARA – 2021

Eser Adı	:	Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2019 Marmara Denizi Özet Raporu
ISBN	:	978-625-7076-23-4
Kaynak Gösterme	:	ÇŞİDB, TUBİTAK-MAM (2021). "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2019 Marmara Denizi Özet Raporu", TÜBİTAK-MAM Matbaası, Kocaeli.
Adres	:	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9.km No: 278 Çankaya/ANKARA
Tel	:	0 312 410 10 00
Faks	:	0 312 419 21 92
web	:	www.csb.gov.tr/gm/ced
Baskı	:	TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli
Baskı No	:	5178702
Kapak Fotoğrafları	:	Prof. Dr. Murat BİLECENOĞLU (Üst: Deniz kestanesi, Paracentrotus lividus) Sabri MUTLU (Alt Sol) Alper EVCEN (Alt Sağ)

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

ÇED İzin Denetim Genel Müdürlüğü
Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı
Mustafa Kemal Mahallesi Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km No: 278 Çankaya/ANKARA
www.csb.gov.tr

DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME PROGRAMI 2014-2019

MARMARA DENİZİ ÖZET RAPORU

KOORDİNATÖR

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü

Mehrali ECER, Genel Müdür
Haluk Şahin YAZGI, Genel Müdür Yardımcısı

PROJE YÜRÜTÜCÜLERİ

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü

Soner OLGUN, Daire Başkanı
Serap KANTARLI, Şube Müdürü
Hacer SELAMOĞLU ÇAĞLAYAN, Uzman
Ebru OLGUN EKER, Uzman
Sevil ÖKSÜZ, Uzman
Filiz KORKMAZ, Biyolog

TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi - Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü

Dr. Selma AYAZ, Enstitü Müdürü
Doç. Dr. Haldun KARAN, Enstitü Müdür Yardımcısı
Doç. Dr. S. Çolpan POLAT BEKEN, Proje Koordinatörü
Hakan ATABAY, Proje Yürütücüsü

RAPORU HAZIRLAYANLAR

TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi-Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN
Hakan ATABAY
Dr. İbrahim TAN
Sabri MUTLU
Fatma BAYRAM
Dr. Leyla TOLUN
Ersan KUZYAKA
Alper EVCEN
Ertuğrul ASLAN
Gökhan KAMAN
Aslı DÖNERTAŞ

RAPORU HAZIRLAYANLAR

Dr. Cihangir AYDÖNER
Ömer Faruk ÇİFTBUDAK
Gülsima Dilek USLUER
Dr. Oltan CANLI
Erdal KARA
Mehtap OKAN
Mustafa Yiğit KONYA
Bora DENİZMEN
Hayati ÇALIK
İstanbul Üniversitesi-Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü
Doç.Dr. İ.Noyan YILMAZ
Doç.Dr. Nazlı DEMİREL
Dalida BEDİKOĞLU
Sinop Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü
Doç. Dr. Güley KURT
Uzm. Biyolog Sevgi KUŞ
İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü
Doç. Dr. Ayşegül MÜLAYİM
Dr. Öğretim Üyesi Senem ÇAĞLAR
Celal Bayar Üniversitesi – Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü
Prof. Dr. Ergun TAŞKIN
Dr. Öğretim Üyesi Orkide MİNARECİ
Doç. Dr. Ersin MİNARECİ
Murat ÇAKIR
Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü
Öğr. Gör. Dr. Barış AKÇALI
İstanbul Üniversitesi-Su Bilimleri Fakültesi
Prof. Dr. Saadet KARAKULAK
Dr. Öğr. Üyesi Taner YILDIZ
Dr. Uğur UZER
TAEK Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı
Dr. Halim TAŞKIN
Dr. Asiye BAŞSARI

İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ iii
ŞEKİL DİZİNİ v
KISALTMA VE TANIMLAR ix
1 GİRİŞ 13
2 YASAL ÇERÇEVE 15
3 MARMARA DENİZİ BÜTÜNLEŞİK DENİZ İZLEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI 17
3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri 18
3.2 Ötrofikasyon 24
3.2.1 Besin Elementleri 25
3.2.2 Çözünmüş oksijen 26
3.2.3 Klorofil-a 29
3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği) 31
3.2.1 Marmara Denizi Ötrofikasyon Parametrelerinin Yönelim Analizi 32
3.2.2 TRIX 34
3.2.1 Musilaja Yönelik Araştırma ve Erken Uyarı 35
3.3 Su Kolonu Habitatları 36
3.3.1 Fitoplankton 37
3.3.2 Zooplankton 42
3.4 Deniz Tabanı Habitatları 55
3.4.1 Makro Flora 55
3.4.2 Makrozoobentos 65
3.4.3 Deniz tabanı Trol Çalışması 70
3.5 Kirleticiler 76
3.5.1 Sedimanda Kirleticiler 77
3.5.2 Biyotada Kirleticiler 85
3.5.3 Radyoaktivite Düzeyleri 90
3.6 Deniz Çöpleri 95
3.6.1 Sahilde Çöpler 96
3.6.2 Deniz Tabanı Çöpleri 97
3.7 Kıyı Su Yönetim Birimlerinin Baskı, Ekolojik Kalite ve Kimyasal Durum Değerlendirmesi 100
3.7.1 Baskıların Değerlendirilmesi 100
3.7.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi 102
3.7.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi 105
KAYNAKLAR 109

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Marmara Denizi İzleme bileşenleri istasyon sayıları 18
Tablo 2. Besin elementleri (NO_X, PO_4) ve klorofil-a'nın zamana bağlı uzun dönemli değişimlerinin analizi (DEN-İZ Programı veri seti) 33
Tablo 3.Marmara Denizi yüzey suyunda tespit edilen zararlı türlerin sayıları ve baskınlık oranları (%) 42
Tablo 4. 2014-2019 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları 56
Tablo 5. 2014-2019 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının "Ekolojik kalite İndeksi: EEI" ile yapılan kalite sınıflandırması 57
Tablo 6. Marmara Denizi 2019 yılı MARFEI değerlendirme sonuçları 62
Tablo 7. Marmara Denizi Paşalimanı Adası *Posidonia oceanica* izleme istasyonunda ortalama ölçüm değerleri ve ekolojik durum sınıfı 64
Tablo 8. Marmara Denizi'nde 2015-2019 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları 69
Tablo 9. Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) kırmızı listesine göre, Marmara Denizi'ndeki balık türlerinin durumları 75
Tablo 10. Değerlendirmede dikkate alınan sentetik ve sentetik olmayan kirleticiler..... 76
Tablo 11 PAH'ların pirolitik ve petrojenik kökenleri için Marmara Denizi sedimanlarının karakteristik değerleri 80
Tablo 12. 2016 yılı Marmara Denizi biyota örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması 87
Tablo 13. İstasyonlara göre toplam katı atıkların miktarı ve ağırlıkları 98
Tablo 14. Sedimanda Metal ve Organik Kirletici Bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018) 106

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Marmara Denizi 2014-2019 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri (SYB 1-22) ve deniz değerlendirme alanları haritası 17
Şekil 2. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre kış mevsimi saçılımları 21
Şekil 3. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre ilkbahar mevsimi saçılımları 22
Şekil 4. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre yaz mevsimi saçılımları 22
Şekil 5 Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun SYB ve DDB'lerdeki yıllara göre kış, ilkbahar ve yaz mevsimi ilk 10 m ortalamaları 23
Şekil 6. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde NO_2+NO_3-N (NO_x) SYB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) 25
Şekil 7. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde Toplam Fosfor (TP) SYB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m) 25
Şekil 8. Çözünmüş oksijenin 2014-2019 döneminde Çanakkale Boğazı-Marmara kesişimi ile Marmara-İstanbul Boğazı kesişim bölgelerindeki düşey değişimleri 26
Şekil 9. 2014-2019 izleme dönemi yüzde doygun Çözünmüş Oksijen (ÇO%) değerlerinin (0-10m ortalama) SYB ve DDB'lerdeki ortalama değerleri kış (mavi), yaz (kırmızı) ilkbahar (yeşil) 27
Şekil 10. Marmara Denizi dip sularında 2019 yılı çözünmüş oksijen dağılımı 28
Şekil 11. Çözünmüş Oksijenin Doğu derin Marmara çukurundaki tarihsel değişimi (a), Doğu Marmara çukuru alt sularındaki Çözünmüş Oksijen Değişimi (b) 29
Şekil 12. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde SYB ve Marmara Denizi kuzey ve güney açık sularında saptanan klorofil-a yüzey suyu ortalama konsantrasyonları 30
Şekil 13. Marmara Denizi kıyı su kütlelerinde 2014-2019 döneminde ölçülen (0-10 m) kış: mavi (2015, 2016, 2018, 2019), ilkbahar: yeşil (2017, 2018, 2019) ve yaz: kırmızı (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) dönemi ortalamaları ve std.sapmaları 31
Şekil 14. Marmara Denizi kuzey ve güney deniz değerlendirme aalanları 2014-2019 dönemi yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyon karşılaştırılması 31
Şekil 15. 2014-2019 örnekleme dönemlerindeki Seki disk derinliği SYB ortalama değerleri 32
Şekil 16. Yönelim analiz yöntemi 32
Şekil 17. 2014-2019 örnekleme dönemlerindeki yüzey suyu TRIX değerlerinin SYB ve DDB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri 35
Şekil 18. Fitoplankton örnekleme istasyon haritası 38
Şekil 19. Marmara Denizi yüzey suyunda fitoplankton kompozisyonunun yıllara göre dağılımı 38
Şekil 20. Marmara Denizi yüzey suyunun toplam fitoplankton bolluğu değişimi 39
Şekil 21. Marmara Denizi yüzey suyunda fitoplankton tür sayısı değişimi (a) Kış, (b) İlkbahar, (c) Yaz 40
Şekil 22. Marmara Denizi'nde Shannon indeksine (*H'*) göre tür çeşitliliğinin yıllara göre değişimi (a) Kış, (b) İlkbahar, (c) Yaz 41
Şekil 23. Marmara Denizi örnekleme istasyonları 43
Şekil 24. 2017-2019 arası izleme döneminde zooplankton gruplarının yüzde oranları 44
Şekil 25. Baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları 44

Şekil 26. Kış mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı 46
Şekil 27. İlkbahar mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı..... 47
Şekil 28. Yaz mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı 48
Şekil 29. 2017-2019 izleme dönemlerinde tür sayısı (S), Pielou düzenlilik (J') ve Shannon çeşitlilik (H' log2) indekslerinin alansal dağılımı..... 49
Şekil 30. Kış mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m^2) örnekleme istasyonlarında dağılımları 50
Şekil 31. İlkbahar mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m^2) örnekleme istasyonlarında dağılımları 51
Şekil 32. Yaz mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m2) örnekleme istasyonlarında dağılımları 52
Şekil 33. 2017-2019 yılları arasında *Noctiluca scintillans* türüne ait mevsimlik bolluk değerleri..... 53
Şekil 34. Marmara Denizi makroflora istasyonları 56
Şekil 35. Marmara Denizi istasyonlarının 2019 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları 56
Şekil 36. 2019 yılı Marmara denizi istasyonlarının ESG I ve ESG II türlerinin ortalama örtü değerleri (% olarak) ile EEI-c değerleri 59
Şekil 37. Marmara Denizi makro flora istasyonları 2014-2019 ESG I ve ESG II % örtü değişimleri..... 59
Şekil 38. Yabancı ve yayılımcı yeşil alg *Codium fragile subsp. fragile* (Lapseki) 60
Şekil 39. Deniz çayırı *Cymodocea nodosa* (Kapıdağ) 60
Şekil 40. Deniz çayırı *Posidonia oceanica fasiyesi* (Paşalimanı Adası)..... 60
Şekil 41. Toleranslı yeşil alg *Ulva rigida* (Şarköy) 60
Şekil 42. Marmara Denizi istasyonlarının MA-LUSI ve EEI-c değerlerinin ilişkisi..... 61
Şekil 43. Marmara Denizi istasyonlarının MA-LUSI ve MARFEI değerlerinin ilişkisi 63
Şekil 44. Marmara Denizi deniz çayırı *Posidonia oceanica* izleme istasyonları..... 63
Şekil 45. Paşalimanı Adası izleme istasyonunun Drone görüntüsü (2018, O.Akyol) 64
Şekil 46. Paşalimanı Adası izleme istasyonunda balisaj ve fotoğraf işaretleyicilerinin konumu 64
Şekil 47. Paşalimanı Adası izleme istasyonunun sağ yan ve üst taraf fotoğraf çekimleri 64
Şekil 48. Marmara Denizi'nde 2019 yılında makrozoobentik örneklemelerin yapıldığı istasyonlar..... 65
Şekil 49. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısı..... 65
Şekil 50. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısının taksonomik gruplara dağılımı 66
Şekil 51. Marmara Denizi'nde 2014-2019 döneminde tespit edilen en baskın türler ve baskınlık değerleri (%) 66
Şekil 52. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yıllarında istasyonlara tespit edilen toplam tür sayıları 67
Şekil 53. TUBI değerlerinde göre Marmara Denizi istasyonlarının yıllara bağlı ekolojik kalite durumları 68

Şekil 54. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen yabancı türlere ait tür ve birey sayısı. 69
Şekil 55. Marmara Denizi'nde yıllara bağlı olarak yabancı tür ve birey sayısının toplam tür ve birey sayısına oranları 70
Şekil 56. Marmara Denizi dip trol ve algarna ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma bölgeleri 70
Şekil 57. Av kompozisyonunda yer alan taksonomik grupların sayısal ve ağırlık olarak dağılımı 71
Şekil 58. Av kompozisyonunda yer alan türlerin görünme sıklığı 71
Şekil 59. 2016 ve 2019 yılları çalışma istasyonlarının demersal balık bolluk (adet/km^2) ve biyokütle değerleri (kg/km^2) 72
Şekil 60. İstasyonlara göre toplam demersal balık bolluk değerleri (adet/km^2) 72
Şekil 61. İstasyonlara göre toplam demersal balık biyokütle değerleri (kg/km^2) 72
Şekil 62. 2016 ve 2019 yıllarına ait istasyonlara göre makrozoobentik türlerin bolluk ve biyokütle değerleri (kg/km^2) 73
Şekil 63. İstasyonlara göre toplam makrozoobentik türlerin bolluk değerleri (adet/km^2) 73
Şekil 64. İstasyonlara göre toplam makrozoobentik türlerin biyokütle değerleri (kg/km^2) 73
Şekil 65. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür sayısı 74
Şekil 66. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür zenginliği 74
Şekil 67. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür çeşitliliği 74
Şekil 68. Marmara Denizi 2018 yılı sediman istasyon haritası ve sediman örneklerinin tane boyu dağılımlarının gösterimi (2017-2019 DEN-İZ Programı) 78
Şekil 69. Marmara Denizi yüzey sedimanlarında TPH ve TOC ilişkisi 78
Şekil 70. 2018 Yılı Marmara Denizi yüzey sedimanlarında toplam PAH dağılım haritası 79
Şekil 71. Marmara Denizi sediman istasyonlarında organik kirletici bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018) 81
Şekil 72. Marmara Denizi sedimanlarında DDT ve türevlerinin % dağılımı 81
Şekil 73. Marmara Denizi sedimanlarında HCH bileşenlerinin % dağılımı 81
Şekil 74. Marmara Denizi yüzey sedimanlarında DDT ve türevlerinin oran ilişkisi 82
Şekil 75. Marmara Denizi sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2018) 83
Şekil 76. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ZF değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018) 84
Şekil 77. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018) 84
Şekil 78. Biyotada kirletici durum değerlendirmesine dair mevzuat 85
Şekil 79. Marmara Denizi 2019 yılı biyota örnekleme istasyonları 85
Şekil 80. 2014 2019 yılı arasında midye'de ağır metal parametrelerinin değişimi 88
Şekil 81. 2014 2019 yılları arasında midye'de Fluronthene, Benzo(a)anthracene, T.PAH ve T.PCB parametrelerinin değişimi 89
Şekil 82. Deniz suyunda doğal radyoizotop konsantrasyonları (2015-2018), a, b, c Uranyum, d. Radyum 93
Şekil 83. Deniz suyunda antropojenik ve kozmojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2019), e. Sezyum, f. Stronsiyum ve g. Trityum 93
Şekil 84. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2019), h. Potasyum, i.Radyum, j.Toryum ve k. Sezyum 95

Şekil 85. Kınalı ada plajı sahilde çöp çalışması örnekleme alanı 96
Şekil 86. Kınalı ada plajında çöp ağırlık (a) ve sayı (b) dağılımı 97
Şekil 87. İstasyonlara göre tespit edilen katı atık grupları 97
Şekil 88. Katı atık gruplarının sayısal ve ağırlık olarak yüzde dağılımı 98
Şekil 89. 2016 ve 2019 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık miktarı ve ağırlığı 99
Şekil 90. Marmara Denizi LUSIVal haritası 101
Şekil 91. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre Marmara Denizi Kıyı Su Kütlelerine ait Hassas/ Az Hassas durumunun 2014-2016 yılı verisine göre değerlendirmesi 101
Şekil 92. Marmara Denizi kıyı su kütleleri ekolojik durum değerlendirmesi (2017-2019)... 104
Şekil 93. Marmara Denizi sediman istasyonlarında kirleticilerin % dağılımları (2014-2018) 107

KISALTMA VE TANIMLAR

Kısaltmalar

AB: Avrupa Birliği
Al: Alüminyum
ANT: Antrasen
BDS: Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (Akdeniz, Karadeniz, Baltık gibi) Sözleşmeleri (Barselona, Bükreş, Helsinki gibi) (Regional Seas Conventions: RSC)
BKE: Biyolojik Kalite Elemanı
BSIMAP: Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (Black Sea Integrated Monitoring and Assessment Programme)
CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi
Cd: Kadmiyum
Chl-a : Klorofil-a
CI: Common Indicator (IMAP Ortak göstergeleri)
CIS: Ortak Uygulama Stratejisi (WFD-Common Implementation Strategy)
Cr: Krom
CTD: Conductivity, Temperature, Depth (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik)
Cu: Bakır
ÇIN: Çözünmüş Anorganik Azot (DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen)
ÇKS: Çevre Kalite Standartları (EQO: Environmental Quality Objectives)
ÇO: Çözünmüş Oksijen
DEN-İZ: Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı
DDA/DDB: Deniz Değerlendirme Alanı (Birimi)
DeKoS: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DISSP: Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi
DSÇD: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD: Marine Strategy Framework Directive)
EEI: Ekolojik Değerlendirme İndeksi (Ecological Evaluation Index)
EKO: Ekolojik Kalite Oranı (WFD- Ecological Quality Ratio: EQR)
ERL: Düşük Etki Aralığı (Effects Ranges Low)
ERM: Orta Etki Sınır değeri (Effects Range Median)
ESG I / ESG II: Ekolojik Durum Grup I/II (Ecological State Group I / Group II)
FLTH: Floranten
H': Shannon-Weiner (tür çeşitlilik) Indeksi
HEAT: HELCOM Eutrophication Assessment Tool (Ötrofikasyon Değerlendirme Aracı)
Hg: Civa
IMAP: Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (Integrated Monitoring and Assessment Programme of UNEP/MAP for the Mediterranean)
İÇD: İyi Çevresel Durum (GES: Good Environmental Status)
J': Pileu düzenlilik İndeksi
KAAY: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
KAAYT: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği
m-AMBI: Çok değişkenli AZTI Deniz Biyolojik İndeksi (Multivariate AZTI Marine Biotic Index)

MAM-ÇTÜE: Marmara Araştırma Merkezi-Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
MaQI: Makrofit kalite indeksi (Macrophyte Quality Index)
MEDPOL: Akdeniz Kirlilik İzlenmesi Programı (UNEP/MAP MEDPOL)
Mn: Mangan
NH_4-N: Amonyum Azotu
NO_3+NO_2-N: Nitrat+Nitrit azotu
PAHs: Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar
Pb: Kurşun
PCBs: Poliklorlu bifeniller
PHE: Fenantren
TPH: Toplam Petrol Hidrokarbonları
PO_4-P: Orto-fosfat veya anorganik fosfor olarak adlandırılır.
PYR: Piren
S: Tuzluluk (Salinity)
SBE: Sea Birds Electronics (Üretici ve pazarlayan firma adı)
SÇD: Su Çerçeve Direktifi (WFD: Water Framework Directive)
SDD: Seki Disk Derinliği
Si: Reaktif Silikat
SYB: Su Yönetim Birimi (kıyı suları için SÇD kapsamında tanımlanan su yönetim birimleri)
T: Sıcaklık
ÇIN (DIN): Çözünmüş anorganik azot (Dissolved Inorganic Nitrogen: Nitrat+Nitrit+Amonyak-N toplamı)
TN: Toplam Azot (Total Nitrogen)
TP: Toplam Fosfor (Total Phosphorus)
TRIX: Denizler için trofik indeks
UNEP/MAP: Birleşmiş Milletler Çevre Programı/Akdeniz Eylem Planı (United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan)
ZF: Zenginleşme Faktörü

Tanımlar

Deniz suları: Bir ülkenin kendisini çevreleyen denizlerde hak iddia edebileceği suların en dış sınırı içinde kalan suları, kıyı suları ile birlikte (SÇD'de belirtilen,) bunların deniz tabanı ve altını (DSÇD'de belirtilen) tanımlar.

Deniz Değerlendirme Birimleri (DDB): Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008) kapsamında belirtilen deniz alt değerlendirme alanlarının oluşturulabileceği bilgisi çerçevesinde, DeKoS[1] projesinde baskıların ve ekolojik/hidrografik unsurların dikkate alınması ve uzman görüşleri ile oluşturulan deniz değerlendirme birimleridir. Bu birimler kıyı sularının uzantısı olarak tanımlanır, değerlendirmelerde ise çoğunlukla kıyı suları dışında kalan istasyonlar dikkate alınır. Marmara Denizi için İzmit Körfezi ve Haliç dışında kalan ve boğazların da dahil olduğu sistem tek bir deniz alanı olarak tanımlanmış olsa da (DeKoS), izleme sonuçlarının (DEN-İZ Programı) değerlendirilmesinde Marmara Denizi (Boğazlar hariç) kuzey ve güney derin istasyonları gruplanarak iki alt birim oluşturulmuştur.

Ekolojik durum: Sucul ekosistemlerin yapı ve fonksiyonlarındaki kaliteyi ifade eder. Su Çerçeve Direktifi'ne göre kıyı suları için 3 biyolojik kalite elemanı (fitoplankton, bentoz, makro alg) ile diğer destekleyici parametrelerin (besin elementleri; toplam fosfor, oksitlenmiş inorganik azot (nitrat+nitrit), Seki Disk Derinliği) ortak değerlendirmesi yapılarak ortaya konulur ve 5 kalite sınıfı olarak değerlendirilir.

Ekolojik Kalite Oranı: Farklı tipteki su kütlelerinin biyolojik kalitesinin ölçülmesi ve biyolojik kalite unsurlarının referans koşullar ile karşılaştırılarak tanımlanması için kullanılan orandır. 0-1 değerleri arasında değişmesi beklenir.

Geçiş Suyu: Nehir ağızları civarındaki, kıyı sularına yakın olup aynı zamanda tatlı su akıntılarından önemli ölçüde etkilenmeleri sonucunda kısmen tuzlu olma özelliğine sahip yüzeysel su kütleleridir.

İyi Çevresel Durum: Deniz sularının, ekolojik olarak zengin, dinamik, kullanım açısından sağlıklı, temiz ve devamlılığa sahip ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayacak şekilde sürdürülebilirliğinin garanti edilebildiği çevresel durumu temsil eder.

Kıyı Suyu: Türkiye kıyılarının en dış uç noktalarından çizilen düz hat esas alınarak deniz tarafına doğru 1 deniz mili (1852 m) mesafeye uzanan suları ve bunların deniz tabanı ve altını ifade eder.

Kıyı Su Kütlesi (Su Yönetim Birimi): Su Çerçeve Direktifi (2000/60/EC) kapsamında ele alınan kıyı su yönetim birimleridir. Yüzey sularının önemli özelliklerle - fiziksel, hidromorfolojik, ekolojik kalite ve baskıların değerlendirilmesi ile ayrıştırılmış yüzey suyu bölümünü tanımlar.

Referans koşullar: Her bir su kütlesi tipolojisi için tahrip edilmemiş durumu ve ekolojik kalite oranı ölçeğinde çok iyi durumu yansıtan koşulları ifade eder.

Sınıf Sınır Değerleri: Her bir su kütlesi tipoloji için yapılan ekolojik durum sınıflandırmasında yer alan, "çok iyi", "iyi", "orta", "zayıf" ve "kötü" sınıfları arasındaki sınır değerlerinin nicel ifadesidir.

TRIX İndeksi: Trofik İndeks (TRIX) kıyı yüzey sularının trofik durumunun (ötrofikasyon) sınıflandırılmasında kullanılan bir skaladır.

[1] DEKOS projesi (TÜBİTAK-MAM, ÇŞB-ÇYGM; 2014) kapsamında belirlenmiştir. Bunun için öncelikle deniz yetki alanlarımız tanımlanmış daha sonsa tüm denizlerimiz farklı ekosistem özellikleri, baskılar ve oşinografik özellikler göz önüne alınarak alt bölgelere ayrılmıştır. Her bir alt bölge için farklı derinlik aralıklarının (<30, 30-200, >200m) dikkate alınması da önerilmiştir.

1 GİRİŞ

Türkiye denizleri izleme çalışmalarının organizasyonu ve gerçekleştirilmesi, Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri gereği; 2011 yılına kadar Akdeniz ve Ege Denizi'nde MEDPOL Programı çerçevesinde, Karadeniz'de ise BSIMAP Programı kriterlerine göre farklı kapsamlarda icra edilmekteydi. Marmara Denizi izleme çalışmaları ise 2009-2010 yıllarında BSIMAP Programı içeriğine benzer nitelikte ve MEMPHIS (2005-2006) Projesi çıktılarına göre düzenlenmişti. "Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme" çalışması ile bütün denizlerimizde ortak olarak uygulanabilecek ülkemizin taraf olduğu Bölgesel Deniz Sözleşmeleri ve AB Ülkeleri tarafından uygulanan deniz izleme stratejileri (SÇD ve DSÇD) değerlendirilerek 2011 yılında Bakanlığımızın sahibi olduğu SINHA Projesi kapsamında geliştirilmiştir. Daha sonra, DeKoS Projesi ile kıyı su kütleleri ve denizel alanlar belirlenmiş yürütülen izleme ve değerlendirme çalışmaları SÇD ve DSÇD'ye göre gözden geçirilerek yenilenmiş ve bütünleşik izleme programı detayları oluşturulmuştur. SÇD'de yer alan kıyı sularına yönelik biyolojik kalite elemanları, bunları destekleyen fizikokimyasal değişkenler ve kirleticilerin gösterge parametreleri, istasyonların lokasyonları, sayıları ve örnekleme/analiz yöntemleri izleme programının bileşenleri haline gelmiştir. 2013 yılından itibaren Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ) olarak düzenli ve sürekli hale getirilmiştir. Programın ilk iki üçer yıllık dönemi 2014-2019' da uygulamaya konularak tamamlanmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak yaz ve kış dönemlerinde düzenli veri toplanması hedeflenmiştir. Su kalitesi/ötrofikasyon sınıflaması için temel koşul/ihtiyaç olan kış dönemi verileri tüm denizlerimizde 2015 yılından itibaren toplanmaya başlanmıştır. Böylece yaz-kış verilerinin karşılaştırması ve birlikte değerlendirilmesi olanağı sağlanmıştır. Uygulamaya konulan bu Program ile tüm karasularımız izleme çalışılmalarına dahil edilmiş ve ulusal deniz izleme programı aynı dönemlerde kıyısal deniz alanlarımızda su kalitesi durum tespiti mümkün hale gelmiştir. Sonuç olarak, DEN-İZ Programı çerçevesinde tüm denizlerimizde toplam 85 kıyı su kütlesi (22'si Marmara Denizi için) ile 15 deniz değerlendirme alanı (3'ü Marmara Denizi için) izleme ve değerlendirmeye alınmıştır.

Pilot ve geniş ölçekli çalışmalar ile DSÇD İÇD Tanımlayıcılarından, T1: Biyoçeşitlilik (T2: Yabancı türler (kısmen), T3: Ticari deniz ürünleri (kısmen) ile T6: Deniz tabanı bütünlüğü (kısmen), T5: Ötrofikasyon, T7: Hidrografik değişimler (T1 ve T5'i destekler nitelikte), T8: Kirleticiler, T9: Deniz ürünlerinde kirleticiler ve T10: Deniz çöplerine yönelik çalışmalar izlemelere dahil edilmiş ve bu tanımlayıcılar zamansal ve mekansal olarak bütünleşik yaklaşımla izlenmektedir (Deniz tabanı biyoçeşitliliğinin yanı sıra deniz çöplerinin ve kirleticilerin eş zamanlı izlenmesi. Ya da su kolonu habitatları, ötrofikasyon ve fiziksel/hidrografik özelliklerin eş zamanlı izlenmesi).

Bu çalışmalara ek olarak 2017-2019 İzleme programında Marmara Denizi ve Ege Denizi'nde deniz çayırı Posidonia oceanica'nın yayılış gösterdiği üç bölgede (Paşalimanı Adası ve Çeşme –Ildır ve Karaada) istasyon kurulumu, istasyonların gözlem ve ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tüm denizlerimizde pilot ölçekli sahil çöp çalışmaları yapılmıştır. Ekolojik kalite göstergeleri olarak kullanılan

multimetrik indekslere 2015 yılından beri dahil edilen ve ülkemiz denizlerine uyumlu TUBI ‘ye (makrozoobentos için) ve ALEX’e (yabancı türler için) ek olarak 2017 yılından itibaren de, özellikle Marmara Denizi için önerilen DENFEİ indeksi (makro alg için) değerlendirmelere alınmıştır. Ayrıca, 2017 izleme döneminden başlayarak baskı-etki analizleri (LUSIVal ve MA-LUSI) değerlendirmelere eklenmiştir. Böylelikle ilk kez DeKoS projesi ile tartışmaya açılan bu baskı-etki değerlendirme yaklaşımı izleme programına dahil edilmiştir. Kıyısal ekosistem ve peyzaj ile besin ağı konularında metodoloji çalışmaları yapılmış olup, yeni 3 yıllık izleme programlarında pilot ölçekli uygulamalar planlanmaktadır.

2015-2017 yılları arasında tüm denizlerimizde izlemelerde standardizasyonun sağlanması ve izleme stratejilerinin uygulanması, denizlerimize özgü izleme kılavuzlarının hazırlanması amacıyla Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi (DISSP) yürütülmüştür. Proje sonunda 12 adet izleme kılavuzu ile (https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/menu/deniz_izleme_klavuzlari_20180516024237.pdf), Ulusal Deniz İzleme Strateji Belgesi hazırlanmıştır. Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı çalışmaları 2014-2019 kapsamında söz konusu kılavuzlar ve Strateji Belgesi dikkate alınmıştır.

Bakanlığımızın yürütücülüğünü yaptığı Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme (DEN-İZ) Programı, ekosistem temelli yaklaşım esas alınarak düzenli olarak TÜBİTAK-MAM koordinasyonunda ilgili Üniversitelerin Deniz Bilimleri Enstitüleri ve Su Ürünleri Fakültelerinin uzman katkıları ile başarıyla yürütülmektedir. 2014-2016 dönemine ait ilk özet rapor “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporu“ (ISBN: 978-605-5294-72-4) adıyla 2017 yılında yayınlanmıştır. Bu raporda ise Marmara Denizi için 2014-2019 dönemini içeren 6 yıllık özet bir değerlendirme sunulmuştur. Raporun 2. Bölümü’nde yükümlülüklerimiz ve komşu denizlerimizde uygulanmakta olan bütüncül deniz yönetimi yaklaşımı çerçevesindeki ihtiyaçlarla olan ilişkisi, 3. Bölüm’de ise izleme çalışmalarının sonuçları herbir izleme bileşeni için oluşturulmuştur. Bunlar sırasıyla; hidrografik koşullar, ötrofikasyon, su kolonu habitatları, deniz tabanı habitatları, kirleticiler ve deniz çöpleridir. Ek olarak, kıyı su yönetim birimleri üzerindeki baskılar değerlendirilmiş, ekolojik ve kimyasal kalite sınıflandırmaları sunulmuştur.

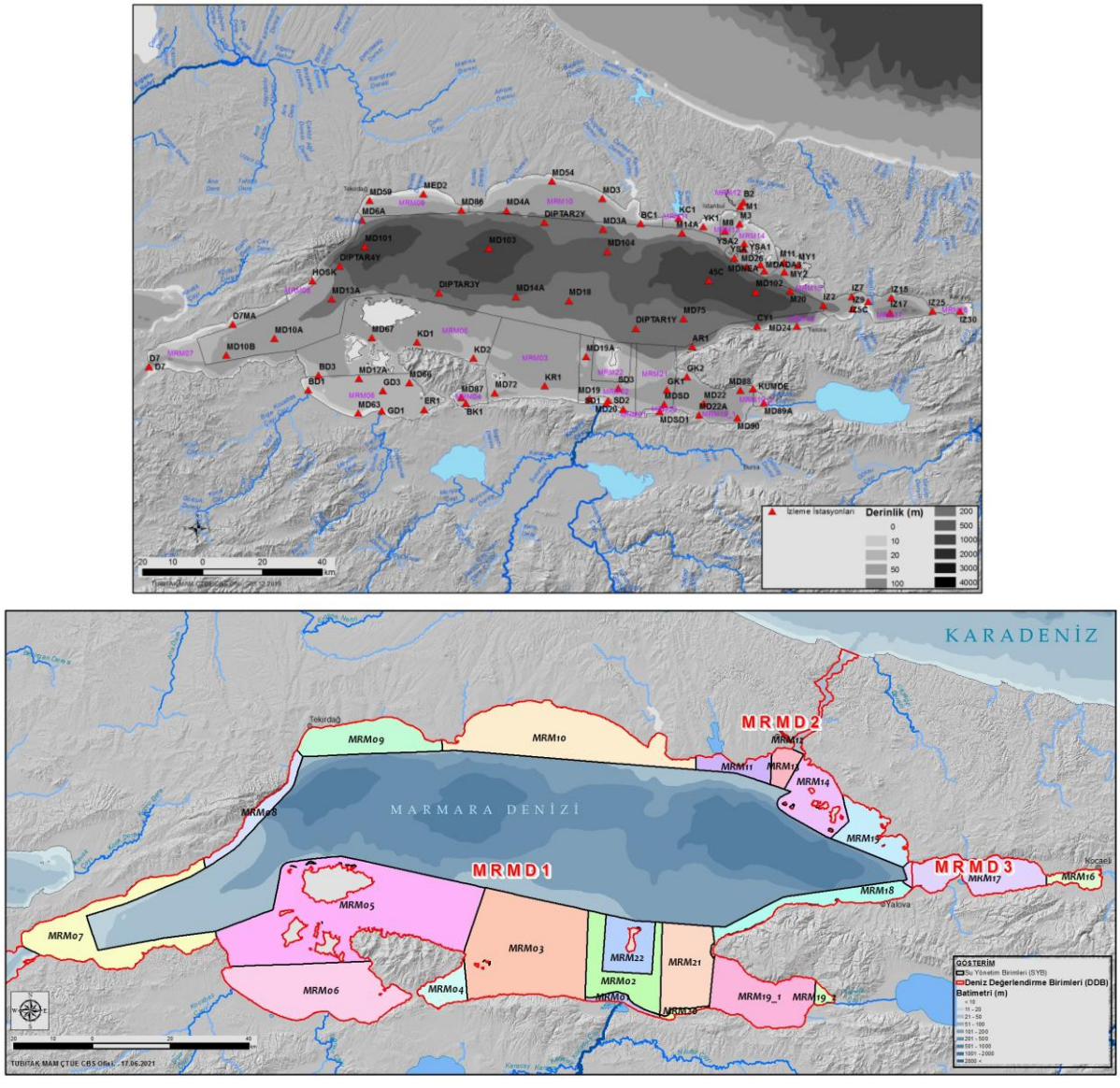
2 YASAL ÇERÇEVE

Ülkemizin taraf olduğu Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri ve bunların Protokollerinin yükümlülükleri ile AB Su Çerçeve Direktifi (SÇD, 2000) ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD, 2008) kapsamında ortak kriter ve yöntemler ile kıyı ve deniz sularımızın izlenmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin her iki bölgesel sözleşmeye taraf olması ve AB ile Bölgesel Deniz Sözleşmeleri (BDS) 'nin konu ile ilgili uygulamalarının uyumlu olmasından dolayı ülkemizin sorumlu kuruluşları tarafından ilgili çalışmaların yapılması ve stratejilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Ülkemizdeki izleme faaliyetleri, yukarıda belirtilen amaç ve kapsam doğrultusunda, özellikle kıyı sularında yer alan ve insan aktivitelerinden yoğun olarak etkilenmiş alanlarda 2000'lerin başlarından beri ilgili Bakanlıklar tarafından düzenli olarak organize edilmekte ve sonuçlar BDS'lere raporlanmaktadır. Özellikle ekosistem yaklaşımlı yönetim temeline dayalı DSÇD ve bu yaklaşımı temel alan BDS'ler ve üye devletler ulusal ve bölgesel izleme faaliyetlerini yeni yaklaşımlar ile tekrar düzenlemektedirler. Buna paralel olarak ülkemizde de özellikle karasal baskılardan etkilenen kıyı sularının ötesinde kalan açık deniz suları ve farklı çevresel unsurları da içine alan izleme programları aşamalı olarak organize edilmekte olup bu programlar, ulusal mevzuat ihtiyaçlarına da cevap verecek nitelikte planlanmaktadır. SÇD ve DSÇD'nin en önemli bileşenlerinden birisi "izleme ve değerlendirme" dir. Çünkü, bu yasal düzenlemelerde "iyi ekolojik/çevresel durum" hedefleri tanımlanır ve önlemler programlarının uygulanması ile bu hedeflere ulaşılıp ulaşılamadığı izlenir. Son dönemde bu yönetim yaklaşımı Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri programlarına da yansıtılmış olup UNEP/MAP kapsamında Akdeniz için "ekolojik hedefler" (UNEP/MAP 2013) tanımlanmış ve bu hedefler için takip edilmesi gereken ortak göstergeler Akdeniz için belirlenmiştir. Bu çalışmaları tamamlayan izleme programı (IMAP) da üye ülkelerce onaylanarak uygulamaya alınmıştır (UNEP/MAP 2016 a,b). Ayrıca, benzer prensiplerle hazırlanan yeni Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (BSIMAP) 2017-2022 yıllarını kapsayacak şekilde güncellenmiş olup, 13 Ekim 2016 tarihinde onaylanmıştır.

3 MARMARA DENİZİ BÜTÜNLEŞİK DENİZ İZLEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

Denizlerimizde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında, Marmara Denizi'nde 2014-2019 izleme dönemi için Şekil 1'de belirtilen 22 SYB içinde belirlenen ve sayısı her yıl artan eğilimde 59-91 arasında değişen istasyonda farklı izleme bileşenleri için örneklemeler ve yerinde ölçümler yapılmıştır. Marmara Denizi İzleme Programı kapsamında, Tablo 1'de her bir izleme bileşeni için sayıları verilen istasyonlarda yaz ve kış dönemi trofik durum, biyolojik çeşitlilik ve kirlilik izleme çalışmaları yapılmış ve elde edilen sonuçların genel değerlendirmesi burada özetlenmiştir.



Şekil 1. Marmara Denizi 2014-2019 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri (SYB 1-22) ve deniz değerlendirme alanları haritası

Tablo 1. Marmara Denizi İzleme bileşenleri istasyon sayıları

İzleme Bileşenleri	2014	2015		2016		2017		2018			2019		
	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	İlkbahar	Yaz	Kış	İlkbahar	Yaz	Kış	İlkbahar	Yaz
Su kolonu fiziko-kimyasal (T5, T7)	59	59	61	68	91	90	90	90	90	90	91	91	91
Fitoplankton (T1)	22	22	27	23	27	27	27	27	27	27	31	31	31
Zooplankton (T1)	0	0	0	0	19	16	9	15	16	16	16	14	16
Makrozoobentos (T1, T6)	20	0	20	0	20	0	20	0	0	20	26	26	26
Makro flora (T1, T6)	14	0	15	0	15	0	15	0	0	15	0	0	21
Deniz çayırları pilot çalışması (T1,T6)	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Mikroplastik-su, sediman (T10)	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Kirleticiler-Sediman (T8)	12	0	12	0	27	0	0	0	0	41	0	0	0
Kirleticiler-Biyota (T9, T8)	5	0	5	0	11	0	5	0	0	5	0	0	14
Radyoaktivite (T8)	1	0	5	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4
Deniz tabanı balık ve katı atıkları (T1, T3, T10)	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18
Sahilde çöp çalışması (T10)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Projedeki izleme bileşenleri; ötrofikasyon (T5: baskılar – durum - etki), kirleticiler (T8/T9), deniz çöpleri (T10), biyoçeşitlilik: su kolonu habitatları (T1) ve biyoçeşitlilik: deniz tabanı habitatları (T1/T6: makrozoobentos, makroflora ve balık) olarak gruplandırılmıştır. Su kolonu fiziksel özellikleri de T1, T5 ve T7'yi destekler nitelikte izlemeler dahilinde değerlendirilmektedir. Buna göre, Tablo 1'de 2014-2019 izleme dönemlerinde her bileşen altında yapılan çalışmaların içerikleri, örnekleme matrisi (su, sediman, biyota) ile her dönemdeki istasyon sayıları yer almaktadır.

3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri

2014 yaz döneminden 2020 kış dönemine kadar 2017 kış dönemi hariç her kış ve yaz mevsimleri ile 2017 – 2019 bahar mevsimlerinde toplanmış olan deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğu verileri iki farklı gösterimle değerlendirilmiştir. Bunlardan ilki kış, bahar ve yaz mevsimleri için üretilen saçılım çizimleridir. Saçılımlar parametrelerin derinliğe göre değişimlerini yıllara bağlı olarak göstermektedir. Diğer gösterim ise her bir Su Yönetim Birimi ve Deniz Değerlendirme Birimi için ilk 10 metre parametre ortalamaları hesaplanarak üretilen yüzey suyu ortalamalarının her bir birime göre değişimlerinin yıllara bağlı çizimidir.

Fiziksel parametrelerin kış mevsimindeki saçılım çizimleri Şekil 2'de sunulmuştur. Sıcaklık yüzeyde derin suya oranla genellikle daha soğuktur. En düşük sıcaklık (6.5 °C) 2015 yılında İstanbul Boğazı Marmara Denizi girişinde ölçülmüştür. Kış mevsimi ölçümlerinde en yüksek yüzey suyu sıcaklığı (15.6 °C) ise 2018 yılında Çınarık – Yalova arası bölgede ölçülmüştür. Mevsim normallerinin bir hayli üstünde olan bu değer, ölçümler esnasında anlık olarak karşılaşılan yukarı taşınım kaynaklıdır. Yukarı taşınım (upwelling) kaynaklı olaylarda genellikle yüzey suyu daha soğuk olur iken (Göktürk ve diğ., 2014), Marmara Denizi'ne özgü tabakalı yapının yüzey altı sularda kışın daha sıcak olması bu genellemeyi tersine çevirmiştir. Yüzeyde en soğuk dönemler 2015 ve 2019 yılları iken, en sıcak dönem 2015, 2018 ve 2019 yılları olmuştur. Bu çelişkili durum

iki deniz arasında kalan Marmara Denizi'nin bir hayli yüksek olan dinamik yapısının sonucudur. Su kolonu boyunca en yüksek sıcaklıklar yüzey altında alt tabaka başlangıcında (yak. 30 m derinliklerde) yer almıştır. Sıcaklık 2018 yılında ve Marmara Denizi ortasında yer alan MD18 istasyonunda 17 °C'ye kadar yükselmiştir. Daha derine doğru ise tüm yıllarda 14.6 °C'ye yakınsamıştır. Tuzluluk ise sıcaklık gibi yüzeyde görece düşükken derin suda sabit bir değerde kalmıştır. Yüzeyde en düşük tuzluluklar (7 psu) 2015 yılında Susurluk Çayı ağzındaki istasyonlarda ölçülmüştür. Bu durum yağışların kış mevsiminde artış göstermesi ve ölçümün yapıldığı 2 Mart tarihi itibari ile akışa geçmiş olması ile ilgilidir. Bunun dışında ise her dönem 20 psu civarında ölçülen tuzluluklar İstanbul Boğazı ölçümlerine aittir. En yüksek yüzey tuzluluğu yukarı taşınım olayının yaşandığı Çınarcık – Yavola arasında 2018 yılında ölçülmüştür. Burada tuzluluk 38.3 psu mertebesine kadar çıkmıştır. Bunun dışında genel olarak yüzey tuzluluğu 2020 yılında yüksek seyretmiştir. Bu durum ise ölçümlerin fırtınalı bir dönemde yapılması ile ilişkilidir. Örneğin, yukarı taşınım olayı olmayan Hoşköy civarında 31.5 psu'luk ölçüm gerçekleşmiştir. Derin suda ise tuzluluk mevsimlerden bağımsız sabit bir değerde (38.7 psu'da) kalmıştır. Marmara Denizi'nde yoğunluğu etkileyen ana faktörün tuzluluk olması nedeniyle yoğunluk değişimleri tuzluluk ile benzerlik göstermiştir. Yüzeyde en düşük yoğunluk 2015 yılı SD2 istasyonunda 5.3 σ-t iken en yüksek yoğunluk 2018 yılı CY1 istasyonunda 28.4 σ-t olarak ölçülmüştür. Derin suda yoğunluk sabit olup tüm dönemlerde 28.9 σ-t değerindedir.

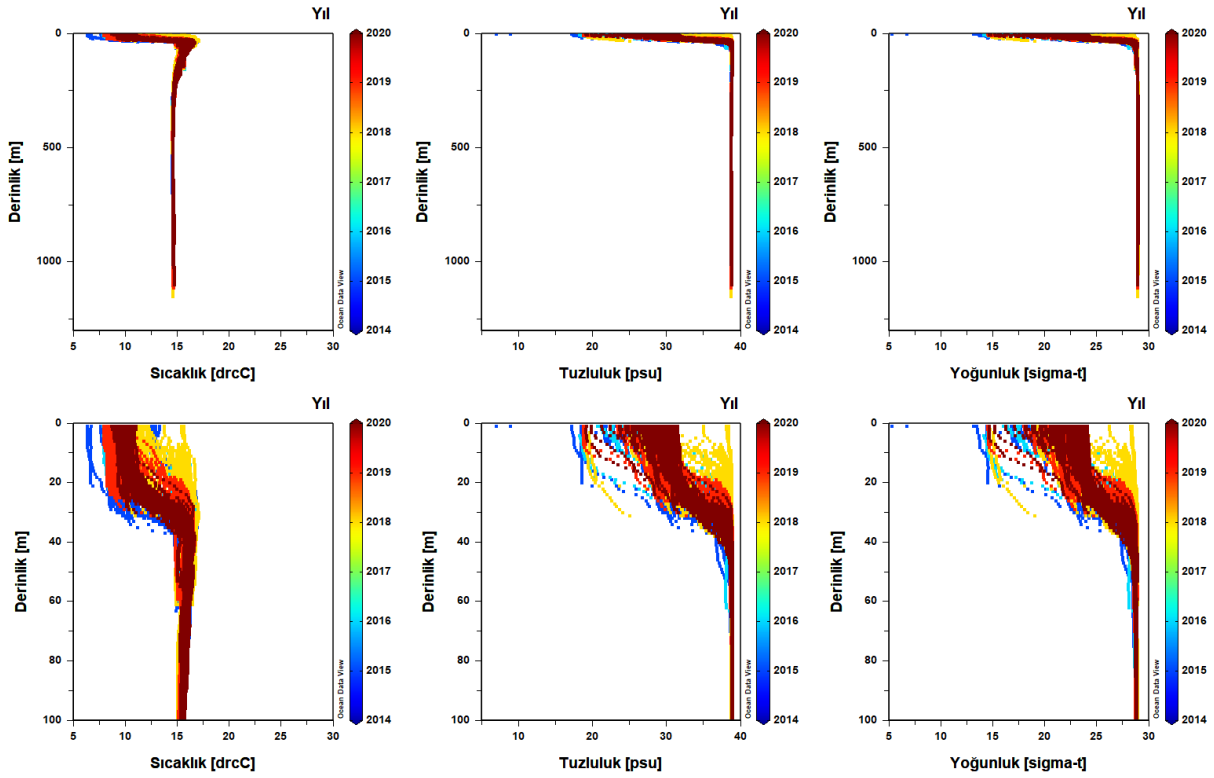
Fiziksel parametrelerin bahar mevsimi saçılım çizimleri Şekil 3'de sunulmuştur. Bahar mevsiminin kış ile yaz mevsimleri arasında yer alması nedeniyle yüzey suyu sıcaklığı yüzeyden ısınmaya başlamış ve 10.4 °C ile 21.1 °C aralığında değişim göstermiştir. Tüm ölçümler içerisinde en düşük ve en yüksek sıcaklıklar aynı yıl içerisinde 2018 yılında ölçülmüştür. Bu durum mekânsal farklıktan kaynaklanmıştır. En düşük sıcaklık bir boğaz istasyonu olan B2'de ölçülürken, en yüksek sıcaklık Bandırma Körfezi istasyonu olan MD87'de ölçülmüştür. Üst tabakada yüzeyin hemen altında ise en yüksek sıcaklıklara 2017 yılı ve batı kesiminde rastlanırken, Soğuk Ara Tabaka'nın en düşük değerleri (asgari 9.8 °C) yine aynı yıl içerisinde ancak orta ve doğu kesiminde belirlenmiştir. Bu durum yine mekânsal farklılık ile maruz kalınan akıntı rejimleri ile ilişkilidir. Daha derine doğru ise sıcaklık 16 °C'ye kadar yükselmiş daha sonrasında ise 14.6 °C'ye yakınsamıştır. Tuzluluklar incelendiğinde en düşük tuzluluğun boğaz istasyonlarında ölçüldüğü tespit edilmiştir. En düşük tuzluluk 2018 yılında, 17.6 psu olarak ölçülmüştür. Yüzey tuzluluğu en yüksek değeri (27.8 psu) ise 2019 yılında, Erdek Körfezi istasyonu GD3'te ölçülmüştür. Alt tabaka başlangıcının en sığ olduğu (yak. 25 m) durum ise 2017 yılında Gemlik Körfezi istasyonu KUMDE'de belirlenmiştir. Boğaz istasyonu haricinde en derin alt tabaka başlangıcı ise (yak. 35 m) Marmara Denizi ortasında kalan MD18 istasyonunda ve 2019 yılında gözlemlenmiştir. Alt tabakada tuzluluk bahar mevsiminde tüm yıllarda sabit ve 38.7 psu 'dur. Yoğunluk, tuzluluk parametresinin hâkimiyeti altında değişim göstermiştir. Yalnız 2017 yılı kuzeybatı ve batı istasyonlarının yüzey altında görece sıcak olması, görece daha az yoğun olmasına neden olmuştur. Bunun dışında yoğunluk yüzeyde 13.4 σ-t ile 20.6 σ-t aralığında değişim gösterirken, alt tabakada 28.9 σ-t değerinde sabitlenmiştir.

Fiziksel parametrelerin yaz mevsimindeki saçılım çizimleri Şekil 4'de sunulmuştur. Çizimlere bakıldığında alt tabaka sıcaklığı ve tuzluluğunda görülen iki anomalinin bilinen literatür bilgisi dışında olmaları nedeniyle cihaz arızası kaynaklı olduğu sanılmaktadır. Bunun dışında ise yapılan değerlendirmeler şu şekildedir. Tüm yaz

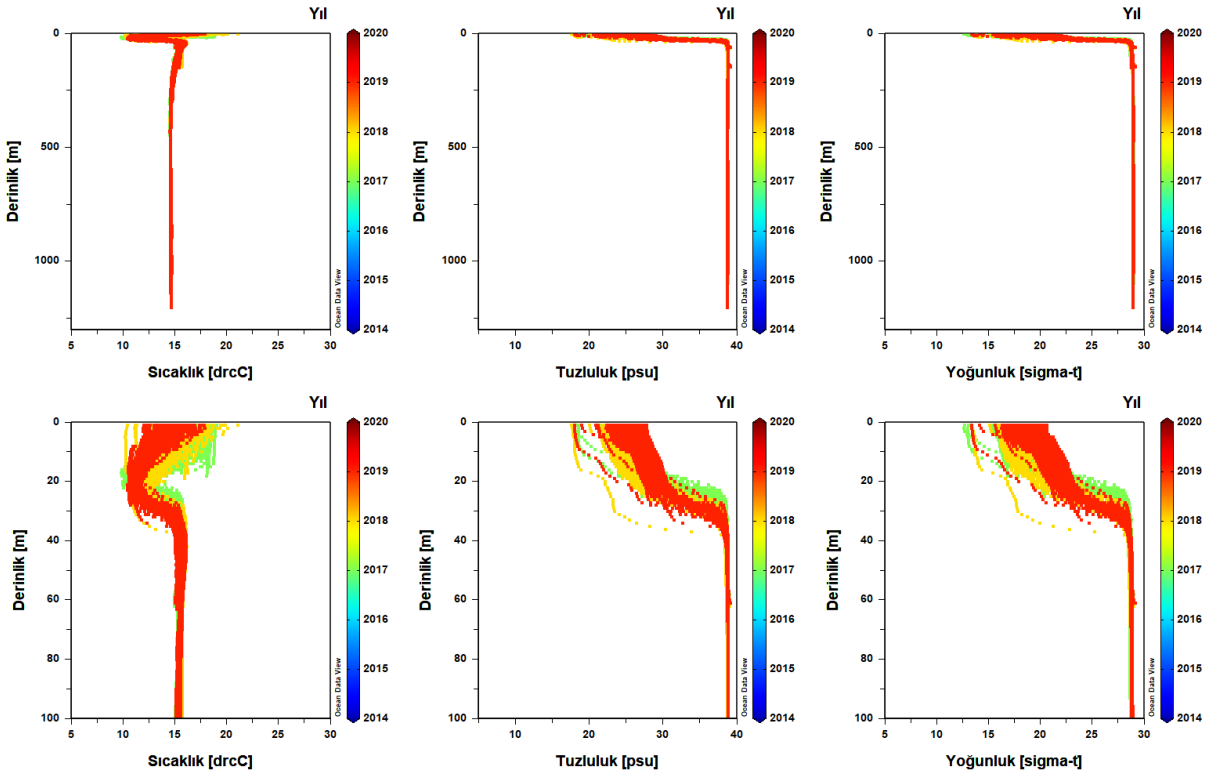
mevsimleri içerisinde yüzeyde en düşük sıcaklık (20.2 °C) 2019 yılında, İstanbul-Adaları civarında ölçülürken, en yüksek sıcaklık (28.5 °C) Tekirdağ – Marmara Ereğlisi sahilinde ölçülmüştür. Yüzeyin altında 20 m derinliklerde Soğuk Ara Tabaka yer almıştır. Bu durum en belirgin olarak 2015 yılında gözlemlenmiş (sıcaklık asgari 11.1 °C) iken, kimi yıllarda batı kesimde kalan istasyonlarda tamamen kaybolmuştur. Örneğin, 2016 yılı Erdek Körfezi istasyonları ile Şarköy sahilinde herhangi bir Soğuk Ara Tabaka gözlemlenmemiştir. Alt tabakada sıcaklık 14.6 °C değerinde sabitlenirken, kimi yıllarda 30 – 80 m derinlik aralığında sıcaklıklarda anomali gözlemlenmiştir. Görece daha sıcak ve tuzlu olan bu su kütlesi Çanakkale Boğazı alt tabaka akıntısı ile Marmara Denizi'ne giriş yapan su kütlesidir (Beşiktepe ve diğ., 1993). En belirgin olduğu dönem 2018 yaz dönemi olup, Marmara Adası güneyinde kalan MD67 istasyonunda 32 m derinlikte 17.7°C sıcaklık ve 39 psu tuzluluk değerleri ölçülmüştür. Tuzluluklar incelendiğinde ise boğaz istasyonlarında daha önceki yıllarda ve mevsimlerde olduğu gibi görece düşük ve 18 – 19 psu civarlarında değişmiştir. Bunun dışında en yüksek yüzey tuzluluğu 2019 yılında, İzmit Körfezi istasyonu IZ30'da ölçülmüştür. Burada ülkemizin batı kıyılarını etkileyen yaz mevsimine özgü etezyen rüzgârların etkisinden söz edilebilir. Devamlı poyraz veya yıldız esmesi körfez içi suyu körfez dışına taşımış ve alt tabakanın üst tabaka ile karışmasına neden olmuş olabilir. 20 m derinliklerde tuzluluğun en yüksek olduğu yıl 2017'dir. Bir diğer deyişle, üst tabakanın en ince ve dolayısıyla da çözünmüş oksijen miktarının su kolonu boyunca en düşük seviyede olduğu dönemin yine bu dönem olması beklenebilir. Yoğunluk parametresi yine tuzluluk değerleri ile benzer bir eğilim sergilemiştir. Her dönem İstanbul Boğazı civarı istasyonlarda en düşük seviyede iken, tuzluluğun yüksek olduğu dönem ve bölgelerde yüksek olmuştur. Dip suyu yoğunluğu ise 28.9 σ-t değerinde sabit kalmıştır.

