

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

DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME  
PROGRAMI

2014-2016 YILI

MARMARA DENİZİ ÖZET RAPORU



2017



Bu çalışma Çevre ve Şehircilik 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 ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğüne aittir. Rapor izinsiz olarak çoğaltılamaz ve dağıtılamaz.

ANKARA – 2017

Eser Adı : Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi 2014-2016 Marmara Denizi Özet Raporu

ISBN : 978-605-5294-72-4

Adres : Çevre ve Şehircilik 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](http://www.csb.gov.tr/gm/ced)

Baskı : TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/Kocaeli  
Baskı No : 5148704 (ÇTÜE.16.330)

Kapak : Doç. Dr. Ayhan DEDE (Üst)  
Fotoğrafları : KBB-İSU Gn.Md. fotoğraf arşivi (Alt)



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](http://www.csb.gov.tr)



## DENİZLERDE BÜTÜNLEŞİK KİRLİLİK İZLEME PROGRAMI 2014-2016

### MARMARA DENİZİ ÖZET RAPORU

#### **Koordinatör**

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü  
M. Mustafa SATILMIŞ, Genel Müdür  
Ali Rıza TANAS, Genel Müdür Yardımcısı

#### **Proje Yürütücülere**

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Etki Değerlendirmesi İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü  
Soner OLGUN, Daire Başkanı  
Serap KANTARLI, Şube Müdürü  
Ebru OLGUN EKER, Çevre ve Şehircilik Uzmanı  
Şule BEKTAŞ, Çevre ve Şehircilik Uzmanı  
Hacer SELAMOĞLU ÇAĞLAYAN, Çevre ve Şehircilik Uzmanı  
*TÜBİTAK- Marmara Araştırma Merkezi - Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü*  
Doç. Dr. S. Çolpan POLAT BEKEN, Proje Yürütücüsü  
Hakan ATABAY, Proje Yürütücü Yardımcısı  
Dr. Hüseyin TÜFEKÇİ, Proje Yürütücü Yardımcısı  
Doç. Dr. Haldun KARAN, ÇTÜE Müdür Yardımcısı

#### **Raporu Hazırlayanlar**

*TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi-Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü*  
Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN  
Dr. Leyla TOLUN  
Hakan ATABAY  
Dr. İbrahim TAN  
Dr. Mustafa MANTIKCI  
Dr. Cihangir AYDÖNER  
*İstanbul Üniversitesi-Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü*  
Prof. Dr. Dilek EDİGER  
Yrd. Doç. Dr. Ahsen YÜKSEK  
Doç. Dr. Hüsne ALTIOK  
Prof. Dr. Seyfettin TAŞ  
Yaprak GÜRKAN  
*Sinop Üniversitesi- Su Ürünleri Fakültesi ve Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü*  
Prof. Dr. Murat SEZGİN  
Yrd. Doç. Dr. Güley KURT ŞAHİN  
Uzm. Biyolog Fikriye ÜNLÜER  
*Celal Bayar Üniversitesi – Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü*  
Prof. Dr. Ergun TAŞKIN  
Yrd. Doç. Dr. Orkide MİNARECİ  
Murat ÇAKIR  
*Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Deniz Bilimleri Enstitüsü*  
Prof. Dr. Ahmet Erkan KIDEYŞ  
Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL

## ÖNSÖZ



Denizlerimiz çok eski zamanlardan beri, insanların en büyük geçim ve besin kaynağı olmuş, ticari, balıkçılık, ekolojik, kültürel, sosyal, ekonomik ve biyolojik çeşitlilik açısından değerli bir zenginlik kaynağı olmuştur.

Politik ve stratejik açıdan ise, Türk Boğazları Sisteminin varlığı ve kontrolü, Karadeniz’de geniş bir ekonomik münhasır bölgeye sahip olmamız ve Ege Denizi ile Akdeniz’i kapsayan Barselona Sözleşmesi kapsamındaki yetkin ve etkili varlığımız ile denizlerimiz ülkemiz için büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde büyük bir zenginlik olan deniz ve kıyılarımızın araştırılması, etkin yönetimi, denizlerimizin korunması, izlenmesi, kirliliğinin önlenmesi ve buna yönelik ekosistem temelli bir yaklaşımla politikaların geliştirilmesine Bakanlık olarak büyük önem vermekteyiz. Bu doğrultuda, Bakanlığımızca ulusal mevzuatımız, uluslararası mevzuat ve ülkemizin taraf olduğu Bükreş ve Barselona Sözleşmeleri kapsamında denizlerimizde

meydana gelen kirliliği düzenli olarak izlemekte ve izleme verilerini uluslararası platformlarda raporlamaktayız.

Deniz izleme çalışmalarımız 1990’lı yıllara dayanmaktadır. 2000’li yıllarda Avrupa Birliği direktiflerince ekosistem tabanlı yönetim yaklaşımı ve bütüncül izleme yaklaşımının getirilmesiyle, izlemeler 2011 yılında bütünlük ve ekosistem odaklı bir yaklaşımla birleştirilmiştir. 2011 yılından itibaren deniz izleme çalışmaları “Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme” adı altında yürütülmektedir. Yıllık olarak yürütülen izleme çalışmaları 2014 yılında üçer yıllık olarak düzenli hale getirilmiş ve 2014-2016 dönemini kapsayan izleme çalışmaları TÜBİTAK-MAM ile birlikte geniş kapsamlı olarak yürütülmüştür.

Bakanlığımızın sahibi olduğu ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından 2014-2016 yılları arasında yürütülen “Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme Programı” kapsamında tüm denizlerimiz için ayrı ayrı hazırlanan “Denizlerde Bütünlük Kirlilik İzleme İşleri 2014-2016 Özet Raporları”nın 2014-2016 döneminde elde edilen bulguların kamuoyunun bilgisine sunulması, çevreyle ilgili tüm kurum ve kuruluşlara rehberlik etmesi ve karar alım süreçlerinde yol gösterici olması amacıyla faydalı birer kaynak olmasını diliyor, çalışmada emeği geçen herkese teşekkür ediyorum.

**Mehmet ÖZHASEKİ**

**Çevre ve Şehircilik Bakanı**



## İÇİNDEKİLER

TABLO DİZİNİ.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
KISALTMA VE TANIMLAR .....	5
<b>1 GİRİŞ.....</b>	<b>8</b>
<b>2 YASAL ÇERÇEVE .....</b>	<b>9</b>
<b>3 MARMARA DENİZİ BÜTÜNLEŞİK DENİZ İZLEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri (T7).....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Tuzluluk ve Sıcaklık kesitleri.....	11
3.1.2 Sıcaklık ve Tuzluluk Yüzey Dağılımları .....	13
3.1.3 Tuzluluk ve Sıcaklığın Yüzey Ortalama Değişimleri.....	14
<b>3.2 Ötrofikasyon (T5).....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Besin Elementleri .....	16
3.2.2 Çözünmüş oksijen .....	17
3.2.3 Klorofil-a.....	20
3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği) .....	20
3.2.5 TRIX.....	21
<b>3.3 Su Kolonu Habitatları (T1).....</b>	<b>22</b>
3.3.1 Fitoplankton.....	22
<b>3.4 Deniz Tabanı Habitatları (T1, T6) .....</b>	<b>28</b>
3.4.1 Makro Flora .....	28
3.4.2 Makrozoobentos .....	32
3.4.3 Deniz tabanı Trol Çalışması .....	39
<b>3.5 Kirleticiler (T8, T9) .....</b>	<b>47</b>
3.5.1 Sedimanda Kirleticiler (T8).....	48
3.5.2 Biyotada Kirleticiler (T9, T8).....	54
<b>3.6 Deniz Çöpleri (T10).....</b>	<b>57</b>
3.6.1 Mikroplastik .....	58
3.6.2 Deniz Tabanı Çöpleri .....	61
<b>3.7 Kıyı Su Yönetim Birimlerinin Baskı, Ekolojik Kalite ve Kimyasal Durum Değerlendirmesi.....</b>	<b>63</b>
3.7.1 Baskıların Değerlendirilmesi.....	63
3.7.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi .....	65
3.7.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi.....	66
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>

## TABLO DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Marmara Denizi İzleme bileşenleri istasyon sayıları .....	11
<b>Tablo 2.</b> 2014-2016 izleme dönemlerindeki fitoplankton toplam tür sayıları .....	22
<b>Tablo 3.</b> Yıllara göre fitoplanktonun potansiyel zararlı türlerinin maksimum bollukları (hücre/L).....	27
<b>Tablo 4.</b> 2014-2016 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları.....	29
<b>Tablo 5.</b> Marmara Denizi istasyonlarının 2014-2016 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları .....	29
<b>Tablo 6.</b> 2014-2016 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının “Ekolojik kalite İndeksi: EEI” ile yapılan kalite sınıflandırması .....	30
<b>Tablo 7.</b> Yıllara göre makrozoobentos istasyonlarındaki ekolojik kalite indekslerin durumu .....	37
<b>Tablo 8.</b> Araştırma bölgesinde tespit edilen makrozoobentik yabancı türlerin bolluk değerleri (birey/m <sup>2</sup> ).....	38
<b>Tablo 9.</b> Sediman matriksinde analiz edilen kirletici grupları .....	49
<b>Tablo 10.</b> 2016 yılı Marmara Denizi biyota örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması .....	55
<b>Tablo 11.</b> 2014-2016 yılları arasında Marmara Denizi’nde <i>Mytilus galloprovincialis</i> örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması .....	56
<b>Tablo 12.</b> 2015-2016 yılında istasyonlarda tespit edilen mikroplastiklerin özellikleri, sayı ve toplam ağırlıkları .....	58
<b>Tablo 13.</b> 2016 yılında su ve sedimanda bulunan mikroplastik tür, sayı, ağırlık ve boy dağılımları ...	59
<b>Tablo 14.</b> Sedimanda kimyasal durum değerlendirmesi.....	68



## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Marmara Denizi 2014-2016 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri (SYB 1-22) ve deniz değerlendirme alanları haritası.....	10
Şekil 2. Marmara Denizi 2016 kış dönemi sıcaklık ve tuzluluk kesitleri.....	12
Şekil 3. Marmara Denizi 2016 yaz dönemi sıcaklık ve tuzluluk kesitleri.....	13
Şekil 4. Marmara Denizi üst tabaka sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (2016 kış ve yaz dönemleri).....	14
Şekil 5. 2014-2016 örnekleme dönemi SYB'lerin yüzey suları (0-10 m ortalama) tuzluluk ve sıcaklık dağılımları .....	15
Şekil 6. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki $NO_2+NO_3-N$ ( $NO_x$ ) yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10 m ortalama) SYB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri .....	16
Şekil 7. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki Toplam Fosfor (TP) yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10m ortalama) SYB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri .....	17
Şekil 8. Çözünmüş oksijenin 2014-2016 döneminde Çanakkale Boğazı-Marmara kesişimi ile Marmara-İstanbul Boğazı kesişim bölgelerindeki düşey değişimleri .....	18
Şekil 9. 2014-2016 izleme dönemi yüzde doymuş Çözünmüş Oksijen ( $CO\%$ ) değerlerinin (0-10m ortalama) SYB ve DDB'lerdeki ortalama değerleri .....	18
Şekil 10. Çözünmüş Oksijenin Doğu derin Marmara çukurundaki tarihsel değişimi .....	19
Şekil 11. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki klorofil-a yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10m ortalama) SYB ortalama değerleri: kış (mavi) ve yaz (kırmızı).....	20
Şekil 12. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki Seki disk derinliği (0-10m ortalama) SYB ortalama değerleri: kış (mavi) ve yaz (kırmızı).....	21
Şekil 13. 2014-2016 kış ve yaz dönemlerinde SYB'lerdeki ortalama TRIX değerleri.....	21
Şekil 14. 2014-2016 izleme dönemlerinde fitoplankton gruplarının baskınlık durumları (%) .....	23
Şekil 15. 2016 kış ve yaz döneminde fitoplankton bolluğunun dağılımları.....	24
Şekil 16. 2016 kış ve yaz dönemlerinde fitoplankton bolluğunun istasyonlara ve gruplara göre dağılımı .....	25
Şekil 17. Marmara Denizi'nde fitoplankton bolluğunun yıllara göre dağılımı (2014-2016) .....	25
Şekil 18. 2016 kış (sol) ve yaz (sağ) döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin ( $H'$ ) istasyonlara göre dağılımı.....	26
Şekil 19. Marmara Denizi'nde fitoplankton için Shannon çeşitlilik indeksinin ( $H'$ ) yıllara göre dağılımı (2014-2016).....	26
Şekil 20. Marmara Denizi makroflora istasyonları .....	28
Şekil 21. Marmara Denizi makro flora istasyonları 2014-2016 ESG I ve ESG II değişimleri .....	31
Şekil 22. Çalışma döneminde tespit edilen makro flora türlerinden bazıları .....	31
Şekil 23. Marmara Denizi makrozoobentos istasyonları.....	32
Şekil 24. 2014, 2015 ve 2016 yıllarında makrozoobentik organizmaların toplam ve taksonomik gruplara göre tür ve birey sayıları .....	33
Şekil 25. Makrozoobentos istasyonlarında tespit edilen ortalama takson sayıları (2014-2016) .....	34
Şekil 26. Makrozoobentos istasyonlarında tespit edilen ortalama birey sayıları (2014-2016) .....	34
Şekil 27. Makrozoobentik taksonların 2014-2016 dönemindeki dağılım sıklıkları ve yıllara göre en yüksek frekansa sahip türler .....	35
Şekil 28. 2014-2016 izleme döneminde gözlenen baskın makrozoobentik taksonlar.....	36
Şekil 29. 2016 Marmara Denizi trol ve algarna ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma bölgeleri.....	39
Şekil 30. Taksonomik gruplara göre deniz tabanı tür dağılımı .....	40
Şekil 31. Deniz tabanında türlerin frekans dağılımı.....	41
Şekil 32. Marmara Denizi'nde kıkırdaklı ve kemikli balıkların birey ve biyokütle dağılımları (2016).....	42
Şekil 33. Yaygın gözlenen bazı kıkırdaklı balık türlerinin Marmara Denizi'ndeki dağılımı (2016) ....	43
Şekil 34. Yaygın gözlenen bazı kemikli balık türlerinin Marmara Denizi'ndeki dağılımı (2016) .....	44

<b>Şekil 35.</b> Trol ile elde edilen makrozobentik türlerin dağılımı ve istasyonlara göre bolluk ve biyokütle miktarları (2016).....	45
<b>Şekil 36.</b> Trol ile elde edilen makrozoobentik tür dağılımının zamana bağlı değişimi.....	46
<b>Şekil 37.</b> 2016 yaz dönemindeki trol çalışmasında baskın olarak rastlanılan <i>Brissus unicolor</i> (deniz kirpisi) .....	47
<b>Şekil 38.</b> Marmara Denizi sediman istasyon haritası (2014-2016) .....	49
<b>Şekil 39.</b> Marmara Denizi sediman istasyonlarında organik kirletici bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016).....	50
<b>Şekil 40.</b> Marmara Denizi sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2016).....	51
<b>Şekil 41.</b> Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ZF değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016) .....	52
<b>Şekil 42.</b> Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016) .....	52
<b>Şekil 43.</b> Marmara Denizi sediman istasyonlarında kirletici içeriklerinin ERL/ERM 'ye göre % dağılımları (2014-2016) .....	53
<b>Şekil 44.</b> Biyotada kirletici durum değerlendirmesine dair mevzuat .....	54
<b>Şekil 45.</b> Marmara Denizi biyota örnekleme istasyonları .....	54
<b>Şekil 46.</b> 2016 yılında su yüzeyinde tespit edilen mikroplastiklerin grup ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı .....	59
<b>Şekil 47.</b> 2016 yılında su kolonunda tespit edilen mikroplastiklerin grup ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı .....	60
<b>Şekil 48.</b> 2016 yılında sedimanda tespit edilen mikroplastiklerin grup ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı.....	60
<b>Şekil 49.</b> Deniz makro çöplerinin gruplara göre sınıflandırılması (2016).....	61
<b>Şekil 50.</b> Deniz tabanı toplam çöp miktarı (adet/m <sup>2</sup> ve kg/m <sup>2</sup> ).....	62
<b>Şekil 51.</b> Deniz tabanı çöp miktarının istasyonlara göre durumu (2016).....	62
<b>Şekil 52.</b> Marmara Denizi LUSIVaI Haritası .....	64
<b>Şekil 53.</b> Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre Marmara Denizi Kıyı Su Kütlelerine ait Hassas/ Az Hassas Durumunun 2014-2016 yılı verisine göre değerlendirmesi .....	64
<b>Şekil 54.</b> Marmara Denizi kıyı su kütleleri ekolojik durum değerlendirmesi (2016) .....	65

## **KISALTMA VE TANIMLAR**

### **Kısaltmalar**

AB: Avrupa Birliği

Al: Alüminyum

BDS: Bölge Denizleri (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

CIS: Ortak Uygulama Stratejisi (WFD-Common Implementation Strategy)

Cr: Krom

CTD: Conductivity, Temperature, Depth (İletkenlik, Sıcaklık, Derinlik)

Cu: Bakır

ÇİN: Çözünmüş Anorganik Azot (DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen)

ÇKS: Çevre Kalite Standartları (EQO: Environmental Quality Objectives)

ÇO: Çözünmüş Oksijen

DBKİ: Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi

DDA/DDB: Deniz Değerlendirme Alanı (Birimi)

DeKoS: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi

DSÇD: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD: Marine Strategy Framework Directive)

EEl: Ekolojik değerlendirme indeksi (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)

H': Shannon-Weiner (tür çeşitlilik) İndeksi

HEAT: HELCOM Eutrophication Assesment 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

KAAAY: 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<sub>4</sub>-N: Amonyum Azotu

NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N: Nitrat+Nitrit azotu

ODTÜ-DBE: Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Deniz Bilimleri Enstitüsü

PAHs: Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar

Pb: Kurşun

PCBs: Poliklorlu bifenil

PH: Petrol hidrokarbonları

PO<sub>4</sub>-P: Orto-fosfat veya anorganik fosfor olarak adlandırılır.

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 yönetim birimleri)

T: Sıcaklık

ÇIN/DIN: Çözülmüş 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 iddaa edebileceği suların en dış sınırı içinde kalan suları, SÇD’de belirtilen kıyı suları ile birlikte, bunların deniz tabanı ve altını tanımlar.

**Deniz Değerlendirme Birimleri (DDB):** Uzman görüşleri ile DSÇD AB kılavuzları da dikkate alınarak ayrıştırılan alt deniz değerlendirme birimleridir.<sup>1</sup>

**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 5-sınıf 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 arasında değişmesi beklenir.

**Geçiş Suyu:** Nehir ağzları civarındaki, kıyı sularına yakın olmaları ancak aynı zamanda tatlı su akıntılarında 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 sürdürülebilirliğin garanti edilebildiği çevresel durumu temsil eder.

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

**Kıyı Su Kütleli (Su Yönetim Birimi):** Yüzeysel sularının önemli özelliklerle –fiziksel, hidromorfolojik, ekolojik ve baskıların analizi ile- ayrıştırılmış bir yüzeysel su bölümünü tanımlar. Su Çerçeve Direktifi kapsamında ele alınan en küçük yönetim birimleridir. (Su Yönetim Birimleri olarak da adlandırılması uygundur).

**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.

---

<sup>1</sup> DEKOS projesi (TÜBİTAK-MAM, ÇŞB-ÇYGM; 2014) kapsamında belirlenmiştir. Bunun için öncelikle deniz yetki alanlarımız tanımlanmış daha sonra 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

Barselona ve Bükreş Sözleşmeleri gereği; Türkiye Denizleri İzleme Çalışmalarının organizasyonu 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. Tüm denizlerimizde ortak olarak uygulanabilecek bir izleme stratejisi ise 2011 yılında Bakanlığımızın sahibi olduğu SINHA Projesi'nin de katkısı ile geliştirilmiş ve "Denizlerimizde Bütünleşik Kirlilik İzleme" olarak adlandırılarak uygulamaya konulmuştur. DEKOS Projesi ile ise kıyı su kütleleri ve denizel alanlar belirlenmiş ve SÇD-DŞÇD'ye göre gözden geçirilen bütünleşik izleme programı detayları oluşturulmuştur. Bu program ile SÇD'de yer alan ve kıyı suları için izlenmesi gerekli biyolojik kalite elemanlarının, bunları destekleyen fizikokimyasal değişkenlerin ve kirleticilerin izlenebilmesine yönelik olarak yeni parametreler, istasyonlar ve örnekleme/analiz yöntemleri dikkate alınmıştır. 2013 yılından itibaren ise Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme (DBKİ) Çalışması adı ile izlemeler düzenli hale getirilmiştir. 2014-2016 dönemi için program sürekli olarak kış dönemlerini de kapsayacak şekilde 3'er yıllık periyodlar ile geliştirilmiştir. Bu sayede denizlerimiz için uzun dönemdir eksik olan kış verilerinin toplanmasına başlanılmış ve bu verilerin yaz dönemi ile birlikte değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu Program ile karasularımız da izleme alanlarına dahil edilerek deniz izlemelerinin coğrafik kapsamı genişletilmiştir. Sonuç olarak, DBKİ

Programı çerçevesinde 76 kıyı su kütlesi (22'si Marmara Denizi için) ile 15 deniz değerlendirme alanı (3'ü Marmara Denizi için) izleme ve değerlendirmeye alınmıştır. Bu dönemde, ayrıca, DŞÇD kapsamındaki izleme ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik pilot ölçekli çalışmalar da başlatılmıştır. Bu çalışmaların organizasyonunda DEKOS Projesi çıktı ve önerilerinden yararlanılmıştır. Pilot ve geniş ölçekli çalışmalar ile DŞÇD İÇD Tanımlayıcılarından, T1: Biyoçeşitlilik (kısmi olarak T2: Yabancı türler, T3: Ticari deniz ürünleri ile beraber ve T6: Deniz tabanı bütünlüğü), 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 tanımlayıcılardan bazıları zamansal ve mekansal olarak bütünleşik olarak izlenmiştir (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 gibi).

Bu kapsamda Bakanlığımızca, Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme (DBKİ) çalışması, ekosistem temelli yaklaşım esas alınarak düzenli olarak yürütülmektedir. 2014-2016 dönemi kapsamında her bir deniz için 3 yılın genel değerlendirmesini içeren özet raporlar hazırlanmıştır.

Bu raporda; Marmara Denizi ile ilgili 3 yıllık değerlendirme sunulmuştur. Raporun 2. Bölümü'nde yükümlülüklerimiz ve komşu denizlerimizdeki gelişmekte olan bütüncül deniz yönetimi yaklaşımı çerçevesindeki ihtiyaçlarla olan ilişkisi, 3. Bölüm 'de ise izleme çalışmalarının sonuçları, izleme bileşenleri altında

verilmiştir. Bunlar sırasıyla; hidrografik koşullar, ötrofikasyon, kirleticiler, su kolonu habitatları, deniz tabanı habitatları ve deniz çöpleridir. Ek olarak, kıyı su

## 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 Bölge Denizleri Sözleşmeleri (BDS) 'nin konu ile ilgili uygulamalarının uyumlu olmasından dolayı ülkemizin sorumlu kuruluşları tarafından ilgili çalışmaların yapılması ve stratejilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Marmara Denizi'nin ise iç denizimiz olması ve Karadeniz ile Akdeniz arasında geçiş bölgesi olması nedeniyle tüm denizlerimizi içeren, karşılaştırılabilir bütüncül bir izleme programının gerekliliği saptanmıştır.

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 yaklaşımı yönetim temeline dayalı DSÇD ve bu yaklaşımı temel alan BDS'ler

yönetim birimleri üzerindeki baskılar değerlendirilmiş, ekolojik ve kimyasal kalite sınıflandırmaları sunulmuştur.

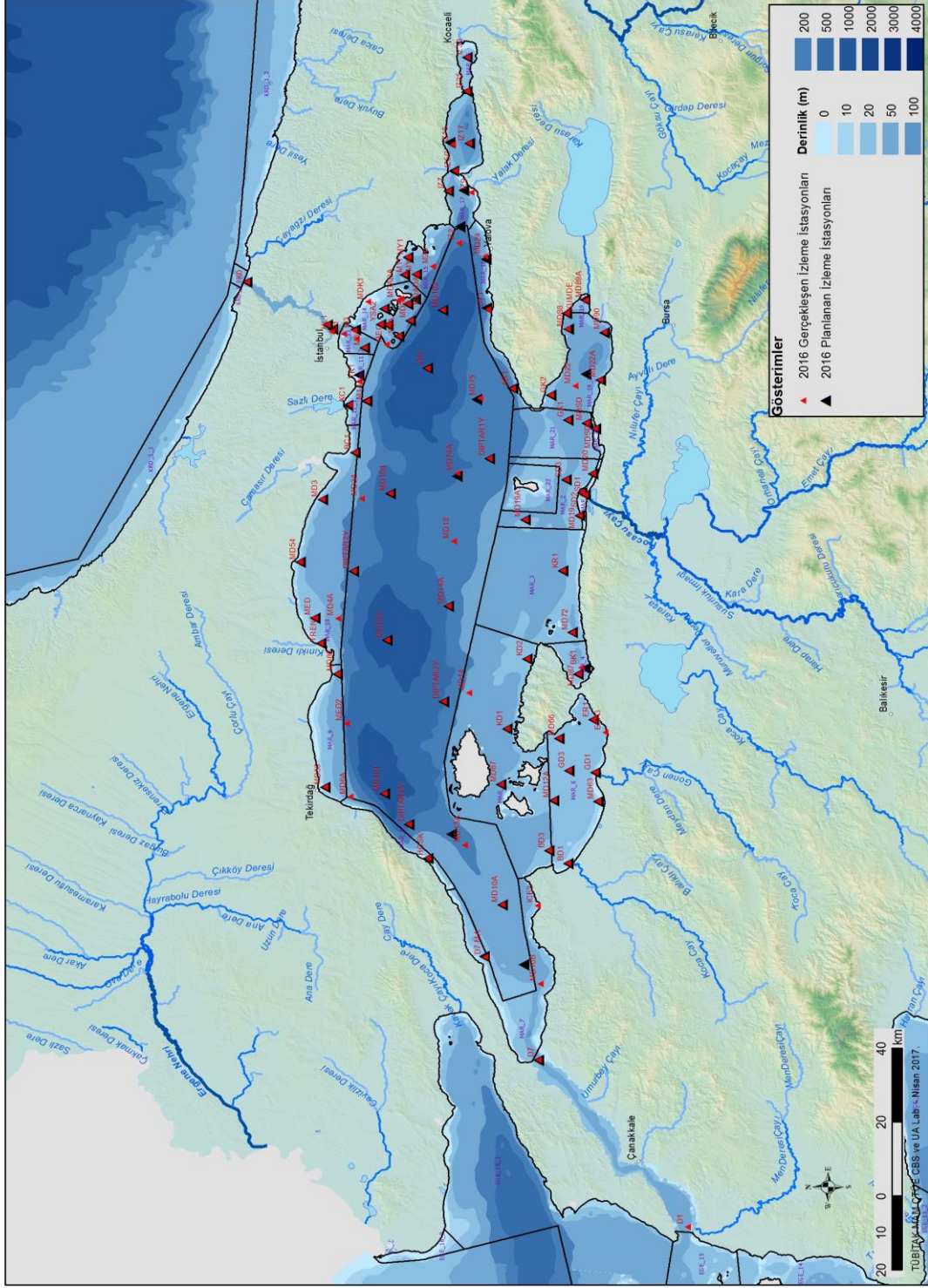
bölgesel izleme faaliyetlerini yeni yaklaşımlar ile tekrar düzenlemektedirler. Buna paralel olarak ülkemizde de özellikle etkilenmiş kıyı sularının ötesinde kalan açık deniz suları ve farklı çevresel unsurları da içine alan izleme programları aşamalı olarak organize edilmekte olup bu programlar, ulusal mevzuat ihtiyaçlarına da cevap verecek nitelikte planlanmaktadır. Her iki yasal aracın 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 ulaşıp 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 da üye ülkelerce onaylanarak uygulamaya alınmıştır (UNEP/MAP 2016). Ayrıca, benzer prensiplerle hazırlanan yeni Karadeniz Bütünleşik İzleme ve Değerlendirme Programı (BSIMAP) 2017-2022 yıllarını kapsayacak şekilde güncellenmiştir.

## 3 MARMARA DENİZİ BÜTÜNLEŞİK DENİZ İZLEME VE DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

Denizlerimizde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı (ÇŞB, TÜBİTAK-MAM, 2015, 2016, 2017) kapsamında, Marmara Denizi'nde 2014-2016 yaz ve kış dönemlerini de kapsayacak Şekil 1'de belirtilen 22 kıyı su kütlesi ve denizel alan içinde belirlenen ve sayıları 59-91 arasında

değişen istasyonda örnekleme ve ölçümler yapılmıştır. Tablo 1'de izleme bileşenlerine göre toplu olarak sayıları verilen istasyonlarda yaz ve kış dönemi trofik durum ve kirlilik izleme çalışmaları yapılmış ve elde edilen sonuçların genel değerlendirmesi burada özetlenmiştir.





**Şekil 1.** Marmara Denizi 2014-2016 dönemi izleme istasyonları, kıyı su yönetim birimleri (SYB 1-22) ve deniz değerlendirmeye alanları haritası

**Tablo 1.** Marmara Denizi İzleme bileşenleri istasyon sayıları

İzleme Bileşenleri	2014	2015		2016	
	Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz
Su kolonu (T5, T7)	59	59	61	68	91
Fitoplankton (T1)	22	22	27	23	27
Makrozoobentos (T1, T6)	20	0	20	0	20
Makro flora (T1, T6)	14	0	15	0	15
Mikroplastik-su, sediman (T10)	3	0	2	0	2
Mikroplastik-balık midesi (T10)	0	0	0	0	6
Kirleticiler-Sediman (T8)	12	0	12	0	27
Kirleticiler-Biyota (T9, T8)	5	0	5	0	11
Radyoaktivite (T8)	1	0	5	0	5
Deniz tabanı balık ve katı atıkları (T1, T3, T10)	0	0	0	0	18

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: bentoz, alg ve balık) olarak gruplandırılmıştır. Su kolonu fiziksel özellikleri de T1, T5 ve

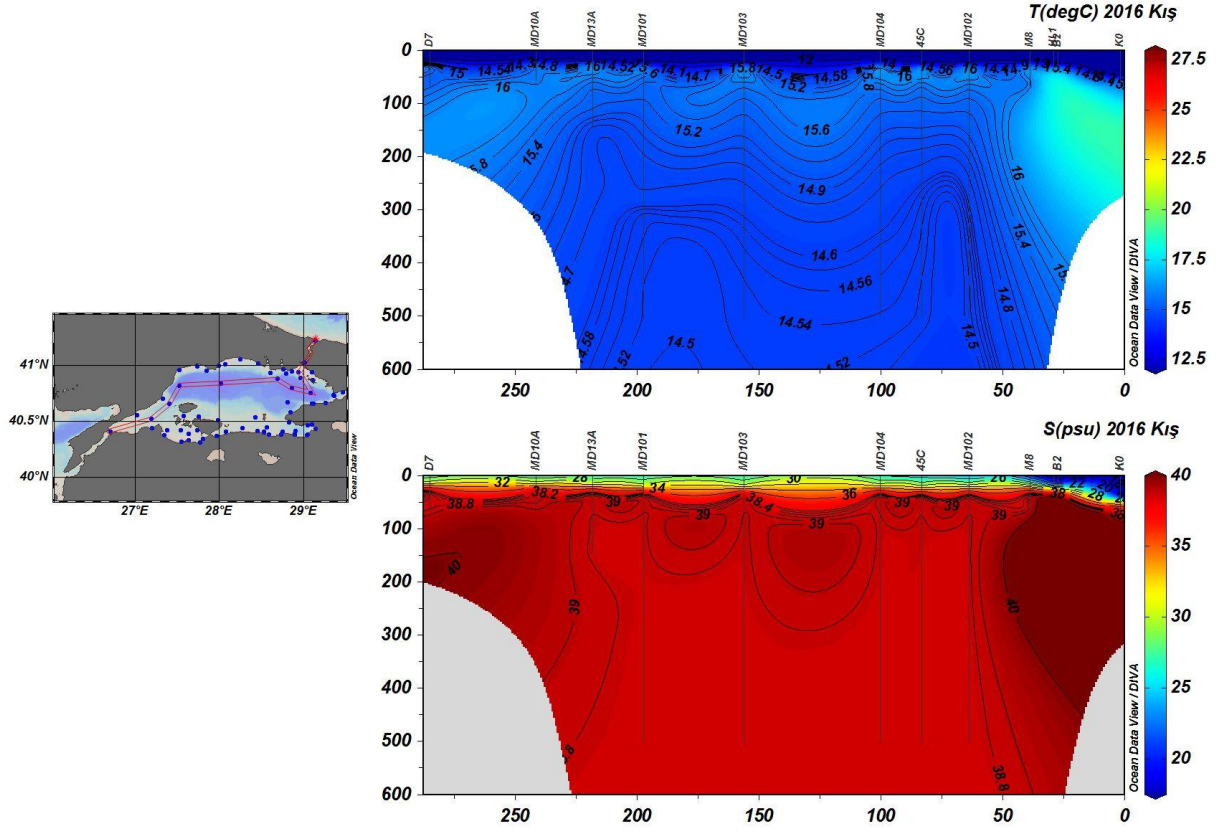
T7’yi destekler nitelikte izlemeler dahilinde değerlendirilmektedir. Buna göre, Tablo 1’de 2014-2016 izleme dönemlerinde her bileşen altında yapılan çalışmaların içerikleri ile istasyon sayıları yer almaktadır.

