

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA
DENİZİ’NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN
SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE
İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

M. Sc. Fatma BAYRAM PARTAL
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Ana Bilim Dalı

Danışman
Prof. Dr. Dilek EDİGER

OCAK, 2022

TEŞEKKÜR



“Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 31125”.

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

FATMA BAYRAM PARTAL tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA DENİZİ’NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ” başlıklı tez FİZİKSEL OŞİNOGRAFI VE DENİZ BİYOLOJİSİ Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Dilek EDİGER

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Seyfettin TAŞ

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Melike GÜREL

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Muzaffer FEYZİOĞLU

Jüri Üyesi
Doç. Dr. Halim Aytekin ERGÜL

Tez Savunma Tarihi: 23/12/2021

ETİK BEYAN

İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırladığım İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA DENİZİ’NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ” başlıklı DOKTORA tez çalışmasında bilimsel etik ve akademik kurallara riayet ettiğimi;

- Çalışma konusunun özgün olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum tüm veri ve belgeleri bilimsel etik ve ahlak kuralları çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Çalışmanın bulgularında tahrifat yapmadığımı ve yanlış davranmadığımı,
 - Tez kapsamında yararlandığım tüm eserlere ve doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya atıfta bulunduğumu,
 - Yararlandığım tüm eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu,
 - Kullandığım veri ve belgelerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - Patent ve telif haklarını ihlal etmediğimi
- bildirir, aksinin vuku bulması durumunda yasal sonuç/sonuçları ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabul ettiğimi beyan ederim.

Fatma BAYRAM PARTAL

İmza

“Ablam’a...”



ÖNSÖZ

Bu çalışma Kuzeydoğu Marmara ve İzmit Körfezi fitoplankton tür kompozisyonu ve komünite yapısının zamana ve mekana bağlı değişimlerini incelemek amacıyla 2015-2018 yılları arasında mevsimsel saha çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir.

Doktora çalışmam süresince desteğini esirgemeyen, kıymetli bilgilerini paylaşan, tecrübesi ile beni yönlendiren kıymetli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Dilek EDİGER'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde yer alan, yol gösteren ve yapıcı yaklaşımları ile akademik gelişimimin her evresinde katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Seyfettin TAŞ ve Prof. Dr. Melike GÜREL'e teşekkürü borç bilirim.

Çalışma konusunun belirlenmesinden tezin son aşamasına kadar süren uzun süreçte yol göstericiliği ile yolumu aydınlatan, çalışmaktan her zaman keyif aldığım değerli Dr. Vildan TÜFEKÇİ'ye sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar ve saha çalışmalarımnda destek olan sevgili arkadaşlarım Ertuğrul ASLAN ve Gökhan KAMAN'a; ihtiyaç duyduğum her anda bilgi birikimleri ile bana ışık tutmuş olan çok değerli arkadaşlarım Hakan ATABAY ve Sabri MUTLU'ya; tükenmiş hissettiğim anlarda beni tekrar cesaretlendiren, çokça bilgi paylaşımı yaptığımız sevgili arkadaşım Ayşen DEMİRTAŞ'a; her daim motive edici tavırlarıyla destek olan Dr. Hüseyin TÜFEKÇİ ve Dr. Leyla TOLUN'a teşekkürlerimi sunarım.

2015 yılından bu yana gururla çalıştığım, çalışma hayatında akademik kariyere verdiği destek ve sunduğu imkânlardan dolayı, TÜBİTAK MAM, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'ne; Deniz ve İç sular grubu çalışanlarına; R/V TÜBİTAK MARMARA Araştırma Gemisi kaptanları ve gemi adamlarına ayrıca teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının oluşmasında ve gerçekleştirilmesinde önemli bir yere sahip olan, TÜBİTAK MAM tarafından yürütülen “İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi” projesine ve projeye maddi destek veren Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması süresince, sabrını ve sevgisini hiçbir zaman esirgemeyen, desteği ile her zaman hayatımı kolaylaştıran meslektaşım, yol ve hayat arkadaşım Recep PARTAL'a, doktora eğitimim esnasında ailemize katılan ve hayatımızı renklendiren sevgili kızım Elif PARTAL'a, eğitim hayatım boyunca sabırla bana destek olan annem, babam, kız kardeşim ve bu süreçte aramızdan ayrılan kıymetli ablama sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	2
ETİK BEYAN.....	4
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SİMGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA LİSTESİ	xi
1 GİRİŞ	1
1.1 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Fiziksel Oşinografik Özellikleri.....	7
1.2 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Kimyasal Oşinografik Özellikleri	9
1.3 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Biyolojik Oşinografik Özellikleri	11
2 MATERYAL VE METOT	13
2.1 Çalışma Alanı ve İzlenen Değişkenler	13
2.2 Ölçüm, Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri	15
2.2.1 Fiziksel parametreler.....	16
2.2.1.1 CTD ile yapılan ölçümler	16
2.2.1.2 Seki Disk (Secchi Disk) derinliği	16
2.2.2 Kimyasal parametreler	16
2.2.2.1 Çözünmüş oksijen	16
2.2.2.2 Besin elementleri	17
2.2.2.3 TRIX.....	18
2.2.3 Biyolojik parametreler	19
2.2.3.1 Klorofil- <i>a</i>	19
2.2.3.2 Fitoplankton analizleri	19
2.2.3.3 İz-pigment analizi (HPLC ile)	20
2.2.4 İstatistiksel analizler	21
2.2.4.1 Çeşitlilik indeksleri.....	21
2.2.4.2 Kümelenme analizi (CLUSTER)	22
2.2.4.3 Varlık yokluk frekans indeksi	23
2.2.4.4 Korelasyon analizi	23
3 BULGULAR.....	24
3.1 Fiziksel Parametreler.....	24
3.1.1 Seki Disk derinliği (SDD).....	24
3.1.2 Deniz suyu sıcaklığı.....	25
3.1.3 Deniz suyu tuzluluğu	28
3.2 Kimyasal Parametreler	32
3.2.1 Çözünmüş oksijen.....	32
3.2.2 Besin elementleri	34
3.2.2.1 Nitrat+Nitrit Azotu (NO _x ⁻ -N).....	35
3.2.2.2 Amonyum azotu (NH ₄ ⁺ -N).....	38

3.2.2.3	Fosfat ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)	40
3.2.2.4	Silikat (SiO_2)	43
3.2.2.5	Besin elementleri oranları (N/P, N/Si)	45
3.2.3	TRIX	48
3.3	Biyolojik Parametreler	51
3.3.1	Floresans (İn-situ klorofil- <i>a</i>).....	51
3.3.2	Klorofil- <i>a</i>	54
3.3.3	İz-Pigmentler	59
3.3.3.1	2017 yılında iz-pigmentlerin değişimleri	59
3.3.3.2	2018 yılında iz-pigmentlerin değişimleri	63
3.3.4	Fitoplankton	68
3.3.4.1	Tür kompozisyonu	68
3.3.4.2	Bolluk değerleri	75
3.3.4.3	Yüzey ve FMD fitoplankton bolluk kıyaslaması.....	102
3.3.4.4	Diyatom/Dinoflagellat oranı değişimi	105
3.3.4.5	Gruplar arasındaki frekans dağılımı	107
3.3.4.6	Ekolojik indeksler.....	138
3.3.4.7	Bray-Curtis benzerlik analizleri	151
3.4	İstatistiksel Değerlendirme.....	153
4	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	156
5	KAYNAKLAR	172
	ÖZGEÇMİŞ	189
	Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygunluk Yazısı ve Eki. Hata! Yer işareti tanımlanmamış.	

ÖZET

İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA DENİZİ'NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ

Fatma BAYRAM PARTAL

Bu çalışmada, fitoplankton dağılımı, tür kompozisyonu ve fitoplankton marker pigmentlerinin zamana ve mekana bağlı değişimleri ile bunları etkileyen çevresel parametreler incelenmiştir. Örneklemeler, 2015-2018 yılları arasında mevsimsel olarak 6 istasyonda yüzey suyu ve floresans maksimum derinliği olmak üzere iki derinlikte gerçekleştirilmiştir. En yüksek fitoplankton bolluk değerleri yüzey suyunda görülmüştür. Çalışma alanında 10 taksonomik sınıfta 68 cinse ait 146 tür tespit edilmiştir. Dinophyceae ve Bacillariophyceae tüm istasyonlarda gözlenen başlıca fitoplankton gruplarıdır. Çalışma süresince sırasıyla *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus minimus*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum* ve *Tripos fusus* baskın diyatom ve dinoflagellat türleridir. Komünitedeki düşük diyatom/dinoflagellat oranı, sistemdeki dinoflagellat baskınlığına işaret etmektedir. Fitoplankton bolluğu ile çözünmüş oksijen, klorofil-*a*, sıcaklık ve secchi disk derinliği arasında anlamlı pozitif ve negatif korelasyonlar gözlenmiştir. 2018 yılının kış döneminde diyatom türü olan *Leptocylindrus minimus*'un aşırı üremesi tespit edilmiştir. Diyatom aşırı çoğalması gözlenen bu dönemde ortamda silikatın tükenmesinden kaynaklanan yüksek N/Si oranı tespit edilmiştir. İn-situ floresans sensörü ile elde edilen veri ile spektrofotometreyle ölçülen klorofil-*a* sonuçları birbiriyle uyumlu bulunmuştur. Çalışma alanındaki başlıca marker pigmentler, diyatom ve dinoflagellat türlerine özgü olan fucoxanthin ve peridindir. Fitoplankton bolluğu ile marker pigmentleri arasında oldukça güçlü bir ilişki ($p<0,001$) tespit edilmiş olup ortamda gözlenen fucoxanthin ve peridinin biyokütlelerinin diyatom ve dinoflagellat türlerinden geldiği değerlendirilmiştir. TRIX indeksinin çalışma dönemi boyunca oldukça değişken olduğu tespit edilmiştir. Kış ve ilkbahar aylarında yüksek ötrofikasyon riski varlığı belirlenmiştir. Körfezin iç kesiminde örnekleme süresi boyunca üç dönemde (2015 ilkbahar, 2016 kış, 2018 sonbahar) ötrofik durum gözlenmiştir. Komünitedeki düşük diyatom/dinoflagellat oranı sistemdeki dinoflagellat baskınlığına dikkat çekmektedir.

Anahtar kelimeler: Fitoplankton, çevresel değişkenler, pigment, İzmit Körfezi, Marmara Denizi

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PHYTOPLANKTON COMPOSITION OF İZMIT BAY AND THE NORTHEASTERN MARMARA SEA WITH WATER QUALITY VARIABLES

Fatma BAYRAM PARTAL

In this study, temporal and spatial changes of phytoplankton distribution, species composition and phytoplankton marker pigments and environmental parameters affecting them were investigated. Seasonal sampling was carried out at 6 stations and in two depths (surface water and fluorescence maximum depth) during 2015-2018 sampling period. The highest phytoplankton abundance was observed at the surface. 146 species belonging to 68 genera in 10 taxonomic classes were identified in the study area. Dinophyceae and Bacillariophyceae were found as the major phytoplankton groups in all stations. *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus minimus*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum* and *Tripos fusus* were the dominant diatom and dinoflagellates species in the studied area, respectively. The low diatom/dinoflagellate ratio detected in the community indicated the dinoflagellate dominance in the marine ecosystem. Significant positive and negative correlations were observed between phytoplankton abundance and dissolved oxygen, chlorophyll-*a*, temperature, and secchi disc depth. The bloom of *Leptocylindrus minimus*, a diatom species, was detected in the winter of 2018. During this period of diatom bloom, a high N/Si ratio was detected in the environment due to the depletion of silicate. The data measured with the in-situ fluorescence sensor and the chlorophyll-*a* results measured with the spectrophotometer were found to be compatible with each other. The major marker pigments detected in the study area were fucoxanthin and peridinin, which are diagnostic pigments for diatoms and dinoflagellates. A highly significant relationship ($p < 0.001$) was determined between phytoplankton abundance and their marker pigments, and it was evaluated that observed biomass of fucoxanthin and peridinin came from diatom and dinoflagellate species. It has been determined that the TRIX index is generally quite variable during the entire period of study. High risk of eutrophication was determined in winter and spring months. Eutrophic status was observed in three periods (2015 spring, 2016 winter, 2018 autumn) during the sampling time at the inner part of the bay.

Keywords: Phytoplankton, environmental variables, pigment, İzmit Bay, Sea of Marmara

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Örnekleme tarihleri.....	13
Tablo 2. İzlenen değişkenlerin izlenme amacı ve örnekleme periyotları	14
Tablo 3. İzlenen değişkenlerin ölçüm ve analiz metotları	15
Tablo 4. Seki disk derinliğinin betimleyici istatistiği	24
Tablo 5. Yüzey suyu sıcaklık değerlerinin betimleyici istatistiği.....	25
Tablo 6. Yüzey suyu tuzluluk değerlerinin betimleyici istatistiği	29
Tablo 7. ÇO konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği	32
Tablo 8. NO _x ⁻ -N konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği	36
Tablo 9. NH ₄ ⁺ -N konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği	38
Tablo 10. PO ₄ ³⁻ -P konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği.....	40
Tablo 11. SiO ₂ konsantrasyonunun betimleyici istatistiği.....	43
Tablo 12. TRIX indeksi değerleri	50
Tablo 13. Yüzey suyu chl- <i>a</i> konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği.....	54
Tablo 14. Çalışma boyunca fitoplankton komünitesinde tespit edilen türler	69
Tablo 15. Teşhis edilen taksonomik grupların cins ve tür sayıları	73
Tablo 16. Yüzey suyunda en yüksek bolluk değerine ulaşan türler ve hücre sayıları	82
Tablo 17. Örnekleme dönemlerindeki floresans maksimum derinlik bilgisi (m).....	88
Tablo 18. Türlerin bulunma durumu, görülme sıklığı (%f) ve frekans grupları.....	108
Tablo 19. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2015)	113
Tablo 20. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2016)	119
Tablo 21. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2017)	126
Tablo 22. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2018)	133
Tablo 23. Ekolojik indeks değerleri.....	138
Tablo 24. Fitoplankton ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren Spearman korelasyonları	155
Tablo 25. İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda ölçülen besin elementi konsantrasyonlarının tez çalışması ile karşılaştırılması.....	160
Tablo 26. İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda ölçülen klorofil- <i>a</i> konsantrasyonlarının tez çalışması ile karşılaştırılması	167
Tablo 27. Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda hesaplanan TRIX değerleri (Ediger ve diğerleri, 2016'dan değiştirilmiştir.)	170

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları (Veri: GEBCO 2014 30sec).....	13
Şekil 2. Seki disk derinliği değişimi	25
Şekil 3. Yıllara göre istasyonların sıcaklık profilleri	27
Şekil 4. Yıllara göre istasyonların yüzey ve dip suyu sıcaklık değişimleri	28
Şekil 5. Yıllara göre istasyonlardaki tuzluluk profilleri	31
Şekil 6. Yüzey ve dip suyu tuzluluk değişimleri	31
Şekil 7. Yıllara göre istasyonlardaki tuzluluk profilleri	33
Şekil 8. Yüzey ve dip suyu CO değişimleri.....	34
Şekil 9. Yüzey ve dip suyu NO_x -N konsantrasyonları değişimi	37
Şekil 10. NO_x -N konsantrasyonlarının dikey dağılımları	37
Şekil 11. Yüzey ve dip suyu NH_4^+ -N konsantrasyonları değişimi	39
Şekil 12. NH_4^+ -N konsantrasyonlarının dikey dağılımları	40
Şekil 13. Yüzey ve dip suyu PO_4^{3-} -P konsantrasyonları değişimi.....	42
Şekil 14. PO_4^{3-} -P konsantrasyonlarının dikey dağılımları	42
Şekil 15. Yüzey ve dip suyu SiO_2 konsantrasyonları değişimi.....	44
Şekil 16. SiO_2 konsantrasyonlarının dikey dağılımları.....	44
Şekil 17. N/P oranlarının dikey dağılımları	46
Şekil 18. N/Si oranlarının dikey dağılımları	47
Şekil 19. Yıllara göre istasyonların TRIX indeksi değişimi	49
Şekil 20. 2015 yılının mevsimlik floresans profilleri	51
Şekil 21. 2016 yılının mevsimlik floresans profilleri	52
Şekil 22. 2017 yılının mevsimlik floresans profilleri	52
Şekil 23. 2018 yılının mevsimlik floresans profilleri	53
Şekil 24. Klorofil- <i>a</i> ile floresans ilişkisi.....	53
Şekil 25. Yıllara göre istasyonların yüzey ve FMD klorofil- <i>a</i> değişimi	55
Şekil 26. Kış dönemi yüzey suyunda chl- <i>a</i> konsantrasyonlarının yıllara göre durumu	56
Şekil 27. İlkbahar dönemi yüzey suyunda chl- <i>a</i> konsantrasyonlarının yıllara göre durumu ...	57
Şekil 28. Yaz dönemi yüzey suyunda chl- <i>a</i> konsantrasyonlarının yıllara göre durumu	58
Şekil 29. Sonbahar dönemi yüzey suyunda chl- <i>a</i> konsantrasyonlarının yıllara göre durumu..	59
Şekil 30. Yüzey ve FMD’de mevsimsel peridinin konsantrasyonları (2017).....	61
Şekil 31. Yüzey ve FMD’de mevsimsel fucoxanthin konsantrasyonları (2017).....	62
Şekil 32. Yüzey ve FMD’de mevsimsel chl- <i>c</i> konsantrasyonları (2017).....	63
Şekil 33. Yüzey ve FMD’de mevsimsel peridinin konsantrasyonları (2018).....	64
Şekil 34. Yüzey ve FMD’de mevsimsel fucoxanthin konsantrasyonları (2018).....	65
Şekil 35. Yüzey ve FMD’de mevsimsel chl- <i>c</i> konsantrasyonları (2018).....	66
Şekil 36. 2017 yılı yüzey suyu dinoflagellat bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (a), diatom bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (b)	67
Şekil 37. 2018 yılı yüzey suyunda dinoflagellat bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (a), diatom bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (b)	68
Şekil 38. Fitoplankton tür sayılarının taksonomik sınıflara göre yüzde dağılımı.....	73
Şekil 39. Fitoplankton tür sayılarının temel taksonomik gruplara göre yüzde dağılımı.....	74
Şekil 40. Yıllara ve mevsimlere göre istasyonların fitoplankton tür sayıları	75
Şekil 41. İK1 ve İK2 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	76
Şekil 42. İK1 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	77

Şekil 43. İK2 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	77
Şekil 44. İK4 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	78
Şekil 45. İK4 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	78
Şekil 46. İK6 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	79
Şekil 47. İK6 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	79
Şekil 48. M20 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	80
Şekil 49. M20 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları	80
Şekil 50. M23 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	81
Şekil 51. M23 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları	81
Şekil 52. Kış dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu	85
Şekil 53. İlkbahar dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu	86
Şekil 54. Yaz dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu	87
Şekil 55. Sonbahar dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu.....	88
Şekil 56. İK1 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi.....	89
Şekil 57. İK1 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	90
Şekil 58. İK2 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi.....	90
Şekil 59. İK2 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	91
Şekil 60. İK4 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi.....	91
Şekil 61. İK4 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	92
Şekil 62. İK6 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi.....	92
Şekil 63. İK6 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	93
Şekil 64. M20 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	93
Şekil 65. M20 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları	94
Şekil 66. M23 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi	94
Şekil 67. M23 FMD fitoplankton gruplarının oransal dağılımları.....	95
Şekil 68. Kış dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu	96
Şekil 69. İlkbahar dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu.....	97
Şekil 70. Yaz dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu.....	98
Şekil 71. Sonbahar dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu	99
Şekil 72. Diyatom bolluğunun zamana bağlı değişimi	100
Şekil 73. Dinoflagellat bolluğunun zamana bağlı değişimi	102
Şekil 74. İK1 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması.....	103
Şekil 75. İK2 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması.....	103
Şekil 76. İK4 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması.....	104
Şekil 77. İK6 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması.....	104
Şekil 78. M20 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması	105
Şekil 79. M23 yüzey suyu ve FMD’de fitoplankton bolluk kıyaslaması	105
Şekil 80. Yüzey suyu bolluk değerlerine göre diyatom/dinoflagellat oranındaki değişimler.....	106
Şekil 81. FMD bolluk değerlerine göre diyatom/dinoflagellat oranındaki değişimler	107
Şekil 82. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri	107
Şekil 83. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2015).....	112
Şekil 84. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2016).....	118
Şekil 85. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2017).....	125
Şekil 86. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2018).....	132
Şekil 87. İK1 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	141
Şekil 88. İK2 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	142

Şekil 89. İK4 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	142
Şekil 90. İK6 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	143
Şekil 91. M20 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	144
Şekil 92. M23 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi	144
Şekil 93. Farklı yıllardaki ekolojik indeks değerlerinin değişimi.....	146
Şekil 94. Ekolojik indeks değerlerinin yıllık değişimleri	147
Şekil 95. Kış döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu	148
Şekil 96. İlkbahar döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu ...	149
Şekil 97. Yaz döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu	150
Şekil 98. Sonbahar döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu..	151
Şekil 99. Bray-Curtis benzerlik analizine göre istasyonlar arası kümelenme dağılımı	152



SİMGE LİSTESİ

α	: Alfa
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	: Amonyum Azotu
N	: Azot
atm	: Atmosfer basınç birimi
β	: Beta
rpm	: Dakikadaki dönüş hızı birimi
P	: Fosfor
Hz	: Frekans birimi
d	: Margalef tür zenginliği indeksi
l	: Litre
m	: Metre
$\mu\text{g/L}$	: Mikrogram/Litre
μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
μM	: Mikromolar
$\mu\text{M/L}$	: Mikromolar/Litre
mg/L	: Miligram/Litre
nm	: Nanometre
$\text{NO}_x^-\text{-N}$	: Nitrat+ Nitrit Azotu
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	: orto Fosfat
J	: Pielou's evenness düzenlilik indeksi
psu	: Practical Salinity Unit (Tuzluluk Birimi)
cm/s	: Santimetre/Saniye
H'	: Shannon & Weaver çeşitlilik indeksi
T	: Sıcaklık
Si	: Reaktif Silikat
SiO_2	: Silikat
S	: Tuzluluk (Salinity)

KISALTMA LİSTESİ

ALLO	: Alloxanthin
BUT	: 19'-butanoyloxyfucoxanthin
B-CAR	: β -carotene
Chl- <i>a</i>	: Klorofil- <i>a</i>
Chl- <i>c</i>	: Klorofil- <i>c</i>
CTD	: Conductivity, Temperature, Depth
ÇİN	: Çözünmüş İnorganik Azot
ÇÖ	: Çözünmüş Oksijen
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DIAD	: Diadinoxanthin
DİSSP	: Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi
FMD	: Floresans Maksimum Derinliği
FUC	: Fucoxanthin
GEBCO	: The General Bathymetric Chart of the Oceans
HAB	: Harmful Algal Blooms (Zararlı alg aşırı çoğalmaları)
HEX	: 19'-hexanoyloxyfucoxanthin
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
LOD	: Limit of detection (Belirleme limiti)
LOQ	: Limit of quantification (Tayin limiti)
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MDS	: Multi Dimensional Scalling (Çok Boyutlu Ölçeklendirme)
MSFD	: Marine Strategy Framework Directive (Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi)
PER	: Peridinin
pH	: Power of Hydrogen
R/V	: Research Vessel (Araştırma Gemisi)
SDD	: Seki Disk Derinliği
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TIN	: Toplam İnorganik Azot
TP	: Toplam Fosfor
TRIX	: Trofik İndeks
WFD	: Water Framework Directive (Su Çerçeve Direktifi)
WoRMS	: World Register of Marine Species (Dünya Deniz Türleri Listesi)

EK LİSTESİ

	Sayfa
EK 1. Çalışma boyunca tespit edilen bazı dinoflagellat türlerinin fotoğrafları	183
EK 2. Çalışma boyunca tespit edilen bazı diatom türlerinin fotoğrafları	186
EK 3. Çalışma boyunca tespit edilen diğer gruplara ait türlerinin fotoğrafları	188



1 GİRİŞ

Deniz ekosistemi farklı kompleks yaşam alanları sunan bu sebeple de yüksek biyolojik çeşitlilik barındıran alanlardır. Deniz ve özellikle nehir ağzı çevreleri son yıllarda artan ve önemli boyutlara ulaşan fiziksel ve kimyasal dönüşüm, habitat tahribatı ve biyolojik çeşitlilikteki değişiklikler gibi olumsuz etkilerle karşı karşıyadır. Arazi ıslahı, tarama, kirlilik (tortu deşarjları, tehlikeli maddeler, çöp, petrol sızıntıları, ötrofikasyon vb.), deniz kaynaklarının sürdürülemez şekilde kullanılması (kum çıkarma, petrol ve gaz kullanımı, balıkçılık vb.), yönetilemeyen turizm, yabancı türler ve iklim değişikliği denizel ortamı olumsuz etkileyen sebeplerdir. Ekosistem tahribatı, deniz kaynaklarına ve faaliyetlerine erişim amaçlı oluşan ticari balıkçılık, akuakültür, turizm, rekreasyon ve deniz taşımacılığı gibi ekonomik ve sosyal baskılardan kaynaklanmaktadır (Borja ve diğerleri, 2008).

Fitoplankton, kısa yaşam süresine sahip olması ve ekosistemde meydana gelen değişikliklere hızlı bir şekilde tepki vermesi açısından izleme programlarında en önemli indikatör canlı grubu olarak değerlendirilebilir (DİSSP, 2017). Fitoplankton, Su Çerçeve Direktifi (WFD, 2000/60/EC) ve Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (MSFD, 2008/56/EC) gibi Avrupa direktifleri de dâhil olmak üzere birçok uluslararası direktif ve kanunlarda uzun süredir temel bir çevresel kalite göstergesi olarak incelenmektedir (Borja ve diğerleri, 2008; Garmendia ve diğerleri, 2013; Muñiz ve diğerleri, 2020). Fitoplankton, besin ağını doğrudan ve dolaylı olarak besleyen önemli bir ekolojik işleve sahip olup (Domingues ve diğerleri, 2008; Garmendia ve diğerleri, 2013) zooplankton ve balık gibi tüm tüketiciler için denizdeki temel besindir. Son yıllarda, fitoplankton araştırmalarının uygulamalı yönleri giderek daha önemli hale gelmiştir. Fitoplanktonun yaşam döngüsü birkaç saatten birkaç güne kadar değişir. Dolayısıyla kısa sürede çevresel, değişimlerin etkisini yansıtır (Polat ve diğerleri, 2005). Ekosistemdeki fitoplankton değişiminin su kalitesi üzerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonunu ve turbiditeyi (bulanıklık) etkilemek gibi önemli etkileri olabileceği gibi ekosistemde bir dizi başka önemli rol de oynar (Domingues ve diğerleri, 2008; Garmendia ve diğerleri, 2013). Sonuç olarak fitoplankton genellikle besin elementlerindeki değişikliklerin bir

göstergesi olarak ve denizel ekosistemde ötrofikasyonun değerlendirilmesinde kilit bir unsur olarak kullanılmaktadır.

Marmara Denizi, Akdeniz ve Karadeniz'e boğazlarla bağlı olan küçük bir iç denizdir. İstanbul ve Çanakkale Boğazları ile birlikte Türk Boğazlar Sistemi olarak adlandırılır. Marmara Denizi 70 km genişlik, 250 km uzunluk boyutlarıyla yaklaşık 11500 km² yüzey alana sahiptir. Ortalama derinliği 400 m, en derin yeri ise 1390 m'dir. Marmara Denizi'nin taban topografyası, güneyinde 100 m derinliğe sahip geniş bir kıta sahanlığı ile kuzeyde yer alan üç derin çukuru göstermektedir. Batıdan doğuya doğru sırasıyla 1100 m, 1390 m ve 1240 m derinliğe sahip bu çukurlar yaklaşık 600 m'ye varan eşiklerle birbirlerinden ayrılırlar. İstanbul Boğazı'nın güneyinde dar kıta sahanlığı keskin bir eğimle Doğu Marmara çukurunda sonlanır. (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019).

İzmit Körfezi batıda Yelkenkaya Burnu'ndan başlayarak doğuda körfezin sonunda bulunan İzmit şehrine kadar ulaşır. Körfez yaklaşık olarak 48 km uzunluğunda olup yer yer daralıp genişleyen bir yapı sergiler. Körfez en geniş noktasında 10 km'ye ulaşırken, en dar kesimde 1,5 km'ye kadar düşmektedir. Körfezin ortalama derinliği yaklaşık 60 m'dir. Körfez batimetrisi morfolojik olarak 3 farklı temel basenden oluşmaktadır. En batıda bulunan kesim, Körfez'in Marmara Denizi ile buluştuğu kısmıdır. Marmara Denizi'nin derin çukurlarının (1200 m) devamı olarak Körfez'e uzanan kesimdir. Bu kesim güney kıyından kuzeye doğru genişlemiş olan Hersek Deltası ile orta kısımdan ayrılır ve yaklaşık su derinliği batı kısımda 200 m'den fazlayken, doğuda Hersek Deltası eşiğinde 50 m'nin altına düşmektedir. Orta basen, Hersek Deltası ile Gölcük-Yarımca eşiği arasında kalan kısımdır ve Körfez'in kuzey-güney yönünde en geniş kısmıdır. Körfez'in bu kısmında dip topografyası asimetric bir yapı göstermekte ve derin alanlar Körfez'in güney kısmında yoğunlaşmaktadır. Körfez'in en doğusunda kalan kısım oldukça dar ve sık bir bölgedir. Bu kısımda derinlikler 40 m'yi aşmaz. Batıda Gölcük-Yarımca eşiği ile sınırlanan basen, doğuda bataklık alanlar ile son bulur (Ediger ve diğerleri, 2013).

Marmara Denizi'nde fitoplankton ile ilgili ilk çalışmalar Artüz (1974), Bingel ve diğerleri (1986), Uysal (1987) tarafından yapılmıştır. Uysal (1987), çalışmasında Marmara Denizi için baskın olan fitoplankton grubunun diatom olduğunu belirtmiştir. Balkıs (2000) Marmara Denizi Büyükçekmece bölgesinde fitoplankton ve besin elementlerini konu alan çalışmasında 7 taksonomik sınıfa ait 125 fitoplankton türü teşhis etmiş, komünitede

dinoflagellatların %52 oranında, diyatomların ise %40 oranında baskın olduğunu belirtmiştir. Bu baskın türlerin Mayıs ve Mart aylarında bolluk değerlerinin maksimuma ulaştığını vurgulamıştır. Balkıs (2003), Marmara Denizi neritik sularda yaz aylarında fitoplankton dağılımı üzerine bir çalışma yapmış ve örneklemeler 1993-1995 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu örneklemeye sonucuna göre ise 102 fitoplankton türü belirlenmiş ve diyatom %46,08 oranında, bunu takip eden dinoflagellat türleri ise %44,12 oranında gözlemlenmiştir. Balkıs (2004), Marmara Denizi'ndeki fitoplankton türlerini, daha önce yapılmış araştırmalara dayanarak liste halinde sunmuştur. Büyükçekmece Koyu'ndan sekizi cins seviyesinde toplam 168 tür bildirilmiştir. Tür sayısı bakımından diyatom (76 tür) ve dinoflagellat (73 tür) gruplarının baskın olduğu vurgulanmıştır. Popülasyonun %45,2'sinin diyatomlar, %43,5'inin dinoflagellatlar tarafından oluşturulduğu belirtilmiştir. Tüfekçi (2000), yaptığı çalışmada Marmara ve Karadeniz istasyonlarında toplam 62 tür teşhis etmiş, fitoplankton bolluğunun Karadeniz'den Marmara'ya doğru azaldığını vurgulamıştır. Yüksek bolluk değerlerinin kış sonu ve yaz sonu örneklemelerinde diyatomlar tarafından meydana getirildiğini tespit etmiştir. Tüfekçi ve diğerleri (2010)'nin yaptığı çalışmada Marmara Denizi'nde (Ekim 2007-Şubat 2008) müsilaj oluşumu süresince fitoplankton bolluğu ve çevresel şartlarını incelemişlerdir. *Gonyaulax fragilis*, *Skeletonema costatum* ve *Cylindrotheca closterium* çalışmada baskın türler olarak tespit edilmiştir. Aynı dönemde baskın diyatom türü *Thalassiosira rotula* ($1,3 \times 10^5$ hücre L^{-1})'dir. Müsilajın yoğun olarak bulunduğu Ocak 2008 Değirmendere (İzmit Körfezi) örneklerinde, *Gonyaulax fragilis*'in hücre sayısı $9,6 \times 10^4$ hücre L^{-1} olarak saptanmış ve aynı örneklerde en çok bulunan diyatom türü *Cylindrotheca closterium* ($1,6 \times 10^5$ hücre L^{-1}) olarak belirlenmiştir. Artüz (2007), Marmara Denizi genelinde meydana gelen ve deniz yüzeyinde görülen beyaz sıvı tabaka olarak nitelendirilen alg aşırı üremesi üzerine yaptığı çalışmada *Rhizosolenia calcar-avis*, *Dinophysis caudata* ve *Dinophysis tripos* türlerinin bu tabakalanmaya sebep olduğunu belirtmiştir. Artan kirlenmenin çeşitli türlerin ortadan kaybolmasına sebep olduğuna ve bunu fırsat bilen türlerin ise hücre sayılarını arttırdığına dikkat çekmiştir. Okuş ve Taş (2007), Kuzeydoğu Marmara Denizi'nde kış dönemi diyatom çoğalması üzerine yaptığı çalışmada 4 sınıfa ait 45 fitoplankton türü belirlemiştir. Türler arasında dağılıma bakıldığında %94 oranında dinoflagellat ve diyatom üyelerinden oluştuğu gözlenmiştir. En baskın türlerin *Proboscia alata* f. *alata* (Brightwell), *Tripos fusus* (Ehrenberg) olduğu belirlenmiştir. Deniz ve Taş (2009), yaptıkları çalışmada Kuzeydoğu Marmara Denizi'ndeki

fitoplankton komünitesinin mevsimsel değişimine değinmişlerdir. 2000 yılı örnekleme periyodunda 55'i dinoflagellat, 42'si diyatom ve 18'i diğer gruplardan olmak üzere 115 tür kaydedilmiştir. Çalışma sırasında *Anabaena* sp., *Nitzschia longissima* ve *Prorocentrum triestinum* türlerinin aşırı üreme meydana getirdiği tespit edilmiştir. Marmara Denizi'nde 2009 ve 2010 yıllarında ikişer dönem olarak yürütülen su kalitesi izleme çalışmalarında yaz döneminde dinoflagellatlardan *Tripos* spp. ve *Protoperidinium divergens*, diyatomlardan *Proboscia alata* ve *Pseudosolenia hebetata*; kış döneminde ise dinoflagellatlardan *Tripos* spp., *Gonyaulax fragilis* ve *Prorocentrum micans*, diyatomlardan *Proboscia alata* en sık rastlanan türler arasında bulunmuştur. Aralık 2009 döneminde özellikle İzmit Körfezi'nden alınan örneklerde dinoflagellat *Prorocentrum triestinum* türünün aşırı üreme meydana getirdiği bildirilmiştir (Sur ve diğerleri, 2010). Özel (2010) Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda 2001 yılı verisini kullanarak yaptığı çalışmasında toplam 105 fitoplankton türü tespit etmiş, bunlardan 12 türün Marmara Denizi için yeni kaydedildiği, 3 türün ise Türkiye Denizleri için yeni kayıt olabileceği belirlenmiştir. Toksik diyatom türü *Pseudo-nitzschia pungens*'in Aralık ayında belli bölgelerde artış göstermesi dikkati çekmiştir. Taş ve diğerleri (2020) Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda Ocak 2004-Aralık 2007 yılları arasındaki fitoplankton kompozisyonundaki değişimleri zamansal ölçekte incelemişlerdir. Potansiyel toksik türlerin ve müsilaj olayının incelendiği bu çalışmada 132 tür teşhis edilmiştir. 9'u dinoflagellat, 2'si diyatom olmak üzere 11 potansiyel zararlı tür tespit edilen çalışmada bu türlerin ekosistem ve insanlar üzerinde toksik ya da zararlı etkisi tespit edilmemiştir.

Marmara Denizi'nin doğu kısmının verimlilik özellikleri ve stratejik konumu nedeniyle İzmit Körfezi'nin önemi büyüktür. Bölgenin uzun süredir endüstriyel anlamda hızlı bir gelişme geçirmesi, yoğun kirlenme baskısına sebep olmuştur. Hızlı sanayileşme, bunu takiben artan şehirleşme ve nüfus, İzmit Körfezi civarında etkili olmuştur. Bu hızlı artışların sonucu olarak su, hava ve toprak kirliliği problemleri yaşanmaktadır. Çözüm arayışları 1970'li yıllarda başlamış ve özellikle endüstriyel bazlı atıksulardaki organik madde gideriminde %80'ler seviyesinde başarı elde edilmiştir. Fakat kara kaynaklı kirleticiler endüstriyel bazlı kirleticilerle sınırlı kalmamış, özellikle hızlı nüfus artışı ile yerleşim birimlerinden kaynaklanan kirleticilerde de ciddi artışlar gözlemlenmiştir (Morkoç ve diğerleri, 1995). 1999 depremi, İzmit Körfezi'ne girdi sağlayan atıksu boşaltım sistemlerinde ciddi zararlara sebep olmuş ve yine deprem sebepli rafineri yangını nedeniyle de petrol yüzey suyuna karışmıştır. Deprem sonrası

artan organik ve inorganik yükler fitoplankton aşırı üremelerine sebep olmuştur (Taş ve Okuş, 2004). Bu durum sonbahar (1999) döneminde doğu baseninde ÇO konsantrasyonlarının düşmesine yol açmıştır (Balkıs, 2003). Tüm bunlara bağlı biyolojik yaşam ve birincil üretimde, genel olarak ilkbahar/yaz döneminde belirgin artışlar olduğu ortaya konmuştur (Okay ve diğerleri, 2001). Bununla beraber, sonbahar-kış döneminde körfezin orta ve iç baseninde belirgin artışlar gözlenmiştir. Düşük yenilenme kapasitesi nedeniyle su kalitesi kötüleşmekte ve bu durum birincil üretimden sorumlu fitoplanktonu ciddi şekilde etkilemektedir. İzmit Körfezi'nin yüzey suyu yaz ve ilkbahar boyunca Marmara Denizi'nden körfez içine, sonbahar ve kış boyunca da Marmara Denizi'ne doğru akmaktadır (Oğuz ve Sur, 1986). Körfezdeki fitoplankton çeşitliliği (Taş ve Okuş, 2004; Aktan ve diğerleri, 2005; Taş ve Deniz, 2009; Tüfekçi ve diğerleri, 2010), suyun fizikokimyasal özellikleri (Morkoç ve Tuğrul, 1995; Okay ve diğerleri, 1994; 1996; Algan ve diğerleri, 1999) ve zooplankton dağılımı (İşinibilir ve diğerleri, 2008) gibi konularla ilgili çeşitli çalışmalar bölgenin zamanla daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Aktan ve diğerleri (2005), İzmit Körfezi nicel ve nitel fitoplankton topluluklarının yapısı ve özellikleri üzerine araştırma yapmışlardır. Bacillariophyceae, Haptophyceae, Dictyochophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae sınıflarına ait 77 tür saptamış, özellikle *Prorocentrum* spp. olmak üzere dinoflagellat tür baskınlığına dikkat çekilmiştir. Öktem (2005), İzmit Körfezi'nde mevsimsel fitoplankton dağılımı üzerine insan kaynaklı kirliliğin etkilerini araştırmış, diatom ve dinoflagellat hücrelerinin bahar ve yaz ayları boyunca fitoplankton popülasyonu üstünde baskın olduğunu vurgulamıştır. Baharda, *Coscinodiscus* spp., *Dithylum brightwellii*, *Rhizosolenia setigera*, *Chaetoceros* spp., *Leptocylinthus danicus* gibi diatom türlerinin; yaz aylarında ise *Noctiluca scintillans*, *Protoperdinium* spp., *Tripos* spp., *Prorocentrum micans* gibi dinoflagellat türlerinin özellikle körfezin iç kısmında baskın türler olduğunu kaydetmiştir. İzmit Körfezi'nde 2007-2010 yılları arasında yapılan çalışmalarda fitoplankton bolluğunun zamana ve istasyonlara göre farklılık gösterdiği saptanmıştır. Diatom grubundan *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia* sp. ve *Cylindrotheca closterium*; dinoflagellatlardan ise *Scrippsiella acuminata* ve *Prorocentrum* türlerinin baskın oldukları gözlenmiştir. Ayrıca fitoplankton kompozisyonunda yıllara göre gözlenen önemli değişimlerin tamamen çevresel koşullarla ilgili olduğu ileri sürülmüştür (Ediger ve diğerleri, 2010). Küçük (2012) yaptığı çalışmasında Ekim 2010-Aralık 2011 dönemlerinde İzmit mikrop plankton türlerinin kalitatif ve kantitatif dağılımları, bu dağılımları etkileyen çevresel faktörler, plankton

ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymuştur. Çalışmada 10 taksonomik sınıfa ait 151 mikrop plankton türü teşhis etmiştir. Sözer-Elgin (2015)'in İzmit Körfezi'nin pikofitoplankton kompozisyonunun belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada fiziksel ve kimyasal değişkenlerin körfezdeki pikofitoplankton dinamiğiyle olan ilişkisi araştırılmıştır.

Fitoplankton kompozisyonunun belirlenmesine yönelik uygulanan geleneksel bir metod olan mikroskop altında tür tayini oldukça zaman alıcı bir yöntemdir. Bu yöntem izleme çalışmaları sırasında toksik/potansiyel zararlı olan ekosistem açısından önem taşıyan türlerin kompozisyonu hakkında bilgi sağlamaktadır. Son yıllarda modern analitik prosedürlerin gelişmesiyle türlerin pigment içeriklerinin analizi, fitoplankton topluluklarının kemotaksonomik sınıflandırılmasına imkan tanımıştır. Bu amaçla kullanılan HPLC, fitoplanktonun taksonomik bileşimi hakkında kalitatif bilgi sağlayan klorofillerin ve karotenoidlerin eşzamanlı tanımlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu pigmentlerin miktarının tayini, farklı taksonlardaki marker pigmentlerin hücresel içeriği ile chl-*a* arasındaki ilişki hakkında yeterli bilgi verildiğinde, bireysel fitoplankton gruplarının toplam chl-*a* miktarına katkısının hesaplanması için temel sağlar. Mikroskop altında yapılan incelemelerin aksine, fitoplankton karakterizasyonuna yönelik kemotaksonomik yaklaşım sadece sınıf veya grup düzeyinde bilgi vermektedir (Henriksen ve diğerleri, 2002). Fitoplankterler bünyelerinde, görünür ışığın belli dalga boylarını yansıtan veya absorbe eden kimyasal bileşenler olan pigmentleri içermektedirler. Ototroflar bu pigmentleri fotosentez yoluyla kendi besinlerini üretmek için güneş ışığını absorbe etmekte kullanırlar. (Sözer-Elgin, 2015). Fotosentezde ana pigment klorofil-*a* olup aksesur pigment olarak adlandırılan yardımcı pigmentler (klorofil-*b* ve *c*) ve çeşitli karotenoid pigmentler (diadinoksantin, fukoksantin, peridinin vb.) fotosentez esnasında klorofil-*a*'nın mevcut ışığı en iyi şekilde kullanmasına yardımcı olmakta ve absorpsiyon verimliliğini artırmaktadır. Küresel ölçekte en çok kullanılan pigmentler arasında yer alan peridinin (PER), fukoksantin (FUC) ve zeaksantin (ZEA) sırasıyla dinoflagellatlar, diyatomlar ve siyanobakterilerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır (Jeffrey ve diğerleri, 1997).