Saçılım çizimleri Marmara Denizi genelini iyi temsil ediyor iken, fiziksel parametrelerin SYB ve DDB'lere göre değişimlerini iyi yansıtamamıştır. Bu nedenle mekânsal değişimi daha iyi görebilmek için SYB ve DDB'lerde yüzey suyu ortalamaları ilk 10 m için alınmış ve Şekil 5'te sunulmuştur. Sıcaklık parametresinin mevsimsel değişimi dışında tespit edilen hususlar şunlardır: En sıcak dönem ve bölge 2015 yaz dönemi MRM04 (Bandırma Körfezi) bölgesi olmuştur. Yaz sıcaklıklarının yıllar içerisinde en fazla değişim gösterdiği bölge MRM16 (İzmit Körfezi Doğu Kesimi) olurken, değişimin en az olduğu bölgeler MRM03 (Susurluk-Bandırma arası), MRM05 (Marmara Adası -Kapıdağı Yarımadası arası) ve MRM08 (Tekirdağ – Şarköy arası) olmuştur. İlkbahar mevsimindeki ölçümler geçiş dönemi olması sebebiyle yıllara göre farklılıklar sergilemiştir. Genel olarak, 2017 ilkbahar ölçüm değerlerinin daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak tespit edilen bir farklılık 2018 ilkbahar ölçümlerine aittir. En düşük sıcaklık İstanbul Boğazı Marmara Denizi çıkışındaki MRM13'te ölçülürken, en yüksek sıcaklıklar Bandırma Körfezi, İzmit Körfezi Doğu Kesimi ve Gemlik Körfezi İç Kesim'de (sırasıyla MRM04, MRM16 ve MRM19_2'de) ölçülmüştür. Bu durumun nedeni açık denizden uzak kalan denizel alanların atmosferik değişimlere daha hızlı tepki göstermesidir. Kış sıcaklıklarında değerlendirme birimleri arasında büyük farklılıklar birkaç istisna dışında tespit edilmemiştir. Bunlar; 2015 kış dönemi MRM14 (İstanbul Adalar Bölgesi) ile 2018 kış dönemi MRM18'de (Çınarcık Bölgesi) tespit edilmiştir. Buradaki görece artış eğilimi anlık oluşan yukarı taşınım sonucudur. Tuzluluk parametresi incelendiğinde kış mevsimi tuzluluklarının diğer mevsim değerlerinin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu durum kış mevsiminde daha sık ve kuvvetli fırtınaların görülmesi

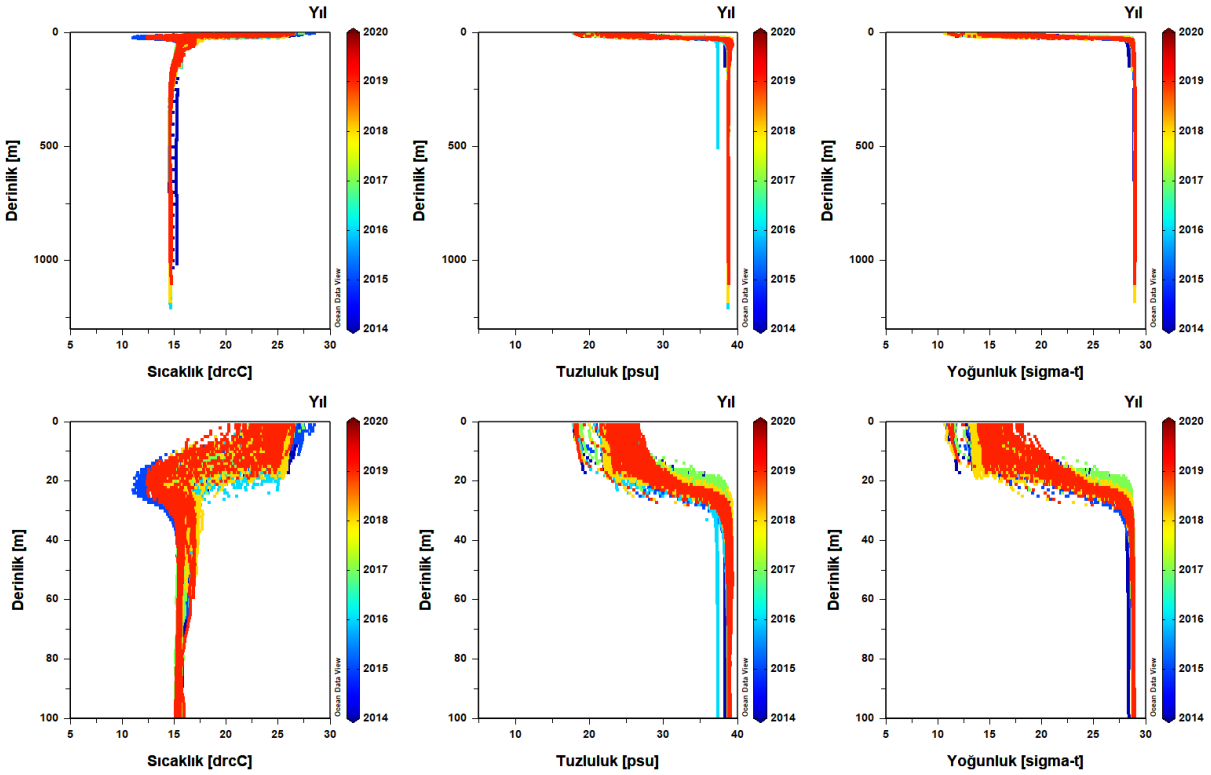
sonucu dikey karışımların ürünüdür. Yalnız tüm bu genellemenin dışında bir birim tespit edilmiştir. MRM13 bölgesi (İstanbul Boğazı bölgesi) Karadeniz'den gelen suyun etkisi ile diğer SYB ve DDB'ler gibi değişim arz etmemiştir. Hatta komşu SYB'lerin de bu durumdan uzaklıklarına bağlı şekilde etkilendiği görülmüştür. Bir diğer anomali ise MRM15 (Tuzla bölgesi) ile MRM18 (Çınarcık Bölgesi) isimli SYB'lerde 2018 kış döneminde görülen artışlardır. Daha önce yukarıda da belirtildiği gibi bu durum Çınarcık merkezli yukarı taşınım olayı sonucu gerçekleşmiş olup karşı kıyıda yer alan bölgeyi de etkilemiştir. Yoğunluk parametresi önce tuzluluk, sonrasında da sıcaklık hâkimiyetinde değişim göstermiştir. Bu nedenle tüm SYB'ler içinde en düşük yoğunluk tüm yıllarda en düşük tuzluluğa sahip MRM13 iken, en yüksek yoğunluk 2018 kış döneminde en yüksek tuzluluğa sahip MRM18'de gözlemlenmiştir. Sıcaklık, tuzluluklarda önemli bir değişim olmadığında etkili olmuştur. Örneğin, MRM13 istasyonunda en düşük yoğunluk tuzluluğun asgari miktarda olduğu 2016 kış döneminde değil, sıcaklığın en yüksek olduğu 2014 yaz döneminde ölçülmüştür.



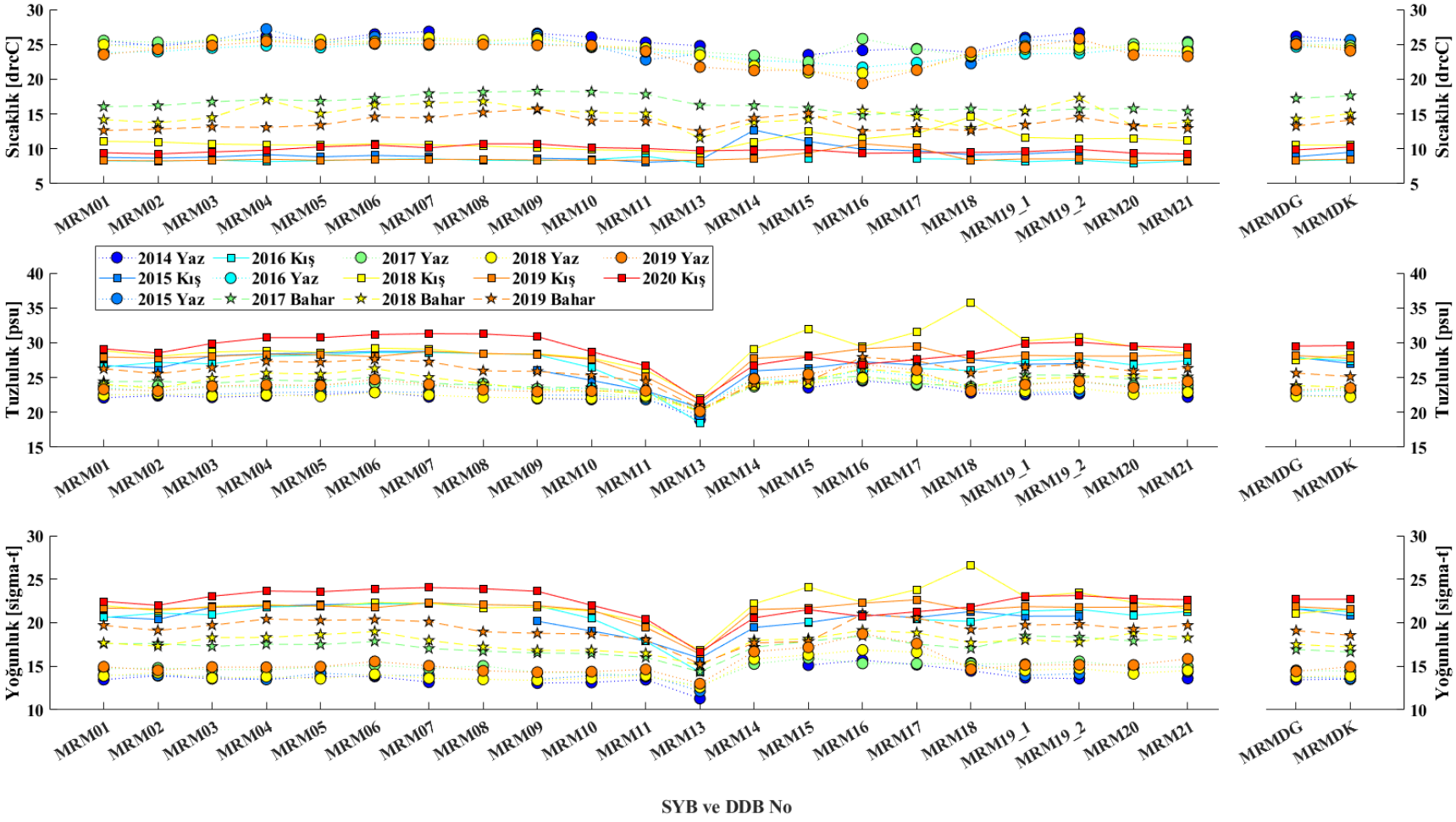
Şekil 2. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre kış mevsimi saçılımları (Üst sıra: su kolonu, alt sıra: ilk 100 metre içindir)



Şekil 3. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre ilkbahar mevsimi saçılımları (Üst sıra: su kolonu, alt sıra: ilk 100 metre içindir)



Şekil 4. Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun yıllara göre yaz mevsimi saçılımları (Üst sıra: su kolonu, alt sıra: ilk 100 metre içindir)



Şekil 5 Deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve yoğunluğunun SYB ve DDB'lerdeki yıllara göre kış, ilkbahar ve yaz mevsimi ilk 10 m ortalamaları

3.2 Ötrofikasyon

Ötrofikasyon, karadan (akarsular, seller, deşarjlar) ve atmosferden (yağışlarla) gelen besin tuzu (özellikle azot ve fosfor) girdileriyle kıyı ve deniz ekosisteminin bu maddelerce zenginleşerek aşırı organik madde üretimi ve artışının neden olduğu olumsuz fiziksel, biyo-kimyasal ve ekolojik değişim süreçler bütünü olarak tanımlanır (Nixon, 1995; Ferreria ve diğ., 2010). Ötrofikasyonun kıyı ekosistemlerine en çarpıcı olumsuz etkileri; su berraklığının azalması, birincil üretimdeki artış, su bitkilerinin tür dağılımda belirgin azalma, organizmalar arasındaki dengenin bozulması, dip sularda oksijen azalması (hipoksi), N/P/Si oranlarında değişim ve sonuçta besin ağında belirgin değişiklikler gibi birçok olumsuz etkinin kısa sürede gözlenmesidir (Conley ve diğ, 2007; Ferreria ve diğ., 2010).

Sucul ortamda ötrofikasyon değerlendirmeleri, baskı-durum-etki süreçlerinin sistematik izlenmesi ile yapılır. Baskılar, insan faaliyeti kaynaklı besin maddeleri ile organik maddenin karasal kaynaklardan nehirler, havzalar ve noktasal deşarjlar yolu ile denize taşınımı, atmosfer yolu (yağışlar) ile girdiler olarak değerlendirilir. Ötrofikasyon değerlendirilmesinde durum ve etki göstergeleri olarak DSÇD ve IMAP'ta belirtilenlerden deniz suyundaki besin maddesi derişimi artışı ve oranlarının değişimidir. İnsan kaynaklı besin iyonları girdilerinin doğrudan etkileri ise plankton biyo-kütle ve organik madde artışı, ışık geçirgenliğinin azalması, baskın plankton türlerin dağılımındaki değişimlerdir. Aşırı organik madde üretimi sonucu alt tabakaya çökelen organik maddenin parçalanarak dip sularda oksijen eksikliği yaratır; taban flora ve faunasında belirgin ekolojik bozulmalar gözlenir. Bu durum, özellikle üst tabaka su kolonunda kalıcı tabakalaşmanın olduğu yarı kapalı körfez ve denizlerde (Marmara Denizi, Karadeniz gibi) ötrofikasyonun en belirgin dolaylı etkisi olarak tanımlanır.

Marmara Denizi'nde özellikle noktasal deşarjlar, havza yolu ile taşımımlar ve Karadeniz yüzey suyu girdilerine bağlı besin ve organik madde zenginleşmesi (kış karışımları ile alt sulardan yüzey sularına taşınımları da ekleyince) ışıklı yüzey sularının ötrofikasyona maruz kalmasına neden olmuştur. Bu durum, özellikle su dolaşımının da sınırlı olduğu daha sığ körfez sularını daha fazla etkilemektedir. Bunun sonucunda, Marmara Denizi özellikle yaz-sonbahar dönemlerinde ötrofikasyonun etkisi ile neredeyse tamamen oksijensiz durumları (ara ve alt tabakalarda) sergilemektedir. Ayrıca yıl boyu bölgesel olarak plankton patlamalarına, denizin renklenmesi ve musilaj olaylarına rastlanabilmektedir.

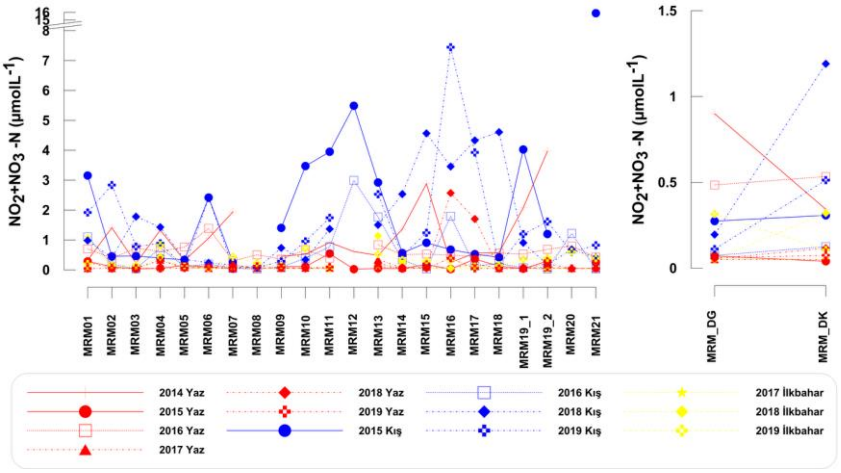
Değerlendirmelerde kullanılan ötrofikasyon göstergeleri:

- Su kolonunda önemli/kilit besin elementlerinin (N, P, Si) konsantrasyonları (IMAP/EO5 & MSFD/D5C1*) ve oranlarındaki değişimler
- Su kolonunda klorofil-a konsantrasyonu (IMAP/EO5 & MSFD/D5C2*)
- Türlerde ve topluluklarda farklılaşmalar örn. değişen diatom-dinoflagellat, bentik-pelajik oranları, insan aktivitelerinin neden olduğu zararlı/toksik alg patlamaları (MSFD/D5C3*)
- Askıda alg artışına bağlı su şeffaflığı (MSFD/D5C4*)
- Su kolonu dip alanındaki çözünmüş oksijenin varlığı (MSFD/D5C5*)
- Fırsatçı makroalglerin bolluğu/yaygınlığı ve makrofitlerin durumu (MSFD/D5C6*, D5C7*)

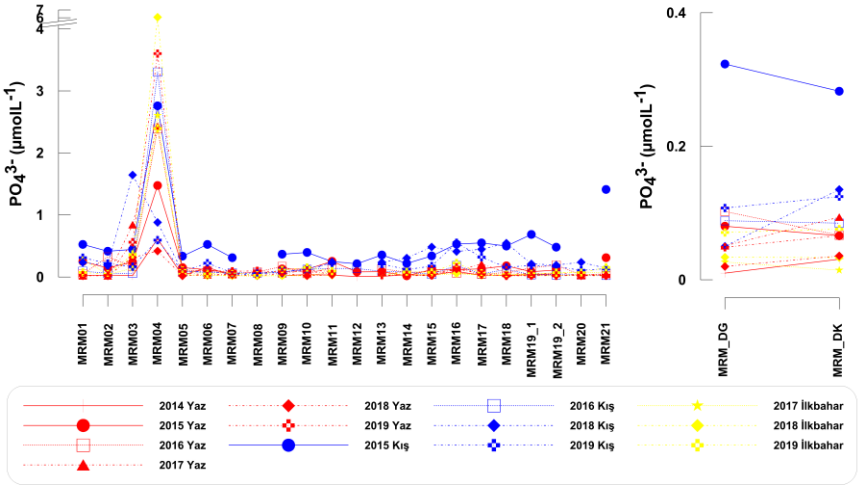
* Bkz. EU 2017/848 ve DÇS Projesi (ÇŞB) İÇD hedef ve göstergeleri

3.2.1 Besin Elementleri

Marmara Denizi 2014-2019 izleme çalışmaları yüzey NO_x (NO_2+NO_3-N) konsantrasyonları, SYB'lerde (kıyı su yönetim birimleri) 0,02-15,9 µM aralığında (Şekil 6), SYB'ler dışında kalan DDB'lerde (açık deniz) kıyılara göre daha az salınım göstererek 0,04-1,19 µM aralığında değişmiştir. NOx değerleri kış döneminde tüm kıyı suları, Boğaz bölgesi ve körfezlerde yüksektir. İlkbahar döneminde birincil üretimdeki kullanımları, karışım özellikleri nedeni ile değerler azalmış yaz döneminde ise özellikle azotlu bileşikler en düşük seviyelere inmiştir. Marmara Denizi'nin bir iç deniz olması sebebiyle dış baskılardan diğer denizlerimize göre daha fazla etkilendiği bilinmektedir. Özellikle kış dönemindeki salınımlar yağış miktarı dolayısıyla artan nehir yükü ve rüzgar yönü-hızı gibi meteorolojik farklılıklardan kaynaklanabilir. 2015 yılında ölçülen görece yüksek konsantrasyonlar Susurluk Çayı'nın etkisinde olan SYB'lerde (1-2-19-21) ve İstanbul Boğazı aracılığıyla Karadeniz yüzey suyu etkisinde olan SYB'lerde (11-12-13) görülmüştür. Erdek Körfezi'ndeki (SYB 6) görece yüksek değerler dikkat çekicidir.



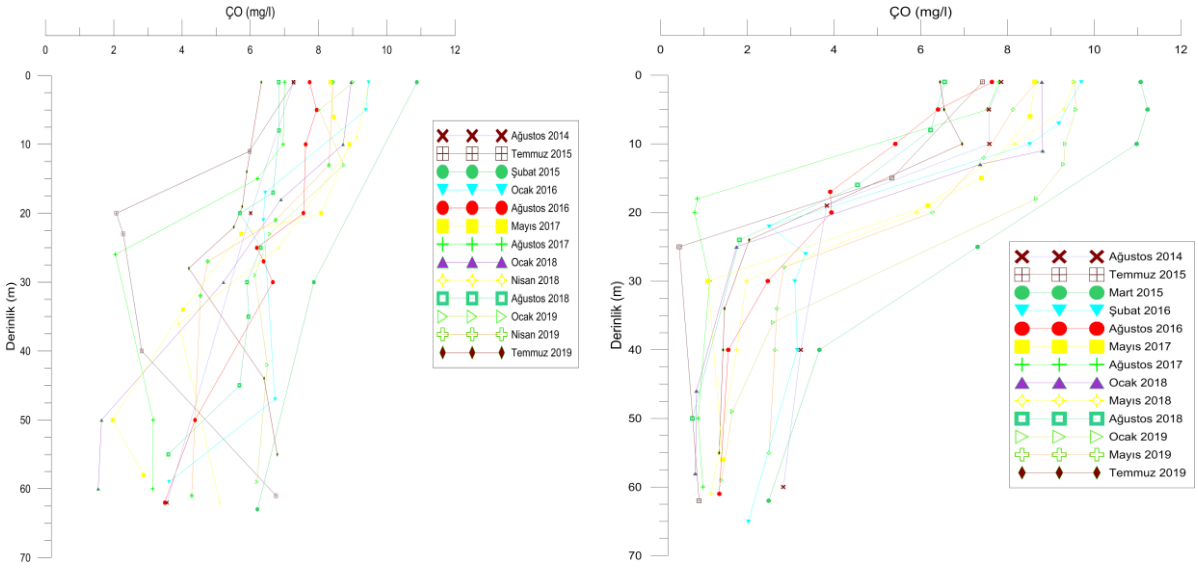
Şekil 6. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde NO_2+NO_3-N (NO_x) SYB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m)



Şekil 7. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde Ortafostaf (PO_4^{3-}) SYB yüzey suyu ortalama konsantrasyonları (0-10 m)

3.2.2 Çözünmüş oksijen

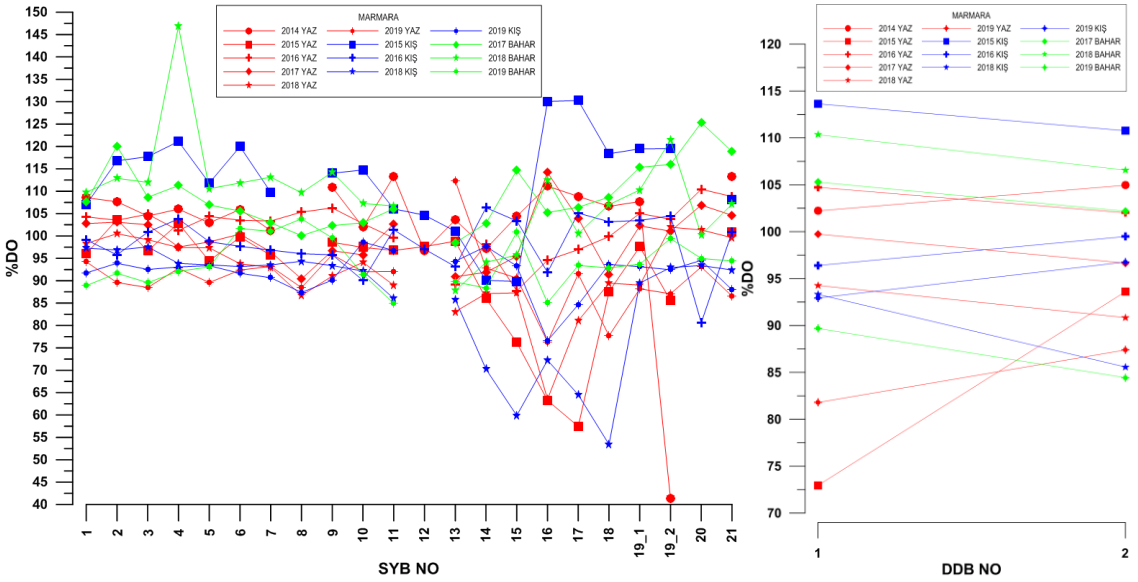
Marmara Denizi'nde sürekli var olan iki tabakalı yapıdan dolayı, oksijence doygun üst tabaka suları ara tabaka engeli nedeniyle alt tabakaya ulaşamamakta ve alt sularda düşük oksijen seviyelerinin görülmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte, karasal girdilerin artışı ile yüzey sularında artan canlı ve cansız organik madde zamanla çökerek ara tabakada sıkışmakta ve heterotroflar tarafından ayrıştırıldığında ortamdaki oksijen tüketilip hipoksik koşulların oluşmasına sebep olmaktadır. Aynı şekilde alt tabakaya ulaşan partikül organik madde de burada parçalanarak oksijen tüketimine yol açmaktadır. Sonuç olarak, Marmara Denizi'nin ara tabakası ve alt tabakası oksijence fakir hale gelmekte ve hatta mevsimlere ve bölgeye bağlı olarak anoksik (oksijensiz) koşullar oluşmaktadır. Diğer yandan, Marmara Denizi'nin alt tabakası sürekli olarak Çanakkale Boğazı aracılığıyla oksijence doygun Akdeniz suyu ile beslenmektedir, bu özelliğinden dolayı Marmara Denizi'nin belli bölgelerinin alt sularında hala canlı yaşamına yetecek kadar oksijen bulunmaktadır. Çözünmüş oksijenin Ege Denizi'nden Karadeniz'e doğru ne kadar değiştiği Şekil 8 ile gösterilmiştir. Buna göre Çanakkale Boğazı Marmara girişinde bulunan MD10A istasyonunun dip (40m altı) suyundaki çözünmüş oksijen miktarı kış ve yaz döneminde ≈1,5-6,8 mg/L seviyesinde iken, Marmara Denizi İstanbul Boğazı çıkışında bulunan M8 istasyonunda bu değer, yaklaşık 5-6 mg/L kayıpla, 0,7-3,5 mg/L seviyesine gerilemiştir.



MD10A M8

Şekil 8. Çözünmüş oksijenin 2014-2019 döneminde Çanakkale Boğazı-Marmara kesişimi ile Marmara-İstanbul Boğazı kesişim bölgelerindeki düşey değişimleri

Marmara Denizi SYB'lerin yüzey sularında (0-10m ortalama) tüm dönemlerde çözünmüş oksijenin doygunluk değerleri (Şekil 9) genellikle %90-%110 arasında değişim göstermiştir. 2015 kış örneklemesi öncesi fırtına/rüzgar etkisi ile artan yüzey suyu-atmosfer karışımının yüzey tabakada çözünmüş oksijenin yüksek doygunluk değerlerine ulaşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

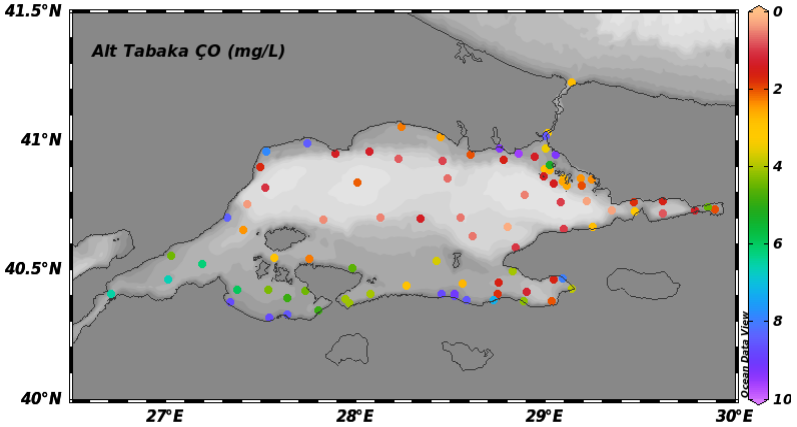


Şekil 9. 2014-2019 izleme dönemi yüzde doygun Çözünmüş Oksijen (ÇO%) değerlerinin (0-10m ortalama) SYB ve DDB'lerdeki ortalama değerleri kış (mavi), yaz (kırmızı) ilkbahar (yeşil)

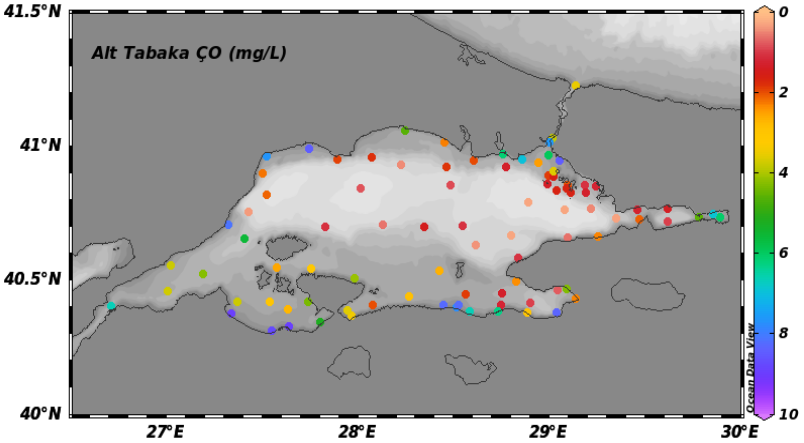
Derin/dip su ÇO değerlerlendirmesi: Şekil 10'da 2019 yılı kış, ilkbahar ve yaz dönemlerine ait dip sudaki oksijen seviyesi dağılım haritaları verilmiştir. Bu değerin, <2,0 mg/L'nin altına düşmesi (suboksik koşullar) ekosistem kalitesi açısından oldukça olumsuz bir durumdur. Marmara Denizi derin çukurları ile doğu ve kuzey bölgelerinin neredeyse tümü bu eşiğin altındadır. Derin çukurlara benzer olarak Körfez içlerindeki oksijen seviyeleri düşüktür. Marmara Denizi kuzey şelfinde yer alan, İstanbul adalar bölgesi istasyonlarının hepsinde düşük oksijen seviyeleri tespit edilmiştir (Şekil 10). Bu bölgeler ne yazık ki deniz dibi canlı habitatları açısından hassas/kırılgan bölgelerdir ve fiziksel olarak da organik madde yükü ile tahrip olmuştur. Sığlık bölgeler ile Akdeniz suyu etkisinde olan alanlarda dip sularda bu değerler >2 ve >4mg/L üzerinde bulunabilmektedir.

Marmara Denizi doğu derin bölgesini (Çınarcık Çukuru) temsilen seçilen 45C istasyonunun farklı alt su katmanlarındaki çözünmüş oksijen seviyesinin 90'lı yıllardan günümüze yıllara göre değişimi Şekil 11'de görülmektedir (Kaynak: MARMOD Faz I veri tabanı ve DEN-İZ sonuçları). Buna göre >1000 m derinlikte değerler 2 mg/L seviyelerinden <0.5 mg/L seviyelerine gerilemiş olup 200-300 m katmanında da benzer eğilim görülmektedir. 90-100 m katmanında ise belirgin bir düşüş izlenmemesi bu derinlikte suların Akdeniz kökenli sularla daha sık tazelendiğini düşündürmektedir.

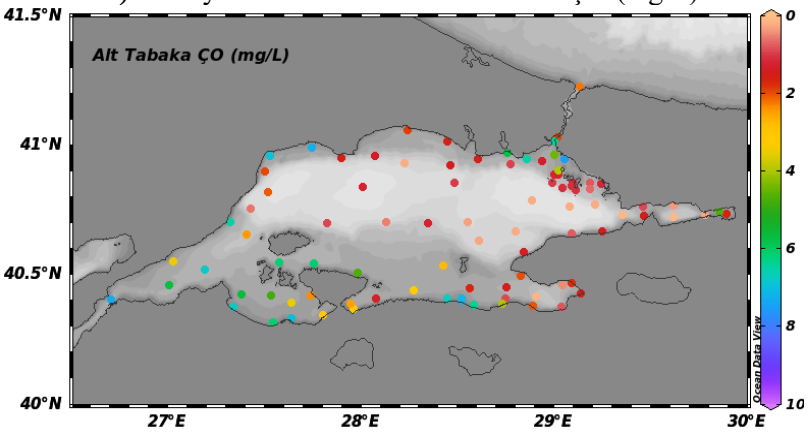
Marmara Denizi ara ve alt tabaka sularının oksijen açısından bugün geldiği durum değerlendirildiğinde ve DEN-İZ sonuçları dikkate alındığında, Marmara Denizi genelinde oksijenin canlı varlığını tehdit edecek şekilde azalmış olduğu tespit edilmiştir. Ekosistem sağlığı açısından ara ve dip sularda çözünmüş oksijen seviyelerinin 4-5 mg/L seviyelerinde olduğu bilinir. Oksijenin alt sularda giderek azalması (derin dip sularda ve körfez içleri alt/dip sularda) canlı hayatın son bulaması ve hidrojen sülfür oluşumu tehdidini giderek arttırmaktadır.



a) 2019 yılı kış dönemi alt tabaka ÇO (mg/L)

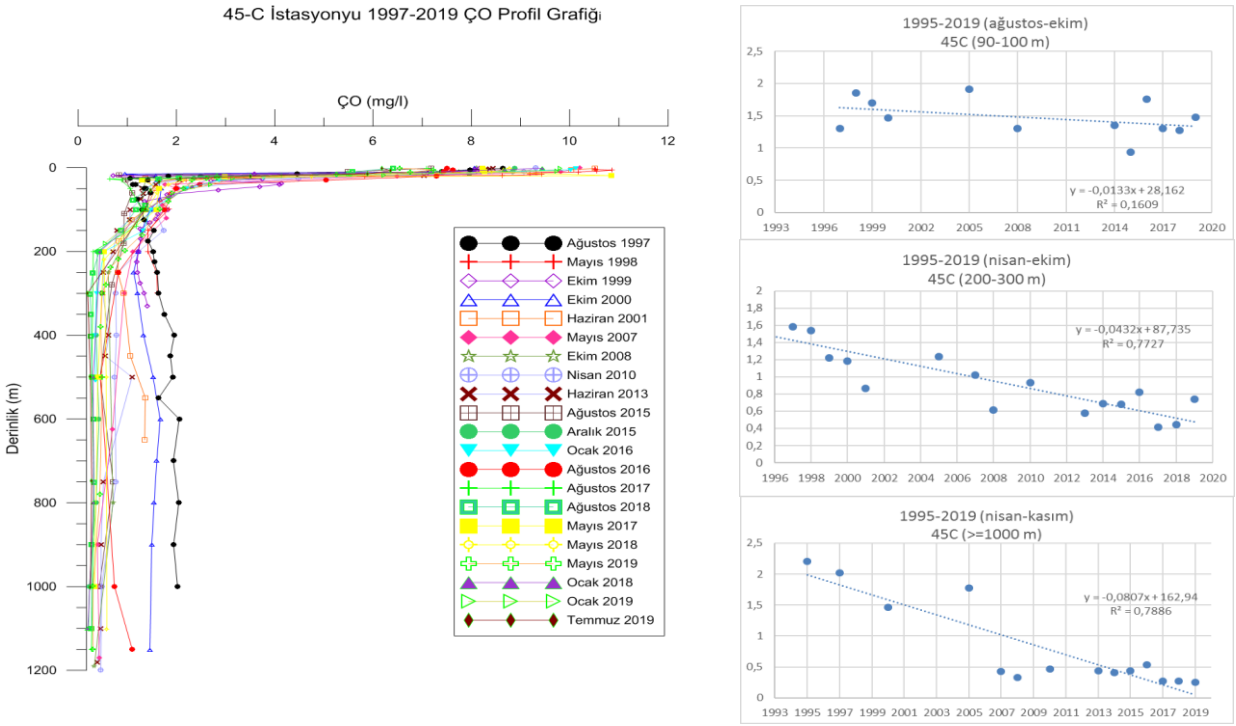


b) 2019 yılı ilkbahar dönemi alt tabaka ÇO (mg/L)



c) 2019 yılı yaz dönemi alt tabaka ÇO (mg/L)

Şekil 10. Marmara Denizi dip sularında 2019 yılı çözünmüş oksijen dağılımı



(a) (b)

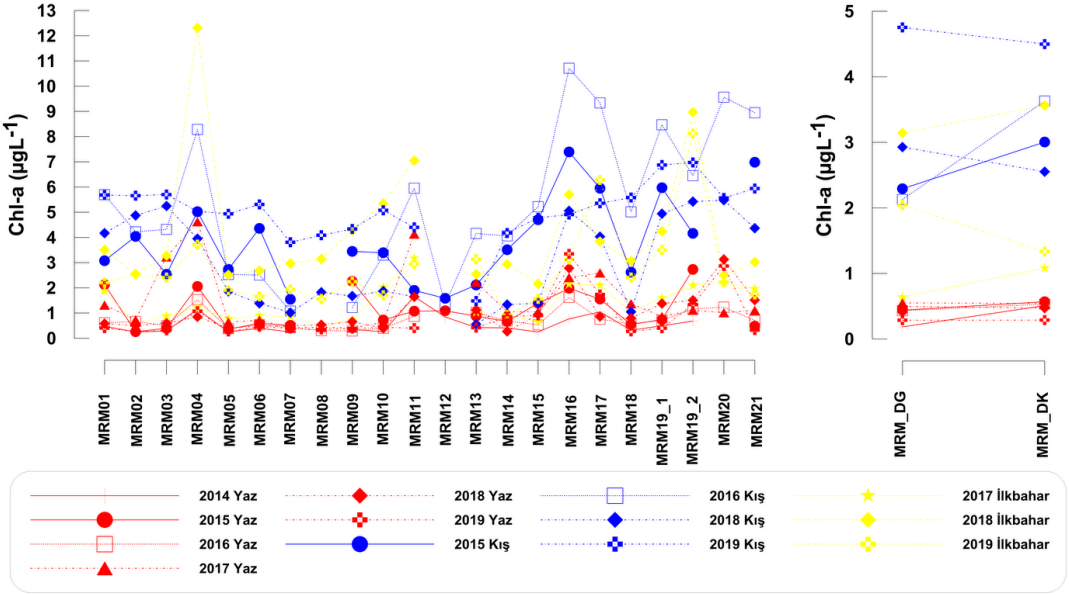
Şekil 11. Çözünmüş Oksijenin Doğu derin Marmara çukurundaki tarihsel değişimi (a), Doğu Marmara çukuru alt sularındaki Çözünmüş Oksijen Değişimi (b)

3.2.3 Klorofil-a

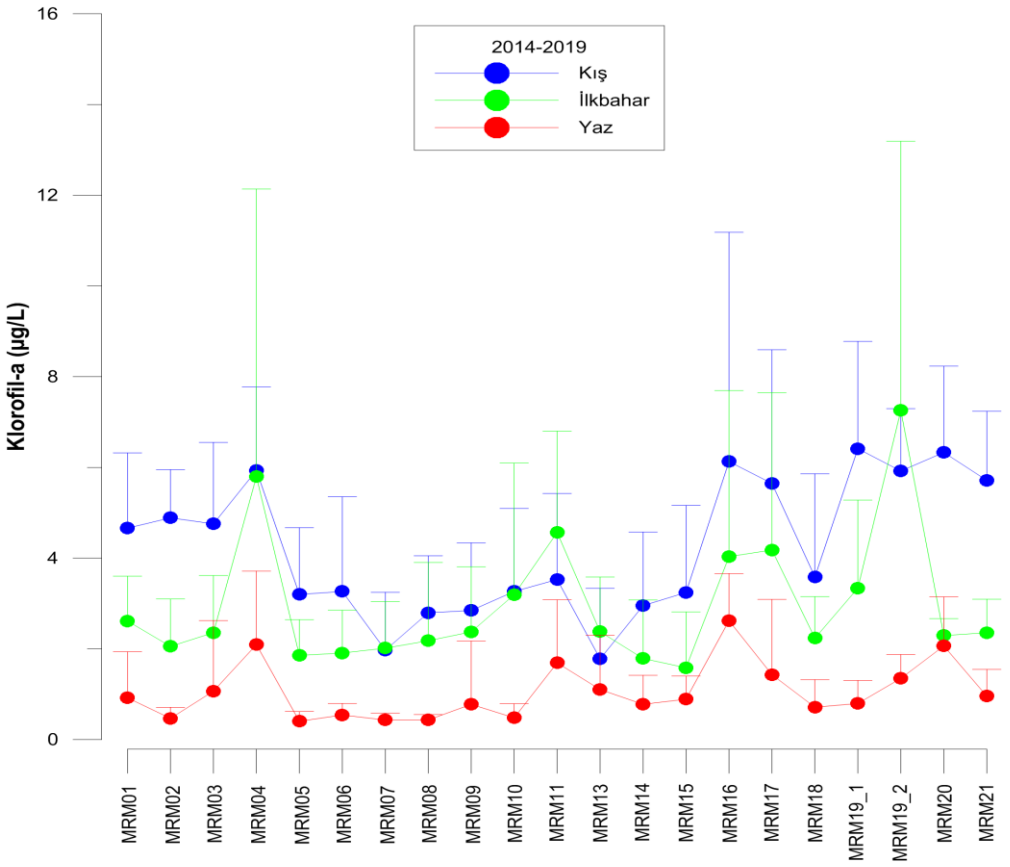
Fitoplankton biyokütlesi göstergesi olan klorofil-a konsantrasyonları, 2014-2019 döneminde, SYB'lerde 0,25-12,31 μgL^{-1} aralığında, açık deniz sularında ise 0,2-4,75 μgL^{-1} aralığında tespit edilmiştir (Şekil 12). Klorofil-a seviyeleri hem besin maddesinin artış/azalış hem de ışık durumunun uygunluğuna göre değişir. Kış karışımları nedeni ile yüzey sularındaki besin maddesi artışı klorofil-a seviyelerinin de yükselmesine neden olmuştur. İlkbahar sezonundada yüksek değerlere rastlanmış ancak kış döneminde –örneklenen dönemler içinde- en yüksek değerlere ulaşılmış olup bu durum fitoplankton bolluk değerlerinde de benzer şekilde seyretmiştir (Bkz. Bölüm 3.3.1). Diğer yandan, en yüksek konsantrasyonlar genellikle su dolaşımının yavaş olduğu körfezlerde görülmüştür. Yaz döneminde ise daha düşük değerlere rastlanmış ancak baskıların yoğun olduğu bölgelerde yüksek seviyelere ulaşılmıştır.

Kıyı su kütlelerinde tüm izleme dönemlerinin kış, ilkbahar ve yaz ortalamaları ile standart sapma değerleri Şekil 13' de verilmiştir. SYB'lerin çoğunda kış ve ilkbahar dönemlerinin (fitoplankton için büyüme dönemleri) daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. MRM04 (Bandırma) ve MRM16/MRM17/MRM19 (İzmit ve Gemlik Körfezleri) ortalamaları kış ve ilkbahar dönemlerinde en yüksek değerleri göstermiştir. Ayrıca, Susurluk bölgesindeki SYB 'lerin (MRM01, 02, 03, MRM20 ve 21) özellikle kış dönemlerinde yüksek değerler sergilemektedir ki bu da yağışlar nedeni ile nehir girdileri ile besin maddesi taşınımlarındaki artışlara bağlanabilir. Bunların dışında MRM10 ve 11 (Silivri-B.Çekmece-K.Çekmece) ilkbahar dönemlerinde yüksek değerlere ulaşmıştır.

Yapılan yönelim (trend) analizlerine göre İzmit, Gemlik ve Marmara Denizi Çanakkale Boğazı kesişim bölgesinde klorofilin zamana göre anlamlı artış gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 2).

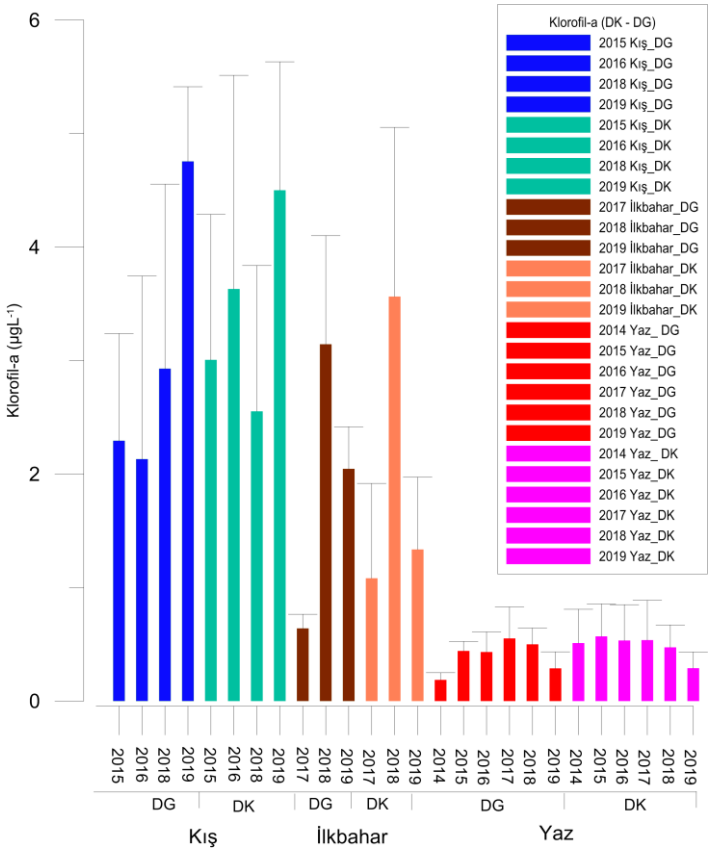


Şekil 12. 2014-2019 örnekleme dönemlerinde SYB ve Marmara Denizi kuzey ve güney açık sularında saptanan klorofil-a yüzey suyu ortalama konsantrasyonları



Şekil 13. Marmara Denizi kıyı su kütlelerinde 2014-2019 döneminde ölçülen (0-10 m) kış: mavi (2015, 2016, 2018, 2019), ilkbahar: yeşil (2017, 2018, 2019) ve yaz: kırmızı (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019) dönemi ortalamaları ve std.sapmaları

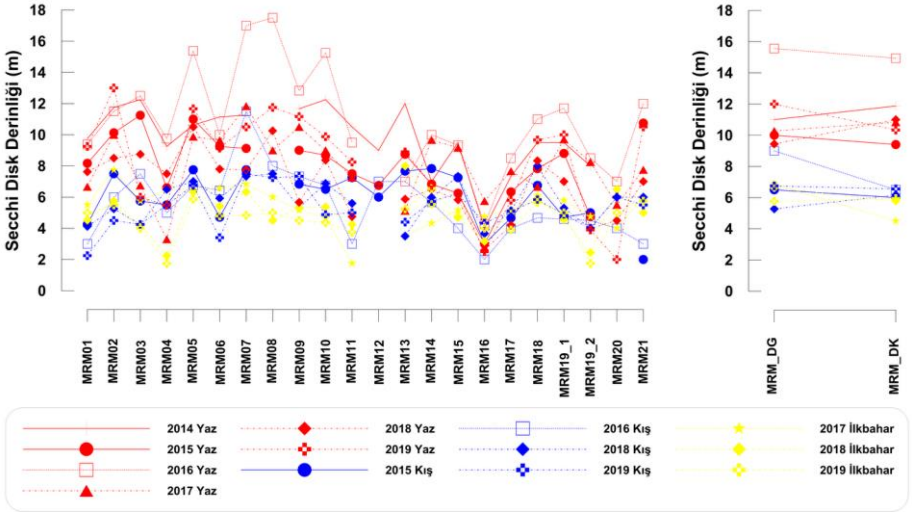
Marmara Denizi kuzey ve güney DDB'lerinin 2014-2019 yılları arası yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 14' de verilmiştir. Bu gösterimde aynı zamanda her mevsim ve bölgede yıllar arasındaki farklılıklar da rahatlıkla izlenebilmektedir. Kış dönemlerinin, ilkbahar izleme dönemlerine (örnekleme yapılan döneme) göre daha yüksek değerler sergilediği anlaşılmaktadır. Özellikle 2019 kış dönemindeki artış belirgindir. En çok izlenen dönem olan yaz döneminde ise 2014'ten 2019'a kadar ortalama değerler birbirine yakın olup 2019 yaz döneminde görece daha düşük değerler izlenmiştir. Daha uzun dönemli veri ile farklı mevsimler ve tüm veri üzerinde ayrı ayrı yönelim analizlerinin yapılması mümkün olacaktır.



Şekil 14. Marmara Denizi kuzey ve güney deniz değerlendirme aalanları 2014-2019 dönemi yüzey tabaka (0-10m ortalama) klorofil-a konsantrasyon karşılaştırılması

3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği)

Seki disk derinliği 2014-2019 çalışmasında SYB'lerde 2-17 m arası, açık denizlerde ise 4,5-16 m arasında değişmiştir (Şekil 15). Seki disk derinlikleri yaz dönemlerinde kışa göre daha yüksek ölçülmüş olup bunda klorofil-a konsantrasyonlarının düşük olması da etkili olmuştur. En yüksek Seki derinlikleri 2015 yaz döneminde tespit edilmiştir. Düşük derinlikler ise daha çok nehir ağızları ve körfezlerde görülmüştür.

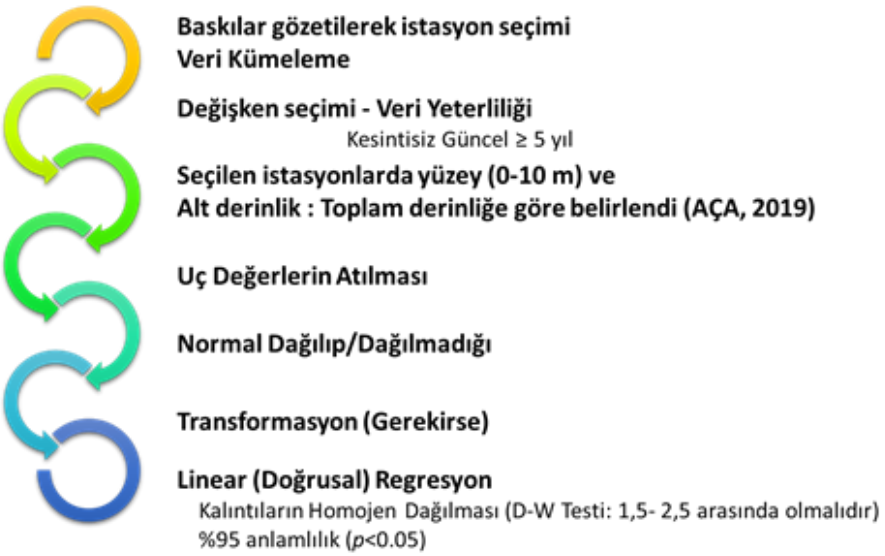


Şekil 15. 2014-2019 örnekleme dönemlerindeki Seki disk derinliği SYB ortalama değerleri

3.2.1 Marmara Denizi Ötrofikasyon Parametrelerinin Yönelim Analizi

Yönelim analizleri ve veri kümelendirmesi HELCOM ve OSPAR (HELCOM, 2014: OSPAR, 2013) kılavuzları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Yönelim çalışmalarında veri kümelemesi, baskıların göz önünde bulundurulması ve kesintisiz güncel veri olması analizin güvenirliliği açısından önemlidir. Yönelim analizinde parametlerin artış/azalışları eğilimleri belirlenmektedir. Bu eğilimleri sağlıklı yapılabilmesi uzun dönemli verilerin incelenmesiyle sağlanmaktadır. Seçilen istasyonlarda verilerin sürekliliği önem arz etmektedir.

Bu kapsamda, Çalışmada, temsili olarak IZ25, IZ17, 45C, MD54, MD103, MD59, MD13A, MD10A, MD72, GK1 ve MD22 istasyonları seçilmiş olup, 2014-2019 arası ölçülen ötrofikasyon parametrelerinde (orto-fosfat; PO_4, Nitrit+Nitrat azotu; NOx, Silikat; Si Klorofil-a; Klo-a ve dip çözünmüş oksijen) tüm veri (tüm mevsimler birlikte), sadece kış dönemleri ve sadece yaz dönemleri olmak üzere 3 kategoride gerçekleştirilmiştir. Yönelim analizinde izlenen yöntem Şekil 16'de özetlenmiştir.



Şekil 16. Yönelim analiz yöntemi

Çalışma sonucunda;

İzmit Orta Körfez (IZ17) istasyonunun yüzey sularında, özellikle kış döneminden kaynaklı istatistiki olarak anlamlı (p<0.05) NOx artışı görülmektedir. İZ25 yüzey sularında PO_4 'te yüksek korelasyon izlenmiş, değerler özellikle yaz döneminde azalma yönünde yönelim göstermiştir. Ancak, p>0.05 olması nedeniyle bu ilişki istatistiki olarak anlamlı değildir. İZ25 istasyonunda ise p=0,18 olan ancak yüksek korelasyona sahip veri analizine göre klorofil yıllık artış trendi dikkat çekicidir. 2014-2019 döneminde seçilen istasyonlarda seki derinliğinde bir yönelim tespit edilmemiştir.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB) verilerine göre (2007-2019) İzmit Orta ve Dış Körfez'de özellikle kış döneminde klorofil açısından artış trendi gözlenmiştir. Aynı dönemde, yüzey sularında yukarıda da söz edilen NOx artışı belirgindir. Aynı veri setleri alt sular açısından incelendiğinde körfez boyunca Si artışı mevcuttur. PO_4 ve NOx ise sadece iç körfezin >20 m sularında artmaktadır. Körfezin diğer bölgelerinde ise alt sularda P ve N açısından zenginleşme izlenmemektedir. ÇO alt sularda azalma veya artma yöneliminde değildir. Seki disk derinliğinin ise körfez boyunca, özellikle de Orta ve Dış Körfez'de artış eğilimindedir (Tablo 2).

Gemlik Körfezi'ni temsilen seçilen MD22 istasyonu yüzey sularında NOx değerlerinde azalma izlenmektedir. Bu istasyonda PO_4 yönelimi izlenmemektedir. Ancak körfezin dış bölgesinde (GK1) PO_4 artış eğilimindedir. Burada ayrıca klorofil-a 'nın da artış eğilimde (yılda 1 µg/l seviyesinde) olduğu görülmektedir. Seki disk derinliğinde ise yönelim saptanmamıştır (Tablo 2).

Bandırma Körfezi dışında yer alan MD72 istasyonunda klorofil-a'da artış (yılda ~0,6 µg/L) izlenmektedir. Bunun dışındaki parametrelerde yönelim tespit edilmemiştir.

Çanakkale Boğazı'na yakın batı Marmara istasyonlarında (MD10A ve MD13A) PO4'te belirgin yönelim tespit edilmezken NOx değerlerinde azalma eğilimi izlenmektedir. MD10A'da ise klorofil artma eğilimindedir. Bu bölgede Seki derinliğinde yönelim saptanmamıştır (Tablo 2).

Kuzey kıyılarını temsil eden istasyonlarda (MD59 ve MD54) yönelim analizi gerçekleştirilen değişkenlerin hiçbirisinde yönelim tespit edilmemiştir.

Marmara Denizi, Doğu ve Orta derin çukurlarının alt ve dip su katmanlarında uzun dönemli çözünmüş oksijen değişimi incelendiğinde, Çınarcık Çukuru (İst. 45C) 90-100 m ve >1000 m derinliklerinde önemli düşüşler olmasına karşın (Şekil 11), anlamlı yönelim bulunmazken; 200-300 m derinlik katmanında yüksek güvenilirlik ile ilkbahar-yaz-sonbahar döneminde her yıl yaklaşık 0.05 mg/L 'lık oksijen azalması mevcuttur (Şekil 11).

Tablo 2. Besin elementleri (NO_X, PO_4) ve klorofil-a'nın zamana bağlı uzun dönemli değişimlerinin analizi (DEN-İZ Programı veri seti)

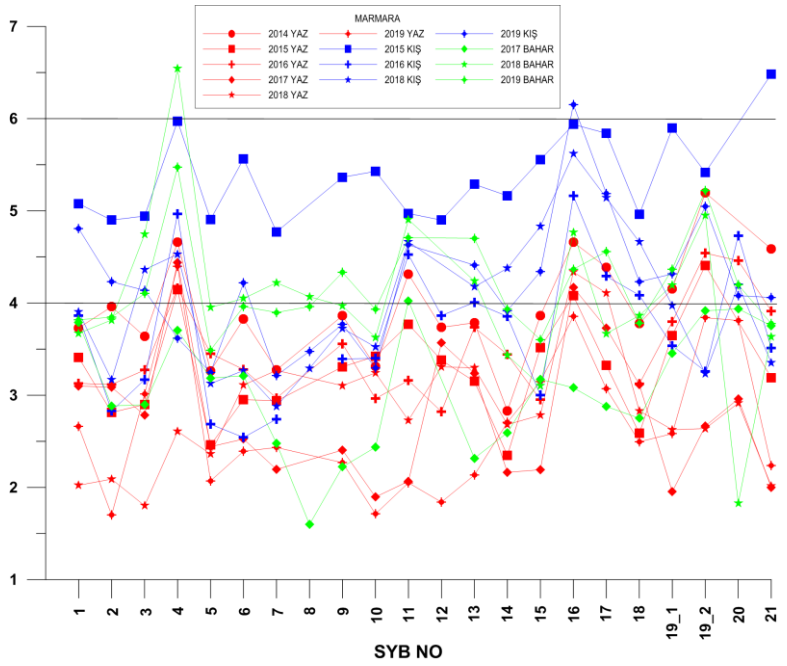
İstasyon	Değişken	Yıl[1]	Dönem	Derinlik (m)	Dönüşüm	Normal Dağılım[2]	R^2	Anlamlılık (p)[3]	DW[4]	Trend[5]	Denklem
IZ25	PO4	2014-2019	Haziran-Ağustos	0-10	Yapılmadı	+	0,73	0,141	3,309	↓	Yaz döneminde -0,122 µM yıllık azalma
IZ25	PO4	2014-2019	Tum Veri	0-10	Yapılmadı	+	0,69	0,164	2,891	↓	Yılda -0,023 µM azalma
GK1	PO4	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log Trans.	+	0,91	0,045	2,848	↑	Yılda 0,036 µM artış
MD13A	PO4	2014-2019	Aralık-Şubat	0-10	Log Trans.	+	0,55	0,25	2,03	↓	Kış döneminde -0,2 µM yıllık azalma
MD13A	PO4	2014-2019	Haziran-Ağustos	0-10	Yapılmadı	+	0,30	0,21	2,28	↑	Yaz döneminde +0,10 µM yıllık artış
IZ17	NOx	2014-2019	Aralık-Şubat	0-10	Yapılmadı	+	0,95	0,025	2,911	↑	Kış döneminde 1,3 µM yıllık artış
IZ17	NOx	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log Trans.	+	0,78	0,019	2,973	↑	Yılda 0,37 µM artış
MD22	NOx	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log. Trans.	+	0,56	0,086	1,675	↓	Yılda -0,268 µM azalma
MD10A	NOx	2014-2019	Haziran-Ağustos	0-10	Log Trans.	+	0,56	0,087	3,037	↓	

İstasyon	Değişken	Yıl[1]	Dönem	Derinlik (m)	Dönüşüm	Normal Dağılım[2]	R^2	Anlamlılık (p)[3]	DW[4]	Trend[5]	Denklem
MD10A	NOx	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log Trans.	+	0,60	0,070	2,135	↓	Yılda -0,21 µM azalma
MD13A	NOx	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log Trans.	+	0,65	0,050	2,752	↓	Yılda -0,20 µM azalma
IZ25	Klo-a	2014-2019	Tum Veri	0-10	Yapılmadı	+	0,96	0,18	2,23	↑	Yılda +1,70 µg/L artış
MD72	Klo-a	2014-2019	Mart-Mayıs	0-10	Log. Trans.	+	0,69	0,37	3,00	-	-
GK1	Klo-a	2014-2019	Tum Veri	0-10	Yapılmadı	+	0,92	0,036	3,25	↑	Yılda +0,98 µg/L artış
MD10A	Klo-a	2014-2019	Tum Veri	0-10	Log. Trans.	+	0,61	0,066	2,21	↑	Yılda +0,16 µg/L artış

3.2.2 TRIX

Trofik durum göstergesi (besin tuzları, klorofil ve oksijen doygunluk yüzdesi) parametrelerinden hesaplanan TRIX indeksi (Vollenwider vd., 1998) değerleri her yıl kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri olarak değerlendirmeleri yapılmaktadır.