### 3.1 Su Kolonu Fiziksel Özellikleri (T7)

#### 3.1.1 Tuzluluk ve Sıcaklık kesitleri

Çalışma dönemi için örnek olarak verilen 2016-kış dönemi sıcaklık kesiti (Şekil 2) üst tabakada bulunan daha soğuk suyun İstanbul – Çanakkale Boğazı hattı üzerindeki değişimini göstermektedir. Tabakalaşmanın bölgesel değişimini ise aynı dönemin tuzluluk kesiti daha iyi göstermektedir. Buna göre 50 m civarında

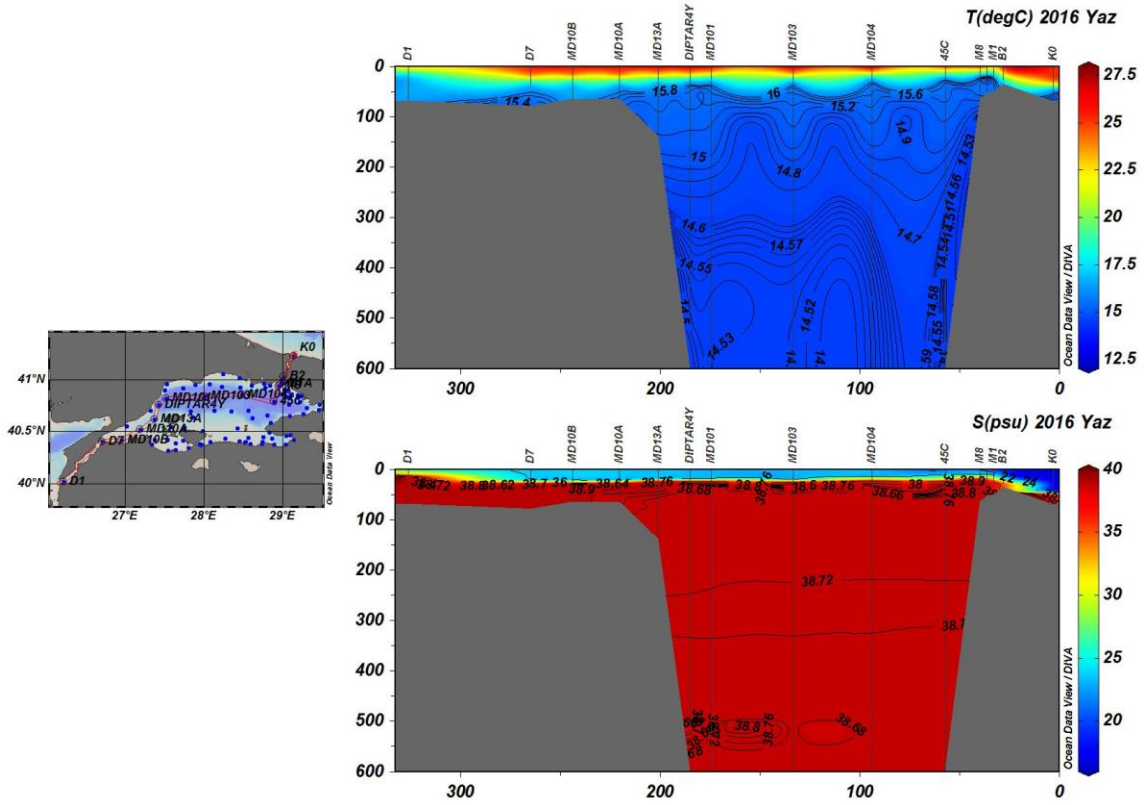
Karadeniz girişinde ara tabakanın, Marmara Denizi’nde 20 m civarına yükselerek tuzluluğun giderek arttığı görülmektedir. Alt tabada sıcaklık derinliğe göre düzenli olarak azalmakta buna karşılık tuzluluk değerleri artmaktadır. Marmara Denizi dip suları ise boğaz bölgeleri dışında oldukça homojen bir yapıdadır.



Şekil 2. Marmara Denizi 2016 kış dönemi sıcaklık ve tuzluluk kesitleri

Yaz döneminde üst tabaka sıcaklığının yüksek olmasından dolayı sıcaklık kesiti tabakalaşmanın bölgesel dağılımını oldukça iyi bir şekilde göstermektedir. İstanbul Boğazı girişinde daha kalın olarak bulunan üst tabakanın Çanakkale Boğazı girişinde azaldığı ve Çanakkale Boğazı çıkışında ise ancak birkaç metre kalınlığa sahip olduğu hem sıcaklık hem de tuzluluk kesitinden gözlenebilmektedir. Marmara

Denizi alt tabaka sularında kış dönemine göre farklı su kütleleri gözlenmiştir. Kış döneminde sıcaklık ve tuzluluk açısından kararlı bir değişim söz konusu iken yaz döneminde Çanakkale Boğazı girişinde 500 m civarında düşük sıcaklık ve yüksek tuzlulukta bir su kütlesi gözlenmektedir ki bu da yoğunluğu yüksek yeni Akdeniz suyu girişini vurgulamaktadır (Şekil 3).



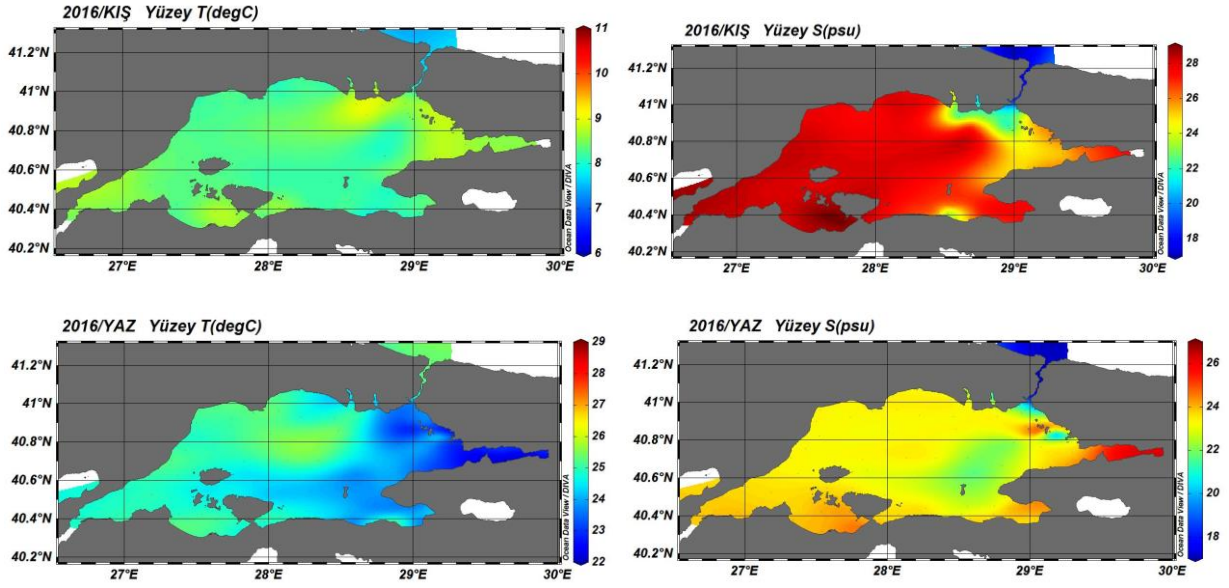
Şekil 3. Marmara Denizi 2016 yaz dönemi sıcaklık ve tuzluluk kesitleri

### 3.1.2 Sıcaklık ve Tuzluluk YüzeY Dağılımları

2016 yılı kış döneminde yüzeY sıcaklık değerleri Marmara Denizi genelinde 7.0-9.5 °C değerleri arasında değişmiştir (Şekil 4). İstanbul Boğazı'ndan soğuk olarak gelen suyun sıcaklığı, boğazın hemen çıkışında yükselmiş ve Çanakkale Boğazı'na doğru da giderek artmıştır. YüzeY tuzluluk değerleri ise 22-28 psu arasında değişmiştir. Tuzluluk dağılım haritası İstanbul Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne giren suyun dağılımını oldukça net bir şekilde göstermektedir. Sıcaklık gibi tuzluluğun da Çanakkale Boğazı çıkışına doğru arttığı ve körfez içlerinde daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Kış seferi öncesi ve esnasında şiddetli ve

değişik yönlerden esen rüzgarlar Marmara Denizi'nde iki tabaka arasındaki karışımın artmasına neden olur. Bu da genel olarak yüzeY tuzluluğundaki yüksek değerleri açıklamaktadır.

2016 yılı yaz dönemi yüzeY sıcaklığı Marmara Denizi'nde 22-26 °C arasında değişmektedir. Boğaz çıkışı ve doğusu ile güneydoğu kısmı görece daha soğuk suya sahiptir. Bu da Karadeniz suyu etkisini yansıtmaktadır. Yaz dönemi tuzluluğu ise 22-25 psu değerleri arasında değişmektedir. Bu değerler kış dönemine göre düşük olup bu durum alt ve üst su arasındaki keskin tabakalaşma ve karışım etkisinin zayıflığı ile ilgilidir.



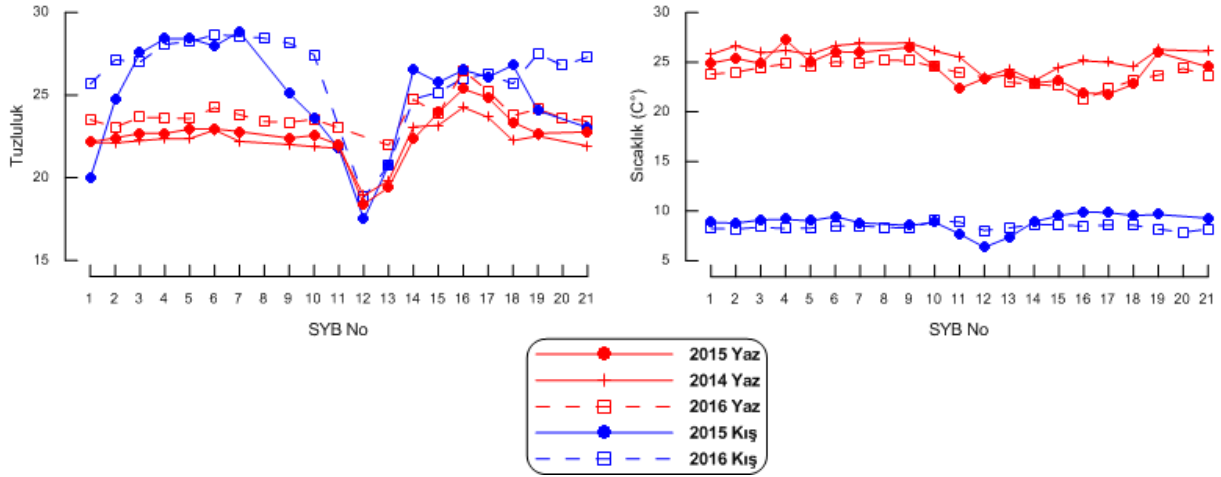
Şekil 4. Marmara Denizi üst tabaka sıcaklık ve tuzluluk dağılımları (2016 kış ve yaz dönemleri)

### 3.1.3 Tuzluluk ve Sıcaklığın Yüzey Ortalama Değişimleri

Marmara Denizi 2014-2016 izleme çalışmasında SYB ve DDB'lerin yüzey sularının (0-10m ortalama) tuzluluk ve sıcaklık grafikleri Şekil 5'te verilmiştir. Yüzey suyu tuzlulukları 17,5-28,8 psu arası değişmiş olup belirgin bir mevsimsel değişim mevcuttur. Kışın artan su kolonundaki dikey karışım, tuzluluğu yüksek olan dip sularını yüzey suları ile karıştırarak yaklaşık 3 psu artmasına sebep olmaktadır. Bu değişim topografik yapı ve göreceli daha zayıf tabakalaşmadan dolayı güney şelfinde daha belirgindir. Karadeniz'in az tuzlu (<18 psu) yüzey

suyunun etkisi İstanbul Boğazı Marmara girişi kıyı bölgelerinde (SYB 11-12-13) etkisini kış ve yaz dönemlerinde görece düşük tuzluluk değerleriyle (<24 psu) göstermiştir. 2015 kış döneminde Susurluk Çayı'nın etkisinde olan SYB'lerdeki (1-2-19-21) görece düşük tuzluluk değerleri ise nehir etkisini işaret etmektedir.

Yüzey suyu sıcaklıkları kış ve yaz örnekleme dönemlerinde mevsimsellik göstermiştir. Kış aylarında 6-10°C arasında değişen sıcaklıklar yazın 21-27°C arasında değişmiştir. Yıllar arasındaki kış ve yaz dönemlerinde yüzey sularında belirgin bir sıcaklık farkı bulunmamaktadır.



Şekil 5. 2014-2016 örnekleme dönemi SYB'lerin yüzey suları (0-10 m ortalama) tuzluluk ve sıcaklık dağılımları

### 3.2 Ötrofikasyon (T5)

Ötrofikasyon organik madde girdi hızındaki artış olarak tanımlanmakta ve kıyı ekosistemlerine karadan ve atmosferden aşırı besin tuzu girdileriyle oluşmaktadır (Nixon, 1995). Ötrofikasyonun kıyı ekosistemlerine, su berraklığının azalması, su bitkilerinde azalma, oksijen azalması (hipoksi) ve besin ağında değişiklikler gibi birçok negatif etkisi söz konusudur (Conley ve diğ., 2007).

Ötrofikasyon değerlendirmeleri baskı-durum-etki göstergelerinden oluşur. Baskılar, besin maddeleri ile organik maddenin karasal kaynaklardan nehirler, havzalar ve noktasal deşarjlar yolu ile taşınımı ve atmosfer yolu ile girdileri olarak değerlendirilir. Ötrofikasyon değerlendirilmesinde kullanılan durum ve etki göstergeleri, DSCD ve IMAP'ta belirtilenlerden besin maddesi seviyeleri

ile bunların direk (klorofil-a) ve dolaylı (çözünmüş oksijen, ışık durumu) etkileridir.

Marmara Denizi'nde özellikle noktasal deşarjlar, havza yolu ile taşımınlar ve Karadeniz yüzey suyu girdilerine bağlı besin ve organik madde zenginleşmesi (kış karışımları ile alt sulardan yüzey sularına taşımınları 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.

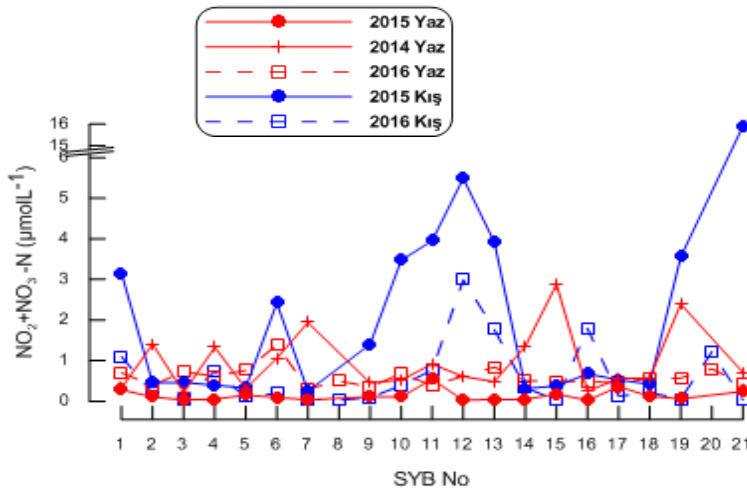
### Değerlendirmelerde kullanılan ötrofikasyon göstergeleri:

- Su kolonunda önemli/kilit besin elementlerinin konsantrasyonları (IMAP/EO5:CI-13 & DSÇD/T5.1.1) ve oranlarındaki (DSÇD/T5.1.2) değişimler
- Su kolonunda klorofil-a konsantrasyonu (IMAP/EO5:CI-14 & DSÇD/T5.2.1)
- Askıda alg artışına bağlı su şeffaflığı (DSÇD/T5.2.2)
- Fırsatçı makroalglerin bolluğu (DSÇD/T5.2.3, DSÇD/T1,T6)
- Türlerde ve topluluklarda kaymalar, farklılaşmalar örn. Diatom-dinoflagellat, bentik-pelajik türler, insan aktivitelerinin neden olduğu istenmeyen/toksik alg patlamaları (DSÇD/T5.2.4, DSÇD/T1)
- Çözülmüş oksijen, organik madde dekompozisyonuna bağlı değişiklikler (DSÇD/T5.3.2)

### 3.2.1 Besin Elementleri

Marmara Denizi 2014-2016 izleme çalışmaları yüzey  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$ ) konsantrasyonları, SYB'lerde (kıyı su yönetim birimleri) 0,02-15,9  $\mu\text{M}$  aralığında (Şekil 6), SYB'ler dışında kalan DDB'lerde (açık deniz) kıyılara göre daha az salınım göstererek 0,05-0,53  $\mu\text{M}$  aralığında değişmiştir. SYB'lerdeki salınımın açık denizden daha fazla olması, Marmara Denizi'nde karasal baskıların kıyılardaki etkisini ortaya çıkarmaktadır. Kış  $\text{NO}_x$  konsantrasyonlarının yaz döneminden fazla olduğu söylenebilir, ancak diğer yandan, yıllar arası farklılıklar

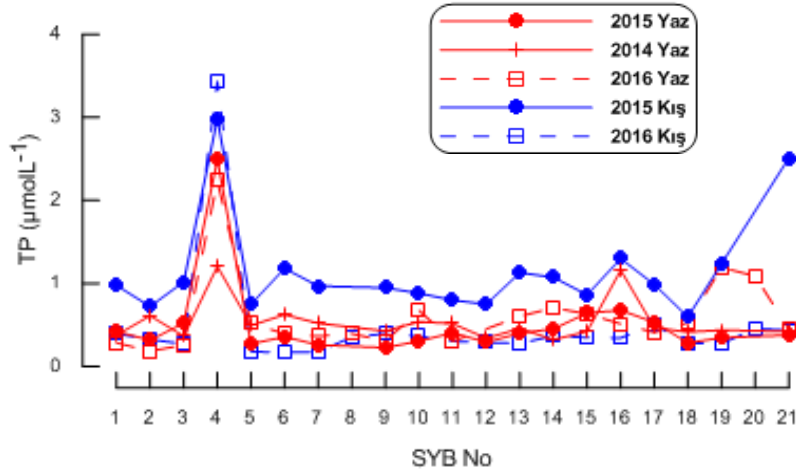
da olduğu görülmektedir. Marmara Denizi'nin bir iç deniz olması sebebiyle dış baskılardan diğer denizlerimize göre daha fazla etkilendiği bilinmektedir. Özellikle kış dönemindeki salınımlar yağış miktarı dolayısıyla artan nehir yükü ve rüzgar yönü-hızı gibi meteorolojik farklılıklardan kaynaklanabilir. 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. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki  $\text{NO}_2+\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\text{NO}_x$ ) yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10 m ortalama) SYB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri

Toplam Fosfor (TP) konsantrasyonları 2014-2016 örnekleme dönemi içerisinde SYB’lerde 0,17-3,43  $\mu\text{M}$  (Şekil 7), DDB’lerde ise daha az salınım göstererek 0,25-0,83  $\mu\text{M}$  arasında değişmiştir. 2015 kış TP konsantrasyonları diğer örnekleme

dönemlerine göre daha yüksek ölçülmüştür. Bandırma Körfezi’ndeki (SYB 19-21) belirgin yüksek konsantrasyonlar bölgedeki evsel atık deşarjlarına ve bölgedeki gübre fabrikasının etkisine işaret etmektedir.



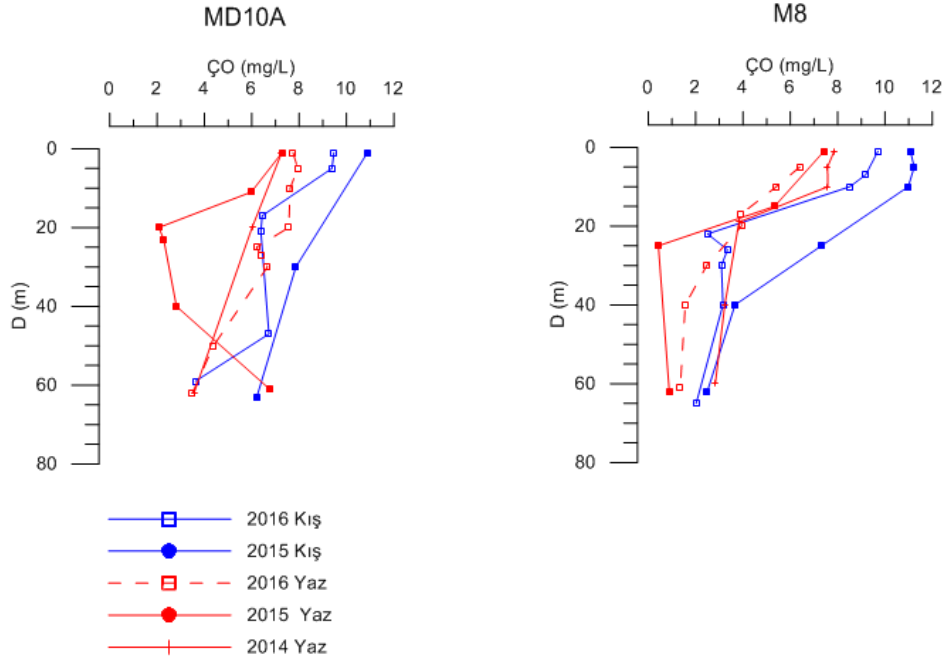
Şekil 7. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki Toplam Fosfor (TP) yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10m ortalama) SYB kış (mavi) ve yaz (kırmızı) ortalama değerleri

### 3.2.2 Çözünmüş oksijen

Marmara Denizi’nde sürekli var olan iki tabakalı yapıdan dolayı, oksijence doymun üst tabaka suları ara tabaka engeli nedeniyle alt tabakaya ulaşamamakta ve alt sulara 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 bağlı olarak anoksik

(oksijensiz) koşullar oluşmaktadır. Diğer yandan, Marmara Denizi’nin alt tabakası sürekli olarak Çanakkale Boğazı aracılığıyla oksijence doymun Akdeniz suyu ile beslenmektedir, bu özelliğinden dolayı Marmara Denizi’nin belli bölgeleri 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) suyu kış ve yaz döneminde  $\approx 4-8$  mg/L çözünmüş oksijen seviyesi Marmara’ya girerken, İstanbul Boğazı Marmara Denizi çıkışında bulunan M8 istasyonunda yaklaşık 4-6 mg/L düzeyinde oksijen kaybetmiş olarak, 1-3 mg/L olarak çıkmaktadır.

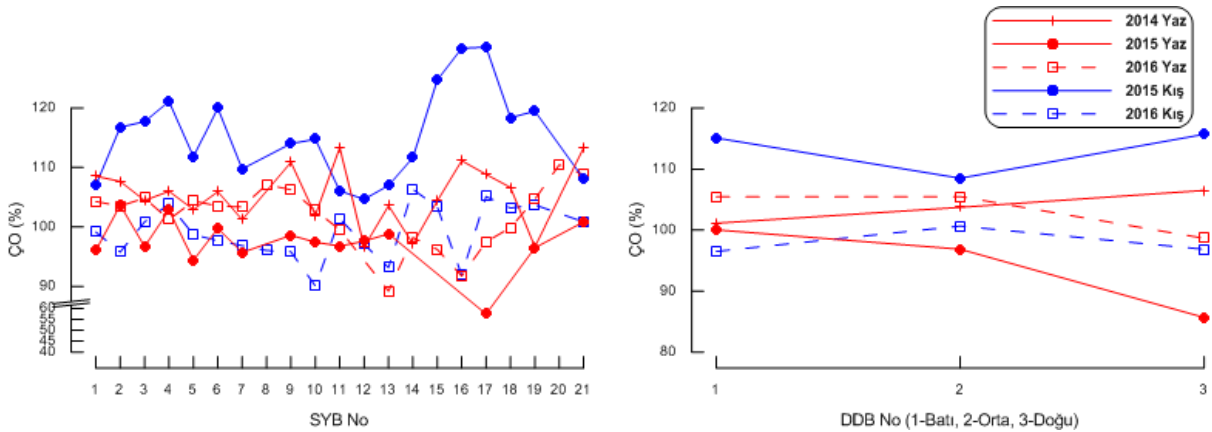




**Şekil 8.** Çözünmüş oksijenin 2014-2016 döneminde Çanakkale Boğazı-Marmara kesişimi ile Marmara-İstanbul Boğazı kesişim bölgelerindeki düşey değişimleri

Marmara Denizi SYB'lerin yüzey sularında (0-10m ortalama) tüm dönemlerde çözünmüş oksijenin doygunluk değerleri (Şekil 9) genellikle 2015 kış hariç %90-%110 arasında değişim göstermiştir. 2015 kış örneklemesinde

ölçülen yüksek %ÇÖ değerleri, örnekleme öncesi fırtına/rüzgar etkisi ile artan yüzey suyu-atmosfer karışımının yüzey tabakada çözünmüş oksijenin yüksek doygunluk değerlerine ulaşmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

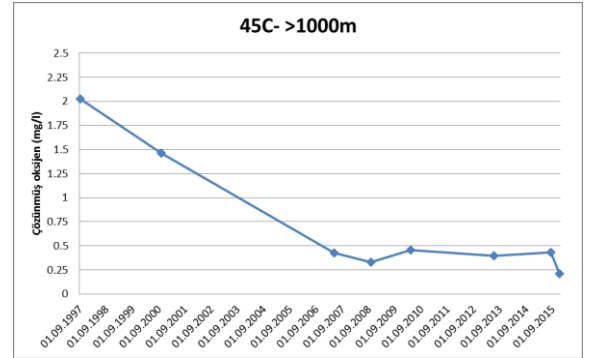
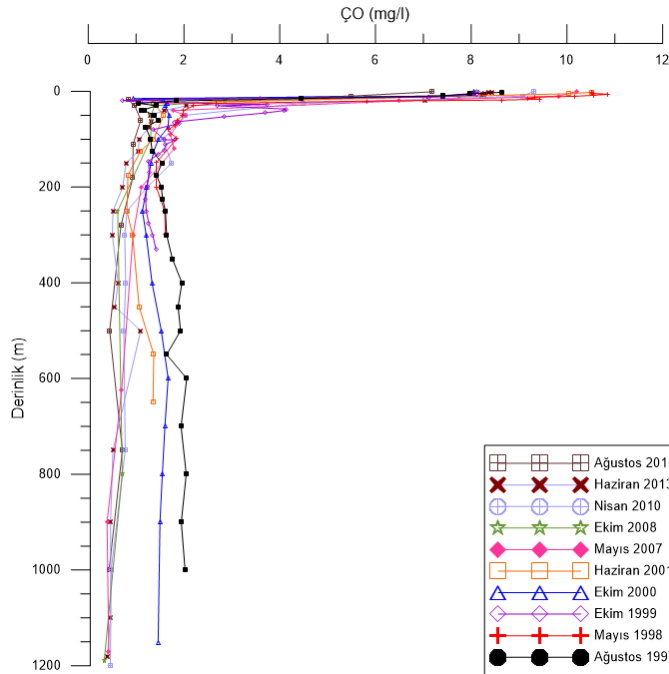


**Şekil 9.** 2014-2016 izleme dönemi yüzde doygun Çözünmüş Oksijen (ÇÖ%) değerlerinin (0-10m ortalama) SYB ve DDB'lerdeki ortalama değerleri (Marmara Denizi'nde SYB'ler dışında kalan açık denizden seçilmiş 3 derin basende bulunan MD101-Batı, MD103-Orta, MD102 ve 45C-Doğu olarak verilmiştir) kış (mavi) ve yaz (kırmızı)

SYB'ler genel olarak yaz döneminde ara ve alt sulara çok kritik (<1 mg/L) oksijen seviyeleri sergilemiş, SYB 4 (Bandırma Körfezi), 6 (Erdek Körfezi), 16 ve 17'de (İzmit Körfezi) ölçülebilir seviyenin altında ("0 mg/L") değerler izlenmiştir. SYB 19 (Gemlik Körfezi)'da da 0.1 mg/L seviyesinde görülmüştür. Dolayısı ile İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek Körfez'lerinin ara ve alt tabaka sularının yaz döneminde neredeyse anoksik özelliklere sahip olduğu söylenebilir. Sadece Akdeniz suyu girişinin etkisinin direk olarak izlendiği 3, 5, 7 nolu SYB'ler (Susurluk Nehri Batısı-Bandırma Körfezi, Adalar Sistemi, Çanakkale Boğazı) in alt suları yeterince (>3-5 mg/L) oksijenlidir. İstanbul Boğazı'nda bulunan K0, B2 istasyonlarında oksijen açısından sıkıntı bulunmamaktadır. Bunun dışındaki tüm SYB'lerin ara/alt sularında değerler çok düşüktür. Yaz döneminde İzmit iç ve orta

körfezin yüzey sularında ve Gemlik Körfezi'nin iç bölgesinde dahi genel Marmara Denizi özelliklerine göre oldukça düşük oksijen seviyesi mevcuttur.

2015 yılında Marmara Denizi izleme programına dahil edilen 45C istasyonu (Çınarcık çukuru) verileri, ODTÜ-DBE veri tabanından sağlanan veri setleriyle birleştirilip, ara ve alt tabakadaki çözünmüş oksijenin zamana bağlı değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir. 1000 m 'den derindeki çözünmüş oksijen değerleri, 1997 - 2015 yılları arasında değerlendirildiğinde, 2 mg/L'den 0,5 mg/L 'nin altına düştüğü görülmektedir. Bu durum Marmara ekosistemi için önemli bir uyarı niteliğindedir. İnsan aktivitelerine ve doğal süreçlere bağlı organik madde zenginleşmesinin neden olduğu bu süreç matematiksel modellerin de yardımıyla detaylı şekilde araştırılmalı ve gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

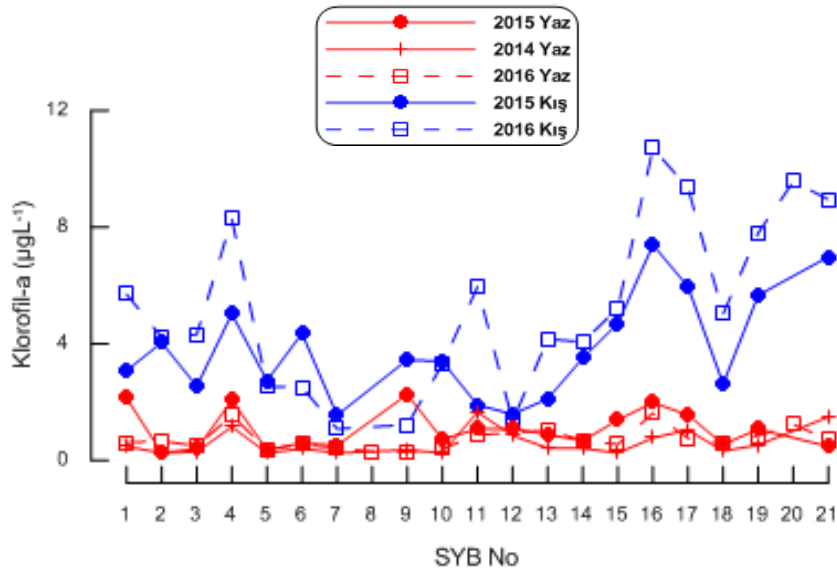


Şekil 10. Çözünmüş Oksijenin Doğu derin Marmara çukurundaki tarihsel değişimi

### 3.2.3 Klorofil-a

Fitoplankton biyokütlesi göstergesi olan klorofil-a konsantrasyonları, 2014-2016 döneminde, SYB'lerde 0,25-10,7  $\mu\text{gL}^{-1}$  aralığında, açık deniz sularında ise 0,5-3,2  $\mu\text{gL}^{-1}$  aralığında tespit edilmiştir (Şekil 11). En yüksek konsantrasyonlar genellikle su dolaşımının yavaş olduğu körfezlerde görülmüştür. Kış klorofil-a konsantrasyonları belirgin bir şekilde

(yaklaşık 6 kat) yaz dönemine konsantrasyonlarından yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kış ve yaz arasında önemli biyokimyasal aktivitelerin gerçekleştiğini ve kışın su kolonundaki dikey karışımla fitoplankton biyokütlesinin arttığı ve dolayısıyla birincil üretimde artışa neden olduğu düşünülmektedir.