Pigmente dayalı fitoplankton çalışmaları dünya çapında uzun zamandır kullanılan bir tekniktir (Wright ve Jeffrey, 1987; Gieskes, 1991; Millie ve diğerleri, 1993; Jeffrey ve diğerleri, 1997, Gibb ve diğerleri, 2000; 2001; Barlow ve diğerleri, 1997; 2004; Aiken ve diğerleri, 2009).

Ülkemizde pigment konulu yürütülen çalışmalar çoğunlukla klorofil-*a* üzerine yoğunlaşmış olup HPLC ile yapılan pigment çalışmaları son yıllarda giderek artmıştır (Ediger ve diğerleri, 2006; Eker-Develi ve diğerleri, 2008; 2012; Ağırbaş, 2010; 2016; Ağırbaş ve Karadeniz, 2020; Ağırbaş ve diğerleri, 2015; 2017; Dursun ve diğerleri, 2020; 2021).

Fitoplankton üzerine yapılan çalışmalar, bir bölgenin ekolojik durumunu ortaya koyması açısından önemlidir. Ekolojik kalite durum tespiti, suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin yanı sıra biyolojik unsurların da belirlenmesiyle mümkün olmaktadır. Bu doktora tez çalışmasında Marmara Denizi'nin kuzey doğu kısmının ve yüksek endüstriyel baskı altında olan İzmit Körfezi'nin mevcut durumunu ortaya koymak, fitoplankton türlerinin tespiti ve onların dağılımları üzerine etkili olan ortam koşullarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda İzmit Körfezi ile Marmara Denizi doğu çukurunda yer alan M20 ve M23 istasyonları, hem boğaz etkisini görebilmek hem de İzmit Körfezi'nin Marmara Denizi ile buluştuğu kesimde bulunması sebebiyle 4 yıl boyunca mevsimlik olarak izlenmiştir.

Bu tarz çalışmalar, bu bölgelerde yapılacak yatırımlar ve alınan önlemlerin yeterliliğini anlamak için önemli olduğu gibi ekosistemde meydana gelen ani değişimlerin (müsilaj oluşumu, fitoplankton aşırı üremeleri, ani balık ölümleri vb.) nedenlerini anlamak açısından da önem arz etmektedir. Çalışma sonucunda, Marmara Denizi fitoplankton biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunulmuş, mevcut çevresel durumun fitoplankton kompozisyonu üzerindeki etkileri ve çalışma alanının güncel durumu ortaya konmuştur.

1.1 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Fiziksel Oşinografik Özellikleri

Marmara Denizi hidrografik yapısı yaklaşık 25 m derinlikte keskin bir ara yüzey ile birbirlerinden ayrılan yoğunlukları birbirlerinden oldukça farklı iki tabakalı yapıdadır. Üst tabakada İstanbul Boğazı'ndan gelen Karadeniz kökenli az tuzlu (~18psu) sular ile alt tabakada Çanakkale Boğazı'ndan gelen Akdeniz kökenli çok tuzlu (~38psu) sular bulunmaktadır (Ünlüata ve diğerleri, 1990; Beşiktepe ve diğerleri, 1994). Marmara Denizi üst tabaka akıntısı hakim rüzgarlar, atmosferik basınç ve su seviyesi değişimlerinin olduğu kadar İstanbul Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne akan suyun akıntı hızına da bağlıdır. İstanbul Boğazı'nda akıntı hızı boğazın geometrisi ve topografyasına bağlı olarak değişir. Boğazın kuzeyinde yaklaşık 50 cm/s olan akıntı hızı güneye doğru, boğazın daraldığı bölgede 100 cm/s değerine ulaşmaktadır (Oğuz ve diğerleri, 1993). Marmara Denizi'ne hızı daha da yükselerek ince bir jet formunda girer (Beşiktepe ve diğerleri, 1994). Bu akıntı Karadeniz'den gelen suyun miktarı ve

rüzgarlara bağılı olarak önce güneye doğru ilerler. Güney kıta yamacı boyunca da batıya, sonra da kuzey batıya doğru ilerler. Bu akıntı yıl boyunca gözlemlenen kararlı bir yapıdadır ancak şiddeti diğerk koşullara göre değışebilir. Bu ana akıntı boğaz çıkışında bir kola ayrılarak doğuya doğru yönelir ve İzmit Körfezi'nin girişinde yarı kararlı bir antisiklonik döngü oluşturur (Ediger ve diğerkleri, 2013).

Alt tabakada Çanakkale Boğazı'ndan gelen Ege Denizi kökenli sular Çanakkale Boğazı'nın uzantısı şeklindeki kanyonu takip ederek batı çukuruna oradan da doğuya doğru yönelmektedir. Yaz aylarında ise tuzlu ve sıcak olan alt akıntı derine doğru gidemediğinden Marmara Denizi'nin özellikle güneyine doğru yönelir. Bununla beraber Çanakkale Boğazı'ndan Marmara Denizi alt tabakasına giren sular alt tabakada değışik derinliklerde sıcaklık ve tuzluluk anomalilerinin gözlenmesine neden olur. Kış aylarında, nispeten daha soğuk olan Akdeniz kökenli su daha yoğun olmasından dolayı derinlere kadar inebilirken, sonbahar aylarında daha yüksek sıcaklık ve tuzlulukta haloklinin hemen altında yer alır (Beşiktepe ve diğerkleri, 1994).

Hidrografik yapısı itibari ile Marmara Denizi'ne oldukça benzer özellikler gösteren İzmit Körfezi iki tabakalı bir su kütleline sahiptir. Kalınlığı 10-15 m arasında değışen üst tabaka Karadeniz kaynaklı olup tuzluluğı yaz aylarında 22-24 psu arasındadır. Buna karşın sonbahar-kış dönemlerinde azalan sıcaklıklar ve artan rüzgar etkisinin oluşturduğu dikey karışım sebebiyle Marmara Denizi'nde de gözlemlenen yüzey tuzluluğı artışı ve üst tabakanın incilmesi İzmit Körfezi'nde de görölmektedir. Az yoğun olan üst tabakaya karşın 25-30 m derinlikten başlayan yaklaşık 38.5-39 psu tuzluluğına sahip alt tabaka Akdeniz kaynaklıdır. Ayrıca alt ve üst tabakalar arasında bulunan ve bu tabakalardaki az ve çok yoğun olan suların karışması ile meydana gelen haloklin olarak adlandırılan bir geçiş tabakası da mevcuttur. Yukarıda da bahsedildiğı gibi bu üç tabakanın kalınlıkları mevsimsel olarak ve meteorolojik koşullara bağılı olarak değışim göstermektedir. Yoğunluk olarak iki farklı tabakadan oluşan sistemde ayrıca iki tabakalı bir akıntının var olduğundan söz edilebilir. Karadeniz'den gelen az tuzlu sular ile beslenen körfez üst tabakasında ve yüzey tuzluluğunda ilkbahar döneminde Karadeniz'den Marmara Denizi'ne giren az tuzlu su miktarının artması ile 26-27 psu'dan 22-24 psu arasına kadar düşüş görülür. Bu sebeple yaz ayları boyunca Körfez'de daha belirgin bir tabakalaşma oluşur ve üst tabakadaki akıntılar, açık deniz ile su değışim hızının düşmesine neden olur. Üst ve alt tabakalarda kısa süreli hızlı akıntılar ve Marmara Denizi ile artış gösteren

su alışverişi kuzeydoğu (poyraz) ve güneybatı (lodos) rüzgarları ile tetiklenmektedir (Ediger ve diğerleri, 2013).

Körfez üst sularında görünen yatay akıntıların benzeri alt akıntılarda da mevcuttur. Üst akıntılar da olduğu gibi, alt akıntılarda mevsimsel ve Marmara Denizi'nde yaşanan değişikliklere bağlı değişiklikler gözlemlenmektedir. Önceki çalışmalarda (Morkoç ve diğerleri, 1995) körfeze giren alt su miktarının özellikle yaz sonu/sonbahar döneminde belirgin bir artış gösterdiği, buna karşın yaz döneminde ise oldukça az bir su girişi olduğu açıkça görülmektedir. Körfez sularının ilkbaharda az tuzlu üst akıntılar ile sonbahar döneminde de daha tuzlu alt suları ile beslenmesi sistemde önemli fiziksel ve kimyasal değişimlere sebep olmaktadır. İzmit Körfezi'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde görülen yıl içerisindeki mevsimsel değişim yukarıda açıklanan akıntı sistemlerince kontrol edilmektedir (Atabay ve diğerleri, 2014).

1.2 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Kimyasal Oşinografik Özellikleri

Türk Boğazlar Sistemi'ndeki iki tabakalı akıntı rejimi sayesinde Karadeniz'in az tuzlu suları Ege'ye, Ege'nin daha tuzlu suları da boğazlardaki taban akıntısı ile Karadeniz'e kadar yıl boyunca taşınmaktadır. 90'lı yılların başında yapılan Marmara Denizi su bütçesine göre Karadeniz'den giren az tuzlu sular Marmara Denizi üst tabakasında birkaç ay kadar kaldığından (Beşiktepe ve diğerleri, 1994), Karadeniz akısının taşıdığı biyokimyasal bileşenler Marmara Denizi ekosistemi için kritik öneme sahiptir (Tuğrul ve Polat, 1995). İstanbul Boğazı'nın giriş ve çıkışlarında aylık periyotlarla enine kesitlerde ölçülen akıntı vektörlerinden hesaplanan üst ve alt akıntı debileri ve taşıdığı besin elementleri boğazdaki blokaj durumunda yıllık ortalamaların çok üzerine çıkabilmektedir (Altıok ve diğerleri, 2014). Karasal kaynaklı kirleticilerin yıllık yükleri Karadeniz girdisine yakındır; fakat insan kaynaklı atıklar en fazla Marmara'nın kıyısız kuşağını ve körfez sularının biyokimyasal özelliklerini etkilemektedir (Tuğrul ve Polat, 1995). Marmara'ya ulaşan batı Karadeniz suları canlı ve cansız organik maddelerce oldukça zengin olmakla birlikte fazlaca mevsimsel salınım göstermektedir (Tuğrul ve Polat, 1995; Altıok ve diğerleri, 2014). Marmara Denizi'ne taşınan besin elementleri yüklerinin sürekli artması sonucu fotosentez üst tabakaya sınırlanmış ve nutriklin (besin elementleri artış tabakası) ile haloklin çakışmıştır. Alt tabakadaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu suboksik (<1,6 mg/L) seviyelere düşmüş; nitrat, fosfat ve silikat konsantrasyonları artmıştır (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2014).

Marmara Denizi'nde sürekli var olan iki tabakalı yapıdan dolayı, oksijence doymuş üst tabaka suları ara tabaka engeli nedeniyle alt tabakaya ulaşamamakta ve alt sulara düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarının 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 çözünmüş 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 çözünmüş 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 çözünmüş oksijence doymuş Akdeniz suyu ile beslenmektedir. Çanakkale Boğazı alt akıntısıyla gelen bol çözünmüş oksijenli suların oksijen konsantrasyonu Marmara girdikten sonra Doğu Marmara kesimine ulaşana kadar süratle azalmaktadır (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2017).

Boğaz alt akıntısı ve Marmara alt tabaka tuzlu sularının kimyasal özelliklerindeki bölgesel ve mevsimsel değişimler oldukça düşüktür. Çünkü üretken yüzey sularından güneş ışığının ulaşmadığı tuzlu sulara yıl boyunca değişen miktarlarda sürekli partikül organik madde girdisi vardır. Bunun sonucu olarak düşük konsantrasyon fakat yüksek nitrat/fosfat oranı ile giren tuzlu Ege sularının kimyasal özellikleri, Marmara'da kaldığı 6-7 yıllık ortalama sürede önemli değişime uğrar. Çözünmüş oksijen suboksik konsantrasyonlara (0,64-2,56 mg/L) düşerken, nitrat ve fosfatça zenginleşir; N/P oranı 8-10 mertebesine düşer. Bu değişen özelliklerle Karadeniz'e kadar ulaşır. Diğer bir ifade ile Karadeniz'den ve karasal kaynaklardan Marmara yüzey tabakasına taşınan besin tuzlarının önemli bir yüzdesi, boğaz alt akıntısıyla Karadeniz'in ara sularına geri taşınır (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2014).

İstanbul Boğazı'ndan çıkan yüzey suyu, hidrolik kontrole uğramakta ve süperkritik bir jet olarak Marmara-Boğaz bağlantı bölgesinde kuvvetli bir dikey su hareketi oluşturmaktadır. Bu dikey su hareketinin en önemli özelliği alt tabaka sularındaki zengin besin elementi kaynağını üst su bölgesine transfer ederek daha sonra yüzey suyu jeti ile Marmara Denizi'ne taşıyarak buraları besin tuzları açısından zenginleştirmektedir. Jetin besin tuzlarını taşıdığı bölge birincil üretim açısından en etkin yöreler olmasına karşılık bu bölgelerdeki kuvvetli yatay taşınım hareketleri birincil üretimi ters yönde etkileyerek fitoplankton biyokütle oluşum oranını azaltmaktadır. Öte yandan, jetin dış tarafında oluşan kuvvetli siklonik bölge ve buna bağlı dikey

su hareketleri de yüzey sularına besin elementi girdisi sağlamaktadır. Buna benzer başka bir dikey su hareketi ve besin elementi transferi ise akıntıların kuzey dip baseninin etrafındaki yamaç bölgesi üzerinde derinden sığa doğru akması esnasında ortaya çıkmaktadır. Bütün bu fiziksel olaylar, Marmara Denizi'nde, başka bir fiziksel mekanizma ile besin elementi girdisi olmaması durumunda bile, yüksek bir fitoplankton üretimine yol açabilmektedir (Oğuz, 2016).

1.3 Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin Biyolojik Oşinografik Özellikleri

Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde suyun fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra, fitoplankton çeşitliliği, zooplankton dağılımı, makro alg çeşitliliği, bentik canlı kompozisyonu, balık çeşitliliği gibi konularla ilgili yapılmış olan çeşitli çalışmalar bölgenin zamanla daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Biyoçeşitlilik açısından son derece önemli olan Marmara Denizi'nde tür dağılımını etkileyen dört önemli etken vardır. Bunlar; doğal ve insan kaynaklı sebeplere bağlı dip çözülmüş oksijen konsantrasyonları, antropojenik baskılar, aşırı ve yanlış avcılık politikası ve deniz tabanı katı atık kirliliğidir (Yüksek, 2013).

Marmara Denizi'nin özellikle kıyısız bölgelerinde ve İzmit Körfezi'nin de içinde bulunduğu körfezlerde fitoplankton biyokütlesinin yüksek ve tür kompozisyonunun aşırı üreme dönemleri dışında da zengin olduğu bilinmektedir. Körfezde düşük yenilenme kapasitesi nedeniyle su kalitesi kötüleşmekte ve bu durum birincil üretimden sorumlu fitoplanktonu ciddi şekilde etkilemektedir. Körfezde fitoplankton topluluğunda diatom ve dinoflagellat türlerinin bolluk değerlerinin mevsimsel değişim gösterdiği bilinmektedir. 2008'den bu yana ilkbahar ve yaz dönemlerinde körfezde dinoflagellat baskınlığının olduğu görülmektedir (Tan ve diğerleri, 2020).

Fitoplankton biyokütle göstergesi olan klorofil-*a* değerleri Marmara Denizi ve İzmit Körfezinde üst su kolonunda yüksek değerlerde olup, tabakalaşmanın başladığı derinlikten itibaren değerler hızlı düşmekte olduğu belirlenmiştir. Ayrıca klorofil-*a* konsantrasyonunun İstanbul Boğazı'ndan, Çanakkale Boğazı'na doğru azaldığı belirlenmiştir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2014).

Marmara Denizi, Akdeniz-Ege ve Karadeniz arasında bir köprü görevi görmekle birlikte güçlü tabakalaşma ve ötrofikasyon nedeniyle oldukça farklı bir zooplankton yapısına sahiptir. En dikkat çekici özelliğinin başında Cladocera grubunun baskınlığıdır. Dünya denizlerinde ve komşu denizlerde genellikle Copepoda bolluk açısından baskın grubu oluştursa da Marmara Denizi genelinde ve özellikle İzmit gibi bölgelerde Cladocera türleri yıl boyu Copepoda

türlerinden daha yüksek bolluk değerlerine ulaşabilmektedir (Yılmaz, 2015). Marmara Denizi için bir diğer önemli grup zooplankton ile aynı besin için rekabet halinde bulunan ve aynı zamanda zooplankton erken gelişim safhaları (yumurta, naupli) üzerinden beslenerek zooplankton üzerinde baskı oluşturan heterotrofik dinoflagellat *Noctiluca scintillans*'ın dağılımıdır. Daha uzun zamansal çözünürlüğe sahip çalışmalarda ortaya konduğu üzere ilkbaharda asıl yüksek bolluk seviyelerine, Kasım ayında ise daha düşük ikinci bir artış izlenebilmektedir (Yılmaz ve diğerleri, 2005; İşinibilir ve diğerleri, 2008; Yılmaz, 2015). İzmit Körfezi'nin de içinde bulunduğu alanlarda Marmara Denizi genelinde *Noctulica scintillans* türünün zaman zaman red-tide oluşturduğu bilinmektedir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019).

Marmara Denizi'nde 2016 yılı itibariyle deniz tabanı biyoçeşitliliğinin en yüksek olduğu alanın Erdek Körfezi olduğu, İzmit Körfezi'nde ise şehirleşme baskısının yoğunluğu ve hipoksik koşulların oluşması sebebiyle özellikle ekonomik demersal balık popülasyonuna rastlanılmadığı tespit edilmiştir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019).

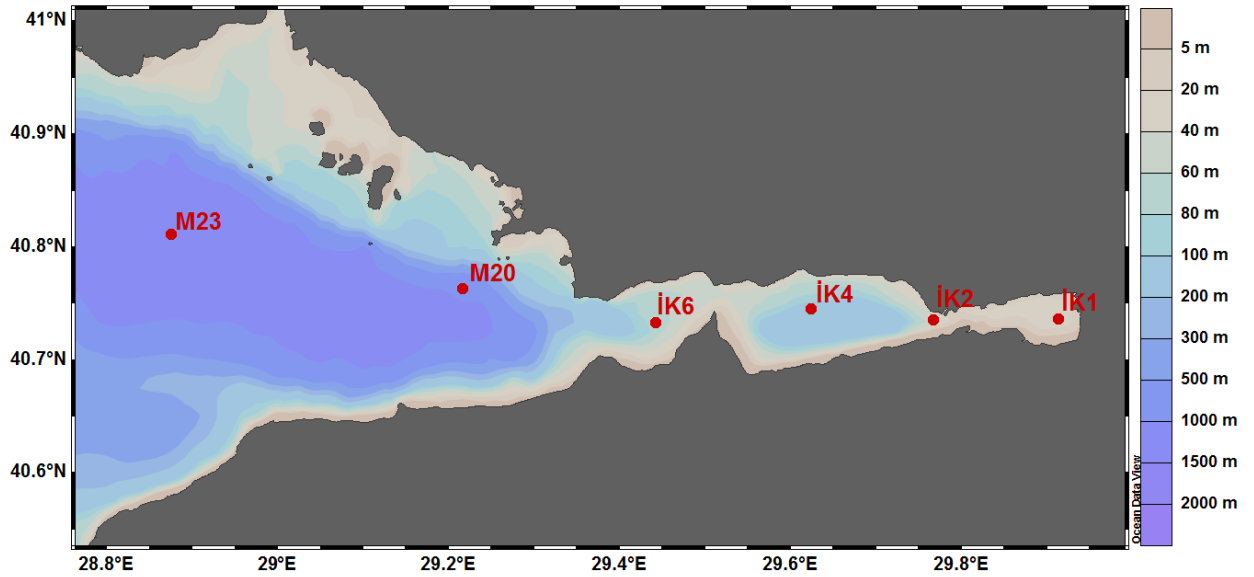
Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nin makroalg kompozisyonuna bakıldığında özellikle toleranslı ve fırsatçı türlerin ortamda yaygın olduğu görülmektedir. İzmit Körfezi'nde makroalglerden *Ulva*, *Cladophora*, *Ceramium* gruplarına ait türlerin baskınlığı ortamın ekolojik durumunu olumsuz etkilemektedir (Atabay ve diğerleri, 2014).

Marmara Denizi'nde haloklin altı bentik bölge, asılı organik maddeler ile beslenen omurgasızlar açısından zengin tür çeşitliliğine sahiptir ve yoğun topluluklar barındırmaktadır. Bu topluluklar son yıllarda başta küresel iklim değişimi olmak üzere çeşitli tehditler altındadır (Topçu ve diğerleri, 2016). Marmara Denizi'nde özellikle İstanbul bölgesinde ve İzmit Körfezi'nde Polychaeta, Crustacea ve Mollusca gruplarına ait türlerin bulunduğu bilinmektedir (Yüksek ve Gürkan, 2016). Bu bölgelerde Polychaeta grubunun baskın olması organik kirliliğin bir göstergesi olarak gösterilmiştir (Sur ve diğerleri, 2010). Körfezde özellikle 2016 yılından itibaren Polychaeta grubunun %95'lere ulaşan baskınlığa ulaştığı belirtilmiştir. Bentik canlılar açısından durum değerlendirildiğinde özellikle iç körfezin ekolojik kalite durumunun “çok kötü” olduğu görülmektedir (Tan ve diğerleri, 2020).

2 MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı ve İzlenen Değişkenler

Çalışmada İzmit Körfezi'nin iç, orta ve dış kesimini temsilen seçilmiş 4 istasyon ve körfezin Marmara Denizi ile bulunduğu, Marmara Denizi'nin kuzeydoğu kısmında bulunan 2 istasyon olmak üzere toplam 6 istasyondan, 4 yıl boyunca mevsimsel örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Örnekleme tarihleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme noktaları (Veri: GEBCO 2014 30sec)

Tablo 1. Örnekleme tarihleri

Yıl	Mevsim	Örnekleme Tarihi
2015	Kış	17.02.2015
	İlkbahar	29.05.2015
	Yaz	3.08.2015
	Sonbahar	10.11.2015
2016	Kış	1.02.2016
	İlkbahar	26.05.2016
	Yaz	19.07.2016
	Sonbahar	22.11.2016

Yıl	Mevsim	Örnekleme Tarihi
2017	Kış	1.02.2017
	İlkbahar	23.05.2017
	Yaz	8.08.2017
	Sonbahar	16.11.2017
2018	Kış	25.01.2018
	İlkbahar	24.04.2018
	Yaz	10.08.2018
	Sonbahar	20.11.2018

2015-2018 arasındaki yılları içeren 4 yıllık örnekleme sürecinde istasyonlarda biyolojik parametreler (fitoplankton, klorofil-*a* ve iz-pigmentler) yüzey suyu ve floresans maksimum derinliğinden (FMD), çevresel değişkenler ise su kolonu boyunca örneklenmiştir. Tez çalışması kapsamında izlenen çevresel değişkenler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. İzlenen değişkenlerin izlenme amacı ve örnekleme periyotları

Değişkenler	İzleme Amacı	Örnekleme Periyodu/Derinlik
Fitoplankton	Tür Kompozisyonu, Bolluğu, Zararlı Tür Dağılımı	4 kez/yıl (2015-2018) Yüzey ve FMD
Pigment Analizi	Fitoplankton gruplarının ‘marker’larının belirlenmesi Fitoplankton gruplarının marker pigment ile olan ilişkisinin belirlenmesi	4 kez/yıl (2017-2018) Yüzey ve FMD
Besin Elementleri	Destekleyici çevresel parametre	4 kez/yıl (2015-2018) Su kolonu
Klorofil-<i>a</i>	Fitoplankton biyokütlesi olarak izlenmesi	4 kez/yıl (2015-2018) Yüzey ve FMD
ÇO, Seki Disk Derinliği, Fiziksel Parametreler (Tuzluluk, Sıcaklık)	Destekleyici çevresel parametreler	4 kez/yıl (2015-2018) Su kolonu

2.2 Ölçüm, Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında izlenen değişkenlerin ölçüm ve analiz yöntemleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İzlenen değişkenlerin ölçüm ve analiz metotları

Parametre	Yöntem	Cihaz	Referans	LOD/ LOQ	Birim
T,S,D	Yerinde ölçüm (In-situ Measurement)	CTD prob	CTD Manual – Software DİSSP (2017)	-	°C, psu ,m
SDD	Yerinde ölçüm (In-situ Measurement)	Secchi disk	DİSSP (2017)	-	m
ÇO	İyodometrik Yöntem (Iodometric Method) (Winkler Yöntemi)	Titratör	S.M. 4500 B:2005 DİSSP (2017)	-	mg/L
PO ₄ ³⁻ -P	Ortofosfat Tayini Yöntemi (Method of Determination of Orthophosphate)	Otoanalizör	S.M. 4500-P: 2005 G DİSSP (2017)	0,02/ 0,07	µM/L
NO _x ⁻ -N	Kadmiyum İndirgeme Yöntemi (Cadmium Reduction Method)	Otoanalizör	S.M. 4500-NO ₃ - I:2005 DİSSP (2017)	0,05 / 0,17	µM/L
NH ₄ ⁺ -N	Sürekli Akış Enjeksiyon Yöntemi (Flow Injection Method)	Otoanalizör	S.M. 4500-NH ₃ H:2005 DİSSP (2017)	0,041 / 0,14	µM/L
SiO ₂	Kolorimetrik Yöntem (Colorimetric method)	Otoanalizör	SM 4500-SiO ₂ - :2005 F DİSSP (2017)	0,06 /0,19	µM/L
Chl- <i>a</i>	Spektrofotometrik Yöntem- Aseton ile Ekstraksiyon Spectrophotometric Method- Extraction With Acetone	Spektrofoto metre	S.M 10200 H. DİSSP (2017)	0,05	µg/L
Fitoplankton	Çöktürme ön işlemlili/Mikroskopta sayım	Ters (inverted) mikroskop	Semina, H.J. 1978; Thronsen, J. 1978; Utermöhl, H. 1958; Guillard, R. R. L. 1981; Sukhanova, I.N. 1978 DİSSP Deniz İzleme Kılavuzları (2017)	-	hücre L ⁻¹
İz-pigment	HPLC Aseton ile Ekstraksiyon Extraction With Acetone	Yüksek performanslı sıvı kromatografi si cihazı (HPLC)	Barlow ve diğerleri, 1997		µg/L

2.2.1 Fiziksel parametreler

2.2.1.1 CTD ile yapılan ölçümler

CTD ölçümleri, 2015-2018 yılları arasında tüm istasyonlarda yapılmıştır. Ölçümlerde SeaBird SBE 25Plus/ SBE 27 pH Sensörlü CTD cihazı ve SBE 32C rozet sistemi (her biri 8 lt, 12 numune alma şişesi) kullanılmıştır. Standart sensörlere (basınç, sıcaklık, iletkenlik) ilave olarak in situ floresans sensörü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. CTD sistemi olarak adlandırılan sistemler iletkenlik (Conductivity), sıcaklık (Temperature) ve derinlik (Depth) parametrelerini ölçmek için tasarlanmış sistemlerdir. Ölçülen bu parametreler yardımıyla çeşitli bağıntılar kullanılmak suretiyle tuzluluk, yoğunluk vb. bazı parametreler hesaplanabilmektedir. CTD cihazı gemi üzerinde bulunan veri aktarımının sağlandığı özel bir ırgat yardımıyla her istasyonda dip derinliğinden 2 m yukarısına kadar indirilmiştir. M20 ve M23 gibi derin istasyonlarda ise hava durumu ve deniz tabanı yapısına göre hareket edilmiştir. CTD ölçümleri tüm istasyonlarda kesintisiz olarak su kolonu boyunca ölçülmüştür ve su numuneleri belirlenen derinliklerden alınmıştır.

2.2.1.2 Seki Disk (Secchi Disk) derinliği

Seki Disk Derinliği (SDD), güneş ışığının yeterli olduğu gündüz saatlerinde su kolonunda seki diskinin çıplak gözle görülemez olduğu derinliktir. Seki disk ölçümünde metalden yapılmış 30 cm çapında yarısı beyaz, yarısı siyah renk boyanmış yuvarlak bir plaka kullanılmıştır. Bu plaka ip yardımıyla geminin güneş alan tarafından denize dik olarak daldırılır ve gözden kaybolduğu derinlik SDD olarak kabul edilir.

2.2.2 Kimyasal parametreler

2.2.2.1 Çözünmüş oksijen

Su örneklerinin çözünmüş oksijen içeriği S.M. 4500 B:2005'e göre Iodometrik Winkler metodu kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Iodometrik test en hassas ve güvenilir titrimetrik yöntemdir. Bu yöntemle göre deniz suyu Niskin şişesinden havalandırılmadan tygon boru yardımı ile 100 ml Winkler şişelerine aktarılmıştır. Bu işlem sırasında hortumun ucunun oksijen şişesinin dip kısmına gelmesi önemli olup yavaşça doldurulmuştur. Şişe hacminin 2-3 katı kadar suyun şişeden taşması sağlanarak hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra üzerine önce mangan sülfat ve ardından alkali iyodat asit çözeltisi ilave edilmiştir. Şişeler yaklaşık bir dakika veya 10-15 kez alt üst edilerek içindeki çözeltilerin tamamen karışması sağlanmıştır. Çökmenin tamamlanması için karanlıkta en az 20 dakika

beklendikten sonra titrasyon işlemi yapılmıştır. İodometrik test cam örnekleme şişesindeki örneğe iki değerlikli Manganez çözeltisinin daha sonra da kuvvetli bir alkalinin ilavesi pensibine dayanmaktadır. Mevcut çözünmüş oksijen, ekivalan miktarda iki değerlikli Mangani yükseltgeyerek hidroksit çökeleğini oluşturur. İyot iyonlarının ilavesiyle ve asidik koşullarda yükseltgenmiş Manganez tekrar iki değerlikli duruma döner ve bu sırada numunede bulunan çözünmüş oksijene eşit miktarda İyot açığa çıkar. Açığa çıkan İyot standart tiyo sülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyonun dönüm noktası nişasta yardımıyla görülür (S.M. 4500 B:2005). İstasyonların tümünde CTD profiline göre örnekleme derinlikleri belirlenmiş (termoklin, ara soğuk su tabakası, FMD, ışıklı tabakanın sonu, alt su tabakası gibi karakteristik derinlikleri temsilen) ve çözünmüş oksijen için su kolonu boyunca örnekleme yapılmış ve winkler yöntemi ile analiz edilmiştir.

2.2.2.2 Besin elementleri

Besin elementleri için deniz suyu örnekleri, tüm istasyonlardan CTD profiline göre su kolonu boyunca farklı derinliklerden (termoklin, ara soğuk su tabakası, FMD, ışıklı tabaka sonu, alt su tabakası gibi karakteristik derinlikleri temsilen), Seabird CTD- Rozet sistemi ile 8 L'lik Niskin şişelerinden alınmıştır. Örnekler seyreltik asitle yıkanmış 100 ml'lik polietilen şişelere alınmıştır. Numune alımı sırasında şişeler doldurulmadan önce çalkalanmıştır. Çözünmüş inorganik azot (NO_x^- -N ve NH_4^+ -N), çözünmüş inorganik fosfor (PO_4^{3-} -P) ve Silikat (SiO_2) parametreleri numune alındığı gün içerisinde R/V TÜBİTAK Marmara Araştırma gemisinde bulunan QuAatro marka otoanalizör cihazıyla analiz edilmiştir.

2.2.2.2.1 Amonyum Azotu (NH_4^+ -N)

Amonyum Azotu konsantrasyonları QuAatro marka otoanalizör cihazında Standart Metot (S.M.) 4500-NH₃ H'ye göre Flow Injection Analysis metodu kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Modifiye edilmiş Bertholat reaksiyon metodunun otomatik olarak ölçülmesi prensibine dayanır. Monokloramin ile klorlanmış olan amonyak fenol ile reaksiyona girer. Oksidasyondan sonra oksidatif olarak bağlanan yeşil renkli bir kompleks oluşur. Reaksiyon nitropursiyad tarafından kataliz edilir. Klorlama için sodyum hipoklorit kullanılır. Oluşan bu kompleks formun absorpsiyonu 630 nm'de ölçülür.

2.2.2.2.2 Nitrit+Nitrat Azotu (NO_x^- -N)

Nitrit+Nitrat Azotu konsantrasyonları QuAatro marka otoanalizör cihazında S.M. 4500-NO₃-I:2005'e göre kadmiyum indirgeme metodu kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Bu

metot, nitrat ve nitritin kadmiyum indirgeme metodu ile tayinini içeren bir metottur. Numunenin, bakır kadmiyum içeren bir kolondan geçirilerek nitratin nitrite indirgenmesi esasına dayanır. Nitrit (orijinal numunede bulunan+indirgenmiş nitrat) α -naftiletilendiamin dihidrolorür ile bağlanmış sülfanilamid ile koyu renkli azo boya formuna dönüştürülerek (diazotlama) 540 nm’de ölçülür.

2.2.2.2.3 Orto-Fosfat ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)

Orto-Fosfat konsatrasyonları QuAAtro marka otoanalizör cihazında orto-Fosfat tayini S.M. 4500-P: 2005 G metodu kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Su örneklerinde fosfat amonyum molibdat ve potasyum antimonil tartarat ile reaksiyona sokularak kompleks asit oluşturulur. Bu kompleks asit askorbik asit tarafından mavi renkli bir kompleks oluşturarak indirgenir ve 880 nm dalga boyunda ölçülür.

2.2.2.2.4 Reaktif Silikat (SiO_2)

Silikat konsatrasyonları QuAAtro marka otoanalizör cihazında S.M. 4500-SiO₂:2005 F’ye göre Kolorimetrik Metot kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Ortamdaki Silikat asidik ortamda amonyum molibdat ile reaksiyona girerek molibdosilisik asit’e dönüşür. Oluşan bu kompleks askorbik asit ile mavi renkte molibden kompleksine indirgenir ve 810 nm’de ölçülür. Okzalik asit ilavesi ile fosfatın girişimi (interfere) engellenir.

2.2.2.3 TRIx

Trofik İndeks (TRIX) kıyı yüzey sularının trofik durumunun (ötrofikasyon) sınıflandırılmasında kullanılan bir ölçüttür. TRIx İndeksi, besin tuzlarından Toplam Fosfor (TP) ve Toplam İnorganik Azot (TIN), planktonik biyokütle kantitatif indikatörü Klorofil-*a* (Chl-*a*) ve fotosentez yoğunluğu göstergesi aÇO% (oksijen doygunluğunun %100 ÇO’dan sapması) parametrelerini içeren logaritmik bir hesaplama metodudur.

TRIX indeksi (Vollenweider ve diğerleri, 1998; Bendoricchio ve de Boni, 2005) aşağıda verilen Denklem 2.1’e göre hesaplanır;

$$\text{TRIX} = (\text{Log}_{10}[\text{Chl-}a \times a\text{ÇO}\% \times \text{TIN} \times \text{TP}] + k) / m \quad (2.1)$$

Chl-*a*: Klorofil-*a* konsatrasyonu ($\mu\text{g/L}$),

aÇO%: Oksijen doygunluk değerinden mutlak sapma: $100 - \% \text{ÇO}$

TIN: Toplam inorganik azot: ($\text{NO}_x^- + \text{NH}_4^+$)-N ($\mu\text{g/L}$)

TP: Toplam fosfor ($\mu\text{g/L}$)

k: Denklem sabiti; 1.5

m: Denklem sabiti; 1.2

Bu indekse göre sınıflandırma aşağıdaki renk kodları kullanılarak yapılmıştır:

Tİ < 4	Ötrofikasyon Riski Yok
4-5	Ötrofikasyon Riski Mevcut
5-6	Ötrofikasyon Riski Yüksek
Tİ>6	Ötrofik

2.2.3 Biyolojik parametreler

2.2.3.1 Klorofil-a

Klorofil-a konsantrasyonları Spektrofotometre cihazında S.M 10200 H'ye göre Aseton Ekstraksiyonu (özütme) yöntemi kullanılarak ölçülmüştür (APHA, 2012). Sahadan toplanan su örneklerinin 0,7 µm gözenek açıklığı olan 47 mm çaplı GF/F filtre kâğıtlarından süzülmesi ve filtrenin bir çözücü ile parçalanarak oluşan rengin absorbansını spektrofotometrede okunması esasına dayanır. Laboratuvarında santrifüj tüplerine aktarılan filtrelere 10 ml %90'a seyreltilmiş analitik saflıkta aseton eklenerek 1 dk vortex kullanılarak parçalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtreler, klorofil-a'nın etkin olarak ayrışması amacı ile 12 saat boyunca +4°C'de bekletilmiştir. Süre sonunda oda sıcaklığına getirilen numuneler 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra spektrofotometrede farklı dalga boylarında (750, 663, 645, 630 nm) absorbans değerleri alınarak Denklem 2.2'ye göre sonuçlar hesaplanmıştır.

$$\text{Chl-a} = \{ [11,64 \times (A_{663} - A_{750}) - 2,16 \times (A_{645} - A_{750}) + 0,01 \times (A_{630} - A_{750})] \times V_{\text{aseton}} \} / V_{\text{filt}} \quad (2.2)$$

A_{663} , A_{645} , A_{630} , A_{750} : Farklı dalga boylarına ait absorbans değerleri

V_{aseton} : Aseton hacmi

V_{filt} : Süzülen deniz suyu hacmi

2.2.3.2 Fitoplankton analizleri

Fitoplankton örnekleme R/V TÜBİTAK MARMARA gemisi ile yapılmış, analizleri ise TÜBİTAK MAM ÇTÜE laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Fitoplankton örnekleme için Niskin tip su örnekleyicisi kullanılmıştır. İstasyonların tamamında yüzey suyu ve FMD'den 1 lt olmak üzere Niskin tip universal su örnekleyici ile su numunesi alınmıştır.

Laboratuvara getirilen örnekler hiçbir şekilde yerlerinden oynatılmadan en az bir hafta süre ile çöktürmeye tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda çöken örneklerin üzerindeki su, uç kısmına 20 µ göz açıklığında plankton bezi takılmış ince hortumla dikkatli bir şekilde vakumlanmış ve örnekler ikinci çöktürme için 50 ml'lik kahverengi şişelere aktarılmıştır. Sedimentasyondan sonra örnekler, aynı yöntem ile final hacmi 5 ml olacak şekilde mikroskop çalışmasına hazır hale getirilmiştir (Özel, 1998; Cirik ve Gökpınar, 1993).

Örnekler NIKON TE 2000 model mikroskop altında Sedgewick-Rafter sayım kamerası kullanılarak incelenmiştir. Örneğin durumuna göre en yoğun konsantrasyona getirilen örnekler dikkatli bir şekilde çalkalanarak organizmaların homojen olarak dağılımı sağlanır. Homojen hale getirilen örneklerden 1 ml alınarak sayım kamerasına konur. Tam olarak kamaranın dibine çökme sağlanması için bir süre beklenir. Bu işlemten sonra organizmaya ait litredeki hücre sayıları belirlenir. Tür tanımlamaları esnasında $\times 10$, $\times 20$ ve $\times 40$ 'lık objektifler kullanılmıştır (DİSSP, 2017). Teşhis edilen türlerin güncel taksonomik isimlendirmelerini kontrol etmek için AlgaeBase ve WoRMS (World Register of Marine Species) veri tabanları kullanılmıştır.

2.2.3.3 İz-pigment analizi (HPLC ile)

İz-pigment analizleri için numuneler Nansen şişeleriyle alınmıştır. Laboratuvara getirilen bu örnekler, 0,7 µm gözenek açıklığı olan 25 mm çaplı GF/F filtrelerden 0,5 atm'den az bir basınç altında 0,3-1 litre arası değişen hacimlerde süzölmüş ve analiz zamanına kadar -80°C'de, derin dondurucuda bekletilmiştir. Analiz zamanı ekstraksiyon, HPLC'de kullanılabilecek saflıkta (%98) 5ml asetonda 1 dakika boyunca 60 Hz frekansta sonikatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilmiş örnekler 12 saat karanlıkta +4°C'de bekletilmek üzere buzdolabında muhafaza edilmiştir. Takip eden gün ise tüplerdeki numuneler 10 dakika boyunca 3500 rpm dönme hızında santrifüjlenmiştir. Ardından, 500 µl ekstrakt 0,2 µm gözenek açıklığına sahip filtrelerden geçirilmiş ve yine 500 µl amonyum asetat solüsyonu eklenerek yüksek performanslı sıvı kromatografisi cihazı (Agilent 1200 Series – Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi Cihazı–Thermo Scientific MOS-2 HYPERSIL Dim. (mm) 150x4.6 SN: 0307687K Lot:9082 Particle Sz (micron) 3-Kolon) ile pigment analizine (Barlow ve diğerleri, 1997) tabi tutulmuştur. HPLC sistemi her açılışında her bir pigmentin (Klorofil *a*, *b*, *c2*, Peridinin, Fucoxanthin, 19'-hexfucoxanthin, 19'-butfucoxanthin, Diadinoxanthin, Alloxanthin, Zeaxanthin, Lutein, Divinyl klorofil *a*, β -carotene) ticari standartlarıyla kalibre

edilmiştir. HPLC ile elde edilmiş kromatogramlar pigment standartları yardımıyla tanımlanmış ve pigment konsantrasyonu hesabı Jeffrey ve diğerleri (1997)'nin "harici standart" denklemi ile yapılmıştır (Denklem 2.3).

$$C_p = (A_p \times V_{ext} \times 10) / (B \times V_{filt} \times V_{inj} \times 1000 \times R_f) \quad (2.3)$$

C_p ($\mu\text{g L}^{-1}$): Pigment konsantrasyonu

A_p (mAU*s): Ayırılan pigmentin pik alanı

R_f (ngmAU $^{-1}$): Kalibrasyon eğrisi değeri (Kullanılan standart için hesaplanmıştır)

V_{filt} (l): Filtre edilen deniz suyu hacmi

V_{ext} (ml): Ekstraksiyon hacmi

V_{inj} (μl): Kromatografik sisteme enjekte edilen solvent

B: Buffer seyreltme faktörü

2.2.4 İstatistiksel analizler

2.2.4.1 Çeşitlilik indeksleri

Fitoplankton komünite yapısının belirlenmesi amacıyla aşağıdaki ekolojik indeksler uygulanmıştır: Shannon & Weaver çeşitlilik indeksi (H'), Margalef tür zenginliği indeksi (d), Pielou's evenness düzenlilik indeksi (J) (Clarke ve Gorley, 2001). Çeşitlilik indeksleri saf tür indeksini belirlemek yerine bireylerin tür içerisinde nasıl dağıldığının tespiti amacıyla kullanılır. İndeksler popülasyonun, varsa verimlilik ile ilişkisini ve çevresel faktörlere tepkisini anlamak için hesaplanır.