Marmara Denizi 2019 yaz döneminde TRIX değerleri genellikle <4 (Ötrofikasyon riski yok) hesaplanmıştır. İlkbahar döneminde Bandırma, Gemlik, İzmit Körfezleri ile kuzey, doğu Marmara'da TRIX 4-5 (ötrofikasyon riski mevcut) olarak hesaplanmıştır. Kış döneminde ise, özellikle İzmit Körfezi ve İstanbul kıyılarında ötrofikasyon riski yüksek TRIX 4-6 değerlerine rastlanmıştır. Kış döneminde ise değerler daha yaygın olarak 4-6 arasında yüksek riskli olarak tespit edilmiş ve İzmit Körfezi'nde >6 değerleri izlenmiştir. Bu dönemde kış karışımlarının etkisi ile yüzey suyunda daha yüksek besin maddesi bulunması aynı zamanda da klorofil artışına neden olmuştur bu durum kısmen TRIX değerlerini arttırmıştır. Şekil 17'de görüldüğü üzere Marmara Denizi'nde kış mevsiminde tüm SYB'lerde hemen hemen ötrofikasyon riski yüksek olarak değerlendirilirken, yaz mevsiminde ise birçok SYB'de TRİX değerinin <4 olduğu (ötrofikasyon riski yok) gözlenmiştir. Bu çalışmada, indeksin orjinal hali kullanılmış olup Marmara Denizi için sınır değerleri belirlenmemiştir. Bu nedenle, sonuçlar göreceli bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Yaz döneminde göreceli olarak düşük saptanan değerler, besin maddesi ve klorofil konsantrasyonlarındaki kış ve ilkbahara göre düşük ölçülen değerler ile ilişkilidir.



TRIX Değeri	Trofik durum
<4	Ötrofikasyon riski yok
4-5	Ötrofikasyon riski az
4-6	Ötrofikasyon riski var
>6	Ötrofikasyon riski yüksek

Şekil 17. 2014-2019 örnekleme dönemlerindeki yüzey suyu TRIX değerlerinin SYB ve DDB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri

3.2.1 Musilaja Yönelik Araştırma ve Erken Uyarı

Deniz suyunda (yüzeyde ve su kolonunda) dönem dönem oluşan ağımsı jelatin yapısındaki organik malzeme müsilaj olarak adlandırılmaktadır. Temelde içeriğini organizma hücre içi sıvılarının oluşturduğu müsilaj, yoğun organik içeriği ve çevresindeki diğer maddelerle birlikte oluşturduğu yapılar şekil ve boyut olarak farklılıklar gösterirler. Özellikle, su kolonundaki piknoklin yapısı musilajın birikiminde önemli rol oynamakla birlikte, hava ve denizin durumu olayın gelişimini ve yayılımını direkt olarak etkiler. Örneğin, yüksek deniz suyu sıcaklığı, sakin ve açık hava koşulları oluşumu etkileyen önemli faktörler arasındadır.

Ülkemizde kütlesel müsilaj oluşumu ilk olarak İzmit Körfezi'nde Ekim 2007'de görülmeye başlanmış, bu oluşumlar 2009 yılı sonuna kadar benzer yoğunlukta aralıklı olarak izlenmiştir. (Tüfekçi vd. 2010; Polat-Beken vd. 2008, 2009, 2010, 2011) Bu durumdan özellikle balıkçılık ve turizm sektörleri ciddi zarar görmüştür. Yer yer deniz tabanını battaniye örtüsü şeklinde kaplayan bu malzeme habitatları zarara uğratmıştır. Kalın-kremsi yüzey birikimleri ve üst tabaka boyunca dağılmış çeşitli boyutlarda kümelenmelerle karakterize edilen çok yoğun bir müsilaj oluşumları da kaydedilmiştir (Taş vd., 2020). Marmara Denizi'nde müsilaj ile ilgili yapılan çalışmalar dinoflagellat türü olan *Gonyaulax. fragilis*'in müsilaj olayında önemli bir rol oynadığını ortaya çıkarmıştır (Aktan ve diğerleri, 2008; Tüfekci ve diğerleri, 2010; Balkis ve diğerleri, 2011; Polat-Beken vd. 2008, 2009, 2010, 2011). İçinde İzmit Körfezi'nin de yer aldığı çalışmalarda müsilaj üreticilerinin sadece dinoflagellat grubundan değil diyatom türlerinden de *Skeletonema. costatum* ve *Cylindrotheca. Closterium*'un sorumlu olduğu belirtilmiştir.

Denizlerimizde müsilajın yoğun olarak görüldüğü yıllarda (2007-2009), aynı dönemi ve istasyonları kapsayan bir zooplankton çalışması, predatör bir hidromedusa olan *Liriope tetraphylla*'nın aniden ortaya çıkıp aşırı üreyerek yaz aylarında baskın olan cladoceran topluluklarında ani bir değişime yol açtığını belirtmiştir. Bu durum potansiyel olarak fitoplankton üzerinde kademeli etkilere yol açan zooplanktonun hücre yoğunluğunda ciddi bir düşüşe sebep olduğunu göstermektedir (Yılmaz, 2015). Müsilaj olayı sırasında tür sayısındaki azalma, fitoplankton topluluğunun çalışma alanındaki değişen çevresel koşullara tepkisini göstermektedir (Taş,2020).

Marmara Denizi üzerindeki çoklu/çeşitli baskılar neticesinde değişen ekosistem yapısı, musilaj olayları, balık ölümleri, hidrojen sülfür oluşumları vd. olumsuz sonuçları beraberinde getirir. Örneğin, artan miktar ve değişen oranlarda sisteme dış kaynaklardan taşınan azot ve fosfor hızlı bir plankton biyokütlesi oluşumuna neden olur. Diğer baskılardan (iklim, balıkçılık gibi) etkilenen ekosistem yapısında ise tür kompozisyonları değişir. Bu şekilde sistemde çözünmüş ve partikül organik madde artar ve mikro düzeyde iken normal olan musilaj üretimi, kütlesel hale dönüşerek bir çevre felaketine neden olabilir.

Müsilaj oluşumu tek bir faktöre bağlı olmayıp insan baskısı sonucu denizlerin kalite durumunun bozulmasının bir göstergesidir. Ekosistemdeki anomaliler, su kütleleri üzerindeki evsel, endüstriyel, tarımsal vb. aktiviteler sonucu yoğun azot ve fosfor girişi sonrasında N/P molar kosantrasyonlarındaki değişimleri beraberinde iklim değişikliğinin sebep olduğu (sıcaklık, hidrodinamik koşullar, oksijen seviyesi ve diğer faktörler) etkenlerin yol açtığı bir sonuç olduğu söylenebilir.

Musilajın, Marmara Denizi ekosistem dinamiklerini ve fiziksel/meteorolojik koşullarını dikkate alan bir model ile önceden tahmin edilmesi mümkün olabilir. Bunun yanı sıra sabit istasyonlarda sürekli (en az hafta bir sıklıkla) fiziksel, kimyasal ve planktonik özellikler zaman serileri şeklinde takip edilmelidir. Bu hem kullanılacak modele girdi oluşturması hem de gerçekleşebilecek olayların öncesini bilmek ve anlamak açısından önemlidir.

3.3 Su Kolonu Habitatları

Su kolonu habitatları biyotik ve abiyotik bileşenlerden oluşur. Biyotik bileşenler daha çok suyun hareketi ile hareket etme özelliğine sahip ve alt trofik seviye bileşenleri olan fitoplankton ve zooplanktondur. Ayrıca, balık yumurta/larvaları da bu sınıfta yer alır. Diğer yandan, su kolonu boyunca besin maddelerinin tüketimi ve ışığın kullanımı ile başlayan ototrof üretim, organik maddenin oluşmasını sağlar ve ölüm sonrası bu madde bakteriler tarafından parçalanarak sisteme anorganik bileşenler olarak iade edilir. Su kolonu habitatları üst trofik seviyelerinde, pelajik balıklar ve kafadanbacaklılar yer alır. Su kolonunda oluşan besin zincirine su kuşları ile deniz memeli ve reptilleri de dahildir. DSÇD T1 (biyolojik çeşitlilik), T2 (yabancı türler) ve T4 (besin ağı)'ü destekleyen izleme bileşenidir. DEN-İZ (2014-2016) kapsamından su kolonu habitatları izlemelerine sadece fitoplankton ve abiyotik bileşenler (deniz suyu fiziksel ve

kimyasal özellikleri ile ışık geçirgenliği) dahil edilmiş olup 2017 yılından itibaren zooplankton çalışmaları da izleme kapsamına alınmıştır.

3.3.1 Fitoplankton

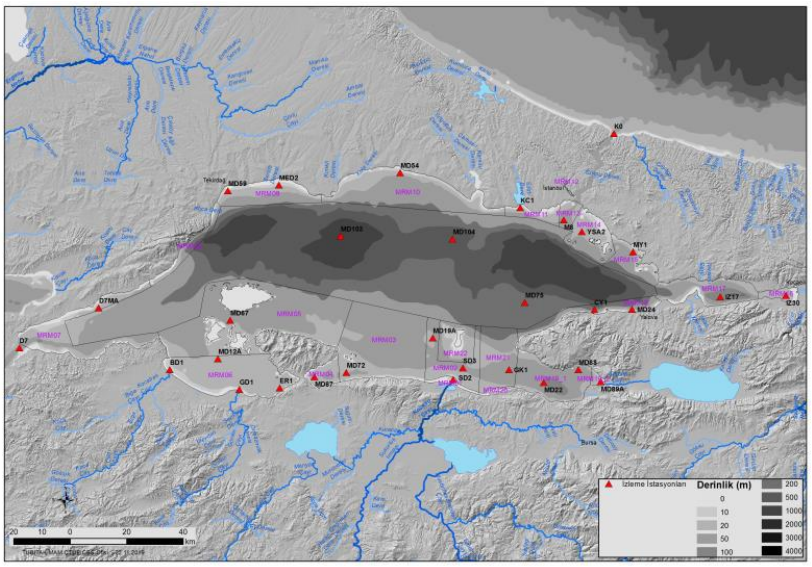
Deniz ve okyanuslarda birincil üretimden sorumlu olan fitoplankton, besin zinciri tabanı oluşumunda ciddi bir rol oynamaktadır. Ototrof olan bu canlılar, ışıklı tabakalarda fotosentez yolu ile karbondioksit ve inorganik maddelerden yüksek enerji potansiyeline sahip organik bileşikleri oluştururlar. Pigmentleri sayesinde güneş enerjisini emerek elektormanyetik ışından kimyasal enerji elde edip depolarlar. Yani karbon, birincil üreticiler tarafından fotosentez yoluyla asimile edilir ve daha kompleks organik bileşenlere dönüştürülür.

Fitoplankton, çevresel koşullardaki değişimlere hızlı tepki vermeleri ve su kalitesi için indikatör olabilecek özellikler sergilemeleri nedeniyle izleme çalışmalarında en çok ele alınan canlı gruplarından biridir. Su Çerçeve Direktifinde su kalite parametreleri içinde biyolojik kalite unsuru olarak fitoplanktonun önemli yer tuttuğu bilinmektedir. Sucul ekosistemin korunması için önem arz eden izleme çalışmalarında fitoplanktonun incelenmesi suların ekolojik kalite durumunun belirlenmesinde önemli veriler sağlamaktadır.

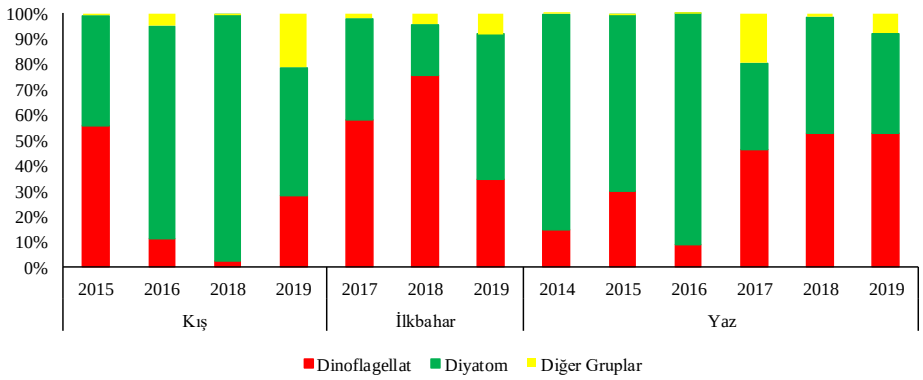
Fitoplankton örneklemeleri kış, ilkbahar ve yaz dönemlerinde 31 istasyonda gerçekleştirilmiştir (Şekil 18).

Özellikle İzmit, Gemlik, Bandırma Körfezleri gibi ötrofik/ötrofikasyon riski yüksek bölgelerde; şehirleşme baskısının yoğun olarak gözlendiği İstanbul çevresinde bulunan istasyonlarda dinoflagellat türlerinin baskın aynı zamanda tür çeşitliliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Marmara Denizi fitoplankton komunitesi diyatom ve dinoflagellat türleri tarafından domine edilmektedir. Diğer gruplar başlığı altında Chlorophyceae, Coccolithophyceae, Cryptophyceae, Dictyochophyceae, Euglenophyceae, Raphidophyceae sınıflarına ait türler bulunmaktadır. 4 yıllık kış dönemi verisi karşılaştırıldığında genel olarak diyatom hakimiyeti olduğu; 3 yıllık ilkbahar verisi kıyaslandığında dinoflagellat hakimiyeti olduğu; 6 yıllık yaz verisi kıyaslandığında ise başta görülen diyatom hakimiyetinin son 3 yılda yerini dinoflagellat hakimiyetine bıraktığı görülmektedir (Şekil 19). Özellikle İzmit, Gemlik, Bandırma Körfezleri gibi ötrofik/ötrofikasyon riski yüksek bölgelerde; şehirleşme baskısının yoğun olarak gözlendiği İstanbul çevresinde bulunan istasyonlarda dinoflagellat türlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 18. Fitoplankton örnekleme istasyon haritası

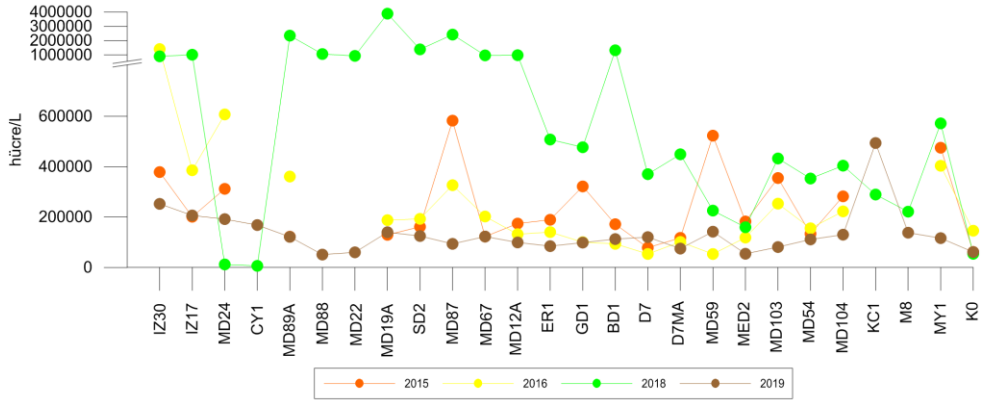


Şekil 19. Marmara Denizi yüzey suyunda fitoplankton kompozisyonunun yıllara göre dağılımı

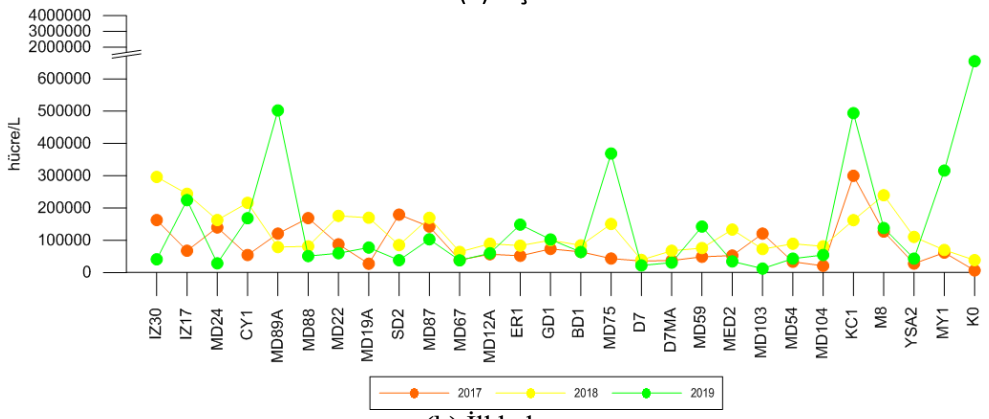
Fitoplankton Bolluk Değişimi

Kış dönemi toplam fitoplankton değişimine bakıldığında; genel olarak 2018 yılında istasyonların bolluk değerleri diğer yıllara göre yüksek olduğu göze çarpmaktadır. 2018 yılı kış döneminde Marmara Denizi genelinde görülen *Skeletonema costatum* türünün aşırı üremesi bu durumun sebebidir. Kıyaslama yapılan bu 4 dönemde en yüksek fitoplankton hücre bolluğu Ocak 2018 örneklemesinde MD19A (Bursa-Bayramdere) ($3,88x10^6$ hücre/L), en düşük hücre sayısı ise MD24 (Yalova-Kıyı) istasyonunda tespit edilmiştir. İlkbahar döneminde istasyonların bazıları yıllara göre farklılık göstermekle birlikte Marmara Denizi genelinde 2017'den 2019'a doğru artan bir hücre bolluğu olduğu görülmektedir. 3 yılın en yüksek hücre sayıları 2019 yılında görülmüştür. İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkış istasyonu olan K0'da $6,55x10^5$ hücre/l tespit edilmiştir. Bu dönemde *Pseudo-nitzschia* spp. hücrelerinin yoğunluğu bu istasyondaki yüksek hücre sayısının sebebidir. 2015 yaz döneminde yüksek olan fitoplankton bolluğu 2016 ve 2017 yaz dönemlerinde nispeten düşüktür. 2014

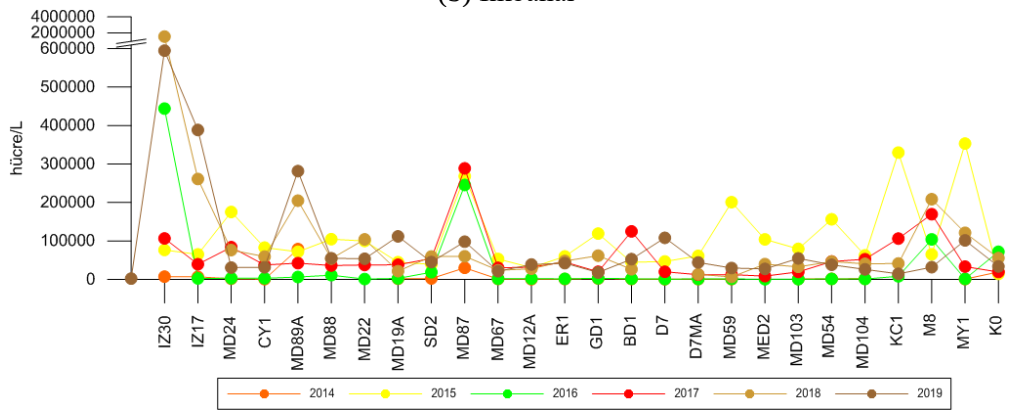
yaz döneminde en yüksek fitoplankton bolluğu MD89A (Gemlik Körfezi), 2015 yaz döneminde MY1 (Tuzla), 2016 yaz döneminde IZ30 (İzmit Körfezi), 2017 yaz döneminde MD87 (Bandırma Körfezi) istasyonunda, 2018 ve 2019 yaz döneminde ise IZ30 adlı istasyonda tespit edilmiştir. 5 yılın en yüksek bolluk değeri ise 2018 yılında IZ30 ($1{,}53x10^6$ hücre/l) istasyonunda tespit edilmiştir. 2014-2017 yıllarında diyatom türlerinin bolluğundan kaynaklanan yüksek fitoplankton değerleri gözlenirken, 2018 ve 2019'da diyatom ve dinoflagellat gruplarının Marmara Denizi'ni hemen hemen benzer oranlarda domine ettiği görülmüştür (Şekil 20).



(a) Kış



(b) İlkbahar

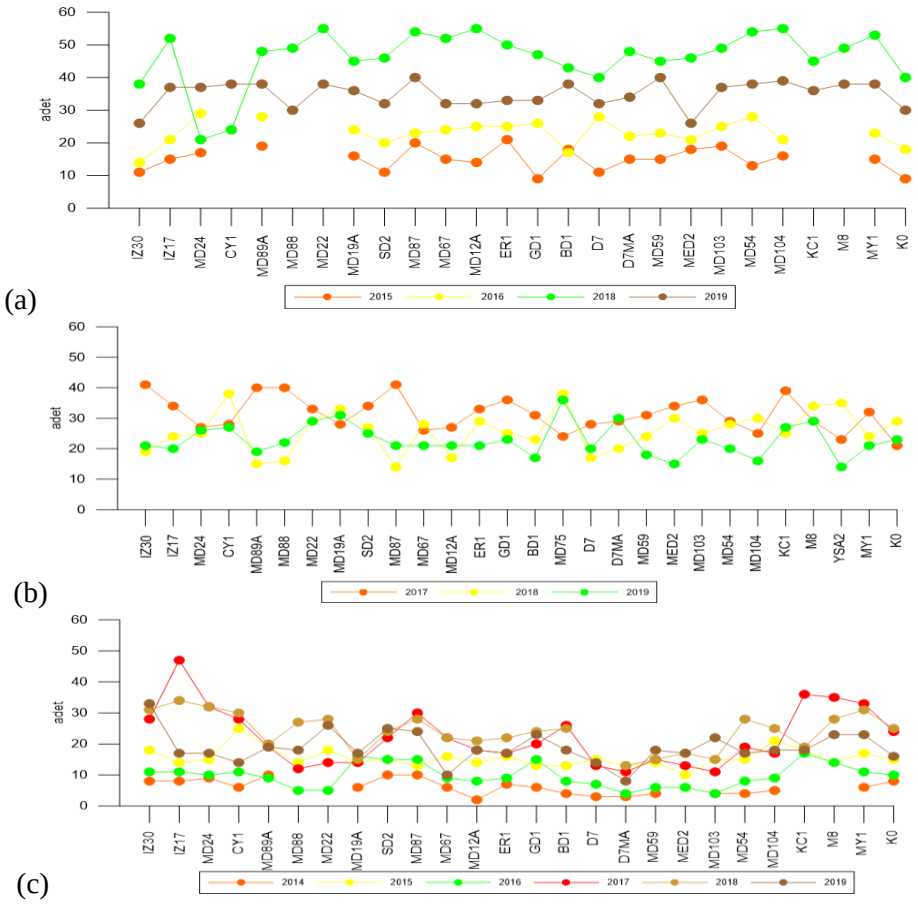


(c) Yaz

Şekil 20. Marmara Denizi yüzey suyunun toplam fitoplankton bolluğu değişimi

Tür Sayısı Değişimi

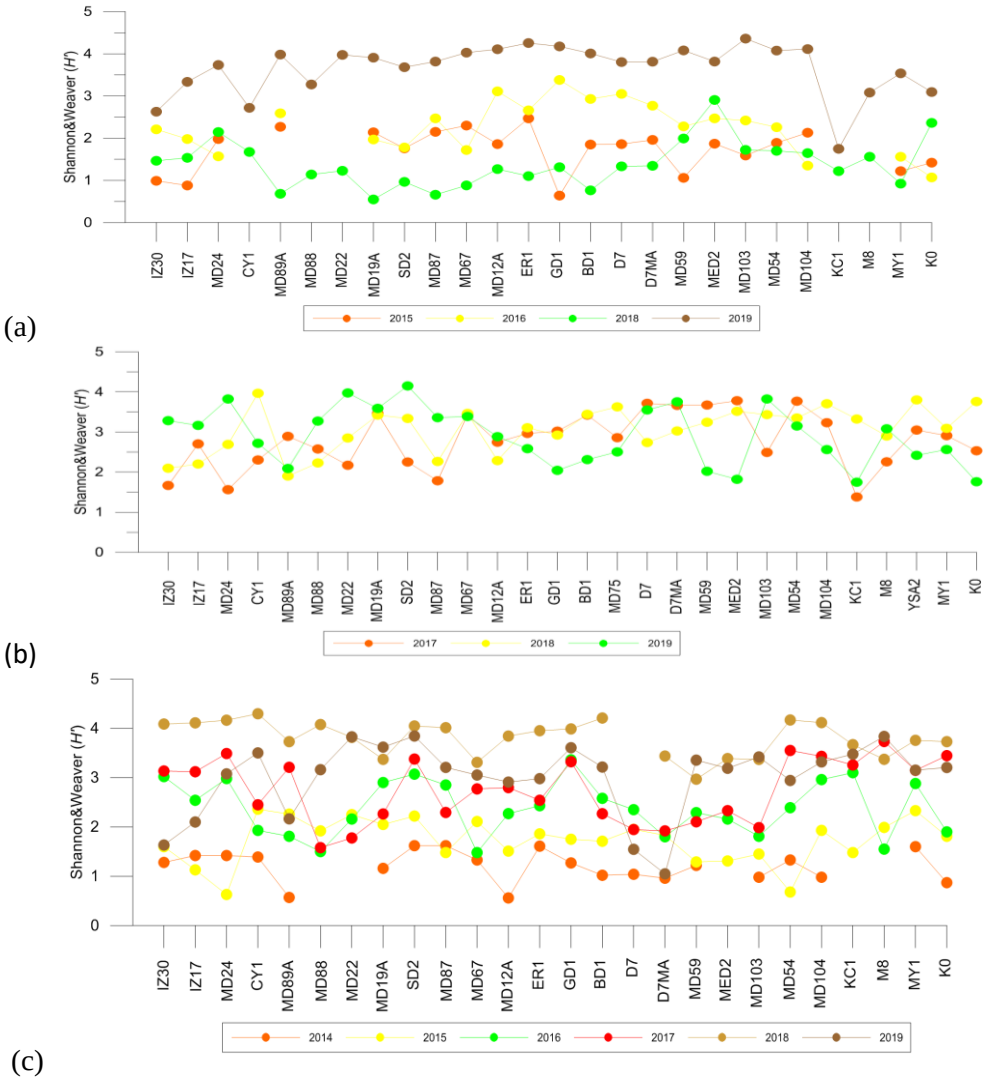
Kış dönemi tür sayısı değişimine göre; 2015 yılından 2018 yılına artan tür sayıları olduğu görülmektedir. 2019 yılında ise 2015 ve 2016 yıllarına kıyasla yüksek, 2018'e kıyasla düşük tür sayıları tespit edilmiştir. Yüksek tür sayıları özellikle Çanakkale Boğazı'ndan gelen yüksek oksijen derişimli suyun fazlaca etkisi altında olan Kapıdağı Yarımadası'nın batı kısmındaki istasyonlarda görülmüştür. Ötrofikasyon riski yüksek bölgelerde ve körfezlerin iç kısımlarındaki istasyonlarda (IZ30, MD89A, MY1), İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında (K0) ise tür sayılarının düşük olduğu görülmektedir 4 dönemin en yüksek tür sayısı 2018 yılında MD19A (Bursa Bayramdere) ve MD104 (Büyükçekmece- Açık) istasyonlarında (55 tür) saptanmıştır. İlkbahar örneklemesinde genel olarak Marmara Denizi'nde 2017'den 2019'a azalan bir grafik söz konusudur. 3 yılın değerlerine bakıldığında en yüksek tür sayısı 2017 ilkbahar örneklemesinde İzmit Körfezi (IZ30) ve Bandırma Körfezi (MD87) istasyonlarında görülmüştür (41 tür). Yaz döneminde 2014 yılında 31 tür, 2015'te 49 tür, 2016'da 46 tür, 2017 yılında 111 tür, 2018 yılında ise 85 tür, 2019 yılında ise 83 tür teşhis edilmiştir. 2017 yılına kadar artış eğiliminde olan tür sayısı, 2017'den sonra yerini azalışa bırakmıştır. 2014'den bu yana toplam 6 yaz döneminde yapılan örneklemeler sonucunda en yüksek tür sayısı 2017 yılında İzmit iç körfez istasyonu olan IZ30'da (47 tür) saptanmıştır (Şekil 21).



Şekil 21. Marmara Denizi yüzey suyunda fitoplankton tür sayısı değişimi (a) Kış, (b) İlkbahar, (c) Yaz

Tür Çeşitliliği Değişimi

Yıllara göre tür çeşitliliği değişimi değerlendirilmesinde Shannon&Weaver indeksi (*H'*) kullanılmıştır. Kış döneminde, tüm istasyonlarda en yüksek çeşitlilik indeks değerleri 2019 yılında saptanmıştır. Özellikle Marmara Denizi orta baseni ve güneybatı kısmında bulunan istasyonlarda tür çeşitliliğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. 2018 yılında ise çeşitlilik, Marmara Denizi'nde meydana gelen tek tür baskınlığı (*Skeletonema costatum*) nedeniyle oldukça düşüktür. İlkbahar döneminde tür çeşitliliğinin yüksek olduğu Marmara Denizi'nin güney kısmında 2019'un çeşitlilik değerleri 2017 ve 2018 yılına kıyasla düşüktür. 2019 yılının ilkbahar döneminde Marmara Denizi genelinde meydana gelen *Noctulica scintillans* türünün aşırı üremesi, fitoplankton gelişimini baskılamış olup tür sayılarında dolayısıyla tür çeşitliliğinde azalmaya neden olmuştur. Son 6 yılın yaz verisi incelendiğinde 2018 dönemine ait çeşitlilik değerlerinin önceki yıllara göre yüksek olduğu, 2019 yılında ise çeşitliliğin düşmüş olduğu kaydedilmiştir. Son 6 dönemde en yüksek çeşitlilik 2018 yılında CY1 (Çınarcık) istasyonunda görülmüştür (Şekil 22).



Şekil 22. Marmara Denizi'nde Shannon indeksine (*H'*) göre tür çeşitliliğinin yıllara göre değişimi (a) Kış, (b) İlkbahar, (c) Yaz

Zararlı Türlerin Varlığı

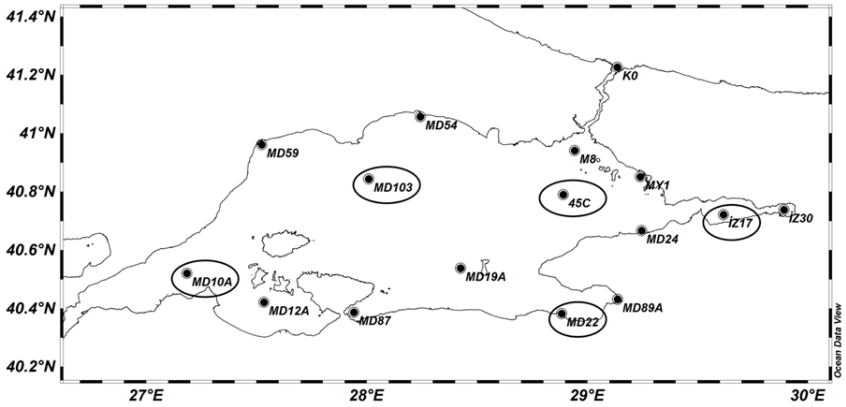
Marmara Denizi'nde zararlı (toksik ve potansiyel zararlı) türlerin sayısı ve rastlandığı istasyon sayısı açısından yıllar arasında önemli bir fark görülmemektedir. İstasyon bazında zararlı türlerin bolluk dağılımına bakıldığında körfezlerin iç kısımlarında, özellikle Marmara Denizi'nin kuzeydoğu kısmında riskin yoğunlaştığı görülmektedir. Zararlı tür kompozisyonu açısından 6 yıllık süreçte Marmara Denizi'nde dinoflagellat baskınlığı olduğu göze çapmaktadır (Tablo 3). Dinoflagellat türlerinden *Noctulica scintillans* hücrelerinin, diyatom türlerinden *Skeletonema costatum* ve *Pseudo-nitzschi* spp. hücrelerinin aşırı üreme yaparak ekosistem üzerine baskı yaptıkları görülmüştür.

Tablo 3.Marmara Denizi yüzey suyunda tespit edilen zararlı türlerin sayıları ve baskınlık oranları (%)

	TÜR SAYISI		BOLLUK (%)	
KIŞ	**Dinoflagellat**	**Diyatom**	**Dinoflagellat**	**Diyatom**
2015	10	4	55	11
2016	11	5	31	68
2018	14	3	1.4	79
2019	16	5	23	18
İLKBAHAR	**Dinoflagellat**	**Diyatom**	**Dinoflagellat**	**Diyatom**
2017	14	4	51	30
2018	14	3	57	11
2019	14	2	29	45
YAZ	**Dinoflagellat**	**Diyatom**	**Dinoflagellat**	**Diyatom**
2014	6	2	18	81
2015	11	3	4	53
2016	9	3	45	54
2017	15	7	68	31
2018	14	5	46	53
2019	14	5	17	15

3.3.2 Zooplankton

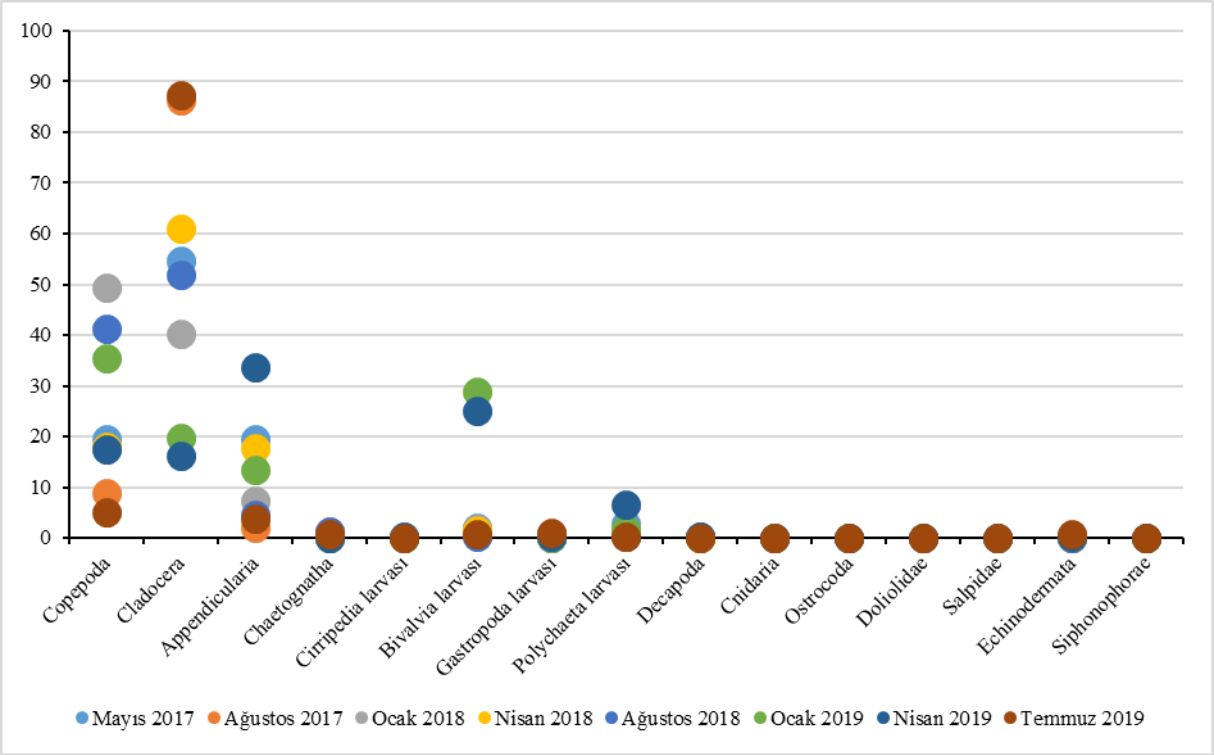
Marmara Denizi'nde 2017-2019 yılları arasında zooplankton örneklemeleri 0,57 m çaplı 200 µm göz aralığına, denizanası örneklemeleri ise 0,57 m çaplı 500 µm göz aralığına sahip UNESCO-WP2 tipi plankton kepçeleri ile mevsimlik (kış, bahar ve yaz) olarak gerçekleştirilmiştir. Yalnızca, 2017 yılı kış mevsiminde zooplankton ve denizanası örneklemeleri gerçekleştirilmemiştir. Şekil 23'de verilen Marmara Denizi istasyon haritasında gösterildiği üzere zooplankton ve denizanası örneklemeleri, tuzluluk-sıcaklık profilleri dikkate alınarak üst tabaka karışım suyundan olmak üzere toplam 16 farklı istasyondan alınmıştır. Bu çekimlerin yanı sıra işaretli olan istasyonlarda aynı zamanda zooplankton için alt tabaka örneklemeleri de gerçekleştirilmiştir (Şekil 23).



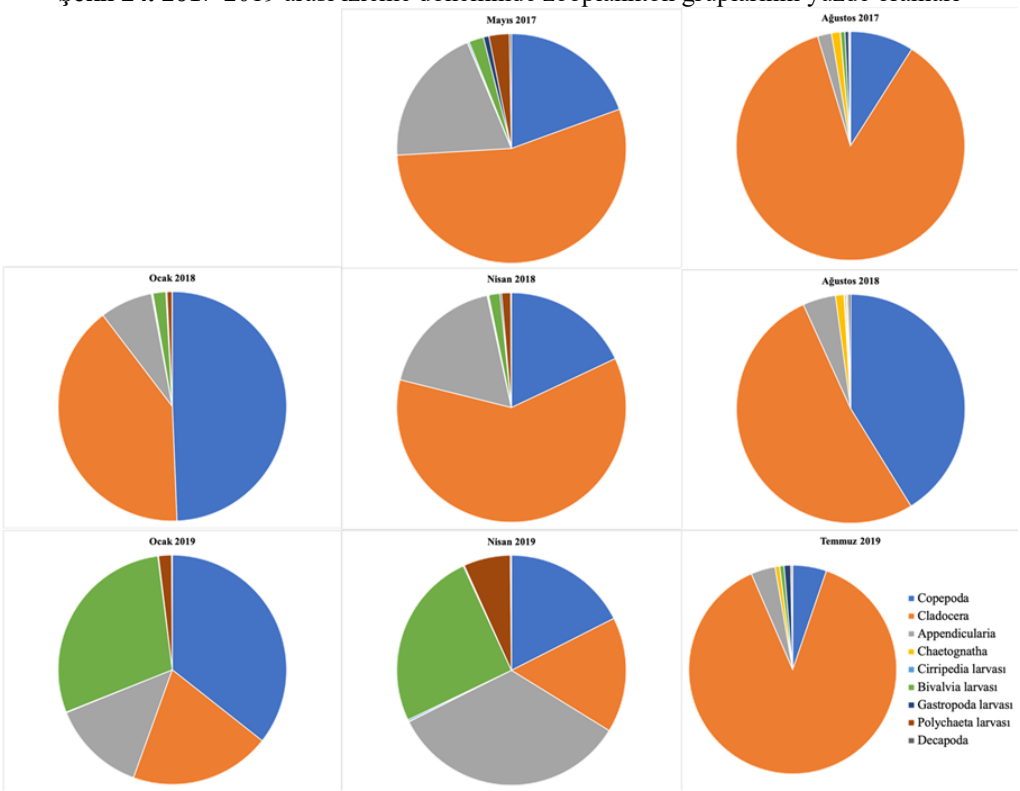
Şekil 23. Marmara Denizi örnekleme istasyonları

Çalışma yapılan dönemler boyunca alt tabaka örneklerinde toplam zooplankton bolluk değerleri, beklenildiği üzere, üst tabakaya göre düşük seyretmiştir. Alt tabakada en yüksek bolluk değerleri 2018 yılında orta hatta yer alan MD10A (6871 birey/m^3) istasyonunda kaydedilmiştir. İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışında yer alan K0 istasyonundaki bolluk değerlerinin çalışma boyunca genel olarak Marmara Denizi istasyonlarına kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. K0 her ne kadar Istanbul Boğazı alt akıntısından etkilense de, Batı Karadeniz zooplankton karakteristiğini gösteren bir istasyondur.

Zooplankton türlerine ait mevsimlik bolluk yüzdeleri gruplar bazında incelendiğinde dikkati çeken ilk durum, zooplankterlerin en baskın grubu olan Copepoda ve ikinci sırada gelen Cladocera grubu olmuştur. İzleme çalışmaları boyunca 2018 ve 2019 yılı kış mevsimine ait örneklemelerde Copepoda grubunun komünite içerisinde en baskın grup olduğu kaydedilmiştir. Bahar mevsiminde ise 2017 ve 2018 yıllarında Cladocera grubu (sırasıyla % 54,6 ve % 60,9) en baskın grup olarak yer alırken, 2019 yılında Copepoda grubu (% 17,5) ile Cladocera grubunun (% 16,2) neredeyse eş baskınlıkları dikkati çekmektedir. 2019 bahar mevsiminde dikkati çeken bir diğer durum ise Appendicularia grubuna ait bolluk yüzdesinin bu mevsimde diğer yıllara kıyasla yaklaşık olarak % 15 oranında artmış olmasıdır (Şekil 24). Appendicularia grubunun Cladocera grubu ile besin rekabeti içerisinde olması 2019 yılı bahar mevsiminde Cladocera'ya ait bolluk yüzdesindeki düşüşün nedenlerinden biri olabileceği düşünülmektedir (Paffenhofer ve Orcutt, 1986). 2017-2019 yılları arasında yaz mevsimine ait komünite yapıları incelendiğinde Marmara Denizi karakteristiğinde yer alan Cladocera grubunun baskınlığı (sırasıyla % 86,3, %5 2 ve % 87,4) gözlenmiştir (Şekil 24 ve Şekil 25). 2018 yılına ait bolluk yüzdesindeki yaklaşık % 30 oranındaki azalışın bir nedeni de örnekleme zamanlarındaki sıcaklık değerleriyle ilişkili olabilir. Çalışma boyunca öne çıkan bir diğer grup Bivalvia larvası olmuştur. 2019 yılı kış ve bahar aylarındaki bolluk yüzdeleri önceki dönemlere kıyasla 14 kat yüksek tespit edilmiştir. Bunun nedeni önceki yıllara oranla örnekleme yapılan dönemlerde deniz suyu sıcaklığının daha düşük derecelere sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca Polychaeta larvası grubuna ait bolluk yüzdeleri yıl içerisinde ilkbahar döneminde artış göstermektedir. Öyle ki en yüksek bolluk yüzdesine (% 6,6) 2019 yılı ilkbahar örneklemelerinin yapıldığı Nisan-Mayıs aylarında ulaşmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. 2017-2019 arası izleme döneminde zooplankton gruplarının yüzde oranları



Şekil 25. Baskın zooplankton gruplarının oransal dağılımları

Kış mevsimi üst tabaka örneklerinde zooplankton gruplarının istasyonlara göre oransal dağılımları incelendiğinde 2018 yılında baskın olan Copepoda grubunun en yüksek yüzdeyle temsil edildiği istasyon Tuzla açıklarında yer alan MY1 (% 79,9) istasyonu iken en düşük yüzdeyle temsil edildiği istasyon Bandırma İç Körfezde yer alan MD87 (% 13,6) olarak bulunmuştur. Bu istasyonda Cladocera'nın baskınlığı %

76,1 olarak dikkati çekmektedir. Copepoda grubunun 2019 kış mevsiminde bolluk yüzdesinde düşüş kaydedilirken, en yüksek bolluk yüzdesi K0 ve MD10A istasyonlarında (sırasıyla % 66,9, % 59,3) kaydedilmiştir. Kış mevsimine ait en baskın ikinci grup olan Cladocera'nın 2018 yılında en yüksek bolluk yüzdesi MD87 istasyonunda % 76 olarak tespit edilmiştir. Bu grubunda komünite içerisindeki bolluk yüzdesinin 2019 yılında düştüğü görülmüş ve en yüksek değere İzmit Orta Körfez'de yer alan İZ17 istasyonunda % 38,8'lik dilimle ulaştığı kaydedilmiştir. 2019 kış mevsiminde komüniteye katkısıyla öne çıkan Bivalvia larvası grubunun en yüksek bolluk yüzdesi Yalova açıklarında yer alan MD24 istasyonunda % 50,4 olarak, en düşük bolluk yüzdesi ise MD10A istasyonunda % 9,3 olarak bulunmuştur (Şekil 26).

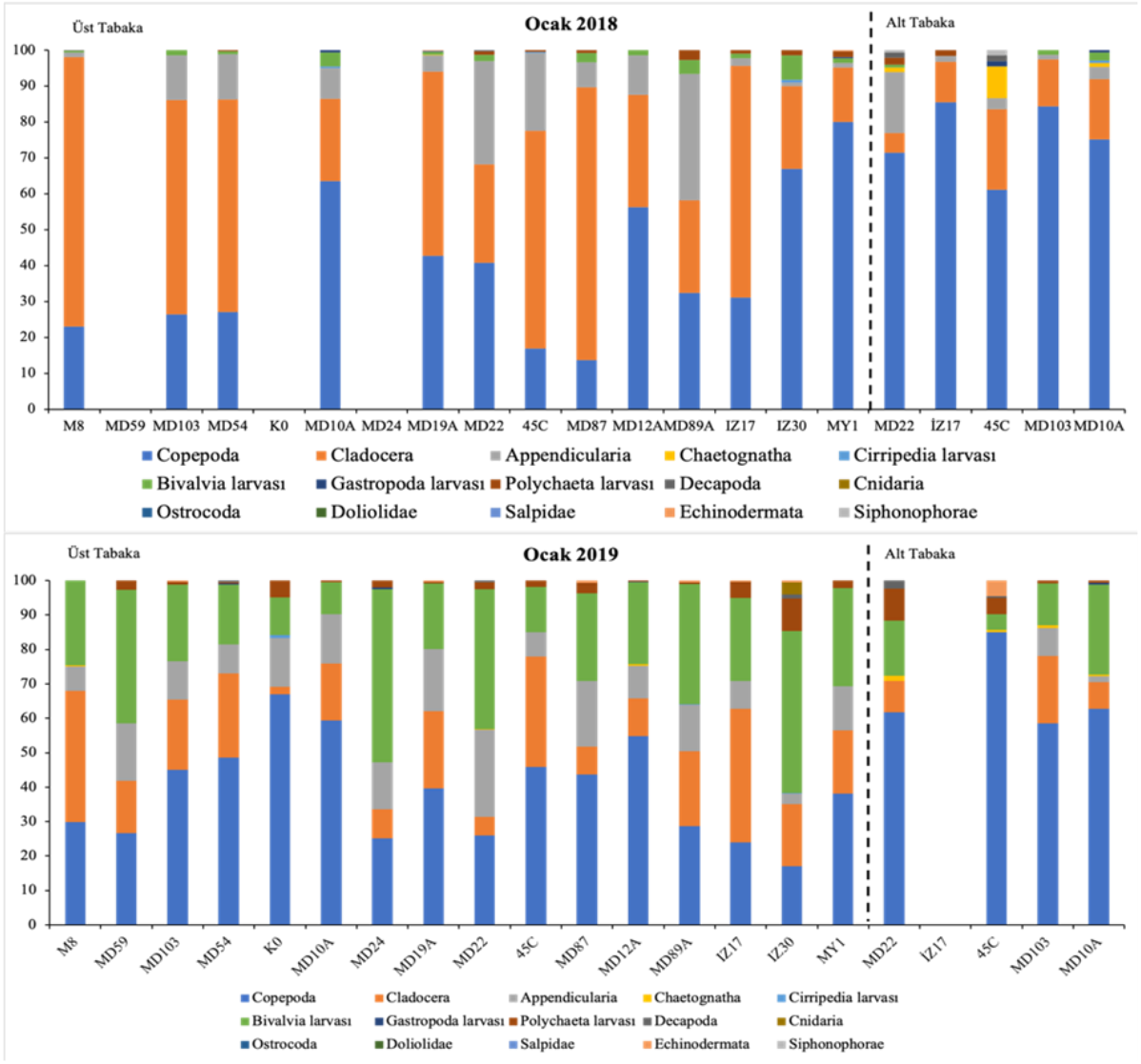
İlkbahar mevsimi üst tabaka örneklerinde zooplankton gruplarının istasyonlara göre oransal dağılımları incelendiğinde 2017 ve 2018 yıllarında en baskın grubun Cladocera olduğu tespit edilmiştir. 2017 Mayıs ayında yapılan örneklemeler sonucu Cladocera grubunun en yüksek yüzdeyle temsil edildiği istasyonun Çınarcık Çukuru'nu temsil eden en derin istasyonlardan biri olan 45C (% 73) olduğu görülürken, en düşük değerler K0 (% 19,6) ve İmralı adası açıklarında yer alan MD19A (% 27,3) istasyonlarında kaydedilmiştir. Cladocera grubunun 2018 yılı Nisan ayında en baskın olduğu istasyon % 88,1'lik dilimle İZ30 istasyonu olurken, en düşük bolluk yüzdesine sahip olduğu istasyon ise K0 (% 3,4) ve MD10A (% 12,3) olarak tespit edilmiştir. 2019 yılı Nisan-Mayıs aylarında gerçekleştirilen bahar örneklemelerinde ise Copepoda ve Cladocera gruplarının yanı sıra öne çıkan bir diğer grup Appendicularia olmuştur. Bu grubun en yüksek yüzdeyle temsil edildiği istasyon MD19A (% 53,8) olurken, en düşük yüzdeyle temsil edildiği istasyon İZ17 (%13,4) olmuştur. Ayrıca bahar döneminde dikkati çeken bir diğer grup ise Polychaeta larvası olmuştur. Önceki yıllara oranla toplam komünite içerisindeki artışının en belirgin olduğu istasyon %3 9,9'luk dilimle İZ30 olmuştur. İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışında yer alan K0 istasyonu Marmara Denizi istasyonlarının aksine bahar mevsiminde de en baskın grubunun (2017-2018) Copepoda olduğu görünmektedir (sırasıyla % 76,5, % 62,9). 2017 yılında komünite içerisindeki en baskın ikinci grup Cladocera (% 19,6) olurken, 2018 yılında yerini % 28,6'lık dilimle Appendicularia grubuna bırakmıştır (Şekil 26).

Yaz mevsimi üst tabaka örneklerinde zooplankton gruplarının istasyonlara göre oransal dağılımları incelendiğinde çalışma boyunca en baskın grubun Cladocera olduğu gözlenmiştir. Üç yıl boyunca sırasıyla İZ17 (% 91,7), MD10A (% 83,2) ve MD59 (% 93,7) istasyonlarında en yüksek bolluk yüzdeleri kaydedilmiştir. Ayrıca 2019 yılı Temmuz ayında İZ30 istasyonunda gerçekleştirilen örneklemede öne çıkan bir diğer grup ise %29,9'luk payla Appendicularia olmuştur (Şekil 28). Ayrıca izleme çalışması kapsamında 2016 yılında yalnızca Ağustos ayında gerçekleştirilen zooplankton örneklemelerinde de baskın grubun Cladocera (% 59,8) olduğu kaydedilmiştir. Bu mevsimde K0 istasyonuna ait bolluk yüzdelerinin dağılımları incelendiğinde, çalışma yapılan yıllar boyunca farklılıklar göze çarpmaktadır. Öyle ki ilk olarak 2017 yılında % 70,8'lik dilimle en baskın grup Cladocera olurken, onu %21'lik dilimle Copepoda takip etmiştir. 2018 yılı, Cladocera grubunun komünite içerisinde yer almamasıyla diğer yıllardan ayrılırken, % 78,3'lük dilimle Copepoda grubunun baskınlığının yanı sıra % 14,8'lik dilimle Chaetognatha grubu dikkati çekmektedir. Son olarak 2019 yılında yapılan örneklemede ise bu istasyonda yaz mevsiminde en baskın grup Copepoda (% 58,3) olarak kaydedilirken, ikinci sırada Cladocera (% 22,6) grubu gelmektedir. 2019 yılında ise önceki yıllara oranla komüniteye yüzde katılımı açısından

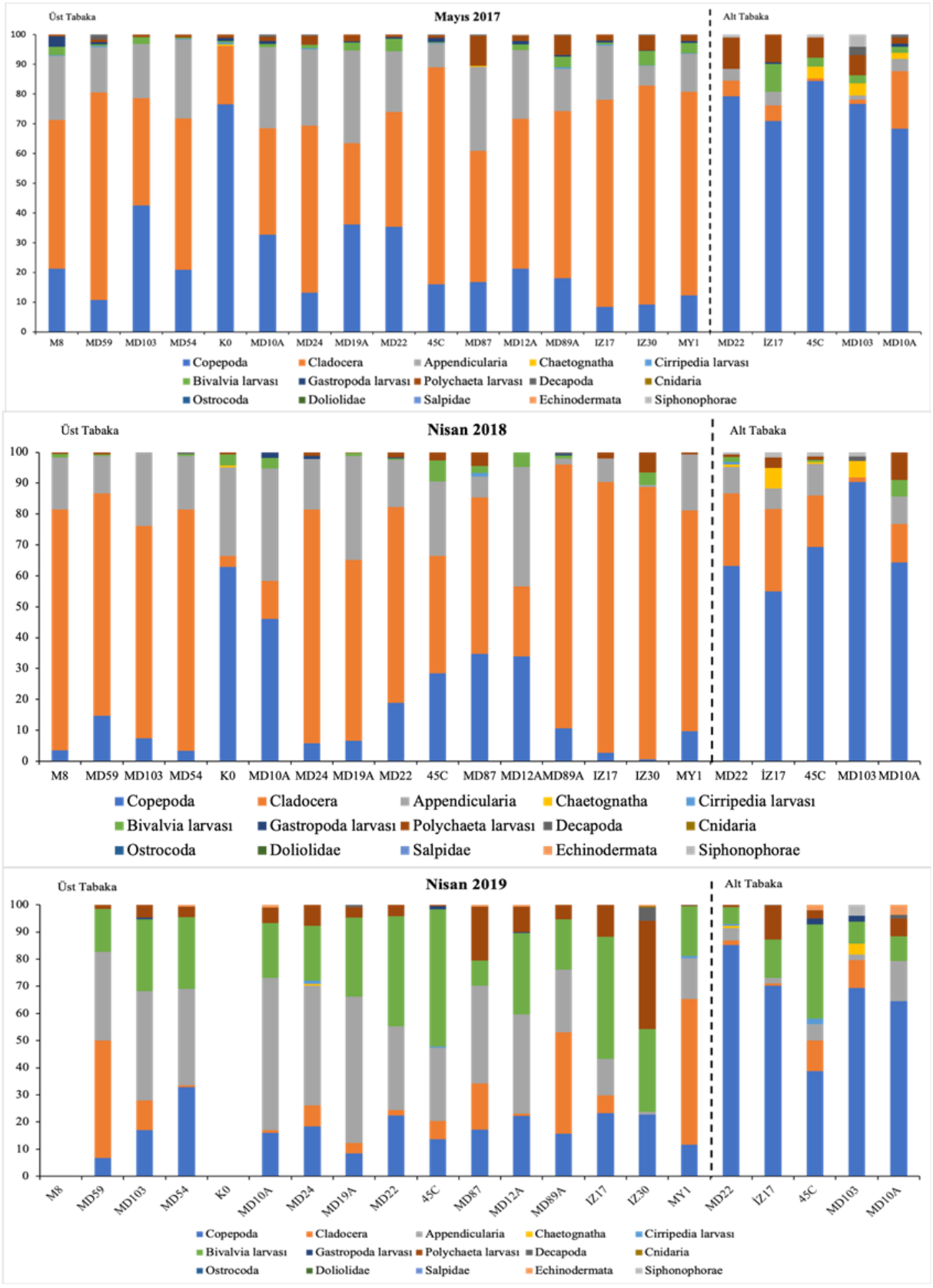
dikkat çeken grup Appendicularia (% 12) olmuştur (Şekil 28).