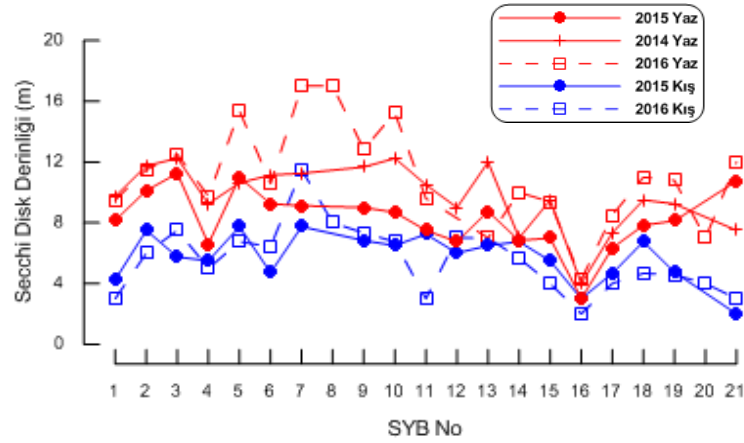


Şekil 11. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki klorofil-a yüzey suyu konsantrasyonlarının (0-10m ortalama) SYB ortalama değerleri: kış (mavi) ve yaz (kırmızı)

### 3.2.4 Işık Geçirgenliği (Seki Disk Derinliği)

Seki disk derinliği 2014-2016 çalışmasında SYB'lerde 2-15 m arası, açık denizlerde ise 7-15 m arasında değişmiştir (Şekil 12). 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.

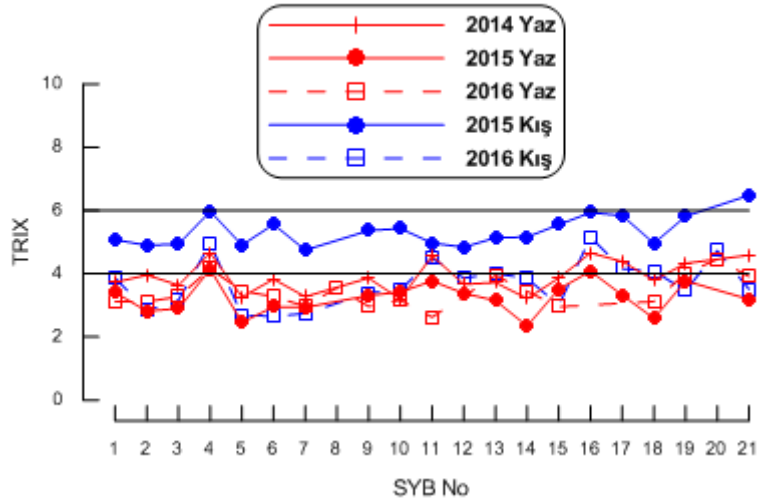


Şekil 12. 2014-2016 örnekleme dönemlerindeki Seki disk derinliği (0-10m ortalama) SYB ortalama değerleri: kış (mavi) ve yaz (kırmızı)

### 3.2.5 TRIX

Marmara Denizi SYB'lerinde TRIX değerleri 2015 kış hariç genellikle 3-4 civarında olup, Bandırma Körfezi, İzmit Körfezi ve İstanbul kıyıları "ötrofikasyon riski var" sınıfındadır (Şekil 13). 2015 kış

TRIX değerleri tüm Marmara'yı ötrofikasyon riski var sınıfında göstermiş bununla birlikte SYB 16-21 (İzmit Körfezi-Susurluk) "ötrofik" olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 13. 2014-2016 kış ve yaz dönemlerinde SYB'lerdeki ortalama TRIX değerleri

### 3.3 Su Kolonu Habitatları (T1)

Su kolonu habitatları biyotik ve abiyotik bileşenlerden oluşur. Biyotik bileşenlerin içinde suyun hareketi ile hareket etme özelliğine sahip ve alt trofik seviye bileşenleri olan fitoplankton ve zooplankton bulunur. 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. DSCD kapsamında, su kolonu habitatları üst trofik seviyelerinde, pelajik balıklar ve kafadanbacaklılar da

dikkate alınır. Ayrıca, su kolonunda oluşan besin zincirine su kuşları ile deniz memelileri ve reptiller de dahildir. Su kolonu habitatları izlemesi, DSCD’de T1 (biyolojik çeşitlilik), T2 (yabancı türler) ve T4 (besin ağı) ’ün İÇD göstergelerini destekleyen izleme bileşenidir.

DBKİ Projesi (2014-2016) kapsamında su kolonu habitatları izlemelerine sadece fitoplankton ve abiyotik bileşenler (deniz fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ışık geçirgenliği) dahil edilmiş olup 2017 yılından itibaren zooplankton çalışmaları da izleme kapsamına alınacaktır.

#### 3.3.1 Fitoplankton

2014-2016 örnekleme döneminde en yüksek tür sayısı Şubat-2016 döneminde 63 tür ve en düşük olarak da Ağustos-2014 döneminde 31 tür olarak tespit edilmiştir (Tablo 2; Şekil 14)

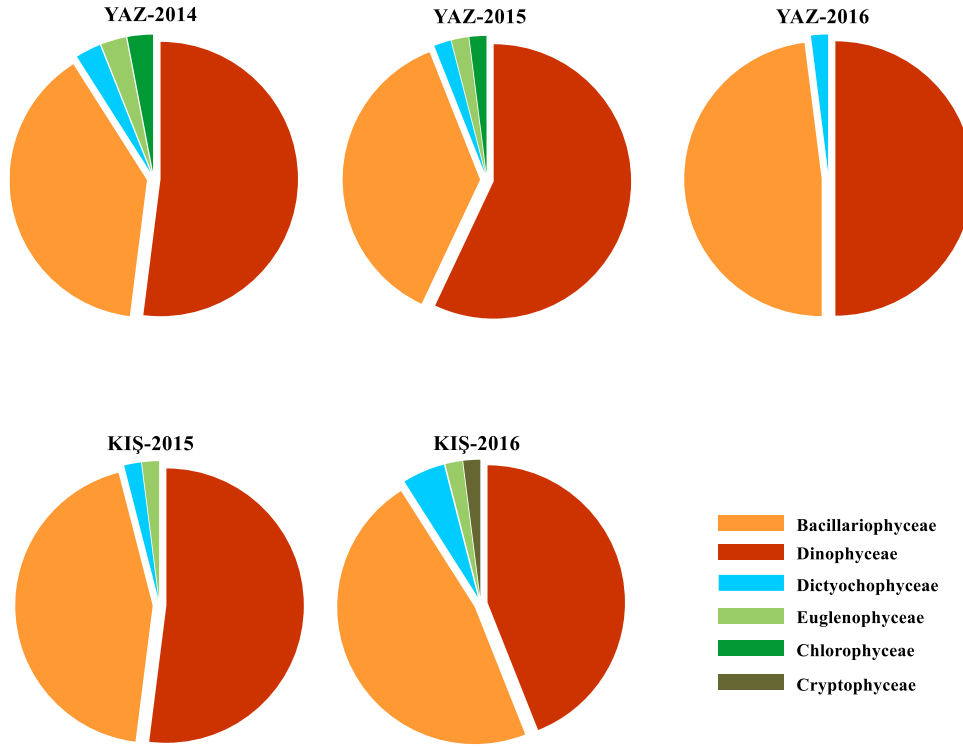
**Tablo 2.** 2014-2016 izleme dönemlerindeki fitoplankton toplam tür sayıları

Yıl	Kış	Yaz
2014	-	31
2015	50	49
2016	63	46

Fitoplankton kompozisyonunun %90’dan fazlasını diyatome (Bacillariophyceae) ve dinoflagellat (Dinophyceae) türleri

oluşturmuştur. Bu oran 2016 yaz döneminde %98’e çıkmıştır. 2016 yılı kış ve yaz dönemlerinde karşılaşılan tür kompozisyonları Şekil 14’de verilmiştir. 2016 kış döneminde daha zengin bir grup ve tür kompozisyonu saptanmış olup yaz döneminde tür sayısında önemli bir düşüş gözlenmiştir. Diyatome ve dinoflagellatlar denizlerde genellikle baskın olan fitoplankton gruplarıdır.

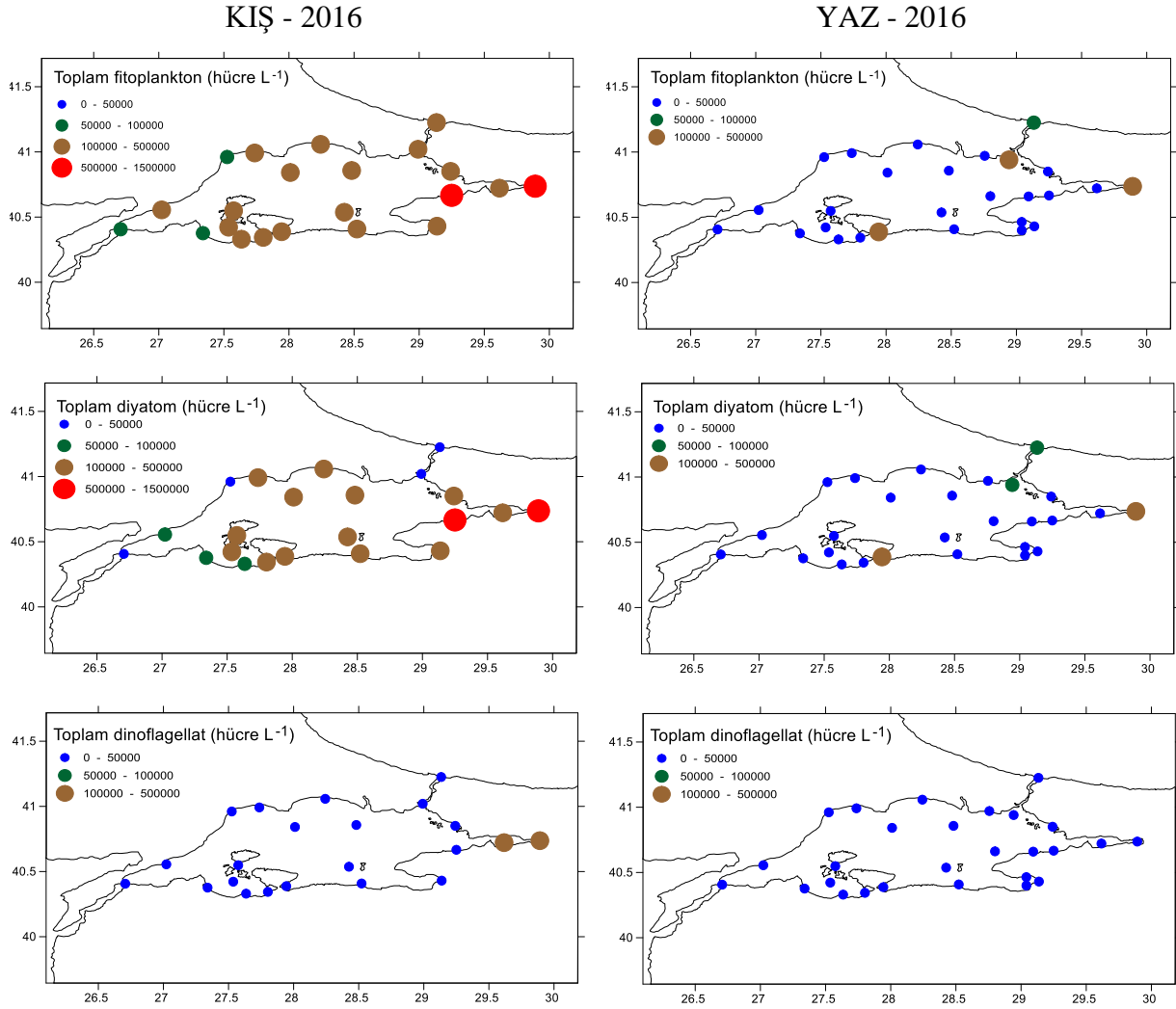
Diyatome/dinoflagellat oranı kıyısız ekosistemlerde ötrofikasyon gibi çevresel değişimlerin göstergesi olarak kullanılan bir gösterge olarak da kabul edilmektedir. Bu oranın flagellatların baskınlığının artması sonucu düşmesi ve bu durumun zamana bağlı yöneliminin artışı ortamda ötrofikasyonun etkisinin daha da belirginleştiğini ve ekosistem dengesinde kaymaların olduğunu gösterir.



**Şekil 14.** 2014-2016 izleme dönemlerinde fitoplankton gruplarının baskınlık durumları (%)

Kış döneminde fitoplankton bolluğunun özellikle Marmara Denizi'nin doğu bölümünde daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu dönemde kuzey kıyıları, Çanakkale Boğazı yakınları ve Erdek Körfezi değerleri daha düşüktür. Kış döneminde diyatomların baskınlığı belirgindir. Yaz döneminde ise 4 istasyon dışında fitoplankton bolluğu düşük bulunmuştur (Şekil 15). Bunlar, İstanbul Boğazı Karadeniz girişi, İstanbul Boğazı Marmara kesişim bölgesi (M8), İzmit ve Gemlik körfez içleridir.

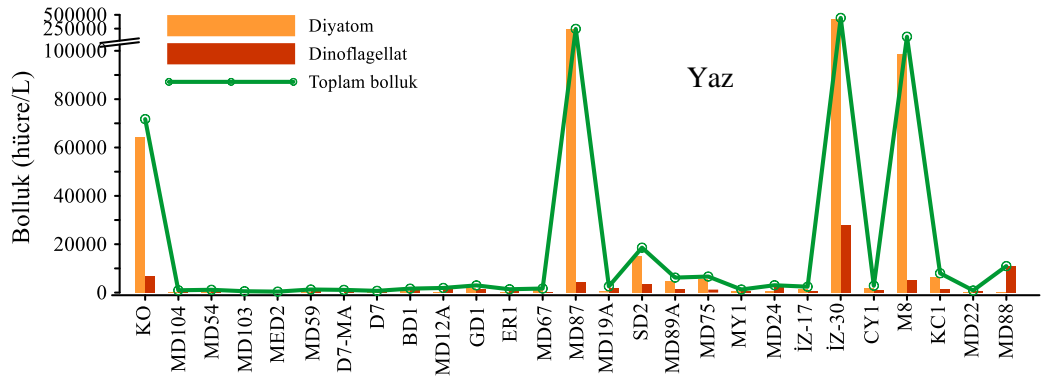
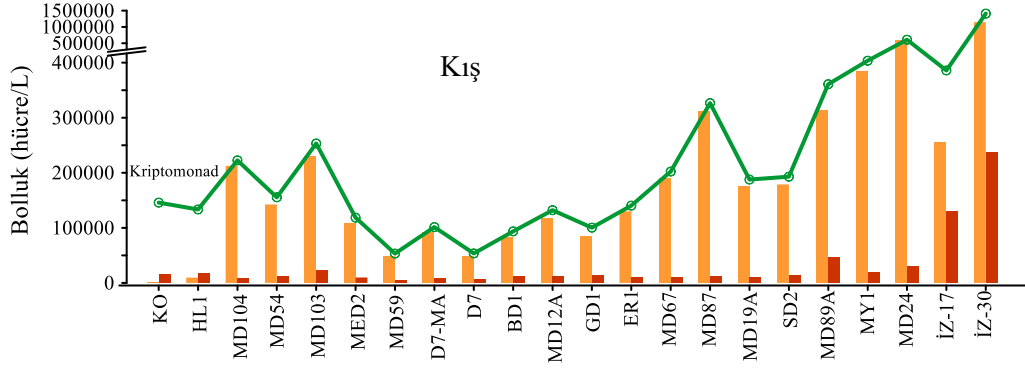
2014-2016 izleme dönemlerinin tümü değerlerindirildiğinde kış dönemlerinde fitoplankton bolluğunda önemli artışlar gözlemlendiği, 2014 ve 2016 yaz dönemlerinde birkaç istasyon dışında fitoplankton bolluğunun düşük olduğu, 2015 yaz döneminde ise önemli bir artış olduğu gözlenmiştir. Buna örnek olarak 2016 kış ve yaz dönemleri istasyon bazında sunulmuştur (Şekil 16).



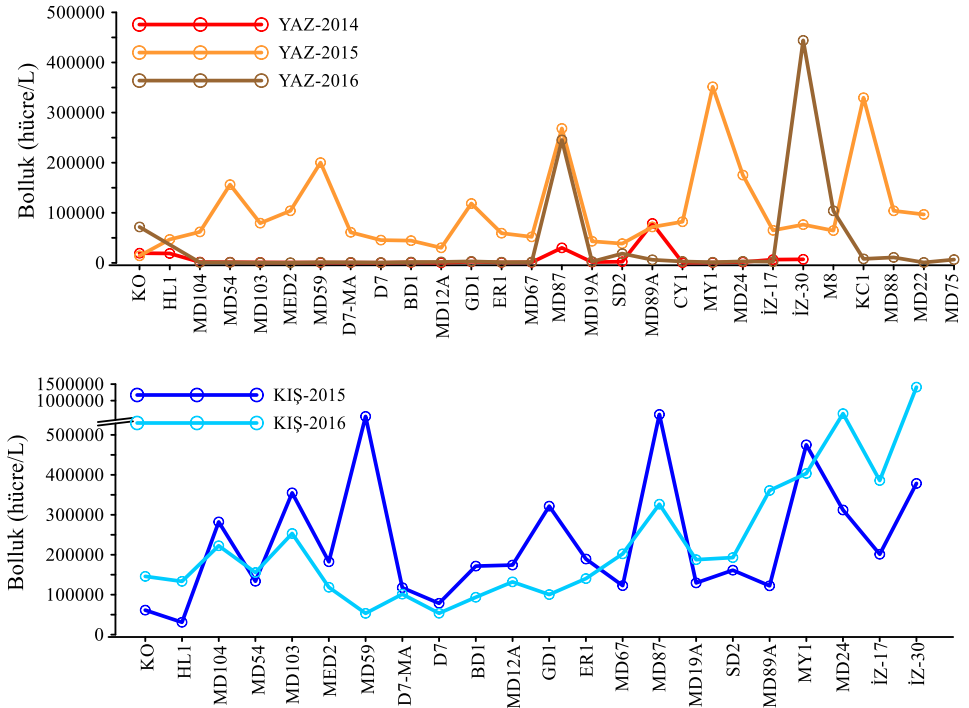
Şekil 15. 2016 kış ve yaz döneminde fitoplankton bolluğunun dağılımları

2016 kış döneminde artan baskınlık oranlarına bağlı olarak Shannon tür çeşitliliğinin ( $H'$ ) özellikle doğu bölümde düşük olduğu gözlenirken, yaz döneminde ise artış olduğu görülmüştür (Şekil 17).

2016 yılında genel olarak tür çeşitliliğinin ( $H'$ ) Marmara Denizi'nin güney bölümünde daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 18).

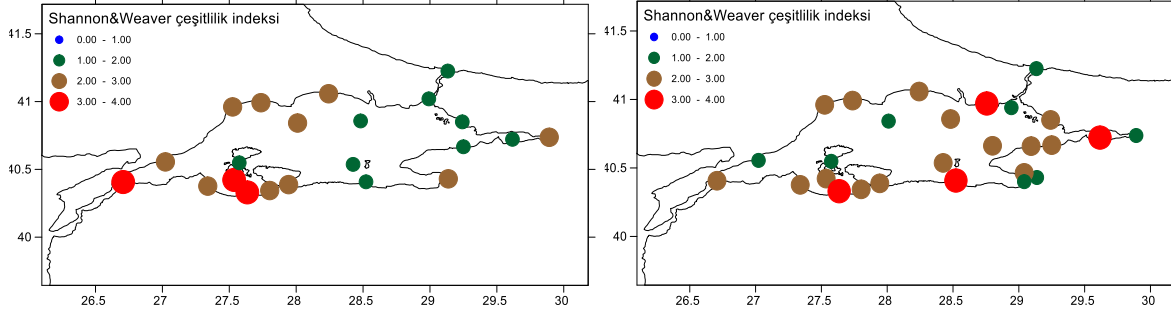


Şekil 16. 2016 kış ve yaz dönemlerinde fitoplankton bolluğunun istasyonlara ve gruplara göre dağılımı



Şekil 17. Marmara Denizi'nde fitoplankton bolluğunun yıllara göre dağılımı (2014-2016)

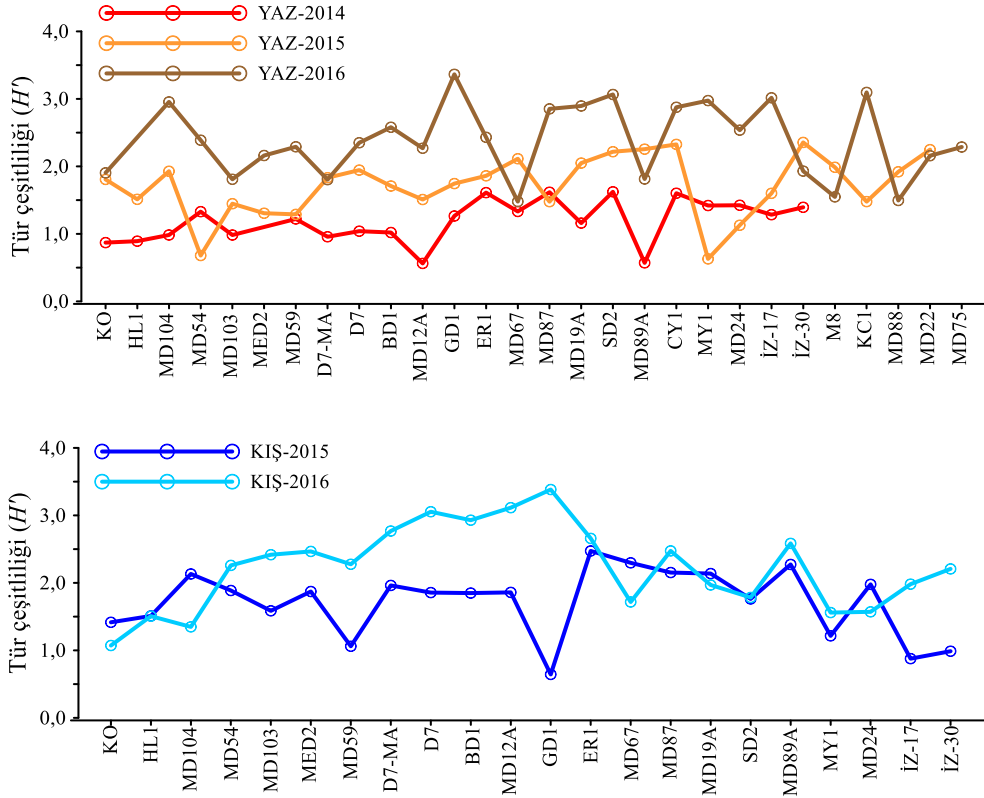




**Şekil 18.** 2016 kış (sol) ve yaz (sağ) döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin ( $H'$ ) istasyonlara göre dağılımı

2014-2016 izleme dönemlerine bakıldığında, tür çeşitliliği ( $H'$ ) 2014 yılında en düşük, 2016 yılında en yüksek değerlerde bulunmuştur. Tür sayısının yüksek olduğu dönemlerde genellikle tür

çeşitliliği de ( $H'$ ) artış göstermiştir. Fitoplankton bolluğunun yüksek olduğu yerlerde artan baskınlığına bağlı olarak tür çeşitliliğinin ( $H'$ ) düştüğü gözlenmiştir (Şekil 19).



**Şekil 19.** Marmara Denizi'nde fitoplankton için Shannon çeşitlilik indeksinin ( $H'$ ) yıllara göre dağılımı (2014-2016)

### Zararlı türlerin varlığı

Örnekleme döneminde potansiyel zararlı türlerin özellikle İzmit, Gemlik ve Bandırma körfezleri ile MY1 istasyonunda daha yoğun bir dağılım gösterdikleri dikkati çekmektedir. (Tablo 3). *Pseudo-nitzschia* spp., *Phalacroma rotundatum* ve *Tripos fusus* MD89A'da, *Noctulica scintillans*, *Prorocentrum scutellum* ve *Tripos furca* İZ-30'da, *Dinophysis caudata* ve *Prorocentrum micans* MY1'de, *Prorocentrum triestinum* MD87'de en yüksek bolluklara ulaşmıştır. Bu türlerden bazıları toksin üretmektedir. Üretilen toksinler zehirlenme türüne göre çeşitli yollarla kabuklu canlılar, balıklar ve insan üzerinde zararlı etkiler oluşturabilmektedir. Genellikle dinoflagellat türleri toksin üretme potansiyeline sahipken diatom türlerinden toksin üreten tek grup *Pseudo-nitzschia* spp.'dir ve domoik asit

salgılayarak ishal, mide bulantısı vb. belirtiler gösteren ASP (Amnesic Shellfish Poisoning)'ye neden olmaktadır. Dinoflagellat olan *Dinophysis caudata* ve *Phalacroma rotundatum* türleri ise okadaik asit üreterek gastrointestinal rahatsızlıklar şeklinde belirtiler gösteren DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning)'ye neden olurlar. Toksik olmayan *Tripos fusus*, *Tripos furca*, *Noctulica scintillans*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Prorocentrum triestinum* türleri ise aşırı üremeleri durumunda zararlı etki oluşturabilmektedirler. Aşırı üreme sonucu ortamdaki oksijenin tüketilmesi ile oluşan anoksik koşullara bağlı olarak balık ve bentik canlılarda kitlesel ölümler meydana gelebilir. *Noctulica scintillans* toksik bir tür değildir fakat vakuollerinde bulunan amonyak balıklarda iritasyona neden olarak solungaçlardan yeterli miktarda oksijen alımını engeller (Landsberg, 2002).

**Tablo 3.** Yıllara göre fitoplanktonun potansiyel zararlı türlerinin maksimum bollukları (hücre/L)

Örnekleme dönemi	YAZ-2014		KIŞ-2015		YAZ-2015		KIŞ-2016		YAZ-2016	
	Bolluk	İstasyon	Bolluk	İstasyon	Bolluk	İstasyon	Bolluk	İstasyon	Bolluk	İstasyon
<b>Bacillariophyceae</b>										
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	67,802	MD89A	17,576	MD87	10,400	MD59	52,000	MD24	35,360	MD87
<b>Dinophyceae</b>										
<i>Dinophysis acuminata</i>					520	MY1	520	MD19A	40	MD24
<i>Dinophysis acuta</i>			901	MD103			521	MD19A		
<i>Dinophysis caudata</i>			520	ER1	1,040	MY1	1,040	MD89A	80	MD88
<i>Heterocapsa triquetra</i>			9,880	HL1			6,760	HL1		
<i>Noctiluca scintillans</i>	420	MD54	1,352	MD59	1,040	MD59	2,600	İZ-30	120	MD104
<i>Phalacroma rotundatum</i>			901	MD103	520	MD103	1,040	MD89A	260	SD2
<i>Prorocentrum cordatum</i>					520	GD1				
<i>Prorocentrum micans</i>	501	MD89A	337,800	MY1	54,080	MD87	2,080	MD89A	5,760	MD88
<i>Prorocentrum scutellum</i>	1,503	MD89A	166,685	İZ-30	13,000	İZ-30	208,000	İZ-30	80	MD89A
<i>Prorocentrum triestinum</i>					124,800	MD87	1,040	MY1	24,960	İZ-30
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	1,690	İZ-17	901	MD103	1,040	İZ-30	5,200	İZ-30	520	MD88
<i>Tripos furca</i>	3,900	İZ-30	7,208	İZ-30	1,040	MD67	18,200	İZ-30	3,840	MD88
<i>Tripos fusus</i>	650	İZ-17	3,604	İZ-30	2,600	MD89A	8,320	MD89A	2,080	İZ-30

### 3.4 Deniz Tabanı Habitatlari (T1, T6)

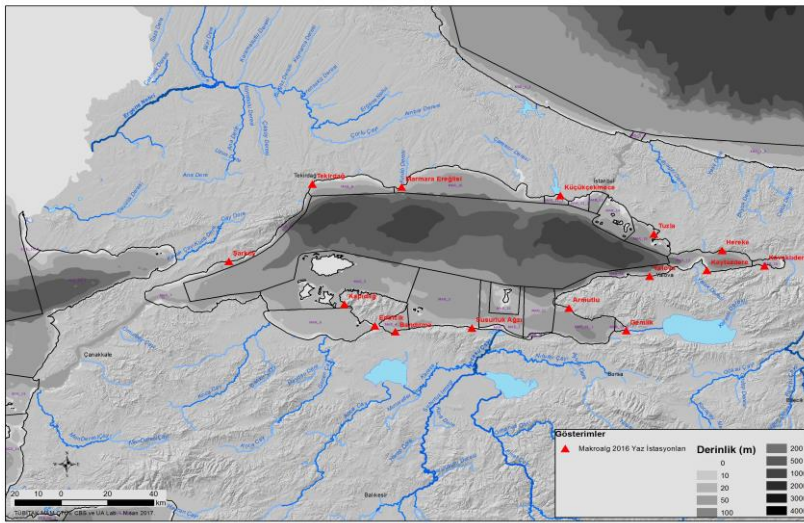
Bu izleme bileşeninde makro flora, deniz çayırları, zoobentoz ve demersal balık türleri dikkate alınan canlı grupları olup deniz tabanının fiziksel ve kimyasal yapısı ile biyotik ve abiyotik habitatların

incelenmesi ve izlenmesi istenir. Deniz tabanı habitat izlemeleri, DSÇD'nin İÇD tanımlayıcılarından T1, T6 ile direk olarak, T2, T3 ve T4 ile de dolaylı olarak ilişkilidir.

#### 3.4.1 Makro Flora

Makro flora çalışmaları kıyısız bölgede yaz dönemlerinde (2014-2016) 15 alanda

gerçekleştirilmiştir (Şekil 20, Tablo 5, Tablo 6).



İstasyonlarda, Ekolojik Değerlendirme İndeksi - (EEI) ile ortamın ekolojik durumunun belirlenebilmesi için 0-3 m derinlik aralığından doğrudan elle ya da serbest dalış yapılarak 20x20 cm'lik kuadrat ile 3 tekrarlı makroflora örnekleme yapılmış, tür dağılımları ve % örtü durumu saptanmıştır.

Şekil 20. Marmara Denizi makroflora istasyonları

Makroflora tür çeşitliliği yıllara göre değerlendirildiğinde; 2014 yılında 87 takson, 2015 yılında 97 takson ve 2016 yılında ise 94 takson tespit edilmiştir. Bunların farklı sınıflara 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 et al., 2011) EEI-c değeri bulunmuştur. Çalışma istasyonlarının 2016 yılındaki ESG I ve ESG II takson sayı dağılımları Tablo 5'de sunulmuştur. Sonrasında da Su Çerçeve Direktifi'ne (SÇD) yönelik Ekolojik Kalite Oranı EEIEQR bulunmuş ve Ekolojik Durum Sınıfları (EDS) tespit edilmiştir. Bu değerlendirme 3 örnekleme dönemi için Tablo 6'da sunulmuştur.