2.2.4.1.1 Shannon & Weaver çeşitlilik indeksi

Bu indeks bir nispi bolluk (oranlama) indeksidir ve n/N olasılık oranı karelerinin toplanmasıyla elde edilir. İndeks 0-5 arasında limitlidir. İçerdiği güçlü logaritmik dönüşüm sayesinde grup içi varyansı en küçüğe indirgeyebilen bu indeks, istasyonda tür zenginliği ile türler arasında birey sayılarının nasıl dağıldığını göstermektedir. Shannon & Weaver (H') tür çeşitlilik indeksinde tür sayısı kadar türlerin birbirleri arasında oransal katılım payları da gözönüne alınır. Türce zengin ve türler arasında nicelik açısından eşit paylaşımın olduğu durumlarda indeks değeri yüksek çıkar. Bu indeks aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Denklem 2.4) (Odum ve Barrett, 2005, Jorgensen ve diğerleri, 2005).

$$H' = -\sum_{i=1}^k p_i \log_2 p_i \quad (2.4)$$

$$p_i = N_i / N$$

k: Tür sayısı

N_i : i'inci türe ait birey sayısı

N: Toplam birey sayısı

2.2.4.1.2 Pielou evenness indeksi (düzenlilik indeksi)

Bu indeks istasyonda bulunan türler arasında birey sayılarının nasıl dağıldığını, düzenliliğini ve homojenliğini göstermektedir. Komünite içinde az sayıda baskın türlerin varlığı indeks değerini önemli oranda düşürmektedir. 0-1 arasında limitli olan indeks değerinin 1'e yakın çıkması düzenli; sıfıra yakın çıkması ise düzensiz dağıldığını gösterir. Bu indeks aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Denklem 2.5) (Jorgensen ve diğerleri 2005).

$$J' = H' / H'_{\max} \quad (2.5)$$

H' = hesaplanan Shannon-Weaver indeksi

$$H'_{\max} = \log_2(k)$$

k: Tür sayısı

2.2.4.1.3 Margalef indeksi (tür zenginliği indeksi)

Tespit edilen tür sayılarının toplam birey sayısına oranını ifade eden Margalef richness indeksi türce zenginliğe paralel olarak artış göstermektedir. İndeks Denklem 2.6'da verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$d = (k - 1) / \ln N \quad (2.6)$$

k: Toplam tür sayısı

N: Toplam birey sayısı

ln: Doğal logaritma kodu

2.2.4.2 Kümelenme analizi (CLUSTER)

Örneklemlerin yapıldığı istasyonlar arasındaki benzerliği tespit etmek için ve fitoplankton sınıflarının birlikte bulunma derecelerini saptamak için Bray-Curtis'in benzerlik

indeksi kullanılmıştır. Benzerlik indeksi kullanılarak oluşturulan matriks (Log_{x+1}) yardımıyla kümelenme (CLUSTER) analizi PRIMER 6.0 paket programı ile yapılmıştır.

2.2.4.3 Varlık yokluk frekans indeksi

Fitoplankton türlerinin çalışma alanındaki görülme sıklığı (Frekans) Denklem 2.7'ye göre hesaplanmıştır:

$$F = m/M \times 100 \quad (2.7)$$

m: Türün örneklerdeki rastlanma sayısı

M: Toplam örnek sayısı

Elde edilen sonuçlar sıklık bakımından nadir bulunan türler (%1-20), seyrek bulunan türler (%21-40), genellikle bulunan türler (%41-60), çoğunlukla bulunan türler (%61-80) ve devamlı türler (%81-100) olmak üzere beş grupta incelenmiştir (Kocataş, 1996).

2.2.4.4 Korelasyon analizi

Toplam fitoplankton bolluğu, dinoflagellat bolluğu ve diatom bolluğu ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişki, nonparametrik bir test olan Spearman'ın sıra korelasyon analizi ile SPSS paket programından yararlanılarak değerlendirilmiştir.

3 BULGULAR

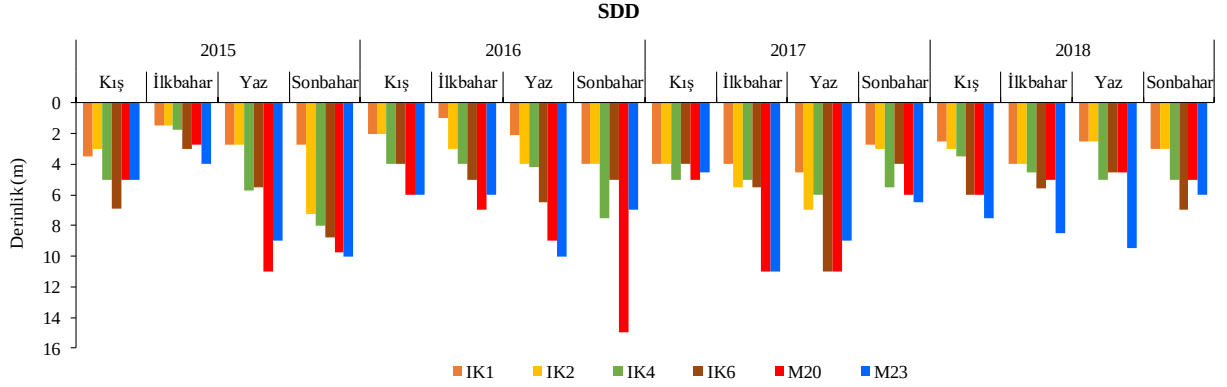
3.1 Fiziksel Parametreler

3.1.1 Seki Disk derinliği (SDD)

Denizlerdeki canlı yaşamı ve besin ağının sürekliliğini sağlayan temel parametrelerden birisi de güneş ışığıdır. Güneş ışığı sudaki çözünmüş ve partikül madde tarafından absorblanır ya da yansıtılır. Deniz suyunun ışık geçirgenliği (SDD), ışığın suda penetrasyonu hakkında bilgi verdiğinden, çevresel izleme ve su kalitesi çalışmalarında oldukça önemli bir parametredir. 4 yıllık seki diski derinliği mevsimsel ortalamaları Tablo 4'te verilmiştir. Çalışılan bölgede 2015-2018 yılları arasında SDD mevsimsel ortalamaları kış ve ilkbahar aylarında sırasıyla 4,5 ve 4,8 m, yaz ve sonbahar aylarında ise 6,2 m olarak belirlenmiştir. Çalışma boyunca iç körfezde 1-1,75 m aralığında, orta körfezde 1,75-8 m aralığında, dış körfezde ise 3-11 m aralığında seki disk derinliği tespit edilmiştir (Şekil 2). İç körfezde ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde, orta körfezde ilkbahar döneminde SDD değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Dış körfezde ise değerler her yıl farklılık göstermiş olup 2015 yılında ilkbaharda, 2016 ve 2018 yıllarında kış, 2017 yılında ise sonbahar döneminde en düşük ölçülmüştür. M20 ve M23 istasyonlarında ise diğer istasyonlara kıyasla yüksek değerler ölçüldüğü görülmektedir. Işık geçirgenliği veya deniz suyu görünürlüğünün genel olarak iç körfezden dış körfeze doğru artmakta olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

Tablo 4. Seki disk derinliğinin betimleyici istatistiği

Mevsim	SDD (m)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	4,5±1,5	2,0-7,5
İlkbahar	4,8±2,6	1,0-11,0
Yaz	6,2±3,0	2,0-11,0
Sonbahar	6,2±2,9	2,8-15,0



Şekil 2. Seki disk derinliği değişimi

3.1.2 Deniz suyu sıcaklığı

4 yıl boyunca yapılan çalışmalarda istasyonlarda mevsimsel ısınma-soğuma döngüsünün özellikleri net olarak gözlenmiştir. İzmit Körfezi ve M20-M23 istasyonları yüzey suyu sıcaklık ortalamaları mevsimlere bağlı olarak 7 ile 26°C arasında değişmiş; en düşük sıcaklıklar Ocak ve Şubat aylarında, en yüksek sıcaklıklar ise Temmuz ve Ağustos aylarında gözlenmiş olup mevsimsel ortalamalar Tablo 5’te verilmiştir. Mevsimsel yüzey sıcaklık ortalamaları kış aylarında 9°C iken yaz aylarında 24°C olarak belirlenmiştir. Dip suyu sıcaklık ortalamaları 14-15°C’lerde seyretmiştir (Şekil 3, Şekil 4). Derinliğe bağlı sıcaklık değişimleri Karadeniz ve Akdeniz kaynaklı tabakaların termal özelliklerini göstermektedir. Üst tabakada sonbahar aylarının sonunda başlayan soğuma eğilimi Şubat ayına kadar sürmekte, üst tabakanın sıcaklığı azalarak termoklin tabakası, yoğunluk dağılımını çok etkilemeden, derinleşmektedir (Şekil 3).

Tablo 5. Yüzey suyu sıcaklık değerlerinin betimleyici istatistiği

Mevsim	Sıcaklık (°C)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	9,13±1,31	7,1-11,52
İlkbahar	17,08±2,18	12,00-20,99
Yaz	24,05±0,92	22,78-26,00
Sonbahar	14,45±1,63	9,64-16,15

2015 yılı mevsimsel ölçümlerinde istasyonlarda yüzey sıcaklığı en düşük 8,7°C en yüksek 25°C ölçülmüştür. İç körfezde yer alan istasyonlarda kış döneminde homojen su kolonu

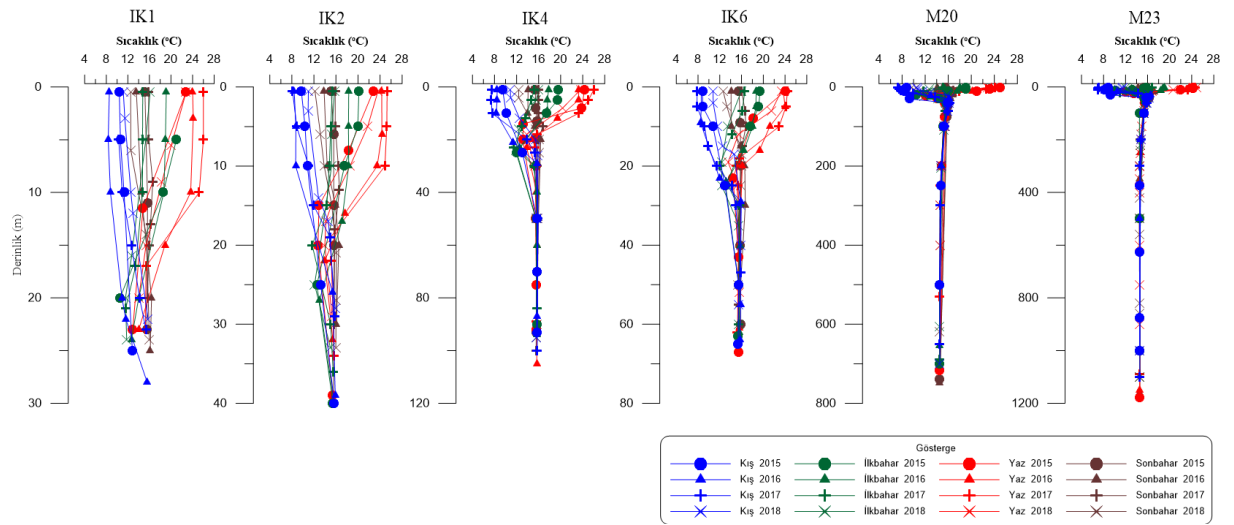
yapısı izlenmiştir. Körfezin derin istasyonlarında alt tabaka suları 30 m'nin altında 15,5-16°C aralığında, M20 ve M23 istasyonlarında ise derin sular 14,5°C'de sabit özellik göstermektedirler. Özellikle ilkbahar döneminde M20 ve M23 istasyonlarında 10-30 m derinlikler arasında kalın bir ara tabaka (haloklin) bulunmaktadır ve sıcaklık, bu tabaka içerisinde 10°C'ye kadar azalmaktadır (Şekil 3). Körfezde ise sıcaklık değerleri 15-25 m derinlikte mevsimsel bir termoklin tabakasının varlığına işaret etmektedir. Kış ayları ve ilkbahar başında derinleşen üst tabaka (termoklin üstü), yaz aylarıyla beraber yüzeyden ısınmakta, ancak bu ısınma dikey karışımın başladığı kış aylarına kadar 20-30 m arasındaki termokline ulaşamamaktadır. Bu durumda, kış aylarında 30 m'de bulunan termoklin, yaz aylarında 20 m'ye yükselmekte ve soğuk su tabakasını ara derinlikte hapsedmektedir. Kasım ayında termoklin tabakasının kaybolarak sıcaklığın yüzeyden dibe kadar homojen olarak dağıldığı; M20 ve M23 istasyonlarında ise alt tabaka suyunun oldukça homojen yapıda olduğu görülmüştür (Şekil 3).

2016 yılında yüzey suyu sıcaklığı 8,4-24°C arasında salınım sergilemiştir. Termoklinin derinliği şartlara ve mevsime göre körfezde 15-25 m, M20 ve M23 istasyonlarında 20-30 m derinlikler arasında değişim göstermiştir. İç körfez istasyonlarında 2015 kış döneminde izlenen homojen su kolonu yapısı 2016 kış döneminde yerini kısmen iki tabakalı bir yapıya bırakmıştır (Şekil 3).

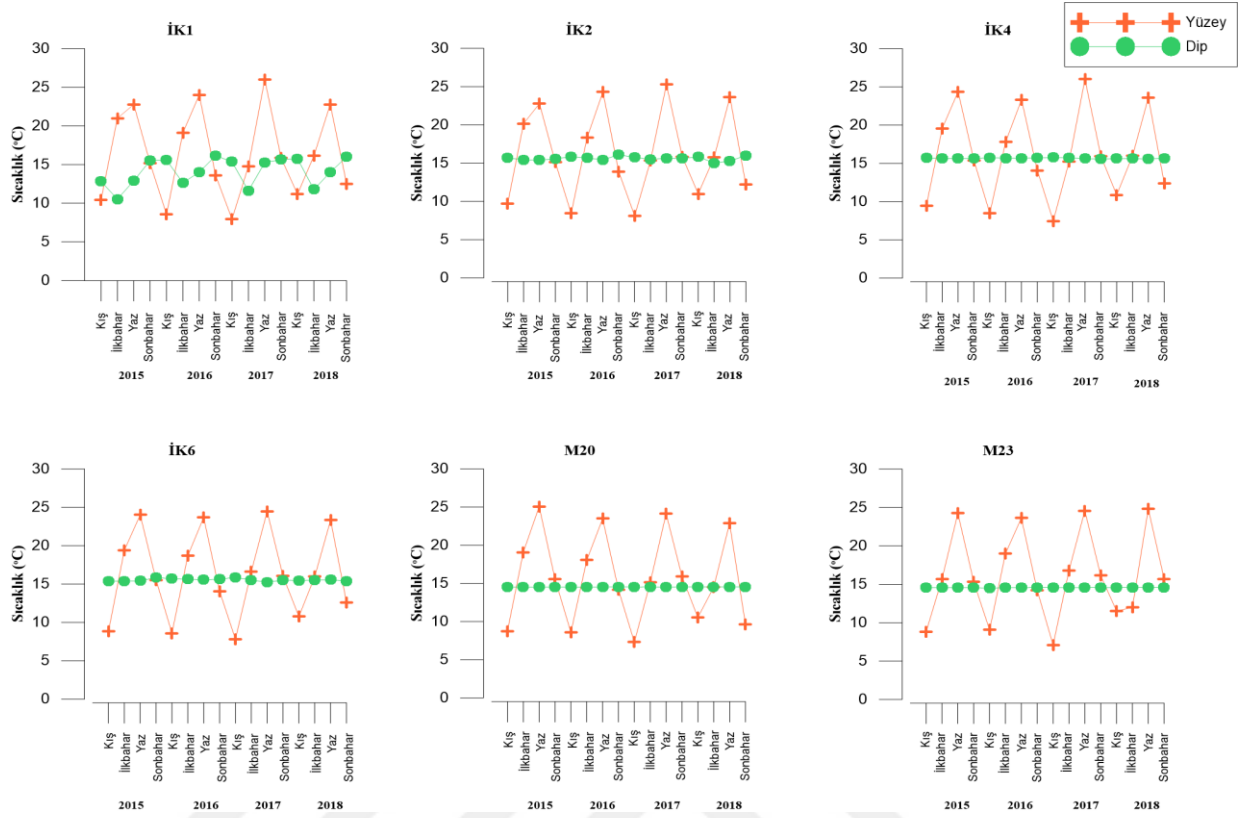
2017 yılında yüzey suyu sıcaklığı 7-26°C arasında değişim göstermiştir. Kış mevsiminde yüzey suyu sıcaklığı (7-8°C) atmosfer etkisine maruz kalmayan alt tabaka suyuna (su sıcaklığı 16°C) göre daha soğuktur. İlkbaharda yüzey suyu ısınmaya başlamış, ısınma 20 m'lere kadar devam etmiştir. Termoklin 15-20 m'lerde gözlenmiştir. Sonbahar döneminde profile bakıldığında yaklaşık 10-15 m derinlikte yaz döneminden kalan sıcak bir tabaka olduğu görülmektedir. Bu da atmosferdeki mevsimsel döngülerin su kolonunu oldukça geç etkilediği ile açıklanabilir. M20 ve M23 nolu istasyonlarda derin su kütlelerinde 15°C'de sabit sıcaklık değerleri gözlenmiştir (Şekil 3).

2018 yılında yüzey suyu sıcaklığı 9-24°C arasında değişim göstermiştir. Kış döneminde üst tabaka yaklaşık 11°C sıcaklıkta ve oldukça incedir. Alt tabaka 20 m ve altında gözlenmiştir (Şekil 3). M23 istasyonunda İstanbul Boğazı Marmara Denizi çıkış akıntısına maruz kalmasına bağlı olarak düşük sıcaklık değeri gözlenmiştir. Bahar mevsimi ile birlikte yüzey suyu ısınmaya başlamıştır. Isınma eğilimi iç körfezde diğer bölgelere oranla daha fazladır. Bu nedenle

istasyonlar arasında üst tabakada sıcaklık farklılıkları oluşmuştur. Bu dönemde yaklaşık 20 m’de soğuk ara tabaka gözlenmiş olup alt tabaka kışa göre daha derinlerde (30 m ve altında) oluşmuştur. İç körfezde alt tabaka gözlenmemiştir. Derin istasyonlar olan M20 ve M23’de bu dönemde sıcaklık yüzeyden ara tabakaya kadar azalmış, ara tabakadan alt tabakaya doğru atmış, alt tabakada ise önce hafif azalmanın ardından sabitlenmiştir. Yaz döneminde yaklaşık 30 m altında ara tabaka oluşumu gözlenmiştir. IK1’de yüzey suyu sıcaklığının diğer istasyonlara kıyasla nispeten düşük olduğu görülmüştür (Şekil 3). Bu durumun hakim rüzgarların bir sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3. Yıllara göre istasyonların sıcaklık profilleri



Şekil 4. Yıllara göre istasyonların yüzey ve dip suyu sıcaklık değişimleri

3.1.3 Deniz suyu tuzluluğu

İstasyonlarda yüzey tuzluluğu, yaz sonundan kış ortasına artma, kış ortasından yaz sonuna azalma eğilimi göstermektedir (Şekil 5, Şekil 6). Bu mevsimsel değişkenliğe neden olan bir dizi etken bulunmaktadır. Yağışlar, dere debileri, Marmara Denizi yüzey kotundaki mevsimsel değişim, hava sıcaklığı ve rüzgar rejimi yüzey ve üst tabaka tuzluluğunun yıl içindeki değişimini etkileyen dinamiklerdir (Atabay ve diğerleri, 2015). Yüzey suyu tuzluluk verilerine göre, 4 yıllık tuzluluk değerlerinin mevsimsel ortalamaları Tablo 6’da verilmiştir. Çalışma boyunca yüzey suyu tuzluluk ortalaması değerleri 23,78-26,62 psu arasında değişim göstermektedir (Tablo 6, Şekil 6). Yüksek yüzey tuzluluğuna sahip kış dönemi aynı zamanda yüzey tabakasının düşük sıcaklıktan dolayı en yüksek yoğunluğa sahip olduğu dönemdir. Kış aylarında güçlü rüzgarların etkisiyle yüzey sularının dip suları ile karışmasından ötürü yüzey tabakası tuzluluğu artış göstermektedir. Kış mevsimi ortasından ilkbahara kadar ise üst tabaka tuzluluğu azalarak kalınlaşmaktadır. Dip suyunun tuzluluk değerleri ise 37-39 psu arasında

değişim göstermektedir. Özellikle iç körfezde ilkbahar dönemlerinde dip tuzluluk değerlerinin karışımın etkisiyle 28 psu'ya kadar düşmüş olduğu görülmektedir (Şekil 6).

Tablo 6. Yüzey suyu tuzluluk değerlerinin betimleyici istatistiği

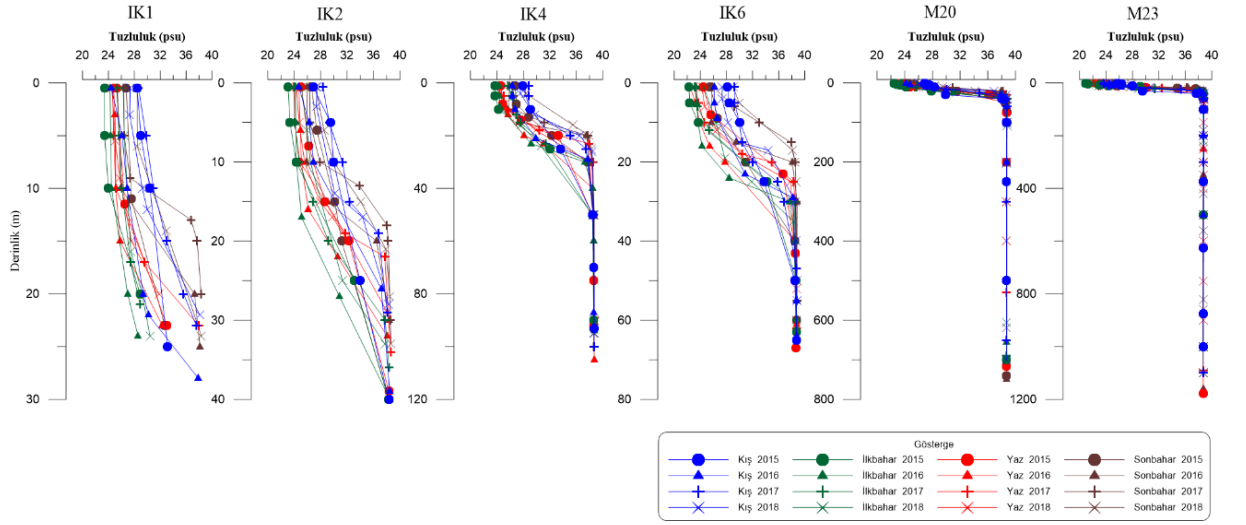
Mevsim	Tuzluluk (psu)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	26,62±1,71	23,58-29,27
İlkbahar	23,78±1,32	20,96-26,30
Yaz	23,78±0,99	22,08-25,26
Sonbahar	26,28±1,32	22,96-29,00

2015 yılında kış döneminde körfez istasyonlarında yüzeyden alt tabakaya kadar dikey karışım görülmektedir (Şekil 5). Diğer örnekleme dönemlerinde körfez genelinde üst tabaka derinliği 10-15 m olup alt tabaka 30 m civarında gözlenmiştir. Tabakalaşma derin istasyonlarda belirgin bir şekilde gözlenirken, iç körfez istasyonlarında Akdeniz kökenli sular kısmen gözlenebilmiştir. M20 ve M23 istasyonlarında ilkbahar döneminde 10-30 m derinlikleri arasında kalın bir ara tabaka bulunmaktadır ve alt su kütlelerinin oldukça homojen yapıda olduğu görülmektedir. Yaz döneminde M20 istasyonunun M23'e göre daha düşük tuzluluğa sahip olması M23 istasyonunda bu suyun ya alt tabakayla daha fazla karışıma maruz kaldığını ya da akıntılarla ilişkili olabileceğini göstermektedir.

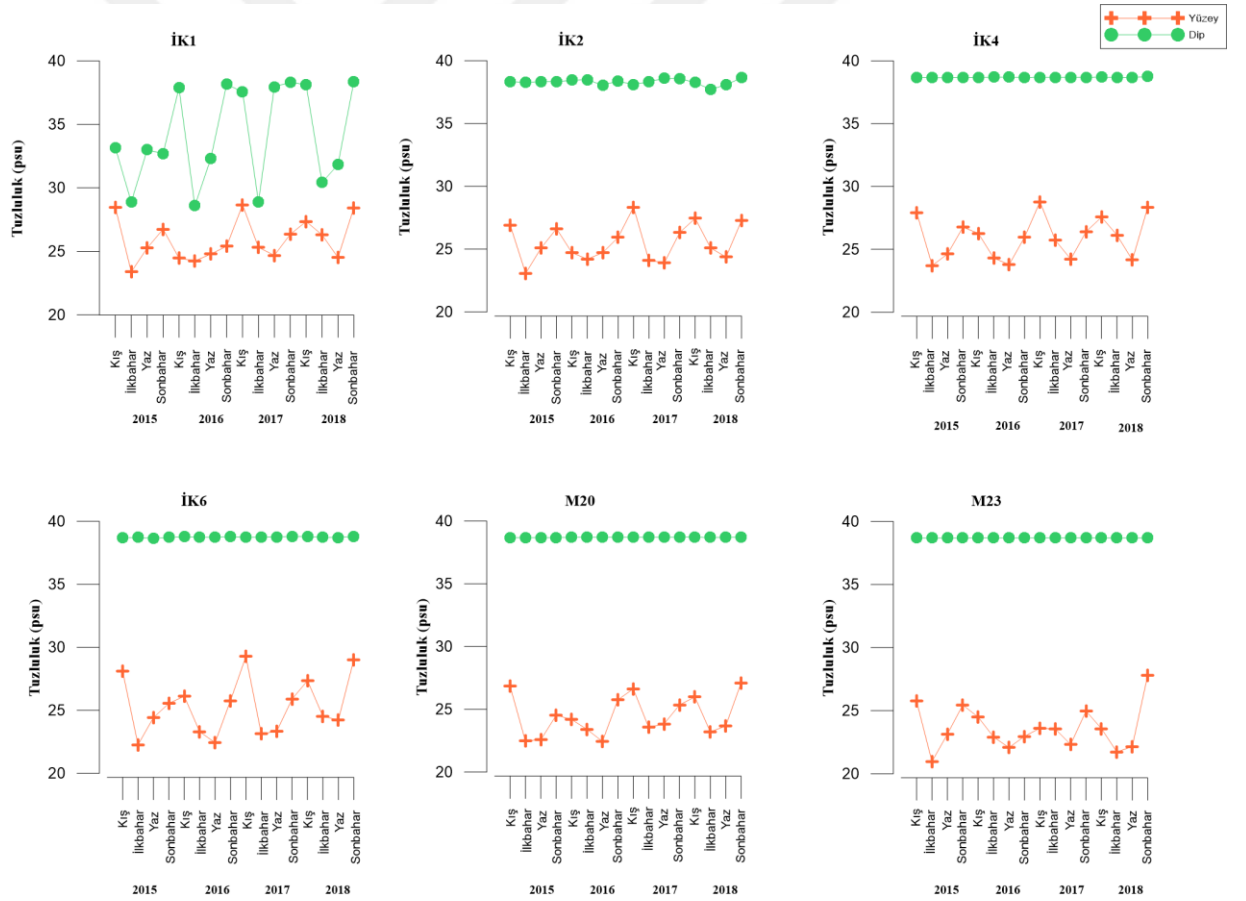
2016'da körfez genelinde tuzluluk değerleri 23-26 psu aralığında değişim göstermiştir. Yüksek tuzluluk oluşmasında nispeten düşük yağış oranları, görece güçlü rüzgar rejimi nedeniyle dikey karışım etkisinin yüksek oluşu sebep olabilmektedir. Körfezdeki derinliğe bağlı tuzluluk değişimleri incelendiğinde Şubat ayı tuzluluklarının en yüksek (>26 psu), Mayıs ve Temmuz ayları en düşük (<25 psu) olduğu görülmektedir (Şekil 5). Kış aylarında güçlü rüzgarların etkisiyle yüzey sularının daha derine karışması nedeniyle yüzey tabakası tuzluluğu artmakta, kış mevsimi ortasından ilkbahara kadar ise tuzluluğu azalarak yüzey tabakası kalınlaşmaktadır. Tüm örnekleme dönemlerinde körfezde yüzey tabaka 10-15 m kalınlıkta olup, alt tabaka başlangıcı 30 m civarı olarak tespit edilmiştir. Derin M20 ve M23 istasyonlarına bakıldığında M23'ün daha yüksek tuzluluğa sahip olduğu görülmüştür. Her iki istasyonda da alt tabakanın oldukça homojen bir yapıda olduğu gözlenmiş, ara tabaka 20-30 m arasında tespit edilmiştir (Şekil 5).

2017 kış döneminde körfezde yüzey ve dip suyu tuzluluğu 29 ve 38.6 psu civarındadır (Şekil 6). Yüzeydeki tuzluluk değeri genel Marmara Denizi tuzluluğu seviyesinden yüksektir. Bunun nedeni İK1, İK2 ve İK6 istasyonlarında alt tabaka ile üst tabakanın karışım halinde olmasındandır. İlkbahar döneminde özellikle yüzey tuzluluğu akarsu ve körfez dışından gelen su kütlelerinin etkisi altındadır ve 23-26 psu aralığında değişim göstermektedir. Yaz örneklemesinde yüzey tuzluluğu 23-25 psu aralığında değişmiş, alt tabakada ise sabit kalmıştır. Sonbaharda daha tuzlu bir yüzey tabakası görülmüş özellikle dış körfezde dikey karışım olduğu gözlenmiştir. Derin M20 ve M23 istasyonlarında derinlikle birlikte tuzluluğun sabit kaldığı görülmektedir. Üst tabaka kalınlığı yaklaşık 10 m, alt tabaka başlangıç derinliği ise en sık 21 m en derin 34 m’lerde tespit edilmiştir (Şekil 5).

2018 kış döneminde körfez istasyonlarında üst tabaka 10 m’den incedir ve bu tabakada tuzluluk 27 psu’dur (Şekil 5). Alt tabaka ise 20 m ve altında yer almıştır ve 38.5 psu tuzluluğa sahiptir. İlkbaharda iç körfezde tuzluluk değerlerinin diğer istasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan bahar dönemi yüzey tuzluluğu kış dönemine oranla daha düşük seviyededir. Yaz örneklemesinde iç körfezde hakim rüzgarlar sebebiyle daha soğuk ve tuzlu su kütlesi tespit edilmiştir. Yine yaz döneminde üst tabaka tıpkı kışın olduğu gibi oldukça incedir. M20 ve M23 istasyonlarında kış döneminde üst tabaka oldukça ince olup alt tabaka neredeyse su kolonunun tamamını oluşturmuştur. Alt tabakada tuzluluk değerleri sabittir (>38 psu). İlkbaharda M20 ve M23’te tuzluluk üst ve ara tabakada artmış alt tabakada ise sabit kalmıştır. İstanbul Boğazı’ndan çıkan suyun akıntısının yoğun etkisi altında bulunan M23’te ilkbaharda yüzey tuzluluğu diğer istasyonlara kıyasla düşük olup 24 psu olarak belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 5. Yıllara göre istasyonlardaki tuzluluk profilleri



Şekil 6. Yüzey ve dip suyu tuzluluk değişimleri

3.2 Kimyasal Parametreler

3.2.1 Çözünmüş oksijen

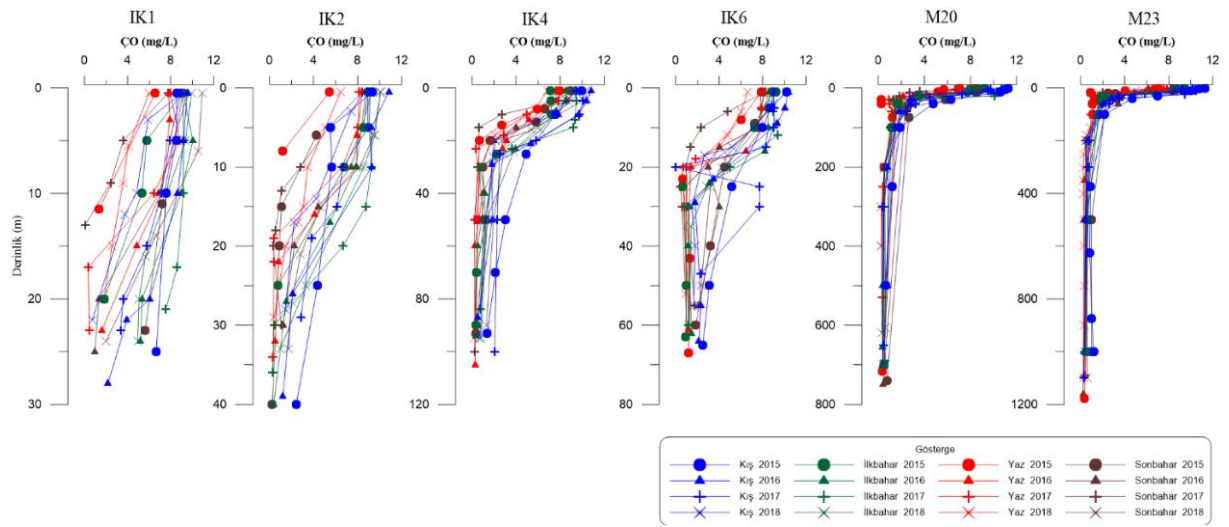
Marmara Denizi gibi sürekli iki tabakalı yapıya sahip denizlerde özellikle ara tabaka ve dip sularda düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlarına, hatta mevsimsel olarak anoksik koşullara rastlanabilmektedir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019). Bu nedenle çözünmüş oksijen konsantrasyonunun izlenmesi önem arz etmektedir. 4 yıllık örnekleme periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu ÇO konsantrasyonunun mevsimsel değişimi Tablo 7’de verilmiştir. Çalışma boyunca yüzey suyu ÇO konsantrasyonu 5,45 mg/L ile 11,30 mg/L arasında değişmiştir, en yüksek değer (11,30 mg/L) kış mevsiminde M23 istasyonunda görülmüştür. Tüm istasyonlarda yüzey ve ara tabakadaki ÇO değerlerinin kış mevsiminde yüksek olması, bu dönemde su sıcaklığının düşük seviyede olması, tüketimin az olması ve dikey karışım gibi faktörler ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 7. ÇO konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği

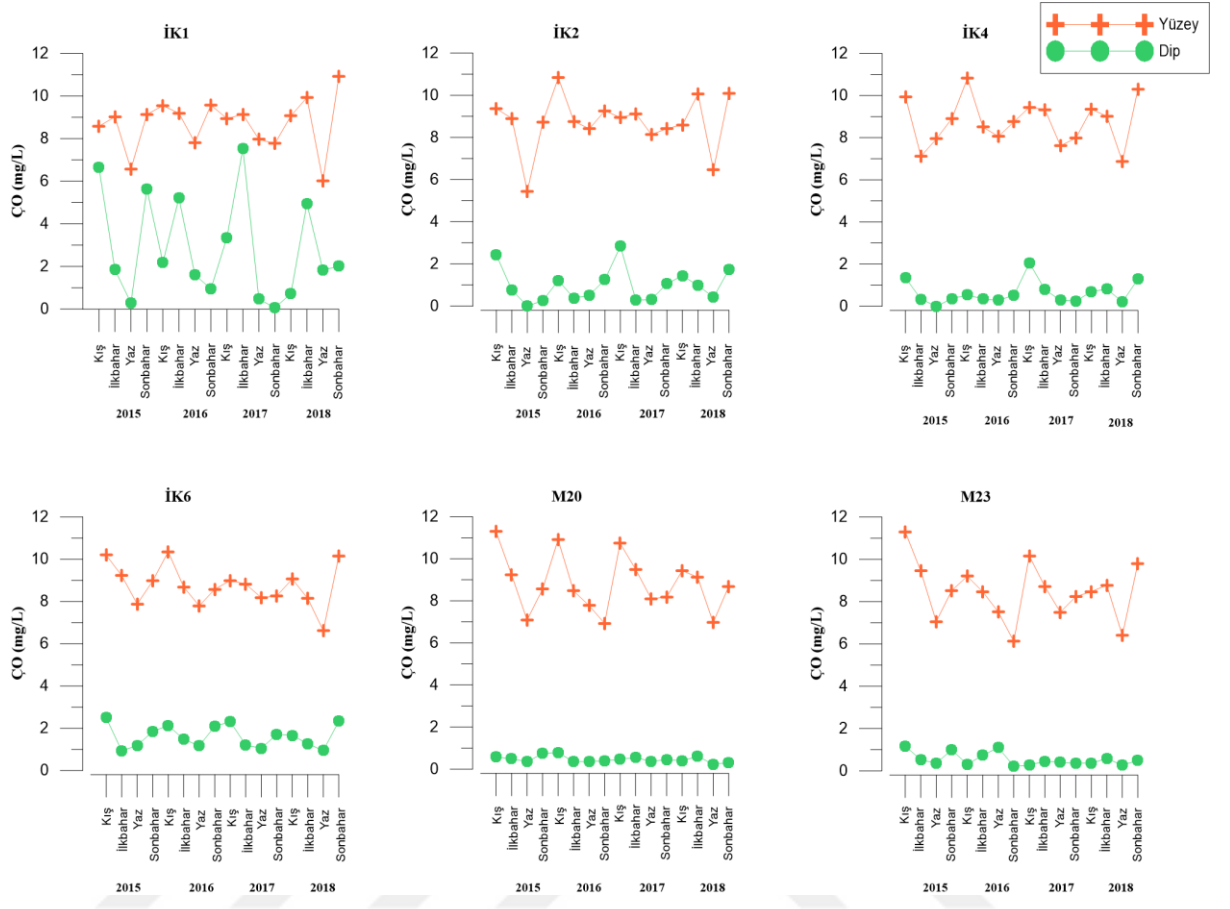
Mevsim	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	9,73±0,88	8,47-11,30
İlkbahar	8,95±0,59	7,12-10,07
Yaz	7,34±0,78	5,45-8,41
Sonbahar	8,78±1,06	6,12-10,92

Alt tabakanın ÇO konsantrasyonu su kütlelerinin körfez içerisindeki kalış süresi ile üst sulardan giren organik madde miktarına bağlı olarak yıl içerisinde değişiklik gösterdiği daha önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Morkoç ve diğerleri, 1995; Balkıs, 2003). Dip suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonları ise 0,06 mg/L ile 7,53 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 8). İstasyonlar geneline bakıldığında sığ olan iç körfez istasyonları hariç dip suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonu oldukça düşüktür. Özellikle yaz mevsiminde ÇO neredeyse tükenmektedir. Dip çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 1-2 mg/L’nin altına düşmesi ekosistem kalitesi açısından oldukça olumsuz bir durumdur. Marmara Denizi derin çukurları, doğu ve kuzey bölgelerinin neredeyse tümü bu eşiğin altındadır. (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2017). Bu çalışmada da tüm örnekleme dönemlerinde M20 ve M23 istasyonlarının dip çözünmüş oksijen konsantrasyonunun kritik düzeyde düşük ($\text{ÇO} < 1$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6, Şekil 7). M20 ve M23’te görülen bu durum çoğunlukla İzmit Körfezi istasyonları

(özellikle derin orta körfezde) dip sularında da tespit edilmiştir. 4 yıllık mevsimsel veri incelendiğinde 1 mg/L'nin üzerine çıkmayan ÇO değerlerinin olduğu görülmektedir. Bu da Marmara Denizi'ne Çanakkale Boğazı'ndan giren yüksek çözünmüş oksijenli akdeniz kökenli suyun Marmara'nın doğusuna ulaşana dek oksijenini yitirdiğinin ve bu bölgelerin organik madde yükü ile tahrip olduğunun bir göstergesidir. Marmara Denizi'nde var olan keskin ara tabaka (haloklin), alt sulardaki bu düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonlu su kütlelerinin varlığına süreklilik sağlamaktadır (Yılmaz, 2002).



Şekil 7. Yıllara göre istasyonlardaki tuzluluk profilleri



Şekil 8. Yüzey ve dip suyu ÇO değişimleri

3.2.2 Besin elementleri

Deniz suyunda çözülmüş halde bulunan azot, fosfor ve silikat; organizmaların yaşam döngüsünde çok önemli role sahip elementler olup bunlara besin elementi adı verilir. Bu elementlerin deniz suyundaki konsantrasyonları, biyolojik rollerinden dolayı zamana ve bölgeye bağlı olarak çok değişiklik göstermektedir (Atabay, 2012).

Denizlerdeki fosfor kaynakları doğal veya antropojenik olabilir. Havzalarda salınan doğal mineral halindeki veya tarımsal/kentsel alanlardaki faaliyetlerden kaynaklanan fosfor, yüzeysel akışlarla sucul alanlara ulaşmaktadır (Ruttenberg, 2001). Kentsel ve endüstriyel atıkların bertarafı, ormansızlaşma ve hayvancılık faaliyetleri fosforun karadan sucul alanlara taşınmasını artırır, bu da zararlı sonuçlar doğurur. Tarımda hayvansal atıkların ve fosfor içerikli gübrelerin kullanılması, su kütlelerinde fosfor yükünü artırmaktadır (Choudhury ve Bhadury, 2015).