Alt tabaka örneklerinde zooplankton gruplarının istasyonlara göre oransal dağılımları incelendiğinde ise çalışma yılları boyunca tüm mevsimlerde komünite içerisindeki en baskın grubun yaklaşık olarak % 70 oranında Copepoda olduğu görülürken ikinci sırada %13'lük dilimle Cladocera grubu yer almaktadır. Alt tabaka örneklerinde Cladocera grubunu oluşturan zooplankterlerin üst tabaka komünite karakteristiğine ait olduğu bilindiğinden, alt tabaka örneklerinde komünite yapısına katılım gösteren Cladocera grubunun su kolonu boyunca çökmekte olan ölü bireylerden meydana geldiği düşünülmektedir (Şekil 26, Şekil 27 ve Şekil 28).

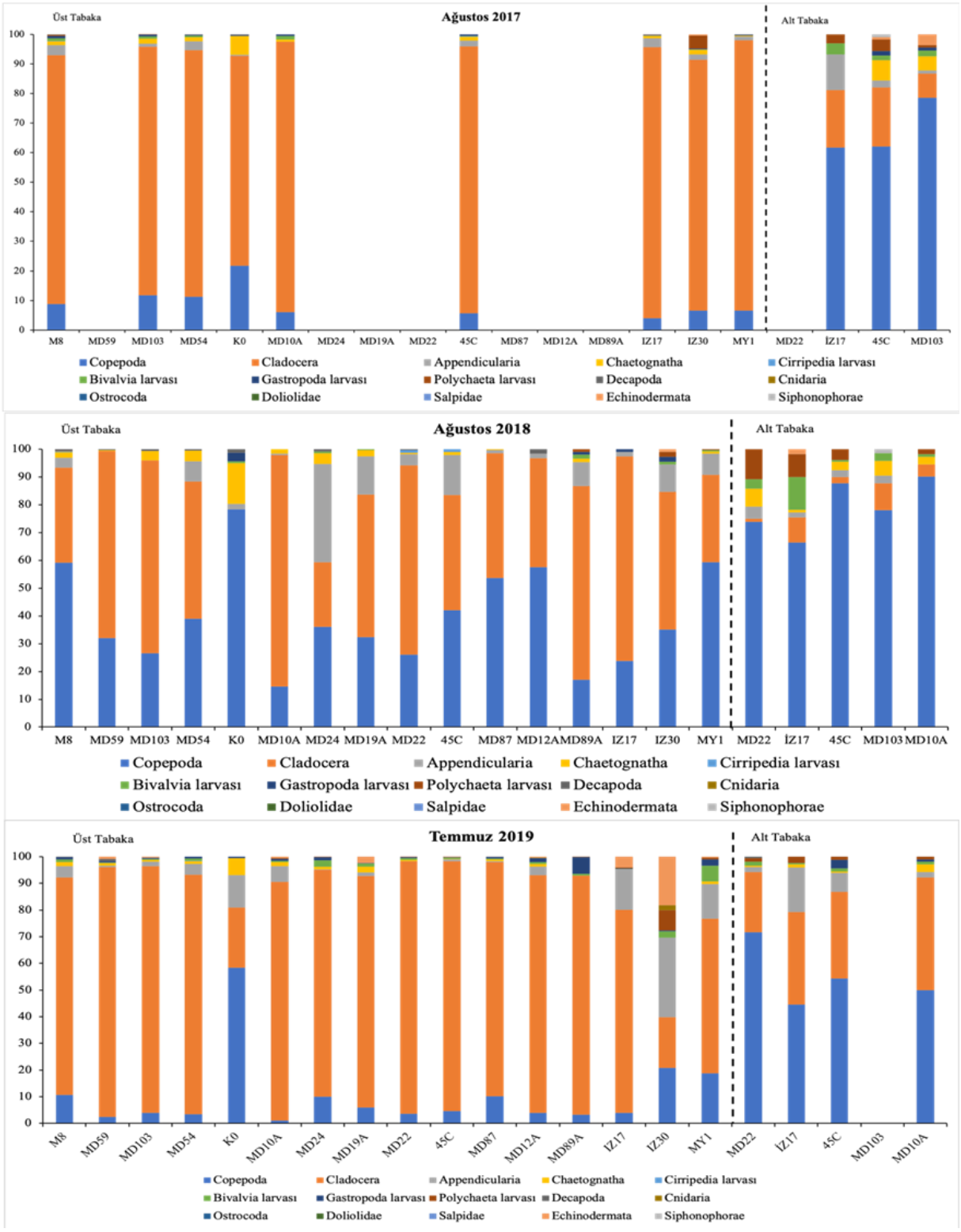
Çalışma boyunca zooplankton grupları içerisinde öne çıkan türler; Copepoda'dan *Acartia clausi, Paracalanus parvus, Centropages typicus, Pseudocalanus elongatus* ve *Calanus euxinus*; Claocera'dan ise *Penilia avirostris, Pleopis polyphemoides, Evadne nordmanni* ve *Pseudevadne tergestina* olurken, bunların yanı sıra *Bivalvia larvası, Oikopleura dioica* ve *Sagitta setosa'*da ulaştıkları bolluk değerleriyle dikkati çekmektedirler.



Şekil 26. Kış mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı

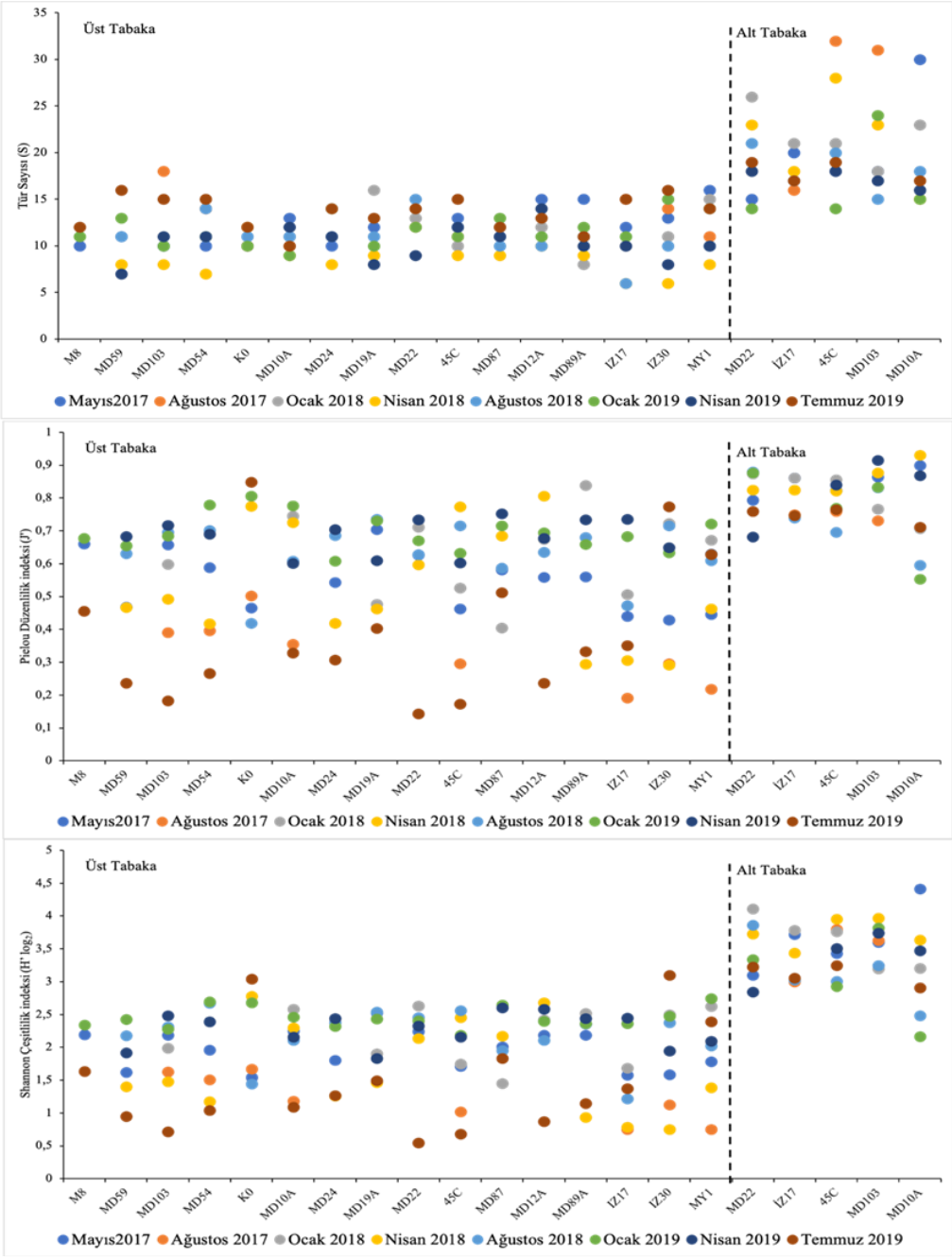


Şekil 27. İlkbahar mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı



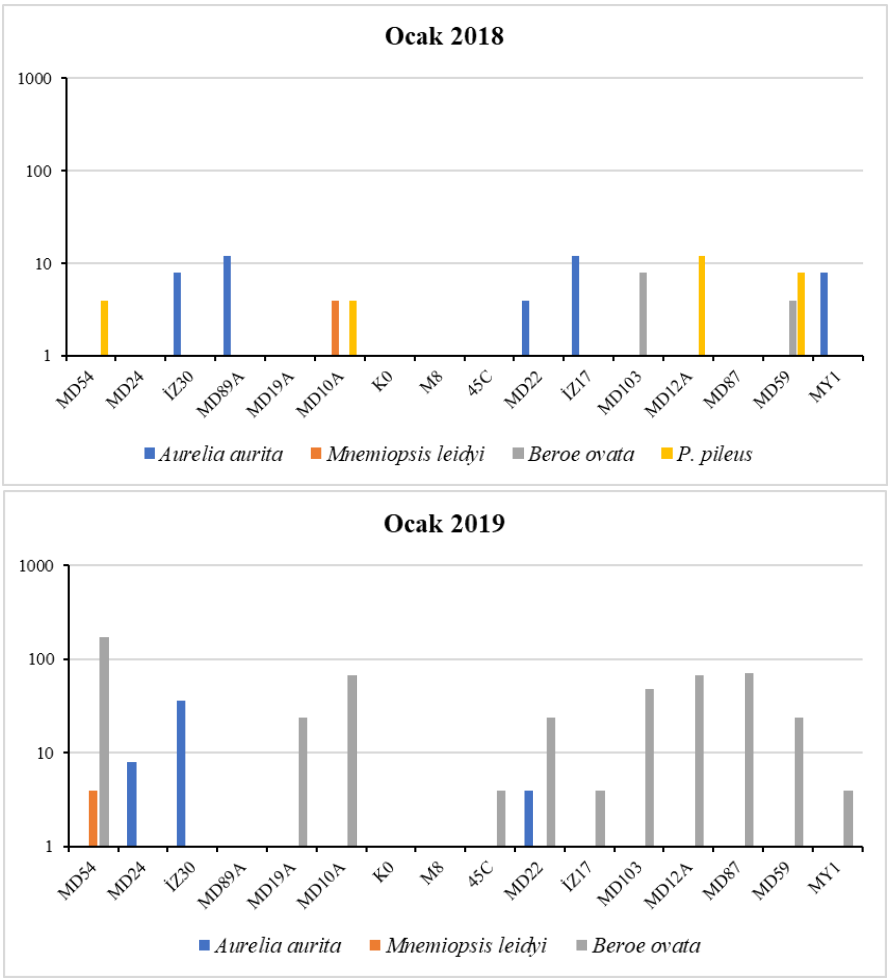
Şekil 28. Yaz mevsimi zooplankton gruplarının örnekleme istasyonlarındaki oransal dağılımı

2017-2019 yılları arasında mevsimlik olarak gerçekleştirilen izleme çalışmaları boyunca alt tabakaya ait zooplankton örneklemelerinde beklendiği üzere çeşitlilik indeks (H') değerleri ve tür sayıları (S) üst tabakaya göre daha yüksek değerlere sahiptir. Çalışma boyunca en yüksek tür sayıları 2017 Ağustos ayında üst tabakada 18 farklı tür ile MD103 istasyonunda ve alt tabakada 32 farklı türle 45C istasyonunda kaydedilmiştir. Çeşitlilik indeksi değerlerinin ise çalışma boyunca en yüksek olduğu zaman Mayıs 2017 olurken, MD10A istasyonunda beklendiği üzere alt tabaka örneklemelerinden elde edilmiştir. Üst tabakada çeşitlilik indeksinin örnekleme istasyonlarına dağılımları incelendiğinde en düşük dönemin Temmuz 2019 olduğu gözlenmiştir (Şekil 29).

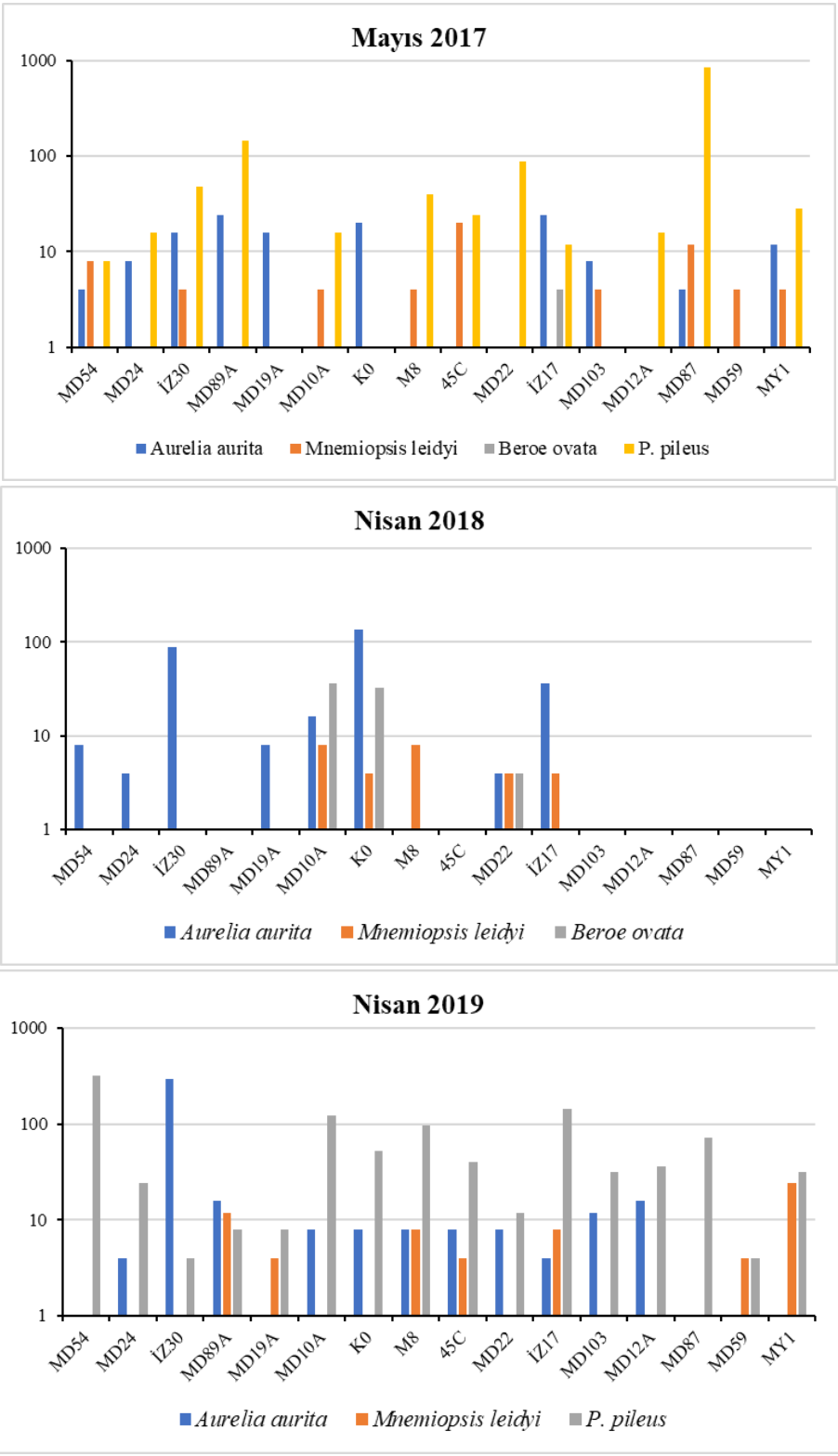


Şekil 29. 2017-2019 izleme dönemlerinde tür sayısı (S), Pielou düzenlilik (J') ve Shannon çeşitlilik (H' log2) indekslerinin alansal dağılımı

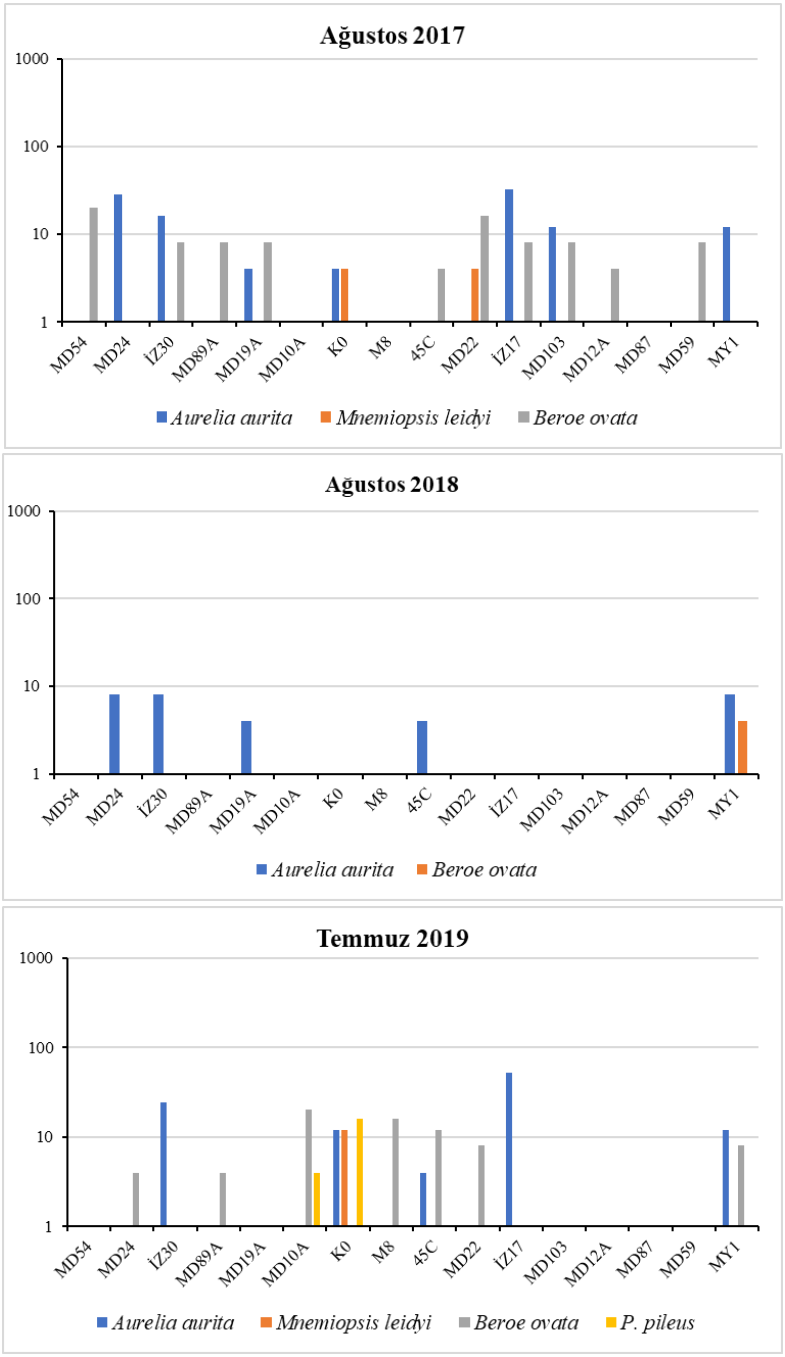
Zooplankton örneklemeleri ile eş zamanlı olarak yürütülen denizanası dağılımına yönelik örneklemelerde *Aurelia aurita*'nın baskın olduğu görülmektedir (Şekil 30, Şekil 31, Şekil 32). Kış mevsimi örneklerinde 2019 yılında bir önceki yıldan farklı olarak *Beroe ovata* türü örneklenmiş olup dağılımı ve bolluk değerleri oldukça dikkat çekmektir. *B. ovata*'nın en yüksek bolluğu MD54'de (172 birey/m^2) ulaştığı kaydedilmiştir. Bahar mevsiminde ise bolluğu ve dağılımı ile dikkat çeken tür *Pleurobrachia pileus* olmuştur. En yüksek bolluğuna Mayıs 2017'de MD87 (840 birey/m^2) istasyonunda ulaşan bu türün, 2018 bahar mevsiminde kaydedilmemesinin ardından yine 2019 yılında tüm istasyonlarda örneklenmiş olması oldukça dikkat çekicidir. Yaz mevsiminde ise *A. aurita*, *B. ovata* ve *M. leidyi* türlerinin yanı sıra önceki yıllardan farklı olarak 2019 yılında, *P. pileus* türü de orta hatta yer alan MD10A ve K0 istasyonlarından örneklenmiştir. 2016 yılında Ağustos ayında yapılan çalışma incelendiğinde yine baskın grubun A. aurita olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca 2016 yaz mevsimi dahil olmak üzere bahar ve yaz aylarında örnekleme materyali içerisinde yer almasa da özellikle Erdek Körfezi'nde *Rhizostoma pulmo* türü gözlenmiştir.



Şekil 30. Kış mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m^2) örnekleme istasyonlarında dağılımları



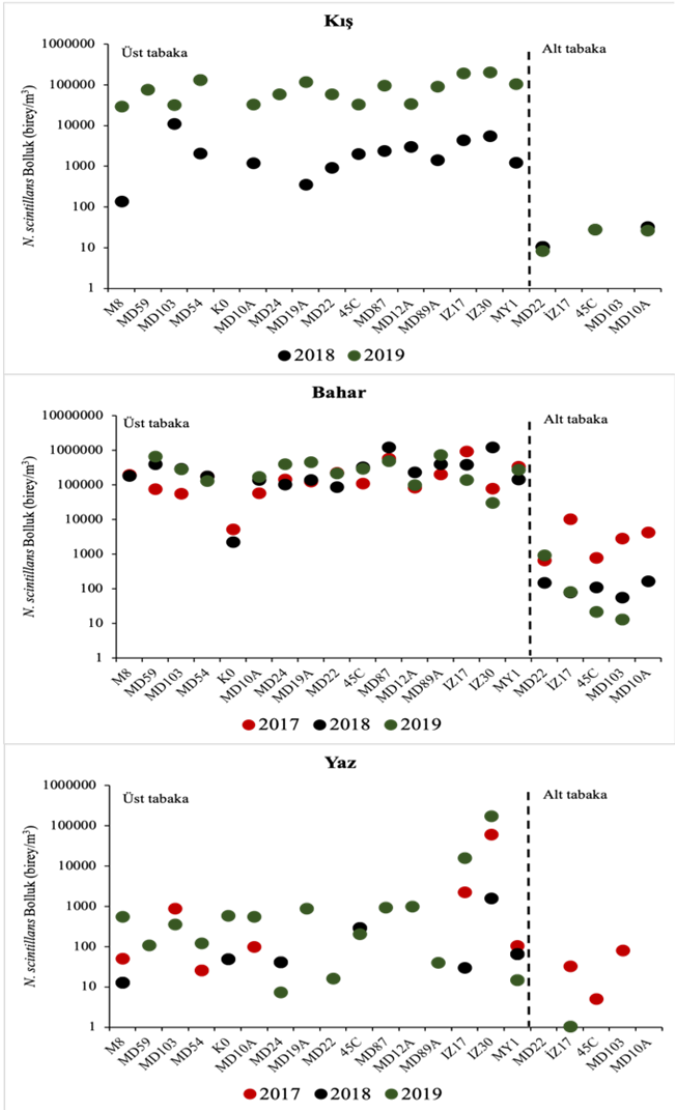
Şekil 31. İlkbahar mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m^2) örnekleme istasyonlarında dağılımları



Şekil 32. Yaz mevsimi denizanası bolluk değerlerinin (birey/m2) örnekleme istasyonlarında dağılımları

2017-2019 yılları arasında yürütülen izleme çalışmaları boyunca taksonomik açıdan fitoplankton içerisinde yer alsa da, hücre büyüklüğü nedeniyle zooplankton kepçesi ile etkin bir şekilde örneklenen ve heterotrofik beslenme özelliği nedeniyle zooplankton ile aynı besini paylaşan *Noctiluca scintillans* da zooplankton içerisinde değerlendirilmiştir. Fakat toplam zooplankton bolluğu ve çeşitlilik hesaplamalarında ve komünite analizlerinde veri setinin dışında bırakılmıştır. Marmara Denizi'nde *N. scintillans* yıl boyu dağılım göstermekle beraber bolluk değerlerindeki en büyük artış ilkbahar aylarında, ikincil artış ise sonbahar (Kasım) döneminde gerçekleştiği bilinmektedir (Yılmaz vd., 2005). 2018 ve 2019 yılları Ocak ayında gerçekleştirilen kış mevsimi bolluk değerlerinin örnekleme

istasyonlarına dağılımları incelendiğinde 2019 yılının bir önceki yıla oranla daha yüksek bolluk değerleriyle temsil edildiği görülmektedir. Kış mevsiminde en yüksek bolluk 2019 yılında İZ30 (203,959 birey/m^3) istasyonunda kaydedilirken, en düşük bolluk değeri 2018 yılında M8 (137 birey/m^3) istasyonunda kaydedilmiştir. En büyük aşırı artışını gerçekleştirdiği bahar döneminde tüm Marmara Denizi genelinde bolluk değerleri oldukça yüksek olan *N. scintillans*'ın en yüksek bolluk değerleri 2018 yılı Nisan ayında MD87 (1231642 birey/m^3) ve İZ30 (1239144 birey/m^3) istasyonlarında kaydedilmiştir. Marmara Denizi genelinde bolluk değerlerinde düşüş gözlenen yaz mevsiminde türe ait en yüksek bolluk değerleri sırasıyla 2019, 2017 ve 2018 yıllarında yine İZ30 istasyonunda kaydedilmiştir (Şekil 33). Bu türün zooplanktonla besin rekabetine girmesinin yanı sıra sıcaklık-tuzluluk toleransının yüksek olduğu ve aynı zamanda zooplankterlerin yumurtalarıyla beslendiği bilinmektedir (Schaumann vd., 1988; Kirchner vd., 1996; Elbrachter and Qi, 1998; Quevedo vd., 1999). Bu nedenle türün Marmara Denizi'ndeki bolluk ve dağılımının izlenmesi oldukça önem arz etmektedir.



Şekil 33. 2017-2019 yılları arasında *Noctiluca scintillans* türüne ait mevsimlik bolluk değerleri

Zooplanktonu oluşturan türlerin kısa yaşam döngüsü, yüksek çoğalma yetisi ve poikiloterm fizyolojisi çevre şartlarındaki değişimden kaynaklanan strese bolluk ve komünite yapısı anlamında kısa sürede tepki vermelerini sağlamakta ve bu nedenle zooplankton çevre şartlarındaki değişimin, özellikle iklim değişikliği ve insan etkisine bağlı değişimlerin, hassas indikatörleri olarak değerlendirilmelerini sağlamaktadır (Hays vd., 2005). Bu nedenle zooplankton bolluğundaki ve tür kompozisyonundaki değişimlerin takibi sucul ekosistemlerin durumunun irdelenmesi için önemli bir araçtır.

Bu proje kapsamında 2016 yılında yalnızca yaz mevsiminde, 2017 yılında bahar ve yaz mevsimlerinde, 2018 ve 2019 yıllarında ise kış, bahar ve yaz olmak üzere 3 mevsimde 16 farklı istasyondan zooplankton ve denizanası örneklemeleri gerçekleştirilmiş olup, ayrıca 5 farklı istasyonda ek olarak alt tabaka zooplankton örneklemeleri gerçekleştirilmiştir.

Marmara Denizi, Akdeniz-Ege ve Karadeniz arasında bir köprü görevi görmekle beraber yüksek tabakalaşma ve ötrofikasyon nedeniyle oldukça farklı bir plankton yapısına sahiptir. En dikkat çekici özelliği ise Cladocera grubunun baskınlığıdır. Dünya denizlerinde ve komşu denizlerde genellikle Copepoda bolluk açısından baskın grubu oluştursa da Marmara Denizi genelinde ve özellikle İzmit-Gemlik gibi bölgelerde Cladocera türleri yıl boyu Copepoda türlerinden daha yüksek bolluk değerlerine ulaşabilmektedir (Yılmaz, 2015). Çalışma dönemleri boyunca Marmara Denizi genelinde kış mevsiminde zooplanktondaki en baskın grup Copepoda olurken, çoğunlukla bahar mevsiminden itibaren yerini Cladocera grubuna bıraktığı görülmektedir. Örnekleme yapılan ve İstanbul Boğazı'nın Karadeniz çıkışında yer alan K0 istasyonunun sahip olduğu komünite yapısı Marmara Denizi'nden oldukça farklı olarak Karadeniz karakteristiğine sahiptir. Öyle ki çalışma yapılan dönemler boyunca bu istasyonda en baskın zooplankton gruplarına (Copepoda ve Cladocera) ait dinamikler Marmara Denizi'ne kıyasla oldukça farklılık göstermiştir. Marmara Denizi karakteristiğini oluşturan bir diğer durum ise üst ve alt tabakaya ait zooplankterlerin oluşturduğu komünite yapısı farklılıklarıdır.

Alt tabaka örnekleri yüksek oranda Akdeniz kökenli Copepoda türlerinden meydana gelmesiyle, sahip olduğu yüksek tür çeşitliliğiyle ayrıca çeşitliliğinin aksine düşük bolluk değerleriyle üst tabaka zooplanktonundan oldukça farklı özelliklere sahiptir.

Marmara Denizi için bir diğer önemli grup zooplankton ile besin rekabeti içerisinde olmasının yanı sıra zooplanktonun erken gelişim safhaları (yumurta, naupli) üzerinden beslenerek bu grup üzerinde baskı oluşturan heterotrofik dinoflagellat *Noctiluca scintillans*'ın dağılımıdır. Çalışma yılları boyunca özellikle bahar mevsimlerinde yüksek *N. scintillans* bolluğu tespit edilmiş ve örnekleme çalışmaları esnasında ise Marmara Denizi'nin çeşitli bölgelerinde (İzmit ve Gemlik Körfezleri'nde ve Tekirdağ açıkları gibi) biyolüminesans yapan red-tide oluşturduğu gözlenmiştir. Bu türün aşırı artışlarının üst gruplarda amonyak toksisitesine sebep olduğu ve bentozda ise oluşan biyokütlenin parçalanması ile anoksik şartların meydana geldiği rapor edilmiştir (Kirk ve Gilbert, 1992). Günümüze kadar önceki yıllarda tespit edilen *Noctiluca* artışlarında yukarıda bahsedilen çevresel etkilere rastlanmamış olsa da türün Marmara Denizi'nde oldukça geniş dağılım göstermesi, beslenme stratejisi ve üreme başarısı da düşünülünce periyodik olarak takip edilmesi oldukça öneme sahiptir.

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz arasında bir koridor görevi gördüğü için alt ve üst tabakada Karadeniz ve Akdeniz kökenli türlerin sürekli iki bölge arasında bir geçişi söz konusudur. Bunun yanı sıra *Mnemiopsis leidyi* örneğinde olduğu gibi

uzak bölgelerden taşınım da etkili olmaktadır. *M. leidyi* ve *Liriope tetraphylla* gibi predatör denizanası türlerinin zooplankton üzerindeki etkisi çok iyi bilinmektedir (Kıdeys 2002, Yılmaz 2015). Çalışma yılları boyunca örnekleme yapılan tüm mevsimlerde yerel tür olan *Aurelia aurita*'nın Marmara Denizi'nde en geniş dağılıma sahip denizanası türü olduğu görülmüştür. Bir diğer yerel tür olan *Rhizostoma pulmo* örnek materyali içerisinde yer alamasa da çalışmalar boyunca bahar mevsiminden itibaren özellikle Erdek ve Gemlik Körfez içlerinde gözlenmiştir. Yabancı türler arasında yer alan *Mnemiopsis leidyi* ve predatörü *Beroe ovata*'nın örnekleme yapılan dönemler boyunca özellikle bahar mevsimlerinde bolluk değerlerindeki artış dikkati çekmektedir. Ayrıca 2017 bahar mevsiminin ardından 2019 yılında aynı dönemden itibaren tüm Marmara Denizi genelinde örneklenen ve bolluk değerlerindeki artış ile dikkati çeken tür *Pleurobrachia pileus* olmuştur. Denizanası türlerindeki aşırı artışlar zooplankton grubunda yaratacağı av baskısının yanı sıra tüm canlı ekosistem adına gerek su kolonu boyunca gerekse bentozda yaratacağı etkiler doğrultusunda risk taşımaktadır.

Oldukça geniş iç dinamiklere sahip Marmara Denizi'nde, çevresel koşulların neden olabileceği olumlu veya olumsuz etkilerin boyutlarını kısa sürelerde görüp anlayabilmek adına zooplanktonun yanı sıra oldukça kritik öneme sahip *N. scintillans* ve denizanası türlerinin izlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

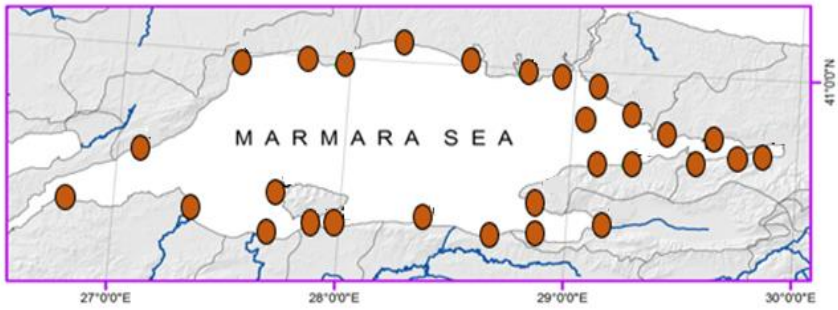
3.4 Deniz Tabanı Habitatları

Bu izleme bileşeninde makro flora, deniz çayırları, makrozoobentos ve demersal balık türleri dikkate alınan canlı grupları olup, deniz tabanının fiziksel ve kimyasal yapısı ile biyotik ve abiyotik habitatların incelenmesi ve izlenmesi istenir. DSÇD T1, T6 ile direk, T2, T3 ve T4 ile de dolaylı olarak ilişkilidir.

3.4.1 Makro Flora

Marmara Denizi kıyılarında ikinci üç yıllık izleme çalışmalarında makro flora kıyısal bölgede 2017-2019 yaz dönemlerinde toplam 29 alanda, 2014-2016 döneminde ise 15 alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 34, Tablo 4). Araştırma alanlarının yıllara göre sayısal dağılımı ise 2014'te 14, 2015-2018 yıllarında 15, 2019 yılında ise 21'dir.

Makroflora tür çeşitliliği yıllara göre değerlendirildiğinde; 2014 yılında 87 takson, 2015 yılında 97 takson, 2016 yılında 94 takson, 2017 yılında 95 takson, 2018 yılında 94 takson, 2019 yılında 98 takson tespit edilmiştir. Bunların farklı sınıf/filum ve yıllara göre değişimleri Tablo 4'de verilmiştir. Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) ile yapılan değerlendirme için makrofitler öncelikle ESG I (hassas türler) ve ESG II (fırsatçı türler) olmak üzere ekolojik durum gruplarına ayrılmış ve oluşturdukları % örtü değerleriyle (Orfanidis *ve diğ.,* 2011) EEI-c değeri bulunmuştur. Çalışma istasyonlarının 2019 yılındaki ESG I ve ESG II takson sayısı dağılımları Şekil 35'de sunulmuştur. Sonrasında da SÇD'ye yönelik Ekolojik Kalite Oranı EEI_{EQR} bulunmuş ve Ekolojik Durum Sınıfları (EDS) tespit edilmiştir (Tablo 5).

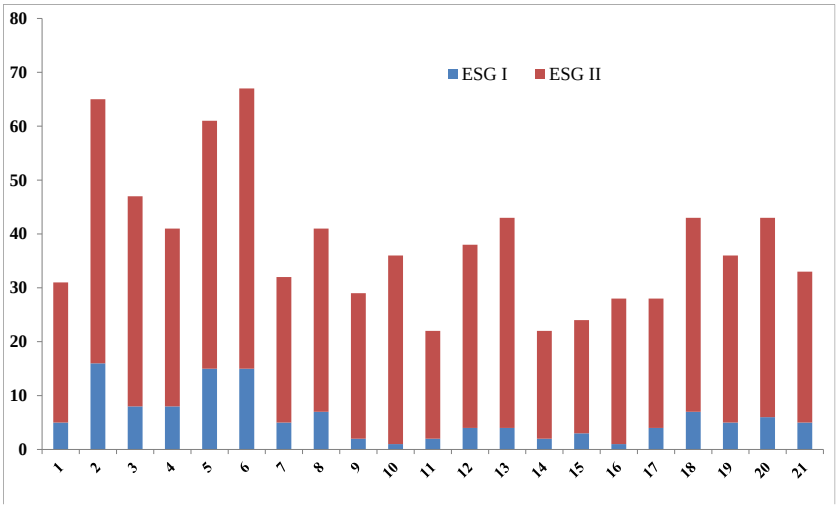


Şekil 34. Marmara Denizi makroflora istasyonları

İstasyonlarda Ekolojik Değerlendirme İndeksi - (EEI) ile ortamın ekolojik durumunun belirlenebilmesi için 0-3 m derinlik aralığından doğrudan elle ya da maske-şnorkel ile serbest dalış yapılarak 20x20 cm'lik kuadrat ile 3 tekrarlı makroflora örneklemeleri yapılmış, tür dağılımları ve % örtü durumu saptanmıştır. Gerekli durumlarda kıyıdan açığa doğru (20-30 m) habitatlar gözlemlenmiş ve yayılımları raporlanmıştır.

Tablo 4. 2014-2019 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları

	Marmara Denizi					
Sınıf/Filum	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Phaeophyceae	19	22	21	17	17	17
Rhodophyta	44	48	45	50	48	52
Chlorophyta	23	26	26	26	27	27
Spermatophyta	1	1	2	2	2	2
Toplam Takson Sayısı	87	97	94	95	94	98



ESG I: Hassas gruplar
ESG II: Oportunistik, kirliliğe toleranslı gruplar

Şekil 35. Marmara Denizi istasyonlarının 2019 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları

(1: Susurluk Ağzı, 2: Kapıdağ, 3: Edincik-Enerji-SA, 4: Karabiga, 5: Lapseki, 6: Şarköy, 7: Tekirdağ, 8: Marmara Ereğlisi-Batı, 9: Silivri, 10: Büyükçekmece, 11: Yenikapı, 12: Kadıköy, 13: Adalar (İstanbul), 14: Kavaklıdere, 15: Değirmendere, 16: Hereke, 17: Eskihisar-MAM, 18: Çınarcık, 19: Mudanya, 20: Armutlu, 21: Susurluk-Doğu)

Tablo 5. 2014-2019 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının "Ekolojik kalite İndeksi: EEI" ile yapılan kalite sınıflandırması

S.No	İstasyon	2014 EEI-c		2015 EEI-c		2016 EEI-c		2017 EEI-c		2018 EEI-c		2019 EEI-c	
		EEI_{EQR}	EDS	EEI_{EQR}	EDS	EEI_{EQR}	EDS	EEI_{EQR}	EDS	EEI_{EQR}	EDS	EEI_{EQR}	EDS
1	Susurluk Ağzı	te	te	0,18	ZAYIF	0,13	ZAYIF	0,16	ZAYIF	0,27	ORTA	0,39	ORTA
2	Bandırma	0,11	ZAYIF	0,27	ORTA	0,3	ORTA	0,37	ORTA	0,41	ORTA	te	te
3	Kapıdağ	te	te	0,7	İYİ	0,73	İYİ	0,72	İYİ	te	te	0,83	ÇOK İYİ
4	Edincik	te	te	0,6	İYİ	0,55	İYİ	0,58	İYİ	te	te	te	te
5	Şarköy	0,73	İYİ	0,75	ÇOK İYİ	0,83	ÇOK İYİ	0,8	ÇOK İYİ	0,85	ÇOK İYİ	0,74	İYİ
6	Tekirdağ	0,34	ORTA	0,63	İYİ	0,66	İYİ	0,68	İYİ	0,66	İYİ	0,54	İYİ
7	Marmara Ereğlisi	te	te	0,54	İYİ	0,53	İYİ	0,63	İYİ	te	te	te	te
8	Küçükçekmece	0,1	ZAYIF	0,12	ZAYIF	0,1	ZAYIF	0,13	ZAYIF	te	te	te	te
9	Tuzla	0,06	KÖTÜ	0,1	ZAYIF	0,21	ZAYIF	0,25	ZAYIF	0,33	ORTA	te	te
10	Kavaklıdere	0,13	ZAYIF	0,19	ZAYIF	0,21	ZAYIF	0,2	ZAYIF	0,18	ZAYIF	0,19	ZAYIF
11	Kaytazdere	0,3	ORTA	0,35	ORTA	0,31	ORTA	0,26	ORTA	te	te	te	te
12	Hereke	0,02	KÖTÜ	0,04	KÖTÜ	0	KÖTÜ	0	KÖTÜ	0	KÖTÜ	0	KÖTÜ
13	Yalova	0,27	ORTA	0,31	ORTA	0,34	ORTA	0,4	ORTA	te	te	te	te
14	Armutlu	te	te	0,53	İYİ	0,58	İYİ	0,56	İYİ	te	te	0,49	ORTA
15	Gemlik	0,02	KÖTÜ	0,1	ZAYIF	0,06	ZAYIF	0,08	ZAYIF	te	te	te	te
16	Yenikapı	0,16	ZAYIF	te	te	te	te	te	te	0,24	ZAYIF	0,09	ZAYIF
17	Silivri	0,08	ZAYIF	te	te	te	te	te	te	0,16	ZAYIF	0,2	ZAYIF
18	Karabiga	0,25	ORTA	te	te	te	te	te	te	0,56	İYİ	0,54	İYİ
19	Edincik-Enerji-SA	te	te	te	te	te	te	te	te	0,62	İYİ	0,59	İYİ
20	Lapseki	te	te	te	te	te	te	te	te	0,82	ÇOK İYİ	0,78	ÇOK İYİ
21	M. Ereğlisi-Batı	te	te	te	te	te	te	te	te	0,5	İYİ	0,56	İYİ
22	B.Çekmece	te	te	te	te	te	te	te	te	0,1	ZAYIF	0,05	ZAYIF
23	Kadıköy	te	te	te	te	te	te	te	te	0,2	ZAYIF	0,37	ORTA
24	Değirmendere	te	te	te	te	te	te	te	te	0,3	ORTA	0,22	ZAYIF
25	Eskihisar-MAM	te	te	te	te	te	te	te	te	0,29	ORTA	0,18	ZAYIF
26	Çınarcık	te	te	te	te	te	te	te	te	0,41	ORTA	0,37	ORTA
27	Mudanya	te	te	te	te	te	te	te	te	0,6	İYİ	0,51	İYİ
28	Susurluk Doğu	te	te	te	te	te	te	te	te	0,33	ORTA	0,42	ORTA
29	Adalar-İstanbul	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	0,4	ORTA

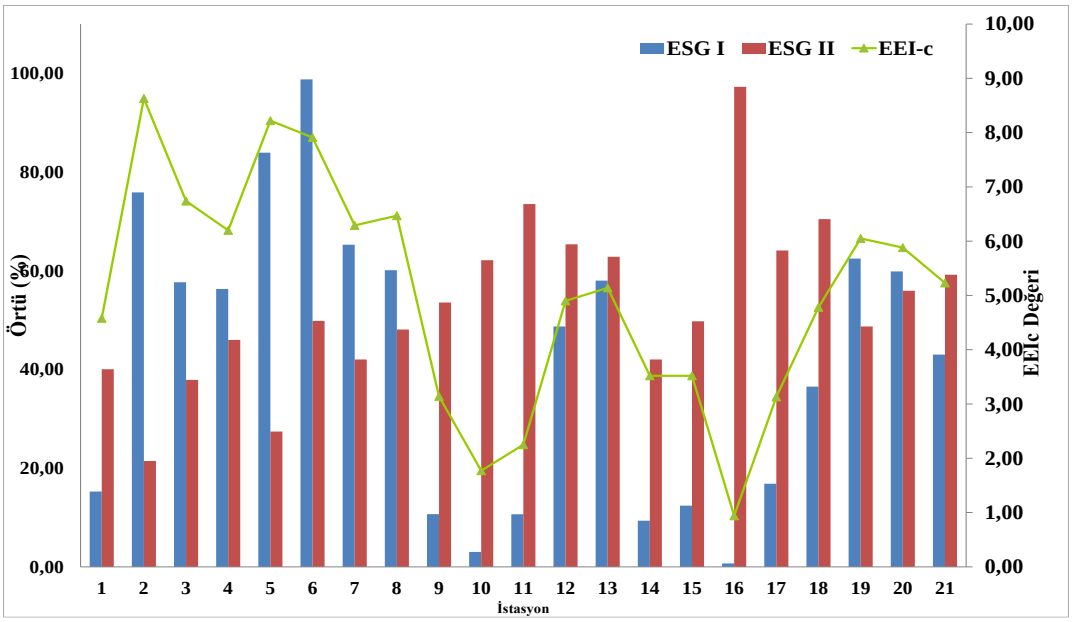
te: test edilmedi

Marmara Denizi'nde 2014 yılı makrofloraya (makroalg ve angiosperm) ait izleme çalışmasında 14 istasyondan Ekolojik Değerlendirme İndeksine göre (EEI-c) ile yapılan değerlendirme sonucunda istasyonlardan Silivri, Gemlik, Hereke ve Tuzla "KÖTÜ", Yenikapı, Küçükçekmece, Bandırma ve Kavaklıdere "ZAYIF", Tekirdağ, Gelibolu, Karabiga, Yalova ve Kaytazdere, "ORTA", Şarköy ise "İYİ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları rapor edilmiştir. "ÇOK İYİ" ekolojik durum sınıfında ise bir istasyon tespit edilmemiştir. 2015 yılında Şarköy "ÇOK İYİ" ekolojik durum sınıfında, Kapıdağ, Edincik, Marmara Ereğlisi,

Tekirdağ ve Armutlu "İYİ", Bandırma, Yalova ve Kaytazdere, "ORTA", Susurluk Ağzı (Boğaz), Küçükçekmece, Tuzla, Kavaklıdere, Gemlik "ZAYIF", Hereke "KÖTÜ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları belirlenmiştir. 2016 yılında Şarköy "ÇOK İYİ" ekolojik durum sınıfında, Kapıdağ, Edincik, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Armutlu "İYİ", Bandırma, Kaytazdere ve Yalova "ORTA", Susurluk Ağzı (Boğaz), Küçükçekmece, Tuzla, Kavaklıdere, Gemlik "ZAYIF" ve Hereke istasyonu ise "KÖTÜ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları tespit edilmiştir.

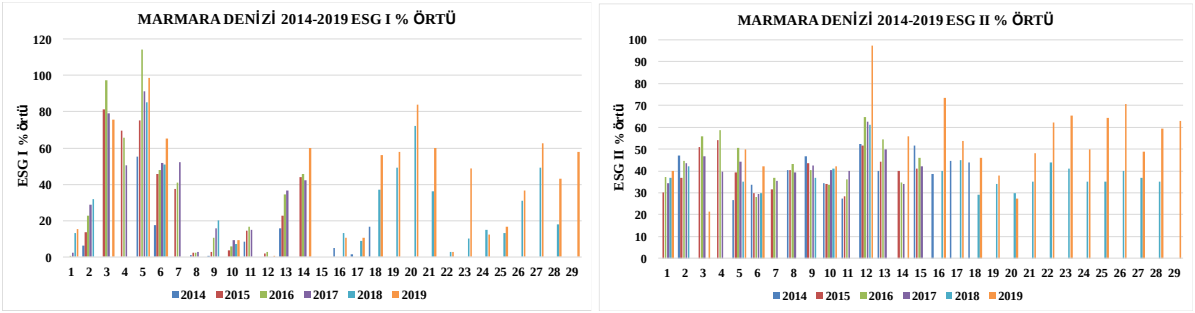
2017 yılında Ekolojik Değerlendirme İndeksine (EEI-c) ile yapılan çalışmada Şarköy "ÇOK İYİ", Kapıdağ, Edincik, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Armutlu "İYİ", Bandırma, Tuzla, Kaytazdere ve Yalova "ORTA", Susurluk Ağzı (Boğaz), Küçükçekmece, Tuzla, Kavaklıdere, Gemlik "ZAYIF" ve Hereke istasyonu ise "KÖTÜ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları tespit edilmiştir. 2018 yılında Şarköy ve Lapseki "ÇOK İYİ", Edincik-EnerjiSA, Karabiga, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Mudanya "İYİ", Susurluk Ağzı, Bandırma, Tuzla, Değirmendere, Eskihisar, Çınarcık ve Susurluk-Doğu "ORTA", Siliviri, Büyükçekmece, Yenikapı, Kadıköy, Kavaklıdere "ZAYIF" ve Hereke istasyonu ise "KÖTÜ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları tespit edilmiştir.

2019 yılında çalışma yapılan 21 istasyonda, ESG I örtü yüzdesi (Orfanidis *ve diğ..*, 2011; ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019) en fazla Şarköy, Kapıdağ ve Lapseki istasyonlarında (>% 70) belirlenirken, Tekirdağ, Armutlu, Karabiga, Edincik Enerji-SA, Marmara Ereğlisi-Batı, Mudanya ve Adalar-istanbul istasyonlarında %50-70 arasında değişmiştir. Hereke ve Büyükçekmece istasyonlarında ise 2019 yılında ESG I grubu sırasıyla % 0.67 ve %3 olarak bulunmuştur. ESG II örtü yüzdesi son üç yıllık dönemde de (2017-2019) en fazla Hereke istasyonunda bulunurken (ESG II örtüş % 73.64), diğer istasyonlarda ise %30-60 arasında bulunmuştur (Şekil 36, Şekil 37). 2019 yılına ait bu izleme çalışmasında 2 istasyon (Kapıdağ ve Lapseki) "ÇOK İYİ" ekolojik durum sınıfında, 6 istasyon (Şarköy, Edincik-EnerjiSA, Karabiga, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Mudanya) "İYİ", 6 istasyon (Susurluk Ağzı, Adalar, Kadıköy, Armutlu, Çınarcık ve Susurluk-Doğu) "ORTA", 6 istasyon (Silivri, Büyükçekmece, Yenikapı, Eskihisar, Değirmendere, Kavaklıdere) "ZAYIF" ve Hereke istasyonu ise "KÖTÜ" bir ekolojik durum sınıfında oldukları belirlenmiştir.



Şekil 36. 2019 yılı Marmara denizi istasyonlarının ESG I ve ESG II türlerinin ortalama örtü değerleri (% olarak) ile EEI-c değerleri

(1: Susurluk Ağzı, 2:Kapıdağ, 3: Edincik-Enerji-SA, 4: Karabiga, 5: Lapseki, 6: Şarköy, 7: Tekirdağ, 8: Marmara Ereğlisi-Batı, 9: Silivri, 10: Büyükçekmece, 11: Yenikapı, 12: Kadıköy, 13: Adalar (İstanbul), 14: Kavaklıdere, 15: Değirmendere, 16: Hereke, 17: Eskihisar-MAM, 18: Çınarcık, 19:Mudanya, 20: Armutlu, 21: Susurluk-Doğu)



Şekil 37. Marmara Denizi makro flora istasyonları 2014-2019 ESG I ve ESG II % örtü değişimleri

(1: Susurluk Ağzı; 2: Bandırma; 3: Kapıdağ; 4:Edincik; 5:Şarköy; 6:Tekirdağ; 7:Marmara Ereğlisi; 8:Küçükçekmece; 9:Tuzla; 10:Kavaklıdere; 11:Kaytazdere; 12:Hereke; 13:Yalova; 14:Armutlu; 15:Gemlik; 16:Yenikapı; 17:Silivri; 18:Karabiga; 19:Edincik-Enerji-SA; 20:Lapseki; 21:M. Ereğlisi-Batı; 22:B.Çekmece; 23:Kadıköy; 24:Değirmendere; 25:Eskihisar-MAM; 26:Çınarcık; 27:Mudanya; 27:Susurluk Doğu; 29:Adalar)

Marmara Denizi makroflorasının egzotik türler, koruma altındaki türler ve tehdit oluşturan türler açısından değerlendirilmesi

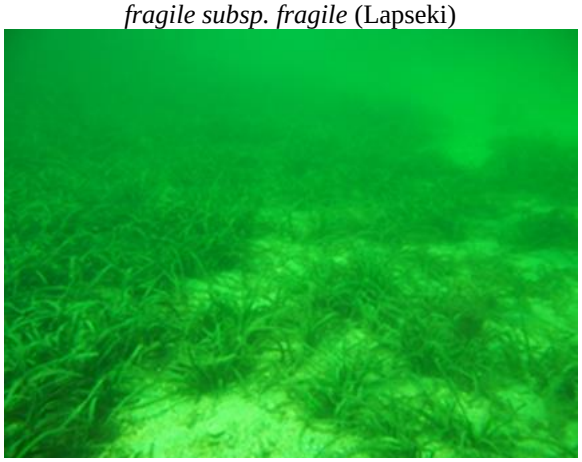
Taşkın ve ark. (2019) Marmara Denizi kıyılarından yabancı ve yayılımcı 17 takson (9 kahverengi alg, 5 kırmızı alg ve 3 yeşil alg) belirtmişlerdir. 2019 yılı izleme çalışmasında ise 5 yabancı ve yayılımcı taksonun [*Falkenbergia rufolanosa* (*Asparagopsis armata* türünün tetrasporofit evresi), *Trailliella intricata* (*Bonnemasoinia hamifera*'nın tetrasporofit evresi), *Polysiphonia morrowii*, *Ulva fasciata* ve *Codium fragile* subsp. *fragile*)] varlığı belirlenmiştir. Örnekleme döneminde en yaygın bulunan yabancı tür yeşil alg *Codium fragile* subsp. *fragile* olmuştur (Şekil 38). Bu türlerden *Falkenbergia rufolanosa*, *Polysiphonia morrowii* ve *Codium fragile* subsp. *fragile* Marmara Denizi'nde yayılımcı özelliğe sahiptir. Kırmızı alg *Grtateloupia turuturu* Marmara Denizi'nden yeni olarak rapor edilmiştir (Bariche ve diğ., 2020).



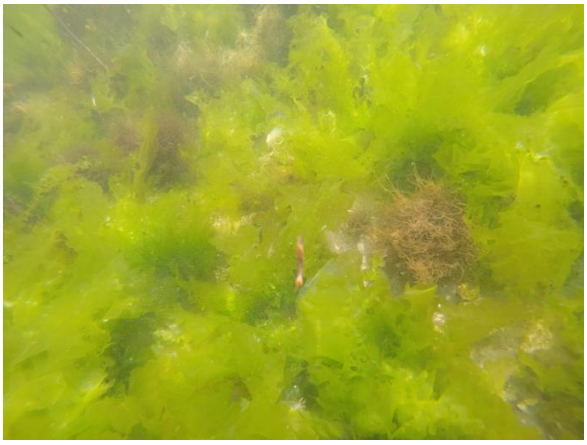
Şekil 38. Yabancı ve yayılımcı yeşil alg *Codium fragile subsp. fragile* (Lapseki)



Şekil 39. Deniz çayırı *Cymodocea nodosa* (Kapıdağ)



Şekil 40. Deniz çayırı *Posidonia oceanica fasiyesi* (Paşalimanı Adası)



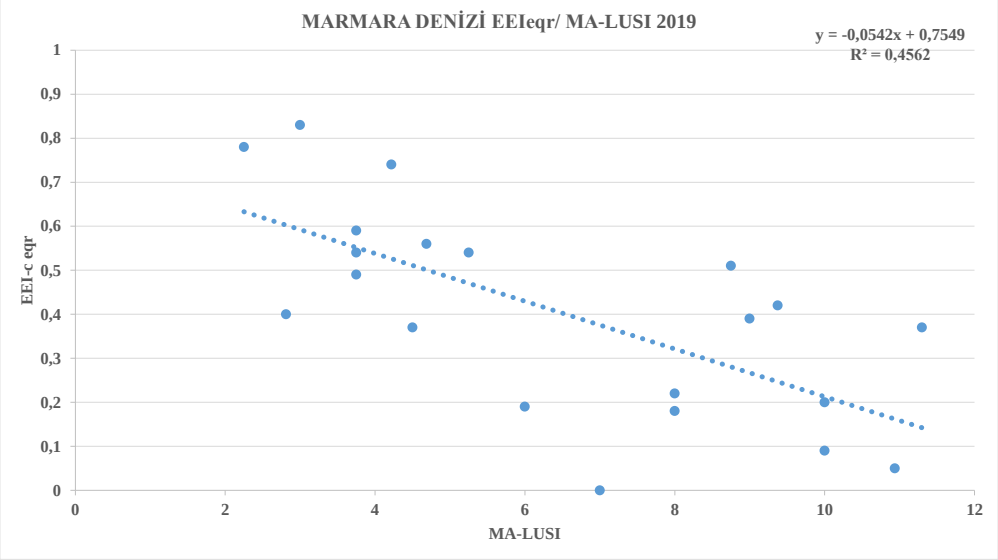
Şekil 41. Toleranslı yeşil alg *Ulva rigida* (Şarköy)

Marmara Denizi'nde koruma altında ve korunması gerekli olan türler özellikle *Cystoseira* türleri (*C. barbata, C. compressa, C. crinita, C. foeniculacea*, vd.) ile denizel çiçekli bitkilerden *Posidonia oceanica, Cymodocea nodosa* ve *Zostera* (*Z. marina* ve *Z. noltei*) türleridir. Marmara Denizi'nin özellikle orta ve batı bölümlerindeki istasyonlarda hassas makroalg türleri daha yaygın bulundukları tespit edilmiş olup Lapseki, Şarköy, Tekirdağ, Edincik, Bandırma istasyonlarında kıyıdan itibaren yayılış göstermektedirler. Bu çalışmada deniz çayırlarından *Posidonia oceanica* türü de Marmara Denizi'nde Kapıdağ-Paşalimanı Adası civarında sınırlı da olsa yayılışı göstermektedir (Şekil 40). Ayrıca Çanakkale Boğazı'nda yayılış göstermektedir. *Cymodoce nodosa* türü başta Çanakkale Boğazı, Şarköy, Marmara Ereğlisi, Tekirdağ, Karabiga, Erdek, Kapıdağ Yarımadası, Paşalimanı Adası gibi istasyonlarda yayılışı göstermektedir (Şekil 39). Marmara Denizi'nde Susurluk Nehrinin dökülme bölgesi çevresi ve Çardak (Lapseki, Çanakkale) gibi bazı lagüner alanlarda *Ruppia maritima* gözlemsel olarak rapor edilmiştir.