**Tablo 4.** 2014-2016 izleme döneminde saptanan makro flora takson sayıları

Sınıf/Filum	2014	2015	2016
Phaeophyceae	19	22	21
Rhodophyta	44	48	45
Chlorophyta	23	26	26
Spermatophyta	1	1	2
Toplam Takson Sayısı	87	97	94

**Tablo 5.** Marmara Denizi istasyonlarının 2014-2016 yılı ESG I ve ESG II gruplarının takson sayıları

İstasyonlar	Ekolojik Durum Grupları					
	ESG I			ESG II		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Susurluk Ağızı (1)	-	0	1	-	16	19
Bandırma (2)	4	4	4	31	34	34
Kapıdağ (3)	-	14	15	-	48	48
Edincik (4)	-	12	13	-	40	40
Şarköy (5)	15	15	17	50	50	54
Tekirdağ (6)	6	6	6	36	35	34
Marmara Ereğlisi (7)	-	10	11	-	41	41
Küçükçekmece (8)	3	3	3	43	41	39
Tuzla (9)	2	3	3	27	26	27
Kavaklıdere (10)	0	2	2	27	29	27
Kaytazdere (11)	3	3	3	34	32	28
Hereke (12)	0	2	2	26	28	29
Yalova (13)	6	7	8	39	39	37
Armutlu (14)	-	10	10	-	43	43
Gemlik (15)	0	0	0	20	19	20
Yenikapı	3	-	-	38	-	-
Silivri	3	-	-	31	-	-
Gelibolu	5	-	-	34	-	-
Karabiga	4	-	-	33	-	-

ESG I: Hassas türlerin bulunduğu ekolojik grup  
ESG II: Fırsatçı, kirliliğe toleranslı türlerin bulunduğu ekolojik grup

**Tablo 6.** 2014-2016 izleme döneminde makro flora çalışma istasyonlarının “Ekolojik kalite İndeksi: EEI” ile yapılan kalite sınıflandırması

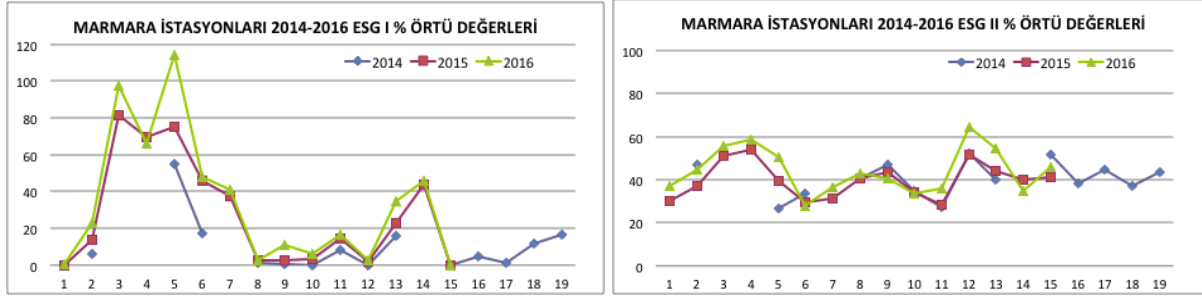
S.No	İstasyonlar	2014 EEI		2015 EEI		2016 EEI	
		EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS	EEI <sub>EQR</sub>	EDS
1	Susurluk Ağzı	te		0,18	Zayıf	0,13	Zayıf
2	Bandırma	0,11	Zayıf	0,27	Orta	0,3	Orta
3	Kapıdağ	te		0,7	İyi	0,73	İyi
4	Edincik	te		0,6	İyi	0,55	İyi
5	Şarköy	0,73	İyi	0,75	Çok İyi	0,83	Çok İyi
6	Tekirdağ	0,34	Orta	0,63	İyi	0,66	İyi
7	Marmara Ereğlisi	te		0,54	İyi	0,53	İyi
8	Küçükçekmece	0,1	Zayıf	0,12	Zayıf	0,1	Zayıf
9	Tuzla	0,06	Kötü	0,1	Zayıf	0,21	Zayıf
10	Kavaklıdere	0,13	Zayıf	0,19	Zayıf	0,21	Zayıf
11	Kaytazdere	0,3	Orta	0,35	Orta	0,31	Orta
12	Hereke	0,02	Kötü	0,04	Kötü	0	Kötü
13	Yalova	0,27	Orta	0,31	Orta	0,34	Orta
14	Armutlu	te		0,53	İyi	0,58	İyi
15	Gemlik	0,02	Kötü	0,1	Zayıf	0,06	Zayıf
16	Yenikapı	0,16	Zayıf	te		te	
17	Silivri	0,08	Zayıf	te		te	
18	Gelibolu	0,25	Orta	te		te	
19	Karabiga	0,25	Orta	te		te	

te: test edilmedi

2014-2016 yıllarına ait genel kalite değerlendirmesi, Şarköy, Tekirdağ, Kapıdağ, Edincik ve Armutlu “iyi-çok iyi” kaliteyi göstermiştir. Bu istasyonların dışında kalan alanların tümü “orta-zayıf-kötü” sınıfında bulunmuştur.

2016 yılında, ESG I örtü yüzdesi (Orfanidis *et al.*, 2011)\_2014 ve 2015 yıllarında olduğu gibi en fazla Şarköy (SYB 8), Kapıdağ (SYB 5), Edincik (SYB 4) ve Armutlu (SYB 18) istasyonlarında (No.8; % 97,09) belirlenirken, Tekirdağ,

Marmara Ereğlisi ve Yalova’da %30-40 seviyesinde bulunmuştur. Gemlik istasyonunda ESG I grubu türlerine 3 örnekleme döneminde de rastlanılmamıştır. 2016 ‘da ESG I örtü yüzdesi Şarköy’de % 114, Kapıdağ (Erdek) ‘da % 97, üçüncü olarak ise Edincik % 66 olmuştur. Baskılardan etkilenmiş ortamların türlerini içeren ESG II örtü yüzdesi en fazla % 65 ile Hereke (SYB 17) istasyonunda ve bunu Edincik %59 ile Kapıdağ % 56 takip etmiştir. (Şekil 21).



Şekil 21. Marmara Denizi makro flora istasyonları 2014-2016 ESG I ve ESG II değerleri

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

Taşkın ve ark. (2011) tarafından Marmara Denizi kıyılarından yabancı türlerden 8 kırmızı alg [*Antithamnion hubbsii*, *Rhodothamniella codicola*, *Rhodophysema georgii*, *Falkenbergia rufolanosa* (*Asparagopsis armata*'nın tetrasporofit evresi), *Trailiella intricata* (*Bonnemasoinia hamifera*'nın tetrasporofit evresi), *Polysiphonia morrowii*, *Griffithsia corallinoides*, *Chondria collinsiana*], 10 kahverengi alg (*Ectocarpus siliculosus* var. *hiemalis*, *Cladosiphon zosterae*, *Halothrix lumbricalis*, *Microspongium globosum*, *Punctaria tenuissima*, *Colpomenia peregrina*, *Chorda filum*, *Scytosiphon dotyi*, *Botrytella parva*, *Litosiphon laminariae*) ve bir yeşil alg (*Ulva fasciata*)

olmak üzere toplam 19 yabancı makroalg rapor edilmiştir. 2015 yılı izleme çalışmasında olduğu gibi 2016 yılında da Marmara Denizi'nden daha önce rapor edilen yabancı türlerin 4'ü tespit edilmiştir [*Falkenbergia rufolanosa* (*Asparagopsis armata* türünün tetrasporofit evresi olarak), *Trailiella intricata* (*Bonnemasoinia hamifera*'nın tetrasporofit evresi), *Polysiphonia morrowii* ve *Codium fragile* subsp. *fragile*]. 2014 yılı izleme çalışmasında ise sadece *Asparagopsis armata* türünün tetrasporofit evresi olan *Falkenbergia rufolanosa*, ve *Codium fragile* subsp. *fragile* türleri bulunmuştur. *Codium fragile* subsp. *fragile* hızla yayılış göstermektedir (Şekil 22).



Yabancı ve yayılımcı bir tür olan yeşil alg *Codium fragile* subsp. *fragile*

Koruma altındaki *Cymodocea nodosa* topluluğu

Tehdit oluşturan yeşil algler (*Ulva* türleri)

Şekil 22. Çalışma döneminde tespit edilen makro flora türlerinden bazıları

Tehdit oluşturan türler açısından bir değerlendirme yapıldığında, Marmara Denizi kıyılarında karasal baskının fazla görüldüğü özellikle Susurluk Ağızı (SYB 1), Küçükçekmece (SYB 11), Gemlik (SYB 19), Kavaklıdere (SYB 17), Tuzla ve Hereke (SYB 17) istasyonlarında yeşil alglerden *Ulva* (Şekil 22) ve *Cladophora* türleri ile kırmızı alglerden *Ceramium* türlerinin yanı sıra mediolittoral zondaki taşlar üzerinde tabakalaşma gösteren mavi yeşil algler (Cyanophyceae) türlerinin bolluğu ve aşırı çoğalması ortamın ekolojik durumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bazı istasyonlarda (özellikle Kocaeli) ise kırmızı *Gracilaria gracilis* türünün aşırı çoğalması gerçekleşmektedir.

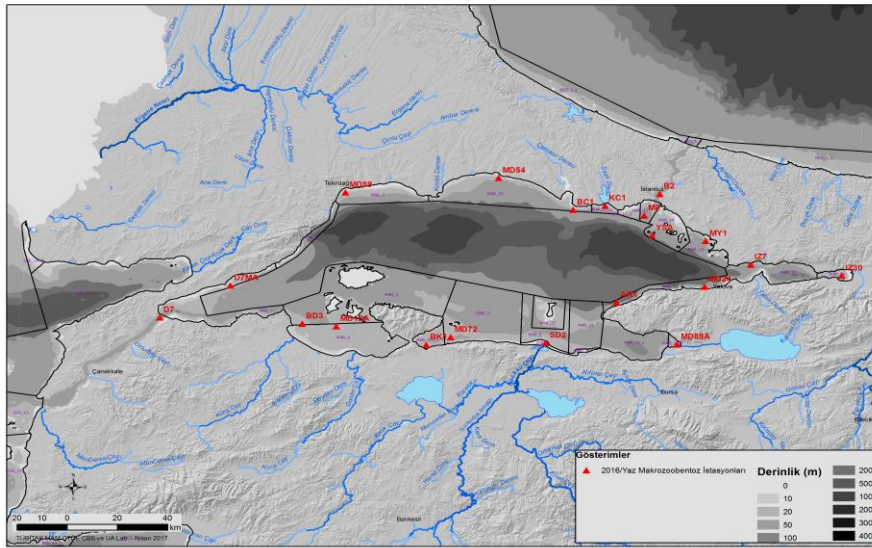
Marmara Denizi'nde koruma altında ve korunması gerekli olan türler özellikle *Cystoseira* türleri (*C. barbata*, *C. compressa*, *C. crinita* ve *C. foeniculacea*)

ile denizel çiçekli bitkilerden *Cymodocea nodosa* (Şekil 22) ve *Zostera* (*Z. marina* ve *Z. noltei*) türleridir. Daha önceki izleme raporlarında belirtildiği gibi Marmara Denizi'nin özellikle orta ve batı bölümlerindeki istasyonlarda bu türler daha yaygın buldukları tespit edilmiş ve Şarköy (SYB 8), Edincik (SYB 4), Kapıdağ (SYB 5) istasyonlarında kıyından itibaren yayılış göstermektedirler. Bu çalışmada örneklenmeyen deniz çayırlarından *Posidonia oceanica* türünün de Marmara Denizi'nde Kapıdağ-Paşalimanı Adası (SYB 5) civarında sınırlı da olsa yayılışı bilinmektedir (Taşkın ve ark., 2008). Ayrıca, Marmara Denizi kıyılarında 2013 yılı izleme bölgelerinde bir kahverengi alg (*Cystoseira barbata*) ve üç çiçekli bitki (*Zannichellia palustris*, *Zostera marina* ve *Zostera noltii*) olmak üzere toplam dört tür koruma altında belirtilmiştir.

### 3.4.2 Makrozoobentos

Marmara Denizi'nde makrozoobentik çalışma yapılan istasyon sayısı 20 olup

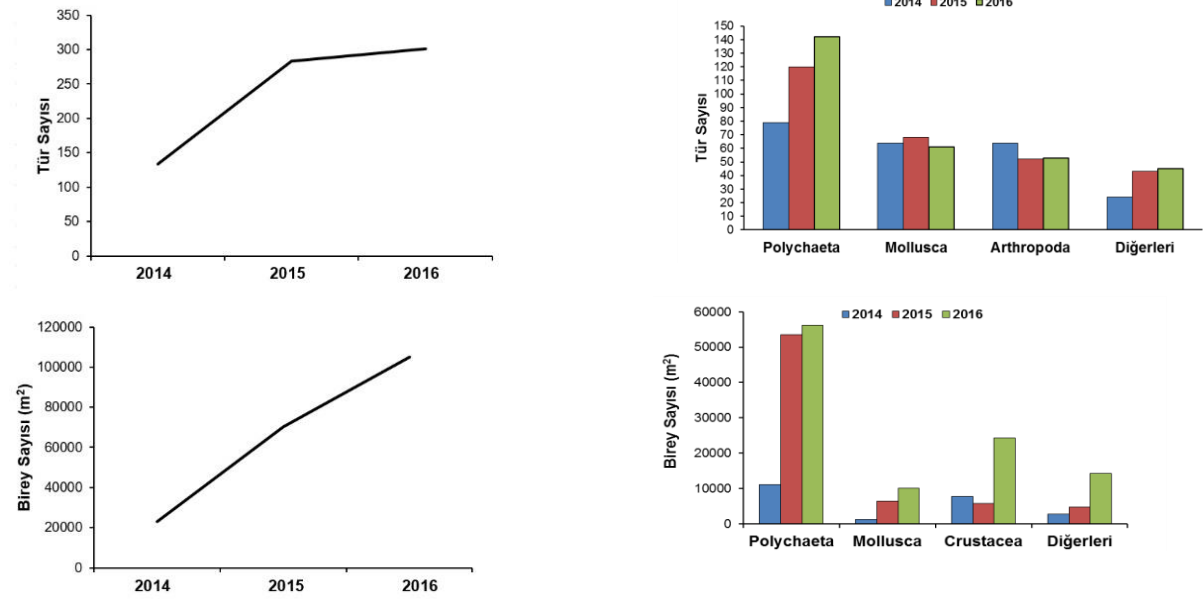
örneklemeler Van Veen grab ile 3 replikatlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma istasyonları Şekil 23'de görülmektedir.



Şekil 23. Marmara Denizi makrozoobentos istasyonları

Makrozoobentik materyalin değerlendirilmesi sonucunda 13 ana taksonomik gruba ait toplam 301 takson ve bunlara ait 31455 birey tespit edilmiştir. 2015 yılında toplam 283 takson ve 2014 yılında ise toplam 231 takson tespit edilmiştir. Takson ve birey sayısında yıllara bağlı bir artışın olduğu görülmektedir (Şekil 24). Üç senelik değerlendirmede istasyonlar genelinde en fazla taksonla temsil edilen taksonomik grup 142 taksonla Polychaeta'dır. Bunu

Mollusca (61) ve Arthropoda (53) izlemektedir. İstasyonlar genelinde en fazla taksonla temsil edilen taksonomik grup 120 taksonla Polychaeta'dır. Bunu Mollusca (68) ve Crustacea (52) izlemektedir. 2014 ve 2015 yılında yapılan değerlendirmeler ile karşılaştırıldığında Polychaeta'ya ait takson sayısının arttığı görülmektedir. Crustacea'ya ait takson sayısında ise düşüş gözlemlenmiştir (Şekil 24).



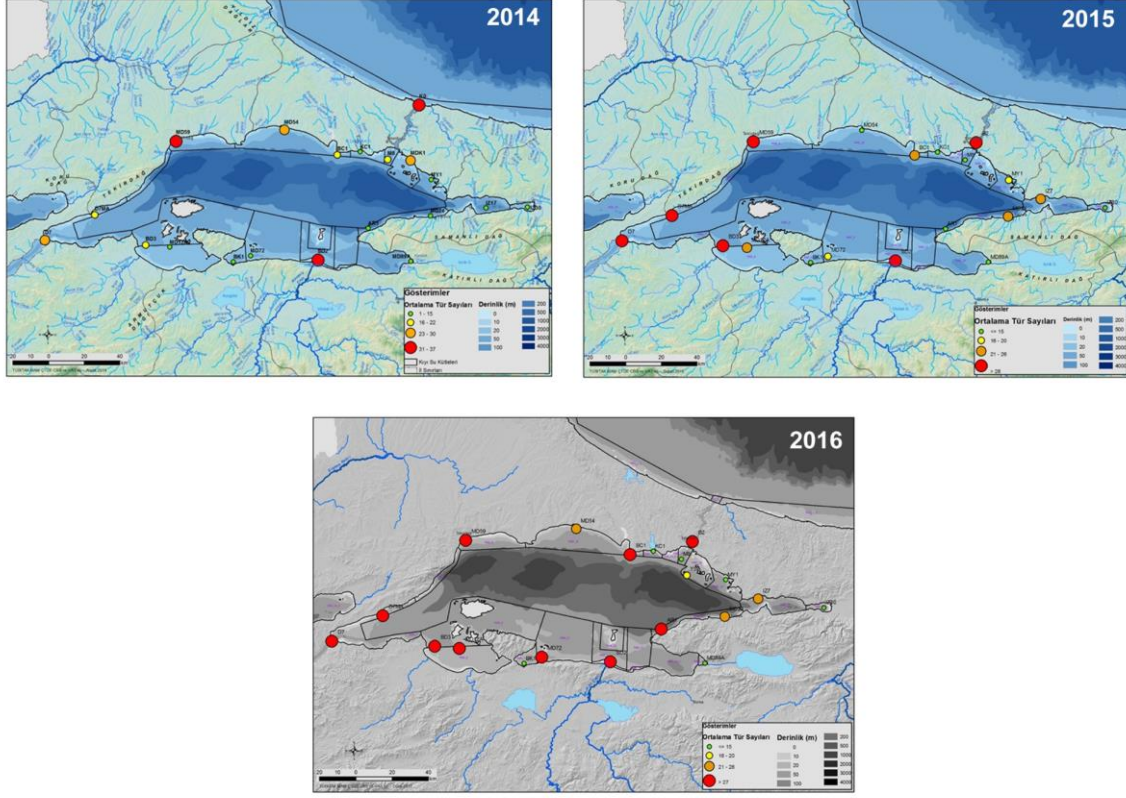
Şekil 24. 2014, 2015 ve 2016 yıllarında makrozoobentik organizmaların toplam ve taksonomik gruplara göre tür ve birey sayıları

Birey sayısı bakımından ise Polychaeta'nın (56160) ilk sırada yer aldığı bunu 24317 bireyle Arthropoda ve 10067 bireyle Mollusca'nın takip ettiği tespit edilmiştir (Şekil 24). 2015 ve 2014 yıllarında da Polychaeta'nın birey sayısı bakımından ilk sırada yer aldığı görülmektedir. 2016 yılında B2 kodlu istasyonda Arthropoda'dan *Monocorophium insidiosum*'un ortalama 20270 birey/m<sup>2</sup> lik bir bolluğa sahip olması Arthropoda'nın toplam birey sayısındaki fazlalığın nedenidir. 2014 yılında elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında Crustacea birey sayısında önemli farklılık olduğu

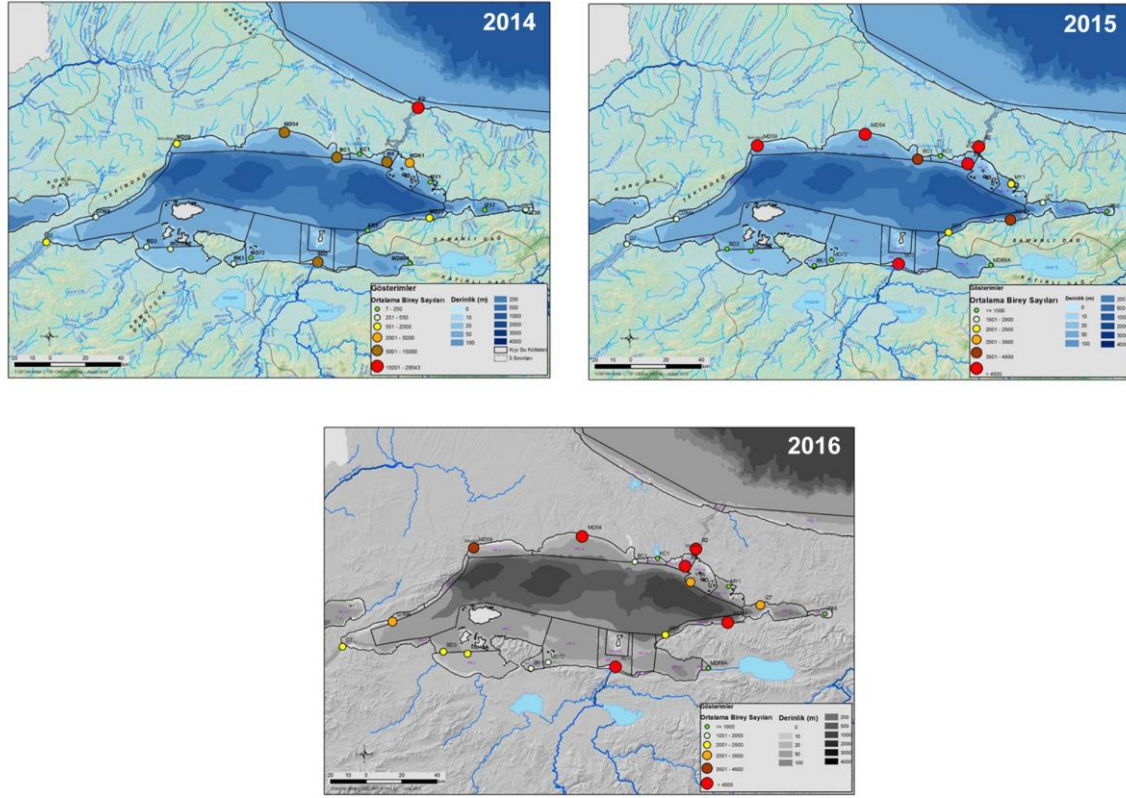
görülmektedir. Bunun en önemli sebebi 2014 yılında K0 istasyonunda *Apsudopsis latreillii*'nin toplam 5340 bireyle temsil etmesidir. 2015 yılında bu taksona ait birey sayısı fazla değildir. 2016 yılında ise bu takson ortalama 160 birey/m<sup>2</sup> olarak temsil edilmiştir. Polychaeta Marmara Denizi'nde genel olarak en fazla bireyle temsil edilen grup olarak tespit edilmiştir. Birey sayısı bakımından tüm bireylerin %54'ünü, 2015 yılında %68,5'ini ve 2014 yılında %49'unu oluşturmuştur.

3 yıla ait istasyonlardaki takson ve birey sayıları haritaları Şekil 25 ve Şekil 26'da sunulmuştur.





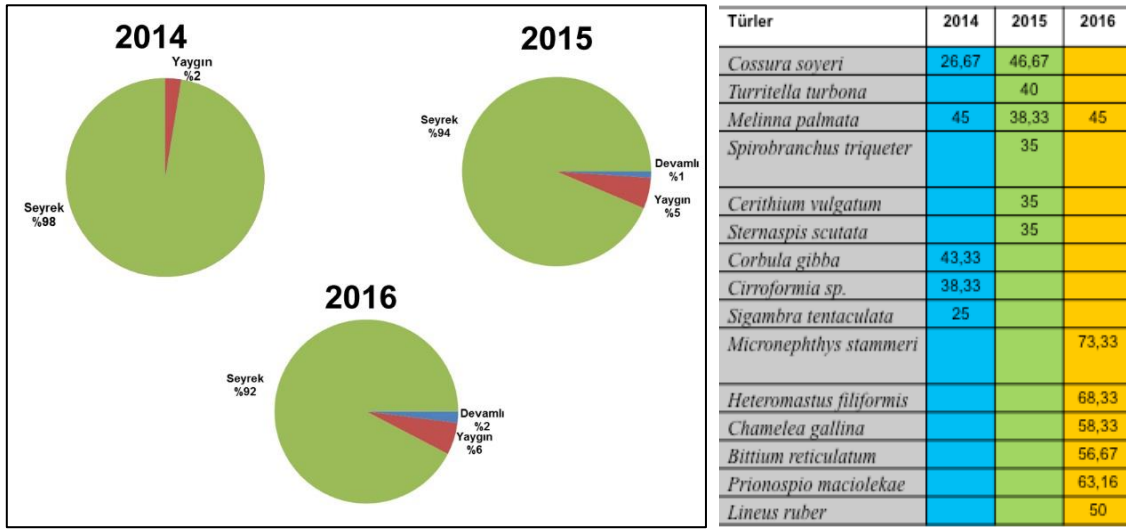
Şekil 25. Makrozoobentos istasyonlarında tespit edilen ortalama takson sayıları (2014-2016)



Şekil 26. Makrozoobentos istasyonlarında tespit edilen ortalama birey sayıları (2014-2016)

Üç yıllık değerlendirmeye göre, taksonların büyük bir çoğunluğu seyrek dağılım göstermiştir. Bu da taksonların istasyonlarda homojen dağılım yapmadıkları anlamına gelmektedir (Şekil 27). Yıllara göre en yüksek frekansa sahip türler ise Şekil 27 'ye ek tablo olarak sunulmuştur. Araştırma sonucu elde edilen frekans indeks değerleri sonucunda 2016 yılında 60 örnek arasında toplam 301

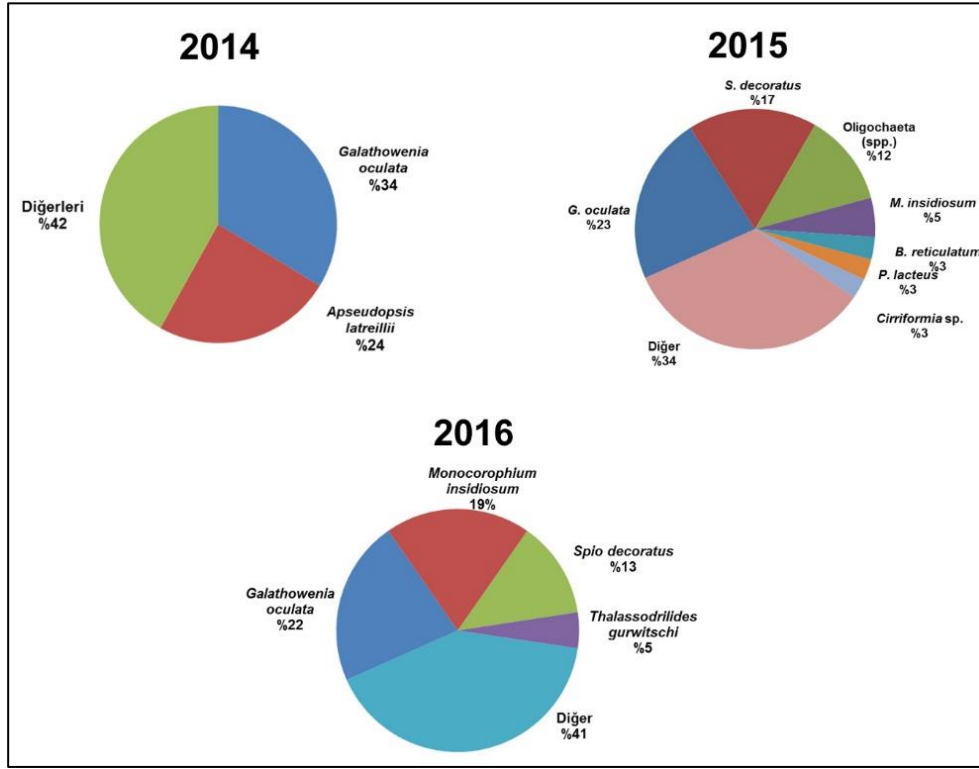
taksondan 278'i seyrek olarak dağılım göstermişlerdir. 2015 yılında bu rakam 265 ve 2014 yılında 225'dir. Genel olarak türlerin araştırma sahasında dağılımları düzenli olmayıp büyük bir çoğunluğunun seyrek dağılım gösterdikleri görülmektedir. 2014 yılında devamlı grubuna giren taksona rastlanmazken, 2015 yılında 3 devamlı taksona rastlanmıştır. 2016 da ise 6 devamlı tür bulunmaktadır.



Şekil 27. Makrozoobentik taksonların 2014-2016 dönemindeki dağılım sıklıkları ve yıllara göre en yüksek frekansa sahip türler

Şekil 28'de 3 izleme dönemindeki baskın taksonlar yüzde olarak karşılaştırılmıştır. 2016 yılında araştırma bölgesindeki en dominant takson 6920 bireyle (%22) Polychaeta'dan *Galathowenia oculata* olup bu taksonu 6097 bireyle (%19) Arthropoda'dan *Monocorophium insidiosum*, 4048 bireyle Polychaeta'dan *Spio decoratus*, 1499 bireyle Oligochaeta'dan *Thalassodrilides gurwitschi* izlemektedir. Diğer taksonların % 0,01 ile 1,5 arasında değişen baskınlık oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. 2015 yılında araştırma bölgesindeki en dominant takson 5294 bireyle (%23) Polychaeta'dan *Galathowenia oculata* olup bu taksonu 4066 bireyle (%17) Polychaeta'dan *Spio decoratus*, 2919

bireyle Oligochaeta (spp.), 1229 bireyle Crustacea'dan *Monocorophium insidiosum* izlemektedir. Diğer taksonların % 0,01 ile 3,04 arasında değişen baskınlık oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. 2014 yılında da araştırma bölgesindeki en baskın taksonun 7725 bireyle (%34) Polychaeta'dan *Galathowenia oculata* olduğu tespit edilmiştir. 2014 yılında Crustacea'ya ait *Apseudopsis latreillii*'nin K0 kodlu istasyonda maksimum 21840 birey/m<sup>2</sup> ile temsil edilmesi dikkat çekmiştir. Aynı yıl SD2 kodlu istasyonda da yüksek abundans değerleri ile temsil edilen bu taksona 2015 yılındaki çalışmada SD2 kodlu istasyonda bu taksona rastlanmamıştır.



Şekil 28. 2014-2016 izleme döneminde gözlenen baskın makrozoobentik taksonlar

Yumuşak substratların üç önemli taksonomik grubuna ait sonuçlar ışığında türlerin ekolojik karakteristikleri dikkate alındığında bölgenin kirlilik baskısı altında olduğu görülmektedir.

Özellikle kapalı koy, körfez ve limanların su hareketlerinden nispeten yoksun olmaları bu bölgelerde istenmeyen koşulların oluşmasına ve sonuç olarak ekolojik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kirlilik baskısı altındaki bir bölgede bentik organizmalar etkilenmekte ve tepki vermektedirler. Bunun sonucu olarak hareket yeteneği güçlü canlılar ortamı terk etmekte az hareket eden veya hiç edemeyen organizmaların popülasyonunda düşüşler görülmekte ve baskı arttıkça bu türlerin yok olmalarına neden olmaktadır. Bunların yerine bazı

fırsatçı türlerin bölgeyi işgal ettikleri ve popülasyonlarının hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir.

Sonuç olarak, en önemli fırsatçı türler olarak bilinenlerden Polychaeta ve Mollusca'ya ait *Heteromastus filiformis*, *Malacoceros fuliginosus*, *Schistomeringos rudolphi*, *Corbula gibba* gibi türler bölgede rastlananlardır. Bunun dışında çalışma bölgesinde fırsatçı taksonlara sık rastlanmamıştır. Ayrıca organik maddece zengin ortamları seven Crustacea'ya ait Corophiidae'ye ait bireylere B2 istasyonunda yoğun bir şekilde rastlanmıştır. Taksonlara atanan skora göre ortamı değerlendirmeye yardımcı olan biyotik indeks sonuçları ekolojik kalite durumunu daha net ortaya koymaktadır (Tablo 7).

M-AMBI (Muxika ve diğ., 2007; Borja ve diğ.,2008), SHANNON-WEINER Kommunité Çeşitlilik İndeksi (H') (Shannon- Weaver, 1949; Labruné ve diğ., 2006) ile TUBİ (Çınar ve diğ., 2015) Karadeniz ve Marmara Denizi değérlendirilmelerinde uygun bulunan indekslerdir (Tablo 7). Bunlardan TUBİ

yakın zamanda Türkiye denizleri için geliştirilmiştir. Diğerleri ise DeKoS projesi kapsamında oluşturulan “ulusal tür veri tabanı”na göre sınıf sınır değérlerin denizlerimiz için uyarlanan (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014) halleri ile kullanılmıştır.