Azot, denizel ortamın biyojeokimyasal dengesinin korunmasında önemli rol oynamaktadır. Evsel ve endüstriyel kaynaklardan, hayvan dışkılarından, tarımda kullanılan gübrelerden ve yağışlarla birlikte topraktan çözünerek denizlere karışır. Azot için bir diğer önemli kaynak da atmosferdir. Noktasal kaynaklar kısmi olarak kontrol altına alınabilirken atmosferden gelen azotlu bileşikler kontrol altına almak oldukça zordur. Sucul ortamda azot seviyesindeki değişimler, fitoplankton türlerinde farklılığa ve dolaylı olarak da su kalitesinde değişime neden olurlar (Aluwihare ve Meador, 2008).

Silikat kıyı sularında gelişim için diatomların ihtiyaç duyduğu hayati bir besin elementidir. Bu nedenle sucul ekosistemde fitoplankton komünite yapısının düzenlenmesinde önemli rol oynar. Silikat, nehirler ve yüzeysel akış ile taşınan tamamen karasal kaynaklı olan bir besin elementidir. Her yıl okyanuslara giren silikatın %80'i nehirlerden kaynaklanmaktadır (Zhang ve diğerleri, 2020). Baraj/HES yapımı, deniz tabanından kum taşınması gibi antropojenik etkiler, silikatın ortamda azalmasına; bunun sonucu olarak da diatom bolluğunda azalmaya ve fitoplankton tür kompozisyonunda değişime sebep olmaktadır.

Çalışma alanı ve periyodu genel olarak değerlendirildiğinde, bölgede besin elementlerinin meteorolojik koşulların etkisi altında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle kış aylarında, yağışlarla beraber karasal girdilerin artması sonucu görülen yüksek besin elementi konsantrasyonları, ilkbahar aylarında fitoplankton üremesinin artmasıyla beraber azalmakta, yaz döneminde bu üremelerin nispeten devam etmesi ve girdilerin azalması nedeniyle düşük seviyede kalmaktadır. İki tabakalı yapıya sahip olan Marmara Denizi'ne karasal kaynaklardan ve karışımlarla alt tabakadan sürekli besin elementi girdisi vardır. Bunların büyük bir kısmı fotosentez yoluyla partikül organik madde üretiminde kullanıldığı için, Marmara Denizi genelinde dolayısıyla İzmit Körfezi'nde yüzey sularında ölçülen nitrat ve fosfor konsantrasyon değerleri yıl boyunca genellikle düşüktür. Fitoplankton tarafından ilk önce tercih edilen çözülmüş inorganik fosfor bileşiği olan orto-fosfat ($PO_4^{3-}-P$), çözülmüş inorganik azota göre daha düşük konsantrasyonlarda bulunur (Sur ve diğerleri, 2010).

3.2.2.1 Nitrat+Nitrit Azotu ($NO_x^- - N$)

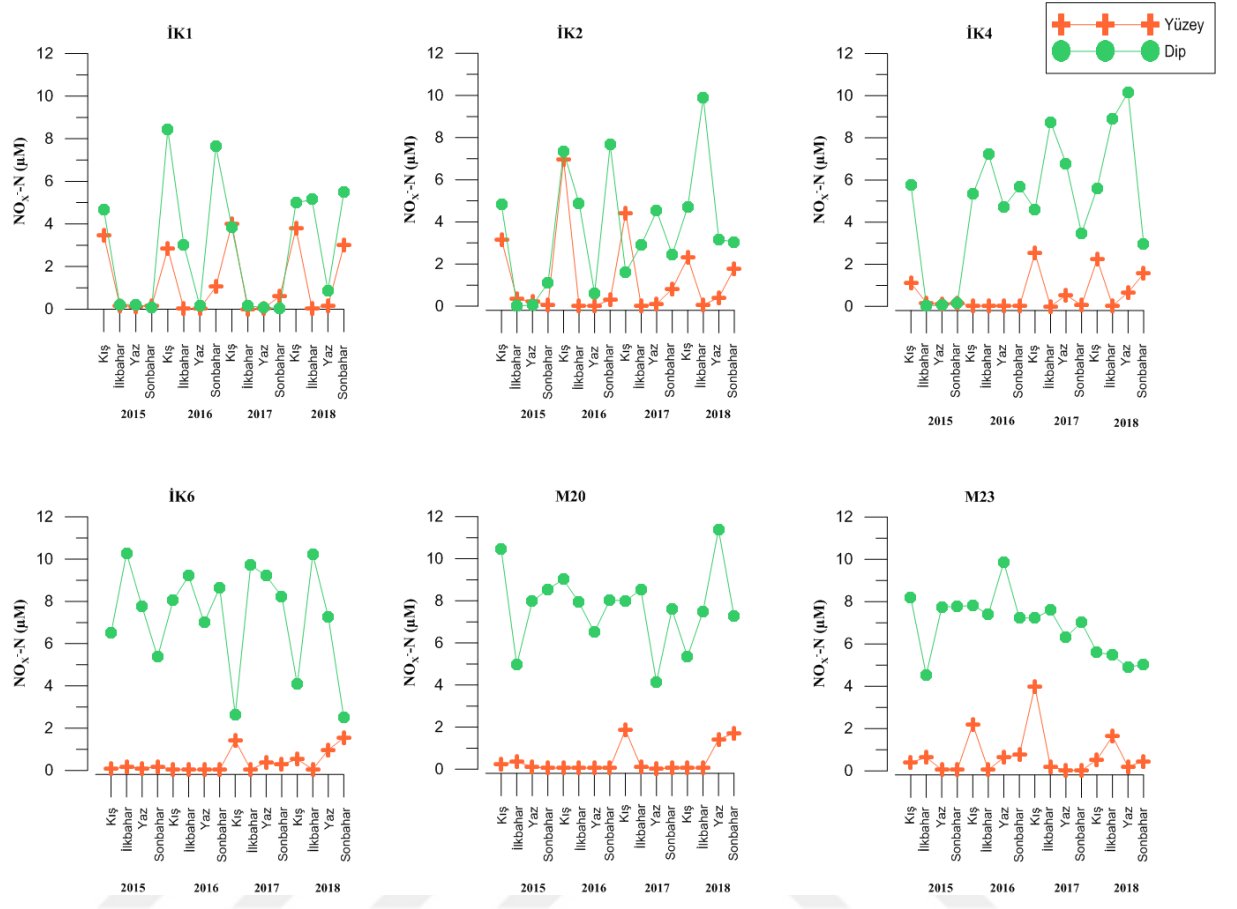
Çalışma süresince besin elementleri açısından en yüksek değerler kentsel atıksuların etkisinin yoğun görüldüğü İzmit iç körfez istasyonlarında ölçülmüştür. Su sirkülasyonunun ve derinliğin diğer istasyonlara göre daha az olması yüksek $NO_x^- - N$ değerleri ölçülmesine neden

olmuştur. 4 yıllık örnekleme periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu ortalama NO_x^- -N konsantrasyonları mevsimsel bazda Tablo 8’de verilmiştir. Çalışma yapılan alan ve zamanda konsantrasyonların 0,01 ile 6,97 μM aralığında değiştiği gözlenmiştir. Yüksek ortalama değerler kış mevsiminde belirlenmiştir.

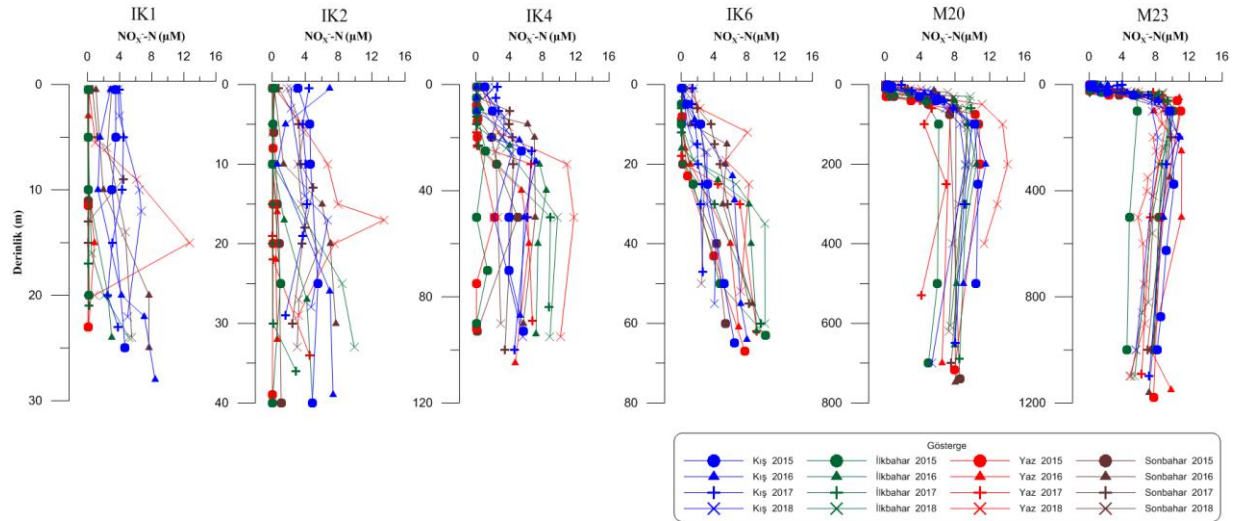
Tablo 8. NO_x^- -N konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği

Mevsim	NO_x^- -N (μM)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	2,01±1,82	0,05-6,97
İlkbahar	0,19±0,34	0,01-1,64
Yaz	0,27±0,35	0,05-1,42
Sonbahar	0,62±0,78	0,05-3,00

Yüzey suyu NO_x^- -N konsantrasyonlarına yıllar bazında bakıldığında 4 yıl boyunca en yüksek değerler kış dönemlerinde karasal girdinin fazla olduğu İzmit iç körfez istasyonlarında (İK1 ve İK2) ölçülmüştür (Şekil 9). 2015 yılında NO_x^- -N konsantrasyonu 0,05 μM ile 3,49 μM arasında, 2016 yılında 0,05 μM ile 6,97 μM arasında, 2017 yılında 0,05 μM ile 4,42 μM arasında, 2018 yılında ise 0,05 μM ile 3,78 μM arasında değişim göstermiştir. Su kolonu boyunca değişim incelendiğinde ise tabakalaşmanın keskin olduğu dönemlerde haloklin tabakasının başlangıcından itibaren değerlerin hızla arttığı ve alt tabakaya kadar bu artışın devam ettiği gözlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 9. Yüzey ve dip suyu $\text{NO}_x\text{-N}$ konsantrasyonları değişimi



Şekil 10. $\text{NO}_x\text{-N}$ konsantrasyonlarının dikey dağılımları

3.2.2.2 Amonyum azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$)

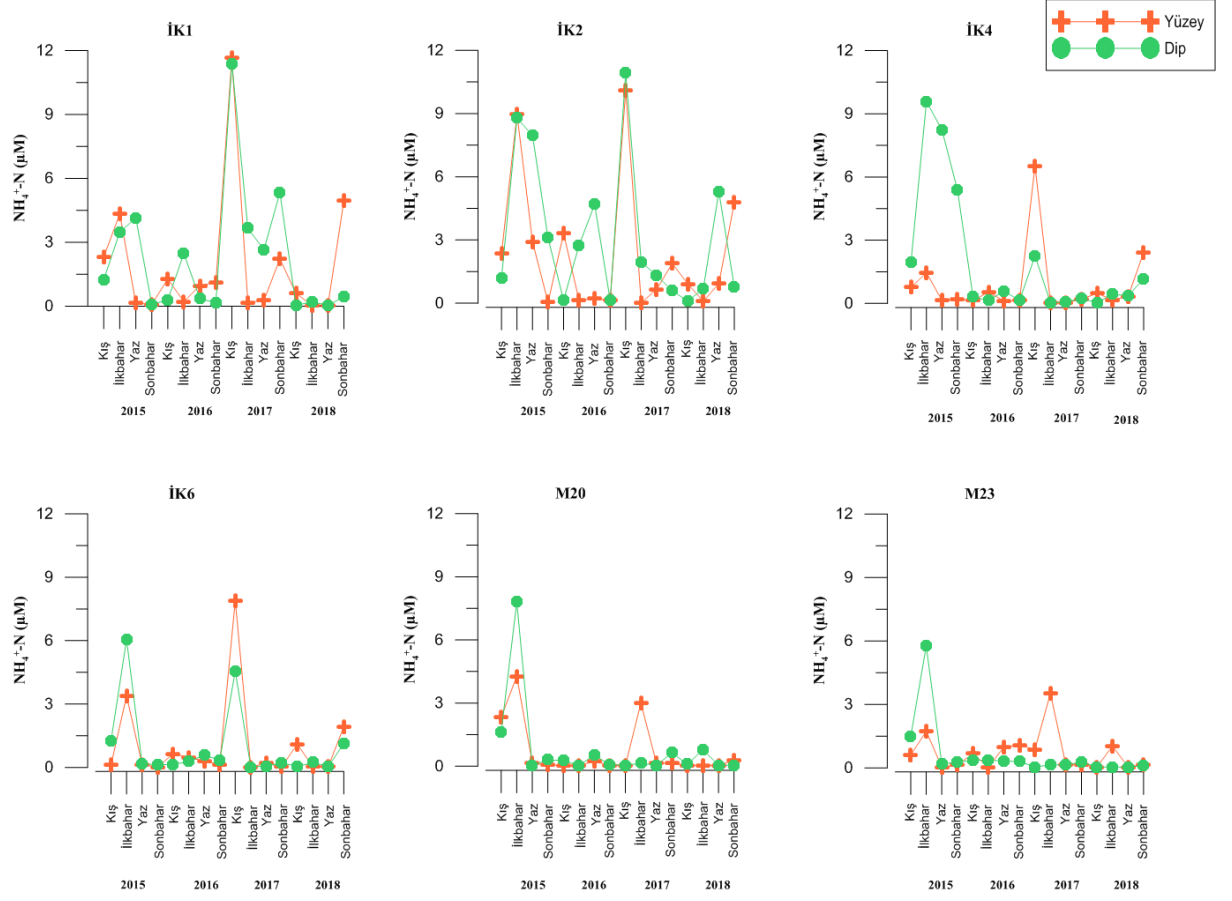
Amonyum azotunun denizel ortamda yüzey suyunda artış göstermesi, insan kaynaklı kirleticilerin arttığına bir göstergesidir. Bu nedenle $\text{NH}_4^+\text{-N}$, denizel ortamların ötrofikasyon değerlendirmesinde kullanılan parametreler arasındadır. Denizlerde özellikle kış dönemlerinde dikey karışımlarla yüzey sularına $\text{NH}_4^+\text{-N}$ taşınır ve dip sularda amonyak konsantrasyonu çok düşüktür. 4 yıllık örnekleme periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonunun mevsimsel durumu Tablo 9’da verilmiştir. Yüksek değerler kış ve ilkbahar mevsiminde gözlenmiştir. Ölçüm aralığı 0,04 ile 11,65 μM gibi geniş bir aralıkta belirlenmiştir.

Tablo 9. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği

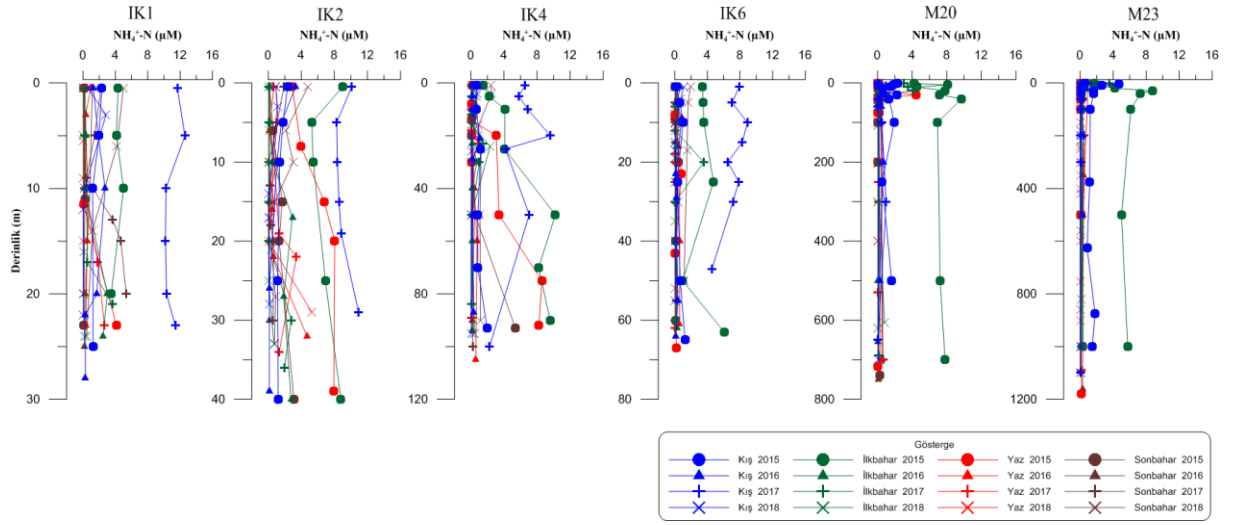
Mevsim	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (μM)	
	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	2,28 $\pm$ 3,31	0,04-11,65
İlkbahar	1,41 $\pm$ 2,18	0,04-8,98
Yaz	0,38 $\pm$ 0,62	0,04-2,91
Sonbahar	0,93 $\pm$ 1,44	0,04-4,97

2015 yılında mevsimlik ölçülen $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yüzey suyu konsantrasyonları 0,04 μM ile 8,98 μM aralığında belirlenmiştir (Şekil 11). Kış ve ilkbahar mevsimlerinde $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının artış gösterdiği saptanmıştır. En yüksek $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının ilkbahar döneminde İK1 (4,33 μM) ve İK2 (8,98 μM) istasyonlarında olduğu belirlenmiştir. Yüzey sularında ölçülen bu yüksek amonyak konsantrasyonları karasal kaynaklı olup yağmur sularından kaynaklanmaktadır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise daha düşük $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu ölçülmüştür. 2016 yılında yüzey suyu konsantrasyonları 0,04 μM ile 3,30 μM aralığında belirlenmiştir. En yüksek $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonları İK2’de kış örneklemeinde (3,30 μM) ve sonbahar örneklemeinde (1,12 μM) ölçülmüştür (Şekil 11). Yaz ve ilkbahar mevsimlerinde ise daha düşük $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu ölçülmüştür. 2017 yılı boyunca $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yüzey suyu konsantrasyonları 0,04-11,65 μM aralığındadır. En yüksek ölçüm sonuçları kış örneklemeinde iç körfezde kaydedilmiştir. 2018 yılında $\text{NH}_4^+\text{-N}$ yüzey suyu konsantrasyonları 0,04 μM ile 4,97 μM aralığında belirlenmiştir. Kış örneklemeinde $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının artış gösterdiği saptanmıştır. En yüksek yüzey suyu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonları sonbaharda iç körfezde İK1 (4,97 μM) ve İK2 istasyonunda (4,78 μM) ölçülmüştür. Yaz ve ilkbahar mevsimlerinde ise daha düşük yüzey $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu elde edilmiştir (Şekil 11). Derin

istasyonlarda amonyanın su kolonu boyunca değişimine bakıldığında genel olarak yüzey tabakada düşük olan konsantrasyon derinlikle birlikte artmaktadır (Şekil 12).



Şekil 11. Yüzey ve dip suyu NH_4^+-N konsantrasyonları değişimi



Şekil 12. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonlarının dikey dağılımları

3.2.2.3 Fosfat ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)

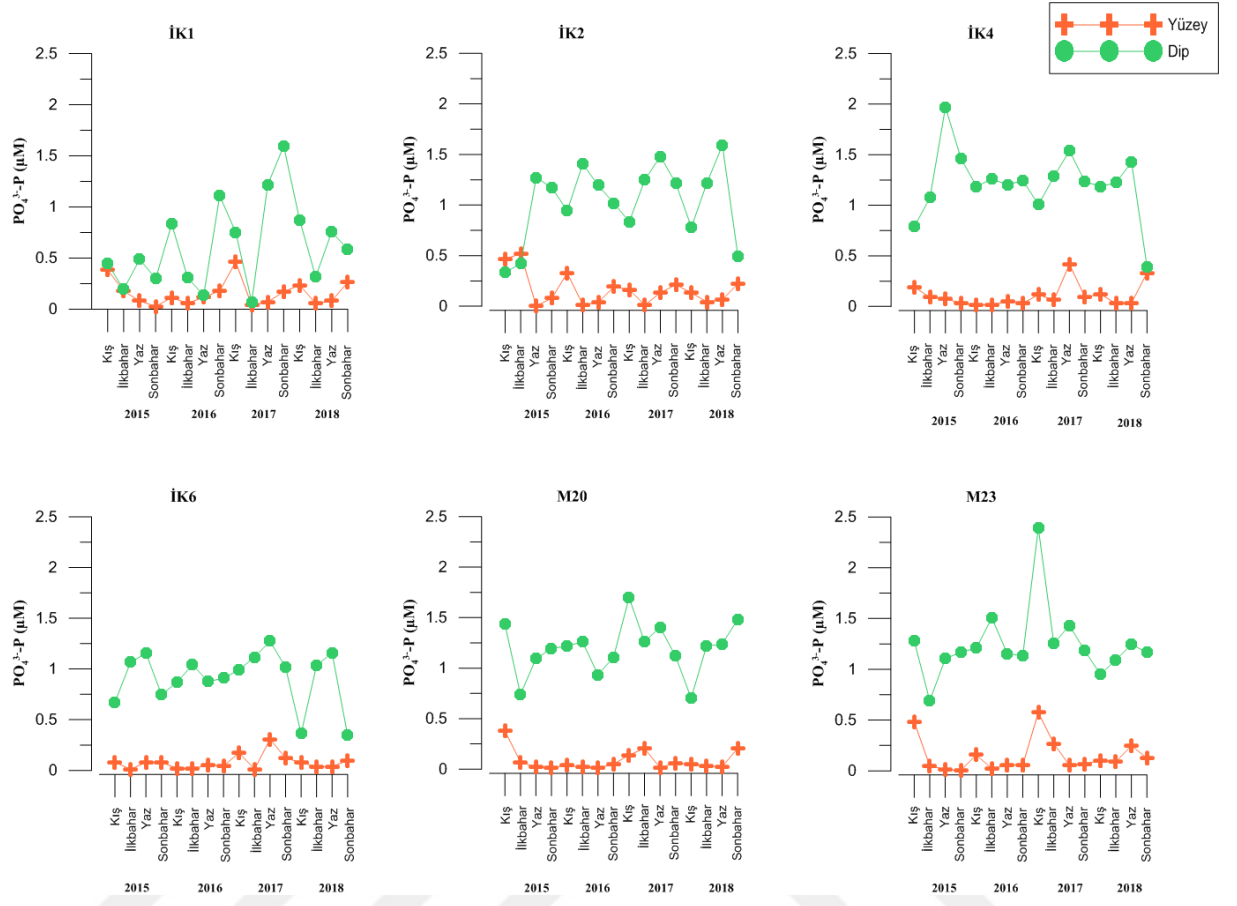
Fosfor denizlerde çözülmüş veya partikül halde çeşitli bileşikler halinde çözünmeyen ve çözünebilen inorganik fosfat şeklinde bulunur. Organizmalar öldüğünde, organik fosforların önemli bir bölümü orto-fosfat ürünü olarak ortama geçer (Atabay, 2012). 4 yıllık örnekleme periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonunun mevsimsel durumu Tablo 10’da verilmiştir. Ölçüm aralığı, çalışılan alan ve zamanda 0,02 ile 0,57 μM olarak belirlenmiştir.

Tablo 10. $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği

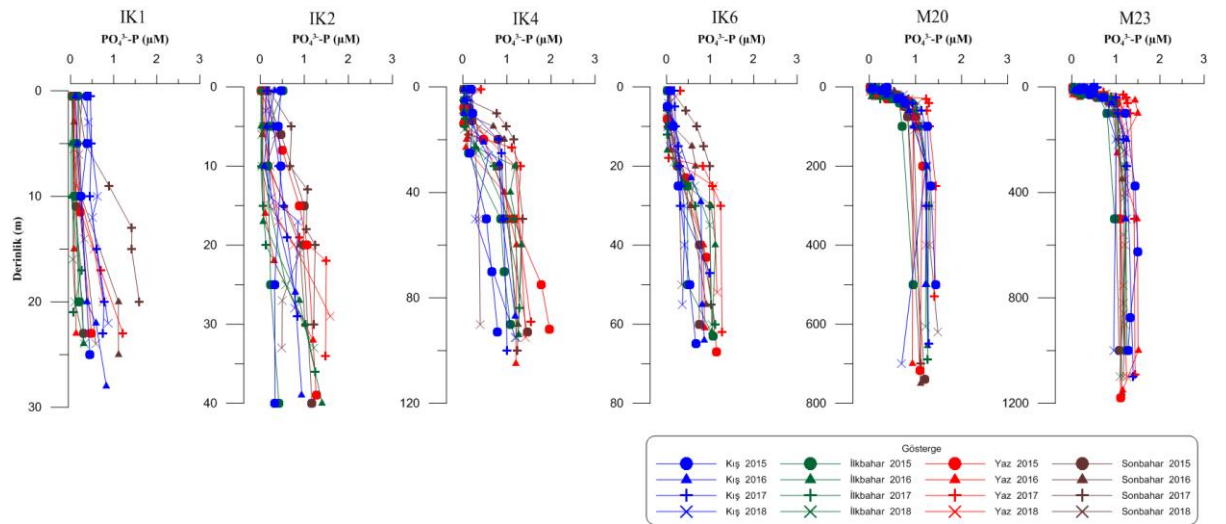
Mevsim	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ (μM)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	0,21±0,17	0,02-0,57
İlkbahar	0,08±0,11	0,02-0,52
Yaz	0,09±0,10	0,02-0,42
Sonbahar	0,12±0,09	0,02-0,33

Yüzey suyu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ dağılımları incelendiğinde 2015 yılında en yüksek konsantrasyonlar iç körfezde İK1 ve İK2 istasyonlarında Şubat ve Mayıs aylarında ölçülmüştür (Şekil 13). Yağışlı geçen bu dönemde, karasal baskılardaki artış bu sığ sularda belirginleşmiş; özellikle kentsel atıksu kaynaklı olarak yüksek fosfat değerleri görülmüştür. Sonbahar döneminde ise tüm istasyonlarda $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonlarının ölçüm sınırının altında olduğu görülmektedir. 2016 yılında yüzey suyu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonları 0,02 μM ile 0,33 μM

arasında değişim göstermektedir. En yüksek değerler iç körfezde Şubat ve Kasım aylarında ölçölmüştür (Şekil 13). İlkbahar döneminde ise tüm istasyonlarda PO_4^{3-} -P konsantrasyonlarının ölçüm sınırının ($<0,02$) altında olduğu görölmektedir. 2017 yılında PO_4^{3-} -P konsantrasyonlarının yüzey suyu konsantrasyonları $0,02-0,57 \mu M$ aralığındadır. En yüksek konsantrasyon kış örneklemesinde iç körfezde ve M23 istasyonunda tespit edilmiştir. İlkbahar döneminde yüksek konsantrasyonlar M20 ve M23 istasyonlarında ölçölmüştür. 2018 yılında PO_4^{3-} -P konsantrasyonlarının yüzey suyu konsantrasyonları $0,02-0,33 \mu M$ aralığında bulunmuştur. En yüksek konsantrasyon orta körfezde (İK4) sonbahar örneklemesinde tespit edilmiştir. M20 ve M23 istasyonlarında ölçölen yüzey konsantrasyonları genel olarak düşük olmakla birlikte 2018 yazında en yüksek konsantrasyon M23'te ölçölmüştür (Şekil 13). Yüzey sularında kirliliğin belirgin artışı sonucunda fotik tabakadan alt tabaka sularına çöken organik maddenin parçalanmasına bağlı olarak bu derin istasyonların dip sularında yüksek PO_4^{3-} -P konsantrasyonları olduğu görölmektedir. Diğer besin elementlerinde olduğu gibi fosfatın alt sulardaki dağılımı mevsimsel değişimlerden bağımsız olup yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 13. Yüzey ve dip suyu $PO_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonları değişimi



Şekil 14. $PO_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonlarının dikey dağılımları

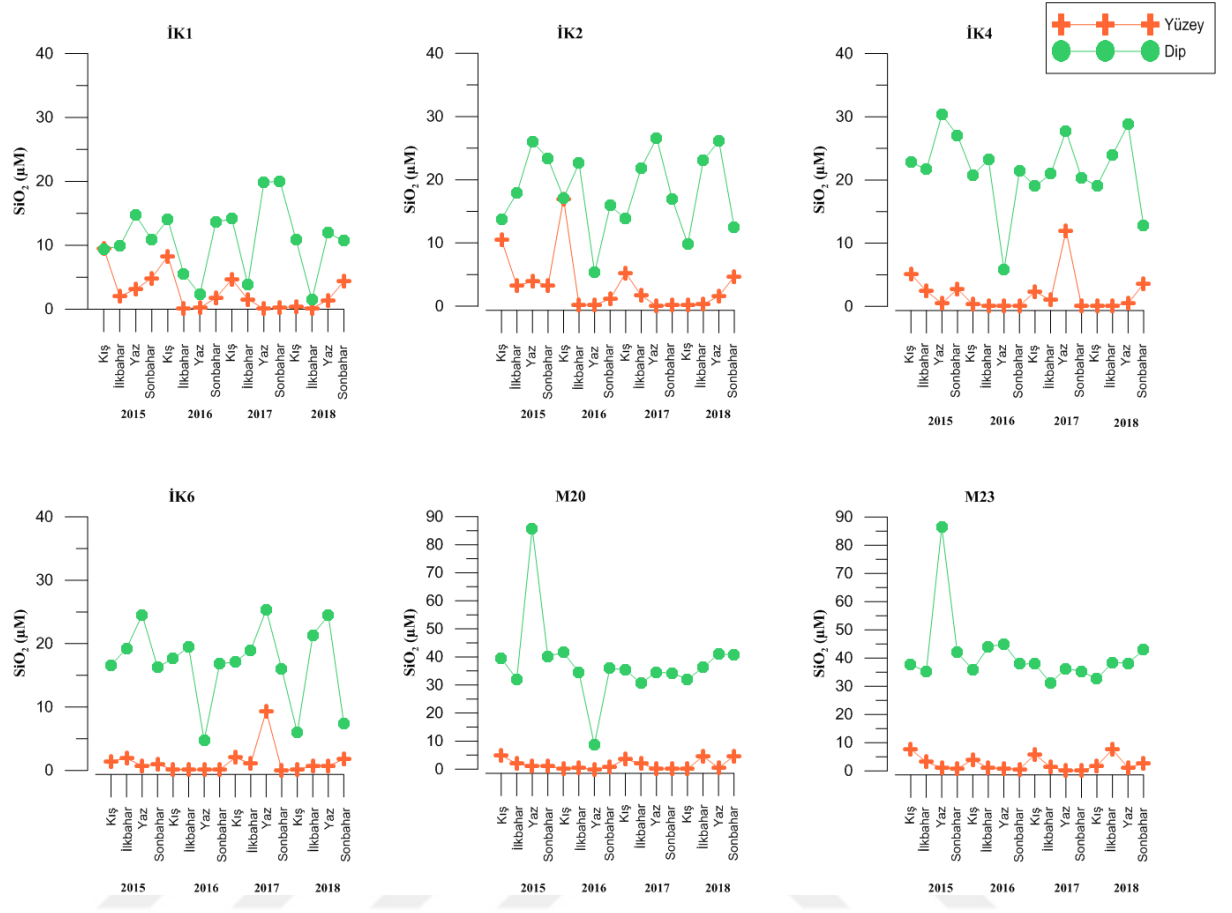
3.2.2.4 Silikat (SiO₂)

4 yıllık örnekleme periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu SiO₂ konsantrasyonunun mevsimsel durumu Tablo 11’de verilmiştir. Çalışılan alan ve zaman içerisinde yüzey suyu SiO₂ konsantrasyon aralığı 0,06 ile 16,99 µM olarak belirlenmiştir. Yüksek ölçüm sonuçları kış mevsiminde gözlenmiştir.

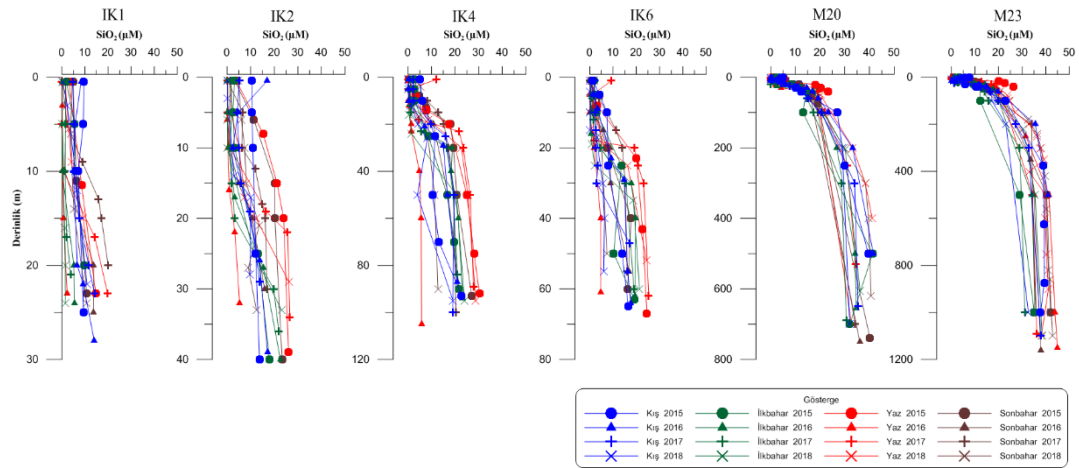
Tablo 11. SiO₂ konsantrasyonunun betimleyici istatistiği

Mevsim	SiO ₂ (µM)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	3,97±4,25	0,06-16,99
İlkbahar	1,62±1,73	0,13-7,57
Yaz	1,64±2,96	0,06-11,97
Sonbahar	1,54±1,72	0,06-4,86

Yüzey suyu SiO₂ konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek ölçüm sonuçları 2015 (10,45 µM) ve 2016 (16,99 µM) yıllarında kış döneminde İzmit iç körfez istasyonlarında, 2017 yılında orta körfezde yaz döneminde (11,97 µM), 2018 yılında ise M23’te ilkbaharda (7,57 µM) ölçülmüştür (Şekil 15). SiO₂ de diğer besleyici elementler gibi mevsimlere bağlı değişim sergilemektedir. Bu değişimler özellikle yüzey sularında gelişmekte olup yağışların artmasına paralel olarak yüzeysel akışla karadan sürüklenerek gelen toprak kökenli silisli bileşiklerin çözünmesiyle SiO₂ konsantrasyonlarının hâlihazırda fazla olduğu İzmit iç ve orta körfezde etkisini göstermektedir. Tıpkı NO_x⁻-N ve PO₄³⁻-P olduğu gibi SiO₂ konsantrasyonu da su kolonunda derinlik arttıkça artmaktadır (Şekil 16). Alt sularda en yüksek SiO₂ konsantrasyonları derin istasyonlar olan M23 ve M20 istasyonlarında ölçülmüştür. İzmit Körfezi’nde de alt sularda körfez boyunca SiO₂ artışı mevcuttur. Fitoplankton tarafından kullanılan besin elementleri ışıklı tabakada düşük, haloklin altı sularda belirgin şekilde yüksektir. İnorganik silikat, diyatom türü planktonik canlılar tarafından hücre duvarı yapısında kullanıldığından ışıklı tabakada, özellikle fitoplankton artış dönemlerinde (Marmara Denizi için çok değişken olmakla birlikte genellikle ilkbahar sonu ve sonbahar) artan tüketime bağlı olarak düşmektedir. Dip sulara çöken silikat içerikli organik maddenin fiziksel ve biyokimyasal süreçlerle parçalanmasına bağlı olarak silikatlı katı madde parçalanıp çözünür ve dip sulara karışır. Yıllar boyunca biriken bu besin elementi dip sulardaki yüksek SiO₂ konsantrasyonunun sebebi olarak bilinmektedir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019).



Şekil 15. Yüzey ve dip suyu SiO₂ konsantrasyonları değişimi



Şekil 16. SiO₂ konsantrasyonlarının dikey dağılımları

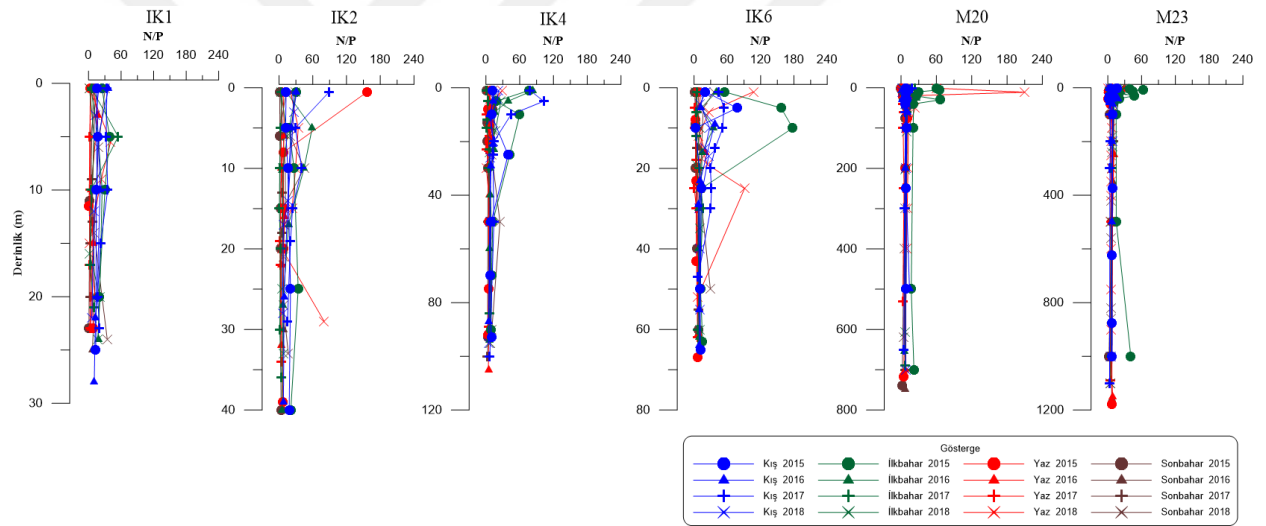
3.2.2.5 Besin elementleri oranları (N/P, N/Si)

Deniz suyunun bileşimi karbon, azot ve fosfor için genellikle 106:16:1 olup “Redfield Oranı” olarak (Redfield, 1963) bilinmektedir. Ancak dinamik bir yapıya sahip olan denizlerde bu oran dışında kalan pek çok duruma da rastlanabilir. Örneğin öfotik bölgede fosfor, azottan daha hızlı döngüsünü tamamlamaktadır. Bu sebeple azot ortamda bulunmazken, düşük konsantrasyonlarda fosfora rastlanabilmektedir (Tüfekçi, 2000). Alıcı ortama giren karbon, azot ve fosfor bileşiklerinin ne kadarının fitoplankton gelişiminde rol oynayacağı ve buna bağlı olarak ötrofikasyon probleminin önlenmesi, sınırlayıcı besin elementinin tespiti ile mümkündür (Atabay, 2012).

Çalışma süresince örnekleme yapılan istasyonlarda elde edilen NH_4^{++} $\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ (ÇİN), $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ve SiO_2 konsantrasyonlarının birbirlerine oranları hesaplanmıştır. N/P oranı, azot ve fosfordan hangisinin sistemde fitoplankton büyümesini sınırladığını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, N ve P konsantrasyonu verisi olması koşuluyla basit ve kullanışlıdır. Ancak deniz gibi dinamik sistemlerde N/P oranı ortamdaki sınırlayıcı besin elementini doğru bir şekilde gösteremeyebilir. Bu nedenle sonuçlar titizlikle yorumlanmalıdır. N/P oranı esas olarak, fiziksel koşullardan ziyade besinlerin fitoplankton büyümesini sınırlama eğiliminde olduğu göller ve kıyı alanları gibi durgun sular için kullanılmaktadır (Ekholm, 2008). Sucul ortamlarda azot ve fosforun hangisinin sınırlayıcı olduğu hakkında kesin bir sayı olmamakla birlikte N/P=5 olduğunda azot ve fosfor birlikte sınırlayıcı, N/P<5 olduğu durumlarda azotun sınırlayıcı besin elementi olduğu (azot kontrollü sistem), N/P >16 olduğunda ise fosforun sınırlayıcı besin elementi olduğu (fosfor kontrollü sistem) bilinmektedir (Coveney ve Wetzel, 1995).

Çalışma alanı ve zamanı içerisinde su kolonu boyunca hesaplanan N/P oranlarının derinlere inildikçe yüksek değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Örnekleme boyunca en yüksek N/P oranı, 210,23 olarak M20 istasyonunda 2018 yazında 11 m’de elde edilmiştir (Şekil 17). Bu yüksek değerin, nitrat+nitrit azotu konsantrasyonunun yüksekliğine ilave olarak fosforun da tükenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yüksek N/P oranları Mayıs 2015 (177,61), Ağustos 2015 (156,79) ve Ağustos 2018 (106,86) örneklemelerinde tespit edilmiştir. Yıllık N/P oranı ortalama değerlerine bakıldığında 2015 yılında 16,63 N/P; 2016 yılında 11,46 N/P; 2017 yılında 10,08 N/P; 2018 yılında ise 13,80 N/P ortalama değerleri görülmüştür. Örnekleme yapılan 4 yıllık süreçte mevsimlerin yüzey suyundaki N/P

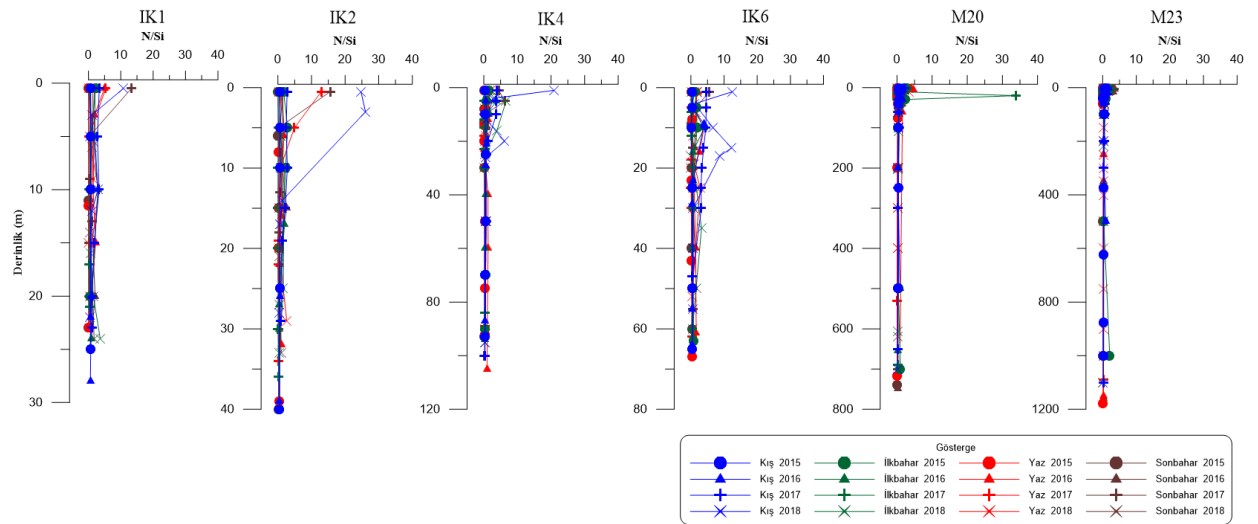
değişimlerine bakıldığında; kış dönemleri ortalaması 23,22 olarak hesaplanmıştır. Kış dönemlerinde yüzey suyunda en yüksek N/P oranı değerleri 2017 kışında İzmit Körfezi istasyonlarında tespit edilmiştir. Bu oranlar İK2 istasyonunda 89,28; İK4'te 78,58; İK6'da ise 53,61 olarak belirlenmiştir. İlkbahar dönemlerinin yüzey suyu N/P ortalaması 22,76 olarak hesaplanmıştır. İlkbahar örneklemelerinde yüksek değerler 2015 yılında görülmüş olup sırasıyla İK6 (177,61), M20 (66,14), M23 (47,40) N/P oranları hesaplanmıştır. Yaz dönemlerinde yüzey suyunda N/P oranı ortalaması 17,50 olup en yüksek değer 2015 yılında İK2 (156,79)'de hesaplanmıştır. Bunu 2018 yazında M20 (60,01) ve İK4 (28,96)'te tespit edilen yüksek değerler takip etmiştir. Sonbahar örneklemeleri N/P oranı ortalaması 10,79 olarak hesaplanmış, en yüksek N/P oranı (35,63) 2018'de İK6'da tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla 2016 yılı M23 (30,52), 2018 yılında İK1 (30,34) istasyonları takip etmiştir.