Marmara Denizi kıyılarında karasal baskının fazla görüldüğü özellikle Susurluk Ağzı-Batı, Yenikapı, Adalar, Büyükçekmece, Yenikapı, Kavaklıdere, Susurluk Ağzı-Doğu, Silivri, Hereke, Kadıköy gibi istasyonlarda yeşil alglerden *Ulva* (*Ulva rigida, Ulva linza* vd.) ve *Cladophora* türleri ile kırmızı alglerden

Ceramium türlerinin yanı sıra mediolittoral zondaki taşlar üzerinde katmanlaşma gösteren mavi yeşil algler (Cyanophyceae) türlerinin bolluğu ve aşırı çoğalması ortamın ekolojik durumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanısıra Marmara Denizi'nde yabancı ve yayılımcı bir tür olan yeşil alg *Codium fragile* subsp. *fragile* hızla yayılış göstermektedir. *Ulva* türleri ve özellikle de *Ulva fasciata* türü Hereke istasyonunda bol olarak bulunmaktadır. Marmara Denizi'nde toleranslı ve fırsatçı olan bu türler özellikle dönemsel olarak artış gösterebilmektedir (Şekil 41).

MA-LUSI Değerlendirmesi, MA-LUSI, LUSI indeksinden farklı olarak, makroalg toplulukları üzerine etkili marikültür, kanalizasyon deşarjı, liman ya da düzensiz tatlısu girişleri gibi diğer bazı baskıları da içermekte olup özellikle sığ sulardaki makroalg toplulukları için kullanılabilmektedir (Flo ve diğ., 2011; Flo ve diğ., 2019; MEDGIG, EC 2013). MA-LUSI indeksi marikültür, sedimandan besin maddesi taşınımı, şehirleşme, ticaret ve endüstri, tarım, düzensiz tatlısu girişi, liman, geçmiş trofik durum gibi baskı-etkileri içermekte olup her kategorinin bir puanlaması mevcuttur. 2017-2019 yılları arasındaki izleme çalışmalarında her bir örnekleme istasyonunun MA-LUSI değeri hesaplanmış olup elde edilen değerler etki indeksi (EEI-c) ile ilişkisi test edilmiştir. 2019 yılında baskı indeksi (MA-LUSI) ve etki indeksi (EEI-c) arasındaki değerlendirme sonucunda diğer dönemlerdeki gibi negatif lineer bir ilişki bulunmuştur (Şekil 42). MA-LUSI değeri en yüksek sırasıyla Kadıköy istasyonunda (11.30) bulunmuş olup bu istasyonu Büyükçekmece (10.93), Gemlik, Yenikapı, Silivri (10.00) takip etmiştir. Diğer istasyonların MA-LUSI değerleri ise genelde 2.8-9.3 arasında bulunmuştur.



Şekil 42. Marmara Denizi istasyonlarının MA-LUSI ve EEI-c değerlerinin ilişkisi

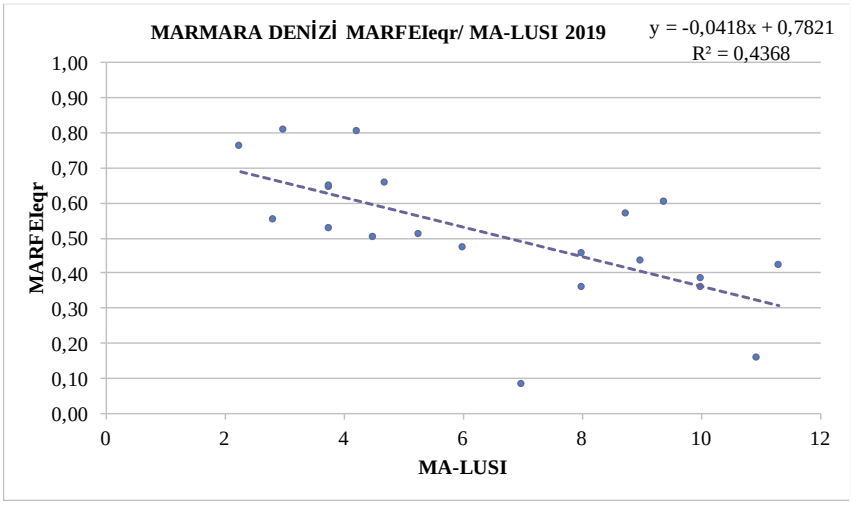
***Mar*ine *F*loristic *E*cological *I*ndex (MARFEI),** Marmara Denizi için Taşkın ve diğ. (2018) tarafından Marmara Denizi için geliştirilmiş olup üst-infralittoral bölgedeki makroflora tür çeşitliliği temel alınarak yapılmaktadır. Makroflora (makroalgler ve angiospermler) ust-infralittralden genelde 5 m derinliğine kadar belirlenen noktanın sağ-sol bölümlerinin 100 m uzaklığına kadar doğrudan elle ya da maske- şnorkel ile yapılmaktadır. Gerektiğinde aletli dalış ile örnekleme de yapılabilmektedir. Bu biyotik indekste denizel makroflora türleri Orfanidis ve ark. (2011) tarafından Ekolojik Değerlendirme İndeksi (EEI) için

temel alınan Ekolojik gruplar Ekolojik Durum Grubu (EDG) kullanılarak Marmara Denizi için revize edilmiştir. Türler önce, hassas olanlar Ekolojik Durum Grubu I (EDG I) ve bunlarda EDG IA, EDG IB ve EDG IC olmak üzere üç alt gruba ayrılmıştır, ikinci grup fırsatçı olanlar ise Ekolojik Durum Grubu II (EDG II) altında EDG IIA ve EDG IIB olarak gruplandırılmıştır.

MARFEI ile Marmara Denizi istasyonlarında 2017-2019 yılları arasında yapılan genel değerlendirmede (Şekil 34, Tablo 6), Şarköy, Kapıdağ, Edincik İYİ, Bandırma, Tekirdağ, Marmara Ereğlisi, Yalova ve Armutlu ORTA, Susurluk Ağzı, Tuzla, Kavaklıdere ve Kaytazdere ZAYIF, Küçükçekmece, Hereke ve Gemlik KÖTÜ ekolojik kalite sınıfında tespit edilmiştir. 2018 yılında Şarköy, Lapseki, Marmara Ereğlisi İYİ, Bandırma, Edincik, Karabiga, Tekirdağ, Yenikapı, Tuzla, Kavaklıdere, Değirmendere, Eskihisar, Çınarcık, Mudanya ve Susurluk Doğu ORTA, Susurluk Ağzı, Silivri ve Kadıköy ZAYIF, Büyükçekmece ve Hereke KÖTÜ ekolojik kalite sınıfında oldukları belirlenmiştir. 2019 yılında Kapıdağ, Şarköy "ÇOK İYİ", Edincik, Karabiga, Lapseki, Marmara Ereğlisi, Susurluk Doğu "İYİ", Tekirdağ, Susurluk Ağzı, Kadıköy, Kavaklıdere, Adalar, Eskihisar, Çınarcık, Mudanya, Armutlu "ORTA", Yenikapı, Değirmendere, Silivri "ZAYIF", Büyükçekmece ve Hereke "KÖTÜ" kalite sınıfında tespit edilmiştir. 2019 yılında baskı indeksi (MA-LUSI) ve etki indeksi (EEI-c) arasındaki değerlendirme sonucunda diğer dönemlerdeki gibi negatif lineer bir ilişki bulunmuştur (Şekil 43).

Tablo 6. Marmara Denizi 2019 yılı MARFEI değerlendirme sonuçları

S. No	İstasyonlar	MARFEI*eqr*	Ekolojik Durum Sınıfı
1	Susurluk ağzı, Boğaz	0,43	ORTA
2	Kapıdağ	0,81	ÇOK İYİ
3	Edincik-Enerji-SA	0,64	İYİ
4	Karabiga	0,65	İYİ
5	Lapseki	0,76	İYİ
6	Şarköy	0,80	ÇOK İYİ
7	Tekirdağ	0,51	ORTA
8	M. Ereğlisi-Batı	0,66	İYİ
9	Silivri	0,36	ZAYIF
10	B.Çekmece	0,16	KÖTÜ
11	Yenikapı	0,38	ZAYIF
12	Kadıköy	0,42	ORTA
13	Adalar (İstanbul)	0,55	ORTA
14	Kavaklıdere	0,47	ORTA
15	Değirmendere	0,36	ZAYIF
16	Hereke	0,08	KÖTÜ
17	Eskihisar-MAM	0,46	ORTA
18	Çınarcık	0,50	ORTA
19	Mudanya	0,57	ORTA
20	Armutlu	0,53	ORTA
21	Susurluk Doğu	0,60	İYİ



Şekil 43. Marmara Denizi istasyonlarının MA-LUSI ve MARFEI değerlerinin ilişkisi

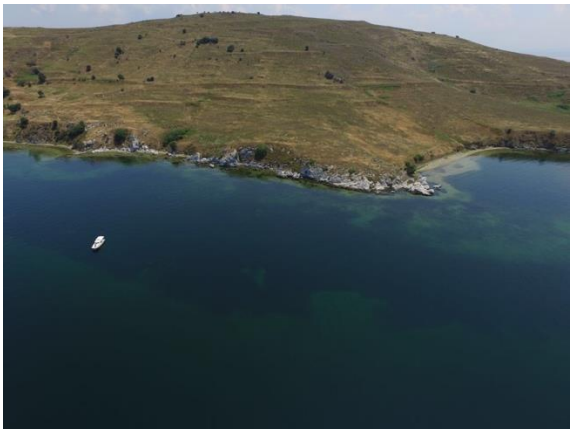
Posidonia oceanica izleme istasyonlarının kurulumu ve izleme çalışmaları

Marmara Denizi kıyılarında 2018 yılında Paşalimanı Adası'nda 6 m derinlikte *Posidonia oceanica* izleme istasyonu kurulumu gerçekleştirilmiş olup 2019 yılında da izleme çalışması yapılmıştır (Şekil 44, Şekil 46, Şekil 45). Kurulum ve izleme yöntemi; BM-UNEP) ve Akdeniz Eylem Planı'na RAC/SPA tarafından yürütülen Med*Posidonia* programında uygulanan protokolüne göre gerçekleştirilmiştir (Pergent, 2007; ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019). *P. oceanica* çayırları üst ve alt sınırlar balisaj sistemi ile tanımlanmış ve laboratuvarda lepidokronolojik, morfometrik ve fenolojik parametreleri çalışılmıştır.



Şekil 44. Marmara Denizi deniz çayırı *Posidonia oceanica* izleme istasyonları

İzleme istasyon kurulum malzemeler: aletli dalış ekipmanları, 15-20 kg'lık 11 beton blok, 33 demir çubuk (1 m boyunda), fotoğraflama için 11 demir çubuk (1.5 m boyunda), 11 PVC plastik plaka, sualtı foroğraf/video kamera, sualtı bilgisayarı, GPS ve 60x60 cm kuadrat (Pergent, 2007). Uzman dalgıçlar tarafından *P. oceanica* çayırları alt sınırlarında balisaj izleme sistemi kurulmuştur. Her balisajdan sağ-sol-üstten olmak üzere 3 fotoğraf (Şekil 47), derinlik ve koordinat alınmıştır. Laboratuarda lepidokronolojik, morfometrik ve fenolojik parametrelerin çalışılması için kuadrat yöntemi ile örnekleme yapılmıştır.



Şekil 45. Paşalimanı Adası izleme istasyonunun Drone görüntüsü (2018, O.Akyol)



Şekil 46. Paşalimanı Adası izleme istasyonunda balisaj ve fotoğraf işaretleyicilerinin konumu



Şekil 47. Paşalimanı Adası izleme istasyonunun sağ yan ve üst taraf fotoğraf çekimleri

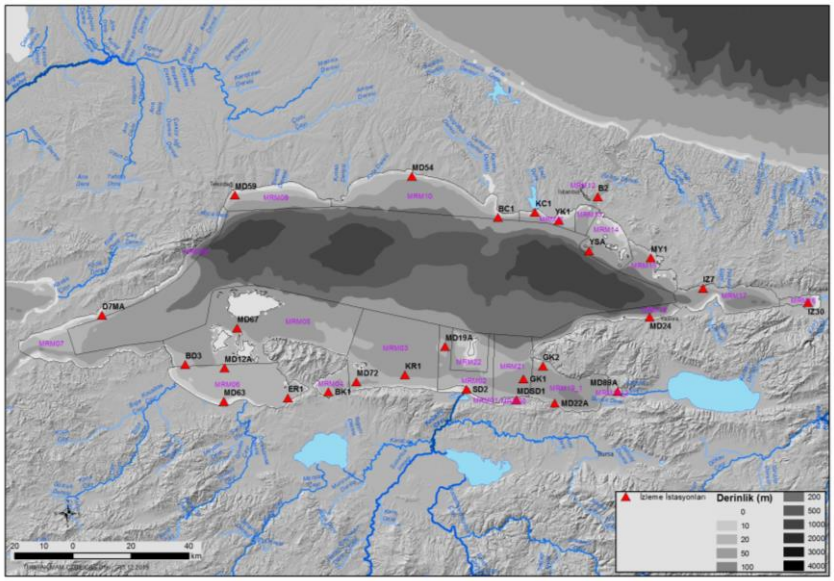
Marmara Denizi *Posidonia oceanica* izleme istasyonlarında ortalama ölçüm değerleri ve ekolojik durum sınıfları Tablo 7'da sunulmuştur. Bu izleme istasyonunda 2018 yılı ile 2019 yıllarının ölçüm değerleri ve ekolojik durum sınıfı benzer bulunmuştur.

Tablo 7. Marmara Denizi Paşalimanı Adası *Posidonia oceanica* izleme istasyonunda ortalama ölçüm değerleri ve ekolojik durum sınıfı

Temel Özellikler	**2018 Yılı Ölçüm Değeri**	**2018 Yılı Ekolojik Durum**	**2019Yılı Ölçüm Değeri**	**2019 Yılı Ekolojik Durum**
Derinlik (m)	6,1±0,06	KÖTÜ	6,1±0,1	KÖTÜ
Demet yoğunluğu	215,2±52,3	KÖTÜ	199,2±50,6	KÖTÜ
Kaplayıcılık (%)	55,4±0,1	YÜKSEK	62,3±0,2	YÜKSEK
Yatay rizom (%)	90,8±0,05	YÜKSEK	91,6±0,05	YÜKSEK
Sınırın Tipi	Keskin limit	İYİ	Keskin limit	İYİ

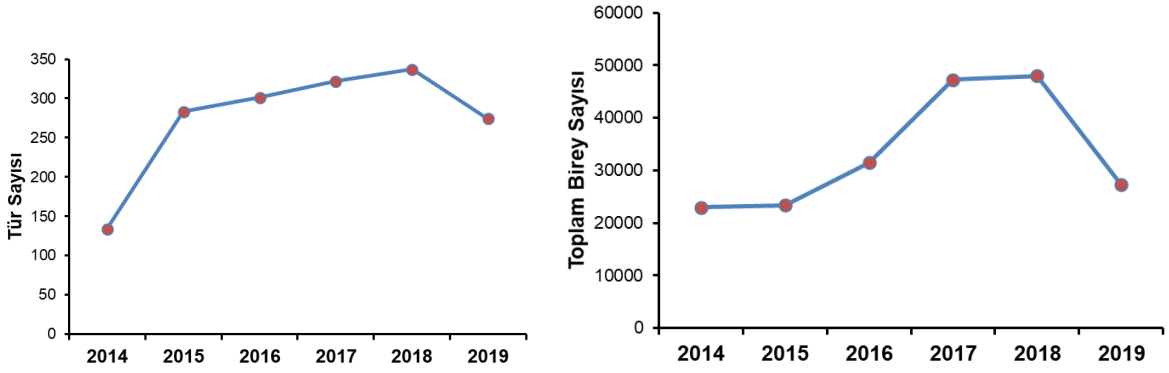
3.4.2 Makrozoobentos

Marmara Denizi'nde 2014-2019 yıllarının yaz aylarında 20-27 istasyonda 4–157 m derinlik aralığında 3 replikatlı yumuşak substrat bentik örnekler standart bir Van Veen Grab ile alınmıştır (Şekil 48). Örnekler 0,5 mm göz açıklığa sahip elekten geçirilmiş ve elek üzerinde kalan materyal kavanozlara konularak %4'lük formaldehit ile fikse edilmiştir. Elde edilen bireyler uzman araştırmacılar tarafından tayinleri yapılmış ve %70'lik alkolde saklanmıştır.



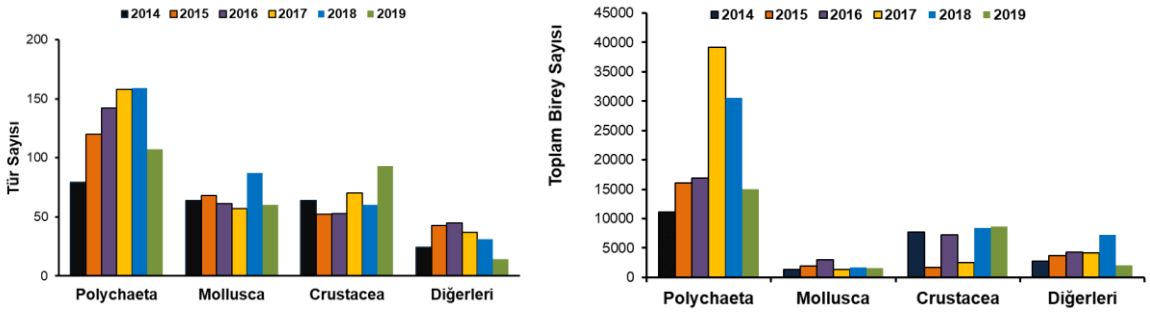
Şekil 48. Marmara Denizi'nde 2019 yılında makrozoobentik örneklemelerin yapıldığı istasyonlar

Marmara Denizi'nde örnekleme dönemlerinde belirlenen toplam makrozoobentik tür sayısı 231 (2014 yılı) ile 337 (2018 yılı) arasında, toplam birey sayısı ise 22946 (2014 yılı) ile 47966 (2018 yılı) arasında değişim göstermiştir (Şekil 49).



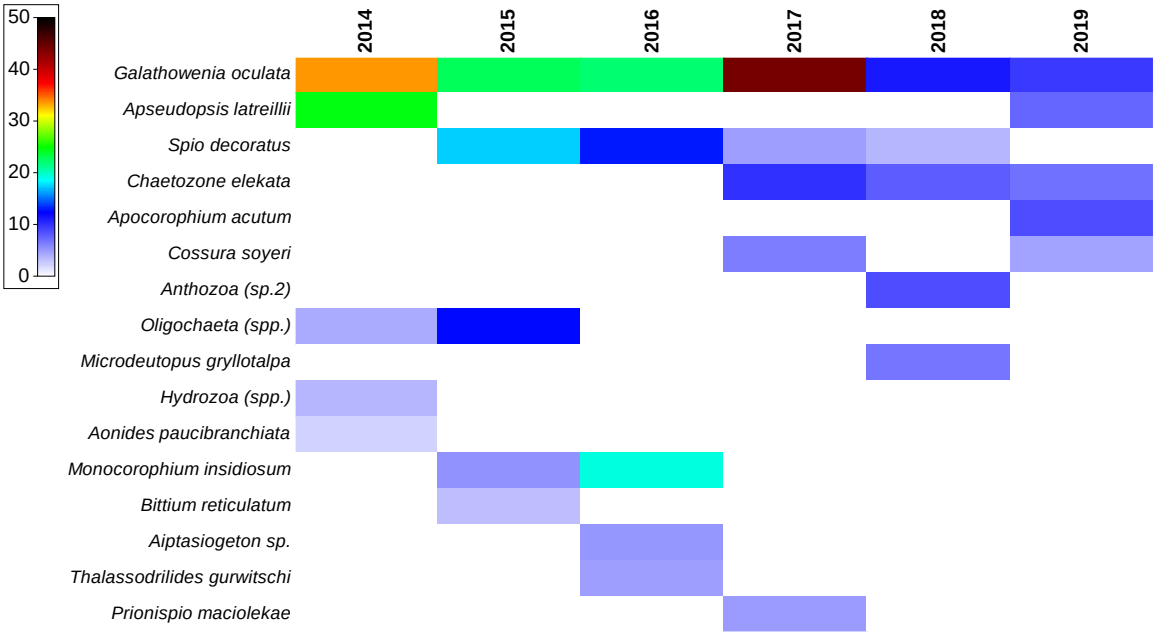
Şekil 49. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısı

Araştırma bölgesinde son 6 yılda tespit edilen tür ve birey sayılarının büyük bir kısmı (>%50-70; 2017 yılında toplam bireyin %83'ü) Polychaeta grubuna dahildir (Şekil 50). Bu grubu Crustacea ve Mollusca takip etmektedir. Polychaeta grubu bölgede 2017 ve 2018 yıllarında 150'den daha fazla türle (2017 yılında 158 tür, 2018 yılında 159) ve 30000'den fazla bireyle (2017 yılında 39133 birey, 2018 yılında 39617 birey) temsil edilir.



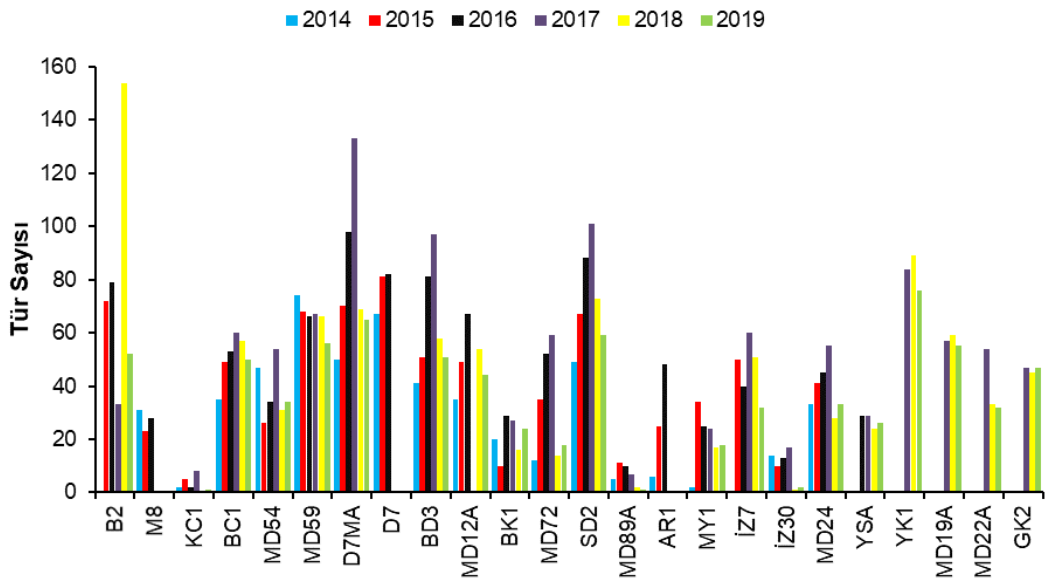
Şekil 50. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen makrozoobentik tür ve birey sayısının taksonomik gruplara dağılımı

2014-2019 yılları arasında Marmara Denizi'ndeki istasyonlarda en baskın türler Şekil 51'de verilmiştir. Bütün örnekleme dönemlerinde bölgedeki en baskın tür poliketlerden *Galathowenia oculata* olmuştur. Bu türün baskınlık değeri %10-44 arasında değişmektedir. Yıllara bağlı olarak bölgede tespit edilen diğer baskın türlerde farklılık mevcuttur. Örneğin 2014 yılında *Apseudopsis latreillii* (%24), 2015 yılında *Spio decoratus* (%17), 2016 yılında *Monocorophium insidiosum* (%19), 2017 yılında *Chaetozone elekata* (%10), 2018 yılında Anthozoa (sp.2) (%9) ve 2019 yılında ise *Apocorophium acutum* (%9) ikinci sıradaki baskın türlerdir.



Şekil 51. Marmara Denizi'nde 2014-2019 döneminde tespit edilen en baskın türler ve baskınlık değerleri (%)

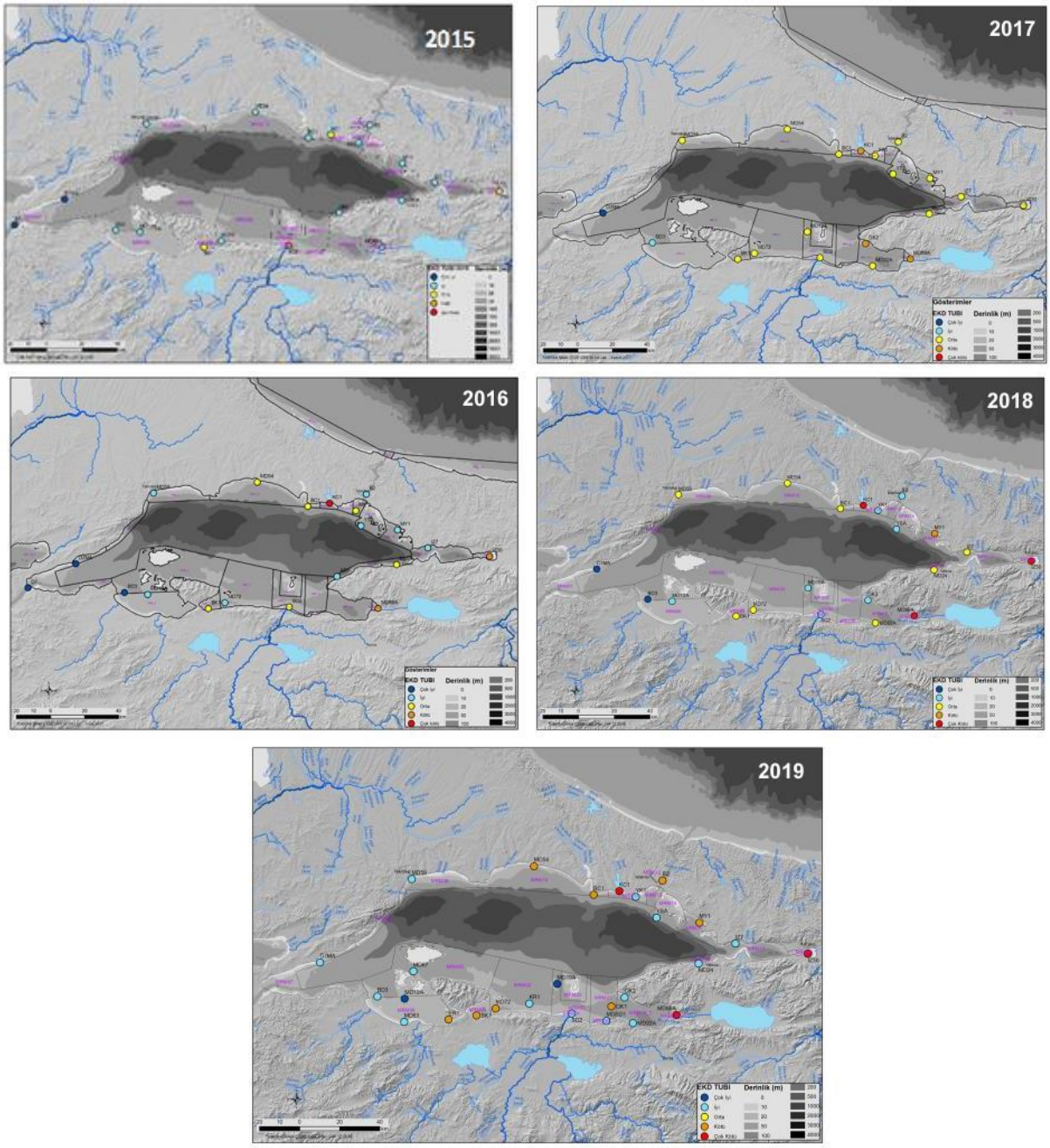
Marmara Denizi'ndeki istasyonlarda 2014-2019 yıllarında en az tür sayısı Küçükçekmecede bulunan KC1 nolu istasyonda (tür sayısı değişimi: 0-8 tür), en fazla tür sayısı ise Şarköyde bulunan D7MA (değişim: 50-133 tür), Susurlukta bulunan SD2 (değişim: 49-101 tür) nolu istasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 52).



Şekil 52. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yıllarında istasyonlara tespit edilen toplam tür sayıları

Ekolojik kalite durumu (TUBI ile değerlendirme)

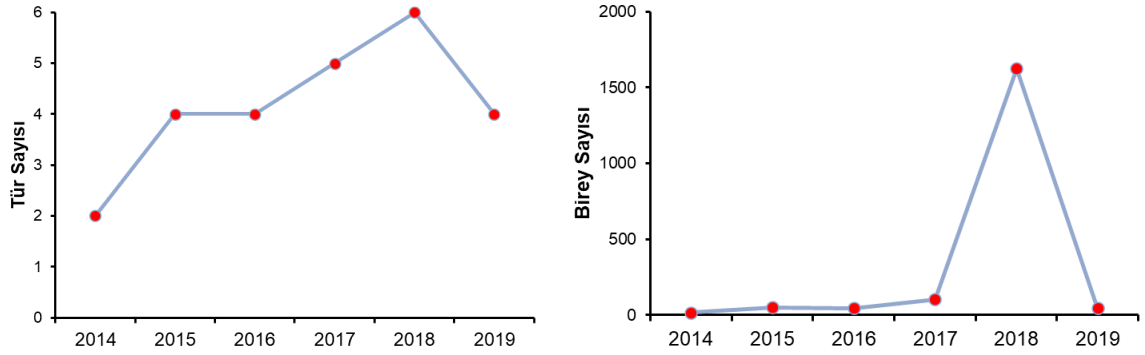
TUBI değerleri 2015 yılından itibaren hesaplanmaya başlanmış olup 2015 yılında 2 çok iyi, 13 iyi, 3 orta, 1 kötü (SD2); 2016 yılında 3 istasyon çok iyi, 8 istasyon iyi, 6 istasyon orta, 1 istasyon çok kötü (KC1); 2017 yılında 1 istasyon çok iyi, 1 istasyon iyi, 15 istasyon orta, 3 istasyon kötü (KC1, MD89A, GK2); 2018 yılında ise 2 istasyon çok iyi, 7 istasyon iyi, 7 istasyon orta, 1 istasyon kötü (MY1) ve 3 istasyon çok kötü (KC1, MD89A, İZ30) ekolojik kaliteye sahip olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 53). 2019 yılında hesaplanan ortalama TUBI değerlerine göre 2 istasyonun (MD12A ve MD19A) ekolojik kalite durumu çok iyi, 14 istasyonun ekolojik kalite durumu iyi, 8 istasyonun durumu kötü, 3 istasyonun (İZ30, KC1, MD89A) ise ekolojik kalite durumu çok kötüdür (Şekil 53).



Şekil 53. TUBI değerlerinde göre Marmara Denizi istasyonlarının yıllara bağlı ekolojik kalite durumları

Yabancı türler

Marmara Denizi'nde 2014-2019 yıllarında istasyonlarda tespit edilen yabancı tür sayısı 2 (2014 yılı) ile 6 (2018 yılı) arasında; yabancı türlere ait birey sayısı ise 15 (2014 yılı) ile 1624 (2018) arasında değişim gösterir (Şekil 54). 2018 yılında yüksek birey sayısının nedeni B2 nolu istasyonda *Polydora cornuta*'nın yoğun populasyon oluşturmasıdır. Bu türün bu denli yoğun populasyonu diğer yıllarda saptanmamıştır.



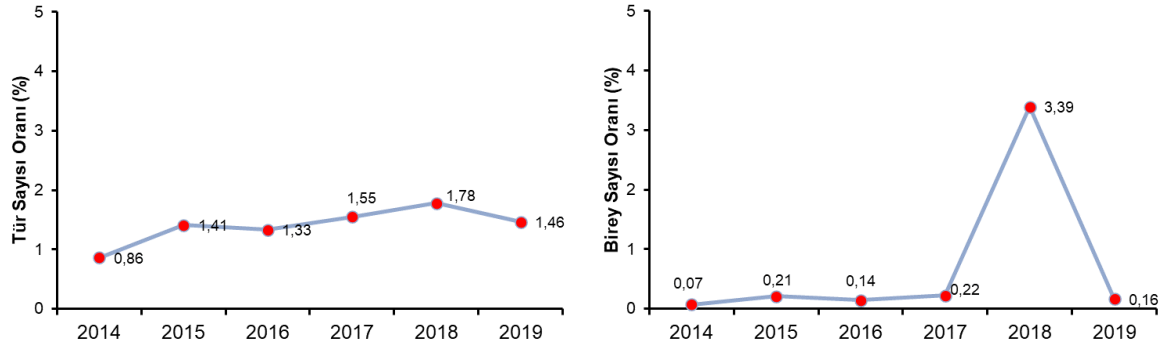
Şekil 54. Marmara Denizi'nde 2014-2019 yılları arasında tespit edilen yabancı türlere ait tür ve birey sayısı.

Marmara Denizi'nde 2015-2019 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları Tablo 8'de sunulmuştur. Tespit edilen türlerden 8'i Polychaeta, bir tanesi ise Echinodermata grubuna aittir. Toplam bentik kommunite içerisinde yabancı türlerin birey sayısı oldukça düşük olup örnekleme yapılan yıllarda hiçbir istasyonda baskın değildir.

Tablo 8. Marmara Denizi'nde 2015-2019 yılları arasında tespit edilen yabancı türler ve toplam birey sayıları

	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
POLYCHAETA						
Desdemona ornata					2	1
Hydroides elegans		5	1			
Notomastus aberans	10					
Paraprionospio coora	5	26	22	86	39	22
Polydora cornuta		1	18	5	1349	14
Prionospio depauperata					6	
Prionospio pulchra				8	108	
Pseudopolydora paucibranchiata		18	4	3	120	7
ECHINODERMATA						
Asterias rubens				2		

Marmara Denizi'nde yabancı türlerin (tür ve birey sayısının) son 6 yılda bentik topluluklardaki önemleri Şekil 55'de gösterilmiştir. Marmara Denizi'nde 2015-2019 yıllarında yabancı tür sayısı toplam tür sayısının yaklaşık %0,9-1,8'ini oluşturur. Yabancı tür yerli tür oranlarında belirgin bir fark yoktur. 2018 yılı hariç, yabancı türlerin birey sayısının toplam birey sayısına oranı %0,07-0,22 arasındadır. Ancak 2018 yılında, B2 nolu istasyonda yoğun populasyonu saptanan *Polydora cornuta* nedeniyle, bu oran %3,4'e kadar yükselmiştir.

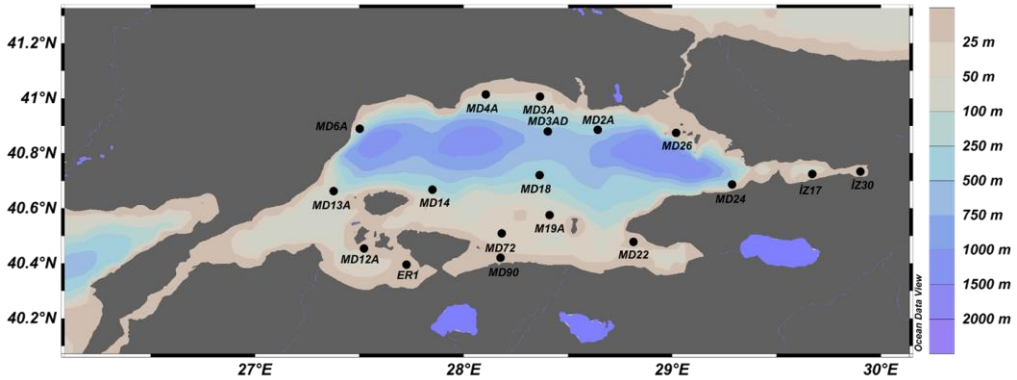


Şekil 55. Marmara Denizi'nde yıllara bağlı olarak yabancı tür ve birey sayısının toplam tür ve birey sayısına oranları

Marmara Denizi istasyonlarında ALEX indeksi 2017-2019 yılları arasında hesaplanmış olup tüm istasyonlar yabancı türlerin etkisi bakımından çok iyi kalitededir. İndeks değerleri 0-0,04 arasında değişmektedir. Bölge genelinde yabancı türlerin bentik topluluklar üzerine etkileri oldukça zayıftır.

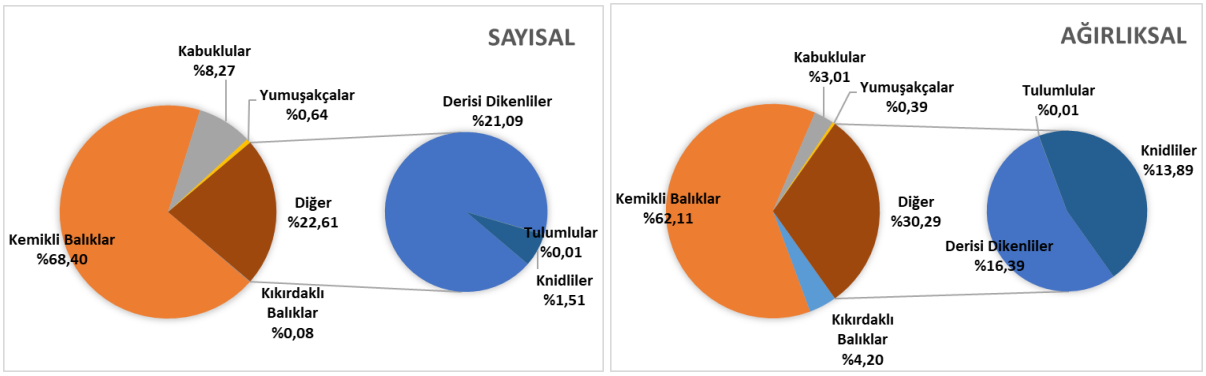
3.4.3 Deniz tabanı Trol Çalışması

Marmara Denizi'nde balık ve omurgasız biyoçeşitliliğin belirlenmesi amacıyla 2019 yılı sonbahar döneminde yapılan çalışmada, toplam 18 dip trolü/algarna çekimleri sonucunda, iki taksonomik gruba ait 35 balık türü ve beş taksonomik gruba ait 30 makrozoobentik tür elde edilmiştir (Şekil 56). Genel olarak bu taksonomik gruplar içerdikleri tür sayılarına göre sırasıyla; kemikli balıklar (osteichthyes) 28 tür, kıkırdaklı balıklar (chondrichthyes) 7 tür, kabuklular (crustacea) 6 tür, yumuşakçalar (mollusca) 10 tür, derisi dikenliler (echinodermata) 8 tür, tulumlular (tunicata) 1 tür ve knidliler (cnidaria) 5 tür oluşturmaktadır.



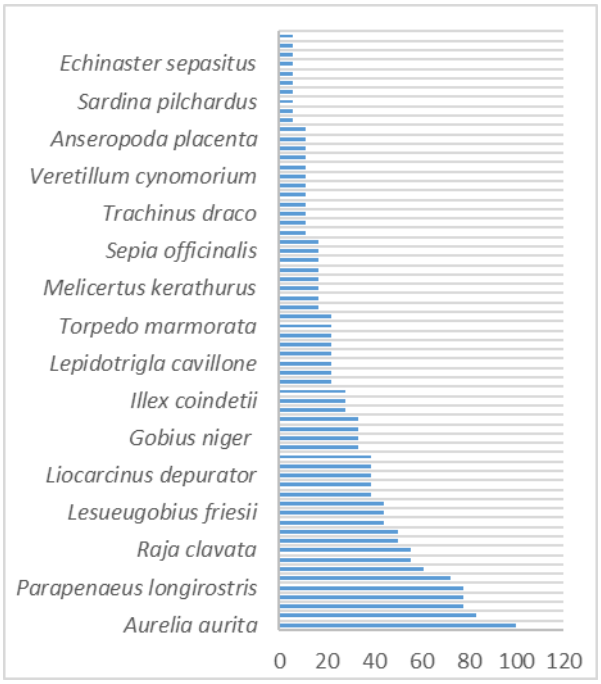
Şekil 56. Marmara Denizi dip trol ve algarna ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma bölgeleri

Örneklemeler sonucunda elde edilen türler grup bazında incelendiğinde, sayısal olarak en baskın grubun % 68,40 ile osteichthyes olduğu ve bunu % 21,09 ile echinodermata, % 8,27 ile crustacea, % 1,51 ile cnidaria, %0,64 ile mollusca, % 0,08 ile chondrichthyes ve % 0,01 ile tunicata gruplarının takip ettiği görülmektedir. Ağırlıksal dağılıma baktığımızda ise; % 62,11 ile osteichthyes olduğu ve bunu % 16,39 ile echinodermata, % 13,89 ile cnidaria, % 4,20 ile chondrichthyes, % 3,01 ile crustacea, % 0,39 ile mollusca ve % 0,01 ile tunicata grubunun izlediği anlaşılmaktadır (Şekil 57).



Şekil 57. Av kompozisyonunda yer alan taksonomik grupların sayısal ve ağırlık olarak dağılımı

Araştırma süresince elde edilen türlerin görünme sıklığını incelediğimizde; 11 tür devamlı, 15 tür yaygın ve 39 tür seyrek olarak görünmektedir. Kemikli balıklardan görünme frekansı en yüksek türler *Trachurus trachurus* (%83,33), *Merluccius merluccius* (%77,78), *Serranus hepatus* (%77,78), *Eutrigla gurnardus* (%72,22), *Chelidonichthys lucerna* (%61,11), *Merlangius merlangus* (%55,56), *Blennius ocellaris* (%50) ve *Sprattus sprattus* (%50)'dur. 2016 yılında kemikli balık grubundan sadece *Serranus hepatus* devamlı tür kapsamına giren kemikli balık iken 2019 yılında sekiz kemikli balık türü devamlı tür kapsamındadır. *Merluccius merluccius* daha önce %44'lük oran ile yaygın tür kapsamından %77,78'lik oran ile devamlı tür kapsamında görülmektedir (Şekil 58).



Şekil 58. Av kompozisyonunda yer alan türlerin görünme sıklığı

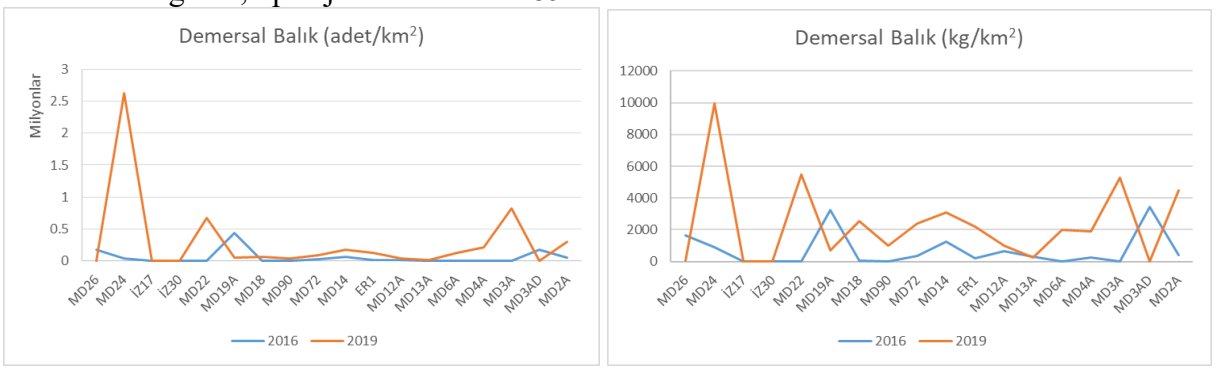
Kıkırdaklı balıklarda görünme frekansı en yüksek türler *Raja clavata* (%55,56), *Scyliorhinus canicula* (%44,44) ve *Torpedo marmorata* (%22,22)'dır. 2016 yılındaki çalışmaya benzer şekilde, 2019 yılında sadece *Raja clavata* yaygın dağılım gösterdiği diğer köpek balıklarının ise seyrek türler statüsünde olduğu görülmektedir.

Makrozoobentik türler içinde görünme frekansı en yüksek türler *Aurelia aurita* (%100), *Parapenaeus longirostris* (%77,78), *Liocarcinus depurator* (%38,89) ve *Parastichopus regalis* (%38,89)'dir. *Spatangus purpureus* (deniz kestanesi, deniz kirpisi), görünme frekansı %33,33 ile seyrek türler kapsamına girmesine rağmen, Doğu Marmara'da makrozoobentik türler içinde en baskın tür olarak görülmektedir.

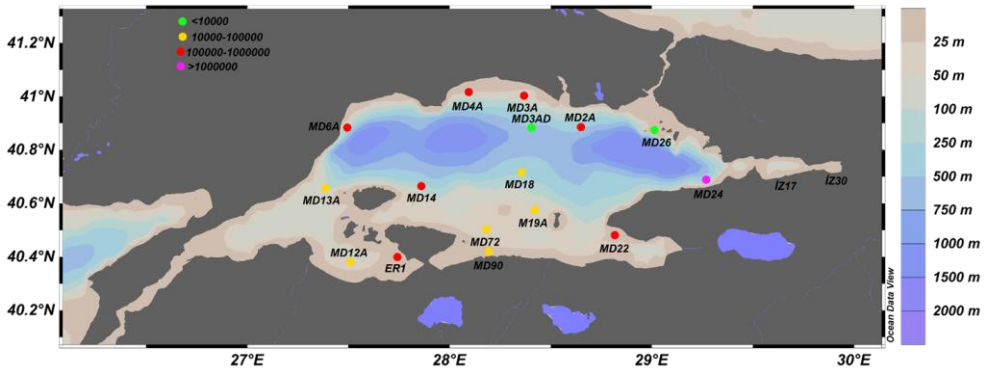
İstanbul Prens adaları, Yalova açıkları, Çınarcık çukuru yakınlarında, Silivri ve Büyükçekmece açıklarında bu türe rastlanılmıştır. Bu tür organik kirliliğin olduğu bölgelerde dağılım göstermektedir. 2016 yılındaki çalışmada, organik kirliliğin diğer temsilcisi *Brissus unicolor* (deniz kestanesi, deniz kirpisi) görülmesine

rağmen, 2019 yılında bu türe rastlanılmamıştır.

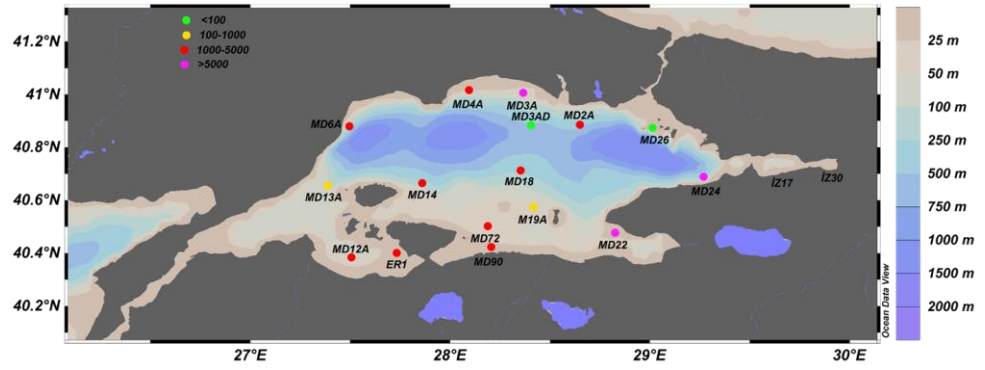
Marmara Denizi araştırma istasyonlarında, 2016 ve 2019 yıllarına ait demarsal balık biyokütle ve bolluk değerleri karşılaştırıldığında; 2016 yılında bolluk değerleri 58 ile 431.490 adet/km^2 (Şekil 59 ve Şekil 60) ve biyokütle değerleri 1 ile 3459 kg/km^2 arasında değişirken (Şekil 59 ve Şekil 61), 2019 yılında bolluk değerleri 1272 ile 2.621.310 adet/km^2 ve biyokütle değerleri 13,80 ile 9935 kg/km^2 arasında değişmiştir. Trol avcılığında hedeflenen türler demersal balıklar ve bentik türler olmasına rağmen, pelajik balıkların da örneklemeye girdikleri gözlenmektedir. 2019 yılındaki çalışmada pelajik balıklardan istavrit ve çaça balığı en sık karşılaşılan balık olup, bolluk/biyokütle değerleri de yüksek türler olmuştur. İstavrit (*Trachurus trachurus*) balığının ortalama bolluk değeri 69.199 adet/km^2 ve ortalama biyokütle değeri 1075,25 kg/km^2, çaça (*Sprattus sprattus*) balığının ortalama bolluk değeri 215.293 adet/km^2 ve ortalama biyokütle değeri ise 801,42 kg/km^2'dir. Özellikle MD24, MD22, MD4A, MD3A istasyonlarında bu iki tür toplam değerlerin yüksek olmasına yol açmıştır.



Şekil 59. 2016 ve 2019 yılları çalışma istasyonlarının demersal balık bolluk (adet/km^2) ve biyokütle değerleri (kg/km^2)

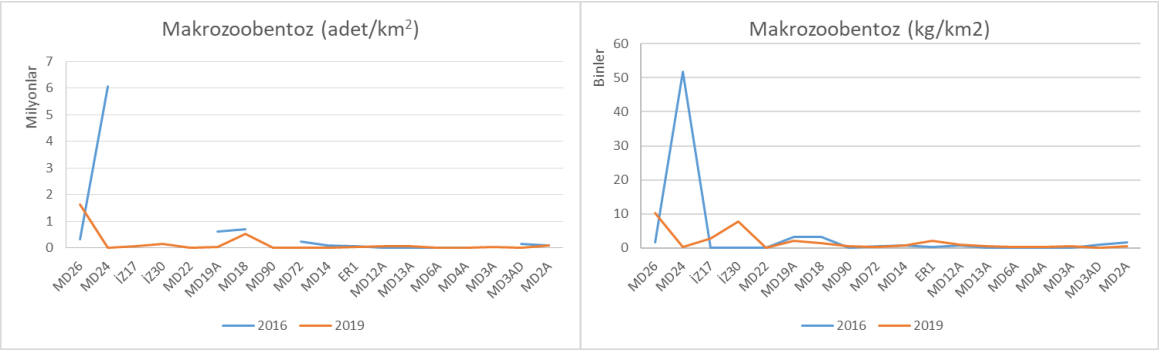


Şekil 60. İstasyonlara göre toplam demersal balık bolluk değerleri (adet/km^2)

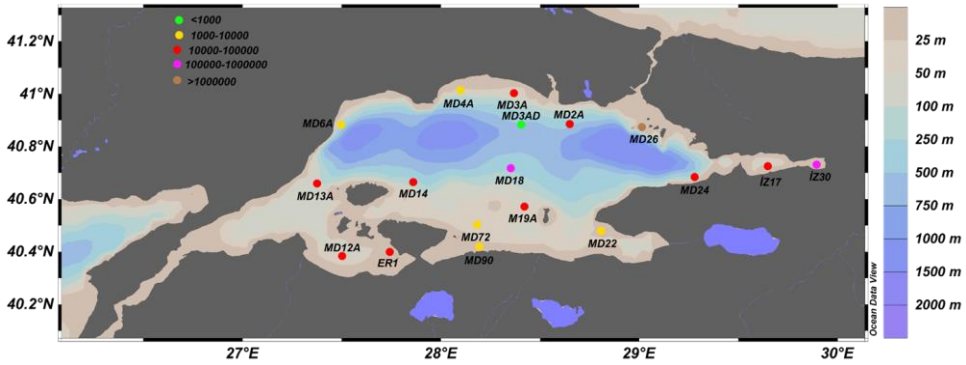


Şekil 61. İstasyonlara göre toplam demersal balık biyokütle değerleri (kg/km^2)

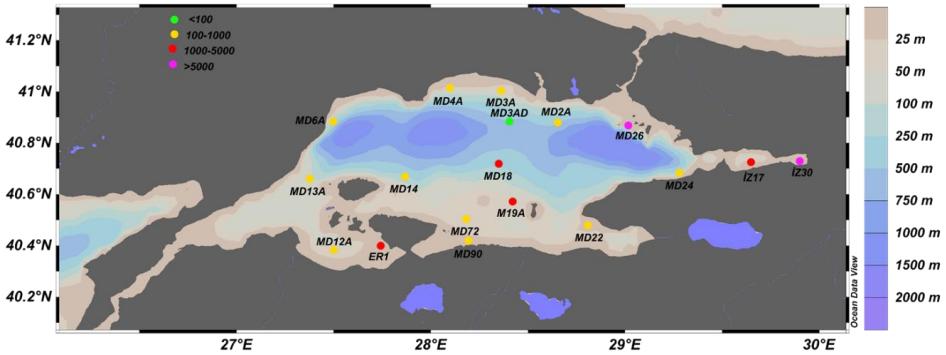
2016 ve 2019 yıllarına ait makrozoobentik türlerin biyokütle ve bolluk değerleri karşılaştırıldığında; 2016 yılında bolluk değerleri 1728 ile 6.055.958 adet/km^2 (Şekil 62 ve Şekil 63) ve biyokütle değerleri 12 ile 51.864 kg/km^2 arasında değişirken (Şekil 62 ve Şekil 64), 2019 yılında bolluk değerleri 570 ile 1.623.594 adet/km^2 ve biyokütle değerleri 49,41 ile 10.164 kg/km^2 arasında değişmiştir. 2016 yılındaki çalışmada MD24 istasyonunda *Brissus unicolor* türünün yoğun görülmesi bolluk/biyokütle değerlerinin yüksek olmasına neden olmasına rağmen, 2019 yılında bu türe rastlanılmamıştır.



Şekil 62. 2016 ve 2019 yıllarına ait istasyonlara göre makrozoobentik türlerin bolluk ve biyokütle değerleri (kg/km^2)

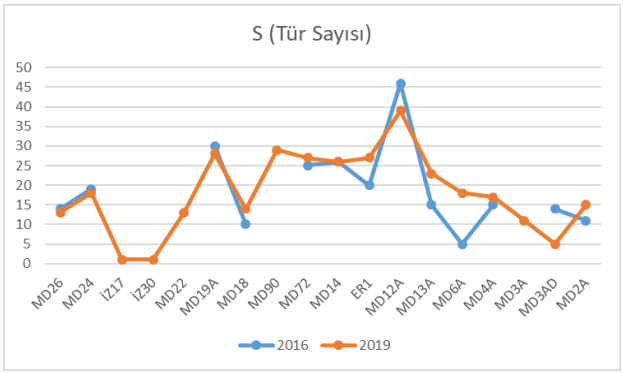


Şekil 63. İstasyonlara göre toplam makrozoobentik türlerin bolluk değerleri (adet/km^2)

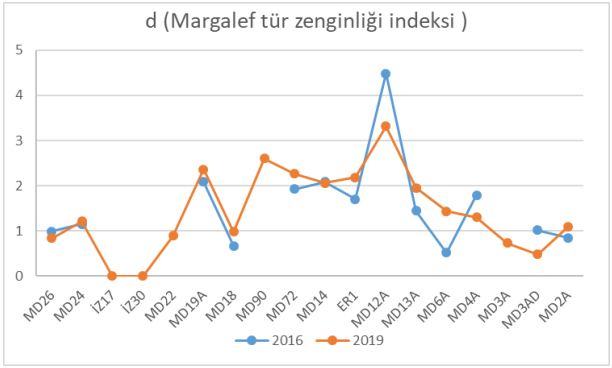


Şekil 64. İstasyonlara göre toplam makrozoobentik türlerin biyokütle değerleri (kg/km^2)

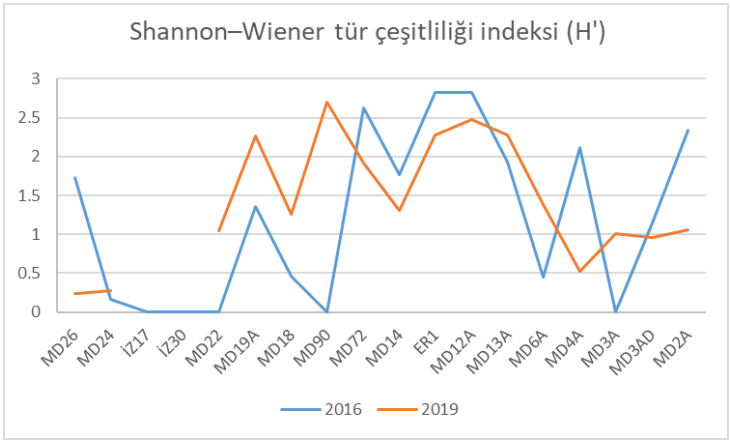
2016 yılında MD22, MD90 ve MD3A istasyonlarında hiçbir canlı bulunmazken, 2019 yılında bu istasyonlarda sırasıyla 13, 29 ve 11 tür elde edilmiştir. Buna karşın, 2016 yılında en fazla tür sayısı (46 tür) bulunan MD12A istasyonunda toplam 39 tür tespit edilmiştir (Şekil 65). Tür zenginliği değerleri incelendiğinde, en yüksek değer Erdek Körfezi'nde olmakla birlikte genel olarak güney şelfin iyi, kuzey şelfin zayıf durumda olduğu görülmektedir (Şekil 66). Bulunan indeks değerleri Wilhm ve Dorris (1966)'nin Shannon-Wiener tür çeşitliliği ve kirlilik durumu arasındaki ilişkiye göre değerlendirildiğinde; çeşitlilik indeks 3'ün üzeri temiz su, 1-3 arası orta derece kirlenmiş su ve 1'in altı kirlenmiş su olarak sınıflandırılmaktadır. Buna göre; Erdek Körfezi ve Bandırma Körfezi orta derece kirlenmiş su ve diğer alanlar ise kirlenmiş su olarak tanımlanabilir (Şekil 67).