**Tablo 7.** Yıllara göre makrozoobentos istasyonlarındaki ekolojik kalite indekslerin durumu

İstasyon	Shannon-Weaver (H')			m-AMBI			TUBİ	
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2015	2016
B2		O	O		Z	O	İ	İ
M8	K	Z	Z	Z	O	Z	İ	O
KC1 Küçük Ç.	K	K		K	Z	K	O	K
BC1 Büyük Ç.	Z	O	İ	O	O	İ	İ	O
MD54	O	Z	O	O	O	Z	İ	O
MD59	Çİ	İ	Çİ	Çİ	İ	O	İ	İ
D7MA	İ	Çİ	Çİ	İ	İ	İ	Çİ	Çİ
D7	İ	Çİ	Çİ	Çİ	Çİ	İ	Çİ	Çİ
BD3	İ	İ	Çİ	İ	İ	O	İ	Çİ
MD12A	İ	İ	Çİ	İ	İ	O	İ	İ
BK1 Bandırma K	O	O	O	O	Z	Z	O	O
MD72	O	İ	İ	O	O	O	İ	İ
SD2	O	O	O	İ	O	O	Z	O
MD89A	K	Z	Z	Z	Z	Z	İ	Z
AR1	Z	Z	İ	O	Z	O	İ	İ
YSA			O			Z		İ
MY	K	O	O	Z	İ	O	İ	İ
İZ7		İ	O		O	O	İ	İ
İZ17	K			K				
İZ 30 İzmit İç K	O	K	Z	O	K	Z	O	Z
MD24	O	Z	Z	O	O	Z	İ	O
KO	Z			O				
MEC1		O			O			
MDK1	O			O				


Çİ: Çok iyi, İ: İyi, O: Orta, Z: Zayıf, K: Kötü kaliteyi temsil eder (SÇD sınıflaması)

## Marmara Denizi makrozoobentik yabancı türleri

Dört yabancı tür dikkat çekmektedir. Bunların yıllar içindeki rastlanılan birey sayıları Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Araştırma bölgesinde tespit edilen makrozoobentik yabancı türlerin bolluk değerleri (birey/m<sup>2</sup>)

	2014	2015	2016
1. <i>Paraprionospio coora</i>	40	260	220
2. <i>Notomastus aberans</i>	50	-	-
3. <i>Hydroides elegans</i>	-	50	10
4. <i>Polydora cornuta</i>	-	10	180
5. <i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>	-	180	40



1. İstanbul Boğazi Marmara Çıkışı (M8), Büyükçekmece Kıyı (BC1), Karabiga Adalar Erdek Körfezi (MD12A)
2. Çanakkale Boğazi (D7)
3. İstanbul Boğazi (B2), Adalar (MEC)
4. İzmit Körfezi Orta (İZ7)
5. Susurluk Çayı Girişi (SD2)

Tespit edilen yabancı taksonlardan biri poliket *Paraprionospio coora*’dır. Daha önce Ege ve Marmara Denizi’nden (Yokoyama ve diğ. 2010) kaydı verilmiş olan bu taksonun ilk tanımlandığı yer Avustralya’nın Pasifik kıyılarıdır. Bu takson yüzey sedimanından beslenen depozitör ve süspansivor bir organizmadır. Ekolojik toleransı yüksek ve çok çeşitli habitatlara uyum sağlama yeteneğine sahiptir. Nehir ağızlarında, yarı kapalı koy ve körfezlerdeki deki sığ sulardan sirkalittorale kadar geniş bir dağılım aralığına sahiptir. Bu takson araştırma bölgesinde M8, BC1 ve BD3 kodlu istasyonlarda toplam 220 birey/m<sup>2</sup> ile temsil edilmektedirler.

Araştırma bölgesinde tespit edilen diğer bir yabancı takson serpulid bir poliket olan *Hydroides elegans*’dır. Küçük boylu ve genellikle denizdeki insan yapısı veya doğal sert substratlara tutunarak gelişir.

Daha önce Ege ve Akdeniz kıyılarında kaydı bulunan bu takson Marmara Denizi’nden ilk kez rapor edilmektedir. Ölü kabukların üzerinde gelişen bireylerine rastlanılmıştır. Araştırma bölgesinde sadece B2 kodlu istasyonda toplam bolluğu 10 birey/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir.

Tespit edilen yabancı taksonlardan diğeri poliket *Polydora cornuta*’dır. Güney Karolina, ABD Atlantik kıyıları orijinlidir. Acı su karakterindeki ortamlarda ve limanlarda sıklıkla görülmektedir. Fırsatçı bir takson olarak bilinmektedir ve yüksek sıcaklık ve tuzluluk toleransına sahiptir. Yerleştiği bölgede kısa sürede popülasyon oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Bu taksonun ilk kez gemilerle Karadeniz’e getirildiği ve buradan Doğu Akdeniz’e yayılım gösterdiği tahmin edilmektedir (Radashevsky and Selifonova, 2013). Araştırma bölgesinde B2 ve İZ7 kodlu

istasyonlarda toplam 180 birey/m<sup>2</sup> ile temsil edilmektedirler.

*Pseudopolydora paucibranchiata* araştırma bölgesinde tespit edilen diğer bir yabancı taksondur. Akdeniz'e balast suları ile geldiği tahmin edilen bu taksonun

Akdeniz'deki ilk kaydı Dağlı ve Çınar (2010) tarafından yapılmıştır. İzmir Körfezi'nde yoğun popülasyonlar oluşturduğu belirtilmiştir. Araştırma bölgesinde B2 ve SD2 nolu istasyonda toplam 40 birey/m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir.

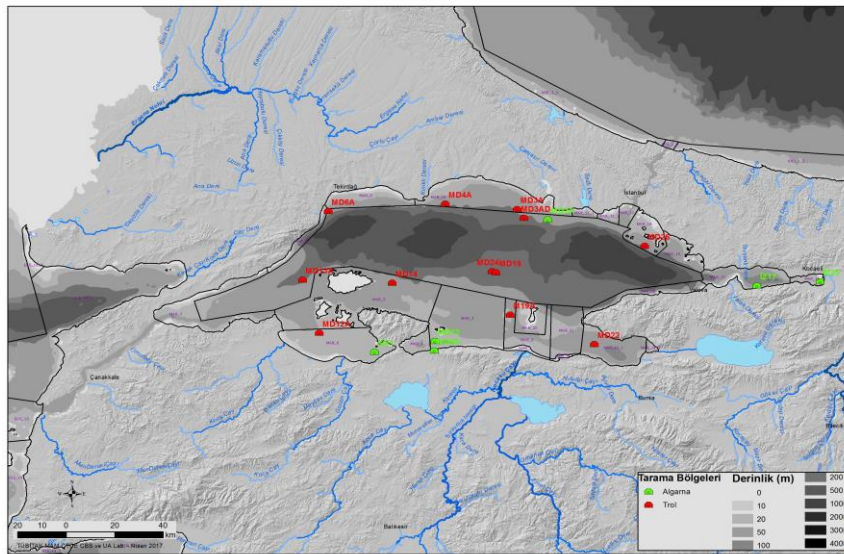
### 3.4.3 Deniz tabanı Trol Çalışması

2014-2016 izleme çalışmasında 2016 yılı yaz döneminde trol örnekleme yapılarak biyoçeşitlilik, balıkçılık çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada balık ve

makro omurgasızlar dikkate alınmıştır. Çalışma bölgeler Şekil 29'da gösterilmiştir.



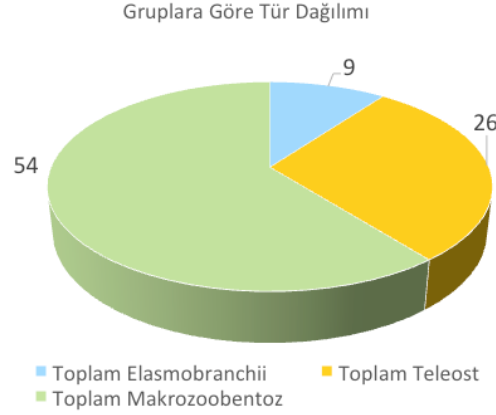
İzmit Körfezi ve Marmara Denizi'nde biyoçeşitlilik ve dağılımını etkileyen unsurların belirlenmesi için 18 noktada örnekleme yapılmıştır. Biyolojik örnekleme için açık istasyonlarda MEDITS protokolüne uygun ağ ile 30 dakikalık çekimler yapılmıştır. Koy ve iç körfezlerde ise algarna ile 15 dakikalık çekimler yapılmıştır. Buna göre 20-50 m arasında 5 noktada, 50-100 m arasında 10 noktada, 100-300 m arası derinlik konturunda ise 3 noktada örnekleme yapılmıştır.



Şekil 29. 2016 Marmara Denizi trol ve algarna ile deniz tabanı biyoçeşitliliği ve katı atıkları çalışma bölgeleri

Yapılan çalışmada 26 tür Teleost (kemikli balık), 9 tür Elasmobranchii (kıkırdaklı

balık), 54 tür makrozoobentik organizma tanımlanmıştır (Şekil 30).



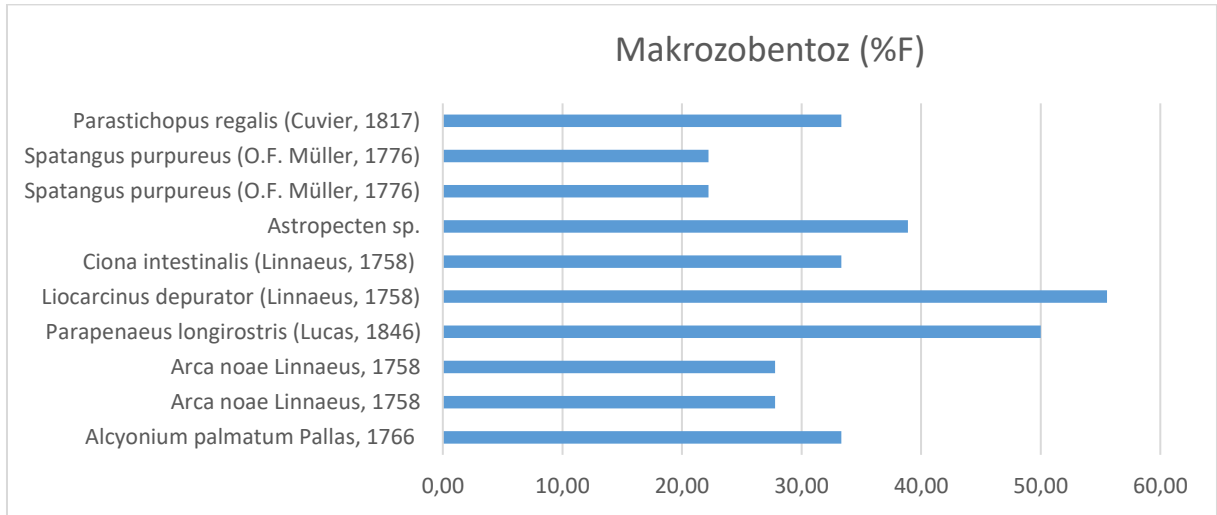
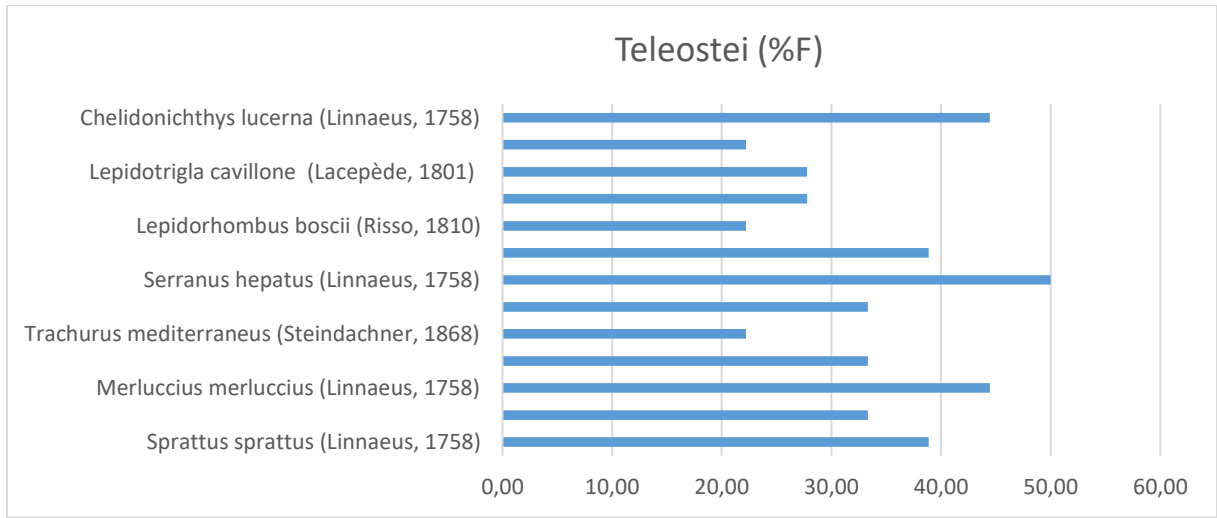
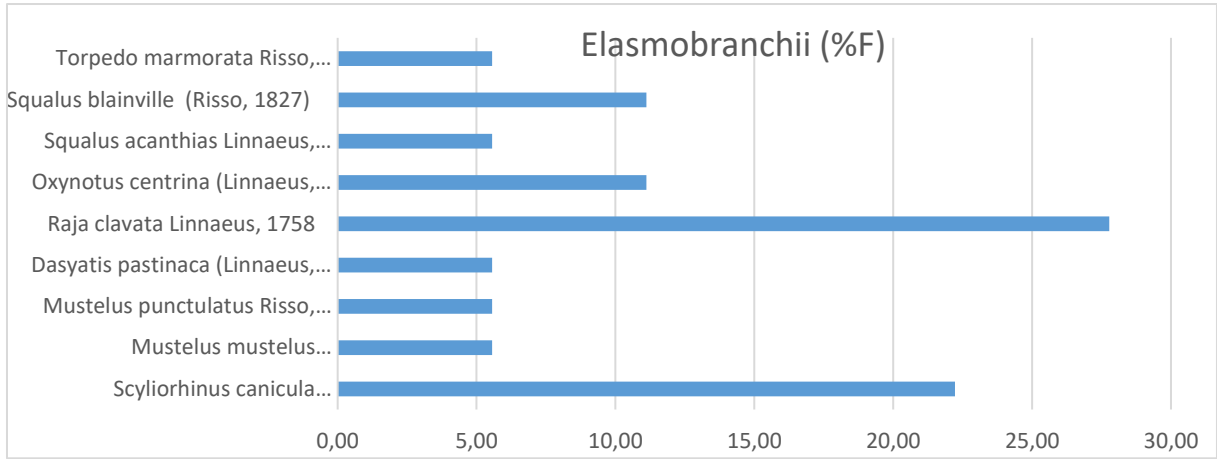
Şekil 30. Taksonomik gruplara göre deniz tabanı tür dağılımı

Türlerin frekans dağılımlarına bakıldığında (Şekil 31), toplamda tanımlaması yapılan 84 türden Elasmobranchii (kıkırdaklı balık) grubunda olan görünme frekansı en yüksek tür olan *Raja clavata* (%28 F), bu değer ile yaygın dağılım gösteren tür statüsüne girmektedir. *Scyliorhinus canicula* ise ikinci sırada yer almaktadır (%22 F). Yüksek predatör olan bu gruba giren türler geçmiş yıllara oranla dağılımları ve baskınlıkları son derece azalmış ve seyrek olan türler statüsüne düşmüştür.

Teleost (kemikli balık) grubunda devamlı tür kapsamına giren balık sadece *Serranus hepatus* (benekli hani) 'dur. Geçmiş yıllarda % 90-99 oranında görünme frekansı olan ve en baskın tür olan

*Merluccius merluccius* (berlam) ise %44 lük oran ile yaygın tür kapsamına gerilemiştir. 26 kemikli balık türünden sadece 11'i yaygın tür kapsamındadır.

Makrozoobentik türlerden *Liocarcinus depurator* (%56) ve *Parapenaeus longirostris* (Karides) (%50) yüksek görünme frekansı ile devamlı tür kapsamında yer almaktadır. Karides türü Marmara Denizi'nin ekonomik türüdür. Geçmiş yıllarda da şimdi olduğu gibi devamlı tür kapsamında olmasına rağmen, bu gün görünme ve baskınlık oranında ki düşüş, berlam da olduğu gibi bu tür üstünde ki avcılık ve ekosistem baskılarının artmasına bağlı olarak verimliliğinde düşmesine sebep olmuştur.



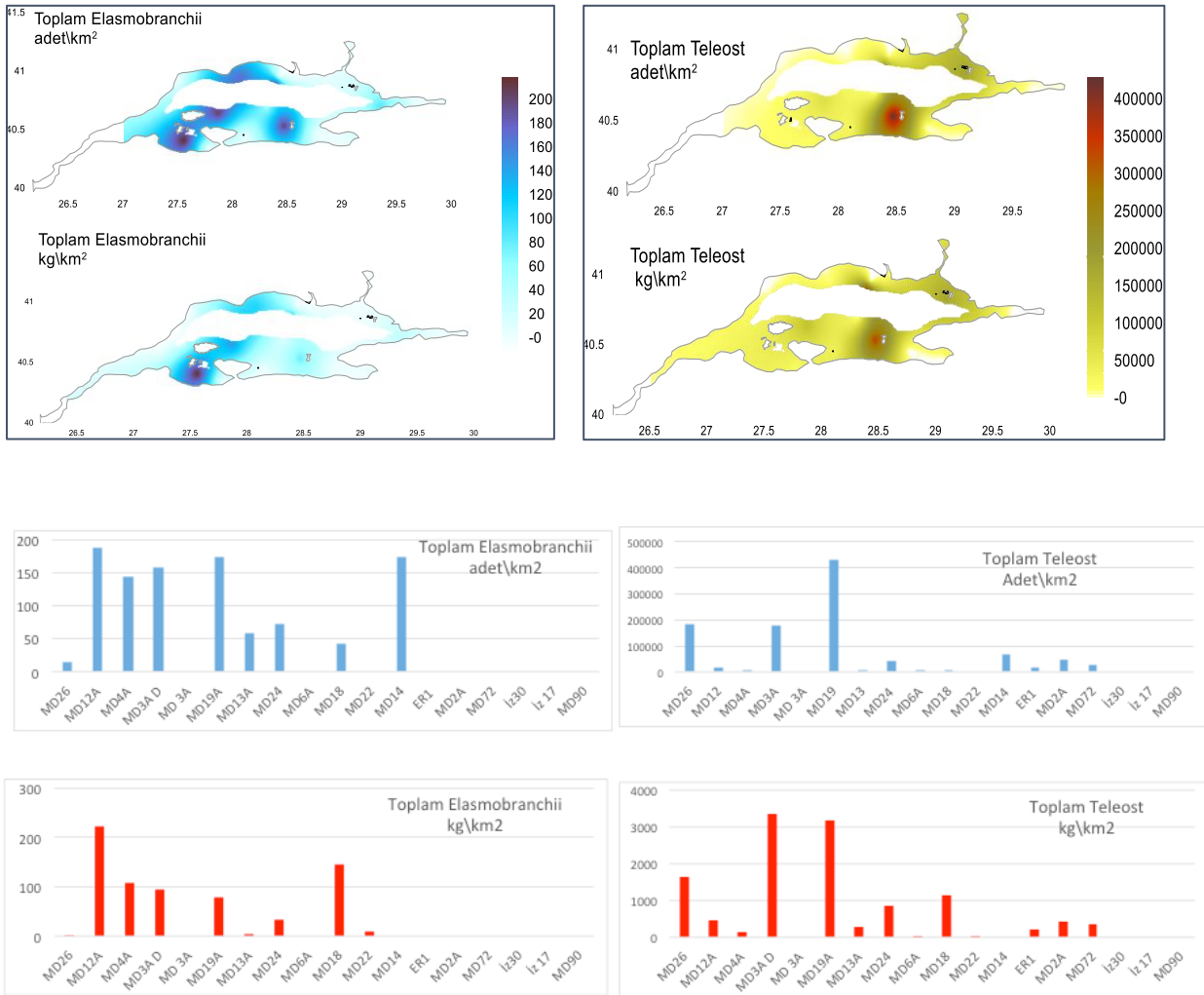
**Şekil 31.** Deniz tabanında türlerin frekans dağılımı



Biyokütle ve bolluk dağılımına bakıldığında kıkırdaklı balıkların görünme frekansında olduğu gibi bolluk ve biyokütle miktarında da önemli düşüşler gözlenmiştir. Yoğunluğun genel olarak Marmara'nın güney bölgesinde arttığı gözlenmiştir. Özellikle Erdek Körfezi'nde MD12A istasyonunda en yüksek birim alanda ki kıkırdaklı balık dağılımı tespit edilmiştir (Şekil 32).

Kemikli balıkların dağılımı incelendiğinde İmralı Adası güney batısı bolluk ve

biyokütle açısından yoğun alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yandan Mimaroba açıklarında 80 m civarında, hipoksik koşulların hakim olduğu MD3A istasyonunda herhangi bir türün dağılımı gözlenmemiş iken, derin sularda (MD3AD istasyonu 170-200 m) özellikle semi-demersal tür olan çaç ve istavrit balıklarının yoğun dağılımı tespit edilmiştir. İzmit Körfezi (IZ 30 ve IZ17) ve Gemlik Körfezinde (MD 90) de herhangi bir türün dağılımına rastlanmamıştır (Şekil 32).

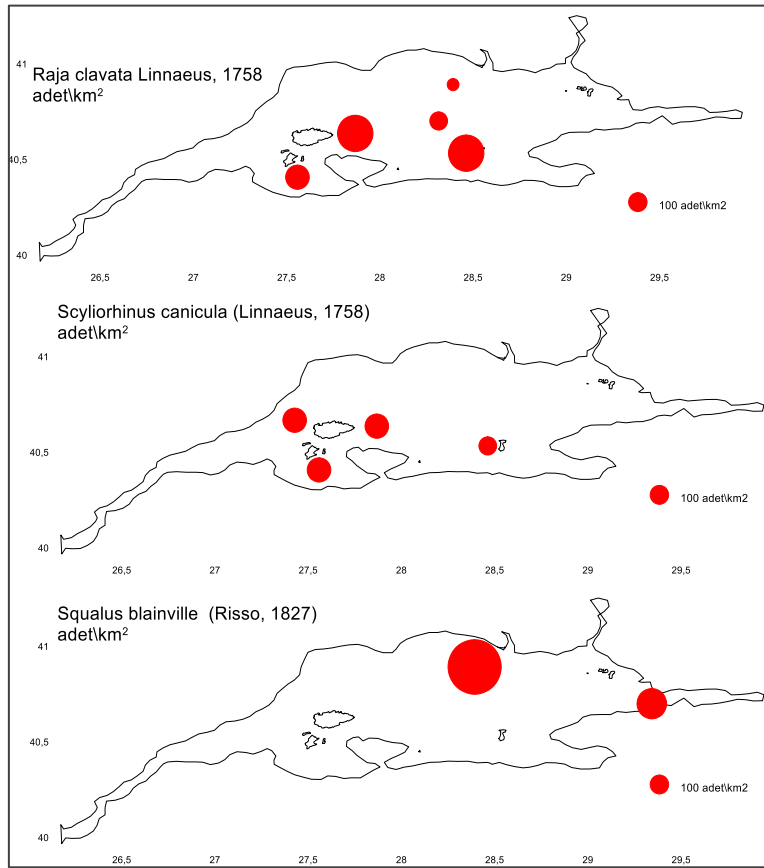


Şekil 32. Marmara Denizi'nde kıkırdaklı ve kemikli balıkların birey ve biyokütle dağılımları (2016)

### Bazı Yaygın Balık Türlerinin Dağılımı

Kıkırdaklı balıkların baskınlıkları sıfıra yakın olmasına rağmen görünme frekansı yüksek olan türlerden *Raja clavata* (%28 F), *Scyliorhinus canicula* (%22 F) ve *Squalus blainville* (%11 F) dağılımı alanlarına bakıldığında *Raja* (vatoz) ve *Scyllorhinus* (kedi köpekbalığı) türlerinin genelde Marmara Denizi'nin güney

şelfinde dağılım yaptığı dikkati çeker. *Squalus blainville* (mahmuzlu cam göz) ise, düşük oksijen koşullarının hakim olduğu kuzey şelfinde dağılım yapmıştır (Şekil 33). İzmit Körfezi girişinde yer alan MD24 istasyonunda az yoğunlukta tespit edilmişken, derin suda yer alan MD3AD istasyonunda oldukça yüksek oranda dağılım yapmıştır.



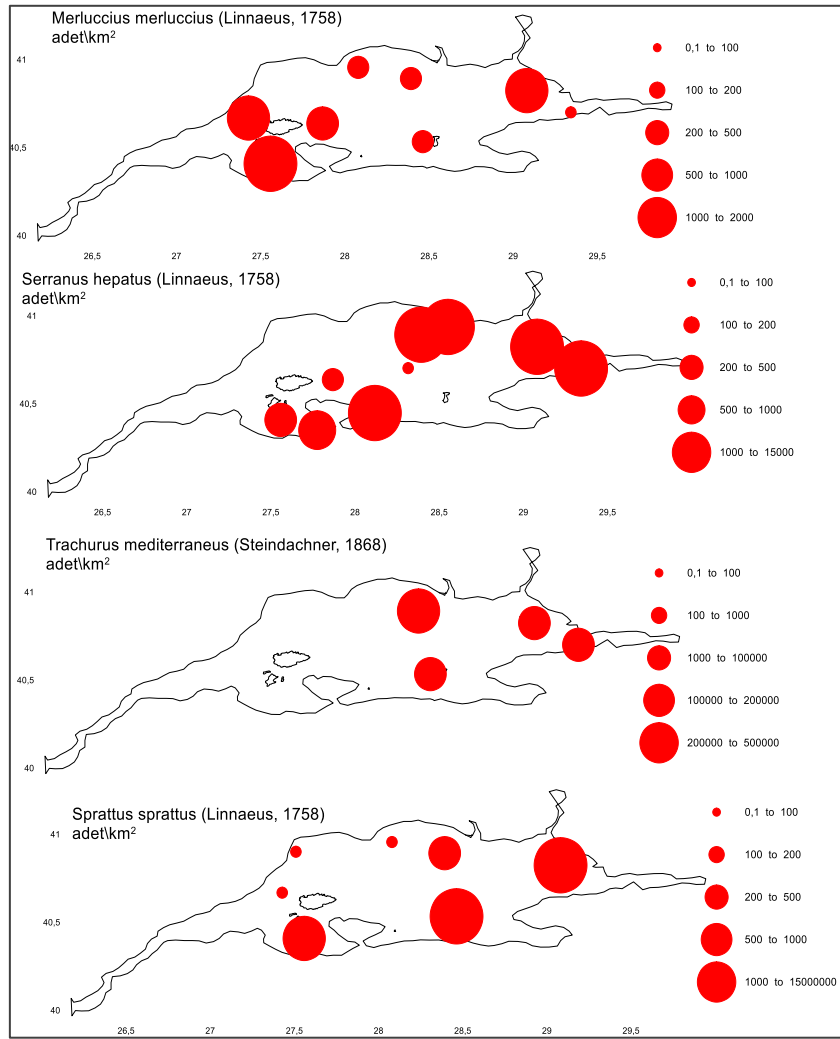
Şekil 33. Yaygın gözlenen bazı kıkırdaklı balık türlerinin Marmara Denizi'ndeki dağılımı (2016)

Marmara Denizi'nde dağılım yapan kemikli balıklardan 4 türün dağılımı ayrı ele alındığında, Ekonomik türlerden *Merluccius merluccius* (berlam) (%0.04 B, % 44 F), *Sprattus sprattus* (çaça) (%5 B, %38 F) un yaygın türler olduğunu ve Marmara Denizi genelinde -hipoksik veya azoik ortamların olduğu İzmit ve Gemlik Körfezlerinin iç kesimleri hariç -dağılımı gözlenmiştir.

Avcılıkta ön sırada olan *Trachurus mediterraneus* (sarı kuyruk istavrit) (%3 B, % 22 F) un yaygın türden seyrek tür kapsamına girdiği gözlenmiş ve genel olarak Marmara'nın kuzey kesiminde dağılım yaptığı tespit edilmiştir. Çaça ise genel olarak Anadolu kıyılarında yoğun dağılım yapmış, Trakya kıyılarında ise oldukça düşük bir dağılım göstermiştir. Önceki dönemlerde görünme frekansı

%90'nın üstünde olan berlamin görünme frekansının %44'e düşmüş olması ve baskınlığının sifira yakın olması Marmara için birinci derecede önemli ekonomik bu tür stoklarının oldukça gerilediğini göstermektedir (Okuş ve ark., 1997). Türün azalan popülasyonunun ise Kuzey ve Güney Marmara Takım Adaları civarında dağılım yapması da önemli diğer bir bulgudur.

Ekonomik bir tür olmamasına rağmen 1990'lı yıllardan itibaren Marmara Denizi genelinde devamlı tür kapsamında olan Hani balıklarının da stoklarında belirgin bir gerileme gözlenmiştir. Yapılan bu araştırmada *Serranus hepatus* (benekli hani) (%0.4 B, % 50 F) 'un hala devamlı tür statüsünde olmasına rağmen baskınlıklarında belirgin gerileme gözlenmiştir (Şekil 34).



Şekil 34. Yaygın gözlenen bazı kemikli balık türlerinin Marmara Denizi'ndeki dağılımı (2016)

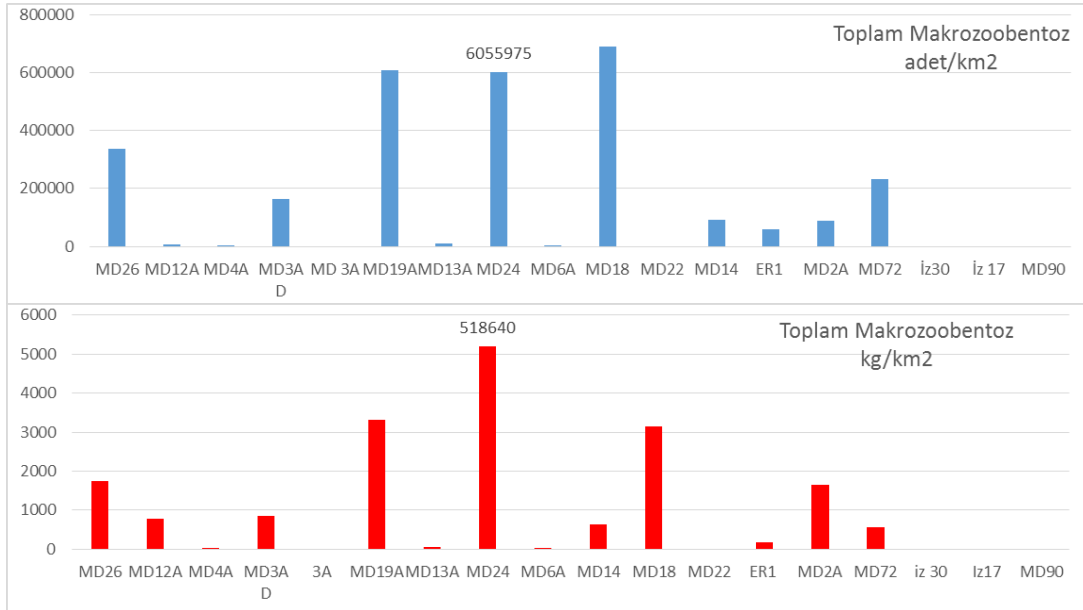
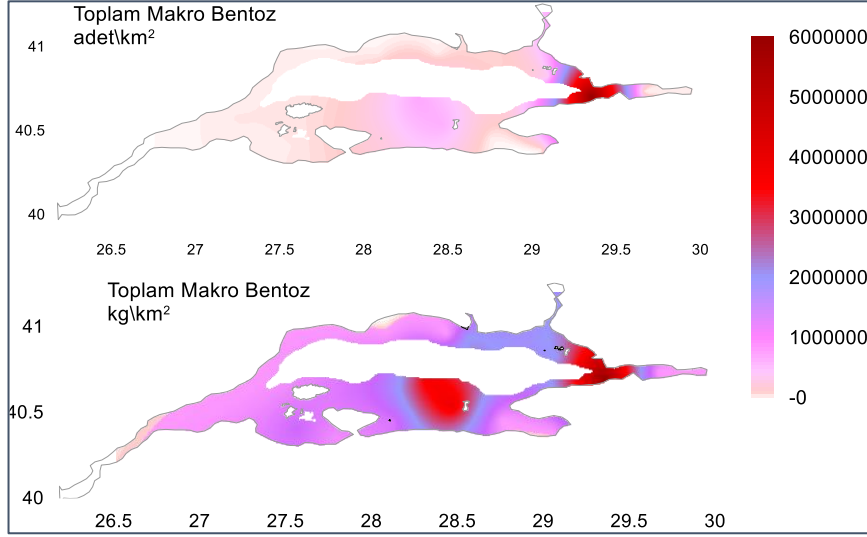
### Makrozoobentik Türlerinin Bolluk ve Biyokütle Dağılımı

Birim alandaki bolluk dağılımına bakıldığında Yalova açıklarında yoğun bir dağılım gözlenmektedir (Şekil 35). Bu

bölgede birim alanda  $6 \times 10^6$  adet/km<sup>2</sup> birey (51 ton/km<sup>2</sup>) mevcuttur. Bolluğun yüksek olduğu ikinci alan ise İmrılı Adası kuzeyinde yer alan MD18'dir (Şekil 35). Biyokütle ve bolluk dağılımındaki bu aşırı

yüksek değerler tek tür baskınlığından kaynaklanmaktadır. Biyokütlenin yoğun olduğu iki alanda hipoksik koşullar

mevcuttur ve her iki alanda da tek tür baskınlığının gözlenmesi habitat tahribatının bir göstergesidir.