Şekil 17. N/P oranlarının dikey dağılımları

Denizel ortamda önemli bir besin maddesi olan silikat, diyatomların temel bileşenidir. Yıllar boyunca artan antropojenik aktivite ve deterjan kullanımına bağlı olarak azot ve fosfor oranları artmış olsa da silikat seviyeleri zamanla daha sabit seyretmiştir. N/Si oranı diyatom büyümesi için ana faktör olup bu orandaki artış, silikatın ortamda sınırlayıcı olmasından kaynaklanabilmektedir (Choudhury ve Bhadury, 2015). Diyatom bolluk ve biyokütlesi ortamda hangi besin elementinin sınırlayıcı olduğu ile yakından ilişkilidir. Besin elementlerinin bileşimi ve konsantrasyonları, kıyı sularında fitoplankton büyümesinde önemli rol oynamıştır. N/Si oranının 1'den büyük olması ortamda silikatın sınırlayıcı olduğunu göstermektedir (Zhang ve

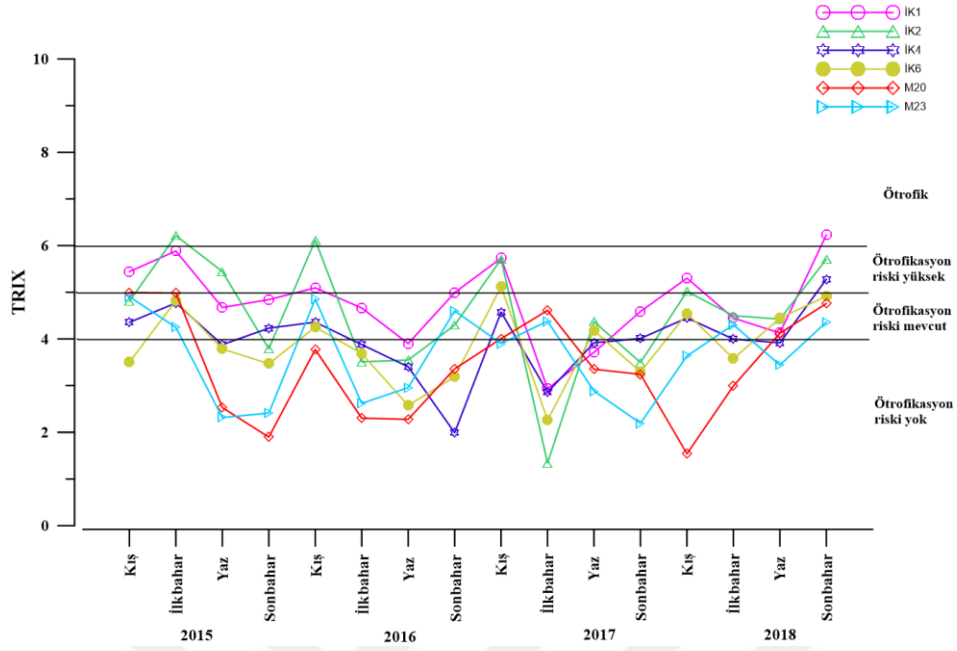
diğerleri, 2020). Su kolonu boyunca hesaplanan N/Si oranlarına göre en yüksek oran (33,89) 2017 yılı ilkbahar örneklemeğinde M20 istasyonunun 20 m derinliğinde tespit edilmiştir (Şekil 18). Diğer yüksek N/Si oranları 2018 kışında İzmit Körfezi iç (İK2) ve orta kısım istasyonlarında (İK4) ölçülmüştür (İK2 (3m): 26,06; İK2 (yüzey): 24,72; İK4 (yüzey): 20,84). 2018 kış döneminde istasyonlarda meydana gelen diatom bolluğundaki artış silikatın tükenmesine, dolayısıyla N/Si oranının yükselmesine neden olmuştur. Yıllık N/Si oranları ortalamalarına göre 2015 yılı N/Si oranı 0,48; 2016 yılı oranı 0,95; 2017 yılı oranı 1,32; 2018 yılı oranı 1,38 olarak hesaplanmıştır. Örnekleme yapılan 4 yıllık süreçte mevsimlerin yüzey suyundaki N/Si oranı değişimlerine bakıldığında kış dönemleri ortalaması 4,04 olarak hesaplanmış olup 2018 kışında İzmit Körfezi istasyonlarında yüksek değerler gözlenmiştir. En yüksek oran İK2’de (24,72) görülmüş bunu sırasıyla İK4 (20,84) ve İK6 (12,53) istasyonları takip etmiştir. İlkbahar dönemleri yüzey suyu örneklemeğinde N/Si ortalamasının 1,26 olduğu tespit edilmiştir. Yüksek oranlar 2016 ve 2018 yılında İzmit Körfezi’nde görülmüştür. En yüksek N/Si oranı 2016’da İK6’da (4,05) hesaplanmıştır. Bunu sırasıyla 2016’da İK4 (3,71), 2015’te İK2 (2,89) takip etmiştir. Yaz dönemleri yüzey suyu N/Si ortalaması 2,07 olarak hesaplanmış. En yüksek oranlar 2017 yazında tespit edilmiştir (İK2=12,91 ve İK1=5,32). Sonbahar dönemleri yüzey suyu N/Si ortalaması 2,55 olarak tespit edilmiştir. 4 yıllık sürecin güz dönemlerinde en yüksek N/Si oranı 2017 yılında İzmit iç körfez istasyonlarında hesaplanmıştır (İK2=15,56 ve İK1=13,26).



Şekil 18. N/Si oranlarının dikey dağılımları

3.2.3 TRIX

Çalışma boyunca örnekleme yapılan 16 dönemde hesaplanan TRIX değerleri Tablo 12’de verilmiştir. TRIX değerleri 1,3-6,2 arasında değişim göstermiştir. Tüm yılların TRIX değişimi değerlendirildiğinde, 2015 yılında çalışma alanının genelinde ötrofikasyon riskinin mevcut olduğu görülmektedir. 2015 ilkbaharında İK2’de indeks değeri 6,214 olup istasyon “ötrofik” statüde yer almıştır. Genel olarak iç körfez istasyonları değişken olup “ötrofikasyon riski mevcut” ve “ötrofikasyon riski yüksek” statüde yer almışlardır. 2015 yılında orta körfezde kış, ilkbahar ve sonbaharda ötrofikasyon riski mevcut iken yaz döneminde ötrofikasyon riski olmadığı bulunmuştur. Dış körfezde ise ilkbahar döneminde ötrofikasyon riski mevcut olup diğer örnekleme yerlerinde ötrofikasyon riskinin olmadığı görülmüştür. M20 ve M23 istasyonları benzer yapı sergilemiş olup kış ve ilkbaharda ötrofikasyon riski mevcut, yaz ve sonbaharda ise riskin olmadığı görülmüştür. 2016 yılında kış dönemi iç körfez istasyonları hariç çalışma alanı genelinde TRIX indeksi ötrofikasyon riskinin olmadığına işaret etmiştir. Kış örnekleme yerlerinde İK1 ötrofikasyon riski yüksek, İK2 ötrofik, M20 ötrofikasyon riski yok, diğer istasyonlar ise ötrofikasyon riski mevcut özellikte bulunmuştur. İlkbaharda sadece İK1’de ötrofikasyon riski mevcut bulunurken diğer istasyonlarda risk olmadığı görülmüştür. Yaz döneminde çalışma alanının tamamında ötrofikasyon riski yoktur. Sonbahar örnekleme yerlerinde ise iç körfez istasyonları ve M23 ötrofikasyon riskinin mevcut olduğuna işaret etmiştir. 2017 yılına bakıldığında, istasyonlarda ötrofik statü görülmemiş, çalışma alanı genelinde ortamın ötrofikasyon riski mevcut ve risk yok şeklinde olduğu tespit edilmiştir. 2018 sonbaharında iç körfez ötrofik özellik göstermiştir. Çalışma alanı genelinde ötrofikasyon riski mevcut bulunmuştur (Şekil 19).



Şekil 19. Yıllara göre istasyonların TRIX indeksi değişimi

İstasyonların yıllara göre mevsimsel TRIX değişimlerine bakıldığında; en iyi durum yaz örneklemelerinde görülmüştür. Kış ve sonbahar dönemlerinde çalışma alanında ötrofikasyon riskinin mevcut/yüksek olduğu, zaman zaman iç körfezde ötrofik koşulların yaşandığı tespit edilmiştir. 2015-2018 yılları aralığında çalışma alanı TRIX indeks skalasına göre ötrofikasyon riski yok ve ötrofikasyon riski mevcut kategorisinde değerlendirilebilir.

Tablo 12. TRIX indeksi değerleri

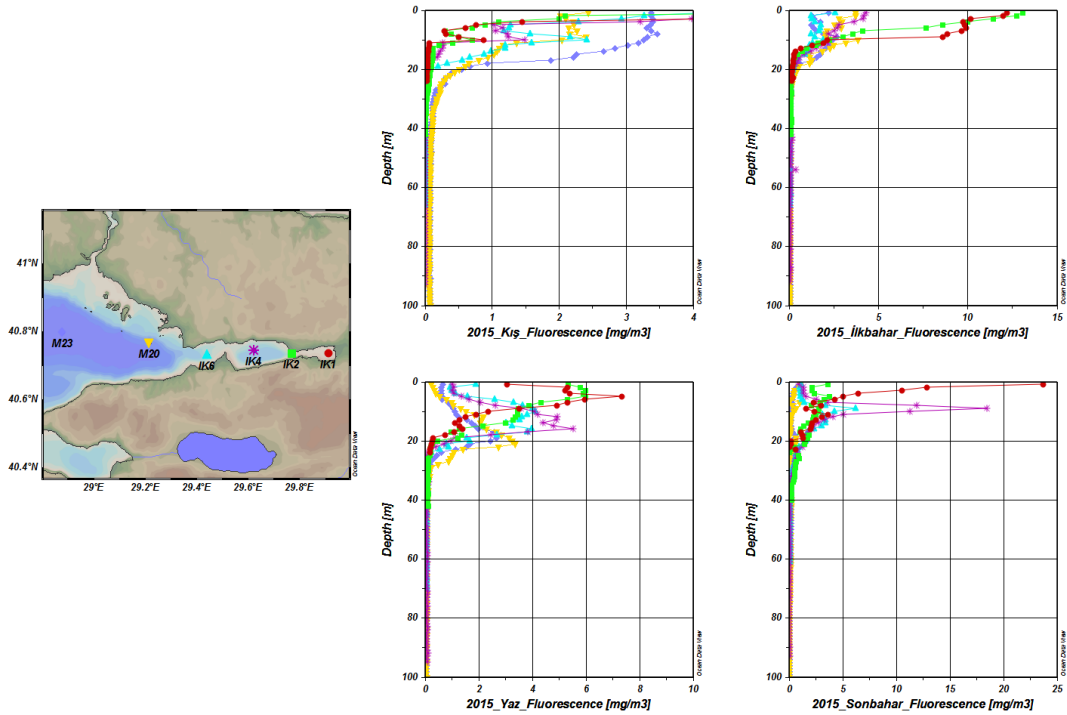
	2015				2016				2017				2018			
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
IK1	5.443	5.884	4.675	4.844	5.095	4.665	3.901	4.993	5.733	2.934	3.716	4.590	5.303	4.447	4.129	6.231
IK2	4.807	6.214	5.446	3.790	6.118	3.510	3.549	4.296	5.708	1.343	4.371	3.496	5.017	4.499	4.426	5.710
IK4	4.355	4.771	3.878	4.232	4.361	3.879	3.405	1.991	4.576	2.861	3.918	4.011	4.451	3.997	3.917	5.280
IK6	3.500	4.820	3.786	3.470	4.254	3.688	2.577	3.188	5.121	2.262	4.176	3.295	4.547	3.578	4.445	4.916
M20	4.996	4.985	2.529	1.897	3.774	2.303	2.278	3.360	4.007	4.613	3.351	3.243	1.539	2.995	4.122	4.761
M23	4.905	4.250	2.317	2.411	4.853	2.621	2.958	4.604	3.903	4.381	2.883	2.196	3.636	4.305	3.442	4.362

$Tİ < 4$	Ötrofikasyon Riski Yok
4-5	Ötrofikasyon Riski Mevcut
5-6	Ötrofikasyon Riski Yüksek
$Tİ > 6$	Ötrofik

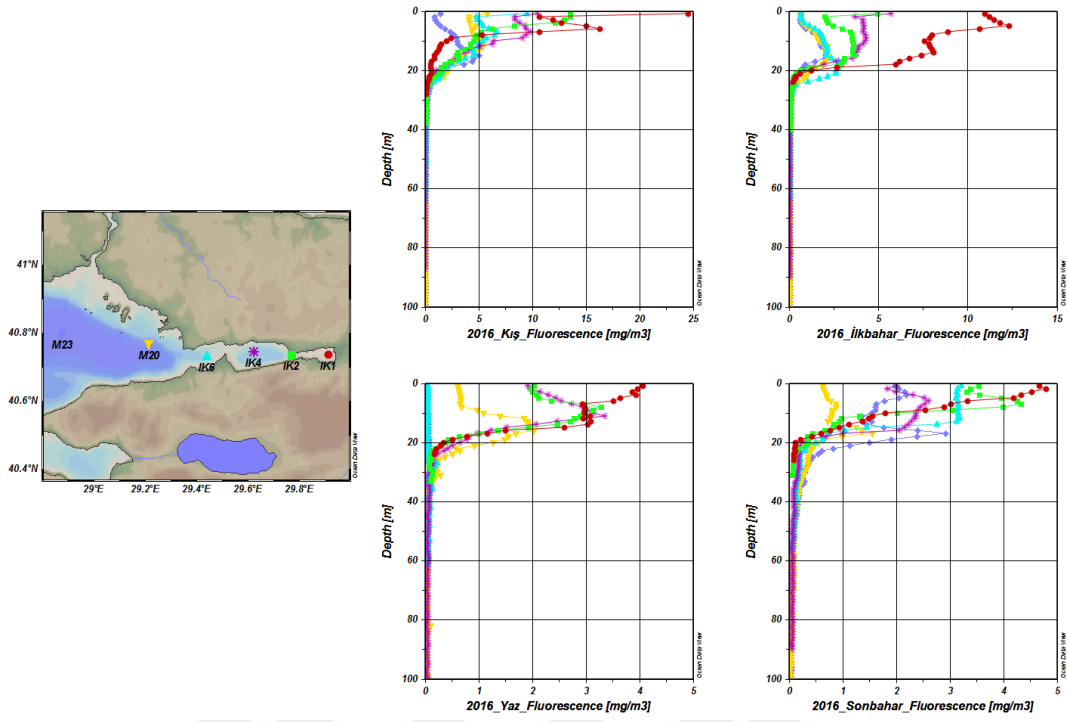
3.3 Biyolojik Parametreler

3.3.1 Floresans (İn-situ klorofil-*a*)

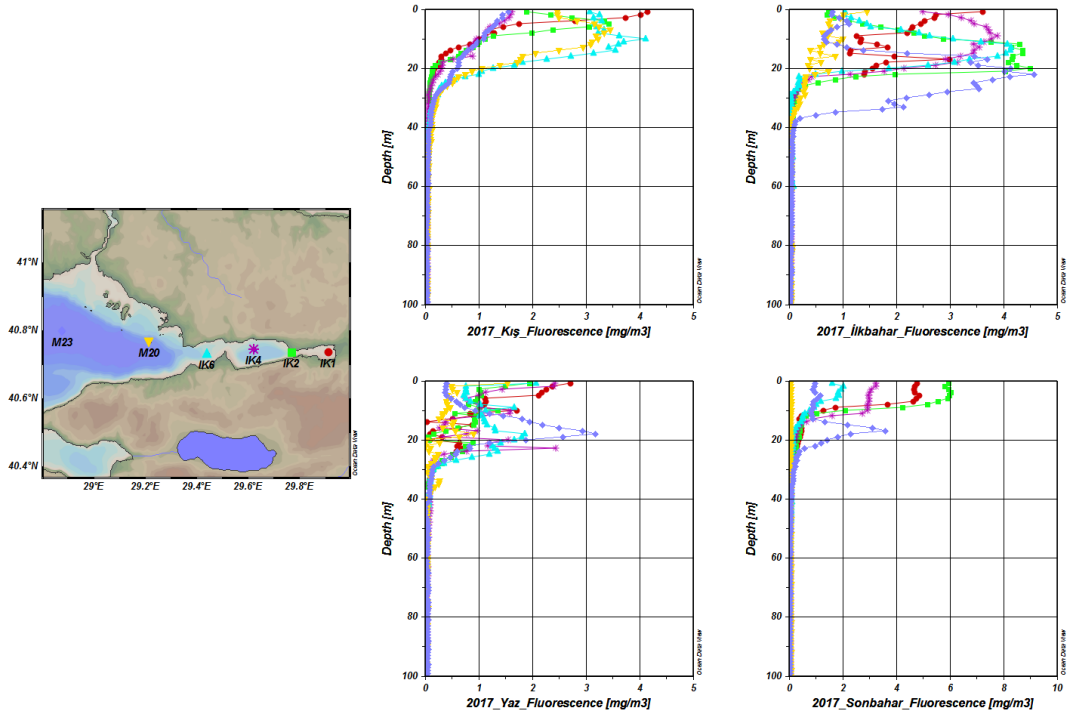
Floresans, suda klorofil pigmentinin yansıttığı dalga boyundaki ışık miktarını kullanarak fotosentez yapabilen canlıların su kolonundaki dağılımı hakkında bilgi vermektedir. Floresans profilinde maksimum değere karşılık gelen derinlik, klorofil-*a* ve fitoplankton örneklemeleri için önemli görülmektedir (DİSSP, 2017). İn-situ floresans sensörü deniz suyundaki klorofil-*a* içeriğini belirlemede kullanılan bir sensördür. Sensör, mavi renkte ışık yaymak suretiyle deniz suyundaki klorofil içeriğiyle ilişkili olan kırmızı renkte floresansı toplayarak bu değeri kaydeder. Bu sensör tarafından toplanan bilgiler fitoplankton biyokütlesinin iyi bir göstergesidir ancak tür çeşitliliği hakkında bilgi vermez (Thyssen ve diğerleri, 2011). Örneklem dönemlerinde saha çalışması sırasında elde edilen floresans profilleri Şekil 20-Şekil 23 arasında sunulmuştur. İn-situ floresans su kolonu boyunca kesintisiz ölçüm yaptığından su kolonundaki klorofil-*a*'nın dikey dağılımı hakkında göreceli doğru bilgi vermektedir. Floresans ölçümlerine bakıldığında genelde kış ve sonbahar aylarında yüzeyde olan maksimum değer, yaz ve ilkbaharda mevsim ve istasyona göre 10-20 m aralığında maksimum göstermiştir.



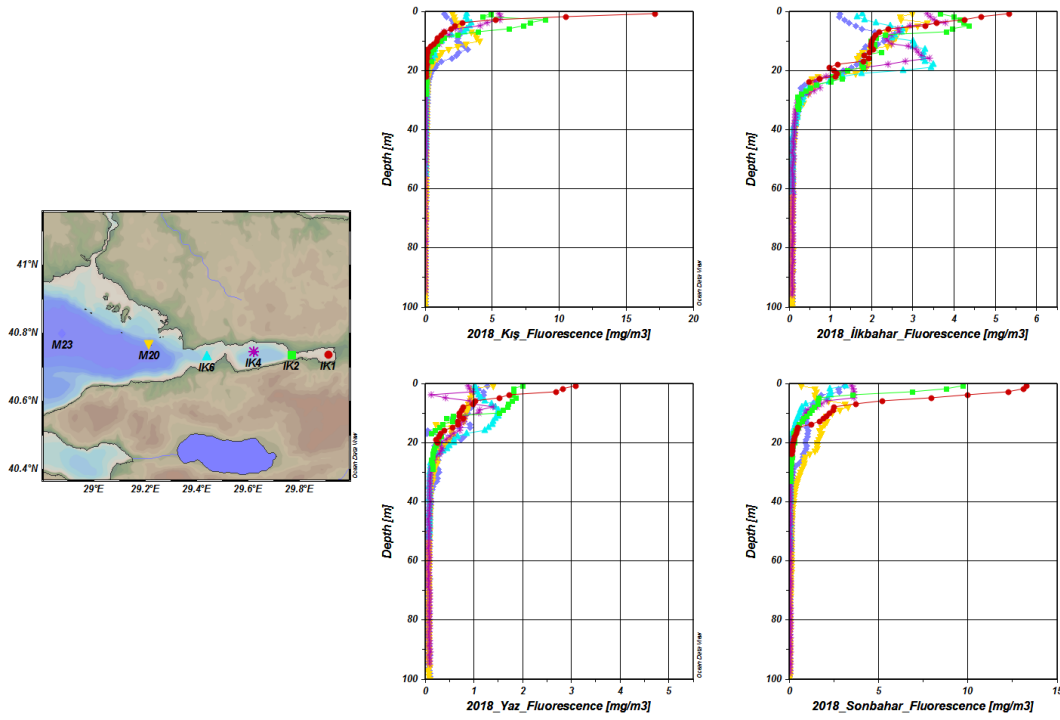
Şekil 20. 2015 yılının mevsimlik floresans profilleri



Şekil 21. 2016 yılının mevsimlik floresans profilleri

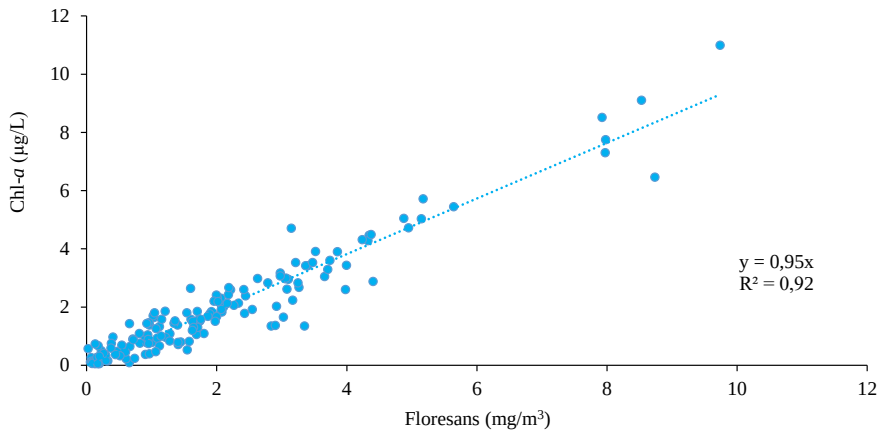


Şekil 22. 2017 yılının mevsimlik floresans profilleri



Şekil 23. 2018 yılının mevsimlik floresans profilleri

Klorofil-*a* örnekleme bu profiller incelenerek yüzey ve maksimum floresans derinliğinden yapılmıştır. Çalışılan alan ve zamanda ölçülen klorofil-*a* konsantrasyonları ile floresans sensörünün ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve birbiri ile oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Şekil 24). Bu ilişkiye göre floresans ölçümünü yaklaşık 0,95 ile çarptığımızda klorofil-*a* konsantrasyonunu tahmin edebiliriz.



Şekil 24. Klorofil-*a* ile floresans ilişkisi

3.3.2 Klorofil-a

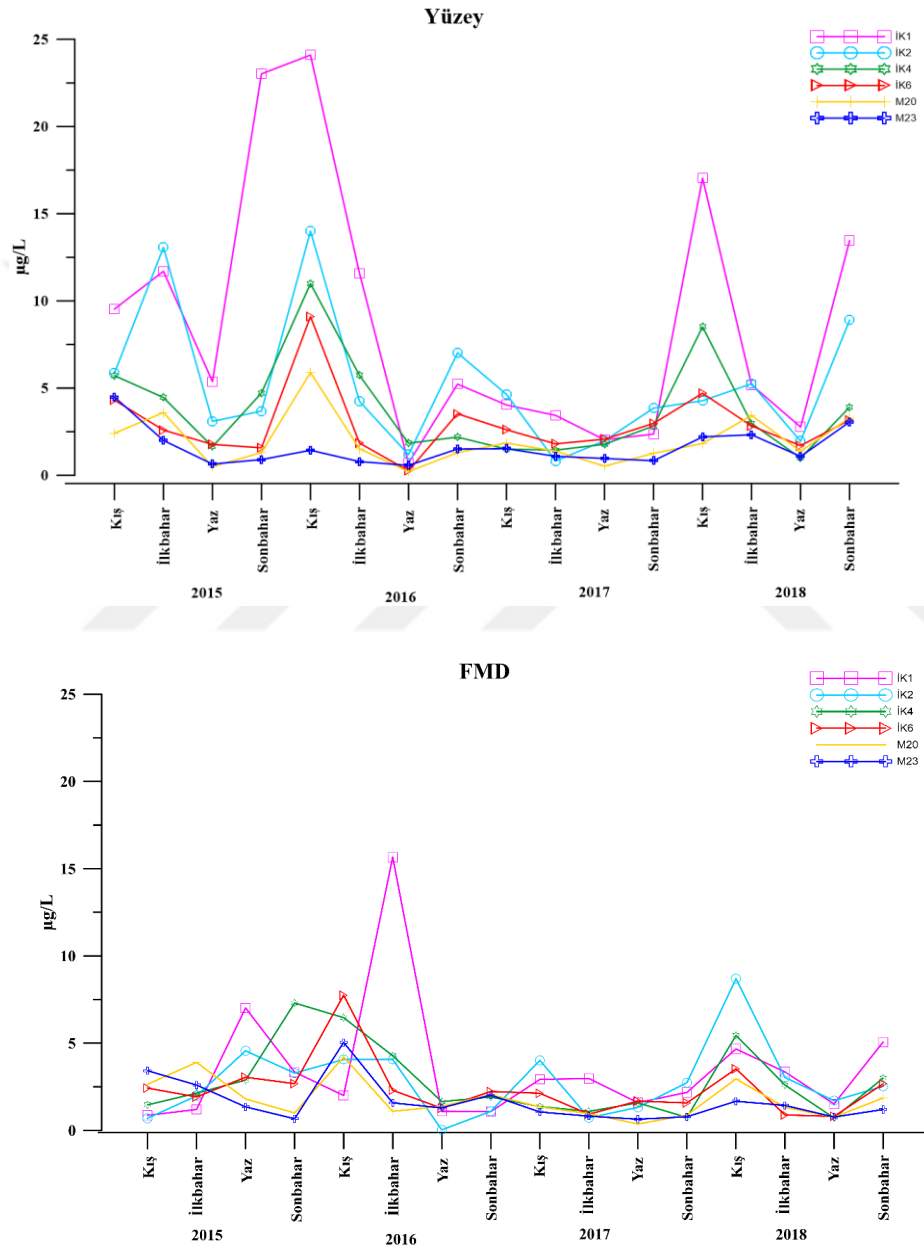
Klorofil-*a* (chl-*a*), denizlerdeki fitoplankton biyokütlesi ve birincil üretim seviyesinin göstergesi olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Chl-*a*, denizlerde birincil üretimin en önemli göstergelerinden olup aşırı yükselmesi, ötrofikasyonu işaret etmektedir. Denizlerde besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonun biyokütle göstergesi olan chl-*a*, çalışma süresince 6 istasyonda 4 yıl boyunca yüzey ve FMD'den mevsimlik olarak ölçülmüştür. Yüzey suyu konsantrasyonları 0,22-24,10 µg/L arasında, FMD konsantrasyonları ise 0,05-15,66 µg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 25). En yüksek yüzey chl-*a* konsantrasyonu 2016 yılı kışında İK1 no'lu İzmit iç körfez istasyonunda (24,10 µg/L), FMD'de en yüksek değer 2016 yılının ilkbaharında yine İK1 no'lu istasyonda (15,66 µg/L) ölçülmüştür. Örneklem periyodu içerisinde istasyonların yüzey suyu ortalama chl-*a* konsantrasyonunun mevsimsel değerleri Tablo 13'te verilmiştir. Chl-*a* ortalama konsantrasyonlarının kış, ilkbahar ve sonbaharda yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 13. Yüzey suyu chl-*a* konsantrasyonlarının betimleyici istatistiği

Mevsim	Chl- <i>a</i> (µg/L)	
	Ortalama±Standart Sapma	Minimum-Maksimum
Kış	6,36±5,57	1,44-24,10
İlkbahar	3,96±3,46	0,79-13,07
Yaz	1,54±1,12	0,22-5,38
Sonbahar	4,41±4,88	0,83-23,02

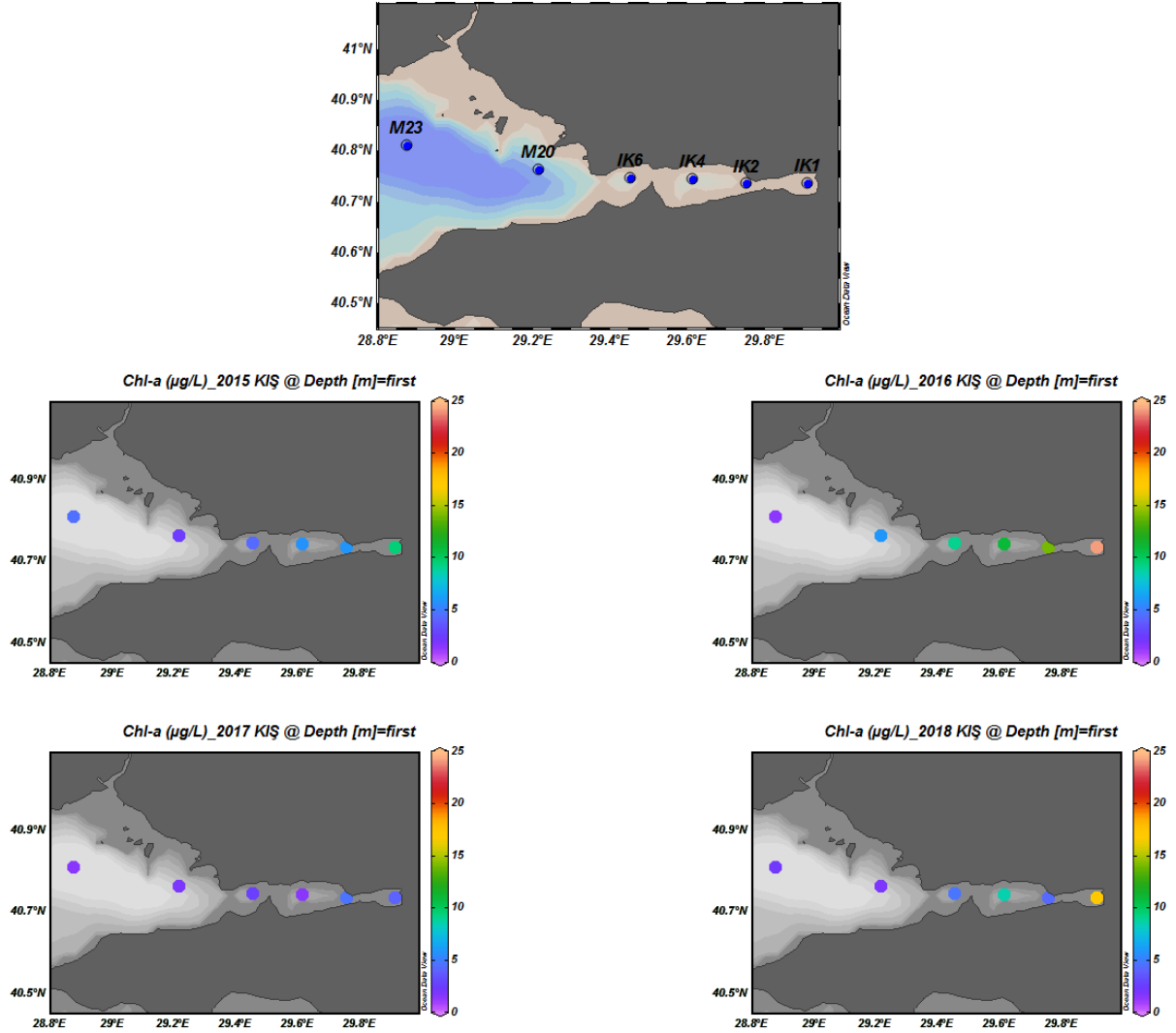
Çalışma süresince yapılan ölçümlerde iç körfez istasyonlarının chl-*a* konsantrasyonları yüksek seyretmiştir. Chl-*a* seviyeleri hem besin maddesinin artış/azalışı hem de ışık durumunun uygunluğuna göre değişir. Besin elementi (özellikle ÇİN ve Si) açısından zengin karasal girdilerin (evsel/kentsel atıksular) beslediği sığ sular olan İzmit iç körfezde beklenildiği üzere fitoplankton biyokütlesinin göstergesi olan chl-*a* değerleri oldukça yüksektir. Ayrıca kış karışımları nedeni ile yüzey sularındaki besin maddesi artışı da chl-*a* seviyelerinin yükselmesine neden olur. Chl-*a* değerlendirmelerinde büyüme dönemi değerleri de dikkate alınır. Fitoplankton büyüme dönemleri Marmara Denizi'nde özellikle kış karışımlarını takiben ilkbahar ve sonu ile sonbahar dönemi olarak dikkat çekmektedir (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2019). Kıyıdan uzak olan derin istasyonların (M20 ve M23) yüzey sularında N, P konsantrasyonları düşük olduğu için chl-*a* konsantrasyonu da oldukça düşüktür. 4 yıllık

örnekleme periyodunda bu derin istasyonların chl-*a* konsatrasyonları 0,22- 5,9 $\mu\text{g/L}$ arasında salınım göstermiştir. Bu istasyonlarda en düşük değer yüzey suyunda 2016 yaz döneminde M20 istasyonunda (0,22 $\mu\text{g/L}$), FMD’de 2017 yaz döneminde yine M20 istasyonunda (0,37 $\mu\text{g/L}$) ölçülmüştür (Şekil 25).



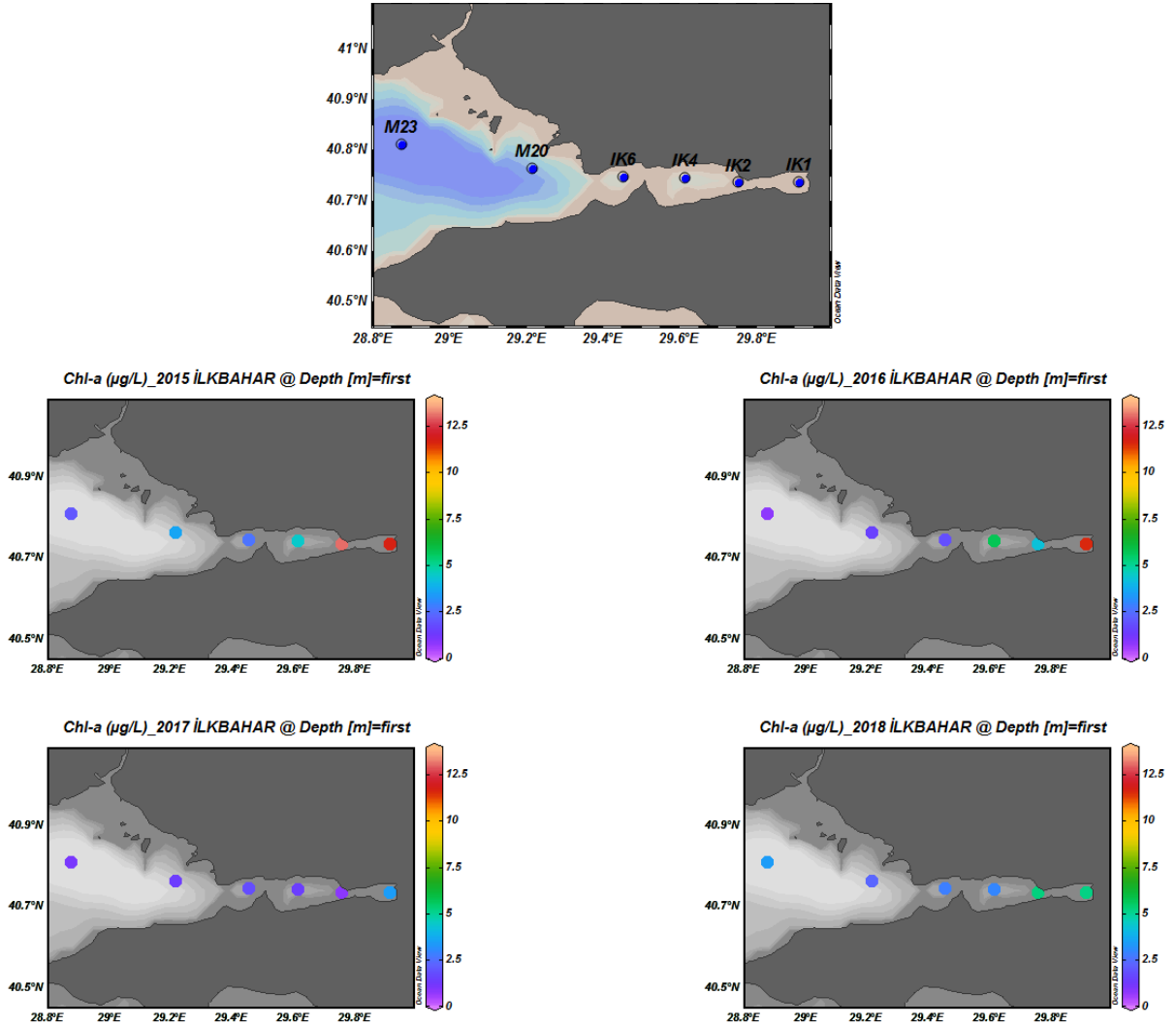
Şekil 25. Yıllara göre istasyonların yüzey ve FMD klorofil-*a* değişimi

Çalışma süresince yüzey suyuna ait chl-*a* değerlerinin mevsimsel durumları da incelenmiştir. Kış dönemi chl-*a* verilerine göre 2016 kışında iç körfez (İK1 ve İK2) ve orta körfezde (İK4) 4 yılın en yüksek kış konsantrasyonları ölçülmüştür. 2016 kışında istasyonların tümünde genel bir yükseklik söz konusu olmuştur (Şekil 26). Örnekleme dönemlerinin en düşük chl-*a* konsantrasyonları tüm mevsimlerde M20 ve M23 istasyonlarında ölçülmüştür.



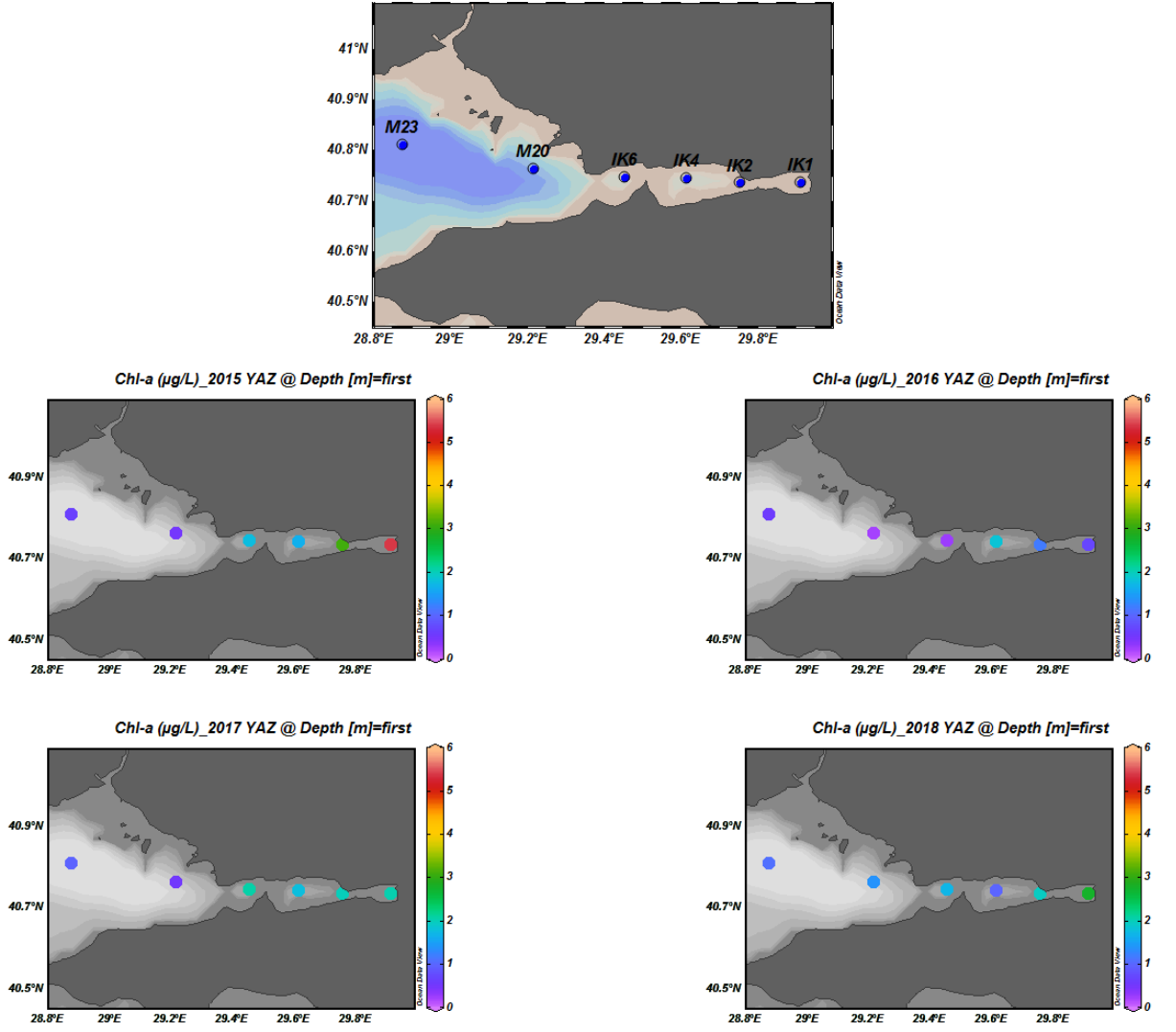
Şekil 26. Kış dönemi yüzey suyunda chl-*a* konsantrasyonlarının yıllara göre durumu

İlkbahar dönemi chl-*a* verilerine göre 2015 ve 2016'da özellikle iç körfezde yüksek olan konsantrasyon 2017'de diğer yıllara göre düşük tespit edilmiştir. 2018'de chl-*a* konsantrasyonunun 2017'ye kıyasla yüksek, 2015 ve 2016'ya kıyasla düşük olduğu görülmektedir (Şekil 27).