Şekil 65. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür sayısı



Şekil 66. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür zenginliği



Şekil 67. 2016 ve 2019 yıllarında araştırma istasyonlarda tespit edilen tür çeşitliliği

Tespit Edilen Koruma Altındaki Türler

Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN)'nin türlerin risk durumunu dikkate alarak ilan ettiği kırmızı listeye göre; Marmara Denizi'nde hassas üç tür, tehlikeye yakın iki tür, düşük riskli 27 tür ve yetersiz verili üç tür bulunmaktadır (

Tablo **9**).

Tablo 9. Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) kırmızı listesine göre, Marmara Denizi'ndeki balık türlerinin durumları

IUCN Kırmızı Liste Sınıfı	Tür	Popülasyon Durumu
Hassas	*Dasyatis pastinaca*	Azalma
	Mustelus mustelus	Azalma
	Merluccius merluccius	Azalma
Tehlikeye Yakın	*Oxynotus centrina*	Azalma
	Raja clavata	Azalma
Düşük Riskli	*Torpedo marmorata*	Durağan
	Scyliorhinus canicula	Artan
	Alosa fallax	Durağan
	Blennius ocellaris	Bilinmiyor
	Arnoglossus laterna	Bilinmiyor
	Sardina pilchardus	Durağan
	Trachurus trachurus	Durağan
	Solea solea	Durağan
	Callionymus lyra	Bilinmiyor
	Callionymus pusillus	Bilinmiyor
	Cepola macrophthalma	Bilinmiyor
	Citharus linguatula	Durağan
	Spicara smaris	Azalma
	Engraulis encrasicolus	Azalma
	Merlangius merlangus	Bilinmiyor
	Gobius niger	Durağan
	Lesueurigobius friesii	Bilinmiyor
	Diplodus annularis	Durağan
	Mullus barbatus barbatus	Bilinmiyor
	Serranus hepatus	Durağan
	Trachinus draco	Durağan
	Chelidonichthys lucerna	Bilinmiyor
	Eutrigla gurnardus	Bilinmiyor
	Lepidotrigla cavillone	Bilinmiyor
	Trigla lyra	Bilinmiyor
	Uranoscopus scaber	Durağan
	Zeus faber	Bilinmiyor
Yetersiz Verili	*Squalus blainville*	Bilinmiyor
	Ophidion rochei	Bilinmiyor
	Sprattus sprattus	Bilinmiyor

Genel olarak değerlendirildiğinde, Marmara Denizi'nde biyolojik çeşitliliğin en yüksek olduğu alan Erdek Körfezi olmakla birlikte genel olarak güney şelfin iyi, kuzey şelfin zayıf durumda olduğu görülmektedir. Balıkçılık baskısı, derin deşarj etkisi, kıyısal alanların doldurulması gibi nedenler türlerin habitat kaybına yol açmaktadır.

Marmara Denizi'nde yaşayan türler bir yandan Karadeniz'in az tuzlu (‰16-18), diğer yandan ise Akdeniz'in çok tuzlu (‰35-39) sularına uyum sağlayabilen euryhalin canlılar olarak tuzluluktaki değişimlerden kolay etkilenmemektedirler. Ayrıca, pelajik balıklar demersal balıklara oranla daha yüksek oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Bu türler, ekosistemde olumsuz değişimler meydana geldiğinde ortamdan uzaklaşma eğilimi göstermektedirler. Marmara Denizi'nde pelajik balık avcılığının (istavrit, kolyos, hamsi, sardalya, lüfer, palamut) yüksek olmasından da, üst tabakanın üretimi/verimliliği sağlayan bir bölge olarak ekonomik açıdan önem taşıdığı görülmektedir. Buna karşın, demersal balıklar ortam koşullarındaki değişimlere karşı toleransı yüksek türlerdir. Ekosistemde olumsuz değişimlere meydana geldiğinde ortamdan uzaklaşma eğilimi göstermezler ve oluşan kirliliğe maruz kalırlar. Bu çalışmada, dip trol ağlarıyla demersal türler hedeflenmiş olup, özellikle kirliliğe dayanaklı bir tür olarak bilinen *Serranus hepatus* (hani balığı) türünün baskın durumuna geçtiği belirlenmiştir. Aynı şekilde, şehirleşme baskısının yoğun olduğu Doğu Marmara Denizi'nde organik kirliliğin indikatör türü olan *Spatangus purpureus* (deniz kestanesi, deniz kirpisi) yüksek yoğunlukta bulunmuştur.

3.5 Kirleticiler

Kontaminantlar, Avrupa Birliği mevzuatında; zehirli, kalıcı ve biyolojik birikime neden olan madde (kimyasal elementler ve bileşikler) veya maddeler grubu ile benzer sorunlara yol açan diğer madde veya maddeler grubu "(Su Çerçeve Direktifi, Madde 2-29) şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanım OSPAR, HELCOM ve Barselona Sözleşmelerinde belirtilen "tehlikeli madde" tanımı ile benzerdir.

Bu bölümde Deniz Strateji Çerçeve Direktifinin (DSÇD) T8 ve T9 İÇD tanımlayıcıları ele alınmaktadır. Küresel ve bölgesel düzeyde uluslararası taahhütler doğrultusunda, kirliliğin aşamalı olarak kaldırılması amacıyla deniz ortamına girdilerin önlenmesi ve azaltılması, Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi'nin ana hedeflerinden biri olarak açıkça belirtilmektedir.

Her iki tanımlayıcıda da (T8 ve T9) kirletici kaynaklar (baskılar) benzer olup, özellikle kara kökenli endüstriyel faaliyetler, evsel kaynaklar (deniz deşarjları), gemilerden kaynaklı kirlilik, atmosferik birikim, petrol, gaz ve maden arama ve işletme, tarama/boşaltım faaliyetleri ve nehir girdileri gibi çok sayıda antropojenik kaynaklardan ortaya çıkmaktadır. İnsan faaliyetleri tarafından harekete geçirilen sentetik kimyasallar ve ağır metaller denizlerimiz için büyük ölçekli bir risk oluşturmaktadır.

Sediman ve biyota matrislerinde çalışılan kirletici grupları Tablo 10'da sunulmuştur.

Değerlendirmelerde kullanılan kirletici göstergeleri:

- Sediman ve biyotada belirli kirleticilerin konsantrasyonları (IMAP/EO9: CI 17 & MSFD/D8C1*) ve seviyelerindeki zamansal değişimler
- Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirleticilerin seviyeleri ve yönetmeliklerdeki maksimum uyum seviyelerin aşılma durumu (IMAP/E9: CI 17,20 &MSFD/D9C1*)

* Bkz. EU 2017/848 ve DÇS Projesi (ÇŞB) İÇD hedef ve göstergeleri

Tablo 10. Değerlendirmede dikkate alınan sentetik ve sentetik olmayan kirleticiler

Tür	Kirletici gurubu	Kirleticiler
Sentetik olmayan kirleticiler	Metaller	Kadmiyum, cıva, kurşun, bakır, çinko, alüminyum, arsenik, kobalt, krom, demir, manganez, nikel
	Poliaromatik Hidrokarbonlar	Acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo[a]anthracene, benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene, benzo[g,h,i]perylene, benzo[k]fluoranthene, chrysene, dibenz[a,h]anthracene, fluoranthene, fluorine, indeno[1,2,3-cd]pyrene, naphthalene, phenanthrene, pyrene
Sentetik kirleticiler	Poliklorlu Bifeniller (PCB)	PCB28, PCB31, PCB52, PCB101,PCB118, PCB138, PCB153 ve PCB180
	Organoklorlu Pestisitler	a-BHC, b-BHC, d-BHC, heptachlor, aldrin, endrin, dieldrin, hexachlorobenzene, 4,4-DDT, 4,4-DDE, 4,4-DDD

3.5.1 Sedimanda Kirleticiler

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) kapsamında denizlerin iyi çevresel duruma ulaşması değerlendirilirken, tanımlayıcılardan biri (T8) olan kontaminantlar için düzeye ve eğilim kriterlerine bağlı olarak suda, sedimanda ve biyotadaki konsantrasyonlarının "kirlilik etkileri yaratmayacak düzeyde olması" istenir.

Partikül maddeye yapışmış kontaminantlar, su kolonundan çökelerek sedimanda depolanır. Doğal veya fiziksel olaylara bağlı olarak resüspansyon yoluyla parçacıklarla beslenen canlılar için kontaminasyon kaynağı olarak davranır ya da desorpsyon yoluyla tekrar su fazına geçer.

Belirli bir seviyenin üzerindeki kontaminasyon biyo çeşitliliğin kaybı gibi olumsuz sonuçlara yol açar. Sediman Kalite Kriterleri (SKK) ile karşılaştırmak, sediman kalitesini değerlendirmek için kullanılan yöntemler arasındadır (ICES CM 2003/ E:04). Sedimanda biriken kirleticilerin sucul ekosisteme olan olası etkilerini göz önüne alarak çeşitli çalışmacılar tarafından farklı yaklaşımlar kullanılarak sediman kalite kılavuzları geliştirilmiştir (US EPA 1996; Smith ve diğ. 1996; Long ve Morgan 1991).

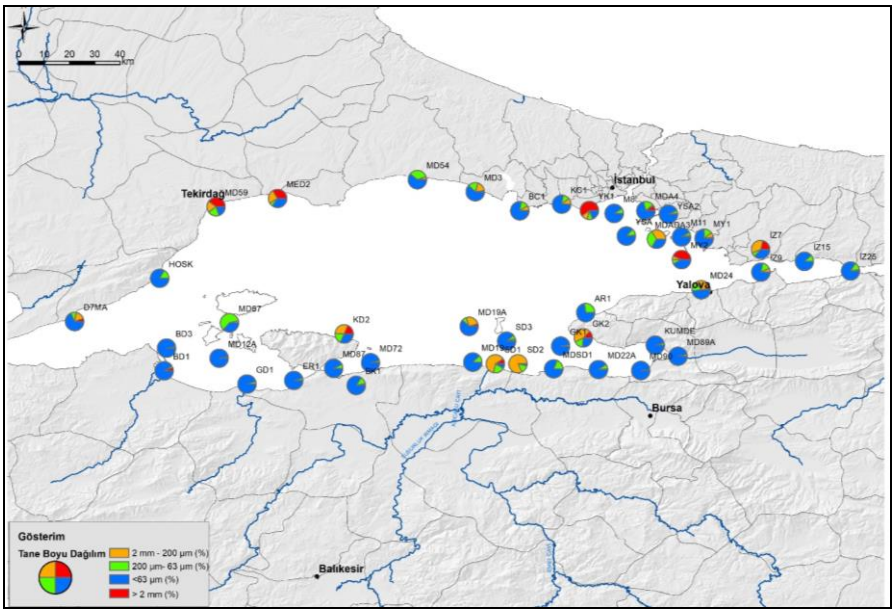
İzleme Programı kapsamında Marmara Denizi sedimanlarının kalite değerlendirilmesi sırasında Düşük Etki Aralığı, (ERL: Effects Ranges Low) (Long & Morgan, 1990; Long ve diğ., 1995) yaklaşımıyla belirlenmiş olan değerlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca sedimanda Alüminyuma göre normalize edilmiş metal derişimlerinin, referansa göre (şeyl ortalaması) değerlendirmeleri yapılmaktadır (zenginleşme faktörü: ZF).

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında 2014-2016 yılları arasında 3 yıl boyunca yaz döneminde Marmara Denizi'nde 12 istasyonda yüzey sedimanında yönelim analiz çalışması yapılmıştır. 2016 yılında yönelim analizi yapılan istasyonlara ek olarak 15 ek istasyonda (toplam 27 istasyon) sediman kirliliğinin alansal yayılımı da çalışılmıştır. 2017-2019 Programında ise sedimanda kirletici çalışması 3 yılda bir kez olarak planlanmış ve 2018 yılında Marmara Denizi'nin kıyı ve deniz alanlarını ve bunlara referans oluşturması beklenen alanları temsilen 41 istasyondaki yüzey çökellerinden örneklemeler yapılmıştır.

2018 Yılı istasyon konumlarının yer aldığı harita Şekil 68'de yer almaktadır.

Sedimanlar, tane boyu dağılımı açısından çakıl, kum (kaba ve ince), silt ve kil olarak sınıflandırılırlar. Bunların sedimandaki ağırlık yüzdesine bakılarak Şekil 68'de gösterilen prensibe göre tüm yüzey sediman örneklerinin tane boyu dağılımları incelenmiştir. Buna göre, istasyonlar arası farklı tane boyu sınıflarının MD59, YK1, MED2 ve MY2 istasyonları çakıl, KD2, GK2, SD2 ve İZ7 istasyonlarının kum ağırlıklı bunların dışındakilerin çamur boyutunda olduğu söylenebilir. Ayrıca, YK1 istasyonunda yüksek oranda kavkı tespit edilmiştir. (Şekil 68).

Kontaminant analizleri için tane boyu etkisini minimize etmek amacıyla örneklerin çamur boyutundan örnekleme yapılmıştır.

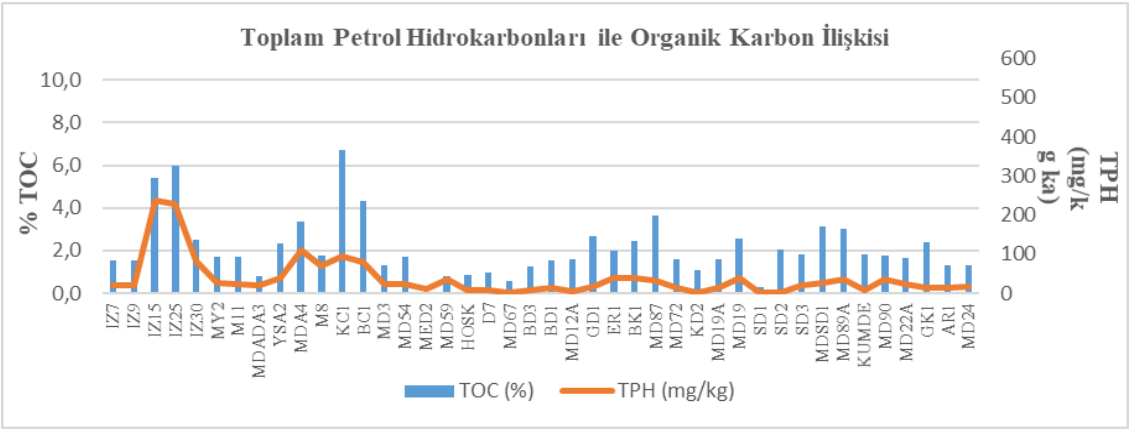


Şekil 68. Marmara Denizi 2018 yılı sediman istasyon haritası ve sediman örneklerinin tane boyu dağılımlarının gösterimi (2017-2019 DEN-İZ Programı)

Organik Kirleticiler

Organik karbon içeriği organik madde kirliliğini gösteren başlıca parametrelerden biridir. Bu birikim ince taneli malzemede daha fazladır. 2018 yılında alınan sediman örneklerinin ortalama Organik karbon (Corg) içeriğinin % 2,14 olduğu ve % 0,3 ile % 6,7 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek organik karbon içeriğine (%6,7) Küçük Çekmece yakınındaki KC1 istasyonunda görülmüştür. Bunu yüksek seviyeleri ile (ort. %5,7) İzmit Körfezi (orta) örnekleri, Büyük Çekmece (%4,3) ve Bandırma Körfezi örnekleri (ort. %3,6) izlemektedir. Kuzey Marmara ve Boğaz kontrol örnekleri, nispeten daha düşük Corg içeriklerine sahiptir.

Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH) ve TOC değişkenlerinin birbiriyle pozitif bir ilişkide olduğu gözlenmektedir. İlk bakışta görüleceği üzere İzmit Körfezi istasyonlarında (İZ15, İZ25 ve İZ30), Adalar Bölgesi (MDA4), İstanbul Boğazı-Marmara Girişi (M8) ve Küçükçekmece (KC1), Büyükçekmece (BC1) kıyılarında yüksek TPH değerleri tespit edilmiştir (Şekil 69).



Şekil 69. Marmara Denizi yüzey sedimanlarında TPH ve TOC ilişkisi

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) çevresel matrislerde yaygın olarak bulunabilen kanserojenlerdir (Dong vd., 2000; Connel vd., 1997). Bazı koşullardatoksik etki de yaratmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkabilir (pirolitik), kömür veya çeşitli rafineri ürünleri (petrojenik)kökenli olabilirler. Sedimanda izlenmeleri maruz kalınan kirlilik baskısı ve/veya kökeni hakkında bilgi verebilir.

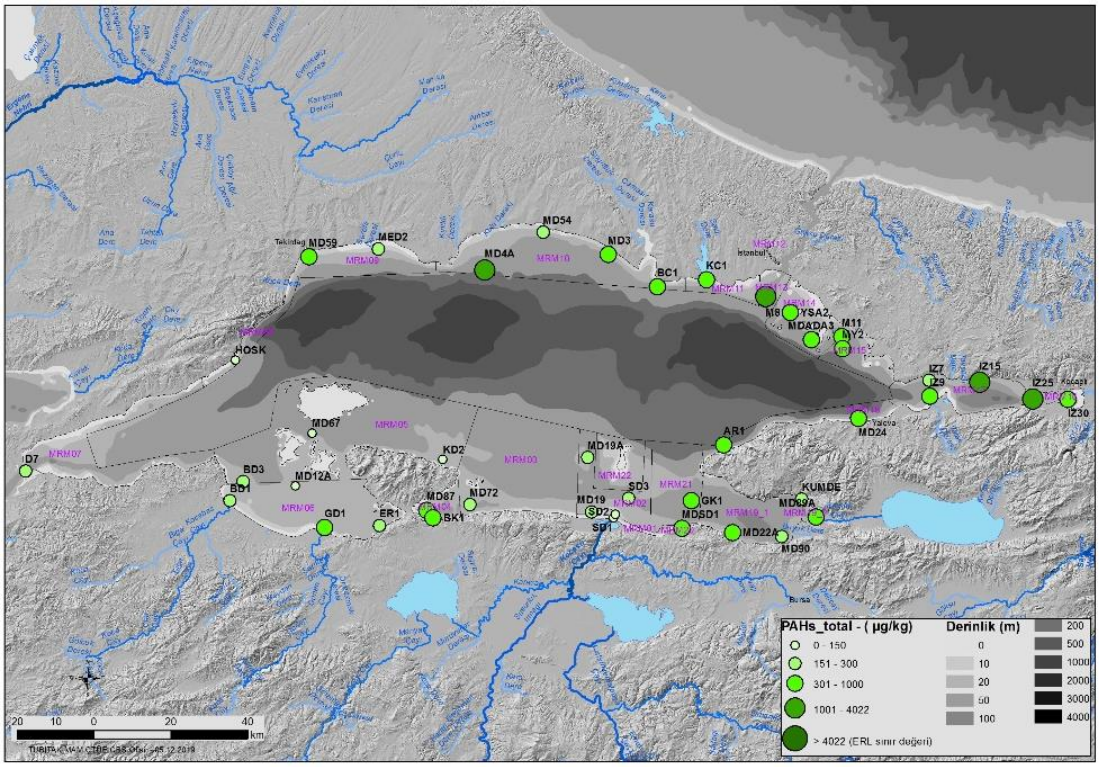
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) dağılımına bakıldığında TOC ve TPH ölçümlerinde olduğu gibi İzmit Körfezi (İZ15,İZ25, İZ5C), İstanbul Boğaz çıkışı (M8), Küçükçekmece (KC1), Adalar Bölgesi (MDA4), istasyonların diğer istasyonlara göre yüksek derişimlerde olduğu tespit edilmiştir.

İzmit Körfezi'nden alınan sediman örneğinin ekosisteme etki açısından etki sınırının üstünde İZ15 nolu istasyonda Acenapthylene Dibenzo(a,h)anthracene, Fluorene; İZ25 Dibenzo(a,h)anthracene, Fluorene ve Phenanthrene; İZ5C nolu istasyonda ise Acenaphthene, Dibenzo(a,h)anthracene, Fluorene; İstanbul Boğaz çıkışında (M8) ve Adalar Bölgesi (MDA4) de ise Dibenz (a,h)anthracene bileşenleri içerdiği görülmektedir.

Marmara Denizi'nde sediman örneklemesi yapılan diğer istasyonlarda elde edilen 16 PAH bileşeninin toplamı ise ekosisteme etki sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 71).

Sedimanda tespit edilen PAH'ların çoğunlukla pirolitik (yanma sonucu açığa çıkan) kökenli olduğu görünmektedir.

İzmit Körfezi, Hoşköy, Erdek, Bursa, Susurlukta bulunan istasyonlar petrojenik kaynaklı olup, petrol kaçakları kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 70. 2018 Yılı Marmara Denizi yüzey sedimanlarında toplam PAH dağılım haritası

Tablo 11 PAH'ların pirolitik ve petrojenik kökenleri için Marmara Denizi sedimanlarının karakteristik değerleri

İstasyon Kodu	İstasyon Yeri	PHE/ ANT	FLTH/ PYR	(PHE/ANT)/ (FLTH/PYR)
IZ7	İzmit Körfezi kuzey kıyı	0,000	0,000	0,000
IZ9	İzmit Körfezi	7,594	1,081	7,026
IZ15	İzmit Körfezi	5,837	0,678	8,609
IZ25	İzmit Körfezi doğu baseni girişi	6,769	0,772	8,765
IZ30	İzmit Körfezi - Körfez sonu	18,223	0,609	29,933
MY2	PrensAdaları- Tuzla açık	6,266	1,067	5,872
M11	PrensAdaları- Tuzla	5,225	1,106	4,725
MDADA3	Prens Adaları	5,683	1,118	5,085
YSA2	Adalar Bölgesi	5,728	1,136	5,043
MDA4	Adalar Bölgesi	3,356	1,119	2,998
M8	İstanbul Boğazı - Marmara Girişi	2,503	1,148	2,181
KC1	Küçükçekmece - Kıyı	9,408	0,980	9,598
BC1	Büyükçekmece - Kıyı	4,502	0,949	4,744
MD3	Tekirdağ - Kıyı	8,551	0,948	9,020
MD54	Silivri - Kıyı	7,282	1,173	6,209
MED2	Marmara Ereğlisi	43,508	1,343	32,393
MD59	Tekirdağ - Kıyı	5,957	1,237	4,815
HOSK	Hoşköy	26,119	0,989	26,399
D7	Çanakkale Boğazı	6,035	1,070	5,638
MD67	Marmara Adası-Güney	9,953	1,097	9,069
BD3	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	73,980	1,131	65,385
BD1	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	5,743	1,212	4,740
MD12A	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	12,355	1,017	12,152
GD1	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	10,137	0,964	10,516
ER1	Erdek Körfezi	14,113	0,975	14,468
BK1	Bandırma Körfezi	6,833	1,129	6,054
MD87	Bandırma Körfezi	5,670	1,077	5,262
MD72	Bandırma Körfezi	9,593	1,096	8,751
KD2	Kapıdağ Yarımadası-Kuzeydoğu	9,937	1,116	8,907
MD19A	Bursa Bayramdere-Açık	15,028	1,105	13,605
MD19	Bursa Bayramdere-Kıyı	7,945	1,091	7,280
SD1	Susurluk Çayı-Giriş	13,617	1,034	13,169
SD2	Susurluk Çayı-Giriş	41,179	0,853	48,290
SD3	Susurluk Çayı-Giriş	12,177	0,872	13,957
MDSD1	Mudanya Batı Kıyı	7,283	1,068	6,818
MD89A	Gemlik Körfezi	5,939	1,000	5,939
KUMDE	Gemlik K./Kumla	6,022	1,134	5,312
MD90	Gemlik Körfezi	7,701	1,072	7,186
MD22A	Gemlik Körfezi	6,327	1,128	5,607
GK1	Gemlik Körfez dışı	8,802	1,134	7,765
AR1	Armutlu - Kıyı	4,587	1,153	3,979
MD24	Yalova - Kıyı	3,152	1,268	2,486

	PHE/ANT	FLTH/PYR	(PHE/ANT)/ (FLTH/PYR)
Pirolitik kökenli	< 10	> 1	0-10
Petrojenik kökenli	> 15	< 1	> 10
Referans	Soclo (1986, Gschwend ve Hites (1981)	Sicre ve diğerleri (1987), Baumard ve diğerleri (1988)	Baumard ve diğerleri (1988)

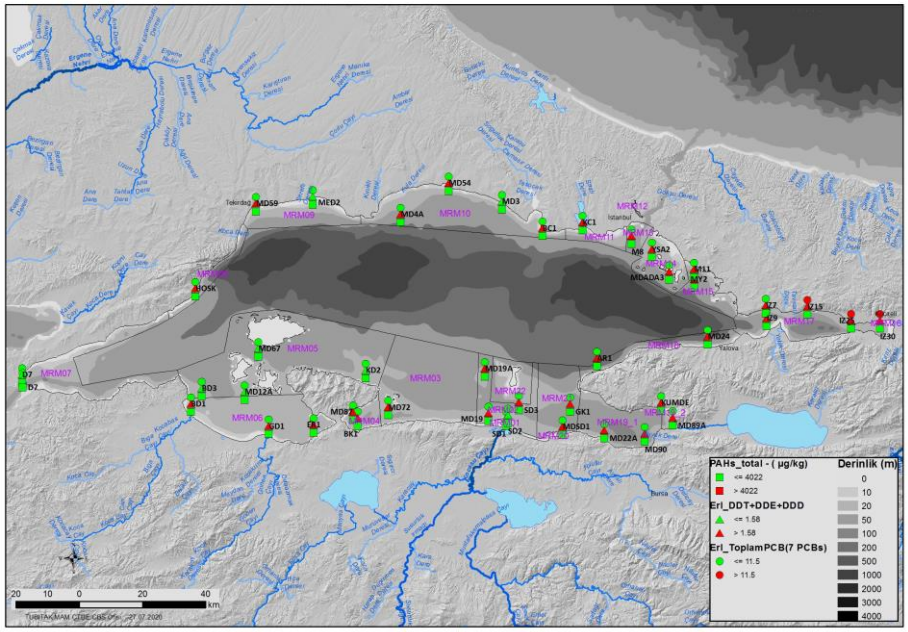
PAH oranları	0,07-0,24	Kömür yakma
	0,49	Benzin
BaP/(BaP+Chr)	0,73	Dizel motor
	0,3-0,7	Dizel motor

Marmara Denizi'nde ölçümü yapılan tüm yüzey sedimanlarında poliklorlu bifenillerin (PCB28, PCB52, PCB101,PCB118, PCB138, PCB153 ve PCB180 (£ICES-7) toplamı genel olarak ERL değerinin (11,50 ng/g) altında bulunmuştur. Sadece İzmit Körfezi'nde bulunan İZ-30, İZ-15 ve İZ-25 nolu istasyonlarda ERL değerinin üstünde toplam PCB değerine ulaşılmıştır (Şekil 70).

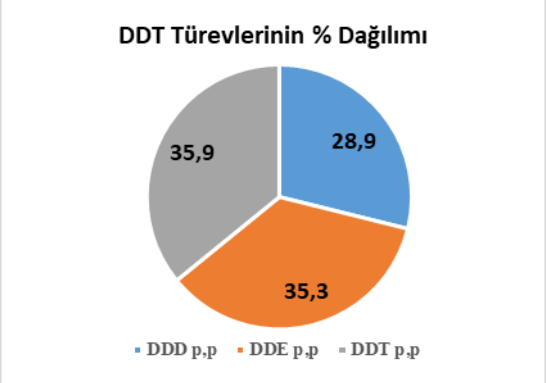
Pestisit olarak DDT'nin kullanımı 1985 yılında tamamen yasaklanmasına rağmen deniz suyunda ölçüm sınırlarının altında gözlenmekte, ancak organizma ve sedimanda bazı bölgelerde hala ölçüm sınırlarının üzerinde bulunmaktadır. Marmara Denizi sediman istasyonlarında da DDT ve türevlerine rastlanmıştır. Marmara Denizi sedimanlarında en yüksek DDT ve türevleri toplamı, İstanbul Boğazı Marmara Denizi girişinde bulunan M8 ve Küçükçekmece (KC1), İzmit Körfezi'nde İZ30, İZ15, İZ25 ve İZ5C, Gemlik Körfezi'nde bulunan MD89A ve MD22A, Erdek Körfezi'nde bulunan ER1 ve Tekirdağ MD59 nolu istasyonlarda gözlenmiştir (Şekil 70).

Sediman örneklerinde saptanan DDT türevlerinin ortalama bileşimlerine bakıldığında (p'p- DDT (% 35,9) > p'p- DDE (% 35,3) > p'p- DDD (% 28,9))

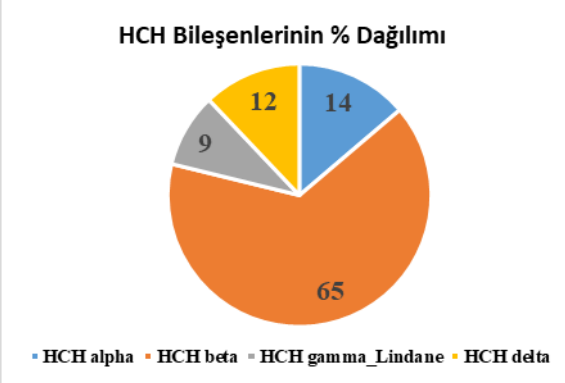
DDT'nin daha hakim olduğu belirlenmiştir (Şekil 72). DDT, aerobik koşullar altında DDE'ye ve anaerobik koşullar altında ise DDD'ye biyolojik olarak parçalanabilir (Da C., ve diğ., 2013).



Şekil 71. Marmara Denizi sediman istasyonlarında organik kirletici bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018)



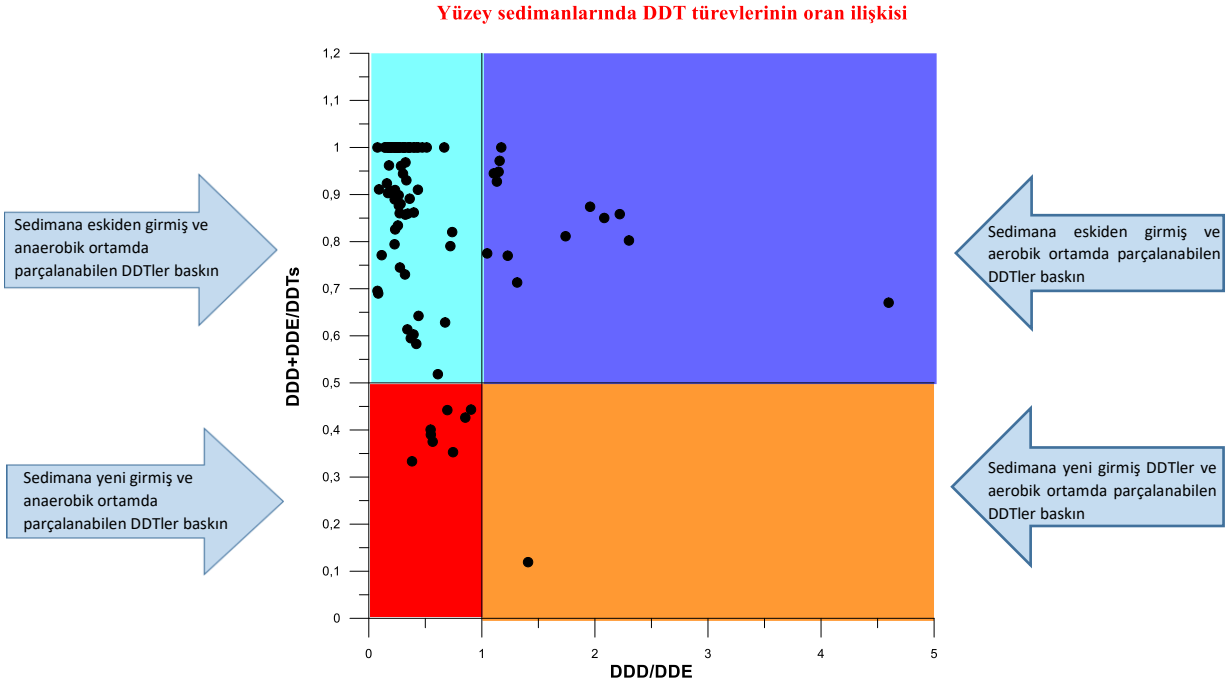
Şekil 72. Marmara Denizi sedimanlarında DDT ve türevlerinin % dağılımı



Şekil 73. Marmara Denizi sedimanlarında HCH bileşenlerinin % dağılımı

Ayrıca DDT'lerin "yeni" veya "eski" kirlilik kaynakları (DDD+DDE)/∑DDT'lerin oranı ile ayırt edilmektedir. 0,5'ten daha yüksek (DDD+DDE)/∑DDT'lerin oranı, DDT'lerin tarihsel bozulmadan kaynaklandığını göstermektedir. 0,5'ten düşük oran yeni DDT girişinin gerçekleştiğini göstermektedir (Da C., vd., 2013 Bu çalışmada sediman örneklemesi yapılan tüm istasyonların (DDE+DDD)/∑DDT oranları incelendiğinde istasyonların % 9'u 0,5'in altındadır (Şekil 74). Bu da birçok istasyonda tarihsel DDT'nin bozulmadan kaynaklı olduğunu gösterir. Bunun yanında hala DDT'lerin baskın olduğu istasyonlarda mevcut olup, izleme çalışmalarının belirli periyotlarda devam ettirilerek DDT'lerin yeni giriş yapıp yapmadığı veya DDT'nin tarihsel bozunmadan kaynaklı olarak DDE ve DDD'ye biyolojik olarak parçalanmaları takip edilmelidir.

.



Şekil 74. Marmara Denizi yüzey sedimanlarında DDT ve türevlerinin oran ilişkisi

Şekil 73'da gösterildiği gibi bu çalışmada a-HCH, b-HCH, g-HCH ve d-HCH izomerleri, toplam HCH'lerin sırasıyla yaklaşık %14, %65, %9 ve %12'ini oluşturmuştur. Marmara Denizi sedimanlarında HCH izomerleri arasında en yüksek b-HCH ölçülmüştür. Bu durum b-HCH'ın düşük buhar basıncı ve diğerlerine göre daha az parçalanabilir özelliği ile açıklana bilinir (Da C., ve diğ., 2013). a-HCH ve g-HCH nispeten yüksek buhar basınçlarından dolayı daha uçucudur ve sedimanlarda kolayca kaybolur. Marmara Denizi sedimanlarında ölçülen diğer pestisit değerlerine bakıldığında, Aldrin, Dieldrin, Endrin ve Heptaklor genel olarak düşük seviyelerde veya ölçüm sınırlarının altında tespit edilmiştir.

Anorganik Kirleticiler (Metaller)

Marmara Denizi sediman örneklerinin metal içeriklerinin referansa (ZF) ve ekosisteme etki sınır değerlerine (sucul organizmalara düşük - orta etki düzeyleri: ERL-ERM değerleri) göre durumunu yansıtan dağılım haritaları Şekil 75, Şekil 76 ve Şekil 77'de yer almaktadır.

Sedimanda Arsenik değerlerinin tümü ERL seviyesinin üstünde ERM seviyesini altındadır. ERL'nin çok üstündeki örnekler genel olarak Gönen, Susurluk, Biga Çayı gibi nehir ağızı istasyonları ile Erdek, Bandırma ve Gemlik Körfezlerinden alınanlardır.

Büyük Çekmece hariç genel olarak tüm sediman örneklerinin Kadmiyum içeriği ERL değerinin oldukça altındadır. Büyük Çekmece, Küçük Çekmece ve İzmit iç-orta istasyonlarının Cd içerikleri ise ERL seviyesindedir.

Krom içerikleri açısından ERM seviyesinin oldukça üstündeki değeri (783 mg/kg) ile dikkat çeken istasyon Gönen Çayı ağzındaki GD1dir. Bunu, ERM-ERL değerleri arasında Cr içerikleri ile Susurluk nehri yakınlarındaki MD19 ve MDSD1 istasyonları ile Erdek ve Bandırma Körfezlerindeki istasyonlar izlemektedir.

Cıva içerikleri İzmit orta-iç istasyonlarında(İZ15, İZ25, İZ30), ERM seviyesinin oldukça üstündeki değerleriyle dikkat çekmektedir. Bunu ERM'nin biraz

üstündeki (MD87) ve ERM seviyesine yakın (BK1) seviyeleriyle Bandırma Körfezi istasyonları izlemektedir.

Bakır seviyeleri, birkaç istasyon hariç genel olarak ERL seviyelerinin üstündedir. Ancak ERM seviyesine yaklaşan 200 mg/kg Cu içeriği ile Küçük Çekmece istasyonu dikkat çekmektedir.

Çinko seviyeleri arasında en dikkat çeken ERM seviyesindeki içeriği ile Küçük Çekmece istasyonudur. Bunu Büyük Çekmece ve İzmit iç-orta Körfez istasyonları izlemektedir.

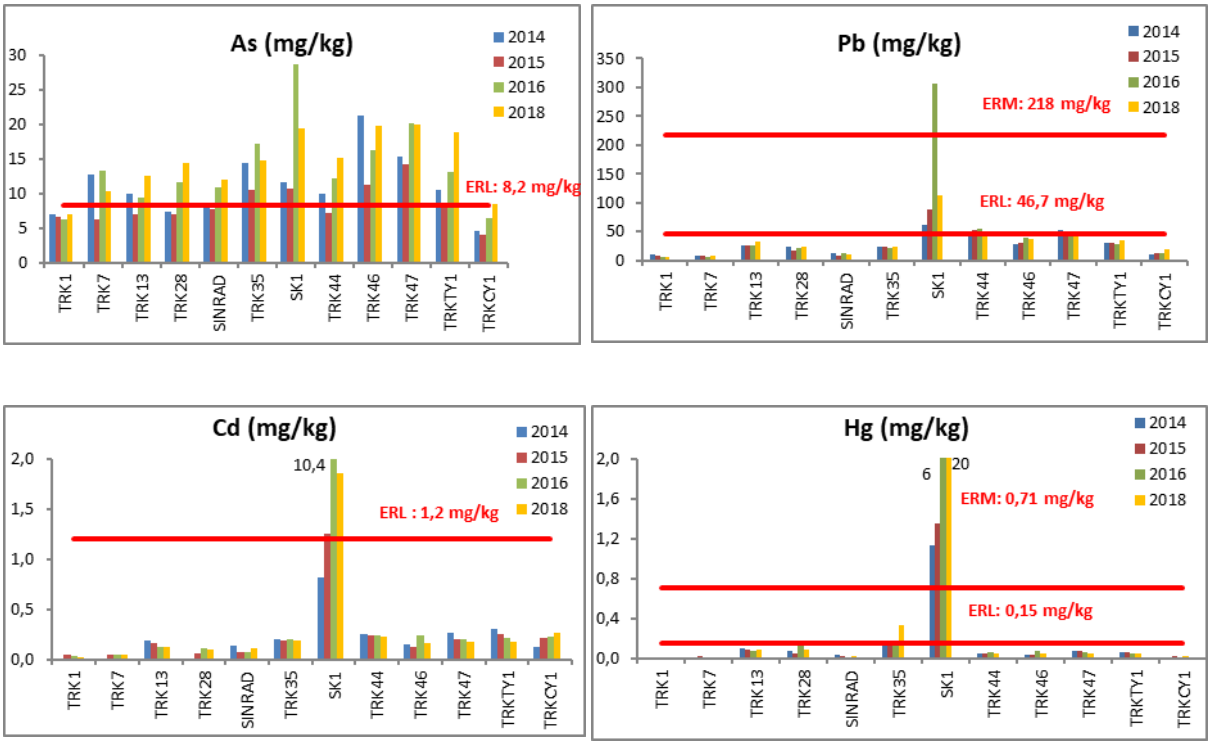
Kurşun, İzmit ve Erdek Körfezlerindeki İZ15 ve GD1, ER1 ile Kuzey batıdaki MDA4 istasyonlarındaki ERL üstündeki seviyeler dışında, genel olarak ERL seviyesinin altında dağılım göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında 2018 yılında 2014-2016 yıllarına benzer şekilde metallerin zenginleştiği gözlenmektedir.

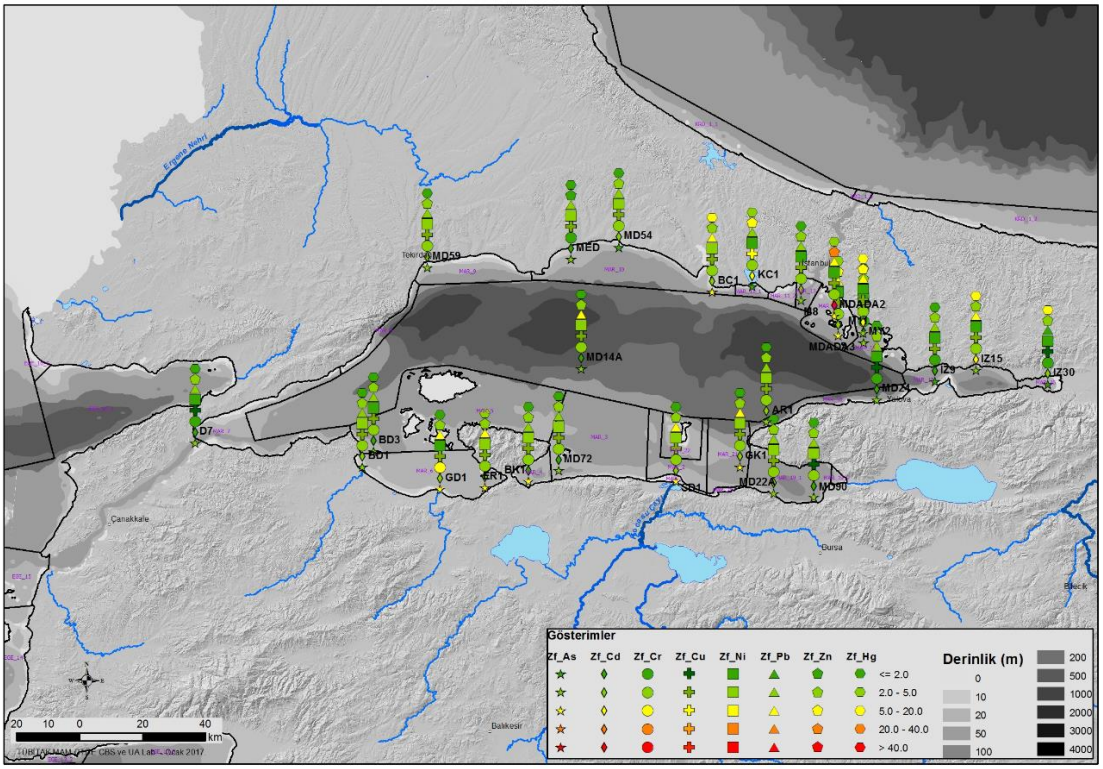
2014-2016 yıllarında olduğu gibi 2018 zenginleşme faktörlerinin dağılımına genel olarak bakıldığında, İzmit Körfezi iç ve orta istasyonlarında (İZ15, 25 ve 30) "yüksek" Civa zenginleşmesi dikkat çekmektedir. İzmit Körfezi'nde (İZ 15 ve İZ 25) ayrıca Kadmiyum, Kurşun ve Çinkonun da "orta yüksek" seviyede zenginleşme gösterdiği görülmektedir.

Büyük Çekmece'de Kadmiyum "yüksek", Çinko "orta yüksek", Küçük Çekmece 'de ise Çinko, Bakır ve Kadmiyum "orta yüksek" seviyede zenginleşmiştir.

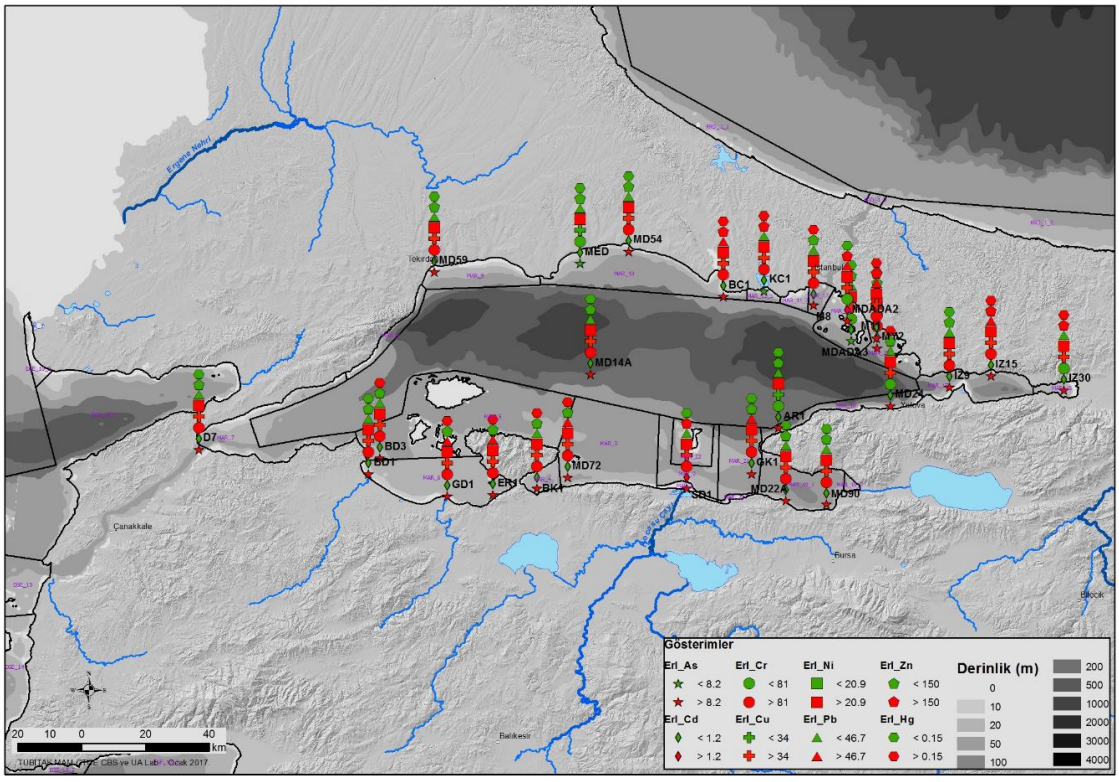
Güney batıda Gönen Çayının döküldüğü Erdek Körfezi batısındaki GD1 istasyonunda "yüksek" Krom zenginleşmesi ile "orta yüksek" Arsenik ve Krom zenginleşmesi dikkat çekmektedir. Bandırma Körfezi'nde (MD87) "orta yüksek" Cıva zenginleşmesi tespit edilmiştir.



Şekil 75. Marmara Denizi sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2018)



Şekil 76. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ZF değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018)



Şekil 77. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018)

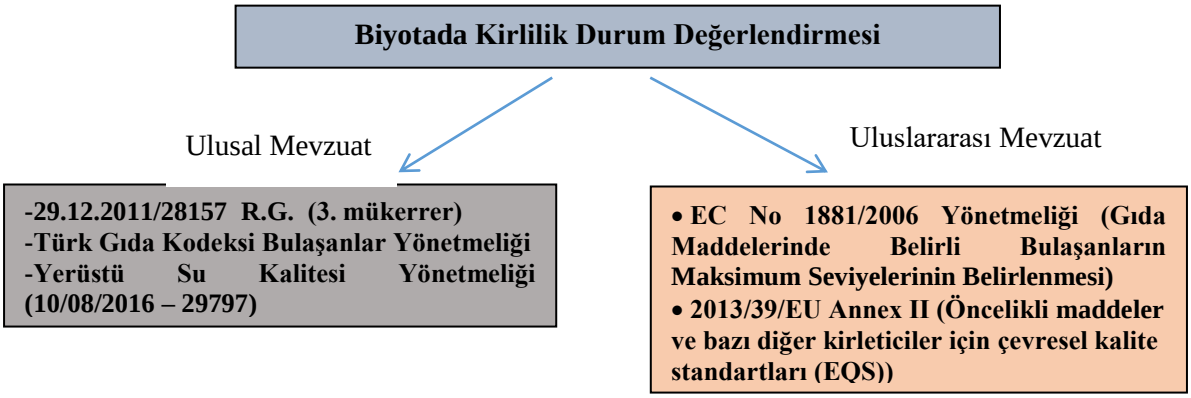
3.5.2 Biyotada Kirleticiler

Biyota matrisinde kontaminant konsantrasyonları hem biyo birikim/artış hem de söz konusu kontaminantın ekosisteme etki seviyesini gösteren eşik değerleri aşıp aşmadığı konusunda bilgi vermektedir.

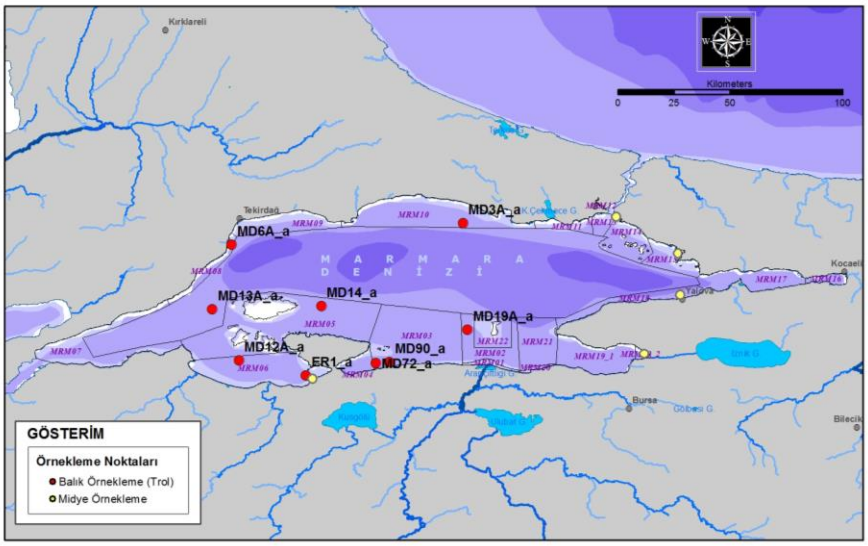
AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifinin (DSÇD) "İyi Çevresel Durum" (İÇD) tanımlayıcılarından olan T9 "Deniz Ürünlerindeki Kontaminantlar" 'a göre, insani tüketim amaçlı deniz ürünlerindeki kirletici miktarı, ulusal mevzuatta ve uluslararası standartlarda (EU Priority Pollutants Directive Annex1 (2013/39/EU) belirlenen sınırların üzerinde olamaz (Cardosa ve diğ., 2010).

DSÇD T8 tanımlayıcısında ise biyotadaki kirletici konsantrasyonlarının "kirlilik etkileri yaratmayacak düzeyde olması" istenir. Bu nedenle biyotada kirlilik durum değerlendirmesi her iki tanımlatıcı için yapılmıştır (Şekil 78).Kirleticilerin balık ve diğer deniz ürünlerinde, kabul edilen seviyenin üzerindeki varlığı hem halk sağlığını hem de deniz ürünleri üzerinden beslenen diğer canlıları olumsuz yönde etkiler.

Deniz çevresinde bulunan kirleticilerden halk sağlığına ve çevreye olan etkisinin anlaşılması için bazı kirleticiler izleme parametresi (gösterge) olarak seçilmiştir. Bir kısım kirletici için kabul edilen seviyeler tanımlanmıştır.



Şekil 78. Biyotada kirletici durum değerlendirmesine dair mevzuat



Şekil 79. Marmara Denizi 2019 yılı biyota örnekleme istasyonları

2014-2019 yıllarında Marmara Denizi'nde, Haydarpaşa, Tuzla, Yalova, Gemlik ve Erdek kıyı alanlarında midyede (M. galloprovincialis) kirleticiler çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 79).

Midye çalışmasına ek olarak, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı kapsamında, 2019 yılı güz döneminde biyota'da kirletici çalışmalarında Marmara Denizi'nde 9 farklı alandaki trol çalışmasında hem ticari ve çevresel önemi hem de denizdeki mekânsal dağılımı nedeniyle berlam, mezgit ve barbun balıkları seçilmiştir.
Trol çekimi ile örneklenen balıkların filetoları alınarak çalışma yapılmıştır. Tüm biyota numuneleri aynı boy grubunda 3 replike olacak şekilde kompozit örnekler hazırlanmıştır.

Biyotada metal kirliliği

Marmara Denizi'nde 2019 yılında toplanan tüm biyota örneklerindeki kuru ağırlık olarak (ka.) ortalama metal derişimleri;

Midye (*Mytilus galloprovincialis*): 13,26-41,47 mg/kg Cu; 0,701-1,857 mg/kg Cd; 0,713-1,716 mg/kg Pb; 1,39 -2,91 mg/kg Ni; 1,08-4,03 mg/kg Cr; 0,018-0,069 mg/kg Hg tespit edilmiştir.

Barbun (*Mullus barbatus*): 1,45-2,60 mg/kg Cu; 0,003-0,009 mg/kg Cd; 0,16-0,38 mg/kg Pb; 0,45-1,94 mg/kg Ni; 0,212-0,376 mg/kg Cr; 0,046-0,654 mg/kg Hg tespit edilmiştir.

Mezgit (*Merlangius merlangus*): 0,97-12,34 mg/kg Cu; 0,004-0,024 Cd; 0,14-0,50 mg/kg Pb; 0,35-0,87 mg/kg Ni; 0,25-0,58 mg/kg Cr; 0,023-0,320 mg/kg Hg tespit edilmiştir.

Berlam (*Merluccius merluccius*): 0,40-40,40 mg/kg Cu; 0,002-0,027 mg/kg Cd; 0,182-0,776 mg/kg Pb; 0,13-4,22 mg/kg Ni; 0,170-0,582 mg/kg Cr; 0,149-0,993 mg/kg Hg tespit edilmiştir.

Türler arası farklılıklara ilişkin olarak, midye numuneleri bakır, kadmiyum, kurşun, nikel ve krom için daha yüksek biyoakümülasyon kapasitesine sahipken, diğer yumuşakçalara kıyasla civa seviyeleri azalmıştır. Sonuçlar karşılaştırılırken midye örneklerinin kıyıdan, balık örneklerinin trolle kıyıdan biraz daha açıktan örneklendiği unutulmamalıdır.

Analizi gerçekleştirilen Marmara Denizi biyota örneklerinin (berlam, mezgit, barbun ve midye) tamamındaki metal içerikleri Cd, Pb ve Hg açısından Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan sınır değerlerin altında kalmıştır. Ancak balık örneklerindeki Cıva değerleri, AB Öncelikli Kirleticiler Direktifi Ek1 (2013/39/EU)'de ekosistem sağlığı için verilen sınır değer olan 0,02 mg/kg (yaş ağırlık) değerinin üzerinde bulunmuştur. Söz konusu AB direktifinde, öncelikli kirleticilere ait verilen sınır değerler içinde diğer ağır metaller yer almadığından herhangi bir karşılaştırma yapılamamıştır (Tablo 12).