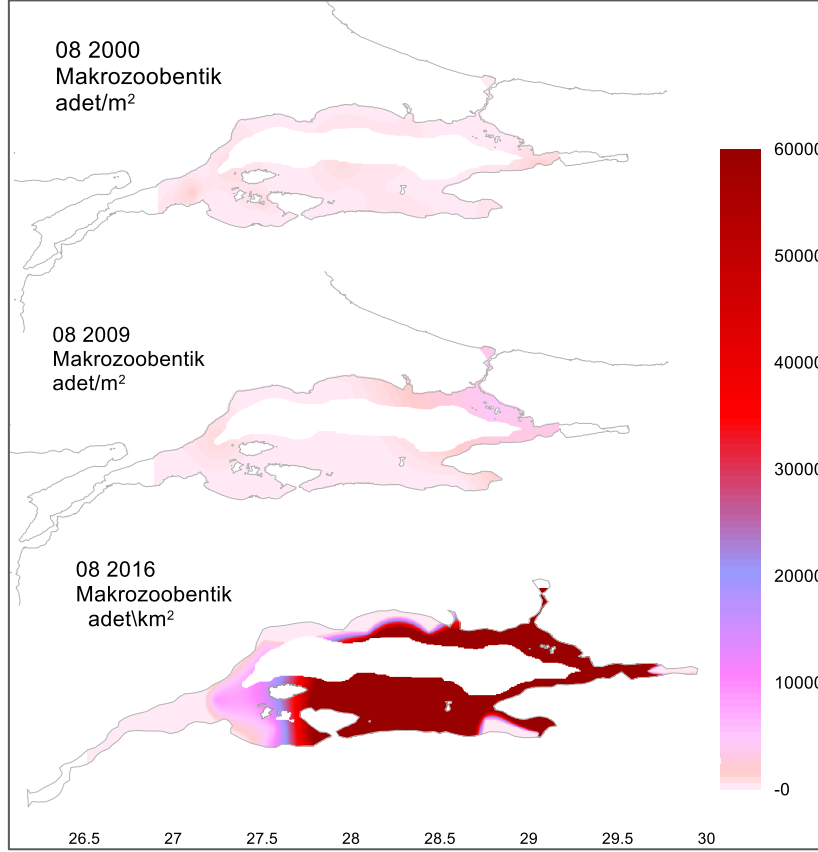
**Şekil 35.** Trol ile elde edilen makrozobentik türlerin dağılımı ve istasyonlara göre bolluk ve biyokütle miktarları (2016)

Marmara Denizi makrozobentik bolluk değişimi uzun dönemli (2000-2016) incelendiğinde, günümüzde belirgin bir

artış gözlenmiştir (Şekil 36). 2000’li yıllarda, birim alandaki bentik tür dağılımı hemen hemen homojenken, oksijenin

yüksek olduğu, Erdek Körfezi'nde ve İzmit Körfezi girişinde birey sayısı nispeten yüksek kaydedilmiştir. 2009 yılında Kuzeydoğu Marmara'da birey sayısında artış başlamıştır. Eş zamanlı yapılan araştırmalarda alt sudaki çözülmüş oksijen

konsantrasyonunda da düşüş başlamıştır. Bu dönemde başlayan tek tür baskınlığı 2016 yılında kuzey ve güney şelfte yaygınlaşmış, özellikle İzmit Körfezi girişinde yoğunluk kazanmıştır (Şekil 36).



Şekil 36. Trol ile elde edilen makrozoobentik tür dağılımının zamana bağlı değişimi

Baskınlık oranı % 63 olan *Brissus unicolor* ve % 9 olan *Spatangus purpureus* (her iki tür de deniz kirpisi olarak bilinir) türlerinin dağılım alanlarının çözülmüş oksijenin düşük olduğu derin bölgelerde olduğu gözlenmiştir. Bu alanlar hipoksik koşulların son zamanlarda arttığı kuzey doğu çanağı etrafında yer alan istasyonlardır. Bu sahalarda aynı zamanda karides avcılığında dolayı, deniz tabanı yoğun tahribat görmüş alanlardır. Geçmiş yıllarda herhangi bir deniz kirpisi dağılımı gözlenmeyen MD18 ve MD14 istasyonlarında ilk kez bu sene yüksek

yoğunlukta dağılım gözlenmiştir. Özellikle 200 m derinlik konturunda yer alan MD18 istasyonunda baskın tür *Spatangus purpureus*'tür. Birim alandaki bolluk miktarı 624514 adet/km<sup>2</sup> (3122 kg/km<sup>2</sup>)'dir. Yalova açıklarında 70 m konturunda yer alan MD24 istasyonunda organik kirliliğin ve bozulmuş sistemlerin indikatöre türü *Brissus unicolor* baskınlık göstermiştir (Şekil 37). En büyük habitat tahribatının gözlemlendiği bu istasyonda, su kalitesindeki bozulma tür kompozisyonuna da yansımış ve birim alanda 50 tona yakın bir dağılım göstermiştir. Bu aşırı artış tür

çeşitliliğini de olumsuz yönde etkilemiştir. Deniz kirpisinin baskınlık sağladığı bir diğer istasyon ise MD26 istasyonudur. Genel olarak Kuzey Marmara Takım Adaları civarı 1990'lı yıllardan itibaren türün istilasına uğramış ve tüm araştırmalarda baskın tür olarak karşımıza çıkmıştır. 80-90 m konturunda adalar civarında gerçekleştirilen bu örnekleme döneminde de geçmiş yıllarda olduğu gibi *Spatangus purpureus* türü baskındır (1631 kg/km<sup>2</sup>).



**Şekil 37.** 2016 yaz dönemindeki trol çalışmasında baskın olarak rastlanılan *Brissus unicolor* (deniz kirpisi)

*Genel olarak değerlendirildiğinde; deniz tabanı biyolojik çeşitliliğinin en yüksek olduğu alan Erdek Körfezi'dir. Tür baskınlığının diğer alanlara göre daha dengeli olduğu Erdek Körfezi, çevresel baskıların en az olduğu alandır. Fakat bu alanda da ekonomik demersal balık popülasyonu son derece azalmıştır. Şehirleşme baskısının olduğu ve hipoksik koşulların olduğu İzmit Körfezi ve Gemlik Körfezi'nde ise her hangi bir tür dağılımına rastlanmamıştır.*

*Kuzey şelfinde balıkçılık tahribatının yanı sıra kontrol edilemeyen derin deşarj etkisi dip su kalitesinin bozulmasına dolayısı ile habitat kaybına sebep olmuştur. Özellikle Mimaroba çevresinde (6 SYB ve açığında),*

*50-80 m derinlik konturunda önemli habitat tahribatı gözlenmiştir. Marmara Denizi'nin güney şelfinde de balıkçılığa ve oksijensizliğe bağlı habitat tahribatı gözlenmiştir. Özellikle MD18'deki önemli popülasyon ve tür çeşitliliği kaybının sadece balıkçılık baskısından değil doğu basandeki (Çınarcık Çukuru) oksijensizleşmeden de kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Güney ve kuzey şelfinde bozulan alanlarda tek tür baskınlığı gözlenmiştir. Bu seviyenin daha da ilerlemesi durumunda Mimaroba veya körfez içlerinde gözlenen azoik ortam koşullarına dönüşme olasılığı yüksektir. Bundan dolayı biyoçeşitlilik sık aralıklarla izlenmeli ve kayıpların nedenleri ve çözüm yollarına odaklanılmalıdır.*

### **3.5 Kirleticiler (T8, T9)**

AB mevzuatında kontaminantlar "toksik (zehirlilik özelliği gösteren)", kalıcı ve biyolojik birikim yapma özelliklerine sahip maddeler (kimyasal element ve bileşikler) ve madde grupları olarak tanımlanır (SÇD(2000/60/EC), 2.madde (29)). Bu tanım, Barselona, OSPAR ve HELCOM sözleşmelerindeki "zararlı maddeler"

tanımı ile benzerdir. İnsan aktiviteleri, kimyasal kontaminantların karışması yoluyla da, deniz sularının durumunu bozacak ve işleyişine ciddi zararlar verecek şekilde, deniz ortamını etkiler. Partikül maddeye yapışmış kontaminantlar, su kolonundan çökerek sedimanda depolanır. Doğal veya fiziksel olaylara

bağlı olarak resüspansyon yoluyla parçacıklarla beslenen canlılar için kontaminasyon kaynağı olarak davranır ya da desorpsiyon yoluyla tekrar su fazına geçer. Belirli bir seviyenin üzerindeki

kontaminasyon biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi olumsuz sonuçlara yol açar.

*Değerlendirmelerde kullanılan kirletici göstergeleri:*

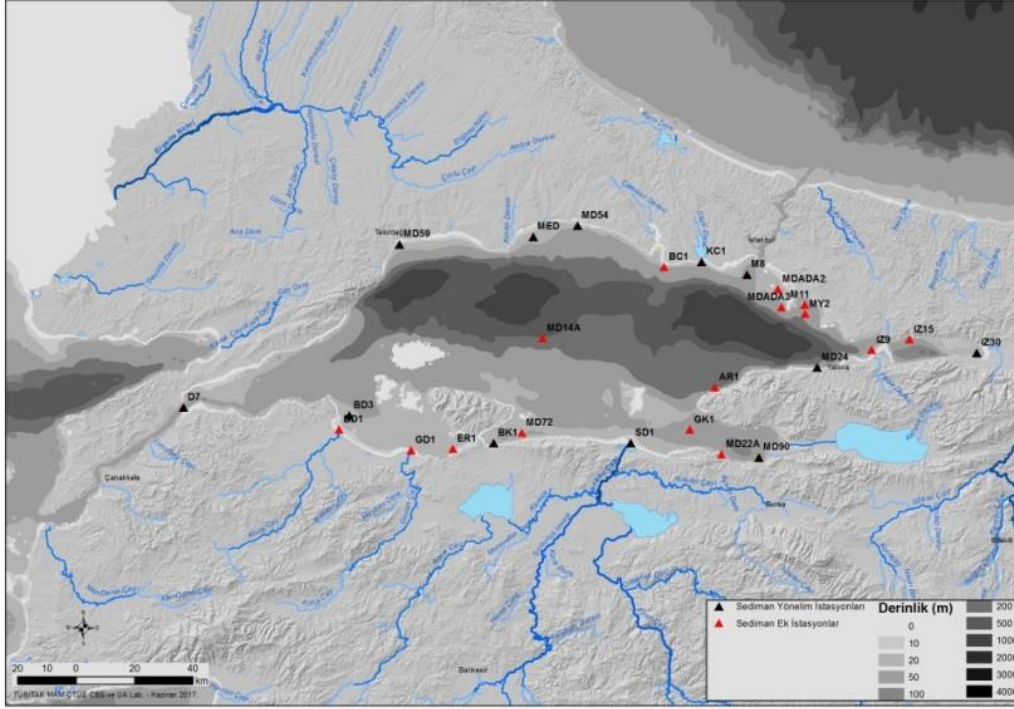
- Su kolonu, sediman ve biyotada belirli kirleticilerin konsantrasyonları (IMAP/EO9: CI 17 & DSÇD/T8.1.1) ve seviyelerindeki zamansal değişimler
- Balık ve diğer deniz ürünlerindeki kirleticilerin seviyeleri ve yönetmeliklerdeki maksimum uyum seviyelerin aşılma durumu (IMAP/E9: CI 17,20 & DSÇD/T9.1.1, 9.1.2)

### 3.5.1 Sedimanda Kirleticiler (T8)

Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) kapsamında denizlerin iyi çevresel duruma ulaşması değerlendirilirken, tanımlayıcılardan biri (T8) olan kirleticiler için düzeye ve eğilim kriterlerine bağlı olarak suda, sedimanda ve biyotadaki konsantrasyonlarının “kirlilik etkileri yaratmayacak düzeyde olması” istenir. Genel olarak kirleticilerin etkileri ile ilgili değerlendirmeler düşük ve orta etki (ERL ve ERM) değerleri ile veya AB ÇKS değerleri ile karşılaştırılarak değerlendirilir. Ayrıca sedimanda Alüminyuma göre normalize edilmiş metal derişimlerinin, referansa göre (şeyl

ortalaması) değerlendirmeleri yapılmaktadır (zenginleşme faktörü: ZF).

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi kapsamında 2014-2016 yılları arasında 3 yıl boyunca yaz döneminde Marmara Denizi'nde 12 istasyonda yüzey sedimanda yönelim analiz çalışması yapılmıştır. 2016 yılında yönelim analizi yapılan istasyonlara ek olarak 15 ek istasyonda (toplam 27 istasyon) sediman kirliliğinin alansal yayılımı da çalışılmıştır. İstasyon konumlarının yer aldığı harita Şekil 38 'de yer almaktadır. Sediman matriksinde çalışılan kirletici grupları Tablo 9'da sunulmuştur.



Şekil 38. Marmara Denizi sediman istasyon haritası (2014-2016)

Tablo 9. Sediman matrisinde analiz edilen kirleticiler grupları

Tip	Kirleticiler Grup	Spesifik 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 (PCBs)	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

### Organik Kirleticiler

Marmara Denizi'nde ölçümü yapılan tüm yüzey sedimanlarında poliklorlu bifenillerin (PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 ve PCB180 (ICES-7) toplamı genel olarak ERL<sup>2</sup> değerinin (11,50 ng/g) altında bulunmuştur. Sadece İzmit Körfezi'nde

bulunan İZ-30 (13,90; 19,33; 23,69 ng/g kuru ağırlık) ve İZ-15 nolu istasyonlarda (16,12 ng/g kuru ağırlık) ERL değerinin (11,50 ng/g kuru ağırlık) üstünde toplam PCB değerine ulaşılmıştır (Şekil 39).

Marmara Denizi'nde neredeyse tüm istasyonlarda (MED istasyonu hariç; 0,376 ng/g kuru ağırlık) DDT ve türevleri için ekosisteme etki sınırının değerlerinin üstünde bulunmuştur. Marmara Denizi'nde; en yüksek DDT ve türevlerine

<sup>2</sup> ERL; ERM: Effects Ranges Low; Effect Range Medium (Long & Morgan, 1990; Long ve ark., 1995)

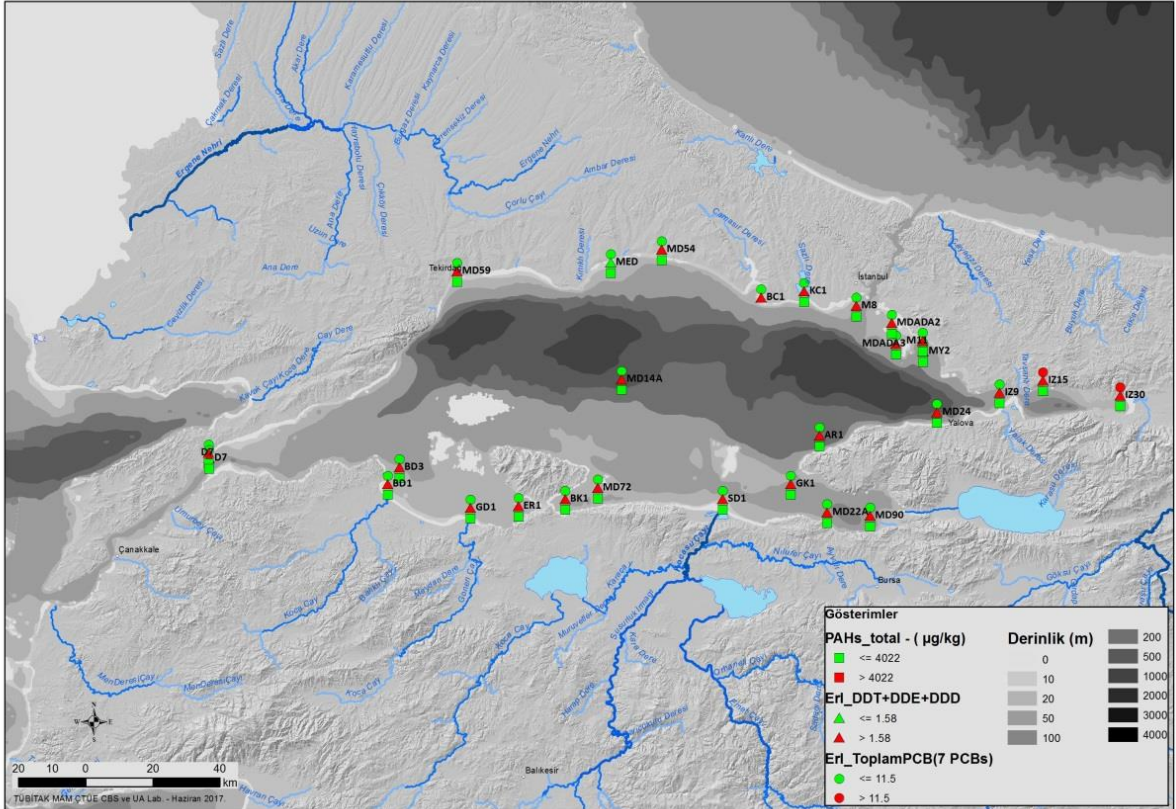


İstanbul Boğazı Marmara Denizi girişinde bulunan M8, İzmit Körfezi'nde İZ30, Gemlik Körfezi'nde bulunan MD22A, MD90 ve Küçükçekmece KC1 nolu istasyonlarda gözlenmiştir (Şekil 39).

Dieldrin değerlerine bakıldığında, Küçükçekmece (KC1), İzmit Körfezi (İZ30 ve İZ15), İstanbul Boğazı Marmara Denizi girişi (M8), Susurluk çayı girişi (SD1) ve Bandırma da (BK1) ekosisteme etki açısından etki sınırının üstünde değerler elde edilmiştir. Diğer organoklorlu bileşikler (HCB, a-BHC, b-BHC, d-BHC lindane, heptachlor, aldrin, endrin) dedeksiyon limitinin altında veya çok düşük değerlerde ölçülmüştür.

16 PAH bileşeninin toplamına bakıldığında İstanbul Boğaz çıkışı (M8), Yalova (MD24), Küçükçekmece (KC1), Bandırma Körfezi (BK1), MDADA2, İZ30 ve İZ15 nolu istasyonların diğer istasyonlara göre

yüksek derişimlerde olduğu tespit edilmiştir. M8 nolu istasyonda (İstanbul Boğaz çıkışı), Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Dibenzo(ah) anthracene; MD24 nolu istasyonun (Yalova) replikelerinin birinde ise, Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, bileşenleri ERL üstünde olduğu görülmektedir. Acenaphthene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene bileşenleri toksik etkiye sahip olup kanserojen özellikte değildir. Ancak M8 istasyonunda ekosisteme etki açısından etki sınırının üstünde ölçülen Dibenzo(ah) anthracene bileşeni kanserojen özelliktedir. Marmara Denizi'nde sediman örnekleme yapılan diğer istasyonlarda elde edilen 16 PAH bileşeninin toplamı ise ekosisteme etki sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 39).



Şekil 39. Marmara Denizi sediman istasyonlarında organik kirletici bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016)

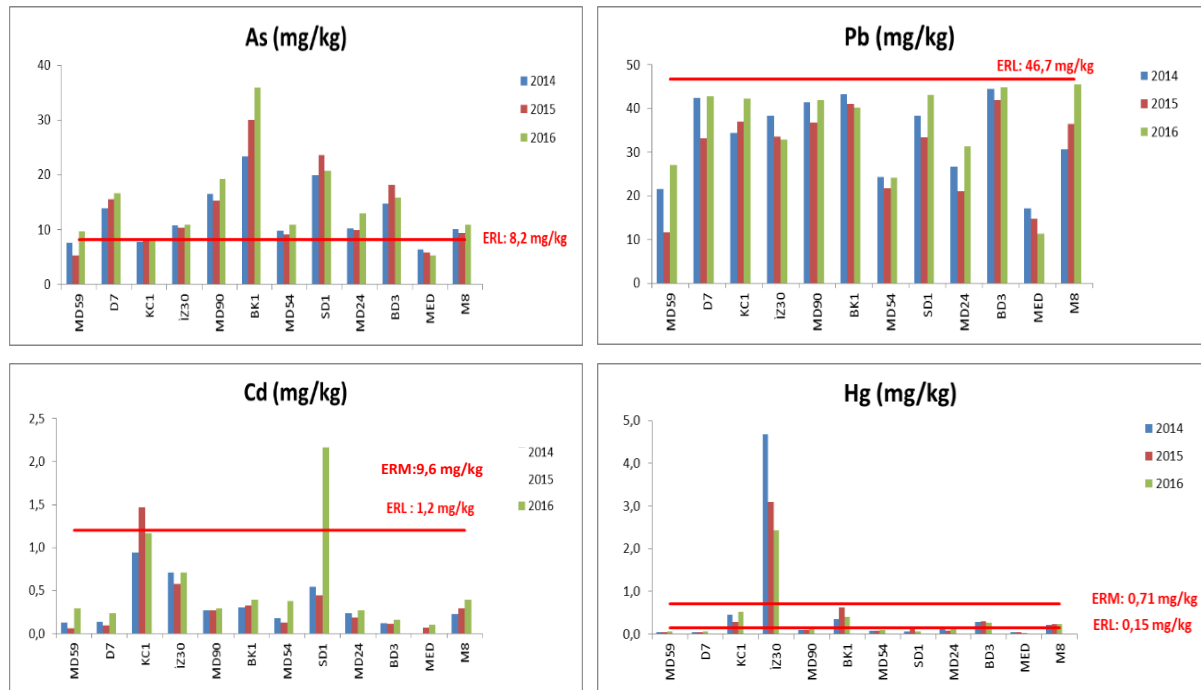
## Metal Kirleticiler

Marmara Denizi sediman örneklerinin metal içeriklerinin referansa (ZF) ve ekosisteme etki sınır değerlerine (ERL-ERM değerleri) göre durumunu yansıtan dağılım haritaları Şekil 40, Şekil 41 ve Şekil 42’de yer almaktadır.

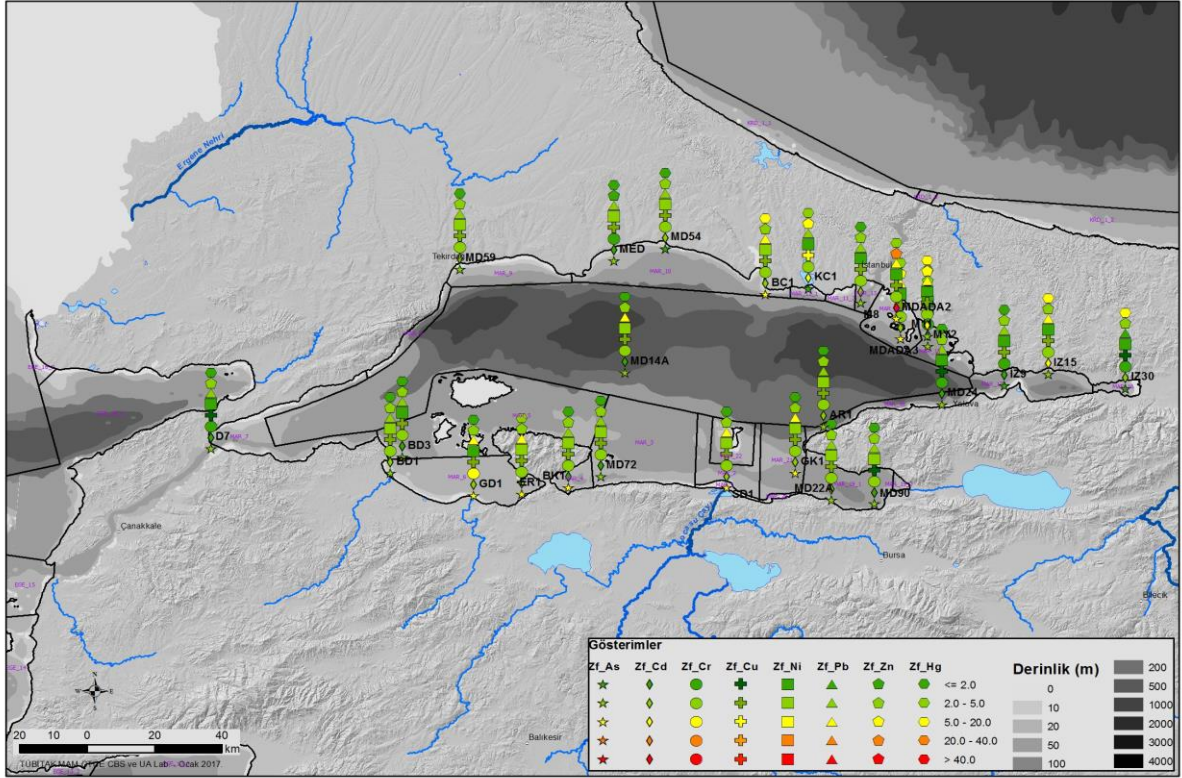
ERL üzerindeki metallerin en çok kuzey Marmara’da; Küçük Çekmece (Cıva, Çinko, Nikel, Bakır, Krom, Kadmiyum, Arsenik) ve İstanbul Boğazı-Marmara kesişim bölgesi (Cıva, Nikel, Bakır, Krom, Kurşun, Arsenik) ve Silivri’de (Arsenik, Kadmiyum, Krom, Bakır, Kurşun, Çinko, Cıva), güney Marmara’da ise; Bandırma Körfezi (Cıva, Nikel, Bakır, Krom ve Arsenik), Susurluk Deresi Ağzı (Çinko, Nikel, Bakır, Krom ve Arsenik), Yalova

(Arsenik, Kadmiyum, Bakır, Nikel), İzmit İç körfezde (Cıva, Çinko, Nikel, Bakır ve Arsenik) yoğunlaştığı söylenebilir.

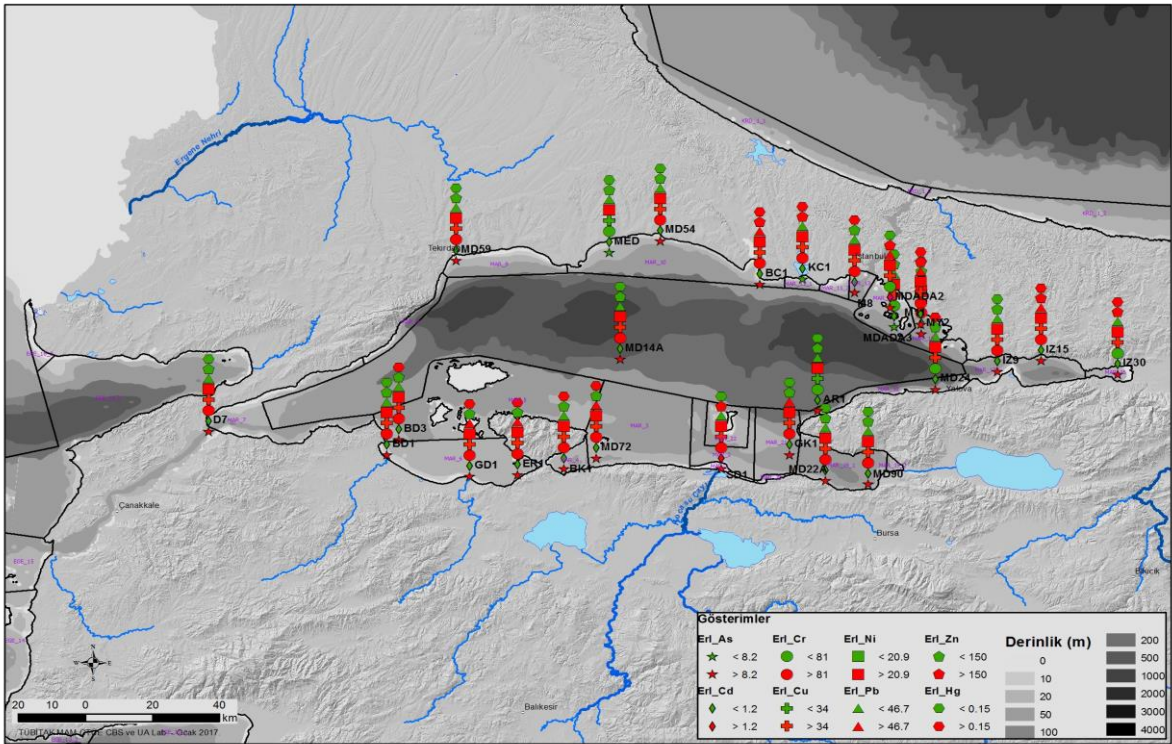
Genel olarak, sediman istasyonlarının As değerlerinin ERL değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Bandırma Körfezi (BK1), Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi arasında (BD3 ve BD1) zenginleşme olduğu görülmektedir (Küçükçekmece (KC1), Bandırma Körfezi (BK1) ve İzmit iç körfez’de (İZ30) cıva (Hg) parametresi ERL’nin üzerinde olup, özellikle İZ30 istasyonunda yüksek Hg zenginleşmesi tespit edilmiştir. Genelde, Pb değerlerinin ERL değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, BK1, BD3 ve SD1 istasyonlarında zenginleşme olduğu görülmektedir (Şekil 40, Şekil 41 ve Şekil 42).



Şekil 40. Marmara Denizi sediman yönelim istasyonlarında metallerin yıllara göre değişimi (2014-2016).