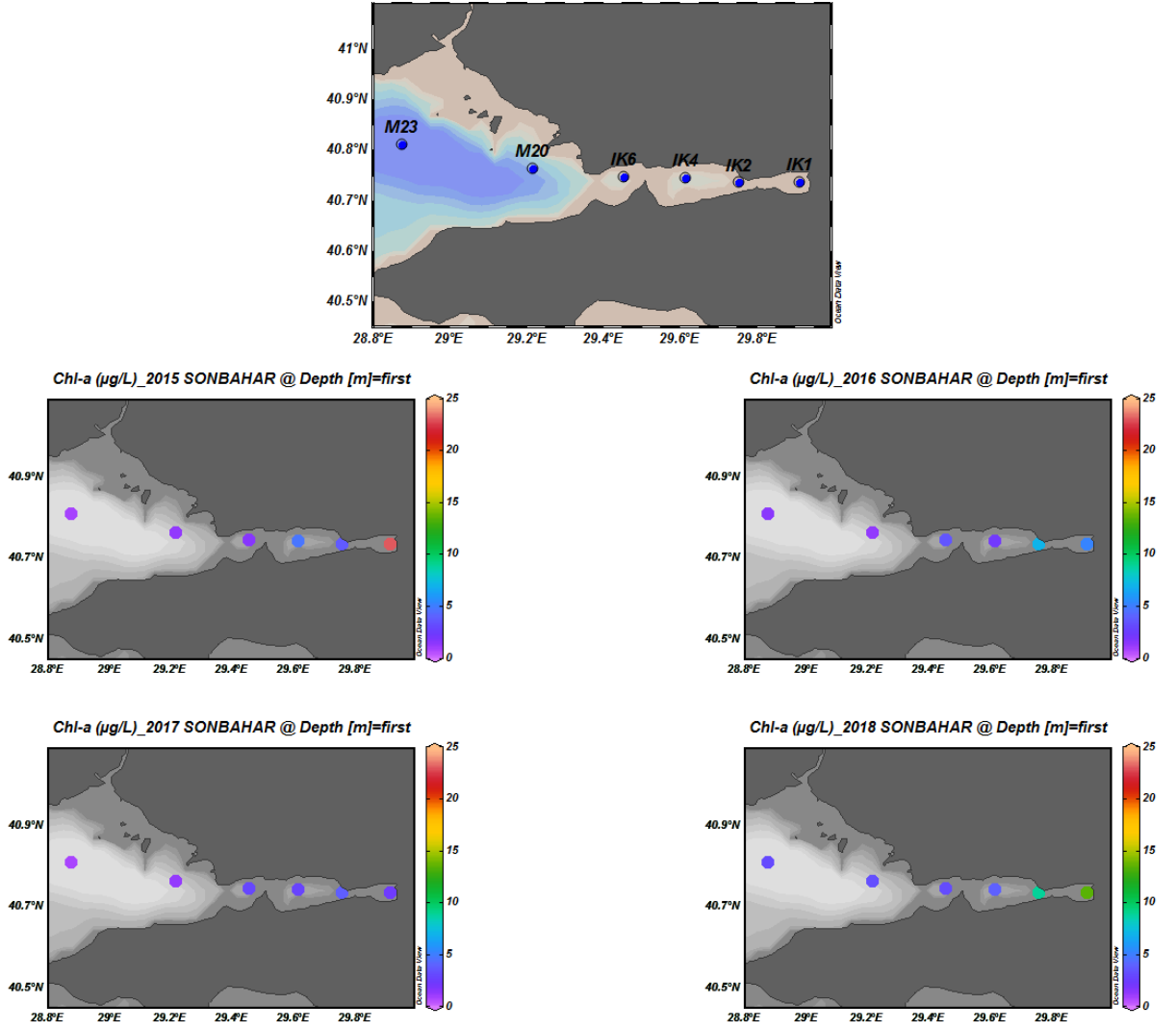
Şekil 27. İlkbahar dönemi yüzey suyunda chl-*a* konsantrasyonlarının yıllara göre durumu

Yaz örneklemelerinde chl-*a* konsantrasyonları düşük tespit edilmiş, körfez içindeki yüksek konsantrasyonlar M20 ve M23 istasyonlarına gidildikçe azalmıştır (Şekil 28).



Şekil 28. Yaz dönemi yüzey suyunda chl-a konsantrasyonlarının yıllara göre durumu

Sonbahar örneklemelerinde elde edilen yüzey chl-a konsantrasyonlarının yıllara göre durumu Şekil 29’da verilmiştir. Buna göre özellikle 2015 ve 2018 sonbaharında iç körfezde yüksek konsantrasyonda chl-a tespit edilmiştir. Diğer mevsimlerde olduğu gibi iç körfez, chl-a konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü bölge olmuştur. Tüm dönemlerde chl-a konsantrasyonlarının İzmit iç körfezden kuzeydoğu Marmara’ya doğru azaldığı belirlenmiştir. Bu da karasal girdilerin etkisi altında olan iç körfez için beklenen bir durumdur.



Şekil 29. Sonbahar dönemi yüzey suyunda chl-a konsantrasyonlarının yıllara göre durumu

3.3.3 İz-Pigmentler

3.3.3.1 2017 yılında iz-pigmentlerin değişimleri

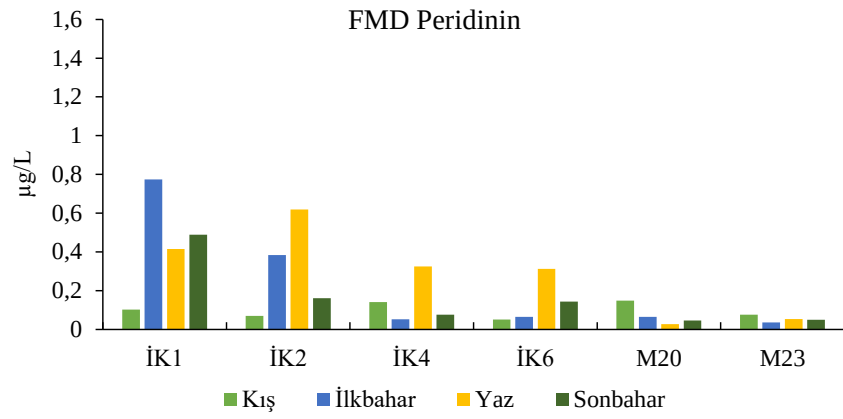
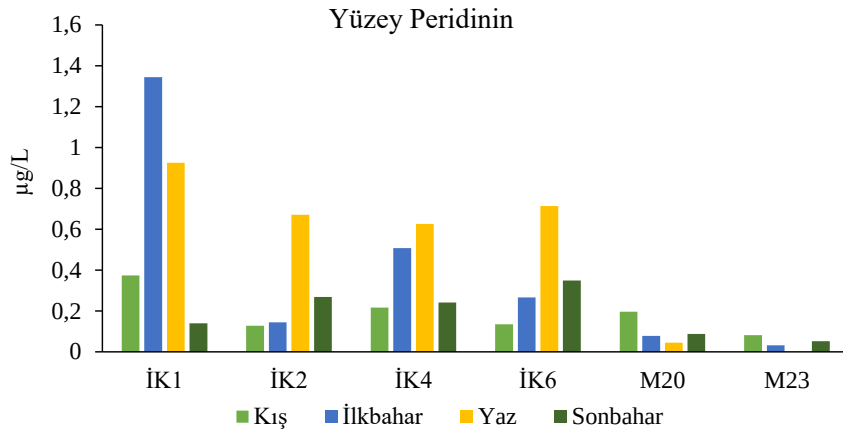
2017 ve 2018 yılı yüzey suyundan ve floresans max derinliğinden (FMD) mevsimsel olarak alınan örneklerin pigment içerikleri yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemi ile analiz edilmiştir. Klorofil grubu (Grup-I) pigmentlerinden: Klorofil-*b*, Klorofil-*c* ve Diviniyl klorofil-*a*; Klorofil dışında kalan (Grup-II) (Karotenoid ve Ksantofil grubu) pigmentlerden: Peridinin (PER), 19'-butanoyloxyfucoxanthin (BUT), Fucoxanthin (FUC), 19'-hexanoyloxyfucoxanthin (HEX), Diadinoxanthin (DIAD), Alloxanthin (ALLO), β -carotene (B-CAR) örneklemeye dönemlerinde tespit edilmiştir.

Çalışma süresince ortamda tanımlanan fitoplankton gruplarına özgü pigmentler aşağıda verilmiştir:

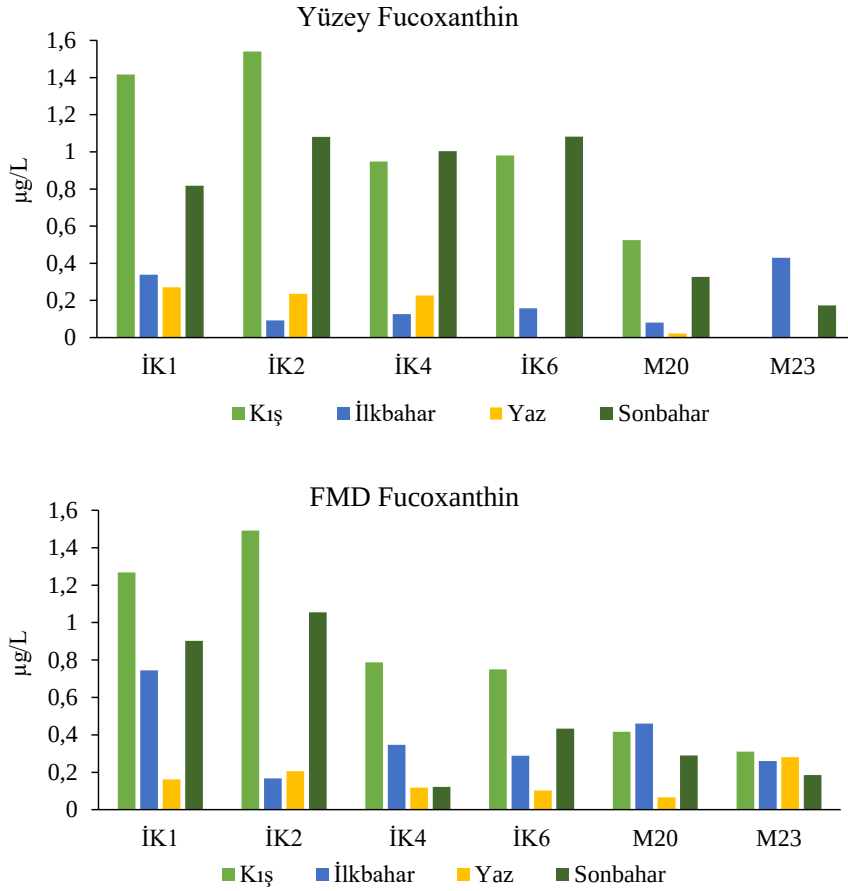
- Bacillariophyceae; Klorofil-*a* (CHL-*a*), Klorofil-*c* (CHL-*c*), β -carotene (B-CAR), Diadinoxanthin (DIAD) ve Fucoxanthin (FUC)
- Dinophyceae; Klorofil-*a* (CHL-*a*), Klorofil-*c* (CHL-*c*), β -carotene (B-CAR), Diadinoxanthin (DIAD), Dincoxanthin (DIA) ve Peridinin (PER)

İz pigment, fitoplankton gruplarına özgü olarak 1 veya 2 tanedir. Diğer pigmentler ise yardımcı pigment olup tüm fitoplankton gruplarında bulunmaktadır. Diyatom grubunun iz-pigmenti fucoxanthin (FUC), Dinoflagellat grubunun iz pigmenti peridinin (PER), Silikoflagellat grubunun alloxanthin (ALLO), Kokolit grubunun 19'-hexanoyloxyfucoxanthin (HEX)'dir (Jeffrey ve diğerleri, 1997).

2017 yılında çalışma alanında tespit edilen iz-pigment ve yardımcı pigmentler Şekil 30 ile Şekil 32 arasında sunulmuştur. Dinoflagellat grubunun göstergesi olan peridinin konsantrasyonları yüzey suyunda 0,03 ile 1,34 $\mu\text{g/L}$ aralığında, FMD'de ise 0,03 ile 0,77 $\mu\text{g/L}$ aralığında belirlenmiş olup ilkbahar ve sonbaharda konsantrasyonlar daha yüksek ölçülmüştür (Şekil 30). Yüksek olan değerler İzmit iç körfezde yer alan İK1 nolu istasyonda tespit edilmiştir. Peridinin konsantrasyonlarının Marmara Denizi'ne doğru azalmakta olduğu gözlenmiştir. Diyatom grubunun göstergesi olan fucoxanthin yüzey suyunda genel olarak kış, ilkbahar ve sonbaharda yüksek olup konsantrasyon aralığı yüzeyde 0,02 ile 1,54 $\mu\text{g/L}$, FMD'de 0,06 ile 1,49 $\mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 31). Yüzey ve FMD'de yüksek değerler İzmit iç körfezde yer alan İK2 nolu istasyonda gözlenmiştir. Silikoflagellat ve Kokolit gruplarının göstergesi olan alloxanthin ve 19'-hexanoyloxyfucoxanthin örnekleme dönemlerinde yüzey ve FMD'de çok düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Alloxanthin konsantrasyonları $<0,2 \mu\text{g/L}$ olup genelde kış ve sonbaharda gözlenmiştir. 19'-hexanoyloxyfucoxanthin konsantrasyonları $<0,5 \mu\text{g/L}$ olup sadece ilkbahar ve sonbaharda gözlenmiştir.

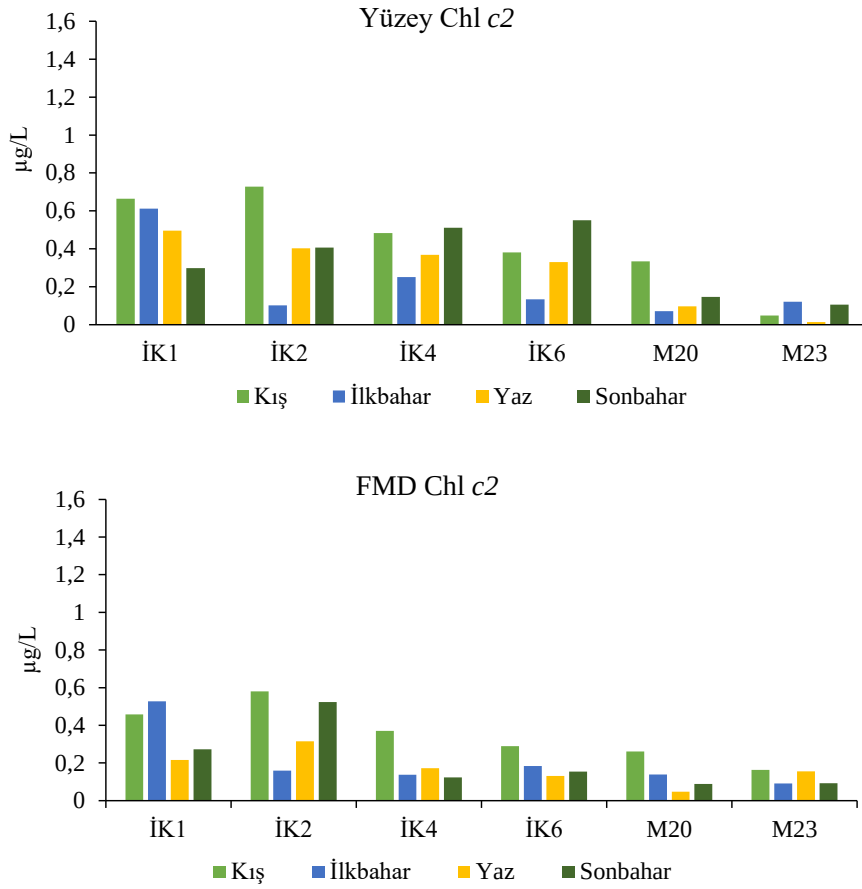


Şekil 30. Yüzey ve FMD’de mevsimsel peridinin konsatrasyonları (2017)



Şekil 31. Yüzey ve FMD’de mevsimsel fucoxanthin konsatrasyonları (2017)

Fitoplankton gruplarının tümünde bulunan diğer yardımcı pigmentlerden diadinoxanthin ve β -carotenin konsantrasyonları düşük olarak tespit edilmiştir. Hemen her mevsim düşük olan değerlerden diadinoxanthin $<0,3 \mu\text{g/L}$, β -caroten ise $<0,2 \mu\text{g/L}$ seviyesinde ölçülmüştür. Diğer bir yardımcı pigment chl-c olup her mevsim ve her istasyonda tespit edilmiştir, konsantrasyon aralığı $0,01-0,73 \mu\text{g/L}$ olarak belirlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlar İzmit iç körfezde yer alan İK2 nolu istasyonunun yüzey ve FMD’de kış mevsiminde gözlenmiştir (Şekil 32).

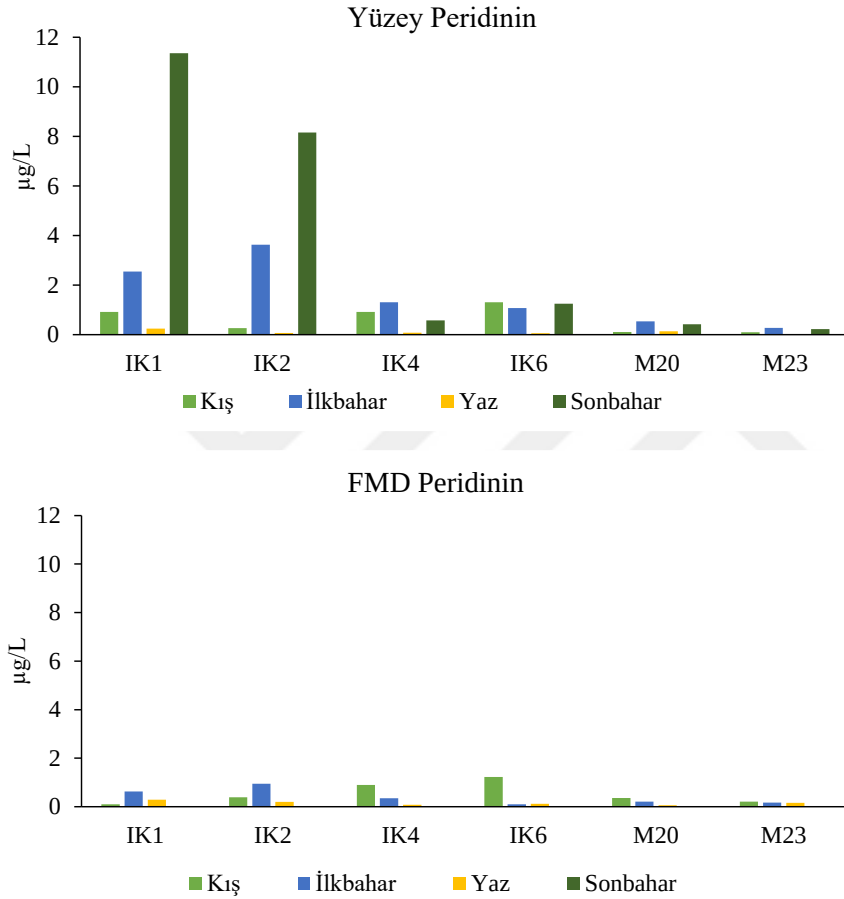


Şekil 32. Yüzey ve FMD’de mevsimsel chl-c konsantrasyonları (2017)

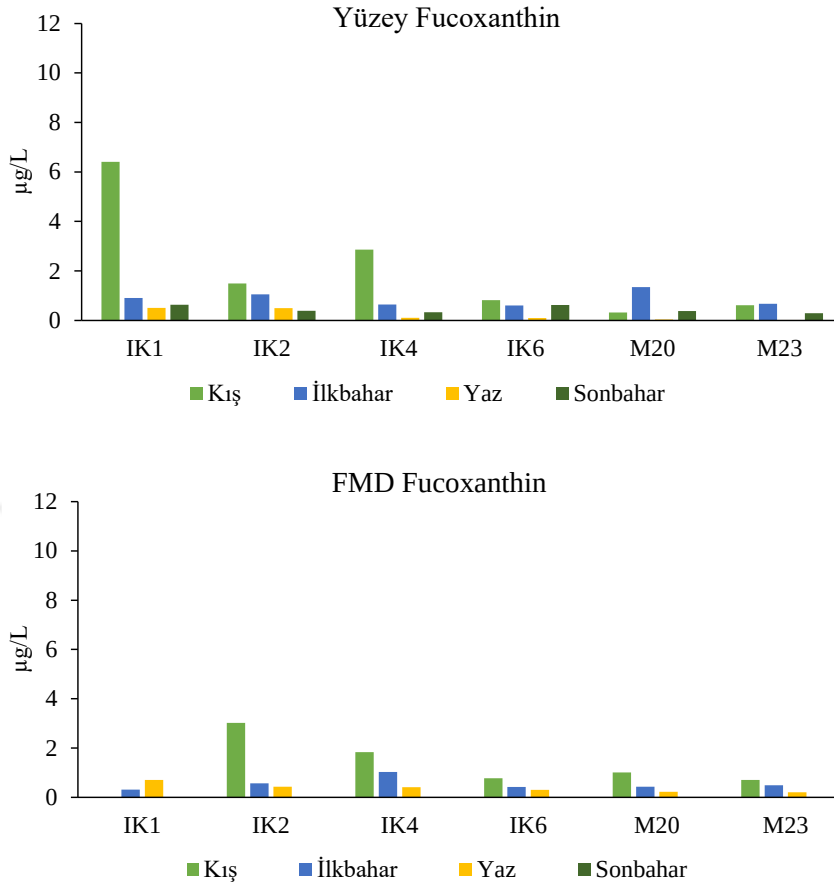
3.3.3.2 2018 yılında iz-pigmentlerin değişimleri

2018 yılında çalışma alanında tespit edilen iz-pigment ve yardımcı pigmentler Şekil 33 ile Şekil 35 arasında sunulmuştur. Dinoflagellat grubunun göstergesi olan peridinin konsantrasyonları yüzey suyunda 0,02-11,35 $\mu\text{g/L}$ geniş aralığında, FMD’de ise 0,004 ile 0,94 $\mu\text{g/L}$ aralığında belirlenmiştir. Değerler ilkbahar ve sonbaharda iç körfezde yüksek iken FMD’de sonbaharda çok düşük olduğu gözlenmiştir. Yüksek olan konsantrasyonlar İzmit iç körfezde yer alan İK1 ve İK2 nolu istasyonlarda tespit edilmiştir. Değerlerin bu yılda da Marmara Denizi’ne doğru azalmakta olduğu gözlenmiştir (Şekil 33). Diatom grubunun göstergesi olan fucoxanthin yüzey suyunda genelde kış mevsiminde yüksek olup konsantrasyon aralığı yüzeyde 0,01 ile 6,41 $\mu\text{g/L}$, FMD’de 0,002 ile 3,02 $\mu\text{g/L}$ olarak ölçülmüştür. Yüzey ve FMD’de yüksek konsantrasyonlar, İzmit iç körfezde yer alan İK2 nolu istasyonda kış mevsiminde tespit edilmiştir (Şekil 34). Silikoflagellat grubunun göstergesi olan alloxanthin

istasyonların tümünde her örnekleme döneminde gözlenmiş olup kış mevsiminde İK1 nolu istasyonda 1,41 µg/L, yaz mevsiminde M23 nolu istasyonda 0,01 µg/L olarak ölçülmüştür. Kokolit grubunun göstergesi olan 19'-hexanoyloxyfucoxanthin, örnekleme dönemlerinde yüzey ve FMD'de oldukça düşük (<0,1 µg/L) konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

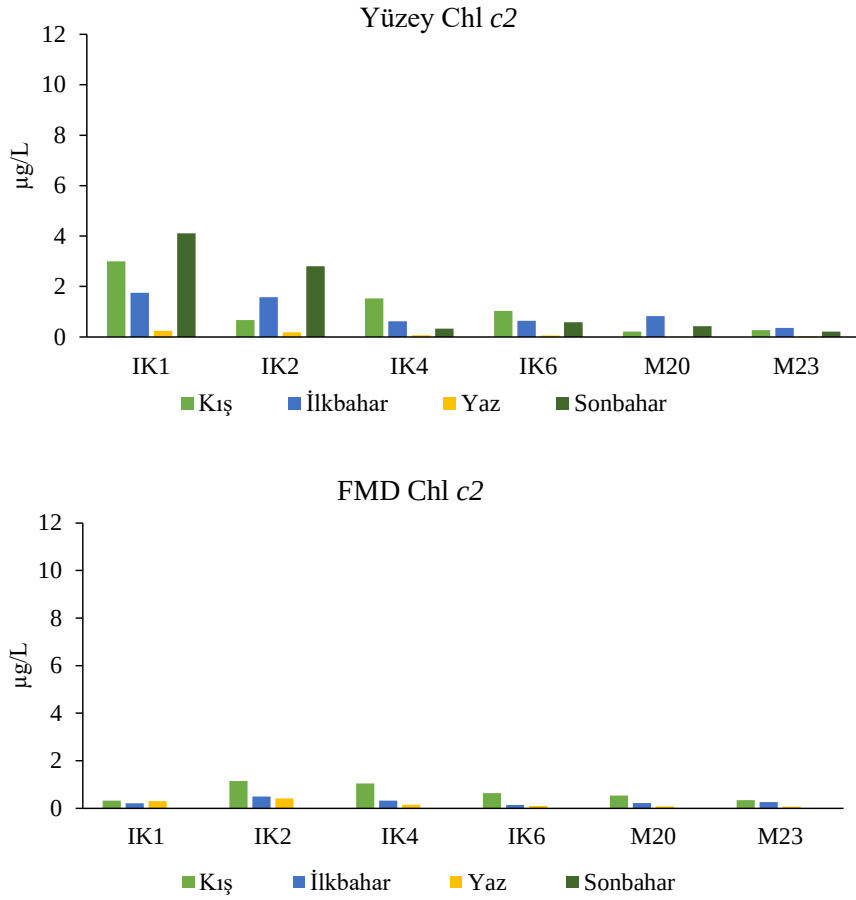


Şekil 33. Yüzey ve FMD'de mevsimsel peridinin konsantrasyonları (2018)



Şekil 34. Yüzey ve FMD’de mevsimsel fucoxanthin konsantrasyonları (2018)

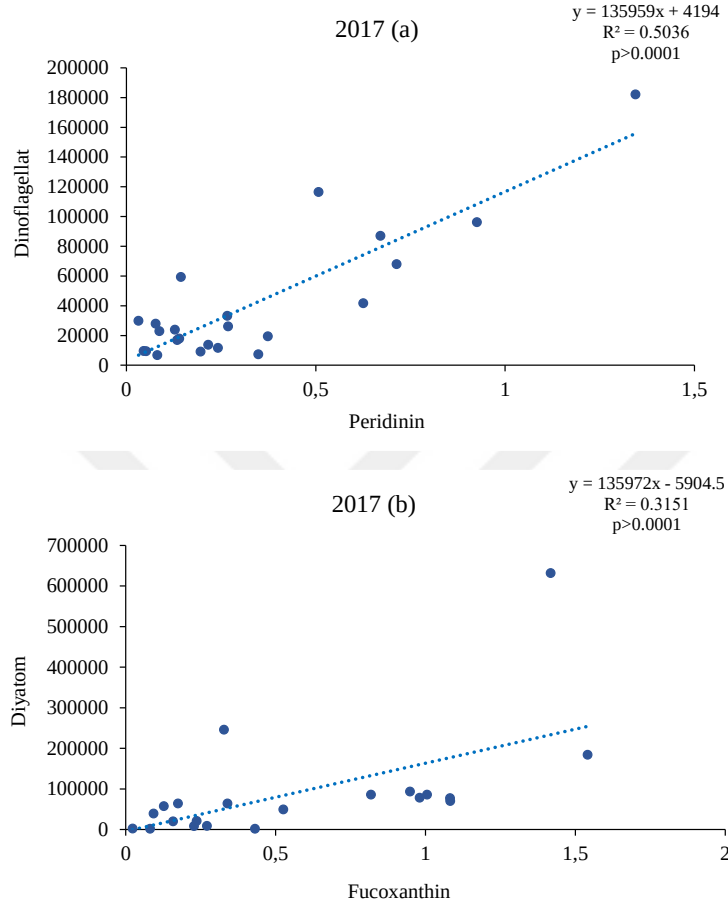
Fitoplankton gruplarının tümünde bulunan diğer yardımcı pigmentlerden diadinoxanthin ve β -carotenin konsantrasyonları oldukça düşük ölçülmüştür. Hemen her mevsim düşük olan bu konsantrasyonlardan β -caroten $<0,3 \mu\text{g/L}$, diadinoxanthin ise maksimum $1,55 \mu\text{g/L}$ olarak İK1 nolu istasyonda sonbaharda tespit edilmiştir. FMD’de ise sonbaharda oldukça düşük diadinoxanthin konsantrasyonu ($<0,01 \mu\text{g/L}$) ölçülmüştür. Diğer bir yardımcı pigment chl-c olup istasyonların tümünde, tüm örnekleme dönemlerinde tespit edilmiştir. Chl-c’nin konsantrasyon aralığı $0,01-4,11 \mu\text{g/L}$ olarak ölçülmüştür. Yüksek değerler İK1 nolu istasyonunun yüzey suyunda ve İK2 nolu istasyonun FMD’de sırasıyla sonbahar ve kış mevsiminde tespit edilmiştir (Şekil 35).



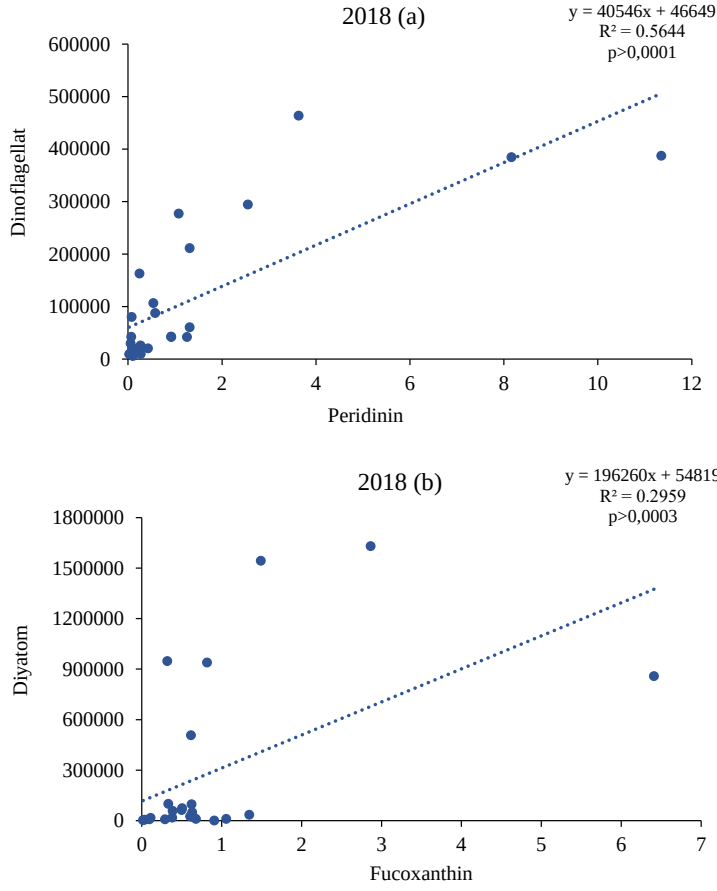
Şekil 35. Yüzey ve FMD’de mevsimsel chl-c konsantrasyonları (2018)

Çalışma alanında tespit edilen fitoplankton gruplarının mikroskopik sayım sonuçları ile bu gruplara özgü iz-pigmentler arasında güçlü ilişki gözlenmiştir. Dinoflagellatların göstergesi olan peridinin ile dinoflagellat bolluğu; diyatomların göstergesi olan fucoxanthin ile diyatom bolluğu arasındaki ilişki 2017 ve 2018 yılı için Şekil 36 ve Şekil 37’de sunulmuştur. Dinoflagellat ve diyatom gruplarının bolluk ve iz-pigment olarak biyokütlesi birlikte incelendiğinde anlamlı güçlü bir ilişki ($p < 0,0001$) tespit edilmiş olup ortamda gözlenen fucoxanthin ve peridinin biyokütlelerinin diyatom ve dinoflagellatlardan geldiğini söyleyebiliriz. Her iki grupta da yer alan diğer yardımcı pigmentler chl-c, diadinoxanthin ve β -carotene olup örnekleme yapılan zamanlarda her istasyonda gözlenmiştir. Dictyochophyceae ve Coccolithophyceae göstergesi olan Alloxanthin ve 19-hexanoyloxyfucoxanthin çalışma yapılan dönemde yüzey ve FMD’de çok düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bu

çalışmada nano ve pikofitoplankton gruplarının mikroskobik tayinleri yapılmamıştır. İz-pigment sonuçları ortamda bu grupların az da olsa var olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 36. 2017 yılı yüzey suyu dinoflagellat bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (a), diatom bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (b)



Şekil 37. 2018 yılı yüzey suyunda dinoflagellat bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (a), diatom bolluğu ile iz-pigment ilişkisi (b)

3.3.4 Fitoplankton

3.3.4.1 Tür kompozisyonu

Çalışmada, 6 istasyondan 4 yıl boyunca (2015-2018) mevsimsel fitoplankton örnekleme yapılmıştır. Örnekler yüzey suyundan (1 m) ve floresans maksimum derinliğinden (FMD) alınmıştır. Teşhis edilen türler Tablo 14’te verilmiştir. Buna göre örneklemler sonunda 10 taksonomik sınıfta 68 cinse ait 146 tür tespit edilmiştir. Bunlardan 39’unun teşhisinde tür düzeyine inilememiştir.

Tablo 14. Çalışma boyunca fitoplankton komünitesinde tespit edilen türler

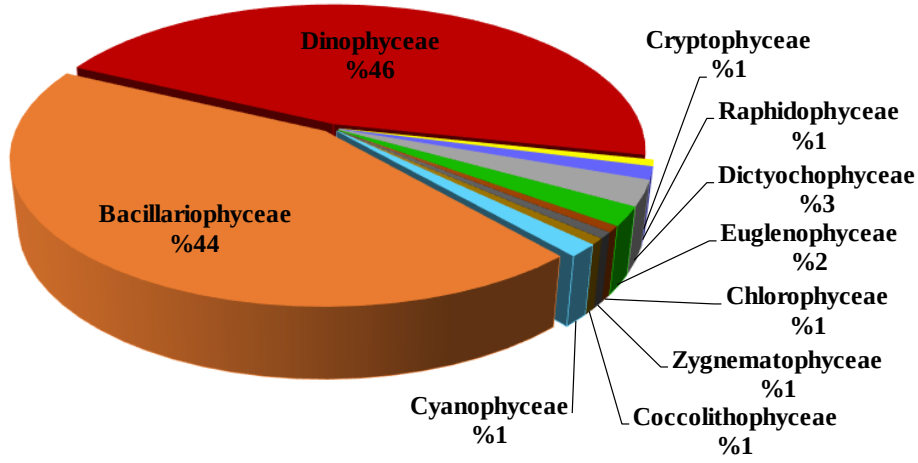
Tür
Cyanophyceae
<i>Anabaena</i> sp.
<i>Oscillatoria</i> sp.
Bacillariophyceae
<i>Achnanthes longipes</i> C.Agardh, nom. illeg. 1824
<i>Achnanthes</i> sp.
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder 1864
<i>Bacteriastrum</i> sp.
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder 1864
<i>Chaetoceros brevis</i> F.Schütt 1895
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder 1864
<i>Chaetoceros constrictus</i> Gran 1897
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve 1889
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873
<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran 1897
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856
<i>Chaetoceros simplex</i> Ostensfeld 1902
<i>Chaetoceros</i> sp.
<i>Climacosphaenia moniligera</i>
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W.Smith 1856
<i>Coscinodiscus granii</i> L. F. Gough 1905
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg 1844
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840
<i>Coscinodiscus</i> sp.
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin 1964
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle 1996
<i>Dactyliosolen</i> sp.
<i>Detonula confervacea</i> (Cleve) Gran 1900
<i>Diploneis</i> sp.
<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow 1885
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg 1839
<i>Fragilaria</i> sp.
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo 1892
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle 1997
<i>Guinardia</i> sp.
<i>Gyrosigma</i> sp.
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve 1873
<i>Hemiaulus</i> sp.
<i>Lauderia annulata</i> Cleve, 1873
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889

Tür
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran 1915
<i>Licmophora</i> sp.
<i>Melosira</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.
<i>Neocalyptrella robusta</i> (G.Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Castillo 1997
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith 1853
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs 1861
<i>Nitzschia</i> sp.
<i>Planktoniella</i> sp.
<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i> (Cleve) Heiden 1928
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle 1993
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström 1986
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell 1858
<i>Rhizosolenia styliiformis</i> T.Brightwell 1858
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i> (Greville) Cleve 1873
<i>Skeletonema</i> cf. <i>marinoi</i> Sarno & Zingone 2005
<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1832
<i>Synedra</i> sp.
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902
<i>Thalassiosira angustelineata</i> (A.W.F.Schmidt) G.Fryxell & Hasle 1977
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve 1904
<i>Thalassiosira gravis</i> Meunier 1910
<i>Thalassiosira</i> sp.
Dinophyceae
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) Gert Hansen & Moestrup 2000
<i>Alexandrium minutum</i> Halim 1960
<i>Alexandrium</i> sp.
<i>Amphidinium</i> sp.
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann 1859
<i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg 1839
<i>Dinophysis caudata</i> W.S.Kent 1881
<i>Dinophysis sacculus</i> F.Stein 1883
<i>Dinophysis</i> sp.
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1881
<i>Glenodinium</i> sp.
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing 1866
<i>Gonyaulax polygramma</i> F.Stein 1883
<i>Gonyaulax</i> sp.
<i>Gymnodinium impudicum</i> (S.Fraga & I.Bravo) Gert Hansen & Moestrup 2000
<i>Gymnodinium</i> sp.
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy 1921

Tür
<i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid & Swezy 1921
<i>Gyrodinium</i> sp.
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Lohmann) Gert Hansen 1995
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) F.Stein 1883
<i>Heterocapsa</i> sp.
<i>Karenia brevis</i> (C.C.Davis) Gert Hansen & Moestrup 2000
<i>Karenia</i> sp.
<i>Lingulodinium polyedra</i> (F.Stein) J.D.Dodge 1989
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy 1921
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kofoid 1926
<i>Oxytoxum scolopax</i> F.Stein 1883
<i>Phalacroma rotundatum</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & J.R.Michener 1911
<i>Podolampas spinifera</i> Okamura 1912
<i>Polykrikos kofoidii</i> Chatton 1914
<i>Polykrikos schwartzii</i> Bütschli 1873
<i>Polykrikos</i> sp.
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) T.H.Abé ex J.D.Dodge 1975
<i>Prorocentrum cordatum</i> (Ostenfeld) J.D.Dodge 1976
<i>Prorocentrum gracile</i> F.Schütt 1895
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg 1834
<i>Prorocentrum scutellum</i> B.Schröder 1900
<i>Prorocentrum triestinum</i> J.Schiller 1918
<i>Prorocentrum</i> sp.
<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974
<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974
<i>Protoperidinium grande</i> (Kofoid) Balech 1974
<i>Protoperidinium oblongum</i> (Aurivillius) Parke & Dodge 1976
<i>Protoperidinium obtusum</i> (Karsten) Parke & J.D.Dodge 1976
<i>Protoperidinium pentagonum</i> (Gran) Balech 1974
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh 1881
<i>Protoperidinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974
<i>Protoperidinium steinii</i> (E.G.Jørgensen) Balech 1974
<i>Protoperidinium</i> sp.
<i>Pselodinium fusus</i> (F.Schütt) F.Gómez 2018
<i>Pyrophacus horologium</i> F.Stein 1883
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister,
<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy 1921
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013
<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013

Tür
<i>Tripes horridum</i> (Cleve) F.Gómez 2013
<i>Tripes lineatus</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013
<i>Tripes longipes</i> (Bailey) F.Gómez 2013
<i>Tripes macroceros</i> (Ehrenberg) Hallegraeff & Huisman 2020
<i>Tripes muelleri</i> Bory 1826
<i>Tripes trichoceros</i> (Ehrenberg) Gómez 2013
<i>Tripes</i> sp.
Cryptophyceae
<i>Plagioselmis prolunga</i> Butcher ex G.Novarino, I.A.N.Lucas & S.Morrall 1994
Raphidophyceae
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Y.Hada) Y.Hada ex Y.Hara & M.Chihara 1987
Dictyochophyceae
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg 1839
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg 1839
<i>Dictyocha</i> sp.
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse 1946
Coccolithophyceae
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler 1967
Euglenophyceae
<i>Eutreptia</i> sp.
<i>Eutreptiella</i> sp.
<i>Phacus</i> sp.
Chlorophyceae (Tatlısu alg türü)
<i>Scenedesmus</i> sp.
Zygnematophyceae (Tatlısu alg türü)
<i>Staurostrum</i> sp.