Tablo 12. 2016 yılı Marmara Denizi biyota örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması

İstasyon Adı	Bölge	Tür	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Hg
MD6A	Tekirdağ açıkları	*Merlangius merlangus*	3,06	0,002	0,078	0,055	6,57	0,016
MD90	Gemlik Körfezi	*Merluccius merluccius*	2,64	0,002	0,099	0,096	4,49	0,096
MD3A	Büyükçekmece açıkları	*Merluccius merluccius*	4,08	0,003	0,064	0,064	4,60	0,157
MD72	Bandırma Körfezi	*Merluccius merluccius*	2,55	0,001	0,064	0,057	3,96	0,057
ER1	Erdek Körfezi	*Merlangius merlangus*	4,07	0,003	0,056	0,043	6,44	0,055
MD12A	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	*Merluccius merluccius*	3,26	0,001	0,088	0,151	5,03	0,137
MD72	Bandırma Körfezi	*Mullus barbatus*	4,13	0,003	0,103	0,086	7,85	0,070
MD90	Gemlik Körfezi	*Merlangius merlangus*	4,31	0,001	0,064	0,032	5,55	0,033
MD19A	Bursa Bayramdere açıkları	*Mullus barbatus*	6,68	0,002	0,080	0,062	7,98	0,096
MD14A	Marmara Merkez Güney	*Merluccius merluccius*	6,40	0,001	0,046	0,052	3,88	0,164
Marmara Denizi Ortalama			4,12	0,002	0,074	0,070	5,63	0,088
Türk Gıda Kodeksi				0,050		0,300		1,000
AB direktifi*								0,020

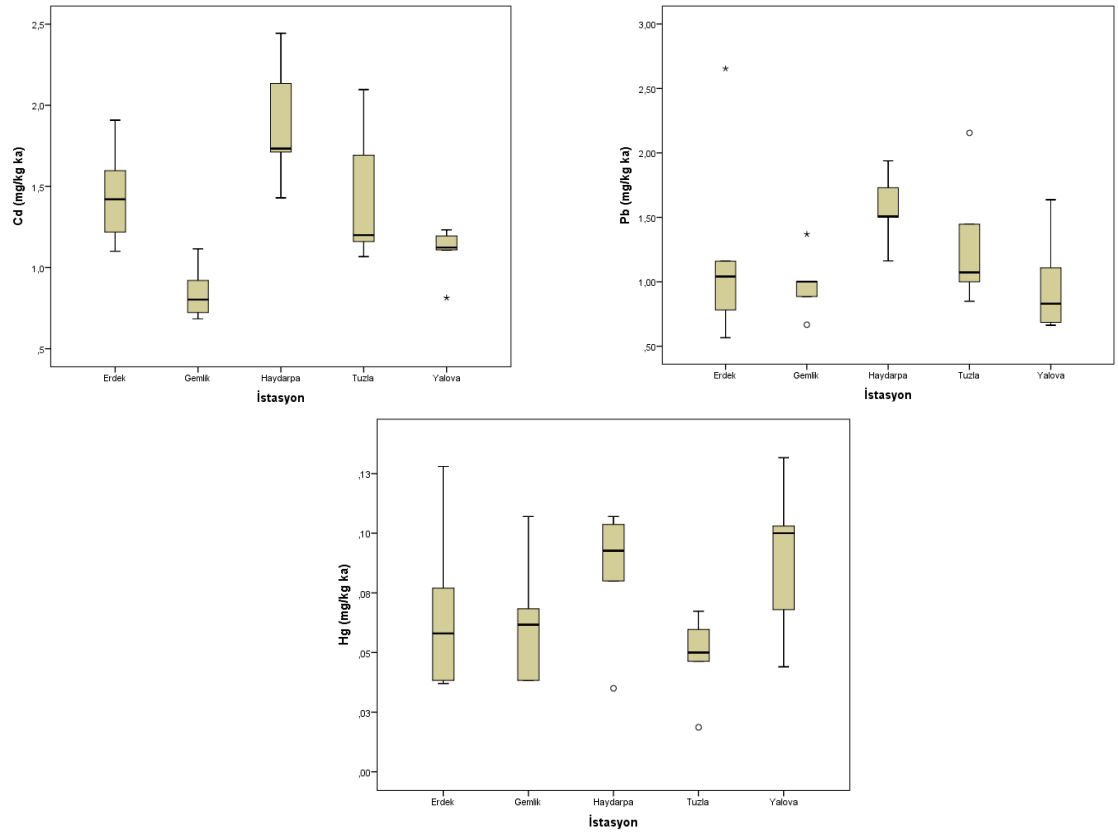
*Öncelikli Kirleticiler (2013/39/EU-Ek1)

Bölge	Tür	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Hg
Haydarpaşa	*Mytilus galloprovincialis*	2,77	0,260	0,421	0,230	35,39	0,005
Gemlik	*Mytilus galloprovincialis*	1,64	0,105	0,173	0,129	28,98	0,006
Erdek	*Mytilus galloprovincialis*	2,00	0,207	0,377	0,115	43,46	0,005
Tuzla	*Mytilus galloprovincialis*	2,18	0,174	0,494	0,161	35,49	0,003
Yalova	*Mytilus galloprovincialis*	1,85	0,175	0,280	0,126	38,60	0,010
Marmara Denizi Ortalama		2,09	0,184	0,349	0,152	36,38	0,006
Türk Gıda Kodeksi			1,000		1,500		0,500
AB direktifi*							0,020

*Öncelikli Kirleticiler (2013/39/EU-Ek1)

Bu çalışmanın asıl amacı ise kirletici seviyelerinin organizmada zamana karşı değişimini ve yönelimi bulabilmektir. Trolle alınan balıkta kirletici çalışmasında dört yıllık veri seti bu değerlendirme için yeterli olmamakla birlikte metallerin 2014-2019 yılları arasında istasyonlarda birbirine yakın değerler gösterdiği söylenebilir.

2014-2019 döneminde her yıl çalışılan midye (*M. galloproviancialis*) örneklerindeki metal seviyeleri ise Şekil 80'de verilmiştir. Midye istasyonlarında genel olarak Cd, Hg, ve Pb değerleri yüksek olmakla birlikte yönelim gözlenmemiştir.



Şekil 80. 2014 2019 yılı arasında midye'de ağır metal parametrelerinin değişimi

Biyotada organik kirleticiler

Deniz ortamına giren petrol hidrokarbonlarının önemli bir fraksiyonu buharlaşarak uzaklaşmasına rağmen, bir kısmı su içinde dağılarak zaman içinde sedimanda birikir ve/veya biyotaya transfer olur (Chouksey ve ark., 2004). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından tüm petrol hidrokarbonları arasında sadece benzen ve benzo(a)piren'in insanlarda kansere sebep olduğu kabul edilmektedir (Zhou ve ark., 2004, Zhou ve ark., 2014).

Türk Gıda Kodeksinde (TGK) maksimum limit olarak belirtilen benzo(a)pyrene, kanserojenik PAH oluşumunda ve etkisinde bir marker olarak kullanılır. Türk Gıda Kodeksindeki (TGK) çift kabuklu yumuşakçalarda Benzo(a) pyrene için maksimum limit 10,0 µg/kg yaş ağırlık, balık eti için 2 µg/kg yaş ağırlık, kabuklular için ise 5 µg/kg verilmiştir.

Marmara Denizi'nde midye (*Mytilus galloprovincialis*) örneklerinde **Benzo(a)pyrene** konsantrasyonları 0,09-0,67 µg/kg yaş ağırlık aralığında ölçülmüştür. Balık etinde ise Benzo(a)pyrene konsantrasyonları 0,02-0,45 µg/kg yaş ağırlık arasındadır. Hem midye örneklerinde hem de balık örneklerinde sınır değerin altında Benzo(a)pyrene konsantrasyonları tespit edilmiştir

Fluoranthene konsantrasyonları ise midye'de 1,28-6,64 µg/kg yaş ağırlık, balık etinde 0,82-6,62 µg/kg yaş ağırlık aralığında ölçülmüştür. Tüm değerler AB Su Çerçeve Direktifinde biyotalar için verilen sınır değerin (30 µg/kg yaş ağırlık) altında bulunmuştur.

Yenilebilir dokulardaki (midye ve balık) **toplam PCB'lerin** (ICES-7) (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 ve PCB180) konsantrasyonları, Türk gıda kodeksinin izin verilen maksimum limit değerlerinin (75 ng/g ya) altındadır. Ancak istasyonlar arasında en yüksek toplam PCB değerleri Büyükçekmece açıkları (ort:15,6

ng/g yaş ağırlık) ile Güney Marmara Bölgesi'nde (ort:12,6 ng/g yaş ağırlık) berlam balığında ölçülmüştür. 2019 Yılında midye de ölçülen PCB bileşiklerinin konsantrasyonu 0,30-2,02 ng/g yaş ağırlık, balıkta (berlam, mezgit, barbun) 0,38-17,80 ng/g yaş ağırlık arasında değişim göstermektedir.

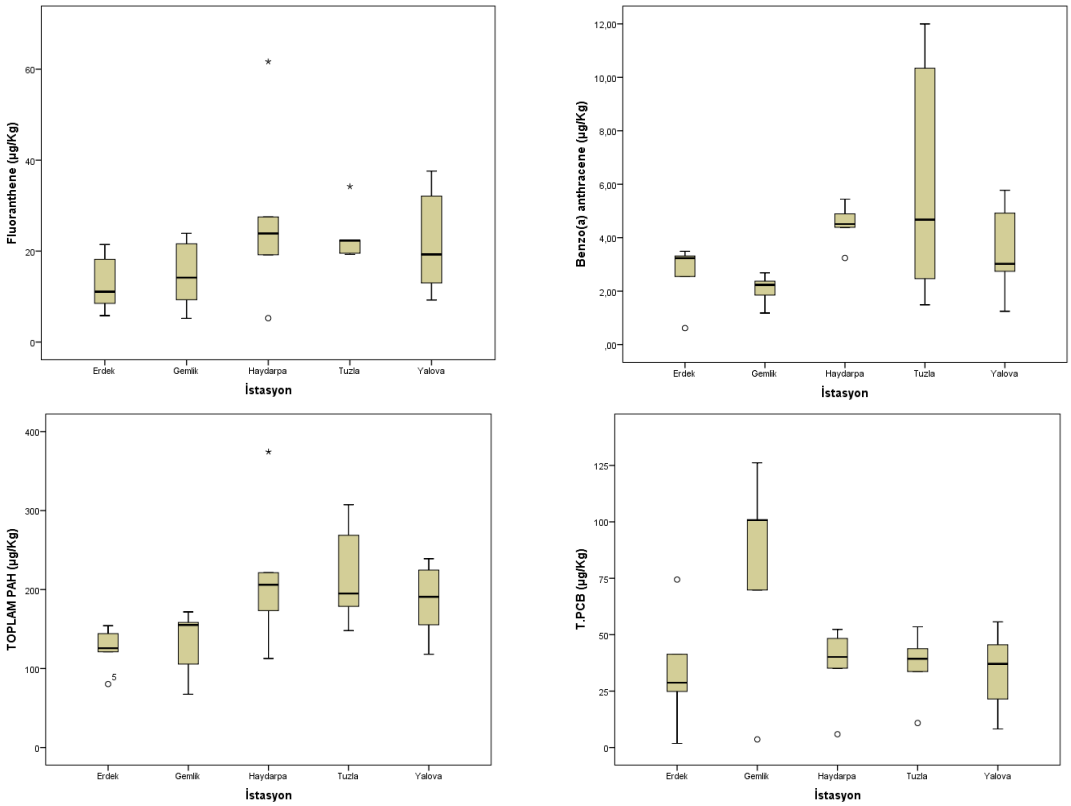
Pestisit olarak DDT'nin kullanımı 1985 yılından beri yasaklanmasına rağmen atmosferik ve diğer yollarda taşınması çok kolay olan bu kirleticinin ülkemiz karasularında ölçülmesi oldukça muhtemel görülmektedir. 2014-2016 yıllarında olduğu gibi 2019 izleme programında da tüm istasyonlardan toplanan, balıketinde yapılan ölçümlerde DDT ve türevlerine rastlanmıştır.

2019 yılı izleme programı kapsamında Marmara Denizi'nde yapılan çalışmada midye'de (Mytilus galloprovincialis) konsantrasyon değişimi 2,09-9,92 ng/g yaş ağırlık, balık'ta (berlam, istavrit) 0,99-55,51 ng/g yaş ağırlık olarak **p,p DDT, p,p DDE ve p,p DDD toplamına** rastlanılmıştır.

Biyota örneklerinde yağları uzaklaştırmak için, Sülfürik asit ile ekstraksiyon yapılmıştır. Dieldrin ve Endrin asit ekstraksiyonu aşamasında kaybolmaktadır. Bu yüzden biyota örneklerinde Dieldrin ve Endrin ölçülememiştir.

HCH-beta konsantrasyonları, balıklarda 0,07-2,14 ng/g ka. olarak değişim göstermiştir.

Diğer organoklorlu pestisitler ise (aldrin, HCH-alpha, HCH-delta, lindane, heptaklor) ölçüm limitlerinin altında tespit edilmiştir.



Şekil 81. 2014 2019 yılları arasında midye'de Fluronthene, Benzo(a)anthracene, T.PAH ve T.PCB parametrelerinin değişimi

3.5.3 Radyoaktivite Düzeyleri

DEN-İZ Programı kapsamında yapılan radyoaktivite izlemeleri Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK), Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü-İstanbul (Mülga Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM)) işbirliği ile gerçekleştirilmektedir. İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi'nde, 2015-2019 yılları arasında toplam 4 istasyonda (KO, İZ17, ER1, MD59) yüzey suyu ve sedimanda radyoaktivite düzeyleri izlenmiştir. Deniz radyoaktivitesi doğal ve yapay izotoplardan kaynaklanır. Doğal radyoaktivite Uranyum, Toryum, Aktinyum serisi ve K-40 v.b. izotoplardan meydana gelir ve toplam radyoaktivitenin önemli bir bölümünü oluştururlar. Antropojenik (yapay) kaynaklı radyoaktivite ise Sezyum, Stronsiyum, Plutonyum vb. izotoplardan kaynaklanır, nispeten düşük aktiviteye sahip olmasına rağmen asıl kirlilik kaynağını oluştururlar. İzleme döneminde deniz suyunda izlenen parametreler Cs-134, Cs-137, Sr-90, Pu-239/240, toplam alfa/beta sayımı, U-238, H-3 iken, sedimanda ise antropojenik (Cs-134, Cs-137, Pu 239/240) ve doğal (Ra-226, K-40, Th-232, U-238) radyoizotoplardır.

Deniz Suyunda Doğal ve Yapay (Antropojenik) Radyoaktivite

2014-2019 izleme döneminde deniz suyunda doğal izotoplardan U-238, U-234 ve U-235 ve Ra-226 izotopu ile kozmojenik izotoplardan H-3 izotopu izlenmiştir. Uranyum aktivitesinde KO (İst. Boğazı)istasyonu aktivitesinde anlamlı değişimler gözlenmiş ancak diğer istasyonlarda yıllara göre küçük farklılıklar olmasına rağmen **önemli bir değişiklik izlenmemiştir.** En yüksek U-234 aktivitesi 2016 yılında İZ17 (İzmit Körfezi) istasyonunda 39,0 ± 4,4 mBq/L, en düşük 2019 yılında KO istasyonunda 27,0 ± 4,5 mBq/L, beş yıllık ortalama aktivite 35,1 ± 3,6 mBq/L olarak tespit edilmiştir. En yüksek U-238 aktivitesi 2016 yılında ER1 (Erdek)istasyonunda 33,2 ± 4,0 mBq/L, en düşük 2018 yılında KO istasyonunda 22,1 ± 3,9 mBq/L, beş yıllık ortalama aktivite 28,5±3,1 mBq/L olarak ölçülmüştür. U-235 aktivitesi oldukça düşük düzeyde (0,80 ile 2,30 mBq/L) olup, önemli bir değişim izlenmemiştir. Denizlerdeki uranyum konsantrasyonu yaklaşık olarak 1,3 pbb (0,1 ile 5,9 pbb) bu da yaklaşık olarak 32,8 mBq/L aktivite değerine eşit olup sonuçlarımızla uyumludur. Deniz suyundaki uranyumun temel kaynakları, magmatik, metamorfik ve tortul kayaçlardır. Bunlar çeşitli atmosferik proseslerle çözülerek yüzey sularına karışır ve akarsularla denizlere taşınırlar. Nehir ağzına göre konumu, tuzluluk, derinlik, pH, redoks potansiyeli, iletkenlik vb. parametrelere göre farklılık gösterirler.

Ra-226 aktivite düzeyleri yıllar ve istasyonlara göre ayrı ayrı incelendiğinde İstasyonlar arasında önemli farklar olduğu ancak yıllara göre anlamlı bir değişim göstermediği görülmektedir. 2015-2019 yılı ortalama beş yıllık değişim trendinin yatay seyir izlediği görülmüştür. En yüksek Ra-226 aktivitesi 2015 yılında MD59 (Tekirdağ) istasyonunda 2,14 ± 0,42 mBq/L, en düşük 2018 yılında KO istasyonunda 0,46 ± 0,16 mBq/L, beş yıllık ortalama aktivite 1,08 ± 0,48 mBq/L olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar arasında beş yıllık izlem süresince anlamlı bir fark görülmemiş sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Radyum izotopunun suda çözünürlüğü çok yüksek olduğundan deniz sularında çözünmüş halde bulunur. Radyumun denizlerdeki aktivite düzeyleri oldukça düşük olmasına rağmen radyotoksisitesi oldukça yüksektir. Besin zinciri ile sindirim kanalından vücuda

alınır ve özellikle kemik dokularına yerleşirler. Toplam alfa ve beta aktivitelerinde beş yıllık izlem süresince her hangi bir anormal değişim izlenmemiştir.

2014-2019 izleme döneminde deniz suyunda antropojenik radyoizotoplar içerisinde deniz kirliliği açısından en önemlileri olan sezyum (Cs-137 ve Cs-134), stronsiyum (Sr-90), pulütonyum (Pu-239+240) ve trityum (H-3). İzotopları izlenmiştir. Marmara Denizindeki antropojenik radyoaktif kirliliğin en önemli nedeni, Çernobil kazası sonrası Karadeniz'den İstanbul Boğazı yoluyla önemli radyoizotop geçişinin olmasıdır. Bunun yanında nükleer silah denemeleri, izotop üretim tesisleri, tarımda kullanılan gübreler, endüstri ve tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılan izotoplar başlıca kirlilik kaynaklarıdır. Son beş yıllık Cs-137 ve Sr-90 aktivite konsantrasyonları gerek istasyonlar bazında gerekse yıllık ortalama değerler açısından incelendiğinde çok küçük değişimler olsa da önemli bir değişim izlenmemiştir. H-3 aktivitesinde ise önemli farklılıklar ve değişimler gözlenmiştir. Pu-239+240 konsantrasyonları çoğunlukla ölçüm limitinin altında kalmıştır.

En yüksek Cs-137 konsantrasyonu 11,4 ±0,5 mBq/L ile 2015 yılında KO istasyonunda, en düşük ise 2017 yılında 4,80±0,70 mBq/L ile İZ17 istasyonunda tespit edilmiştir. Tüm istasyonlar için 2015-2019 ortalama aktivite 7,53±1,34 mBq/L'dir. Bu sonuçlar Karadeniz verileri ile karşılaştırıldığında daha düşük olup beklenen durumdur. Cs-134 konsantrasyonu tüm istasyonlarda ölçüm limitinin altında kalmıştır.

Sr-90 konsantrasyonu Cs-137' e göre daha düşük olmakla birlikte paralellik göstermiştir. En yüksek aktivite 2017 yılında İZ17 istasyonunda 5,40±0,20 mBq/L, en düşük 2016'da ER1 istasyonunda 0,80±0,40, beş yıllık ortalama 3,37±1,29 mBq/L'dir. Karadeniz sonuçlarına göre daha düşük aktivite değerlerleri izlenmiştir.

H-3 aktivitesi istasyonlar ve yıllara göre önemli değişimler göstermiştir. Bunun sebebi trityumun hem yapay hem de doğal kozmojenik kaynaklı izotop olması, güneş ve dış uzay kaynaklı kozmik aktivitelere ve atmosferik olaylara bağlı olarak denizlerdeki aktivitesinin farklılık göstermesidir.

Son beş yıllık dönemde Pu-239+240 düzeyleri genellikle ölçüm limitinin altında kalmıştır. İZ17 istasyonunda bir dönem 2019'da, MD59 istasyonunda bir dönem 2016'da, KO istasyonunda iki dönem, 2015 ve 2017 yıllarında, ER1istasyonunda iki dönem 2016 ve 2017 yıllarında ölçüm yapılabilmiş olup sırası ile 0,0021±0,0016, 0,002±0,001, 0,013±0,009, 0,004±0,001, 0,017±0,01, 0,004±0,002 mBq/L olarak ölçülmüştür. Diğer dönemlere ait örnek aktiviteleri ölçüm limitinin altında bulunmuştur. Bu değerler oldukça düşük olup deniz kirliliği açısından herhangi bir risk oluşturmamaktadır.

Radyoaktif kirlilik ve "Radyasyon Güvenliği" konularında en üst kurum olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA), yüksek seviyeli atıkların tanımlanması ve özel izin gerektiren atıkların sınır değerleri konusunda önerilerde bulunmaktadır. İlk olarak 1974'te denizlere atılmaya elverişli olmayan yüksek seviyeli radyoaktif atıklar için geçici tanımlamalar getirilerek önerilerde bulunmuş ve bunlar 1978 ve 1986 yıllarında yeniden gözden geçirilmiştir. Radyoizotopların oşinografik davranışları ile ilgili artan bilgi ve gelişmiş değerlendirme yetenekleri doğrultusunda gerekli revizyonlar yapılmıştır.

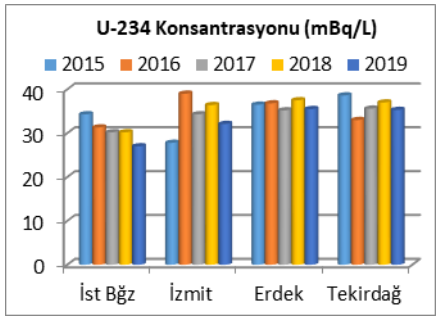
1986'da denize boşaltmak için uygun olmayan yüksek seviyeli radyoaktif atık

veya diğer yüksek seviyeli radyoaktif madde tanımları aşağıdaki gibidir.

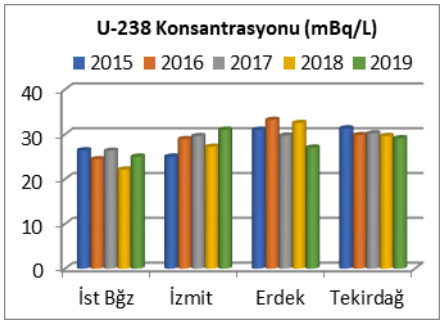
- Işınlanmış reaktör yakıtları; kimyasal çözücüler kullanılarak ektraksiyon yoluyla yeniden işlenmesinden oluşan sıvı atıklar, ya da eşdeğerleri ve bunların katılaştırılmış formları.
- Diğer herhangi bir atık veya radyoaktif maddeler, aşağıda belirtilen sınır değerleri geçemez:
  a) Bu sınır değer alfa yayınlayıcı izotoplar için 5 x 10^{-5} TBq/kg,
  b) Yarı ömrü bir yıldan fazla olan beta ve gama yayınlayıcı izotoplar için 2x10^{-2} TBq/kg (trityum hariç),
  c) Trityum ve yarı ömrü bir yıl veya daha kısa beta ve gama yayınlayıcı izotoplar için 3 TBq/kg olarak belirlenmiştir.

UAEA yüksek düzeyli radyoaktif atıklarla ilgili önemli sınırlamalar getirmektedir. Ancak denizlerdeki radyoaktif kirlilik aynı zamanda düşük seviyeli birçok farklı kaynaktan da etkilenmektedir.

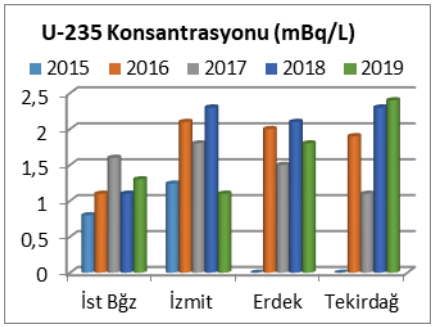
Yüzey sularında doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 82 ve Şekil 83' de gösterilmiştir.



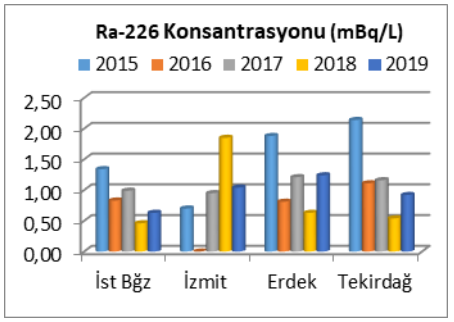
(a)



(b)

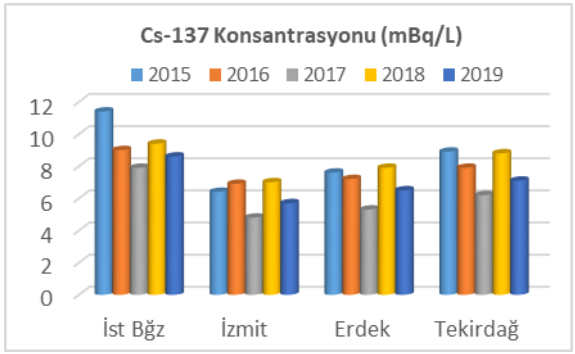


(c)

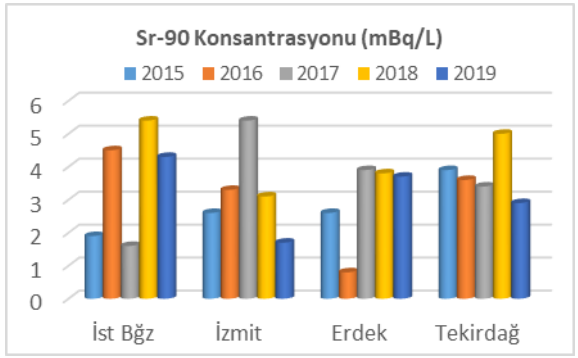


(d)

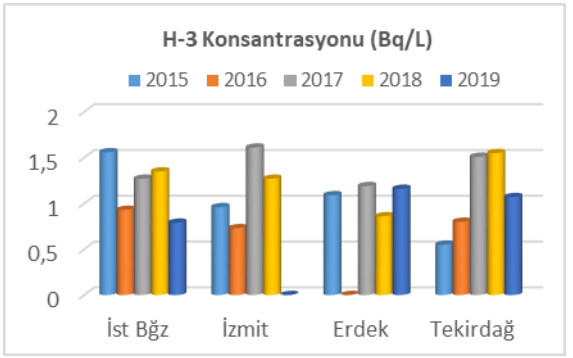
Şekil 82. Deniz suyunda doğal radyoizotop konsantrasyonları (2015-2018), a, b, c Uranyum, d. Radyum



(e)



(f)



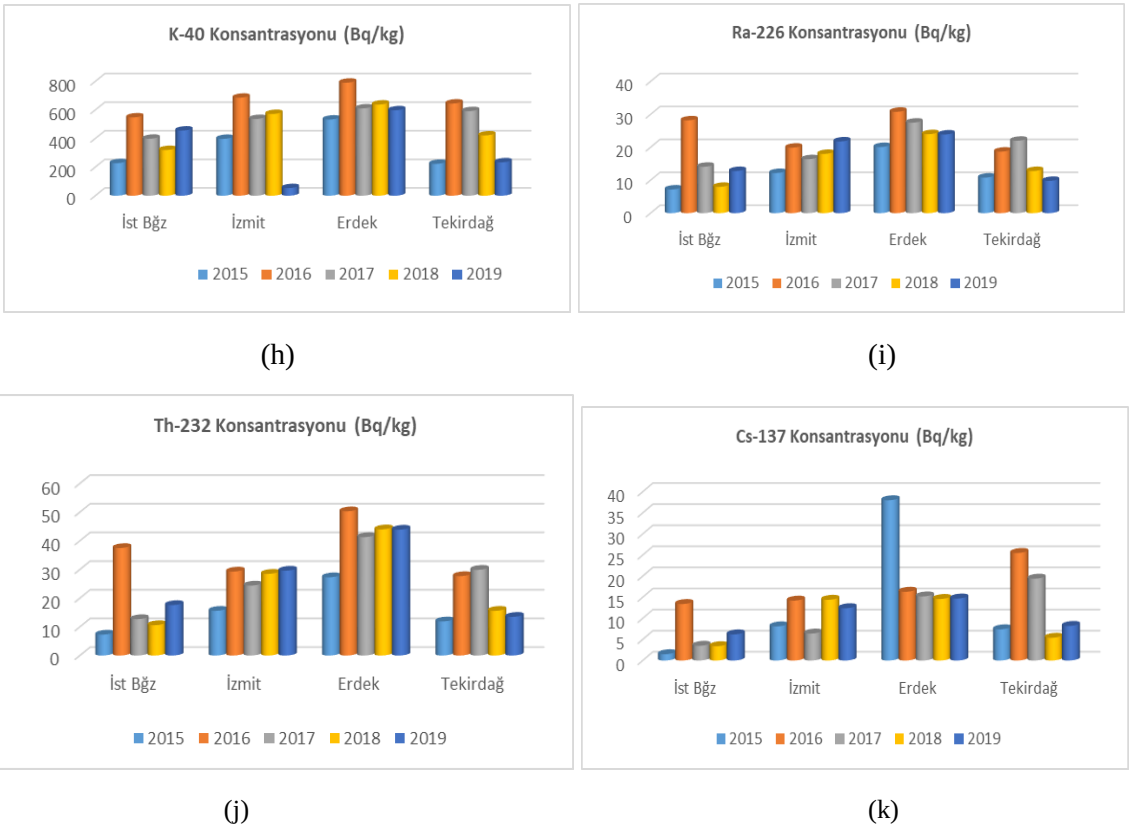
(g)

Şekil 83. Deniz suyunda antropojenik ve kozmojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2019), e. Sezyum, f. Stronsiyum ve g. Trityum

Sedimanda Radyoaktivite

İzleme programı kapsamında 6 istasyonda doğal izotoplardan potasyum (K-40), radyum (Ra-226) ve toryum (Th-232) ile antropojenik izotoplardan sezyum (Cs-137 ve Cs-134) izotopları izlenmiştir.

2015-2019 izleme döneminde istasyonlara göre önemli farklılıklar olmasına rağmen yıllara göre ortalama doğal ve yapay izotop konsantrasyonlarında önemli değişimler gözlenmemiştir. Beş yıllık dönemde en yüksek K-40 aktivitesi 2016 yılında ER1 istasyonunda 791±87 Bq/kg, en düşük 2019 yılında MD59 istasyonunda 223±26 Bq/kg ve beş yıllık ortalama 498±113 Bq/kg olarak tespit edilmiş olup, normal değerler arasındadır. K-40, potasyumun üç izotopundan tek radyoaktif olanıdır ve toplam potasyum izotoplarının sadece %0,0118'ni oluşturur ki topraktaki konsantrasyonu yaklaşık 120 ppm (120 gram/ton) düzeyinde olup spesifik aktivitesi 262,7 kBq/g'dır. Yer kabuğunda jeolojik yapıya bağlı olarak farklı konsantrasyonlarda bulunur. Gama ve beta yayınladığı için iç ve dış ışınlanmalara neden olur. Topraklardaki K-40 aktivitesinin dünya ortalaması 400 Bq/kg mertebesindedir. Doğal izotop olduğu için deniz sularındaki ve sedimetlerdeki düzeyleri tamamen deniz jeolojisi ve oşinografik proseslerle açıklanabilir. En yüksek Ra-226 aktivitesi 2016 yılında ER1 istasyonunda 30,8±3,2 Bq/kg, en düşük 2015 yılında KO istasyonunda 7,20±0,80 Bq/kg ve beş yıllık ortalama 18,0±5,4 Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Radyum yer kabuğunda çok düşük konsantrasyonlarda, yani ppt (miligram/ton) düzeyindedir. Uranyumun bozunumundan oluşur ve radyoaktivitesi oldukça yüksektir. Spesifik aktivitesi 36,6 cigabekerel (36,6 GBq/g), olup bozunumunda hem alfa hem de gama ışıması yaptığı için iç ve dış ışınlanmalara neden olur. Doğal radyoizotop olduğu için deniz suyu ve sedimanlardaki konsantrasyonları deniz jeolojisi ve oşinografik proseslerle farklılık göstermektedir. En yüksek Th-232 aktivitesi 2016 yılında ER1 istasyonunda 50,3±4,9 Bq/kg, en düşük 2015 yılında KO istasyonunda 7,3±0,8 Bq/kg ve beş yıllık ortalama 25,9±7,4 Bq/kg olarak tespit edilmiştir. Bu değerler normal beklenen değerler olup normal sınırlardadır. Yer kabuğundaki konsantrasyonu yaklaşık olarak 6 ppm (6 gram/ton) seviyesindedir. Silis örneğinde olduğu gibi doğal çevrede diğer mineraller ile çeşitli kombinasyonlarda bulunur, suda kolay çözünmez, topraktan veya sudan havaya buharlaşmaz. Doğal radyoizotop olduğu için deniz suyu ve sedimanlardaki konsantrasyonları bölgesel farklılık gösterebilir. Cs-137 istasyonlar arasında önemli derecede farklılık göstermiştir. En yüksek Cs-137 aktivitesi 2015 yılında ER1 istasyonunda 38,0 ± 4,1 Bq/kg, en düşük 2015 yılında KO istasyonunda 1,50 ± 0,3 Bq/kg ve beş yıllık ortalama 12,4±5,9 Bq/kg olarak tespit edilmiştir. İstasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde özellikle KO istasyonundaki radyoaktivitenin diğer istasyonlara göre daha hızlı değişim gösterdiği görülmektedir. Beş yıllık izlem süresince istasyonlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde, beş yıllık ortalama aktivite en yüksek ER1 istasyonunda görülmüştür (21,0±11,3 Bq/kg). Bu durum en fazla Cs-137 çökelmelerinin bu bölgelerde gerçekleştiğini göstermektedir. Çernobil (1986) kazasından bu yana bir yarılanmadan fazla zaman geçmesine rağmen bu düzeyde aktivitenin yüksek olması, kıyılarımızın önemli düzeyde kontamine olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonlarının yıllara göre değişimi Şekil 84' de gösterilmiştir.



Şekil 84. Sedimanda doğal ve antropojenik radyoizotop konsantrasyonları (2015-2019), h. Potasyum, i.Radyum, j.Toryum ve k. Sezyum

3.6 Deniz Çöpleri

Deniz çöpleri, nehirlerle, kanalizasyon veya drenaj sistemleri yoluyla, erozyon, rüzgâr gibi doğal yollarla denize ve kıyısal ortama taşınan üretilmiş/işlenmiş kalıcı madde olarak tanımlanmaktadır (UNEP, 2005; Galgani vd., 2010).

Çöplerin özellikle mikro parçacıklar olarak varlıkları ve bunların etkileri ise yeni yeni anlaşılmaya başlamış olup bu konudaki çalışmalar küresel ölçekte oldukça sınırlıdır. AB DSÇD ve UNEP/MAP IMAP kapsamında da ele alınmaktadır.

Gerek DSÇD ve gerekse UNEP/MAP-IMAP açısından önemli olan göstergeler şunlardır:

- Sahilde ve su kolonundaki (yüzeyde sürüklenenler de dahil) ve deniz tabanında biriken çöplerin miktar yönelimleri, içerik analizleri, bölgesel dağılımı (IMAP/EO10, CI 22-23 & MSFD/D10C1)
- Mikropartiküllerin (özellikle mikroplastiklerin) miktar, dağılım ve mümkünse içerik yönelimleri (IMAP/EO10, CI 23 & MSFD/D10C2)
- Deniz hayvanları tarafından sindirilen çöplerin miktar ve içerik seviye ve yönelimleri (örn.,mide içeriği analizleri) (IMAP/EO10, CI 24 & MSFD/D10C3)

2014-2016 izleme döneminde deniz suyu ve sedimanında yapılan mikroplastik çalışmalarına 2017-2019 programında ara verilmiştir. Sonuçlar, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporunda (ISBN: 978-605-5294-72-4) değerlendirilmiş, ilk seviye tespitleri yapılmış, veri kalite güvencesi ve kapasite

oluşturma yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ancak, izleme çalışmalarının kapsamlı ve rutin olarak sürdürülebilmesi için kapasitelerin (özellikle personel) arttırılması gereklidir. 2020-2022 dönemi izleme programında tüm denizlerimizde pilot ölçekli mikroplastik çalışmalarının yapılması planlanmaktadır.

Ulusal izleme programı kapsamında Marmara Denizi'nde sahil çöplerinin izlenmesi ilk defa 2017 yılında başlamıştır. Örnekleme yeri olarak Karadeniz'de Sarısu plajı seçilmiştir. Makro çöpler ayrıca 2016 yılında olduğu gibi 2019 yılında da deniz tabanında çalışılmıştır.

3.6.1 Sahilde Çöpler

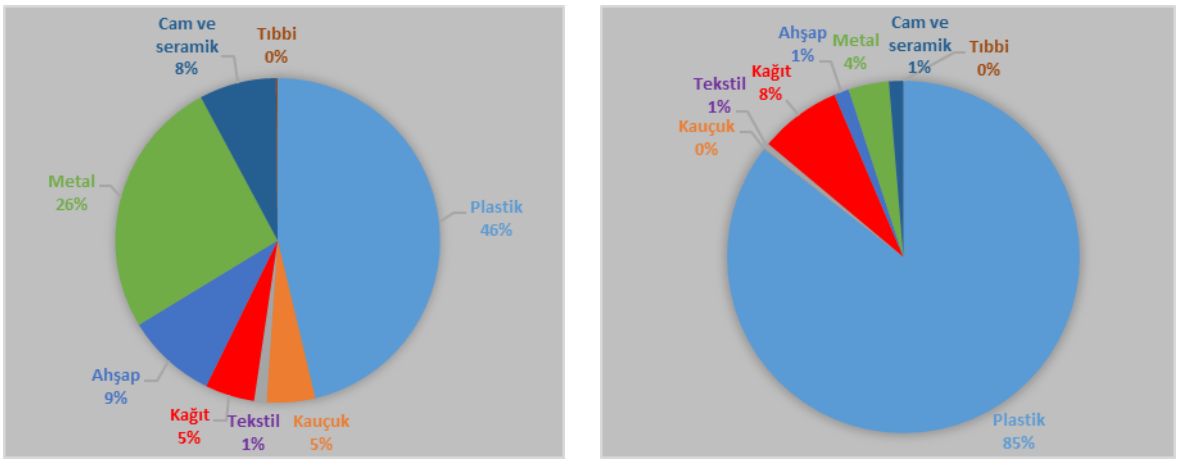
Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi kapsamında 18 Ekim 2017 tarihinde Marmara Denizi Prens adalarında yer alan Kınalı ada İskelesi yanındaki plaj seçilerek çalışılmıştır. (Şekil 85). Örnekleme yapılan plaj bölgesinde 100'er metrelik sahil çizgisi boyunca 2,5 cm boydan daha büyük atıklar toplanmış ve ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan deniz çöpleri, "DSÇD denizel atıklar değerlendirme çalışma grubu" tarafından oluşturulmuş atık sınıflandıra sistemine göre sınıflandırılmıştır (JRC 2013 ve ÇŞB ÇEDİDGM ve TÜBİTAK MAM, 2019).



Şekil 85. Kınalı ada plajı sahilde çöp çalışması örnekleme alanı

Yaklaşık 3029 m^2'lik alanda 11954 adet çöp (4 adet/m^2), plastik, kauçuk, tekstil, kağıt, ahşap, metal, cam/ seramik olacak şekilde, 7 kategoriye ayrılmıştır. Tüm alandaki çöplerin ağırlığı yaklaşık 41.72 kg olarak tespit edilmiştir (0.014 kg/m^2). Toplanan çöplerin ağırlık dağılımına göre en çok plastik (yaklaşık %46) kategorisinde (G3) olduğu, bunu %26 oranında metal ve %9 oranında ahşap malzeme izlediği belirlenmiştir (Şekil 86 b). Tüm alanda çöp adeti üzerinden hesaplanan % dağılımlarına göre de yine plastik % 85 oranında en yüksek seviyede bulunmuştur (Şekil 86 a). Bunu, %8 ile kağıt, % 4 ile metal çöpler izlemektedir. Ayrıca 10 metrelik sahil çizgisinin karada kalan kısmı (CBS ile yaklaşık 300 m^2 olduğu tespit edilmiş) içinde 714 adet sigara izmariti (302 gram) tespit edilmiştir.

Birim alandaki çöp miktarına göre hesaplanan Temiz Kıyı İndeksi (Alkalay ve diğ. (2007)) Kınalı ada plajı için Ekim 2017'de 79,7 olarak hesaplanmış ve plaj çok kirli (TKİ=>20) olarak sınıflandırılmıştır

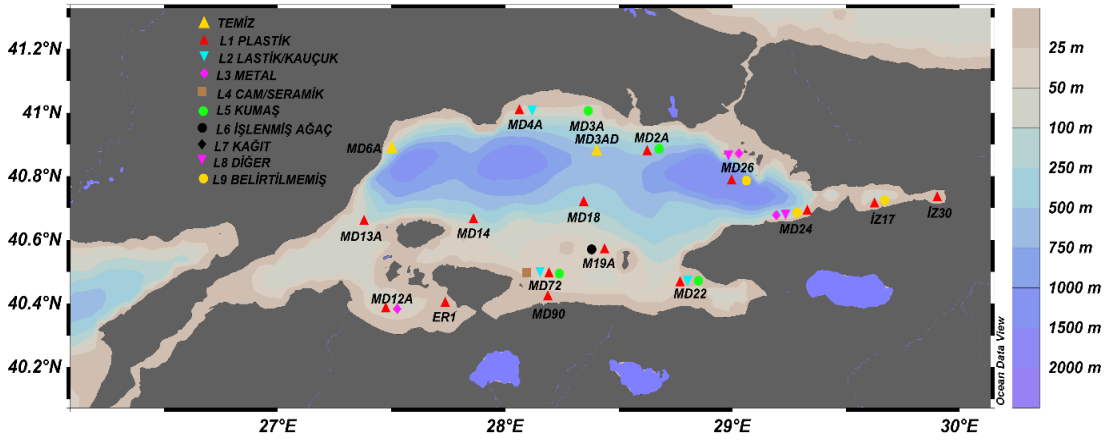


(a) (b)

Şekil 86. Kınalı ada plajında çöp ağırlık (a) ve sayı (b) dağılımı

3.6.2 Deniz Tabanı Çöpleri

Deniz tabanı katı atık çalışmaları deniz tabanı biyoçeşitlilik çalışması ile birlikte yürütülmüştür. MD6A ve MD3AD nolu istasyonlarda yapılan örneklemeler sırasında herhangi bir katı atık materyaline rastlanmamıştır (Şekil 87).

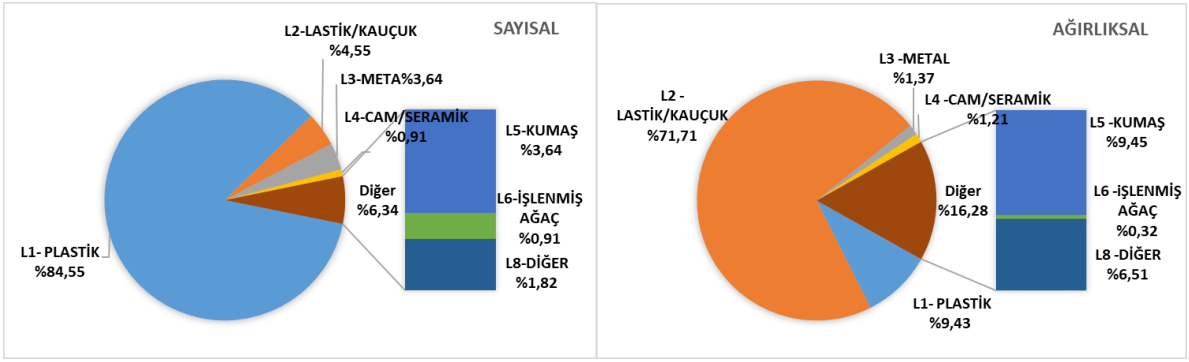


Şekil 87. İstasyonlara göre tespit edilen katı atık grupları

Çıkan katı atıklar içinde poşet parçaları ve pet şişeler sayısal bakımından diğer gruplara göre daha baskın olup, L1 Plastik sınıfı toplam katı atık miktarının % 73'ünü oluşturmaktadır. Katı atıklar içerisinde kumaş ve işlenmiş ağaçların oranı ise birbirine eşit ve en düşük değerde kalmıştır (Şekil 88). İstasyonlarda çıkan katı atık miktarı ve ağırlık değerleri Tablo 13'da verilmiştir.

Tablo 13. İstasyonlara göre toplam katı atıkların miktarı ve ağırlıkları

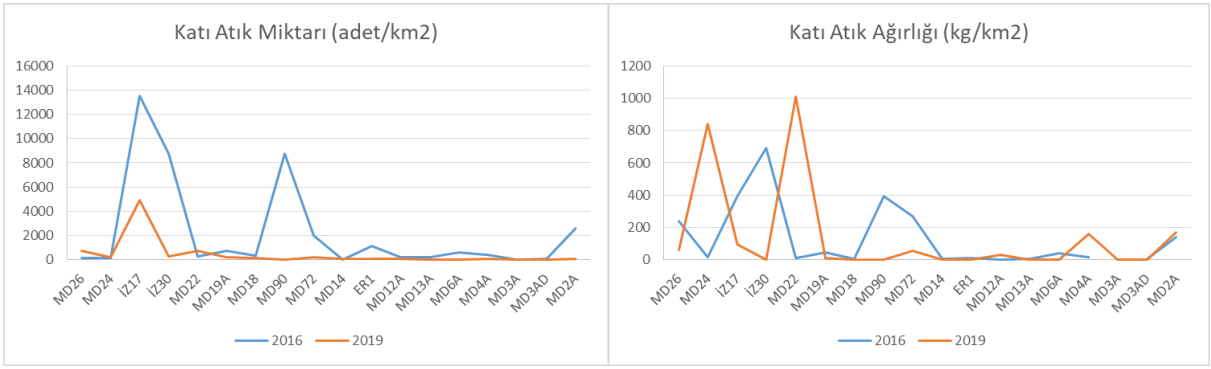
İstasyonlar	Katı Atık Ağırlığı (kg/km^2)	Katı Atık Miktarı (adet/km^2)
MD26	59,12	745
MD24	839,03	240
İZ17	96,47	4896
İZ30	1,44	288
MD22	1009,42	750
MD19A	11,16	240
MD18	0,75	120
MD90	0,30	30
MD72	55,29	210
MD14	2,70	90
ER1	0,60	90
MD12A	30,90	90
MD13A	0,30	30
MD6A	0	0
MD4A	162,29	60
MD3A	3,00	30
MD3AD	0	0
MD2A	167,99	60
Toplam	2440,75	7968
Ortalama	135,60	442,68



Şekil 88. Katı atık gruplarının sayısal ve ağırlık olarak yüzde dağılımı

2016 yılındaki çalışmada, Marmara Denizi'nde trol ve algarna örneklemelerinden ayrılan katı atıklar sayısal (%75) ve ağırlık (%30) olarak plastik malzemeler yüksek oranda bulunmuştur. Hesaplanan katı atık miktarı 22-13.535 adet/km^2 ve ağırlık değerleri ise 6-694 kg/km^2 arasında değişmektedir. En fazla katı atık İzmit Körfezi'nde IZ17 istasyonunda birim alanda 13.535 adet/km^2 ve 694 kg/km^2 olarak tespit edilmiştir.

2019 yılında yapılan bu çalışmada, en sık rastlanan ve ağırlığı en yüksek olan katı atık grubu ise L1 Plastik ve L2 Lastik/Kauçuk malzemelerdir. Katı atık miktarı 30 ile 4896 adet/km^2 ve ağırlık değerleri ise 0,30 ile 1009 kg/km^2 arasında değişmektedir (Şekil 89). Bu çalışmada hesaplanan katı atık miktarı, 2016 yılı çalışmasından daha düşük bulunmasına rağmen, katı atık ağırlığı Yalova açıkları ve Gemlik Körfezi istasyonlarında daha yüksek bulunmuştur. Katı atıkların kaynağı karasal olduğu gibi gemi trafiğinden de kaynaklanabilir. Marmara Denizi etrafında nüfus yoğunluğu en fazla olan şehirlerin bulunması, bölgede katı atık kirliliğinin yüksek olmasına yol açmaktadır. İzmit Körfezi, Yalova açıkları ve Gemlik Körfezi en fazla katı atıklarının bulunduğu bölgelerdir. Bu sonuçlar geçmiş çalışmalarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 89. 2016 ve 2019 yıllarına ait istasyonlara göre katı atık miktarı ve ağırlığı

3.7 Kıyı Su Yönetim Birimlerinin Baskı, Ekolojik Kalite ve Kimyasal Durum Değerlendirmesi

3.7.1 Baskıların Değerlendirilmesi

Su Çerçeve Direktifi kapsamında doğal yaşam, ekolojik dengeler ve bunları olumsuz etkileyen insan kaynaklı baskıların ilişkilendirilmesi yönetimsel hedeflerin oluşturulması ve önlem planlamaları için gereklidir. Bu değerlendirmelerin sübjektif tahminler yerine bilimsel veriler ile yapılabilmesi için geliştirilen yöntemlerden olan LUSI/LUSIVal baskı ölçütü ile etki (biyolojik tepki) ölçütlerinin karşılaştırılması (Flo ve diğ., 2011; Romero ve diğ., 2013) kıyı su yönetim birimlerimiz (SYB) için de kullanılmıştır (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014; Ediger ve diğ, 2015; Tan ve diğ., 2017).

Ayrıca, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Alanlar Tebliği EK-3 Tablo 2'i değerleri ile 2014-2019 yılı izleme sonuçları su yönetim birimlerine göre kümelenerek, yüzey (0-10 m) ortalamalarının karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

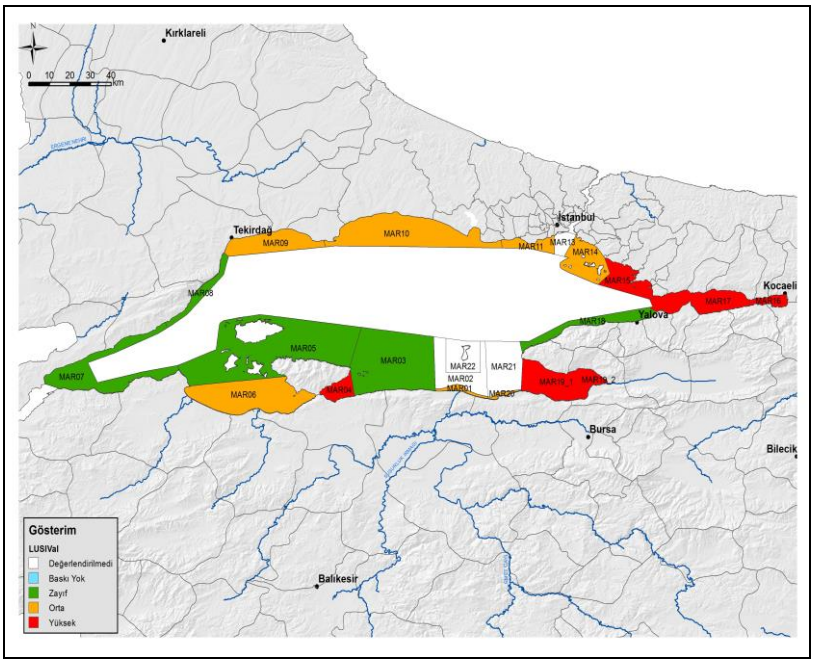
DEN-IZ Programı kapsamında değerlendirilen HA/AHA sonuçlarıyla LUSIVal indeksi ile gerçekleştirilen baskı-etki çalışması çıktıları paralellik göstermektedir (Şekil 90 ve Şekil 91). Marmara Denizi'nin baskıları aşağıda genel olarak özetlenmiştir.

Marmara Denizi'nin kuzey kıyıları, nüfus ve sanayi tesisleri baskısı altında iken güney şelfinde yayılı kaynak etkisinin daha baskın olduğu bilinmektedir. Örneğin, Marmara Denizi'ne dökülen Susurluk, Biga ve Gönen Nehirleri güney şelfinde yer almaktadır.

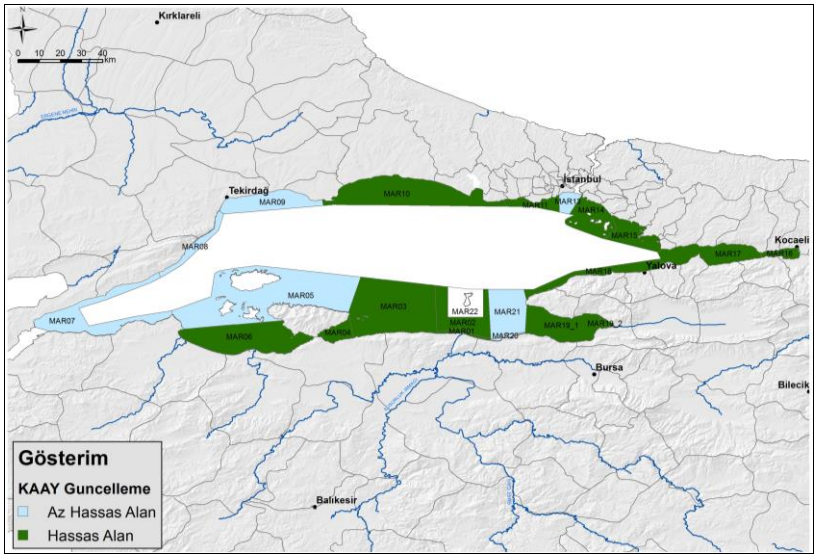
Marmara Denizi'nde atıksu arıtma tesisleri açısından en büyük sorun, nüfusu 15.519.262 (TUİK 2019 verilerine göre) kişiye varan İstanbul İli'ndeki birçok ilçenin atıksularını ön arıtma sonrasında derin deniz deşarjıyla uzaklaştırmasıdır. Endüstrinin en yoğun olduğu İzmit ve Bursa illeri de Marmara Denizi havzaları içerisinde yer almaktadır. İzmit Körfezi atıksu arıtma tesisleri açısından yeterli kapasitede olup, endüstri ve liman faaliyetleri açısından çok yoğundur.

Marmara Denizi'nde bulunan körfezlerin hepsi hassas alan statüsündedir. Söz konusu illerde, atıksu arıtma tesislerinin (İzmit Körfezi hariç) teknolojisinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu gibi körfezlerde sıfır deşarj gibi önlemler alınabilir.

9 nolu SYB (Silivri – Tekirdağ İli Arası) OSİB ilgili yönetmeliğinde (OSİB, 2016a) hassas alan olarak belirlenmiştir. Ancak, 2014-2019 yılı sonuçları incelenerek yapılan değerlendirmede su kalitesinin mesotrofik (OSİB, 2016b) olduğu görülmüştür. Şu anda, bu SYB üzerinde orta yoğunlukta evsel atıksu baskısı (Şekil 90) mevcuttur. Bu SYB, 2014-2019 verilerine göre yapılan ekolojik ve kimyasal kalite değerlendirmelerine göre "iyi" durumda olduğundan az hassas alan olarak değerlendirilebilir (Şekil 91). Bu alan üzerinde ileride tekstil atıksularının deşarjı söz konusu olabilir ve buna bağlı olarak yüksek debili atıksuların girişi ile bu SYB'nin hassas alan statüsüne dönmesi kuvvetle muhtemeldir.



Şekil 90. Marmara Denizi LUSIVal haritası



Şekil 91. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre Marmara Denizi Kıyı Su Kütlelerine ait Hassas/ Az Hassas durumunun 2014-2016 yılı verisine göre değerlendirmesi

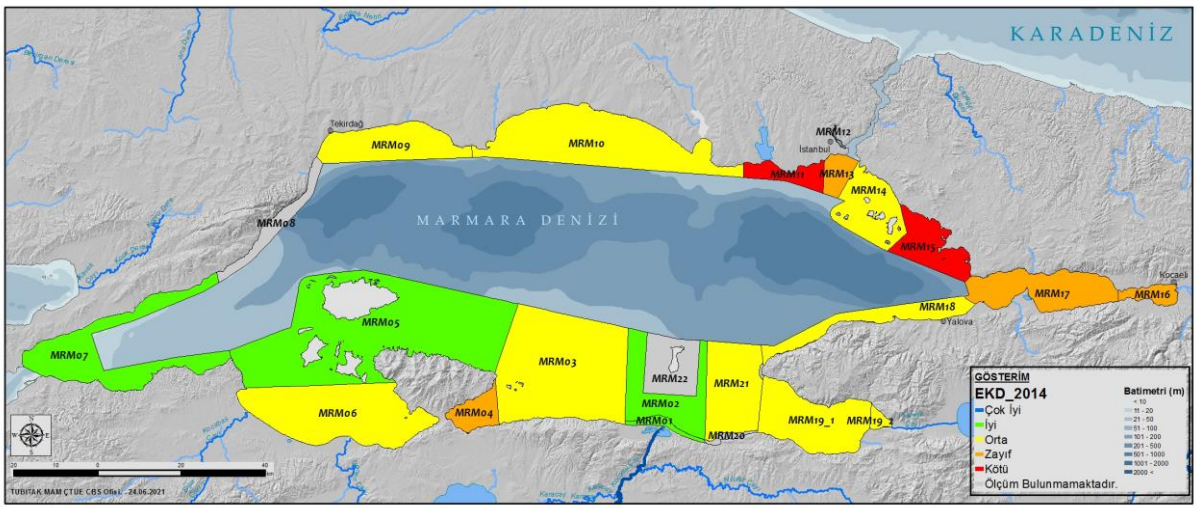
3.7.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi

Bu değerlendirmede, Marmara kıyı suları için belirlenen 22 kıyı su yönetimi biriminden (SYB) 20'si (Haliç ve İmralı hariç) dikkate alınmıştır. Gemlik Körfezi'ni tanımlayan MRM19 yapılan izleme çalışmaları sonuçlarına göre ikiye ayrılarak iç ve dış körfez olarak değerlendirilmiştir. SYB'lerin Su Çerçeve Direktifi'nde belirtildiği gibi 3 biyolojik kalite elemanı olan fitoplankton, makro alg ve bentik omurgasızların ve destekleyici parametrelerin (TP, Nox, SDD) birlikte değerlendirildiği ekolojik kalite durum değerlendirmeleri yer almaktadır. Bu değerlendirmelerde, YSKY (2016) 'da verilen sınır değerler ve 2014-2019 verilerine dayalı (25, 50, 75, 90%) persentiller sınıflandırmalarda kullanılmıştır. Besin maddeleri için kış, klorofil için büyüme dönemi olarak kış/ilkbahar ve SDD için yaz verileri değerlendirmeye alınmıştır. Makro flora için yaz dönemindeki EEI (Orfanidis ve ark., 2011; Taşkın, 2016) değerleri ile makro makrozoobentos için TUBİ (Çınar ve ark., 2015) ve m-AMBI (Glémarec, 1986; Zettler ve ark.., 2007) indeksleri dikkate alınmaktadır. Nihai olarak da ortak değerlendirme için en kötü kaliteye göre karar verilmekte ve bu karar uzman değerlendirmeleri ile desteklenmektedir.