Şekil 41. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ZF değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016)



Şekil 42. Marmara Denizi sediman istasyonlarında metal bulgularının ERL değerlendirmesi ile kalite sınıflandırması (2016)

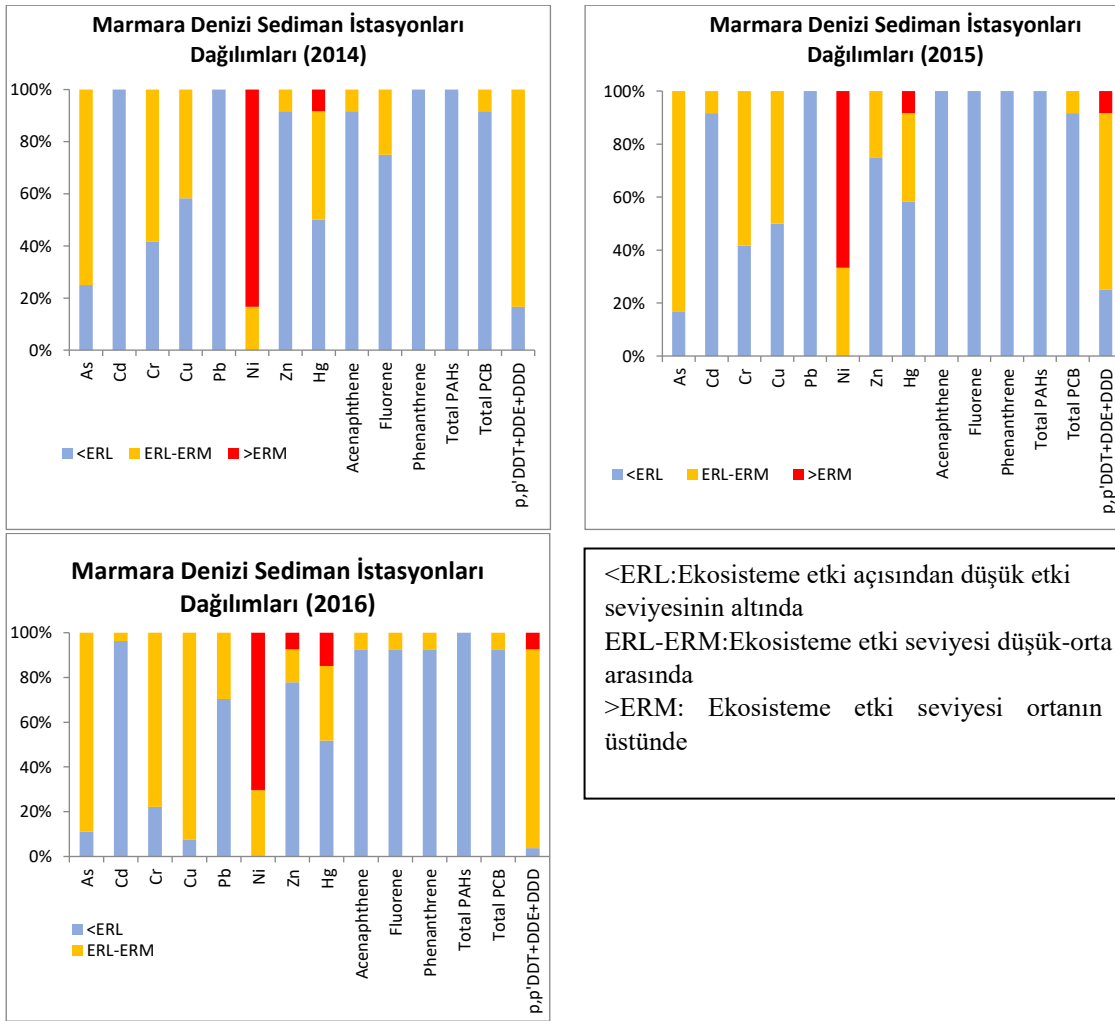
## Genel değerlendirme

Şekil 43’de sedimanda ölçülen tüm kirletici parametrelerin, ERL ve ERM sınır değerlerine göre durumu, istasyon sayısına göre (% olarak) sunulmuştur. 2014-2015 yıllarında 12 istasyon, 2016 yılında ise alansal yayılımı görmek için toplam 27 istasyon bu değerlendirmeye alınmıştır.

Buna göre DDT ve türevleri toplamının Marmara Denizi’ndeki sediman istasyonlarının yaklaşık %95’inde ERL üzerinde tespit edildiği görülmektedir.

Nikel’in tamamında, Arsenik ve Bakır’ın ise 2016 yılında % 90 civarında ERL üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Toplam PCB, 2 istasyonda (% 7,4) ERL üzerinde olup ve bununda İzmit Körfezi’nde bulunan istasyonlarda olduğu belirlenmiştir.

Bunun yanısıra, önemli kirletici metallere kabul edilen (MED POL, BSIMAP) Pb, Cd, Zn genel olarak ERL seviyesinin altında bulunmuştur. Bu gruba giren Hg ise %50 seviyesinde ERL’nin üzerindedir.

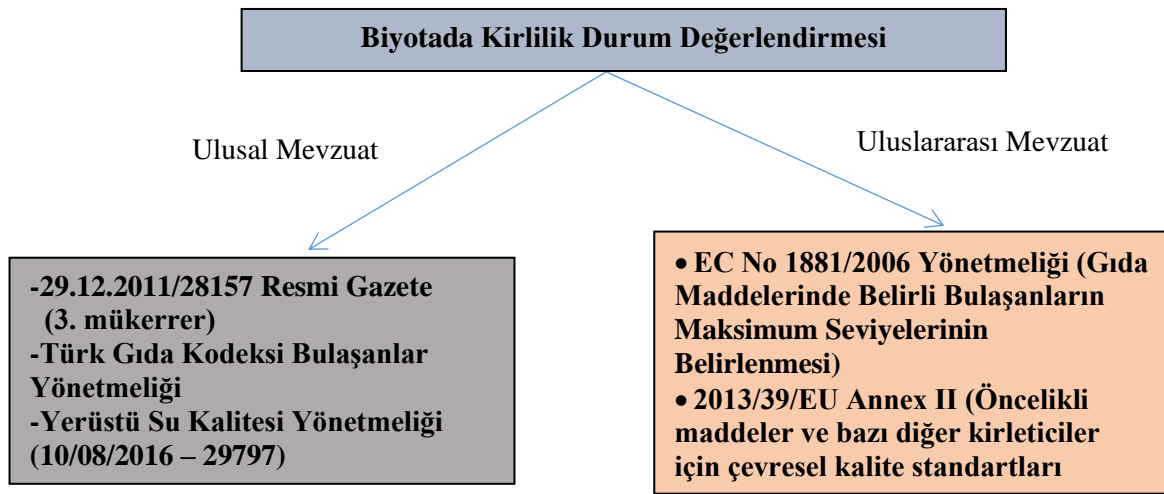


**Şekil 43.** Marmara Denizi sediman istasyonlarında kirletici içeriklerinin ERL/ERM ‘ye göre % dağılımları (2014-2016)

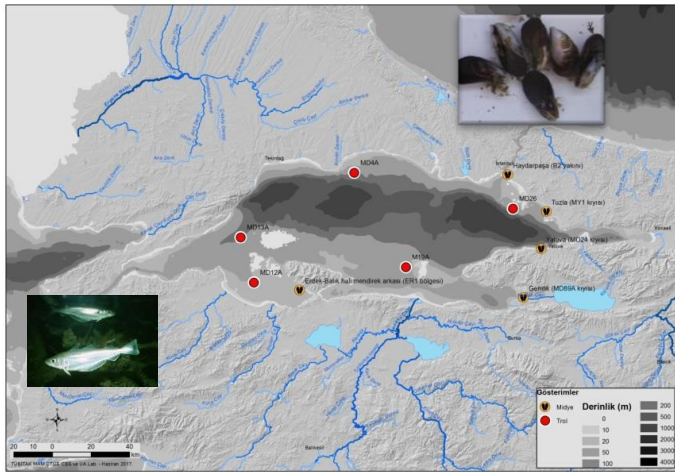
### 3.5.2 Biyotada Kirleticiler (T9, T8)

DSÇD İÇD tanımlayıcılarından olan T9 'a göre, insani tüketim amaçlı deniz ürünlerindeki kirleticici miktarı, ulusal mevzuatta verilen ve uluslararası standartlarda belirlenen sınırların üzerinde olamaz. DSÇD T8 tanımlayıcısında ise biyotadaki kirleticici konsantrasyonlarının "kirlilik etkileri yaratmayacak düzeyde olması" istenir. Bu nedenle biyotada

kirlilik durum değerlendirmesi her iki tanımlatıcı için yapılmıştır (Şekil 44). 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.



Şekil 44. Biyotada kirleticici durum değerlendirmesine dair mevzuat



Şekil 45. Marmara Denizi biyota örnekleme istasyonları

2014-2016 yıllarında Marmara Denizi'nde, Haydarpaşa, Tuzla, Yalova, Gemlik ve Erdek kıyı alanlarında midyede (*M. galloprovincialis*) kirleticiler çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 45).

2016 yılında midye çalışmasına ek olarak, 6 farklı alanda (Adalar bölgesi, Bursa, Tekirdağ-Marmara Adası arası, Karabiga-Erdek Körfezi ve MD4A (açık deniz)) trol çalışması ile toplanan balık (berlam, istavrit, mezgit) ve karides örneklerinde çalışılmıştır (Şekil 45).

Tüm biyota numuneleri aynı boy grubunda 3 replike olacak şekilde kompozit olarak hazırlanmıştır.

## **Biyotada metal kirliliği**

Marmara Denizi biyota örneklerinin (berlam, istavrit, mezigit, karides ve midye) tamamındaki metal içerikleri Cd, Pb ve Hg açısından Türk Gıda Kodeksi'nde yer alan sınır değerlerin altında kalmıştır (Tablo 10).

Ancak balık ve karides 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.

2016 yılında Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalarda en yüksek arsenik konsantrasyonuna karides örneklerinde rastlanmaktadır. Ancak, bu yüksek arsenik içeriğinin büyük oranda karideslerdeki zararsız organik arsenik bileşiklerinden kaynaklanabileceği de (Francesconi ve Edmonds, 1997) bilinmelidir.

Birçok deniz canlısında arsenik yüksek oranda arsenobetain ( $\text{Me}_3\text{As}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$ ) formunda bulunur. Arsenobetain toksik olmayan organik arsenik bileşiğidir ve insan vücudunda metabolize olmadan idrar ile dışarı atılmaktadır.

**Tablo 10.** 2016 yılı Marmara Denizi biyota örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması

<b>Balık Türleri</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Hg</b>
Adalar Bölgesi Berlam	5,79	0,002	0,22	0,14	3,22	0,29
Adalar Bölgesi İstavrit*	7,29	0,010	0,10	0,19	5,32	0,25
Bursa Bayramdere Mezigit	4,73	0,008	0,11	0,18	5,49	0,04
Berlam	4,93	0,002	0,21	0,14	4,12	0,25
Tekirdağ-Marmara Adası Berlam	14,2	0,005	0,10	0,17	3,29	0,32
Karabiga-Adalar-Erdek Körfezi Berlam	3,29	0,005	0,14	0,28	3,61	0,11
<b>Marmara Denizi Balıkları ortalama</b>	<b>12,3</b>	<b>0,006</b>	<b>0,15</b>	<b>0,19</b>	<b>6,36</b>	<b>0,16</b>
<b>Türk Gıda Kodeksi AB 1881/2006</b>		<b>0,05 (*0,1)</b>		<b>0,3</b>		<b>0,5</b>
<b>AB ÖK direktifi* (2013/39/EU-Ek1)</b>						<b>0,02</b>
<b>Kabuklu ve Yumuşakçalar</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Hg</b>
MD4A Karides	21,4	0,005	0,14	0,15	10,8	0,05
Tekirdağ-Marmara Adası Karides	25,3	0,007	0,18	0,24	10,6	0,10
MD18A Karides	24,2	0,008	0,20	0,18	10,8	0,06
<b>Marmara Denizi Karides ortalama</b>	<b>23,6</b>	<b>0,007</b>	<b>0,17</b>	<b>0,19</b>	<b>10,7</b>	<b>0,07</b>
Haydarpaşa Midye*	2,23	0,274	0,26	0,31	47,2	0,01
Tuzla Midye*	1,67	0,301	0,84	0,31	47,6	0,01
Yalova Midye*	1,86	0,179	0,20	0,26	50,3	0,02
Gemlik Midye*	2,10	0,177	0,52	0,30	45,6	0,01
Erdek Midye*	2,21	0,302	0,36	0,43	67,6	0,01
<b>Marmara Denizi Midye ortalama</b>	<b>2,01</b>	<b>0,247</b>	<b>0,43</b>	<b>0,32</b>	<b>51,6</b>	<b>0,01</b>
<b>Türk Gıda Kodeksi AB 1881/2006</b>		<b>0,5 (* 1)</b>		<b>0,5 (*1,5)</b>		<b>0,5</b>
<b>AB direktifi* (2013/39/EU-Ek1)</b>						<b>0,02</b>

2014-2016 döneminde her yıl çalışılan midye (*M. galloprovincialis*) örneklerindeki metal seviyeleri Tablo 11’de verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi ve 2013/39/EU Direktif değerlerini aşan değerlere midyede her 3 dönemde de rastlanmamıştır. Bu çalışmanın asıl amacı ise kirletici seviyelerinin organizmada

zamana karşı değişimini ve yönelimi bulabilmektir. Üç yıllık veri seti bu değerlendirme için yeterli olmamakla birlikte metallerin bu dönemde istasyonlarda – birkaç soru işaretli değer dışında- birbirine yakın değerler gösterdiği söylenebilir.

**Tablo 11.** 2014-2016 yılları arasında Marmara Denizi’nde *Mytilus galloprovincialis* örneklerinde ölçülen metallerin sınır değerlerle karşılaştırılması

<i>Mytilus galloprovincialis</i> (yaş ağırlık mg/kg)	Yıllar	As	Cd	Cr	Pb	Zn	Hg
Haydarpaşa	2014	1,52	0,139	0,882	0,257	45,0	0,014
	2015	2,18	0,380	0,270	0,269	49,6	0,016
	2016	2,23	0,274	0,257	0,307	47,2	0,015
Tuzla	2014	1,71	0,217	4,526 <sup>?</sup>	0,465	60,1	0,004
	2015	1,53	0,211	0,153	0,167	34,7	0,009
	2016	1,67	0,301	0,844	0,309	47,6	0,009
Yalova	2015	1,31	0,139	0,177	0,113	31,1	0,007
	2016	1,86	0,179	0,198	0,264	50,3	0,016
Gemlik	2014	1,57	0,157	0,286	0,266	95,5 <sup>?</sup>	0,007
	2015	1,50	0,134	0,086	0,131	38,4	0,008
	2016	2,10	0,177	0,517	0,301	45,6	0,014
Erdek	2014	2,34	0,278	0,281	0,175	41,4	0,006
	2015	1,59	0,207	0,105	0,107	30,5	0,007
	2016	2,21	0,302	0,363	0,428	67,6 <sup>?</sup>	0,009
Beykoz	2014	2,34	0,400	0,526	0,454	72,7	0,011
<b>Türk Gıda Kodeksi</b>			1		1,5		0,5
<b>AB direktifi*</b>							0,02

### **Biyotada organik kirleticiler**

Benzo (a) piren ve fluoranthene gibi PAH bileşikleri AB direktifinde (2013/39 / AB) öncelikli madde olarak ilan edilir. Ayrıca Türk Gıda Kodeksinde (TGK) maksimum limit olarak belirtilen benzo(a)pyrene, kanserojenik PAH oluşumunda ve etkisinde bir marker olarak kullanılır.

Benzo(a)pyrene (5 µg/kg ya) ve fluoranthene içeriği (30 µg/kg ya), 2013/39 /AB sayılı direktifte verilen EQSbiota değerlerinin ve TGK sınır değerinin (benzo(a)pyrene; (balık eti için 2 µg/kg ya, kabuklular için ise 5 µg/kg ya, çift kabuklu yumuşakçalarda 10 µg/kg ya) altında bulunmuştur.

Yenilebilir dokulardaki 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. İstasyonlar arasında en yüksek toplam PCB değerleri Adalar bölgesinde berlam balığında ölçülmüştür (ortalama 30,34 µg/kg ya).

2016 yılında proje kapsamında, midye de ölçülen PCB bileşiklerinin konsantrasyonu 2,00-4,74 ng/g yaş ağırlık, balıkta (berlam ve istavrit) 5,37-31,05 ng/g yaş ağırlık, karideste ise 2,42-2,64 ng/g yaş ağırlık arasında değişim göstermektedir. İzmit Körfezi'nden aylık olarak 1 yıl süreyle yakalanan balıklarda yapılan PCB bileşiklerinin (ICES-7) toplam konsantrasyon aralığı 2,02-39,69 ng/g yaş ağırlık olarak tespit edilmiştir. Aylık değişimin gözlemlendiği bu ölçümlerde en düşük konsantrasyon Şubat ayında ölçülmüşken en yüksek konsantrasyon Aralık ayında ölçülmüştür (Çelik Çalıroğulları ve Seçer, 2010).

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. Proje kapsamında Marmara Denizi'nde trolle örneklenen balık (berlam,

istavrit) ve karides örnekleriyle, kıyıda 5 istasyonda toplanan midyede (*Mytilus galloprovincialis*), yapılan ölçümlerde de DDT ve türevlerine rastlanmıştır.

Çelik Çalıroğulları ve Seçer, (2010)'in İzmit Körfezi'nde Mezgit balığında aylık olarak yapmış olduğu çalışmada DDT ve türevlerinin ölçüm sınırları üzerinde 1,08-66,73 ng/g yaş ağırlık olduğu tespit edilmiştir. Proje kapsamında yapılan çalışmada ise, Marmara Denizi'nde DDT ve türevlerinin midye'de (*Mytilus galloprovincialis*) konsantrasyon değişimi 1,96-22,56 ng/g yaş ağırlık, balık'ta (berlam, istavrit) 5,37-59,90 ng/g yaş ağırlık, karides'te 0,07-0,12 ng/g yaş ağırlık olarak tespit edilmiştir.

Üç yıl boyunca midye'de ölçülen DDT ve türevleri toplamı ise, 2014 yılında ösa-246,13 ng/g kuru ağırlık, 2015 yılında 17,35-93,94 ng/g kuru ağırlık, 2016 yılında ise 13,65-91,14 ng/g kuru ağırlık ölçülmüştür.

Diğer organoklorlu pestisitler (a-BHC, b-BHC, d-BHC, heptaklor, lindane ve aldrin) ise, genel olarak ölçüm sınırının altında tespit edilmiştir.

### 3.6 Deniz Çöpleri (T10)

Deniz ortamında biriken farklı boyut (makro, mikro) ve sınıflardaki (plastik, cam, vd.) çöplerin deniz doğal yaşamını olumsuz yönde etkilediği bilinmekte ve sahillerden başlayarak ciddi bir sorun haline geldiği kabul edilmektedir. Çöplerin özellikle mikro partikül olarak varlıkları ve bunların etkileri ise yeni yeni anlaşılmaya başlamış olup bu konudaki çalışmalar

küresel ölçekte oldukça sınırlıdır. Bu bileşen, DSÇD ve UNEP/MAP IMAP kapsamında da ele alınmaktadır. Deniz çöpleri, DBKİ Projesi ile pilot ölçeklerde çalışılmıştır. Mikro plastikler 2014-2016 dönemlerinde farklı matrislerde (deniz suyu, sediman ve balık midesi) çalışılmıştır. Makro çöpler ise 2016 yılında deniz tabanında çalışılmıştır.



*Değerlendirmelerde kullanılan deniz çöpleri göstergeleri:*

- Su kolonundaki (yüzeyde sürüklenenler de dahil) ve deniz tabanında biriken çöplerin miktar yönelimleri, içerik analizleri, bölgesel dağılımı (IMAP/EO10, CI 23 & DŞÇD/T10.1.2)
- Mikropartiküllerin (özellikle mikroplastiklerin) miktar, dağılım ve mümkünse içerik yönelimleri (IMAP/EO10, CI 23 & DŞÇD/T10.1.3)
- Deniz hayvanları tarafından sindirilen çöplerin miktar ve içerik trendleri (örn., mide analizleri) (IMAP/EO10, CI 24 & DŞÇD/T10.2.1)

### 3.6.1 Mikroplastik

Marmara Denizi 'nde mikroplastik seviye tespit çalışmaları pilot ölçekli olarak 3 istasyonda 3 yıl süre ile yaz dönemlerinde yapılmıştır. 2014 yılı çalışmaları metot çalışmalarına ayrılmış ve bu bileşene katkı sağlayan üç kurum arasında işbirlikleri artırılarak ortak çalışmalar yürütülmüştür. 2014 yılındaki çalışmalar genelde metot üzerinde ve kurumlar arası işbirliği ve tecrübeyi geliştirme yönünde olmuştur. Bu nedenlerle, bu raporda sadece 2015 ve 2016 sonuçları karşılaştırılmış ve Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 13'de ise 2016 yılı çalışmalarının detaylı sonuçları sunulmuştur. Böylelikle su ve sedimandaki mikroplastik kompozisyonu ve seviyeler hakkında fikir sahibi olmak mümkündür. Ancak, çalışmaların farklı mevsim ve lokasyonlarda tekrarlanarak veri tabanının genişletilmesi gereklidir. Bu konuda hem

denizlerimizde hem de dünya denizlerindeki çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte verdiği hasarlar konusundaki çalışmalar oldukça çeşitlenmiş ve mikroplastiklerin tüm canlı yaşamı için tehdit unsuru olduğu inancı yaygınlaşmıştır.

Yüzey suyuna ait mikroplastikler içerisinde en yüksek sayıyı fiber grubuna ait siyah materyal (F6) oluşturmaktadır. Bu grubu takiben sert plastiklerden beyaz (H1) ve siyah materyaller (H12) yüksek çoğunlukta (Şekil 46).

Su kolonunda tespit edilen materyallerin renklere göre dağılımında yine su yüzeyinde olduğu gibi büyük oranda siyah fiberlerin çoğunlukta olduğu dikkat çekmektedir. Bu çoğunluğu, mavi ve kırmızı fiberler takip etmektedir (Şekil 47). Sert plastiklerde ise mavi grup göreceli olarak yoğunluktadır ve bu yoğunluk İZ30 istasyonundan kaynaklanmaktadır.

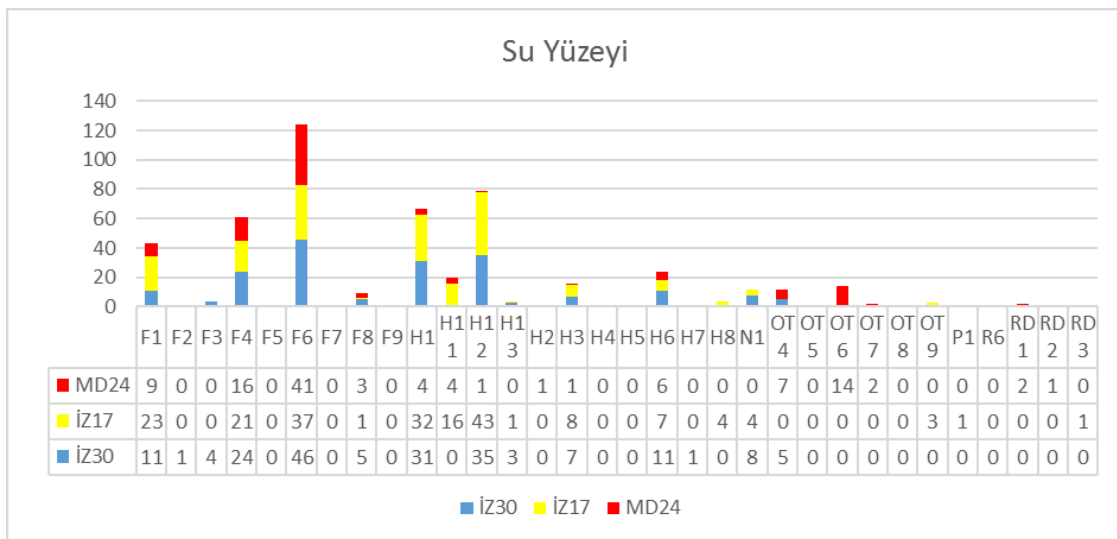
**Tablo 12.** 2015-2016 yılında istasyonlarda tespit edilen mikroplastiklerin özellikleri, sayı ve toplam ağırlıkları

İstasyon	Deniz Yüzeği				Su Kolonu		Sediman	
	Adet/km <sup>2</sup>		Adet/m <sup>3</sup>		Adet/m <sup>3</sup>		Adet/L	
	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015
İZ30	418788	413242	0,94	1,78	17,05	44,84	243	500
İZ17	381060	-	0,92	-	8,62	-	187	-
MD24	407470	352381	0,90	2,17	5,88	-	94	940

Not:2015 yılında İZ17 nolu istasyondan örnekleme yapılmamıştır. 2015 yılında MD24 nolu istasyonda yoğun jelly organizma sebebiyle dikey çekim yapılamamıştır.

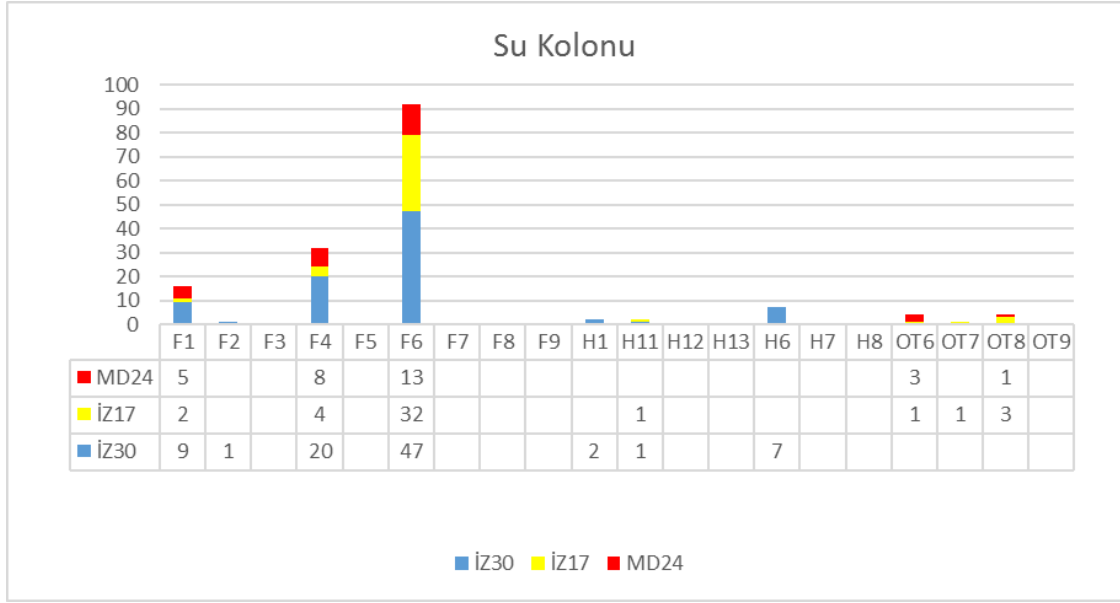
**Tablo 13.** 2016 yılında su ve sedimanda bulunan mikroplastik tür, sayı, ağırlık ve boy dağılımları

		Sayı					Ağırlık	Boy (mm)			
		Fiber	Sert P.	Naylon	Diğer	Top	Toplam (g)	min	max	ort.	SD
<b>Su Yüzeği</b>	<b>adet/ m<sup>3</sup></b>										
İZ30	0.936	91	88	8	35	222	0.0235	0.33	4.86	1.45	0.848
İZ17	0.919	82	111	4	5	202	0.0433	0.35	5.07	2.07	0.944
MD24	0.899	173	17	0	26	216	0.0074	0.35	5.09	1.56	1.031
<b>Su Kolonu</b>	<b>adet/ m<sup>3</sup></b>										
İZ30	17.05	77	10	0	0	87	0.0002	0.33	4.64	1.22	0.864
İZ17	8.621	38	1	0	5	44	0.0004	0.32	4.99	1.37	1.014
MD24	5.878	26	0	0	4	30	0.0002	0.37	2.78	1.13	0.686
<b>Sediman</b>	<b>adet/ L</b>										
İZ30	242.9	14	3	0	0	17	0.00001	0.36	2.46	0.99	0.547
İZ17	186.7	12	2	0	0	14	0.00001	0.13	4.27	0.70	0.926
MD24	93.75	13	2	0	0	15	0.0001	0.40	3.34	1.38	0.766



**Şekil 46.** 2016 yılında su yüzeyinde tespit edilen mikroplastiklerin grup3 ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı

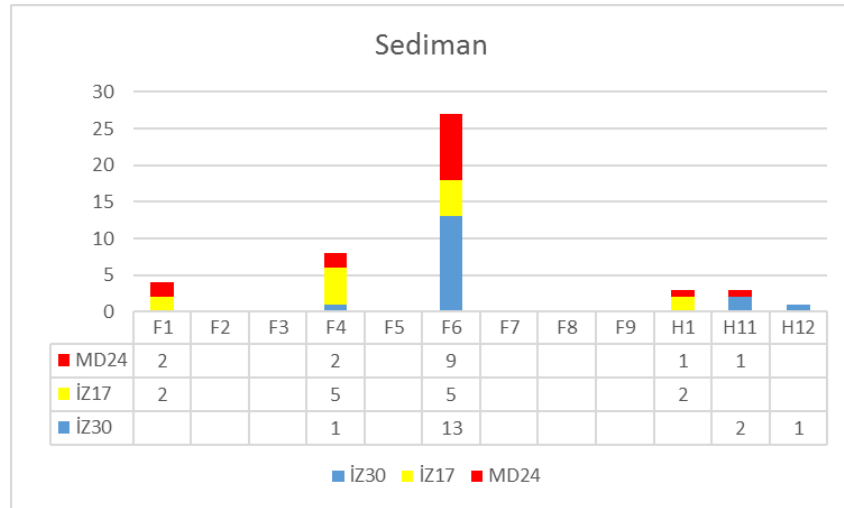
<sup>3</sup> Mikroplastik grup isimlendirmeleri (F1-F9: fiberler; N1-N11: naylonlar; H1-H15: sert plastikler; P1-P5: polistiren; R1-R3: kauçuk; PL1-PL10: pelet; OT1-OT7: diğer. Rakamlar farklı renkleri göstermektedir)



**Şekil 47.** 2016 yılında su kolonunda tespit edilen mikroplastiklerin grup ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı

Sedimanda da sonuç benzerdir, fiberler içinde F6>F4>F1 olup sert plastikler (H1, H11, H12) de tespit edilmiştir (Şekil 48). Çalışma sahası genelinde körfezin iç ve

orta hattında kalan İZ30 ve İZ17 istasyonlarında, körfezin çıkışında yer alan MD24 istasyonuna oranla sert plastikler daha yüksek yoğunlukta bulunmaktadır



**Şekil 48.** 2016 yılında sedimanda tespit edilen mikroplastiklerin grup ve renklere göre istasyonlardaki dağılımı

Genel olarak, çalışma bölgeleri ve değerlendirilen matrislerde tespit edilen plastik partiküller boyutları, türleri, sayıları açısından değerlendirildiğinde önemli farklılıklara rastlanmamıştır.

İstasyonlarda plastik fiber partiküllerinin yoğun olarak gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu durum Browne ve ark. (2011) tarafından belirtilen, sahil bölgesinde oluşan fiber partikül ağırlıklı mikroplastik miktar

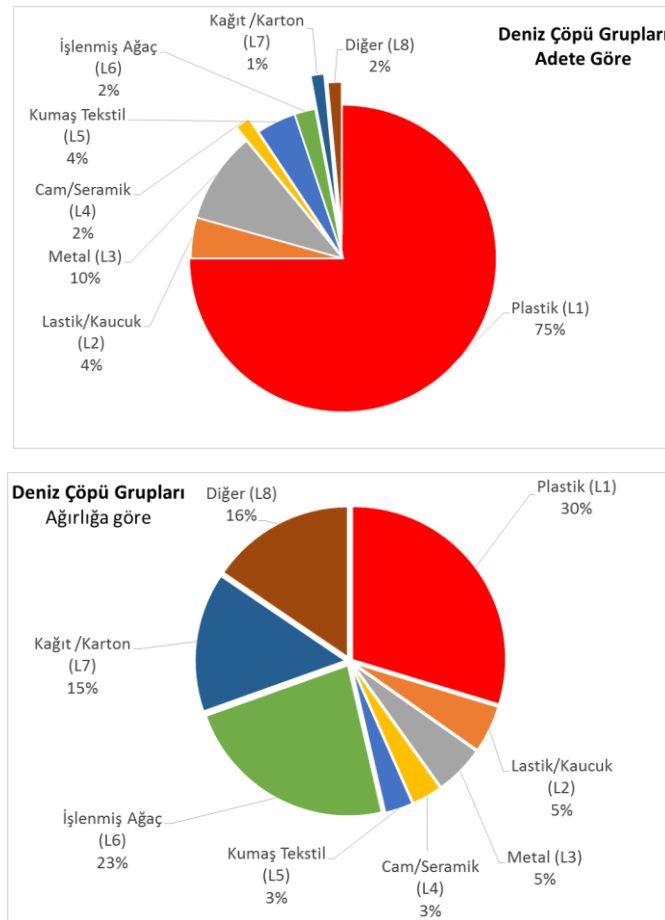
artışının kentsel arıtma sularının denizel ortama deşarjı neticesinde oluştuğu tespitini desteklemektedir. Arıtma tesislerinde işlem gördükleri esnada mikro filtrasyon işlemine tabi tutulmayan kanalizasyon suları mikroplastiklerin

denizel ortama ulaşmasında etkin olan bir unsurdur. Özellikle tekstil ürünlerinin yıkanması sonrasında plastik fiberler kanalizasyona geçmekte ve buradan deniz ortamına ulaşmaktadır.