Cins ve tür sayıları kullanılarak oluşturulan Şekil 38’de komünitenin %46’sının dinoflagellat, %43’ünün diatom türlerinden oluştuğu görülmektedir. Diğer taksonomik sınıflar düşük yüzde ile temsil edilmişlerdir. Teşhis edilen taksonomik grupların cins ve tür sayıları Tablo 15’te verilmiştir.

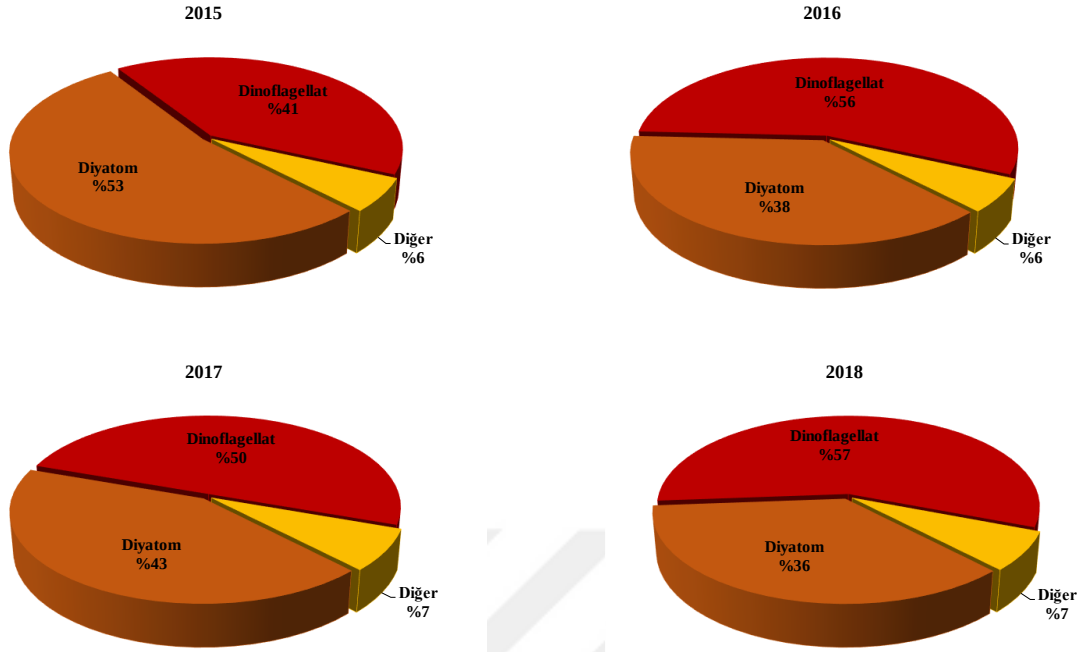


Şekil 38. Fitoplankton tür sayılarının taksonomik sınıflara göre yüzde dağılımı

Tablo 15. Teşhis edilen taksonomik grupların cins ve tür sayıları

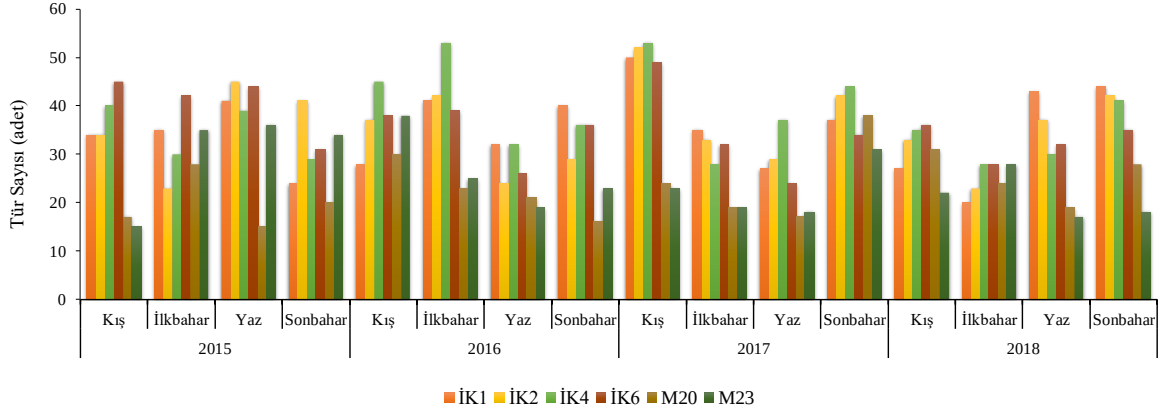
Taksonomik Grup	Cins	Tür
Cyanophyceae	2	2
Bacillariophyceae	31	64
Dinophyceae	25	68
Cryptophyceae	1	1
Raphidophyceae	1	1
Dictyochophyceae	2	4
Coccolithophyceae	1	1
Euglenophyceae	3	3
Chlorophyceae	1	1
Zygnematophyceae	1	1
Toplam	68	146

Marmara Denizi'nin baskın taksonomik grupları olan diyatom ve dinoflagellatların, yıllara göre yüzde durumları Şekil 39'da verilmiştir. Buna göre tür sayısı açısından 2015 yılında görülen diyatom baskınlığı, 2016'dan itibaren yerini dinoflagellat grubuna bırakmıştır.



Şekil 39. Fitoplankton tür sayılarının temel taksonomik gruplara göre yüzde dağılımı

Yıllara göre tür sayısı değişimi Şekil 40'ta verilmiştir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa İzmit Körfezi istasyonlarının tür sayılarının M20 ve M23'e kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Mevsimsel değerlendirildiğinde ise kış örneklemeleri arasında 2017 yılı, tür sayısı açısından en yüksek dönem olmuştur. Bu dönemde İK1 ve İK6'da diyatom grubu dinoflagellattan daha yüksek tür sayısı ile temsil edilirken İK2 ve İK4'te her iki grubun tür sayısı birbirine yakın değerlerdedir. M20 ve M23 istasyonları, körfez istasyonlarından az da olsa farklı komünite yapısı sergilemiş olup daha düşük tür sayıları tespit edilmiştir. 4 yılın ilkbahar dönemi sonuçlarına bakıldığında en yüksek tür sayısı İzmit Körfezi'nin orta körfezi temsilen seçilen istasyonu olan İK4'te 2016 yılında görülmüştür. Bu dönemde komünitede dinoflagellat türleri sayıca üstünlük göstermiştir. Diğer istasyonlarda yıllar arası farklılıklar çok olmamakla birlikte körfez istasyonlarında 2018 ilkbaharında tür sayısının düşük olduğu tespit edilmiştir. Yaz dönemleri kıyaslanacak olursa 2015 yaz dönemi, diğer yıllara göre istasyonlarda daha yüksek tür sayılarının görüldüğü yıl olmuştur. İlkbaharda olduğu gibi dinoflagellat tür sayılarının üstünlüğü görülmüştür. En düşük tür sayıları yine M20 ve M23 istasyonlarında tespit edilmiştir. Sonbaharda yıllar arası bariz farklılıklar olmamakla birlikte 2017 ve 2018 güz dönemlerinin az farkla da olsa yüksek tür sayısı ile temsil edildiği görülmüştür (Şekil 40).

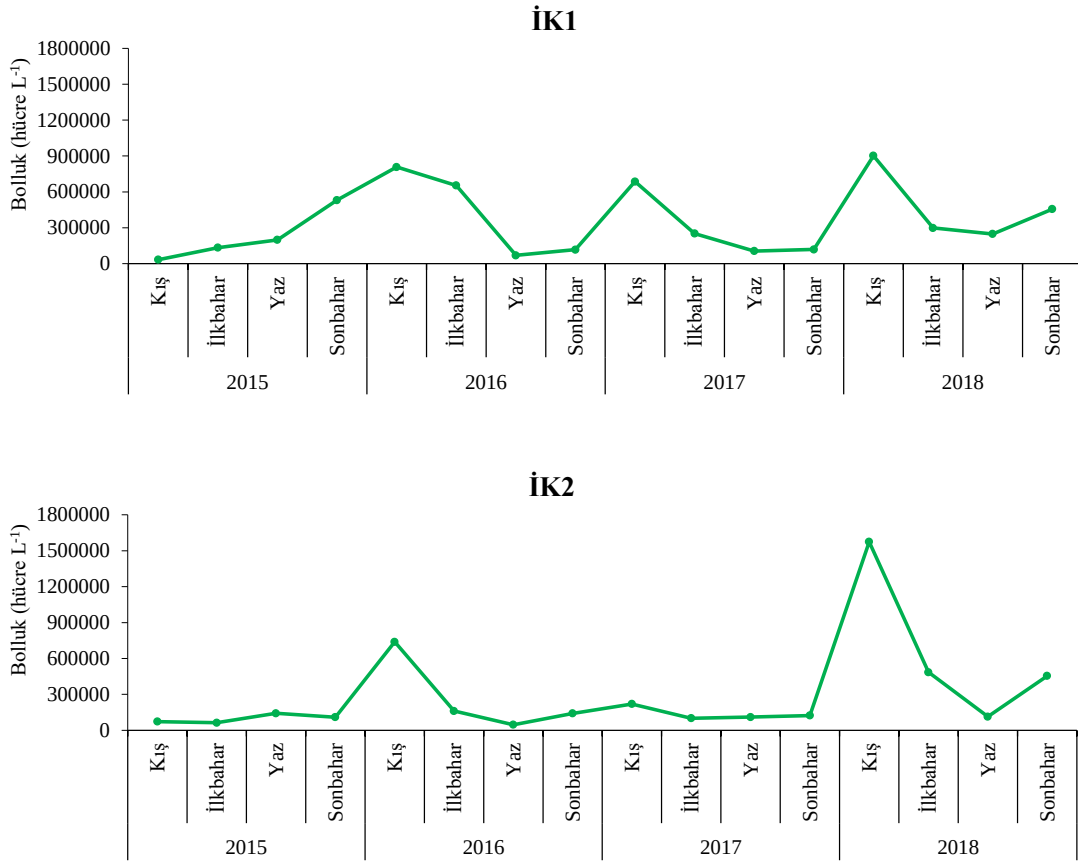


Şekil 40. Yıllara ve mevsimlere göre istasyonların fitoplankton tür sayıları

3.3.4.2 Bolluk değerleri

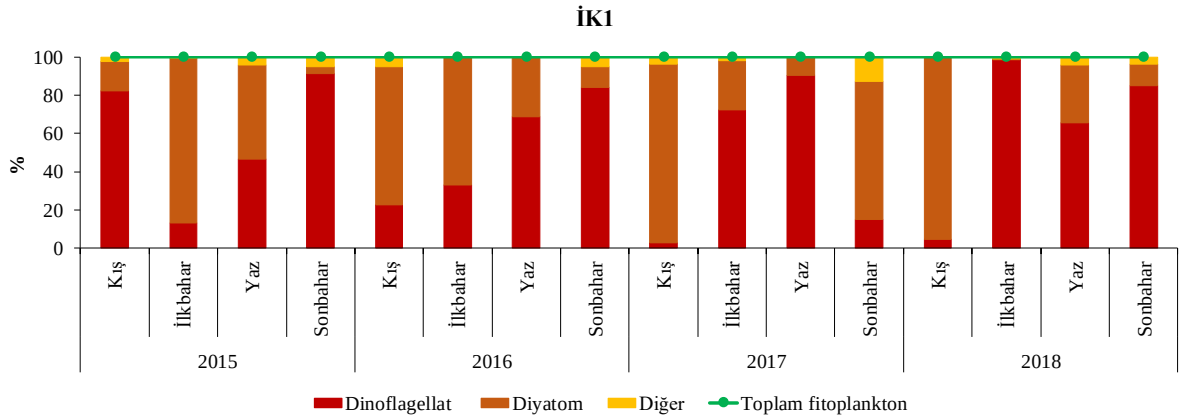
3.3.4.2.1 İstasyonlara göre yüzey suyunda fitoplankton bolluklarının mevsimsel değişimleri

İzmit Körfezi'nin iç kısmında kalan İK1 ve İK2'de 2015 yılı hariç diğer yıllarda en yüksek bolluk değerleri kış dönemlerinde görülmüştür (Şekil 41). Kışın yüksek olan bolluk değerleri ilkbahar ve yaz mevsimlerinde düşmekte, sonbaharda tekrar yükselişe geçmektedir. İK1 ve İK2'de en yüksek bolluk, 2018 kış döneminde tespit edilmiştir. Bu dönemde *Skeletonema cf. costatum* ve *Leptocylindrus minimus* türlerinin ortamda sayıca artması komünitede diatom baskınlığı oluşmasına neden olmuştur. İK2, İK1'e kıyasla daha yüksek bolluk değerlerinde bulunmuştur. 2018 kışında *Leptocylindrus minimus* türünün bolluğu 10^6 hücre L^{-1} 'yi aşmıştır (Şekil 41).



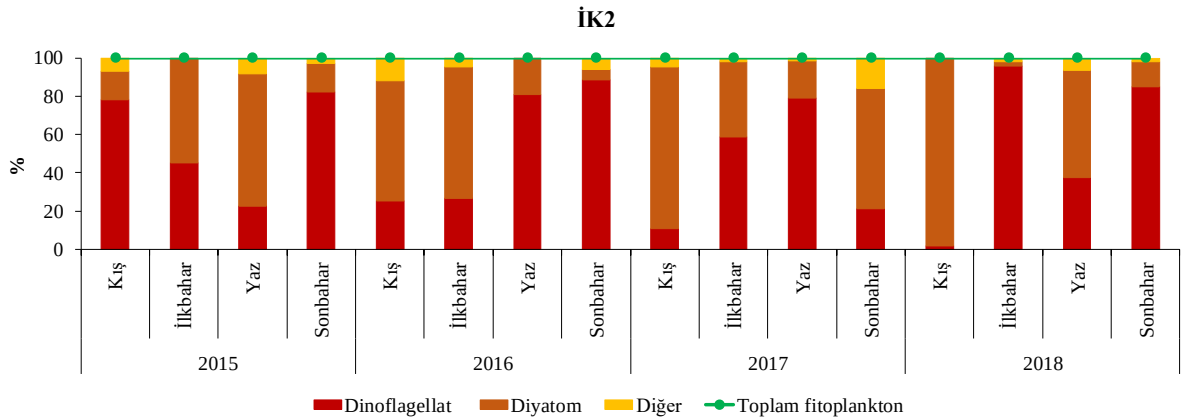
Şekil 41. İK1 ve İK2 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

İK1’de komüniteyi oluşturan fitoplankton gruplarının bolluk değerleri ile oluşturulan oransal dağılım grafiklerine bakıldığında mevsimsel farklılıklar olmakla birlikte genel olarak istasyonun dinoflagellat tarafından baskılandığı görülmektedir. 2015 yılı hariç kış dönemlerinde diatom baskınlığı; 2017 yılı hariç güz dönemlerinde dinoflagellat baskınlığı tespit edilmiştir. Yaz dönemlerinin tamamında dinoflagellat baskın olurken, 2015 ve 2016 ilkbaharında görülen diatom baskınlığı 2017 ve 2018’de yerini dinoflagellat baskınlığına bırakmıştır (Şekil 42).



Şekil 42. İK1 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

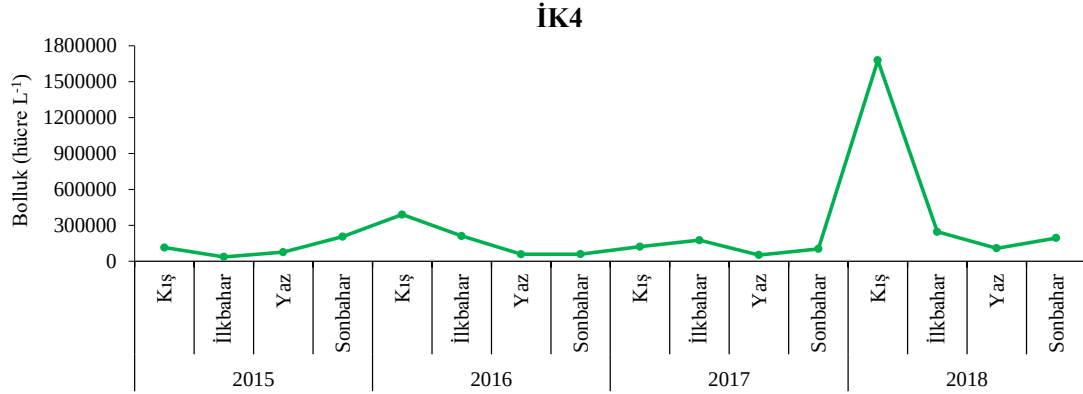
İK2’de; 2015 kış döneminde görülen dinoflagellat baskınlığı sonraki yılların kış dönemlerinde yerini yüksek oranda diatom baskınlığına bırakmıştır. 2017 ve 2018 ilkbaharında dinoflagellat, diğer baharlarda ise diatom grubu baskınlığı görülmüştür. 2016 ve 2017 yılları yazında dinoflagellat grubu tarafından baskılanan istasyon 2018 yazında çok az farkla diatom grubu tarafından baskılanmıştır. 2017 güz dönemi hariç diğer güz dönemlerinde istasyonda dinoflagellat grubu baskınlığı tespit edilmiştir (Şekil 43).



Şekil 43. İK2 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

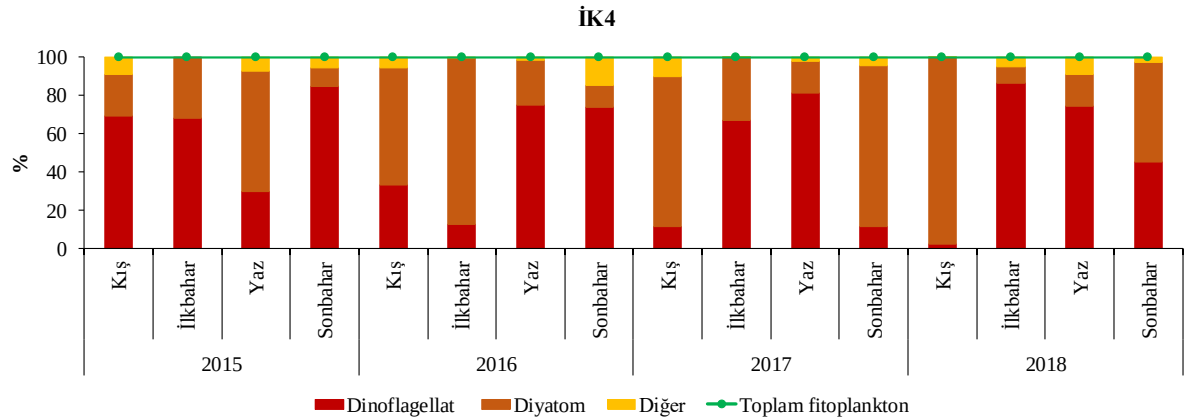
Orta körfezi temsilen seçilmiş olan İK4’te, 2015 ve 2017 yılları kış dönemlerinde düşük bollukta hücre tespit edilirken 2016 ve 2018 kış dönemleri, yılın en yüksek bolluk değerine sahip mevsimi olmuştur. İlkbahar dönemlerine bakıldığında 2015 yılı baharında oldukça düşük bolluk değeri bulunmuştur. Yaz örneklemelerinde de düşük hücre sayıları göze çarpmıştır. 4

yıllık değerlendirme sonucunda en yüksek bolluk, 2018 kış döneminde tespit edilmiş (Şekil 44) ve *Leptocylindrus minimus* türlerinin litrede $1,2 \times 10^6$ hücre L^{-1} bolluğa ulaştığı görülmüştür.



Şekil 44. İK4 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

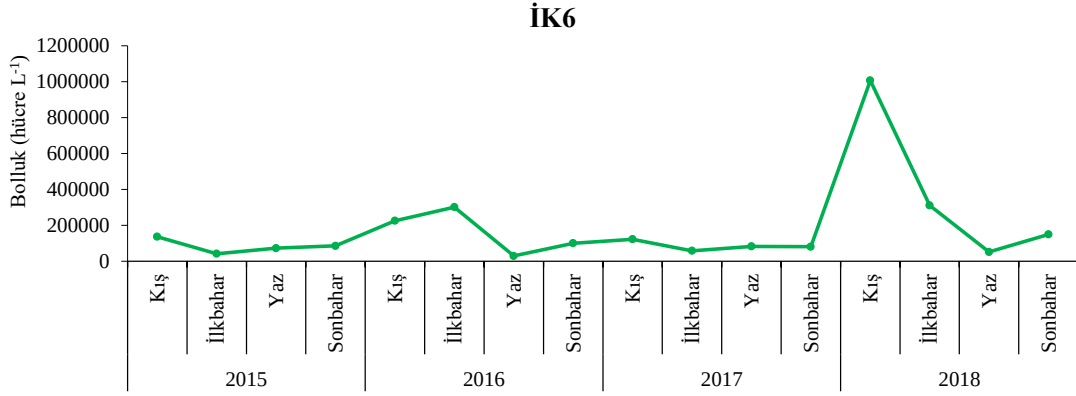
İK4 nolu istasyonun 4 yıllık oransal durumuna bakıldığında genel olarak dinoflagellat baskınlığı görülmektedir. Kış dönemlerinde 2015'ten 2018'e gidildikçe dinoflagellat baskınlığı yerini diatom baskınlığına bırakmıştır. Bahar dönemlerinde 2016 yılı hariç; yaz dönemlerinde ise 2015 yılı hariç dinoflagellat baskınlığı görülmüştür. Güz örneklemelerine bakıldığında 2017 yılı dışında diğer yıllarda dinoflagellat baskınlığı söz konusu olmuştur (Şekil 45).



Şekil 45. İK4 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

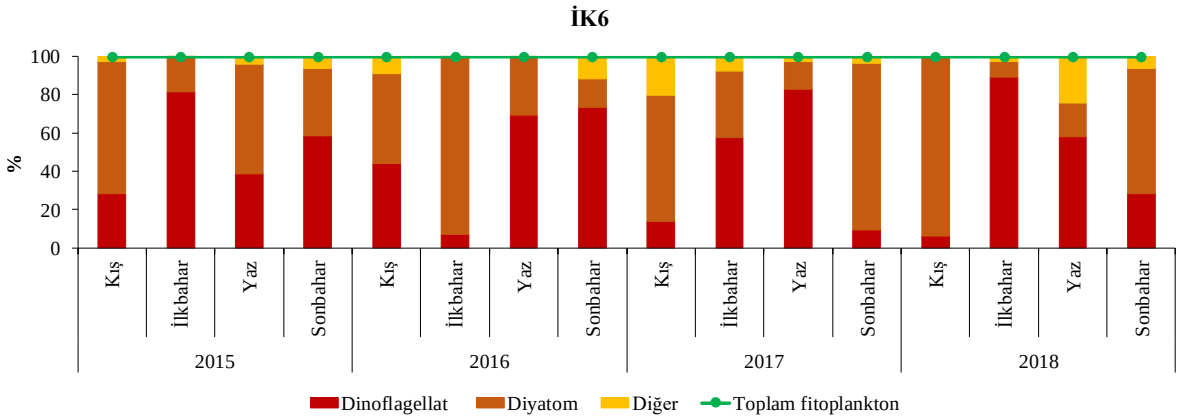
Dış körfezi temsilen seçilen İK6'da, 2016 yılı hariç diğer yıllarda, yılın en yüksek bolluk değeri kış örneklemelerinde tespit edilmiştir. 2016 yılında ise ilkbahar örneklemeğinde en yüksek değerler ölçülmüştür. 4 yıllık veriye göre; İK6 nolu istasyonda en yüksek bolluk değeri

çalışma alanı genelinde görülen diyatom aşırı üremesinin meydana geldiği 2018 kış döneminde tespit edilmiştir (Şekil 46).



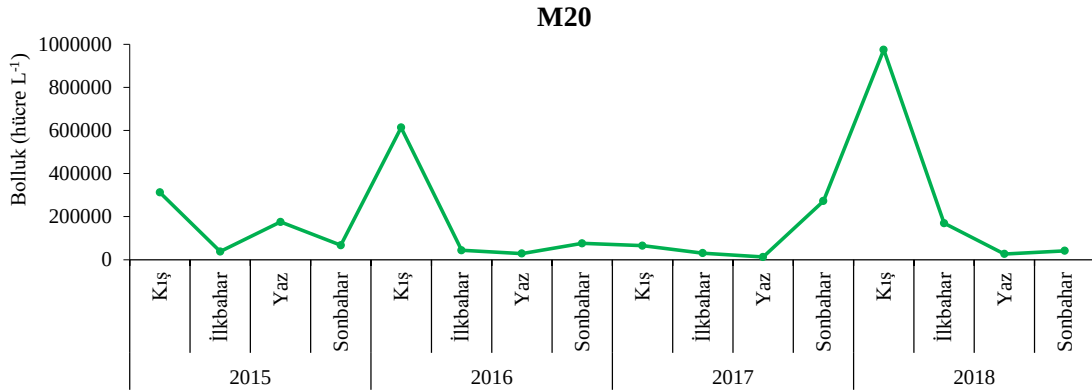
Şekil 46. İK6 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

Dış körfezde yer alan istasyonda (İK6), grupların baskınlık oranları mevsimsel dalgalanma göstermekle birlikte genel olarak diyatom baskınlığı göze çarpmaktadır. Kış dönemlerinde diyatom baskınlığı görülmüştür. Bahar örneklemelerinde 2016 yılı hariç dinoflagellat, yaz dönemlerinde ise 2015 yazı hariç yine dinoflagellat baskınlığı söz konusudur (Şekil 47).



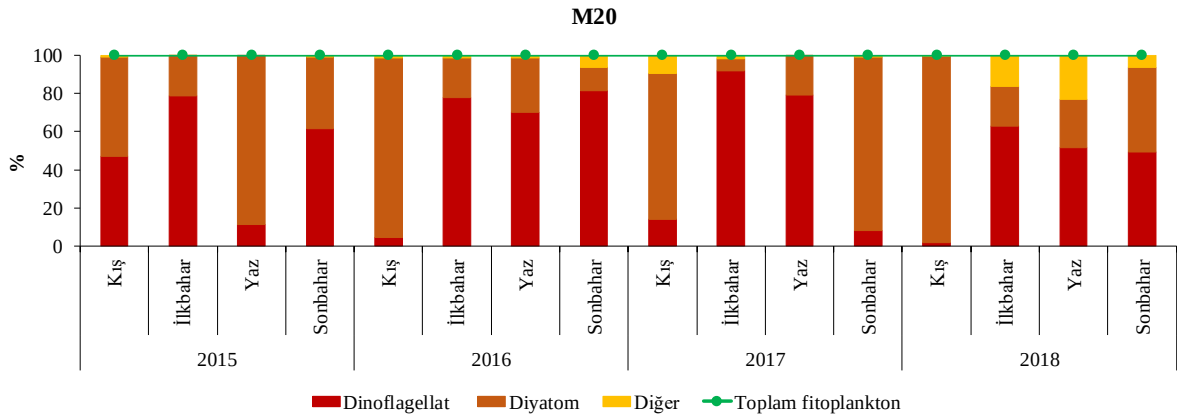
Şekil 47. İK6 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

M20 nolu istasyonda özellikle 2016 ve 2018 kış örneklemelerinde bolluk değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Diğer istasyonlarda 2018 kışında görülen yüksek bolluk değerleri, bu istasyonda da tespit edilmiştir (Şekil 48). İlkbahar ve yaz dönemlerinde düşen değerler sonbahar ile artışa geçerek kışın zirveye çıkmıştır.



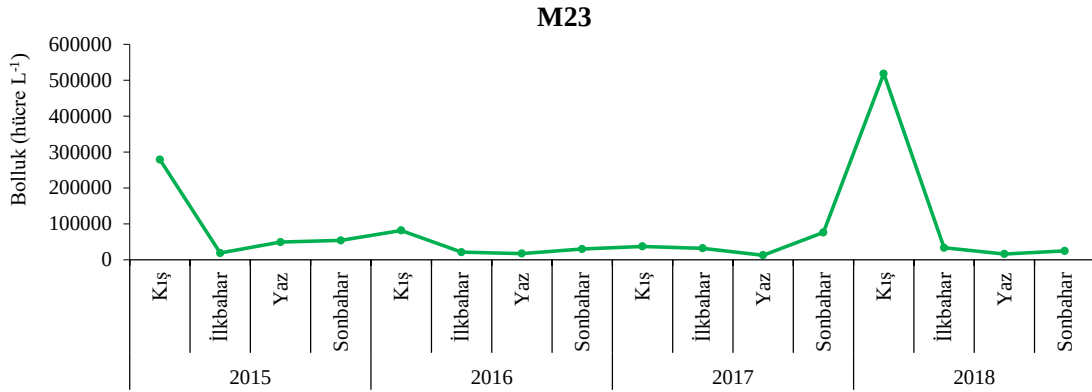
Şekil 48. M20 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

M20 nolu istasyonda kış örneklemelerinde diyatom baskınlığı olduğu görülmektedir. Bahar aylarında bu durum değişmiş, ortamda baskın grup dinoflagellat olmuştur. 2015 yazı hariç diğer yazlarda, baharda olduğu gibi dinoflagellat baskındır. 2017 güzünü dışında diğer güz örneklemelerinde diyatom baskınlığı görülmektedir (Şekil 49). Diğer gruplardaki baskın türler kokkolitofor *Emiliania huxleyi* ve rafidofit *Heterosigma akashiwo* olmuştur.



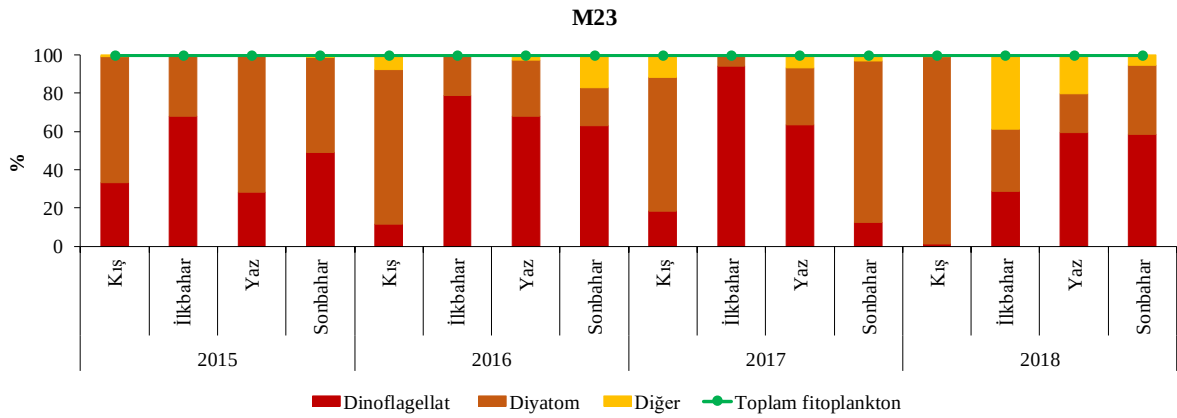
Şekil 49. M20 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

M23 nolu Marmara Denizi derin basen istasyonunun bolluk değerleri İzmit Körfezi istasyonlarında olduğu gibi yüksek değildir. Diğer istasyonlardaki gibi kışın yüksek olan bolluk değerleri, ilkbahar ve yaz mevsiminde azalmış, sonbaharla birlikte tekrar artışa geçmiştir (Şekil 50).



Şekil 50. M23 yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

M23'te kış örneklemelerinde diyatom; 2018 ilkbaharı dışında diğer bahar dönemlerinde dinoflagellat baskınlığı görülmüştür. 2015 yazı dışında diğer yazlarda dinoflagellat, 2017 güz dönemi hariç diğer güz örneklemelerinde de dinoflagellat baskınlığı vardır (Şekil 51). 2018 ilkbaharında rafidofit *Heterosigma akashiwo* türünün bolluğundan dolayı diyatom ve dinoflagellat grupları oransal olarak daha düşük kalmıştır.



Şekil 51. M23 yüzey suyunda fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

İstasyonların tümünde 2018 kış dönemi örneklemeinde diyatom bolluğunun yüksek olduğu görülmektedir. Bu dönemde çalışma alanı genelinde *Skeletonema cf. costatum* ve *Leptocylindrus minimus* türlerinde gözlenen bolluk artışlarından dolayı diyatomlar grup bazında yüksek bolluk değerlerine ulaşmışlardır. Bunun dışında 4 yıllık diyatom değişimine bakıldığında; 2017 ilkbaharında İK1'de *Skeletonema cf. costatum* türünün, 2016 kış döneminde İK1, İK2 ve M20 istasyonlarında *Skeletonema cf. costatum* ve *Rhizosolenia setigera* türlerinin

bolluk artışından kaynaklanan yüksek diyatom bollukları görülmüştür. Farklı örnekleme dönemlerinde istasyonların yüzey suyunda bolluk değeri en yüksek olan türler ve hücre sayıları Tablo 16’da verilmiştir.

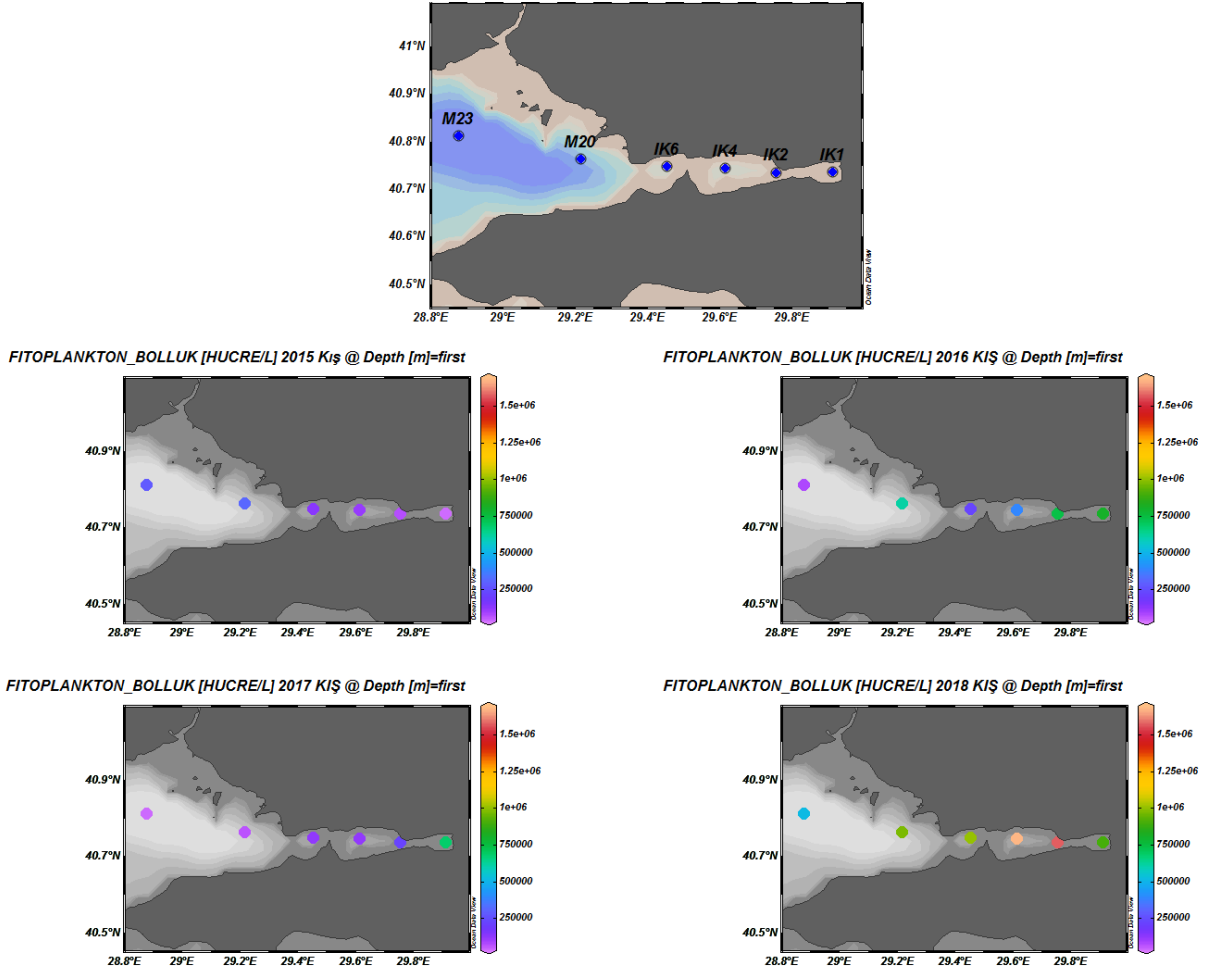
Tablo 16. Yüzey suyunda en yüksek bolluk değerine ulaşan türler ve hücre sayıları

İstasyon	Yıl	Mevsim	Tür	Bolluk Değeri (hücre L ⁻¹)
İK1	2015	Kış	<i>Prorocentrum scutellum</i>	15165
İK2	2015	Kış	<i>Prorocentrum micans</i>	29120
İK4	2015	Kış	<i>Prorocentrum scutellum</i>	35757
İK6	2015	Kış	<i>Leptocylindrus danicus</i>	40408
M20	2015	Kış	<i>Prorocentrum micans</i>	135200
M23	2015	Kış	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	64220
İK1	2015	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	112920
İK2	2015	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	30563
İK4	2015	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	9000
İK6	2015	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	20108
M20	2015	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	17000
M23	2015	İlkbahar	<i>Scrippsiella acuminata</i>	4483
İK1	2015	Yaz	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	82110
İK2	2015	Yaz	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	63115
İK4	2015	Yaz	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	23325
İK6	2015	Yaz	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	17920
M20	2015	Yaz	<i>Chaetoceros sp.</i>	130000
M23	2015	Yaz	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	10260
İK1	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	442250
İK2	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	75195
İK4	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	151620
İK6	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	40020
M20	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	33500
M23	2015	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	13650
İK1	2016	Kış	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	454000
İK2	2016	Kış	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	333690
İK4	2016	Kış	<i>Rhizosolenia setigera</i>	116620
İK6	2016	Kış	<i>Prorocentrum scutellum</i>	69120
M20	2016	Kış	<i>Rhizosolenia setigera</i>	468000
M23	2016	Kış	<i>Rhizosolenia setigera</i>	33840
İK1	2016	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	285750
İK2	2016	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	43790
İK4	2016	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	69360
İK6	2016	İlkbahar	<i>Skeletonema cf. costatum</i>	179335
M20	2016	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	19425
M23	2016	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	9450

İstasyon	Yıl	Mevsim	Tür	Bolluk Değeri (hücre L ⁻¹)
İK1	2016	Yaz	<i>Prorocentrum gracile</i>	13100
İK2	2016	Yaz	<i>Prorocentrum gracile</i>	15820
İK4	2016	Yaz	<i>Prorocentrum gracile</i>	23040
İK6	2016	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	6400
M20	2016	Yaz	<i>Prorocentrum gracile</i>	13200
M23	2016	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	4840
İK1	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	39300
İK2	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	49280
İK4	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	15200
İK6	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	23780
M20	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	22660
M23	2016	Sonbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	6800
İK1	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	230400
İK2	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	107375
İK4	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	35280
İK6	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	26520
M20	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	28600
M23	2017	Kış	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	9360
İK1	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	125200
İK2	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	45500
İK4	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	64400
İK6	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	13260
M20	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	20960
M23	2017	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	15390
İK1	2017	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	48260
İK2	2017	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	48090
İK4	2017	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	29820
İK6	2017	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	57420
M20	2017	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	3400
M23	2017	Yaz	<i>Chaetoceros decipiens</i>	1680
İK1	2017	Sonbahar	<i>Cylindrotheca closterium</i>	54200
İK2	2017	Sonbahar	<i>Cylindrotheca closterium</i>	49200
İK4	2017	Sonbahar	<i>Leptocylindrus danicus</i>	22620
İK6	2017	Sonbahar	<i>Leptocylindrus danicus</i>	17920
M20	2017	Sonbahar	<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	200000
M23	2017	Sonbahar	<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	30520
İK1	2018	Kış	<i>Leptocylindrus minimus</i>	590240
İK2	2018	Kış	<i>Leptocylindrus minimus</i>	1396080
İK4	2018	Kış	<i>Leptocylindrus minimus</i>	1223040
İK6	2018	Kış	<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	807840
M20	2018	Kış	<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	931840
M23	2018	Kış	<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	498960
İK1	2018	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	168560
İK2	2018	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	289440

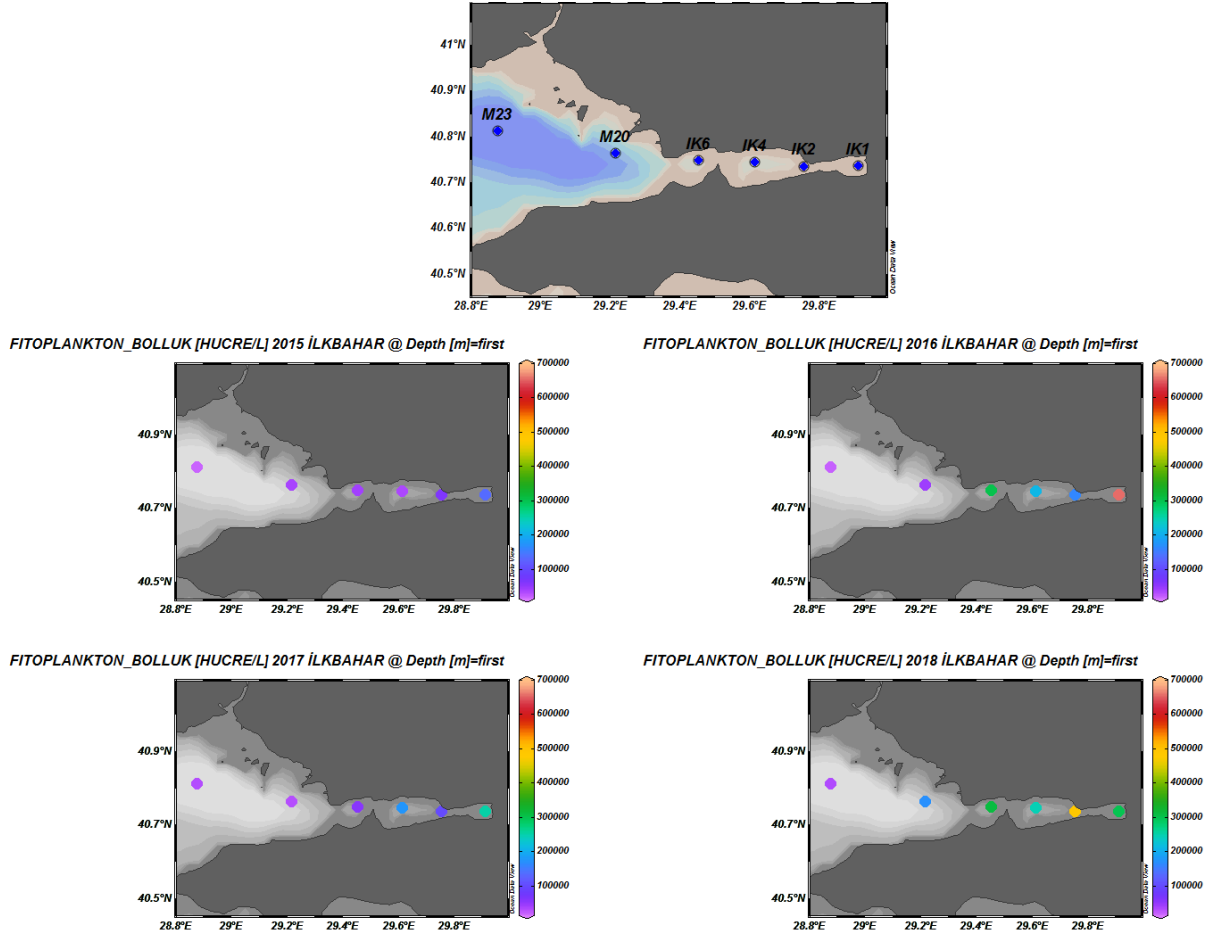
İstasyon	Yıl	Mevsim	Tür	Bolluk Değeri (hücre L ⁻¹)
İK4	2018	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	105600
İK6	2018	İlkbahar	<i>Prorocentrum micans</i>	181480
M20	2018	İlkbahar	<i>Scrippsiella acuminata</i>	66960
M23	2018	İlkbahar	<i>Heterosigma akashiwo</i>	9660
İK1	2018	Yaz	<i>Prorocentrum triestinum</i>	93100
İK2	2018	Yaz	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	36100
İK4	2018	Yaz	<i>Prorocentrum triestinum</i>	60060
İK6	2018	Yaz	<i>Plagioselmis prolunga</i>	10530
M20	2018	Yaz	<i>Emiliana huxleyi</i>	6090
M23	2018	Yaz	<i>Prorocentrum micans</i>	5500
İK1	2018	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	241920
İK2	2018	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	255360
İK4	2018	Sonbahar	<i>Leptocylindrus minimus</i>	40320
İK6	2018	Sonbahar	<i>Leptocylindrus minimus</i>	63020
M20	2018	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	12320
M23	2018	Sonbahar	<i>Prorocentrum scutellum</i>	6970

Mevsim bazında yüzey suyu fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumları Şekil 52-Şekil 55 arasında sunulmuştur. 2015 kışında iç körfez istasyonunda körfez dışına doğru artan bolluk değeri olduğu görülmektedir. 2016 kışında körfezde içten dışa doğru azalan bolluk M20’de yüksek iken M23’te düşüktür. 2017 kış döneminde ise yüksek bolluk değerleri iç körfezde tespit edilmiş; orta ve dış körfez istasyonlarından M23’e doğru düşüş göstermiştir. Daha önce de belirtildiği gibi kış örneklemelerinde en yüksek fitoplankton bolluğu 2018 yılında tespit edilmiştir. Şekil 52’de de görülmektedir ki özellikle İzmit Körfezi’nde bolluk değerleri oldukça yüksektir. Bu dönemde diyatom bolluğundaki artış sebebiyle yüksek hücre sayıları görülmüştür. İstasyonlarda *Leptocylindrus minimus* türünün bolluğu 10⁶ hücre L⁻¹’yi geçmiştir.