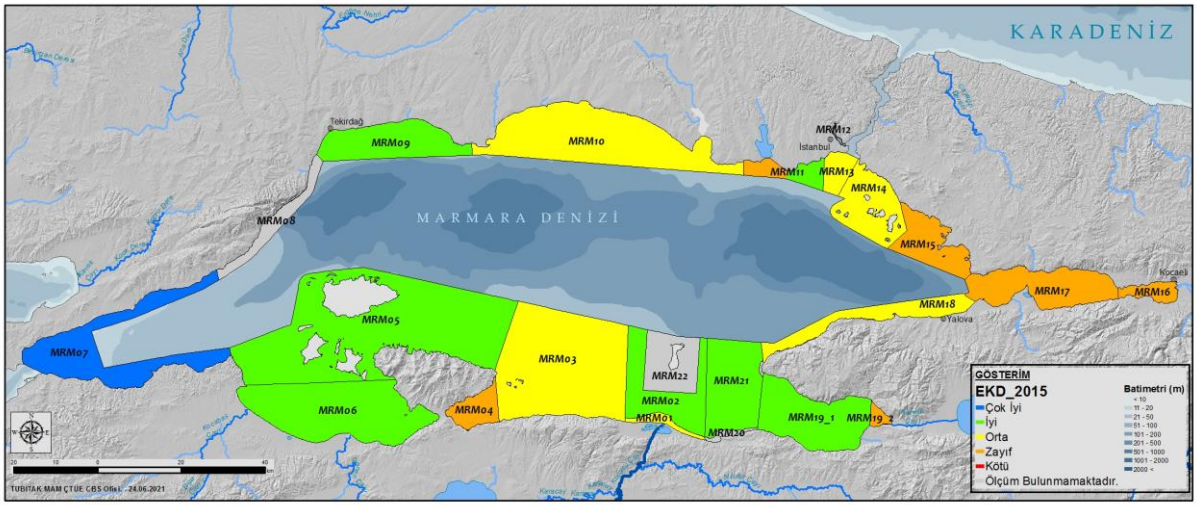
Marmara ekolojik kalite durum değerlendirmeleri SÇD renk kodlarına göre Şekil 92'de gösterilmiştir.

SÇD'nin 5 sınıflı değerlendirmesine göre SYB'lerin önemli kısmı orta ve altı ("zayıf/kötü") kalitededir. 2019 yılında, Kapıdağ-Adalar ve Erdek Körfezi (MRM05 ve MRM06), Çanakkale-Şarköy kıyıları (MRM07 ve MRM08) "iyi" seviyede değerlendirilmiştir. İzmit İç Körfez ve Gemlik İç Körfez ise "kötü" kalitede bulunmuştur. Tekirdağ, İstanbul Anadolu yakasının bir kısmı, Bursa, Yalova, Susurluk ve Balıkesir'in bir bölümünü temsil eden SYB'lerin (MRM01, MRM02, MRM03, MRM09, MRM14, MRM18, MRM19_1,) durumu "orta" kaliteyi, İstanbul ve Kocaeli'ni temsil eden SYB'lerin (MRM10, MRM11, MRM13, MRM14, MRM17) ve Bandırma Körfezi (MRM04) 'nin durumu ise "zayıf" kaliteyi göstermektedir (Şekil 92). MRM 21 ilk kez "zayıf" kalite olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni, bu SYB'de 2019 yılından başlayarak makrozoobentosun çalışmalara dahil edilmiş olması ve hem TUBI hem de m-AMBI değerlendirmesinin "zayıf" kaliteyi göstermesidir.

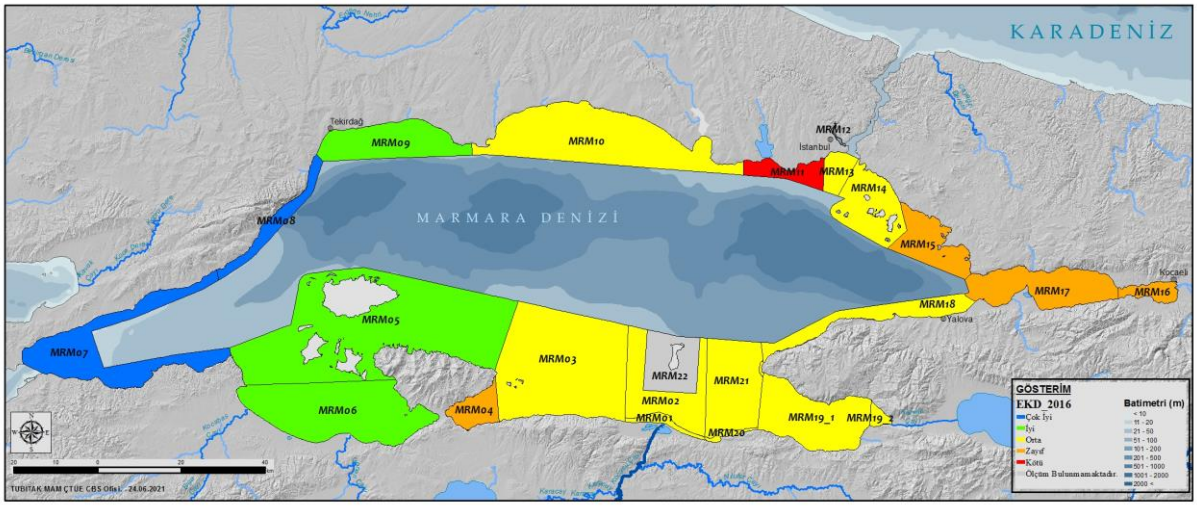
Önceki yıllarla karşılaştırıldığında, 2019 EKD sonuçlarının, Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin genel durumunu yansıttığını söylemek mümkündür. Marmara Denizi'nin geneli DSÇD ye göre iyi/kötü sınırı olarak genel kabul gören SÇD/orta sınıf sınırındadır. Yapılacak iyileştirmelerin ve etkin önlemlerin orta kaliteyi "iyi duruma" yükseltebileceği açıktır.


KARADENİZ
MARMARA DENİZİ
Tekirdağ
İstanbul
Kocaeli
Yalova
MRM01
MRM02
MRM03
MRM04
MRM05
MRM06
MRM07
MRM08
MRM09
MRM10
MRM11
MRM12
MRM13
MRM14
MRM15
MRM16
MRM17
MRM18
MRM19_1
MRM19_2
MRM20
MRM21
MRM22
GÖSTERİM
EKD_2014
Çok İyi
İyi
Orta
Zayıf
Kötü
Ölçüm Bulunmamaktadır.
Batimetri (m)
TUBİTAK MAM ÇTUE CBS Ofisi - 24.06.2021

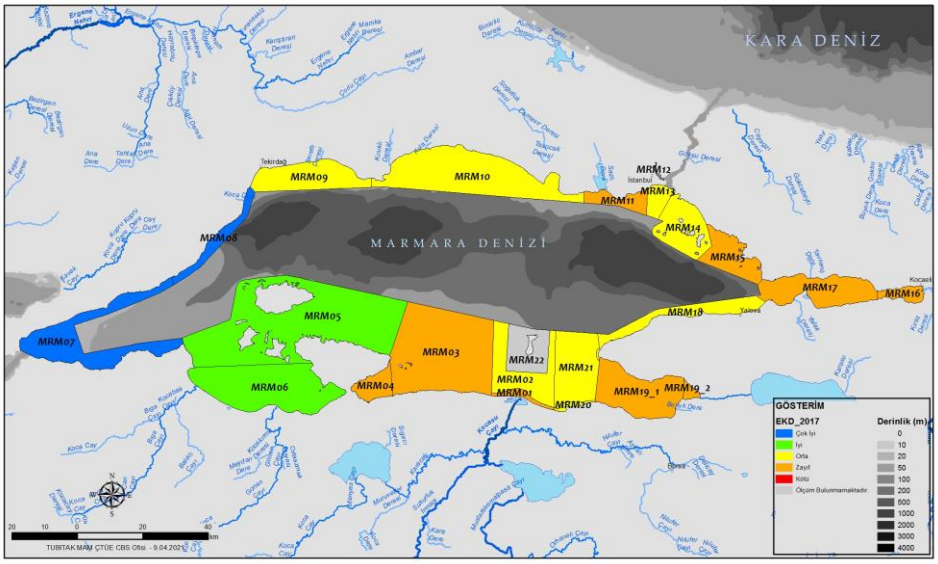
(a)


KARADENİZ
MARMARA DENİZİ
Tekirdağ
İstanbul
Kocaeli
Yalova
MRM01
MRM02
MRM03
MRM04
MRM05
MRM06
MRM07
MRM08
MRM09
MRM10
MRM11
MRM12
MRM13
MRM14
MRM15
MRM16
MRM17
MRM18
MRM19_1
MRM19_2
MRM20
MRM21
MRM22
GÖSTERİM
EKD_2015
Çok İyi
İyi
Orta
Zayıf
Kötü
Ölçüm Bulunmamaktadır.
Batimetri (m)
TUBİTAK MAM ÇTUE CBS Ofisi - 24.06.2021

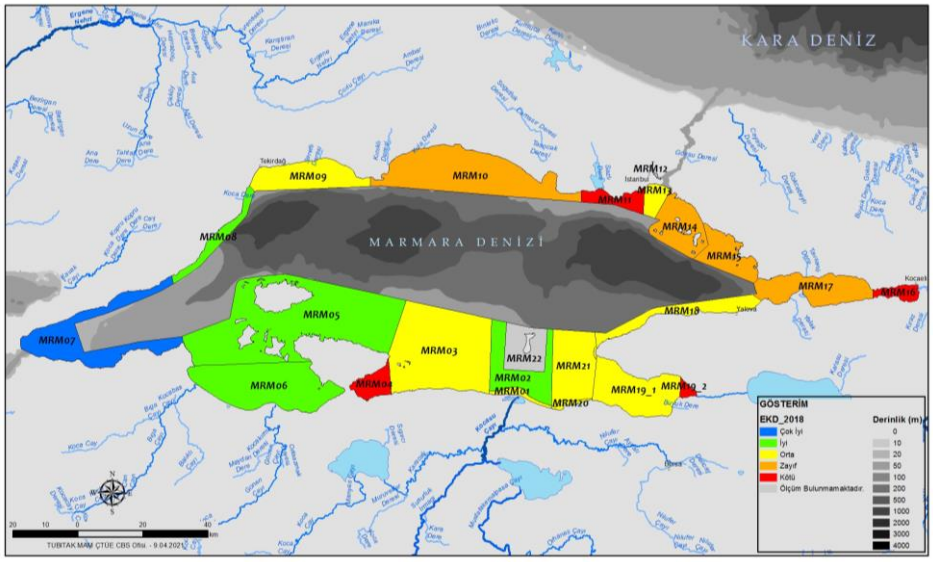
(b)


KARADENİZ
MARMARA DENİZİ
Tekirdağ
İstanbul
Kocaeli
Yalova
MRM01
MRM02
MRM03
MRM04
MRM05
MRM06
MRM07
MRM08
MRM09
MRM10
MRM11
MRM12
MRM13
MRM14
MRM15
MRM16
MRM17
MRM18
MRM19_1
MRM19_2
MRM20
MRM21
MRM22
GÖSTERİM
EKD_2016
Çok İyi
İyi
Orta
Zayıf
Kötü
Ölçüm Bulunmamaktadır.
Batimetri (m)
TUBİTAK MAM ÇTUE CBS Ofisi - 24.06.2021

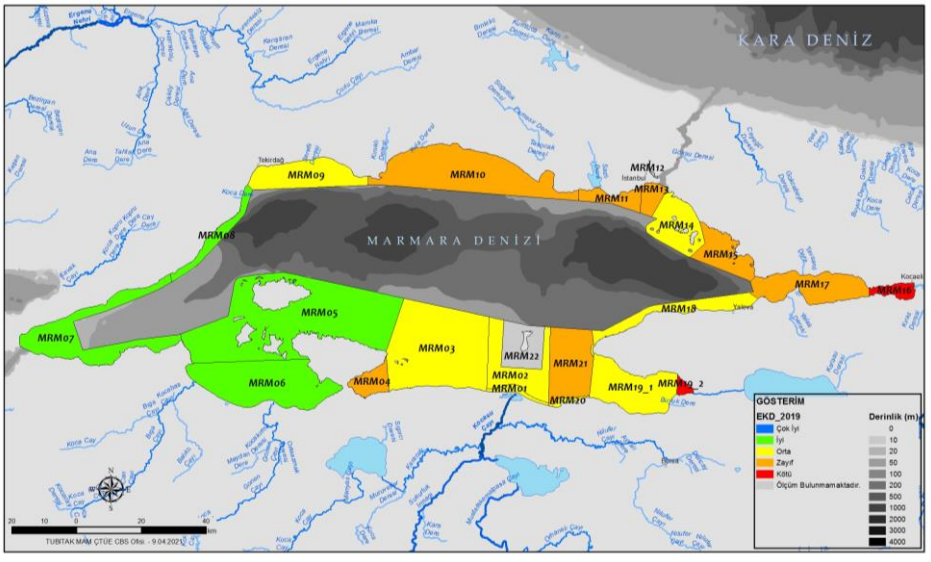
(c)



(d) 2017



(e) 2018



(f) 2019

Şekil 92. Marmara Denizi kıyı su kütleleri ekolojik durum değerlendirmesi (2014-2019)

3.7.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi

"Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (DEN-İZ)'' kapsamında 2018 yılında Marmara Denizi istasyonlarından alınan yüzey sediman örneklerinin kontaminant (sentetik –pestisitler, PCBler ve sentetik olmayan kirleticiler-metaller, PAH'lar) içerikleri, kimyasal durum belirleme amaçlı değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, sedimanda kimyasal durum değerlendirmesi için Çevresel Değerlendirme Kriteri (EAC) değeri olarak ERL değerleri kullanılmıştır (Tablo 14).

DEN-İZ Programı kapsamında Marmara Denizi'nde, 2014-2015 yıllarında 12 istasyon, 2016 yılında ise alansal yayılımı görmek için toplam 27 istasyon, 2018 yılında daha da genişletilerek ise 41 sediman istasyonu bu değerlendirmeye alınmıştır. 2014, 2015 ve 2016 yıllarına göre istasyonların kimyasal durumu 2018 yılında da genellikle korunmuş olduğu belirlenmiştir.

Şekil 93'de sedimanda ölçülen tüm kirletici parametrelerin, ERL ve ERM sınır değerlerine göre durumu, istasyon sayısına göre (% olarak) değerlendirilmektedir.

Marmara Denizi su yönetim birimlerinin metal ve organik kirleticilerden pestisit (DDT ve türevleri) açısından kimyasal durumunun genel itibariyle kötü olduğu görülmektedir.

PAH kirliliği olarak İzmit Körfezi (İZ25 ve İZ15) ve İstanbul Boğaz çıkışı (M8) hariç iyi durumda olduğu gözükmektedir.

Sanayi tesislerinin yoğun olduğu Marmara Denizi'nin kuzey doğu şelfi ve körfezlerinde (İzmit, Gemlik ve Bandırma Körfezleri) metal kimyasal durumları kötü çıkmıştır.

Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin sediman organik kimyasal durumu bozan en büyük etken ise tarımda kullanılan zirai ilaçların kontrolsüz ve fazla kullanılması sonucu su kaynaklarını kirletmesi olduğu vurgulanmıştır. Bu kapsamda, iyi tarım uygulamaları, halkın eğitilmesi ve ilaçların kontrol dahilinde tüketicilere verilmesi önemli hususlar arasında belirtilmiştir. DDT ve türevleri toplamının Marmara Denizi sediman istasyonlarının %76'sında ERL üzerinde tespit edildiği görülmektedir. Ayrıca DDT'lerin "yeni" veya "eski" kirlilik kaynakları (DDD+DDE)/DDTs'lerin oranı ile ayırt edilmektedir. 0,5'ten daha yüksek (DDD+DDE)/DDTs'lerin oranı tarihsel bozulmadan kaynaklandığını göstermektedir. 0,5'ten düşük oran yeni DDT girişinin gerçekleştiğini göstermektedir (Da C., vd,. 2013). Bu çalışmada (DDE+DDD)/DDTs'lerin %9'u 0,5'in altındadır. Bu da birçok istasyonda tarihsel DDT'nin bozulmadan kaynaklı olduğunu gösterir. Bunun yanında hala DDT'lerin baskın olduğu istasyonlarda mevcut olup, izleme çalışmalarının belirli periyotlarla devam ettirilerek DDT'lerin yeni giriş yapıp yapmadığı veya DDT'lerin tarihsel bozunmadan kaynaklı olarak DDE ve DDD'ye biyolojik olarak parçalanmaları takip edilmelidir.

Marmara Denizi sediman istasyonlarının tümünde (%100) arsenik , %86'sında bakır, %76'sında krom ERL üzerindedir. nikelin ise istasyonların %29'u ERL, %74'ü ERM üzerindedir. Nikel, krom gibi elementlerin kayaç yapısında olabileceği ve zemin değer çalışması ile hesaplanan değerin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

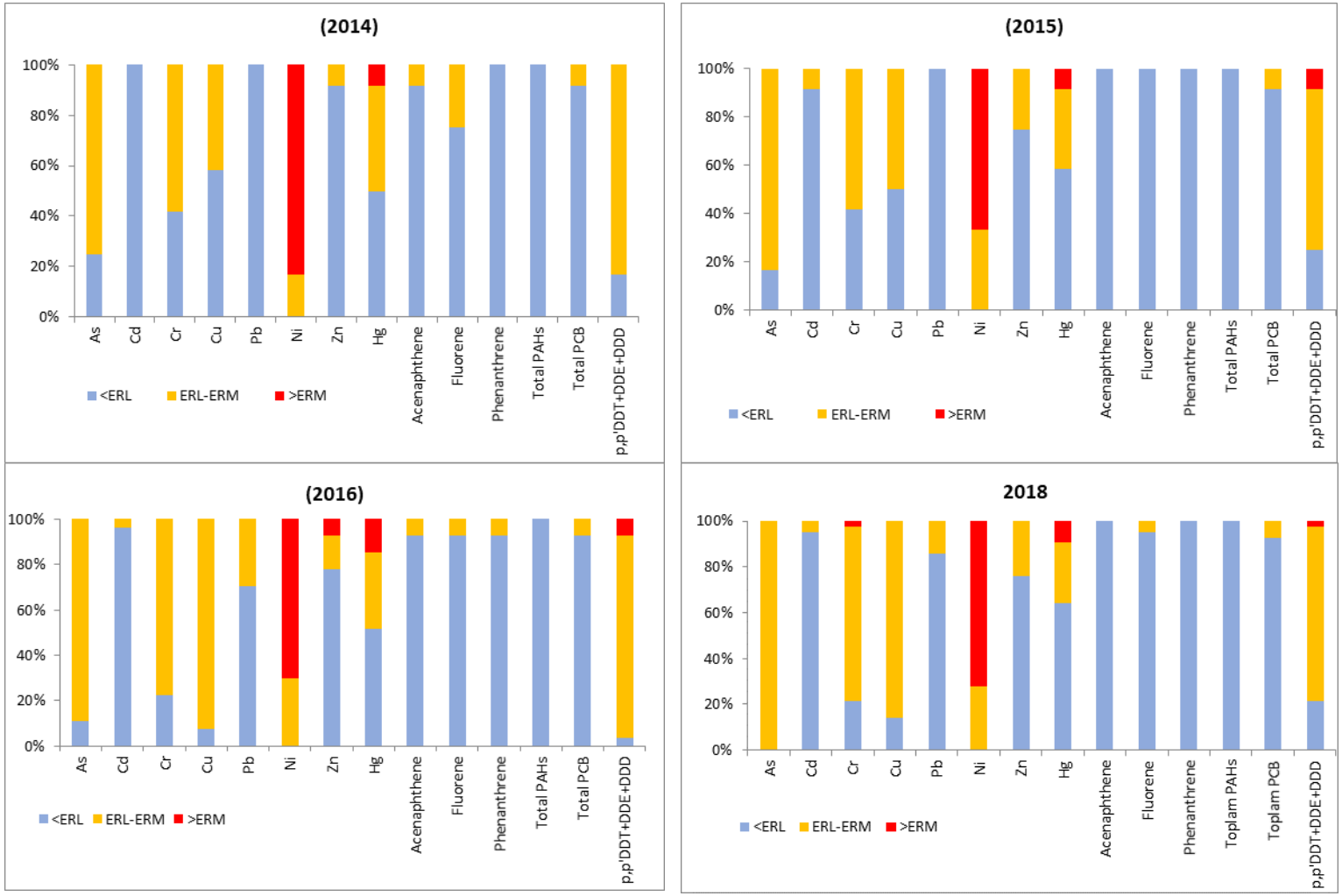
İstasyonların %26'sında ERL üzeri, %10'unda ERM üzeri civa tespit edilmiştir. Özellikle kentsel ve endüstriyel baskıların yoğun olduğu İzmit Körfezi'nde (İZ30, İZ25 ve İZ15) civa değerleri ERM üzerindedir. İstasyonların % 5'inde kadmiyum, %14'ünde kurşun, %24'ünde çinko ERL üzerindedir.

Marmara Denizi'nde İzmit Körfezi (İZ15, İZ25 ve İZ30), Adalar Bölgesi (MDA4), Küçük Çekmece (KC1), Büyükçekmece (BC1) kıyıları yüksek organik karbon içeriği olan istasyonlardır. PAH'ların çoğunlukla pirolitik kökenli olduğu tespit edilmiştir. İzmit Körfezi'nde bulunan istasyonlar petrojenik kaynaklı olup, petrol kaçakları kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Toplam PAH'ın tüm istasyonlarda ERL altında görülmektedir.

Toplam PCB, 3 istasyonda (%7) ERL üzerinde olup, yüksek değerlerin İzmit Körfezi'nde bulunan istasyonlarda olduğu belirlenmiştir.

Tablo 14. Sedimanda Metal ve Organik Kirletici Bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2018)

İst No	SYB No	Naphthalene	Acenaphthylene	Acenaphthene	Fluorene	Phenanthrene	Anthracene	Fluoranthene	Pyrene	Benzo a anthracene	Chrysene	Benzo a pyrene	Dibenzo_a_h_anthracene	PAHs total	Toplam PCB	DDT+DDE+DDD	pp DDE	pp DDT	pp DDD	Cd	Pb	Zn	Hg
MD19	MRM01																						
SD1	MRM01																						
SD2	MRM01																						
MD19A	MRM02																						
SD3	MRM02																						
MD72	MRM03																						
BK1	MRM04																						
MD87	MRM04																						
MD67	MRM05																						
BD3	MRM05																						
KD2	MRM05																						
BD1	MRM06																						
MD12A	MRM06																						
GD1	MRM06																						
ER1	MRM06																						
D7	MRM07																						
HOSK	MRM08																						
MED2	MRM09																						
MD59	MRM09																						
BC1	MRM10																						
MD3	MRM10																						
MD54	MRM10																						
KC1	MRM11																						
M8	MRM13																						
MDADA3	MRM14																						
YSA2	MRM14																						
MD4A	MRM14																						
MY2	MRM15																						
M11	MRM15																						
IZ30	MRM16																						
IZ25	MRM17																						
IZ7	MRM17																						
IZ9	MRM17																						
IZ15	MRM17																						
AR1	MRM18																						
MD24	MRM18																						
MD89A	MRM19																						
KUMDE	MRM19																						
MD90	MRM19																						
MD22A	MRM19																						
MDSD1	MRM20																						
GK1	MRM21																						



Şekil 93. Marmara Denizi sediman istasyonlarında kirleticilerin % dağılımları (2014-2018)

<ERL:Ekosisteme etki açısından düşük etki seviyesinin altında
ERL-ERM:Ekosisteme etki seviyesi düşük-ort arasında
>ERM: Ekosisteme etki seviyesi ortanın üstünde

KAYNAKLAR

AÇA, European Environment Agency, 2019. Oxygen concentrations in coastal and marine waters. Copenhagen K. Denmark

Aktan, Y., Dede, A., Ciftci, P.S., 2008. Mucilage event associated with diatom and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. p. 1-3. In: Harmful Algae News. The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, No. 36, 20pp.

Alkalay, R., Pasternak, G. & Zask, A., (2007). Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment. Ocean & Coastal Management, 50 (5-6), pp. 352–362. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002.

Bariche, M., Al-Mabruk, S., Ateş, M., Büyük, A., Crocetta, F., Drıtsas, M., Edde, D., Fortıč, A., Gavrııl, E., Gerovasıleıou, V., GökoğLu, M., Huseyınoglu, F., Karachle, P., Kleıtou, P., Terbıyık Kurt, T., Langeneck, J., Lardıccı, C., Lıpej, L., Pavloudı, C., Pınna, M., Rızgalla, J., Rüştü Özen, M., Sedano, F., Taşkın, E., Yıldız, G., & Zangaro, F. (2020) "New Alien Mediterranean Biodiversity Records" 2020. *Mediterranean Marine Science*, 21(1): 129-145.

Balkis, N., Atabay, H., Türetgen, I., Albayrak, S., Balkis, H., 2011. Role of single-celled organisms in mucilage formation on the shores of Büyükada Island the Marmara Sea). Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 91, 771-781.

Beşiktepe, Ş, Özsoy, E., Ünlüata, Ü. (1993) Filling of the Marmara Sea by the Dardanelles lower layer inflow. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 40(9), 1815-1838. doi:10.1016/0967-0637(93)90034-z

Cardoso, P.G., Brandão, A., Pardal, M.A., Raffaelli, D., Marques, J.C., 2005. Resilience ofHydrobia ulvaepopulations to anthropogenic and natural disturbances. MarineEcology Progress Series 289, 191–199

Commission Decision (EU) 2017/848 of 17 May 2017 laying down criteria and methodological standards on good environmental status of marine waters and specifications and standardised methods for monitoring and assessment, and repealing Decision 2010/477/EU.

Conley, D J, Jacob Carstensen, Gunni Ærtebjerg, Peter Bondo Christensen, Tage Dalsgaard, Jørgen L S Hansen, and Alf B Josefson. (2007), "Long-term changes and impacts of hypoxia in Danish coastal waters". Ecological Applications 17. Eco Soc America: S165-S184.

ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2017) Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporu, ISBN:978-605-5294-72-4, TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli, 71 sy., ANKARA-2017.

ÇŞB-ÇEDİDGM ve TÜBİTAK-MAM (2019) Deniz İzleme Kılavuzları, ISBN: 978-605-5294-84-7, Ankara-2019.

Da, C., Liu G., Tang Q., and Liu J. 2013. Distribution, sources and ecological risks of organochlorine pesticides in surface sediments from the Yellow River Estuary, China. Environmental Science Processes & Impacts,2013, 15, 2288.

Directive 2013/39/EU of The European Parliament and of the Council of 12 August 2013.

EC, (2013) “Commission Decision of 20 September 2013 Establishing, Pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the Values of the Member State Monitoring System Classifications as a Result of the Intercalibration Exercise and Repealing Decision 2008/ 915/EC”. Official Journal of the European Union (L 266/1-47).

Ediger D., Beken Ç.P., Feyzioğlu M.A., Şahin F., Tan İ. (2015) “Establishing Boundary Classes for the Quality Classification of Southeastern Black Sea Using Phytoplankton Biomass”. Turkish Journal Of Fisheries and Aquatic Sciences, 3: 1-10.

Elbrachter, M., Qi, Y.-Z. (1998) “Aspects of Noctiluca scintillans population dynamics. In: Anderson, D.M., Cembella, A.D., Hallegraeff, G.M. (Eds.)”, Physiological ecology of harmful algal blooms. NATO-ASI Series G41, pp. 315e335.

EU, 2000. DIRECTIVE 2000/60/EC of the European parliament and of the council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities, G.U.C.E. 22/12/2000, L 327.

EU, 2008. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council, of 17 June 2008, establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). Official Journal of the European Commission, G.U.C.E. 25/6/2008, L 164/19.

Ferreira, J.G., J.H. Andersen, A. Borja, S.B. Bricker, J. Camp, M. Cardoso da Silva, E. Garcés, A.S. Heiskanen, C. Humborg, L. Ignatiades, C. Lancelot, A. Menesguen, P. Tett, N. Hoepffner & U. Claussen (2010). Marine Strategy Framework Directive , Task Group 5 Report Eutrophication (April 2010) European Union and ICES, DOI 10.2788/86830.

Flo, E., Camp, J., Garcés, E., (2011) “Assessment Pressure methodology, Land Uses Simplified Index (LUSI)”. (Personal communication WFD-CIS- phase II, Technical paper).

Flo, E., Garcés, E., Camp, J., (2019). “Land Uses Simplified Index (LUSI): Determining Land Pressures and Their Link With Coastal Eutrophication”. *Frontiers in Marine Science* 6, 10.3389/fmars.2019.00018.

Galgani F., D. Fleet, J. Van Franeker, S. Katsanevakis, T.Maes, J. Mouat, L. Oosterbaan, I. Poitou, G. Hanke, R. Thompson, E. Amato, A. Birkun & C. Janssen (2010) Marine Strategy Framework Directive, Task Group 10 Report Marine Litter (April 2010).

Göktürk, O. M., Çevik, S., Toque, N., Hordoir, R., H. Nagy, H. (2014) Effects of the Etesian Wind Regime on Coastal Upwelling, Floods and Forest Fires in the Seas of the Old World. "Journal of the Mediterranean and Black Sea Environment", special, (2014).

Hays, G.C., Richardson, A.J., Robinson, C. (2005) “Climate change and marine plankton”. Trends in Ecology & Evolution, 20: 337-344.

HELCOM, (2014) “Eutrophication status of the Baltic Sea 2007–2011 – A concise thematic assessment”. Baltic Sea Environment Proceedings No. 143.

ICES CM 2003. Report of the Working Group on Marine Sediments in Relation to Pollution.

JRC (2013) Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas. By MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, EC- JRC Scientific and Policy Reports, Report EUR 26113 EN, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013.

Kıdeys, A.E. (2002) “Fall and Rise of the Black Sea Ecosystem”. Science, 297: 1482-1484.

Kirchner, M., Sahling, G., Uhlig, G., Gunkel, W., Klings, K.W. (1996), "Does the red tide-forming dinoflagellate Noctiluca scintillans feed on bacteria?". Sarsia, 81: 45e55.

Kirchner, M., Sahling, G., Uhlig, G., Gunkel, W., Klings, K.W. (1996). Does the red tide-forming dinoflagellate Noctiluca scintillans feed on bacteria? Sarsia, 81: 45e55.

Kirk, K., Gilbert, J. (1992) "Variations in herbivore response to chemical defences: zooplankton foraging on toxic cyanobacteria". Ecology, 73: 2208.

Long, E. R., & Morgan, L. G. (1990) "The potential for biological effects of sediments-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program". National Oceanic and Atmospheric Admininistration.

Long, E. R., Macdonald, D. D., , S. L., & Calder, F. D. (1995) "Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments". Environmental management, 19(1): 81-97.

Nixon, S W. (1995) "Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns". Ophelia 41: 199–219. doi:10.1080/00785236.1995.10422044.

Orfanidis, S., Panayotidis, P., Ugland, K.I., (2011) "Ecological Evaluation Index (EEI) application: a step forward in functional groups, formula and reference conditions value". Mediterraean Marine Science, 12: 199–231.

OSİB, 2016a. Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (23 Aralık 2016, R.G Sayısı: 29927).

OSİB, 2016b. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (2016, R.G: 29797)" Ek 7 Tablo8b Marmara Denizi Kıyı Suları Ötrofikasyon Kriterleri.

OSPAR, A. (2013) "Assessment of the Ecological Coherence of the OSPAR Network of Marine Protected Areas in 2012".OSPAR Commission, London, *UK*, 76.

OSPAR (2013) OSPAR Agreement 2013-8. Common Procedure for the Identification of the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. Supersedes Agreements 1997-11, 2002-20 and 2005-3. 67

Pergent G. (2007) "Protocol for the setting up of Posidonia meadows monitoring systems. Med*Posidonia* Programme/RAC/SPA-TOTAL Corporate Foundation for Biodiversity and the Sea; Memorandum of Understanding N°21/2007/RAC/SPA_MedPosidonia Nautilus-Okianos.

Polat-Beken, S.Ç, V. Tüfekçi, B. Sözer, E. Yıldız, M. Mantıkçı, H. Atabay, F. Telli-Karakoç, S. Hocaoğlu, D. Ediger, L.Tolun, A. Olgun, 2008, 2009, 2010, 2011. Deniz Ortamında Musilaj/mukus Oluşumunu Denetleyen Faktörlerin Laboratuar Koşullarında İncelenmesi, TÜBİTAK 1001 Projesi, Proje no: 108Y083, Proje raporları, Ankara.

Romero I., Paches M., Martinez-Guijarro R., Ferrer J., (2013) Glophymed: An index to establish the ecological status for the Water Framework Directive based on phytoplankton in coastal waters. Marine Pollution Bulletin, 75: 218–223.

Quevedo, M., Gonzales-Quiros, R., Anadon, R. (1999) "Evidence of heavy predation by Noctiluca scintillans on Acartia clausi (Copepoda) eggs of the central Cantabrian coast. Oceanologica Act, 22: 127e131.

Schaumann, K. &Gerdes, D. & Hesse, K.-J. (1988): Hydrographic and biological characteristics of aNoctiluca scintillans red tide in the German Bight, 1984. — Meeresforsch.,32: 77–91.

Smith, Sherri L., MacDonald, Donald D., Keenleyside, Karen A., Christopher G. Ingersoll, L. Jay Field, A Preliminary Evaluation of Sediment Quality Assessment Values for Freshwater Ecosystems, Journal of Great Lakes Research, Volume 22, Issue 3,1996, Pages 624-638.

Tan, İ., Polat Beken, S. Ç., Öncel, S., (2017) "Pressure-Impact Analysis Of The Coastal Waters of Marmara Sea", Fresenius Environmental, V: 26-40 No: 4/2017 p: 2689-2699

Taşkın, E. (2016) "Biodiversity of Macroflora of the Sea of Marmara (Turkey). In: Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds). *The Marmara Sea Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance"*. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV). Publication No: 42, Istanbul, TURKEY. pp. 344-365.

Taşkın, E., Çakır, M., Akçalı, A., Sungur, Ö. (2019) "Benthic marine flora of the Marmara Sea (Turkey)". Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 25(1): 1-28.

Taşkın, E., Tsiamis K., Orfanidis, S. (2018) "Ecological quality of the Sea of Marmara (Turkey) assessed by the *Mar*ine *F*loristic *E*cological *I*ndex (MARFEI)". *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment,* 24(2): 97-114.

Tas, S., Kus, D. And Yilmaz, I. N., 2020. Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. Mediterranean Marine Science, 21(3), 668-683. doi:https://doi.org/10.12681/mms.22562

TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM (2014) "Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi (DeKoS)". ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE.13.155 (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli. 204–217.

Tüfekci, V., Balkis, N., Polat Beken, Ç., Ediger, D., Mantikci, M., 2010. Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. Turkish Journal of Biology, 34, 199-210.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 29.12.2011 Resmi Gazete Sayısı: 28157 (3.mükerrer))

UNEP/MAP 2005. Sampling And Analysis Techniques for the Eutrophication Monitoring Strategy of MED POL, MAP Technical Series Reports, No.163, Athens.

UNEP/MAP (2013) Proposed GES and Targets regarding Ecological Objectives on biodiversity and fisheries (Joint session of the Eleventh Meeting of Focal Points for SPAs and COR-GEST on Biodiversity & Fisheries).

UNEP/MAP (2016a) UNEP(DEPI)/MED IG.22/28. Report of the 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention For The Protection of The Marine Environment and the Coastal Region of The Mediterranean and its Protocols.

UNEP/MAP (2016b) UNEP(DEPI)/MED IG.22/10. Draft Decision: Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria, Athens 2015.

UNEP MAP, 2011. Development of Assessment Criteria for Hazardous substances in the Mediterranean. UNEP(DEPI)/MED WG. 365/Inf.8.

US Environmental Protection Agency, 1998. EPA's contaminated sediment management strategy. EPA-823-R-98-001. Washington, DC.

US Environmental Protection Agency (1997) The incidence and severity of sediment contamination in surface waters of the united states. Vols. 1–3. EPA 823-R-97-006. Science and Technology Office, Washington, DC

Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. and Rinald, A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea, Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics, 9: 329-357. WFD, 2000. Directive 2000/60/EC of The European Commission.

Yılmaz, I.N. (2015), "Collapse of zooplankton stocks during Liriope tetraphylla (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin". Marine Ecology, 36: 595-610.

Zhou H, Sun Q, Wang X, Wang L, Chen J, Zhang J, et al. Removal of 2,4-dichlorophenol from contaminated soil by a heterogeneous ZVI/EDTA/Air Fenton-like system. Sep Purif Technol. 2014;132:346-53.

Zhou, QX, Kong, FX, Zhu, L. Ecotoxicology: Principles and Methods, Science Press, Beijing (2004), pp. 161-217

Zettler, M.I., Schiedek, D. and Bobertz, B., (2007) Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin, 55: 358-270.

EKLER

EK1. Marmara Denizi istasyon ve örnekleme bilgileri

Sıra No	İstasyon tipi (kıyı/ deniz)	İstasyon Kodu	İstasyon yeri	SYB/ DDB No	Koordinatlar		Derinlik (m)	Kıyıdan uzaklık (m)	Fizikokimyasal Değişkenler	Biyolojik Değişkenler			Sedimanda Kirleticiler	Radyoaktivite
									CTD, Çözünmüş Oksijen, Besin Maddeleri, Klorofil-a, Seki Disk Derinliği	Fitoplankton	Zooplankton	Makrozoobentos		
					Enlem	Boylam				Baskınlık, kompozisyon, indeksler/kalite				Deniz suyu ve sediman
1	Kıyı	İZ2	İzmit Körfezi - Marmara Girişi	MRM17	40° 44' 01.680"	029° 20' 58.200"	320	2434	X					
2	Kıyı	İZ9	İzmit Körfezi	MRM17	40° 43' 46.920"	029° 28' 03.000"	50	1340	X				X	
3	Kıyı/ Hassas	İZ7	İzmit Körfezi kuzey kıyı	MRM17	40° 45' 51.480"	029° 27' 45.000"	66	724	X			X	X	
4	Kıyı	İZ15	İzmit Körfezi	MRM17	40° 46' 01.200"	029° 37' 03.000"	54	1583	X				X	
5	Kıyı/ Hassas	İZ17	İzmit Körfezi - Orta	MRM17	40° 43' 18.120"	029° 37' 01.200"	155	2807	X	X	X			X
6	Kıyı	İZ25	İzmit Körfezi doğu baseni girişi	MRM16/ MRM17	40° 44' 02.400"	029° 47' 01.320"	35	745	X				X	
7	Kıyı	İZ5C	İzmit Körfezi Dilburnu	MRM16	40° 44' 44.520"	029° 51' 17.280"	18	439	X				X	
8	Kıyı	İZ30	İzmit Körfezi - Körfez sonu	MRM16	40° 44' 15.000"	029° 53' 31.200"	27	1941	X	X	X		X	
9	Kıyı	M20	Adalar Bölgesi	MRM15	40° 46' 01.200"	029° 12' 56.520"	637	4704	X					
10	Deniz/Refer ans	MD102	Çınarcık çukuru	MRMD1	40° 45' 46.080"	029° 04' 40.800"	1254	6822	X					
11	Kıyı/Hassas	MY2	PrensAdaları- Tuzla açık	MRM15	40° 49' 41.520"	029° 11' 16.080"	87	3964	X				X	
12	Kıyı/Hassas	MY1	Tuzla - Adalar Arası	MRM15	40° 51' 00.720"	029° 14' 28.680"	38	1351	X	X	X	X		
13	Kıyı	M11	PrensAdaları- Tuzla	MRM15	40° 51' 19.800"	029° 11' 08.880"	67	3246	X				X	
14	Kıyı	MDNEA	Prens Adaları	MRM15	40° 49' 39.720"	029° 06' 33.120"	61	823	X					
15	Kıyı	MDADA3	Prens Adaları	MRM14	40° 50' 39.120"	029° 05' 31.200"	65	1538	X				X	
16	Kıyı	MDA6			40° 51' 26.280"	029° 05' 39.480"	47	1162	X					
17	Kıyı	MD26	Adalar Bölgesi	MRM14	40° 50' 15.000"	029° 02' 22.920"	97	4416	X					
18	Kıyı	YSA	Adalar Bölgesi	MRM14	40° 51' 45.720"	028° 59' 13.920"	84	376	X			X		
19	Kıyı	MDA3			40° 53' 24.000"	028° 59' 47.400"	45	2406	X					
20	Kıyı	YSA1	Adalar Bölgesi	MRM14	40° 53' 20.400"	029° 01' 22.080"	47	2430	X					
21	Kıyı	YSA2	Adalar Bölgesi	MRM14	40° 54' 21.600"	029° 01' 20.280"	31	1543	X	X			X	
22	Kıyı	MDA4			40° 56' 49.200"	029° 03' 11.520"	16	1816	X				X	
23	Kıyı	M3	İstanbul Boğazı - Marmara çıkışı doğu	MRM14	40° 58' 10.920"	029° 00' 00.720"	23	2047	X					
24	Boğaz	K0	İstanbul Boğazı - Karadeniz çıkışı	MRM13	41° 13' 34.320"	029° 08' 06.720"	67	1584	X	X	X			X
25	Boğaz	B2	İstanbul Boğazı	MRM13	41° 01' 49.800"	029° 00' 37.800"	32	479	X			X		

Sıra No	İstasyon tipi (kıyı/ deniz)	İstasyon Kodu	İstasyon yeri	SYB/ DDB No	Koordinatlar		Derinlik (m)	Kıyıdan uzaklık (m)	Fizikokimyasal Değişkenler	Biyolojik Değişkenler			Sedimanda Kirleticiler	Radyoaktivite
									CTD, Çözünmüş Oksijen, Besin Maddeleri, Klorofil-a, Seki Disk Derinliği	Fitoplankton	Zooplankton	Makrozoobentos		
					Enlem	Boylam				Baskınlık, kompozisyon, indeksler/kalite				Deniz suyu ve sediman
26	Boğaz	M1	İstanbul Boğazı - Marmara çıkışı	MRM13	41° 01' 04.080"	028° 59' 57.120"	20	526	X					
27	Kıyı/ Hassas	M8	İstanbul Boğazı - Marmara Girişi	MRM13	40° 56' 24.720"	028° 56' 34.800"	62	5442	X	X	X		X	
28	Kıyı/ Hassas	YK1	Yenikapı - Kıyı	MRM11	40° 57' 01.800"	028° 51' 22.680"	12	1637	X			X		
29	Deniz	M14A		MRMD1	40° 55' 37.920"	028° 46' 31.080"	81	4357	X					
30	Geçiş-Kıyı/ Hassas	KC1	Küçükçekmece - Kıyı	MRM11	40° 58' 18.120"	028° 45' 26.280"	21	858	X	X		X	X	
31	Kıyı/ Hassas	BC1	Büyükçekmece - Kıyı	MRM10	40° 56' 52.800"	028° 36' 19.800"	50	1749	X			X		
32	Deniz/ Hassas/ Referans	MD104	Büyükçekmece - Açık	MRMD1	40° 51' 27.720"	028° 28' 59.880"	812	14910	X	X				
33	Kıyı	MD3	Tekirdağ - Kıyı	MRM10	41° 00' 55.080"	028° 26' 51.720"	36	1640	X				X	
34	Kıyı/Az Hassas	MD54	Silivri - Kıyı	MRM10	41° 03' 22.680"	028° 14' 25.800"	34	1486	X	X	X	X	X	
35	Deniz	DİPTAR2Y		MRMD1	40° 55' 52.680"	028° 13' 22.800"	370	14901	X					
36	Kıyı	MD4A	Silivri-Ereğli arası	MRM10	40° 57' 28.800"	028° 04' 10.200"	82	8097	X					
37	Deniz/ Hassas/ Referans	MD103	Marmara Denizi - Orta Basen	MRMD1	40° 50' 26.520"	028° 00' 34.920"	1240	14409	X	X	X			
38	Kıyı/Az Hassas	MD86	Marmara Ereğlisi - Kıyı	MRM09	40° 57' 04.320"	027° 53' 32.280"	54	1133	X					
39	Kıyı	MED2	Marmara Ereğlisi	MRM09	40° 59' 30.480"	027° 44' 37.320"	15	2181	X	X			X	
40	Kıyı/Az Hassas	MD59	Tekirdağ - Kıyı	MRM09	40° 57' 39.600"	027° 31' 36.120"	21	1396	X	X	X	X	X	X
41	Kıyı	MD6A	Tekirdağ açığı	MRM09	40° 53' 57.120"	027° 29' 48.120"	64	2033	X					
42	Deniz/Az Hassas/ Referans	MD101	Tekirdağ - Açık	MRMD1	40° 49' 12.720"	027° 31' 10.920"	1111	6132	X					
43	Deniz	DİPTAR4Y		MRMD1	40° 45' 22.680"	027° 25' 30.000"	490	5615	X					
44	Kıyı/ Az Hassas	HOSK	Hoşköy	MRM08	40° 42' 21.600"	027° 19' 22.800"	21	753	X				X	
45	Deniz	MD13A	Tekirdağ - Marmara Adası Arası	MRMD1	40° 39' 18.000"	027° 24' 15.120"	150	6579	X					
46	Kıyı	D7MA	Şarköy (Çanakkale)	MRM07	40° 33' 18.000"	027° 01' 27.480"	31	2242	X	X		X		
47	Boğaz	D7	Çanakkale Boğazı	MRM07	40° 24' 26.280"	026° 42' 23.400"	72	1489	X	X				
48	Kıyı	MD10B		MRM07	40° 27' 47.520"	027° 00' 29.520"	50	5900	X					
49	Deniz	MD10A	Çanakkale Boğazı - Marmara Girişi	MRMD1	40° 31' 21.720"	027° 11' 28.680"	63	8435	X		X			
50	Kıyı	MD67	Marmara Adası-Güney	MRM05	40° 32' 54.600"	027° 34' 16.680"	59	2452	X	X		X	X	

Sıra No	İstasyon tipi (kıyı/ deniz)	İstasyon Kodu	İstasyon yeri	SYB/ DDB No	Koordinatlar		Derinlik (m)	Kıyıdan uzaklık (m)	Fizikokimyasal Değişkenler	Biyolojik Değişkenler			Sedimanda Kirleticiler	Radyoaktivite
									CTD, Çözünmüş Oksijen, Besin Maddeleri, Klorofil-a, Seki Disk Derinliği	Fitoplankton	Zooplankton	Makrozoobentos		
					Enlem	Boylam				Baskınlık, kompozisyon, indeksler/kalite				Deniz suyu ve sediman
51	Geçiş Suyu	BD3	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM05	40° 25' 24.600"	027° 22' 34.680"	36	3840	X			X	X	
52	Geçiş Suyu	BD1	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM06	40° 22' 37.920"	027° 20' 18.600"	12	1139	X	X			X	
53	Kıyı/ Hassas	MD63	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM06	40° 19' 03.000"	027° 32' 38.400"	14	1648	X			X		
54	Kıyı	MD12A	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM06	40° 25' 22.800"	027° 32' 12.480"	45	4580	X	X	X	X	X	
55	Geçiş Suyu	GD3	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM06	40° 23' 28.680"	027° 38' 06.000"	38	6304	X					
56	Geçiş Suyu	GD1	Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi	MRM06	40° 19' 50.520"	027° 38' 13.920"	10	524	X	X			X	
57	Kıyı	ER1	Erdek Körfezi	MRM06	40° 20' 43.080"	027° 48' 00.720"	33	1344	X	X		X	X	X
58	Kıyı/ Hassas	MD66	Erdek Körfezi	MRM06	40° 25' 11.280"	027° 44' 03.120"	33	1535	X					
59	Kıyı	KD1	Kapıdağ Yarımadası-Kuzeybatı	MRM05	40° 32' 37.320"	027° 45' 13.320"	63	1719	X					
60	Deniz	DİPTAR3Y		MRMD1	40° 41' 52.080"	027° 49' 37.200"	400	9185	X					
61	Deniz	MD14A	Marmara Merkez Güney	MRMD1	40° 42' 13.680"	028° 07' 50.880"	460	25806	X					
62	Deniz	MD18	Marmara Merkez Güney	MRMD1	40° 42' 02.520"	028° 20' 28.320"	146	21208	X					
63	Kıyı/ Hassas	BK1	Bandırma Körfezi	MRM04	40° 22' 19.920"	027° 57' 46.080"	34	1424	X			X	X	
64	Kıyı/ Hassas	MD87	Bandırma Körfezi	MRM04	40° 23' 15.720"	027° 56' 40.920"	35	2566	X	X	X		X	
65	Kıyı/ Hassas	MD72	Bandırma Körfezi	MRM03	40° 24' 33.120"	028° 04' 25.320"	44	2971	X	X		X	X	
66	Kıyı	KD2	Kapıdağ Yarımadası-Kuzeydoğu	MRM05	40° 30' 31.320"	027° 58' 54.480"	35	1815	X				X	
67	Kıyı/Az Hassas	KR1	Bursa Kurşunlu-Kıyı	MRM03	40° 26' 22.920"	028° 16' 00.120"	47	4264	X			X		
68	Kıyı	MD19A	Bursa Bayramdere-Açık	MRM02	40° 32' 12.120"	028° 25' 30.000"	45	7891	X	X	X	X	X	
69	Kıyı	MD19	Bursa Bayramdere-Kıyı	MRM01	40° 24' 38.520"	028° 26' 53.880"	18	1745	X				X	
70	Geçiş Suyu	SD1	Susurluk Çayı-Giriş	MRM01	40° 24' 04.680"	028° 31' 04.800"	8	802	X				X	
71	Geçiş Suyu	SD2	Susurluk Çayı-Giriş	MRM01	40° 24' 29.880"	028° 31' 18.480"	10	1639	X	X		X	X	
72	Geçiş Suyu	SD3	Susurluk Çayı-Giriş	MRM02	40° 26' 57.120"	028° 33' 39.600"	51	7148	X	X			X	
73	Kıyı/Az Hassas	MD20	Susurluk Çayı - Doğu	MRM01	40° 23' 08.520"	028° 35' 01.320"	22	1354	X					
74	Kıyı/Az Hassas	MDSD1	Mudanya Batı Kıyı	MRM20	40° 23' 06.720"	028° 43' 31.800"	22	308	X			X	X	
75	Kıyı/ Hassas	MDSD	Mudanya Batı Açık	MRM20/	40° 24' 28.080"	028° 44' 43.800"	53	2083	X					

Sıra No	İstasyon tipi (kıyı/ deniz)	İstasyon Kodu	İstasyon yeri	SYB/ DDB No	Koordinatlar		Derinlik (m)	Kıyıdan uzaklık (m)	Fizikokimyasal Değişkenler	Biyolojik Değişkenler			Sedimanda Kirleticiler	Radyoaktivite
									CTD, Çözünmüş Oksijen, Besin Maddeleri, Klorofil-a, Seki Disk Derinliği	Fitoplankton	Zooplankton	Makrozoobentos		
					Enlem	Boylam				Baskınlık, kompozisyon, indeksler/kalite				Deniz suyu ve sediman
				MRM21										
76	Kıyı/ Hassas	MD89A	Gemlik Körfezi	MRM19	40° 25' 50.520"	029° 08' 08.520"	39	845	X	X	X	X	X	
77	Kıyı/ Hassas	KUMDE	Gemlik K./Kumla	MRM19	40° 28' 12.720"	029° 05' 26.520"	30	401	X				X	
78	Kıyı/ Hassas	MD88	Gemlik Körfezi	MRM19	40° 27' 51.120"	029° 02' 31.920"	67	1675	X	X				
79	Kıyı/ Hassas	MD90	Gemlik Körfezi	MRM19	40° 22' 46.200"	029° 01' 59.880"	70	1573	X				X	
80	Kıyı/ Hassas	MD22A	Gemlik Körfezi	MRM19	40° 22' 55.920"	028° 52' 59.880"	32	272	X			X	X	
81	Kıyı/ Hassas	MD22	Gemlik Körfezi	MRM19	40° 25' 00.480"	028° 54' 01.080"	100	4279	X	X	X			
82	Kıyı	GK1	Gemlik Körfez dışı	MRM21	40° 27' 02.880"	028° 45' 04.680"	63	6509	X	X		X	X	
83	Kıyı/Az Hassas	GK2	Gemlik K/Kuzey Batı	MRM19	40° 29' 41.280"	028° 49' 39.720"	38	1455	X			X		
84	Deniz	DİPTAR1Y	Marmara Güney Doğu	MRMD1	40° 37' 50.880"	028° 36' 47.880"	400	8818	X					
85	Deniz	M74A	Marmara Merkez Güney	MRMD1	40° 42' 12.600"	028° 33' 06.120"	488	15156	X					
86	Deniz	MD75	Armutlu (kuzeydoğu)	MRMD1	40° 40' 10.920"	028° 47' 54.600"	310	11649	X					
87	Kıyı/Az Hassas	AR1	Armutlu - Kıyı	MRM18	40° 35' 15.720"	028° 50' 24.720"	149	1888	X				X	
88	Deniz / Tarihsel	45C	Doğu derin basen	MRMD1	40° 47' 25.800"	028° 53' 28.320"	1224	11392	X		X			
89	Kıyı	CY1	Çınarcık kıyı	MRM18	40° 39' 32.400"	029° 05' 31.920"	158	1526	X	X				
90	Kıyı/ Hassas	MD24	Yalova - Kıyı	MRM18	40° 39' 59.400"	029° 14' 58.920"	40	686	X	X	X	X	X	
91	Deniz/ Hassas/ Referans	MD3A	Büyükçekmece - Açık	MRMD1	40° 55' 19.200"	028° 27' 30.600"	124	9388	X					

EK 2. Trol/algarna çekim sahalarının koordinatları, derinlikler, çekim süreleri ve çekim hızları

İstasyon No	Koordinatlar		Örnekleme Aracı	Çekim süresi (dk)	Çekim hızı (mil)	Derinlik (m)
	Başlangıç	Bitiş				
MD26	40^{0}50'45" N 29^{0}03'36" E	40^{0}50'18" N 29^{0}05'50" E	Trol	30	2,9	91
MD24	40^{0}44'45" N 29^{0}19'58" E	40^{0}42'55" N 29^{0}20'91" E	Trol	30	3	65
İZ17	40^{0}42'34" N 29^{0}37'76" E	40^{0}42'40" N 29^{0}38'36" E	Algarna	30	2,5	80
İZ30	40^{0}44'00" N 29^{0}55'40" E	40^{0}44'02" N 29^{0}54'70" E	Algarna	30	2,5	25
MD22	40^{0}26'20" N 28^{0}50'56" E	40^{0}25'75" N 28^{0}48'49" E	Trol	30	3	71
MD19A	40^{0}32'15" N 28^{0}25'50" E	40^{0}31'31" N 28^{0}23'85" E	Trol	30	3	46
MD18	40^{0}42'18" N 28^{0}20'20" E	40^{0}42'78" N 28^{0}18'44" E	Trol	30	3	150
MD90	40^{0}24'38" N 28^{0}06'73" E	40^{0}24'26" N 28^{0}05'13" E	Trol	30	3	48
MD72	40^{0}24'18" N 28^{0}03'52" E	40^{0}24'23" N 28^{0}01'69" E	Trol	30	3	44
MD14	40^{0}37'91" N 27^{0}50'38" E	40^{0}37'72" N 27^{0}52'28" E	Trol	30	3	62
ER1	40^{0}21'20" N 27^{0}46'73" E	40^{0}21'84" N 27^{0}45'30" E	Trol	30	3	37
MD12A	40^{0}24'85" N 27^{0}30'63" E	40^{0}25'00" N 27^{0}28'78" E	Trol	20	3	45
MD13A	40^{0}37'05" N 27^{0}24'19" E	40^{0}36'57" N 27^{0}22'54" E	Trol	30	3	108
MD6A	40^{0}52'63" N 27^{0}28'85" E	40^{0}53'66" N 27^{0}29'81" E	Trol	30	3	73
MD4A	40^{0}57'56" N 28^{0}03'91" E	40^{0}57'82" N 28^{0}05'49"E	Trol	30	3	80
MD3A	40^{0}57'76" N 28^{0}24'37" E	40^{0}57'01" N 28^{0}25'79" E	Trol	30	3	75
MD3AD	40^{0}55'91" N 28^{0}25'26" E	40^{0}55'43" N 28^{0}26'45" E	Trol	30	3	150
MD2A	40^{0}55'36" N 28^{0}32'39" E	40^{0}55'20" N 28^{0}34'26" E	Trol	30	3	80

EK 3. Makro flora istasyon bilgileri

İst. No	**İstasyon**	**Su Kütlesi No**	**Örnekleme Yapılan Koordinat**	
			Kuzey	**Doğu**
1	Susurluk Ağzı, Boğaz	MRM01	40°23'54"N	28°22'07"E
2	Kapıdağ	MRM04	40°27'51"N	27°42'40"E
3	Edincik-Enerji-SA	MRM06	40°18'48"N	27°46'55"E
4	Karabiga	MRM06	40°23'59"N	27°18'17"E
5	Lapseki	MRM07	40°24'17"N	26°47'07"E
6	Şarköy	MRM07-08	40°36'34"N	27°06'20"E
7	Tekirdağ	MRM09	40°57'37"N	27°29'54"E
8	M. Ereğlisi-Batı	MRM09	41°00'42"N	27°45'38"E
9	Silivri	MRM10	41°04'36"N	28°14'13"E
10	Büyükçekmece	MRM10	41°01'05"N	28°34'06"E
11	Yenikapı	MRM11	40°59'28"N	28°55'39"E
12	Kadıköy	MRM14	40°57'36"N	29°04'14"E
13	Adalar	MRM15	40°52'17"N	29°08'20"E
14	Kavaklıdere	MRM16	40°43'32"N	29°50'25"E
15	Değirmendere	MRM17	40°43'18"N	29°46'46"E
16	Hereke	MRM17	40°46'56"N	29°37'09"E
17	Eskihisar-MAM	MRM17	40°46'14"N	29°26'26"E
18	Çınarcık	MRM18	40°39'32"N	29°08'39"E
19	Mudanya	MRM19	40°22'17"N	28°53'44"E
20	Armutlu	MRM19	40°30'28"N	28°50'43"E
21	Susurluk Doğu	MRM01	40°21'54"N	28°38'02"E

View publication stats