### 3.6.2 Deniz Tabanı Çöpleri

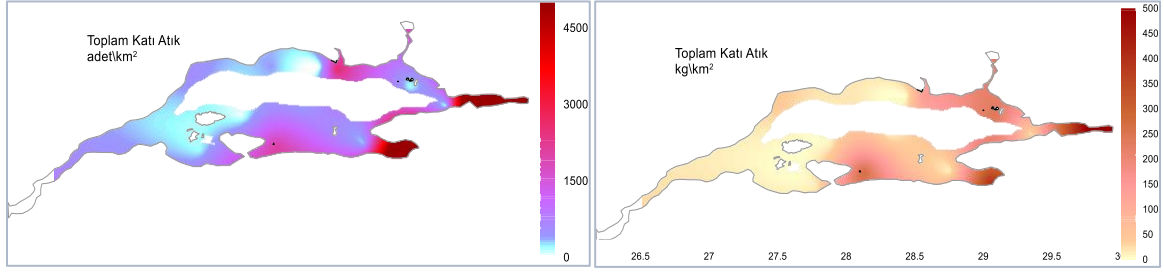
Trol ve algarna örneklerinden ayırt edilen denizel çöpler, MEDITS protokolünde önerilen sınıflandırılmaya göre yapılmıştır. Buna göre L1 grubu olarak adlandırılan plastikler %75 ile Marmara Denizi'nde en fazla dağılım yapan gruptur (Şekil 49). Metal (L3) grubu ise 2. sırayı alır. L2, L4, L5 grubu deniz çöpleri ise %4 lük oranda bulunmuştur.

Genel olarak dağılım incelendiğinde nüfusun yoğun olduğu bölgelerde katı atık kirliliğinde yüksek olduğu gözlenmektedir (Şekil 50). Bu alanlar yüksek baskı altında olmalarından dolayı biyoçeşitlilik açısından da zayıf alanlardır.



Şekil 49. Deniz makro çöplerinin gruplara göre sınıflandırılması (2016)

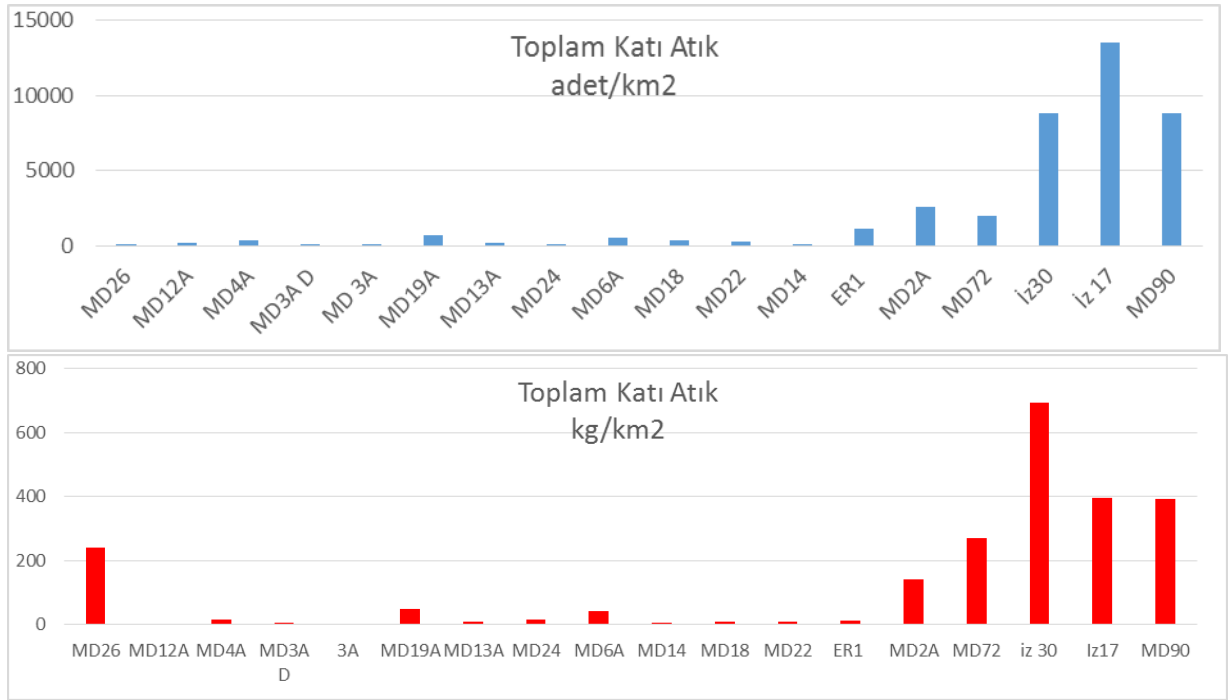
Not: MEDITS Protokolüne göre makro çöplerin sınıflandırılması (L1: plastik, L2: lastik/kaucuk, L3:metal, L4: cam/seramik, L5: kumaş/ip, L6: işlenmiş ağaç, L7: kağıt/karton, L8: diğer)



Şekil 50. Deniz tabanı toplam çöp miktarı (adet/m<sup>2</sup> ve kg/m<sup>2</sup>)

Çöp miktarının trol istasyonlarındaki dağılımı Şekil 51'de verilmiştir. Akıntının düşük olduğu ve anoksik koşulların hakim

olduğu, İzmit Körfezi'nde bulunan IZ17 istasyonunda birim alanda çöp miktarı 13535 adet/km<sup>2</sup> ve 694 kg/km<sup>2</sup> 'dir.



Şekil 51. Deniz tabanı çöp miktarının istasyonlara göre durumu (2016)

### 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/LUSIV al baskı ölçütü ile etki (biyolojik tepki) ölçütlerinin karşılaştırılması (Flo ve ark., 2011; Romero ve ark., 2013) kıyı su yönetim birimlerimiz (SYB) için de kullanılmış olup (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014; Ediger ve ark., 2015; Tan ve ark., 2017) DBKİ Projesi değerlendirmelerine de katılmıştır. DeKoS Projesinde, LUSIV al indeksi (klorofil-a etki ölçütü ile ilişkili olarak) sonuçlarının denizlerimizde kıyı su kütleleri için daha uygun olduğu tespit edilmiştir (TÜBİTAK-MAM ve ÇŞB-ÇYGM, 2014).

Ayrıca, DBKİ Projesi kapsamında, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği temel alınarak 2009 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan, 2016 yılında ise Orman ve Su İşleri Bakanlığınca revize edilen Hassas ve Az Hassas alanların güncellenmesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışma 2014-2016 yılı izleme sonuçları su yönetim birimlerine göre kümelenecek, yüzey (0-10 m) ortalamaları KAAY Hassas ve Az Hassas Alanlar Tebliği EK-3 Tablo 2 ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

DBKİ kapsamında değerlendirilen HA/AHA sonuçlarıyla LUSIV al indeksi ile gerçekleştirilen baskı-etki çalışması çıktılarını paralellik göstermektedir (Şekil 52 ve Şekil 53). Marmara Denizi 'nin

baskıları aşağıda genel olarak özetlenmiştir.

Marmara Deniz'inin kuzey şelfi nüfus ve sanayi tesisleri baskısı altında iken güney şelfi yayılı kaynak etkisinin daha baskın olduğu gözükmektedir. 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 14.160.467 kişiye varan İstanbul İli'ndeki birçok ilçenin atıksularını önarıtma sonrasında derin deniz deşarjıyla uzaklaştırmasıdır.

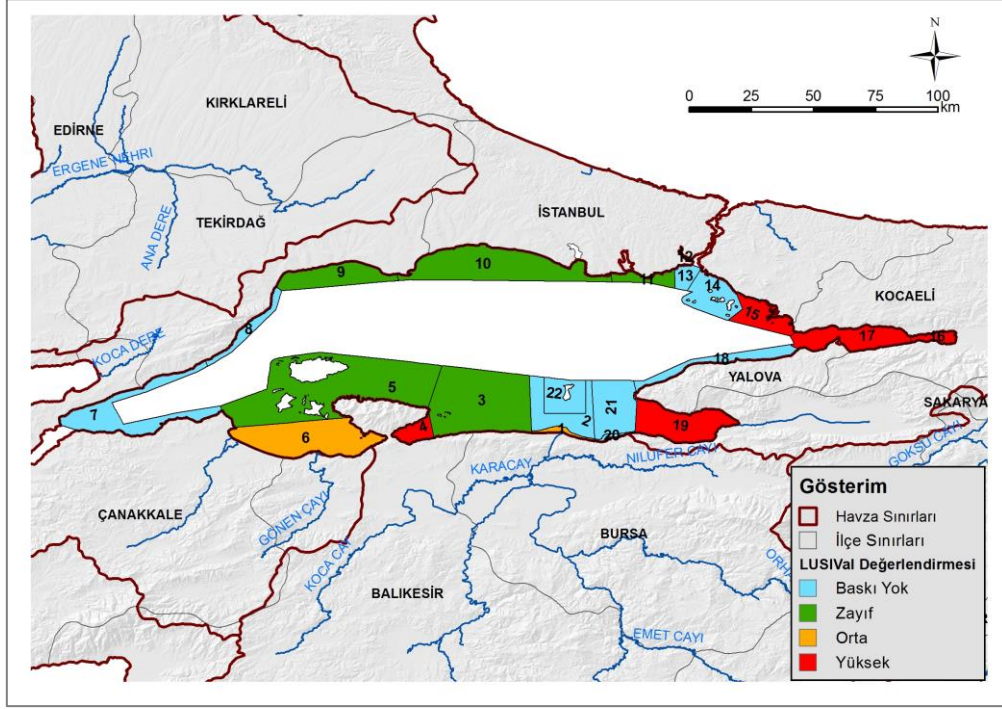
Endüstrinin en yoğun olduğu İzmit ve Bursa İlleri de Marmara Denizi havzaları içerisinde yer almaktadır. İzmit Körfezi atıksu arıtma tesisleri açısından yeterli kapasite olup, endüstri ve liman faaliyetleri açısından çok yoğundur.

Marmara Denizi'nde bulunan Körfez'lerin hepsinin hassas alan statüsünde olmasıdır. Söz konusu illerde atıksu arıtma tesislerinin (İzmit Körfezi hariç) teknolojisinin değiştirilmesi gerekmektedir. Bu gibi Körfezler'de sıfır deşarj gibi önlemler alınabilir.

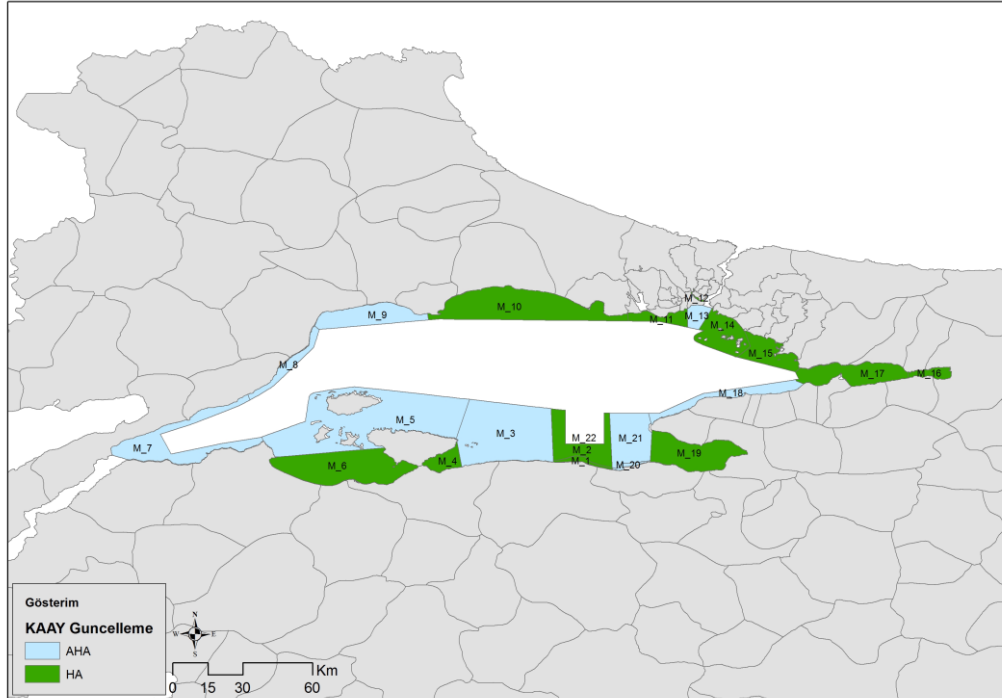
9 nolu SYB (Silivri – Tekirdağ İli Arası) OSİB ilgili yönetmeliğinde (OSİB, 2016a) hassas alan olarak belirlenmiştir. Ancak, 2014-2016 yılı sonuçları incelenerek yapılan değerlendirmede su kalitesinin mesotrofik (OSİB, 2016b) olduğu görülmüştür. Şu anda, bu SYB üzerinde orta yoğunlukta evsel atıksu baskısı (Şekil 52) mevcuttur. 2014-2016 verilerine göre yapılan ekolojik ve kimyasal kalite değerlendirmelerine göre "iyi" durumda olduğundan az hassas alan olarak değerlendirilebilir (Şekil 53). Bu alan

üzerinde ileride tekstil atıksularının deşarji söz konusu olabilir ve buna bağlı olarak yüksek debili atıksuların girişi ile bu

SYB'nin hassas alan statüsüne dönmesi kuvvetle muhtemeldir.



Şekil 52. Marmara Denizi LUSIVAl Haritası

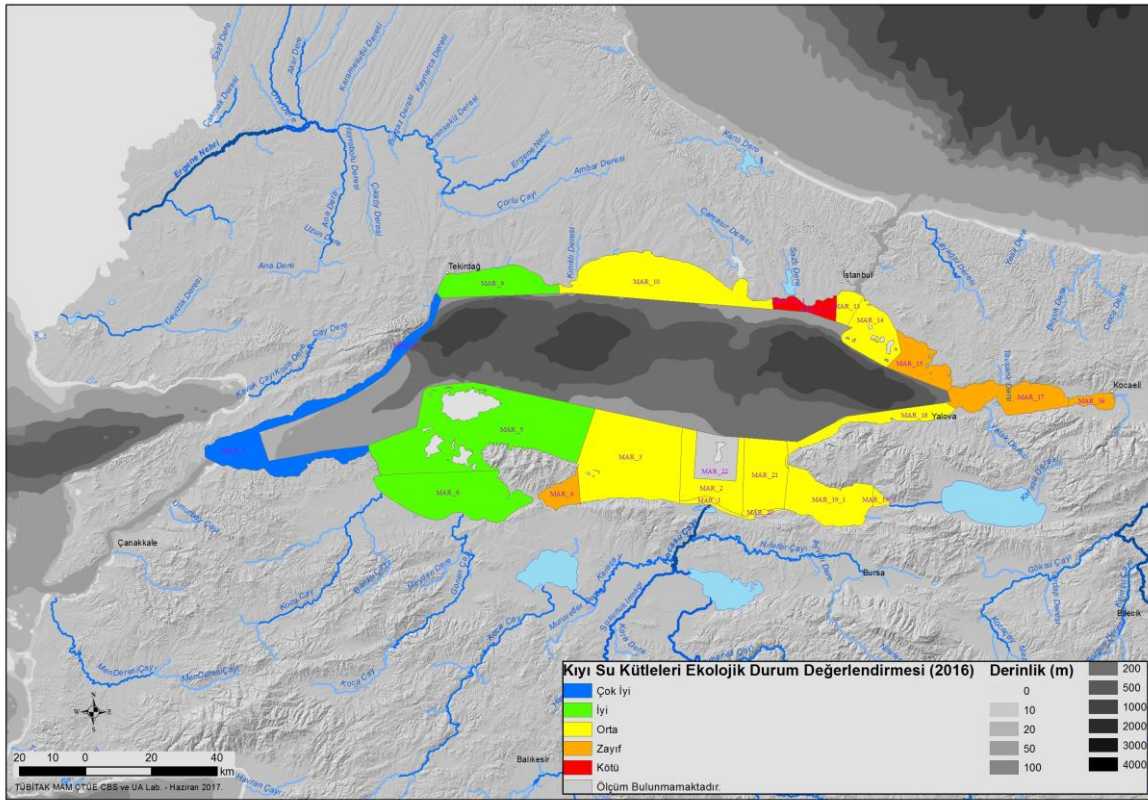


Şekil 53. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre Marmara Denizi Kıyısı Su Kütlelerine ait Hassas/Az Hassas Durumunun 2014-2016 yılı verisine göre değerlendirmesi

### 3.7.2 SÇD Biyolojik Kalite ve Ötrofikasyon Göstergelerine Bağlı Ekolojik Kalite Değerlendirmesi

Marmara kıyı su kütlelerinin ekolojik durumu 2014-2016 yılları için belirlenmiş olup 2016 yılına ait değerlendirme harita olarak verilmiştir (Şekil 54). Yapılan değerlendirmeye göre sadece SYB 11 Küçükçekmece-İstanbul Avrupa kıyısı “Kötü” olarak sınıflandırılmıştır. İzmit Körfezi, İstanbul Anadolu Tuzla kıyıları ve Bandırma Körfezi “Zayıf” kalitede bulunmuştur. Bununla birlikte SYB 5-6-7-8-9 (Batı Marmara) hariç diğer SYB’ler önlem alınıp su kalitesinin yükseltilmesi

gereken “Orta” sınıfındadır. 2014 ve 2015 yılı değerlendirmelerinde de benzer sonuçlar ile karşılaşılmıştır. Bu değerlendirmelerde biyolojik kalite eleman ve göstergeleri ile besin maddeleri ve ışık koşulları dikkate alınmıştır ve daha ziyade yüzey ve kıyı sularını ilgilendirir. Ancak Marmara Denizi için açık ve derin suların kalitesine de bakmak gerekir ki bunun için de en iyi gösterge alt/dip su oksijen durumu ve bunun zamansal ve alansal değişimleridir.



Şekil 54. Marmara Denizi kıyı su kütleleri ekolojik durum değerlendirme (2016)

Bilindiği gibi, Marmara Denizi’nde iki tabakalı bir ekosistem sürekli mevcuttur ve iki tabaka arasında çok belirgin ve ince bir haloklin tabakası vardır. Kış karışımı bu ara tabakayı 5-10m genişletebilir; bu nedenle üst tabakadan dip sulara oksijen geçişi sadece 40-50 m ’lik sığ bölgelerde

mümkündür. Derin bölgelerde ise tek oksijen kaynağı Çanakkale’den alt akıntılarla giren Ege Denizi’nin tuzlu sularıdır. Bu nedenle, Marmara Denizi iki tabakalı ve oksijen kaynağı sınırlı doğal arıtma sistemi olarak görülebilir.



Akdeniz’de kıta sahanlığı suları sürekli yenilenirken, Marmara’da alt tabaka sularının yenilenme süresi (ortalama 6-7 yıl olarak hesaplanmıştır) derinliğe ve konumuna (batı-doğu bölgesi) bağlı olarak 1-15 yıl arasında değişim gösterebilir. En yaşlı alt tabaka su kütlesi doğudaki derin çukurdadır ve bu bölge en düşük oksijen değerlerine sahiptir.

Marmara’da dip su oksijen dağılımı, Çanakkale suyunun giriş yönü ve derinliğine bağlı olarak batıdan doğuya doğru belirgin azalım eğilimi göstermiştir. Karasal baskılar ve Karadeniz girdisi doğu bölgesinde yoğun baskı yaratmaktadır; üst tabaka akıntılarının fiziksel seyreltme etkisi ve üst tabakadaki partikül organik maddenin (POM) alt tabakaya çökmesiyle, üst tabaka suları batı bölgesine ulaştığında üst tabaka POM üretimi ve alt tabaka oksijen dengesine etkisi zayıflamaktadır. Bu iki bileşenin ortak etkisiyle, batı Marmara bölgesi üst tabaka suları iyi kalite özelliklere sahiptir ve dip sularında daha fazla oksijen vardır. İzmit iç körfezde su kalitesi daha da kötü olmasının nedeni, dip suların düşük oksijenle ve Karadeniz’den giren üst tabaka sularının İstanbul megakenti atıksuları ile daha da kirlenerek körfeze ulaşmasıdır.

Kuzeybatı Karadeniz kıta sahanlığına nehirlerle taşınan kirlilik yüklerinin (inorganik+organik besin tuzları) azalması, güneybatı Karadeniz kıyı sularında ve İstanbul Boğazı üst akıntısında gözlemlenmiştir. Ancak, bunun olumlu etkisi Marmara Denizi’nde gözlenmemiştir.

### 3.7.3 Kimyasal Kirlenme Durumunun Değerlendirilmesi

2014-2016 yılları arasında “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Projesi” kapsamında Marmara Denizi istasyonlarından alınan yüzey sediman örneklerinin kontaminant (sentetik-pestisitler, PCBler ve sentetik olmayan kirleticiler-metaller, PAH’lar) içerikleri,

ve özellikle alt tabakadaki oksijen değerleri doğu baseninde tamamen tükenme aşamasına kadar gelmiş (Şekil 10), iz seviyelerde hidrojen sülfür brikimi daha dip sularda yaz sonunda gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Karadeniz, İstanbul Boğazı üst tabaka ve Marmara Denizi gözlem sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; Karadeniz’in Marmara üstündeki baskısı azalım eğilimi göstermesine rağmen Marmara ekolojik özellikleri 1980-2000 dönemine göre, özellikle dip su oksijen durumu ve üst tabakadaki plankton tür dağılımları ve bolluğu yönünden daha da kötüleşmiş durumdadır. Kentsel atıksu deşarjları devreye girmesine rağmen, Marmara’nın sınırlı atıksu özümleme kapasitesinin (üst tabakada yıllık POM üretimi, alt tabaka hacmi, yıllık oksijen girdisine bağlı olarak hesaplanan) üstünde anorganik+organik besin tuzları girdisinin göreceli artarak devam ettiği anlaşılmaktadır. Bu olumsuz gelişmeden özellikle İzmit Körfezi ekosistemi ve dip suları etkilenmektedir. Son yıllardaki iklimsel değişime bağlı olarak Ege-Marmara-Karadeniz arasındaki yıllık su akısının azalmış olabileceği (Altıok ve Kayışoğlu, 2015) dikkate alındığında, Marmara Denizi ekolojik durumunun düzelmesi için karasal baskıların azaltılmasına yönelik ciddi yönetim planlamalarına ihtiyaç olduğu açıktır. Ancak, bunun gerçekleşmesi, düzenli veri toplanması ve proses çalışmalarıyla desteklenen ve doğrulanan ekosistem temelli su kalitesi modelleme çalışmalarının yapılması ve sürekliliğinin sağlanması ile mümkün görünmektedir.

kimyasal durum belirleme amaçlı değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, sedimanda kimyasal durum değerlendirmesi için ERL değerleri kullanılmıştır. Metaller (Pb, Cd, Hg ve Zn), PAH bileşenleri, PCB’ler ve Pestisitler için yapılan ilk değerlendirme

sonrasında tüm sonuçlar tedbirlik ilkesine (one out all out prensibi) göre eleme yapılarak Kimyasal Durum iki kategoride (iyi/kötü) değerlendirilmiştir.

Tedbirlik ilkesine ile yapılan değerlendirme sonucunda Marmara Denizi su yönetim birimlerinin 2014-2016 yılı genel durumu Tablo 14'de verilmiştir. 3 SYB'de sediman istasyonu olmadığından değerlendirilememiştir.

Bu kapsamda, 2 SYB'nin (No 9 ve No 18) 2016 yılında kimyasal durumunun "iyi" olduğu ve bu durumun bu SYB lerde diğer yıllarda da benzer olduğu görülmüştür. 13 SYB'nin kimyasal durumunun ise "kötü" olduğu tespit edilmiştir. SYB'lerin metal ve organik kirleticilerden pestisit (DDT ve türevleri) açısından kimyasal durumunun genel itibarıyla kötü olduğu görülmektedir. PAH kirliliği olarak M8 (İstanbul Boğaz çıkışı) istasyonu hariç iyi durumda olduğu gözükmektedir. Marmara Denizi'nin kuzey doğu şelfi ve körfezlerinde (İzmit, Gemlik ve Bandırma Körfezleri) sanayi tesisleri yoğun olup, metal kimyasal durumları buna bağlı olarak kötü çıkmıştır. Ayrıca,

küçük dere ve nehirlerle havza içlerinden taşınan kirleticiler kıyıların su kalitesi önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle nehir/dere önlerindeki istasyonlar hem metal hem de organik kirleticiler açısından söz konusu durumu yansıtmaktadır. Marmara Denizi'nin 2014 ve 2015 yılına göre metal ve organik kirleticiler açısından kimyasal durumunun 2016 yılında da genellikle korunmuş olduğu belirlenmiştir. Marmara Denizi kıyısal alanlarında deniz deşarjı olan sanayi tesislerin denetiminin artırılması, daha ileri arıtma teknolojilerinin uygulanması gerekmektedir. Ayrıca, havzanın mansap kısımlarında yer alan sanayi tesislerinde de aynı sınırlamalar getirilmelidir. Marmara Denizi kıyı su kütlelerinin sediman organik kimyasal durumu bozan en büyük etken 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.

**Tablo 14.** Sedimanda kimyasal durum değerlendirmesi

İst No	SYB No	2014 Yılı Metal Ortak Değerlendirmesi	2014 Yılı Organik Kirliliğin Ortak Değerlendirmesi	2015 Yılı Metal Ortak Değerlendirmesi	2015 Yılı Organik Kirliliğin Ortak Değerlendirmesi	2016 Yılı Metal Ortak Değerlendirmesi	2016 Yılı Organik Kirliliğin Ortak Değerlendirmesi
MD14A	Açık Deniz	-	-	-	-		
SD1*	MAR_1						
MD72	MAR_3	-	-	-	-		
BK1*	MAR_4						
BD3	MAR_5						
BD1	MAR_6	-	-	-	-		
ER1	MAR_6	-	-	-	-		
GD1	MAR_6	-	-	-	-		
MD59*	MAR_9						
MD54*	MAR_10						
MED*	MAR_10						
BC1	MAR_10		-		-		
KC1*	MAR_11						
M8*	MAR_13						
MDADA2	Mar_14	-	-	-	-		
MDADA3	Mar_14	-	-	-	-		
M11	Mar_15	-	-	-	-		
MY2	Mar_15	-	-	-	-		
İZ-30*	MAR_16						
İZ15	Mar_17	-	-	-	-		
İZ9	Mar_17	-	-	-	-		
MD24*	MAR_18						
AR1	MAR_18	-	-	-	-		
MD90*	MAR_19						
GK1	Mar_19	-	-	-	-		
MD22A	MAR_19	-	-	-	-		

\*Trend istasyonlarıdır ve 2014-2016 yıllarındaki kirleticiler değerlendirmelerinde kullanılan istasyonlardır. Diğer İstasyonlar sadece 2016 yılı çalışmasında örnekleme yapılmış olup, 2016 yılı kirleticiler değerlendirmesine

## KAYNAKLAR

- Aktıok, H. ve Kayışoğlu, M. (2015). Seasonal and interannual variability of water exchange in the Strait of Istanbul. *Mediterranean Marine Science*, 16(3), 636-647.
- Borja, A., Dauer, D.M., Diaz, R., Llanso, R.J., Muxıka, I., Rodrıquez, J.G., Schaffner, L. (2008). Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: A comparison of three indices. *Ecological indicators*, 8, 395–403.
- Browne, MA., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E. L., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R.C., 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide-Sources and Sinks. *Environ. Sci. Rechnol.*, 45:9175-9179.
- 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.
- Çelik Çakıroğulları, G., ve Secer, S., 2010. Levels of DDTs and indicator polychlorinated biphenyls in Whiting (*Merlangius merlangus euxinus* N. 1840) and Horse mackerel (*Trachurus mediterraneus* S. 1868) from the İzmit Bay, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10, 415-422.
- ÇŞB, TÜBİTAK-MAM (2017). “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016: 2016 Yılı Marmara Denizi Sonuç Raporu”, Tübitak-MAM Matbaası, Kocaeli.
- ÇŞB, TÜBİTAK-MAM (2016). “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016: 2015 Yılı Marmara Denizi Sonuç Raporu”, Tübitak-MAM Matbaası, Kocaeli.
- ÇŞB, TÜBİTAK-MAM (2015). “Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2014-2016: 2014 Yılı Marmara Denizi Sonuç Raporu”, Tübitak-MAM Matbaası, Kocaeli.
- Çınar, M.E., Bakır, K., Öztürk, B., Katağan, T., Dağlı E., Açıık, Ş., Doğan, A., Bitlis Bakir B., 2015. TUBI (Turkish Benthic Index): A new biotic index for assessing impacts of organic pollution on benthic communities. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 21: 135-168.
- Dağlı, E. & Ergen, Z. 2008. First record of *Polydora cornuta* Bosc, 1802 (Polychaeta: Spionidae) from the Sea of Marmara, Turkey basin. *Aquatic Invasions*, 3(2): 231-233.
- Dağlı, E., Çınar, M.E. 2010. Presence of the Australian spionid species, *Prionospio paucipinnulata* (Polychaeta: Spionidae), in the Mediterranean Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 51: 311-317.
- Directive 2013/39/eu Of The European Parliament And Of The Council of 12 August 2013
- 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.
- Flo, E., CampFlo E., Camp J., Garces E. (2011). Assessment Pressure methodology, Land Uses Simplified Index (LUSI), BQE Phytoplankton; Spain – Catalonia.
- Francesconi, K.A. ve Edmonds, J.S. (1997). Arsenic and Marine Organisms, *Advances in Inorganic Chemistry*. VOL. 44, 147-189.

- HELCOM, 2014. Eutrophication status of the Baltic Sea 2007–2011 – A concise thematic assessment. Baltic Sea Environment Proceedings No. 143.
- Labrune, C., Amouroux, J.M., Sarda, R., Dutrieux, E., Thornin, S., Rosenberg, R., Gremare, A. (2006). Characterization of the ecological quality of the coastal Gulf of Lions (NW Mediterranean): A comparative approach based on three biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 34–47.
- Long, E.R., and L. G. Morgan. 1990. The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program. NOAA Tech. Memo. NOS OMA 52. US National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, Washington, 175 pp.
- Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19, 81–97
- Landsberg, J. H., 2002. The Effects of Harmful Algal Blooms on Aquatic Organisms. *Reviews in Fisheries Science*, 10(2): 113–390.
- MEMPHIS (2005-2006) Projesi; Sur H.İ., Güven, K.C., Okuş, E., Algan, O, Gazioğlu, C., Yüksek, A., Altıok, H., Balkis, N., Taş., S., Aslan-Yılmaz, A., Yılmaz, N., Müftüoğlu, E., Karhan, Ü., Aksu, A., Demirel, N., Cumali, S., Özcan, F., Özsoylu, B., Kirci Elmas, E. (in academic order) (2006). Sampling programme at the Sea of Marmara of behalf of MEMPHIS Project. Sur, H.İ. (ed.), Yılmaz, N, (assist. ed.) Final Raporu (2006).
- Muxika, I., Borja, A., Bald, J. (2007). Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55, 16–29.
- 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 continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean 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.
- Radashevsky, V.I and Selifonova, Z.P. 2013. Records of *Polydora cornuta* and *Streblospio gynobranchiata* (Annelida, Spionidae) from the Black Sea. *Mediterranean Marine Science*, 14(2): 261-269.
- 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.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. Univ. Press Illinois, Urbana, 101–117.

- 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. ve Öztürk, M. 2008. A first report for marine algal flora of Turkey: *Pseudolithoderma adriaticum* (Phaeophyceae, Lithodermataceae). Fresenius Environmental Bulletin 17(5): 617-619.
- Taşkın, E. 2008. The Marine Brown Algae of the east Aegean Sea and Dardanelles. II. Ectocarpaceae, Chordariaceae and Scytosiphonaceae. Cryptogamie, Algologie 29 (2): 173-186.
- Taşkın, E., Aydoğan, Ö., Çınar, E., Öztürk, M. (2011) Alien marine macrophytes in Turkey. *European Journal of Phycology* 46 (suppl.1): 188-188.
- Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (Resmi Gazete Tarihi: 29.12.2011 Resmi Gazete Sayısı: 28157 (3.mükerrer))
- 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.
- 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, 2016(a) UNEP(DEPI)/MED IG.22/Inf.7. Draft Integrated Monitoring and Assessment Guidance, 284 pg, Athens (GR).
- UNEP/MAP, 2016(b) 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, 2016(c) 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.
- Yokoyama, H., Choi, J.W. 2010. New Records of Three Paraprionospio species (Polychaeta: Spionidae) from Korean Waters. *Ocean Science Journal* 45: 55–61, <http://dx.doi.org/10.1007/s12601-010-0005-4>.