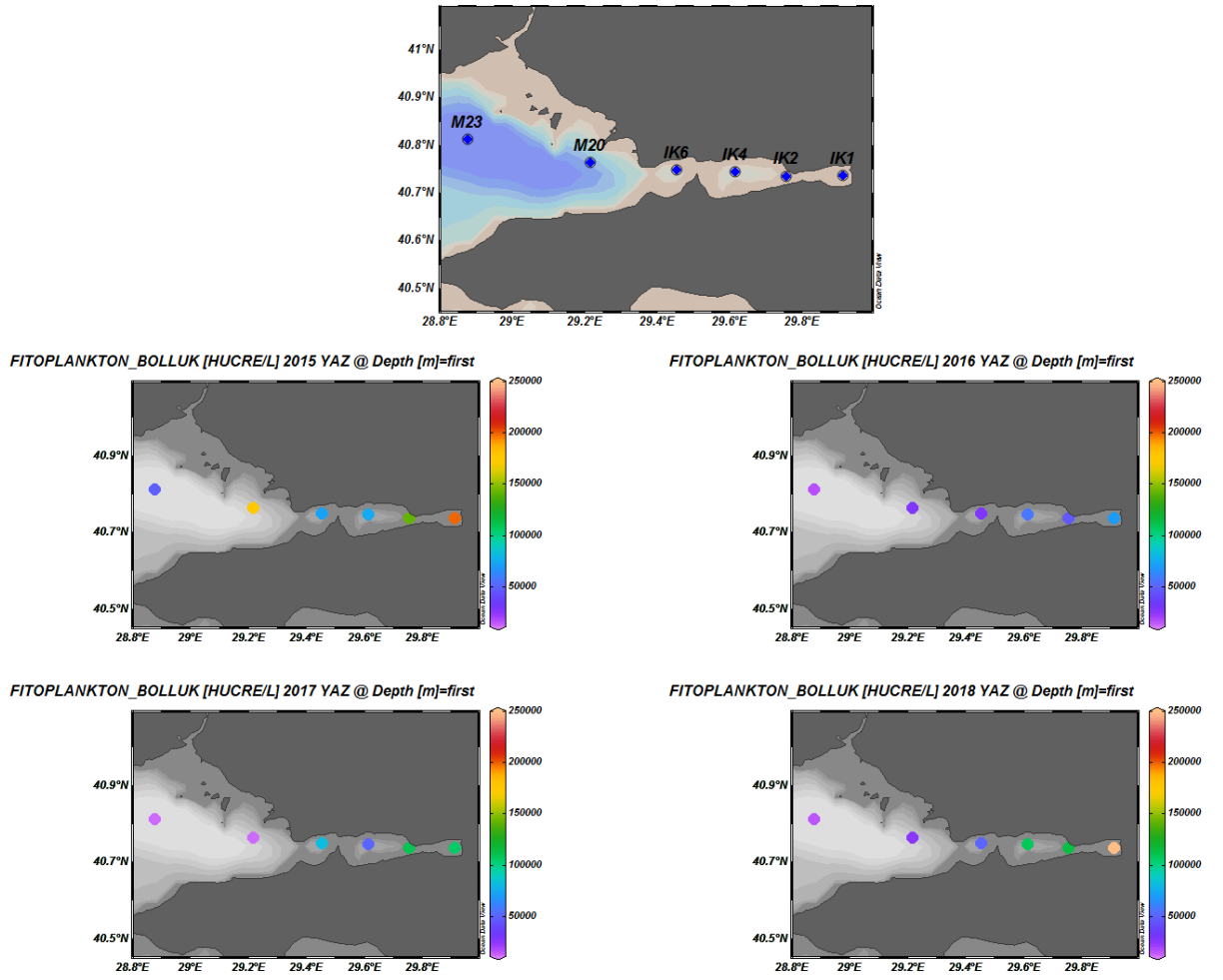
Şekil 52. Kış dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 ilkbahar örneklemesinde iç körfezden M23'e doğru azalan bolluk değerleri görülmektedir. 2016 ilkbaharında İK1'de oldukça yüksek olan bolluk İK2'de düşmüş, orta ve dış körfezde az da olsa artmış; M20 ve M23'te ise tekrar düşmüştür. 2017 ilkbaharında iç ve orta körfezde yüksek bolluk görülmüştür. 2018 ilkbahar örneklemesinde ise İK2'de artan bolluk orta körfezde (İK4) düşmüş, dış körfez istasyonu olan İK6'da artmıştır. İK6'dan M23'e doğru fitoplankton bolluğu azalarak değişim göstermiştir (Şekil 53).



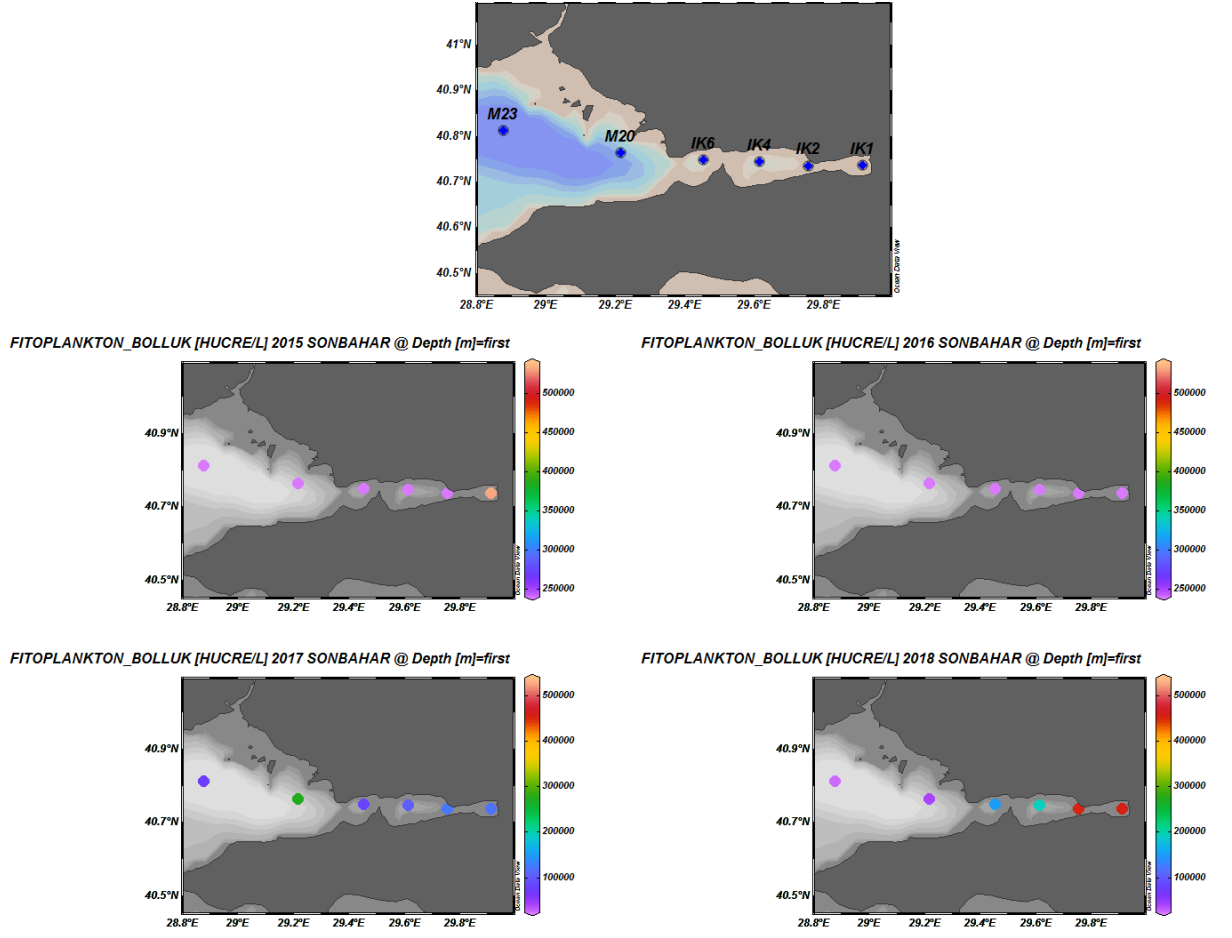
Şekil 53. İlkbahar dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 yaz örneklemesinde körfezin iç kısım istasyonu olan İK1'den İK6'ya doğru giderek düşen bolluk değerleri M20'de artmış, M23'te ise tekrar düşmüştür. 2016 yaz dönemi bolluk değerleri kış ve ilkbahara göre düşüktür. 2016 yazında bolluk değerlerinde istasyonlar arası farklılık az olup M20 ve M23'te örnekleme döneminin en düşük fitoplankton bolluğu görülmüştür. 2017 yaz örneklemesinde istasyonların bolluk değerleri genellikle düşük olup iç ve orta körfez istasyonlarında, dönemin yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir. 2018'de yılın en düşük fitoplankton bolluk değerleri yaz örneklemesinde; iç körfezden M23'e doğru azalan fitoplankton bolluk değerleri ile görülmüştür (Şekil 54).



Şekil 54. Yaz dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 sonbaharında iç körfezde yüksek olan bolluk değerleri orta körfezden M23'e doğru azalmıştır. 2016 sonbahar örneklemesinde istasyonlar arası farklılık az olmakla birlikte yine M20 ve M23'te düşük bolluk değerleri tespit edilmiştir. 2017 sonbaharında en yüksek bolluk M20'de tespit edilmiş, diğer istasyonlarda ise bolluk değerleri birbirine yakın seyretmiştir. Diyatom türü olan *Skeletonema cf. costatum*'un bu dönemde M20 istasyonundaki yüksek hücre sayısı, istasyondaki fitoplankton bolluğunun diğer istasyonlardan daha yüksek olmasına neden olmuştur. 2018 sonbahar örneklemesinde iç körfez istasyonlarından M23'e doğru azalan fitoplankton bolluk değişimi görülmüştür (Şekil 55).



Şekil 55. Sonbahar dönemi yüzey suyunda fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

3.3.4.2.2 İstasyonlara göre floresans maksimum derinliğinde fitoplankton bolluklarının mevsimsel değişimleri

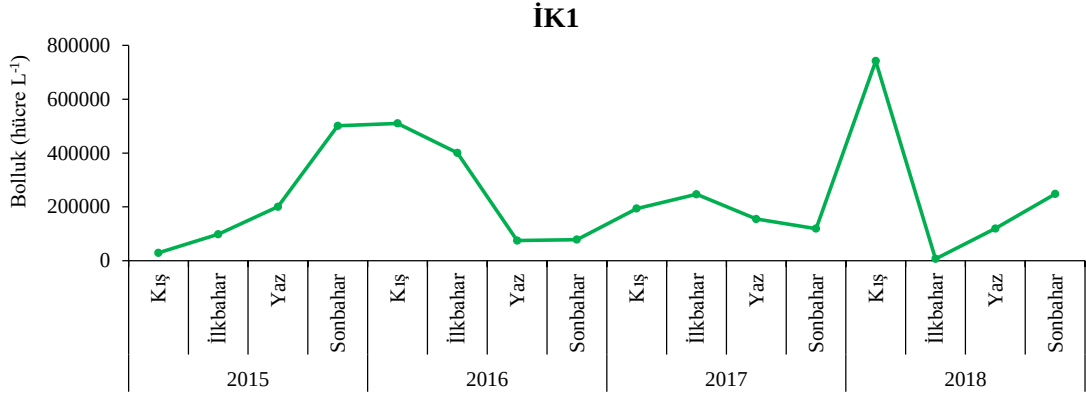
Çalışma boyunca örnekleme yapılan istasyonların floresans maksimum derinliği bilgileri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Örnekleme dönemlerindeki floresans maksimum derinlik bilgisi (m)

Mevsim	Yıl	İstasyon					
		İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23
Kış	2015	10	10	10	10	10	5
	2016	10	5	10	9	5	15
	2017	5	5	10	10	8	25
	2018	3	3	4	4	10	14
İlkbahar	2015	10	10	10	10	10	9
	2016	10	10	9	10	5	12

Mevsim	Yıl	İstasyon					
		İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23
	2017	17	20	12	12	11	21
	2018	16	6	16	19	5	10
	2019	12	8	14	8	10	18
Yaz	2015	12	8	14	8	10	18
	2016	10	6	12	16	5	20
	2017	10	10	23	17	18	23
	2018	6	5	8	12	11	15
Sonbahar	2015	11	6	8	9	7	23
	2016	10	10	10	10	20	18
	2017	5	5	11	6	9	17
	2018	6	6	4	3	10	12

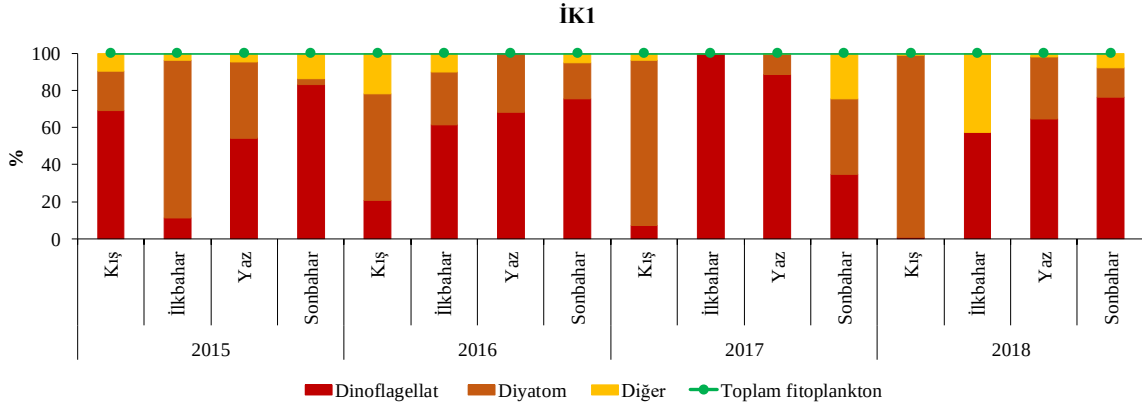
İstasyonların floresans maksimum derinliğindeki bolluk değişimlerine bakıldığında, İK1’de 2015 yılında bolluk değerlerinin kıştan sonbahara doğru arttığı görülmüştür. 2016 ve 2018’de kış bolluk değerleri yılın en yüksek değerleri olmuştur. 2017’de ise ilkbahar örneklemesinde yüksek hücre sayıları görülmüş, yıl boyu tespit edilen bolluk değerleri 2016 ve 2018 yıllarına kıyasla düşük olmuştur. 4 yıllık değişime bakıldığında en yüksek bolluk değeri yüzey suyunda da tespit edildiği gibi 2018 kışında ölçülmüştür (Şekil 56).



Şekil 56. İK1 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

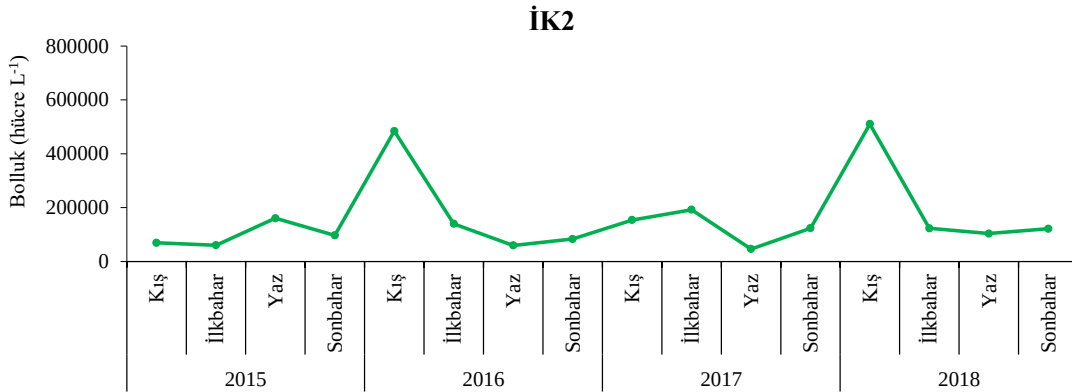
İK1’de fitoplankton gruplarının yıllara ve mevsimlere göre oransal dağılımlarına bakıldığında 2015 kışında dinoflagellat baskınlığı göze çarparken 2016 itibari ile kış dönemlerinde diatom baskınlığı görülmüştür. 2015 ilkbaharında hakim olan diatom baskınlığı diğer yılların ilkbahar dönemlerinde yerini dinoflagellat baskınlığına bırakmıştır. 2018 ilkbaharında ortamda *Emiliania huxleyi* türünün baskınlığı sebebiyle diğer grup baskınlığının artmış olduğu görülmüştür. Yaz örneklemelerinde komünitede dinoflagellat

baskınlığı görülmüştür. 2017 sonbaharı hariç diğer yılların sonbahar dönemlerinde dinoflagellat baskınlığı devam etmiştir. 2017 sonbaharında ise diatom baskınlığı görülmüştür. 2018 kış örneklemede komünite diatom aşırı üremesi sebebiyle baskılanmış, yüzey suyunda olduğu gibi FMD’de de kış döneminde diatom baskınlığı görülmüştür. 2018’in diğer örneklemelelerinde dinoflagellat baskınlığı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 58).



Şekil 57. İK1 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

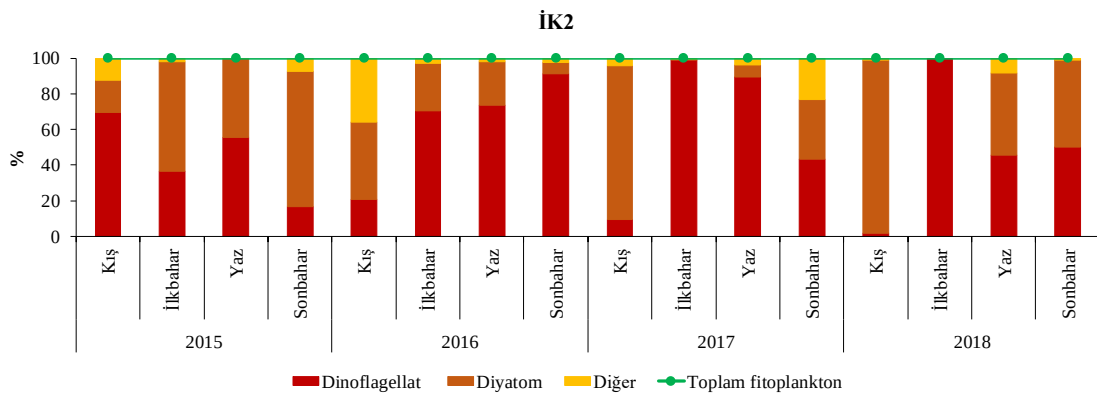
İK2’de 2015 yılında yaz, 2016 ve 2018 yıllarında kış, 2017’de ise ilkbahar örneklemelelerinde yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir. 4 yıllık periyoda bakıldığında en yüksek bolluk 2018 kış örneklemede tespit edilmiştir (Şekil 58).



Şekil 58. İK2 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

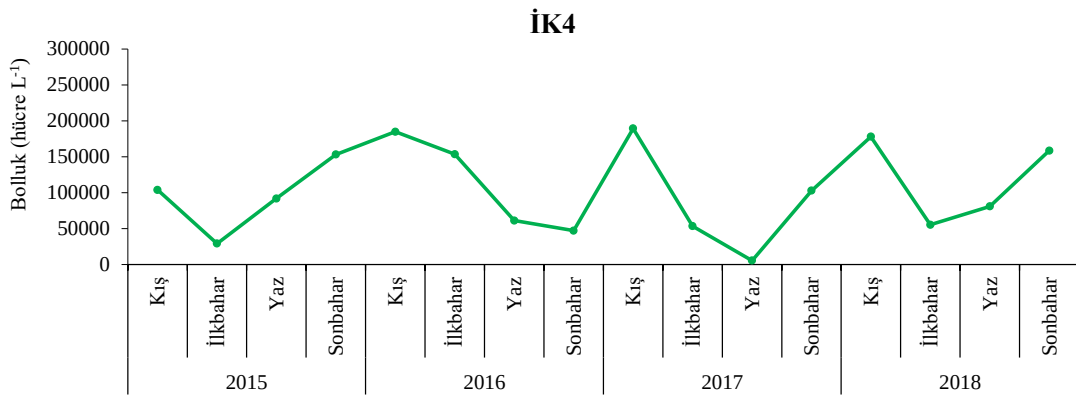
İK2’de grupların oransal dağılımlarına bakıldığında kış örneklemelelerinde 2015 yılında komünitede diğer yıllardan farklı olarak dinoflagellat baskınlığı görülmüştür. 2016 kışında

gruplar birbirine yakın oranlarda olup diyatom grubu nispeten baskın olmuştur. Bu dönemde diğer grupların oranında görülen artış kriptomonad *Plagioselmis prolunga* ve silikoflagellat *Dictyocha speculum* türlerinden kaynaklanmıştır. 2015 yılı ilkbaharında diyatom baskın iken diğer yıllarda dinoflagellat baskınlığı göze çarpmaktadır. Yaz dönemlerine bakıldığında ilk üç yıl dinoflagellat baskınlığı görülmüş, 2018’de ise dinoflagellat ve diyatamlar aynı oranda temsil edilmişlerdir. Sonbahar örneklemeleri yıllar arası farklılıklar göstermiştir. 2015 sonbahar dönemi diyatom, 2016’da ise yüksek oranda dinoflagellat baskınlığı görülmüştür. 2017 ve 2018 sonbahar dönemlerinde ise aralarında yüksek bir farklılık gözlenmemiştir (Şekil 59).



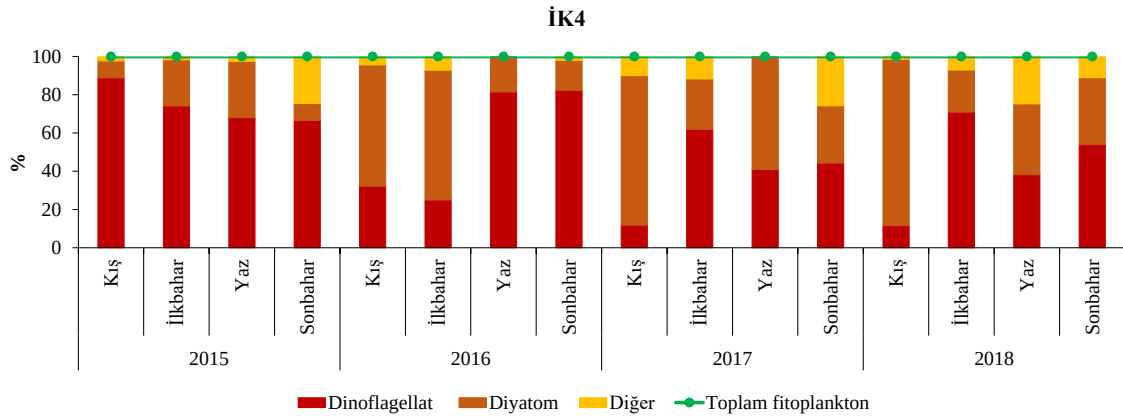
Şekil 59. İK2 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

İK4’te 2015 kışı hariç diğer yıllarda kış örneklemeğinde bolluk değerleri yüksek bulunmuştur. 4 yıllık periyoda bakıldığında, en yüksek bolluk 2017 kışında görülmüştür. Yaz dönemlerinde bolluk değerleri, düşük seviyelerde seyretmiştir (Şekil 60).



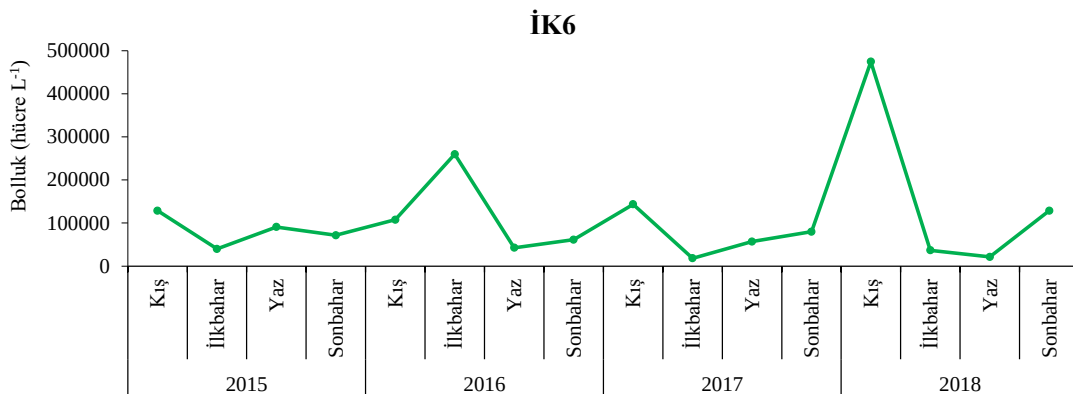
Şekil 60. İK4 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

İK4'te 2015 yılı boyunca dinoflagellatların baskın grup olduğu göze çarpmaktadır. Sonraki yıllarda ise yer yer diyatomların baskınlığı görülmüştür. Kış dönemlerinde (2015 yılı hariç) komünite diyatomlar tarafından baskılanmıştır. 2016 ilkbaharında diyatom baskınlığı görülürken 2017 ve 2018 ilkbaharında dinoflagellat baskınlığı göze çarpmaktadır. 2015 ve 2016 yaz dönemlerinde yüksek oranda dinoflagellat baskınlığı var iken 2017 ve 2018 yaz dönemlerinde nispeten diyatom baskınlığı olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar örneklemelerinde dinoflagellat baskınlığı görülmektedir (Şekil 61).



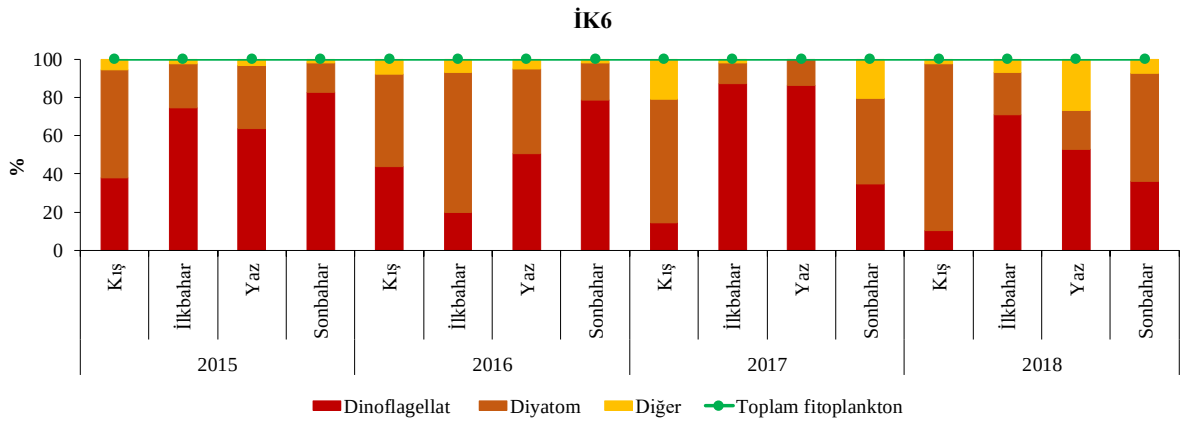
Şekil 61. İK4 FMD'de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

İK6'da en yüksek bolluk, 2018 kış döneminde tespit edilmiştir. 2016 yılı dışında ilkbahar örneklemelerinde bolluk değerleri düşük bulunmuştur. 4 yıllık genel duruma bakıldığında yüzey suyunda olduğu gibi bir değişim eğilimi görülmüştür (Şekil 62).



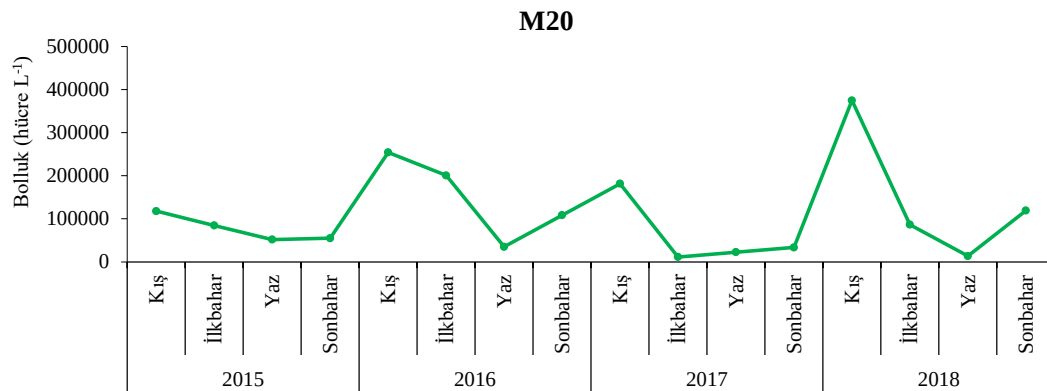
Şekil 62. İK6 FMD'de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

İK6’da kış dönemlerinde diyatom baskınlığı görülmüştür. 2016 ilkbahar dönemi dışında ilkbahar dönemlerinde komünite yüksek oranda dinoflagellat baskınlığı ile temsil edilmiştir. 2016 ilkbaharında ise diyatamlar baskın bulunmuştur. Yaz dönemlerinin tümünde dinoflagellat baskın iken sonbahar dönemleri yıllar arası farklılıklar sergilemiştir. 2015 ve 2016 sonbahar dönemlerinde yüksek oranda dinoflagellat baskınlığı var iken 2017 ve 2018’de bu baskınlık yerini diyatoma bırakmıştır (Şekil 63).



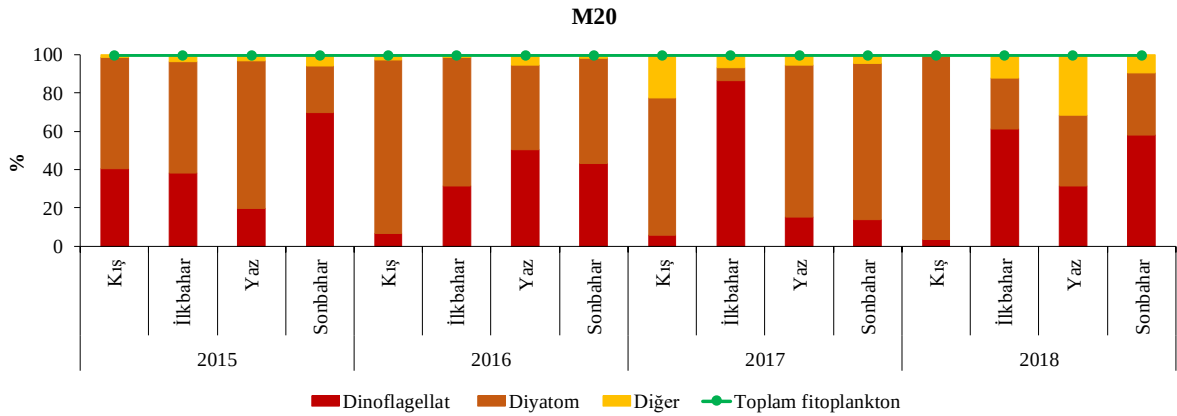
Şekil 63. İK6 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

M20 istasyonunda FMD’de kış bolluk değerleri tıpkı yüzey suyu sonuçlarında olduğu gibi fitoplankton bolluk değerlerinin en yüksek olduğu dönem olmuştur. En yüksek toplam fitoplankton bolluğu 2018 kış döneminde tespit edilmiştir (Şekil 64).



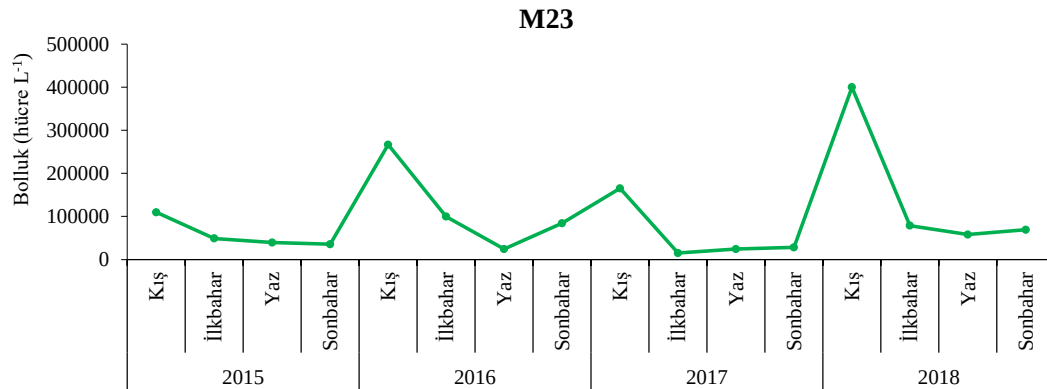
Şekil 64. M20 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

M20 nolu istasyona genel bakıldığında komünitede diyatomların daha fazla baskınlık gösterdikleri göze çarpmaktadır (Şekil 65). Dönemsel incelendiğinde; kış örneklemelerinde diyatom baskınlığı görülmektedir. İlkbahar örneklemelerinde 2015 ve 2016 yıllarında görülen diyatom baskınlığı 2017 ve 2018 yıllarında yerini dinoflagellata bırakmıştır. Yaz örneklemelerinde 2015 ve 2017 yıllarında diyatom baskınlığı, 2016 yılında ise az farkla dinoflagellat baskınlığı görülmektedir. 2018 yaz döneminde gruplar neredeyse eşit oranda dağılmıştır. Sonbahar dönemlerine bakıldığında 2015 ve 2018’de dinoflagellat baskınlığı, 2016 ve 2017’de ise diyatom baskınlığı tespit edilmiştir (Şekil 65).



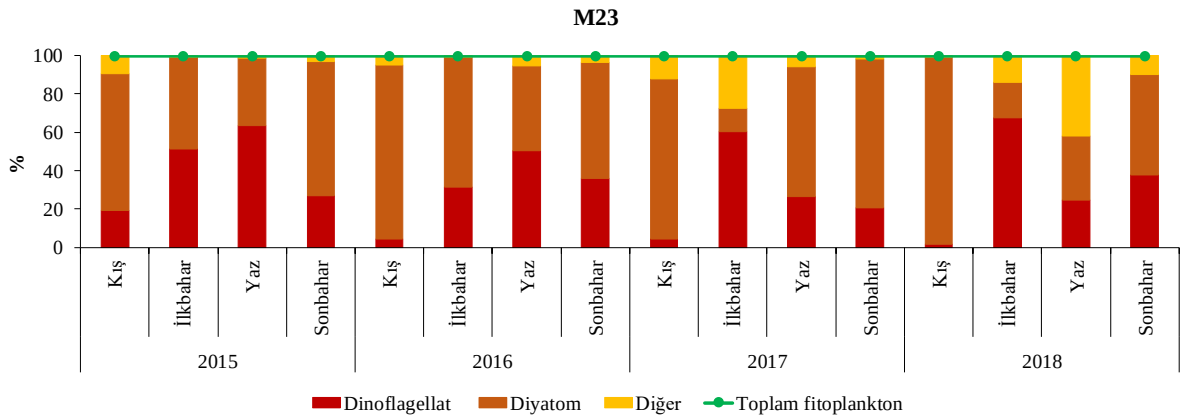
Şekil 65. M20 FMD’de fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

M23 istasyonunda diğer istasyonlarda olduğu gibi kış bolluk değerleri yüksek olup ilkbahardan yazı gidildikçe azalan; yazdan sonbahara gidildikçe artan bolluk değerleri tespit edilmiştir (Şekil 66).



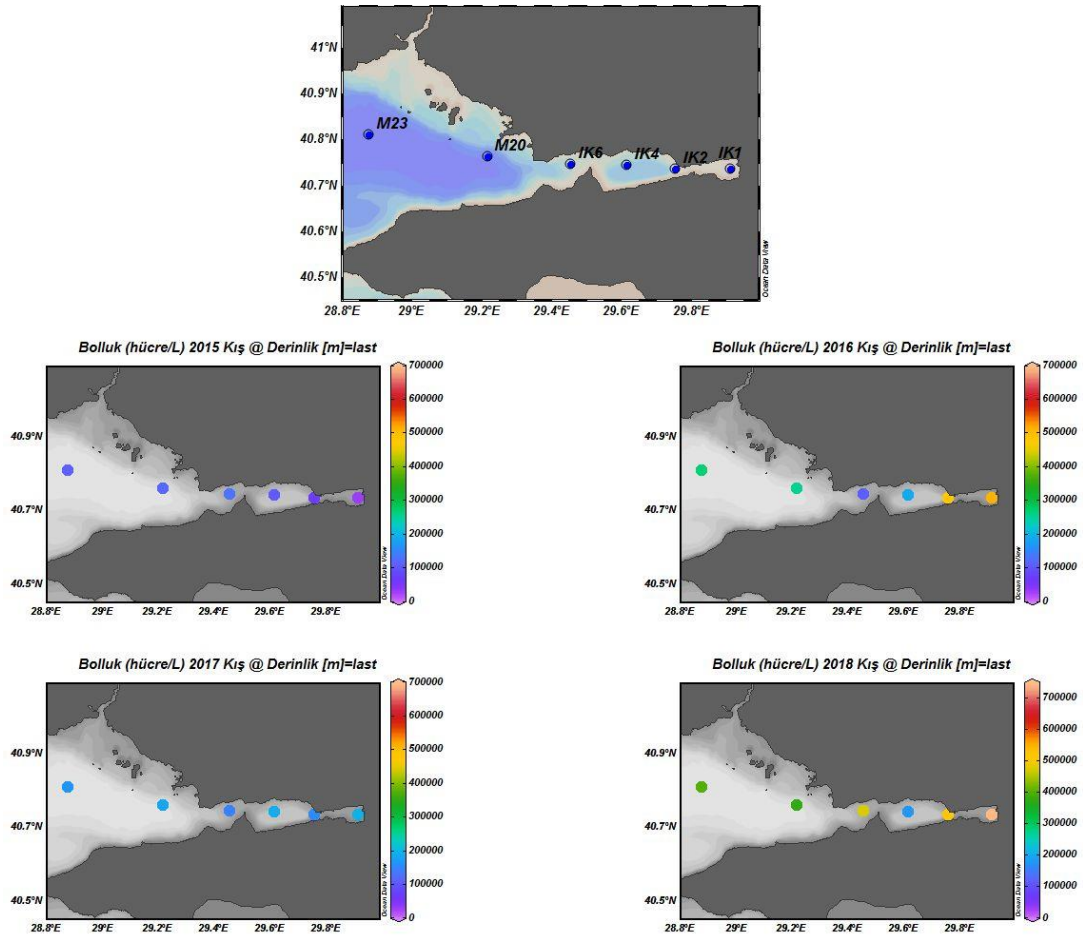
Şekil 66. M23 FMD’de fitoplankton bolluğunun mevsimsel değişimi

M23'te kış örneklemelerinde diyatom baskınlığı görülmüştür. 2016 ilkbahar dönemi dışında diğer ilkbahar örneklemelerinde dinoflagellat baskınlığı tespit edilmiştir. Yaz örneklemeleri yıllar boyunca farklılıklar sergilemiş, 2015 ve 2016 yaz dönemlerinde dinoflagellatlar baskın grup olmuştur. 2017 yaz örneklemeğinde diyatom baskınlığı, 2018 yaz döneminde ise silikoflagellat *Dictyocha fibula* ve rafidofit *Heterosigma akashiwo* türlerinin neden olduğu diğer grup baskınlığı göze çarpmaktadır (Şekil 67).



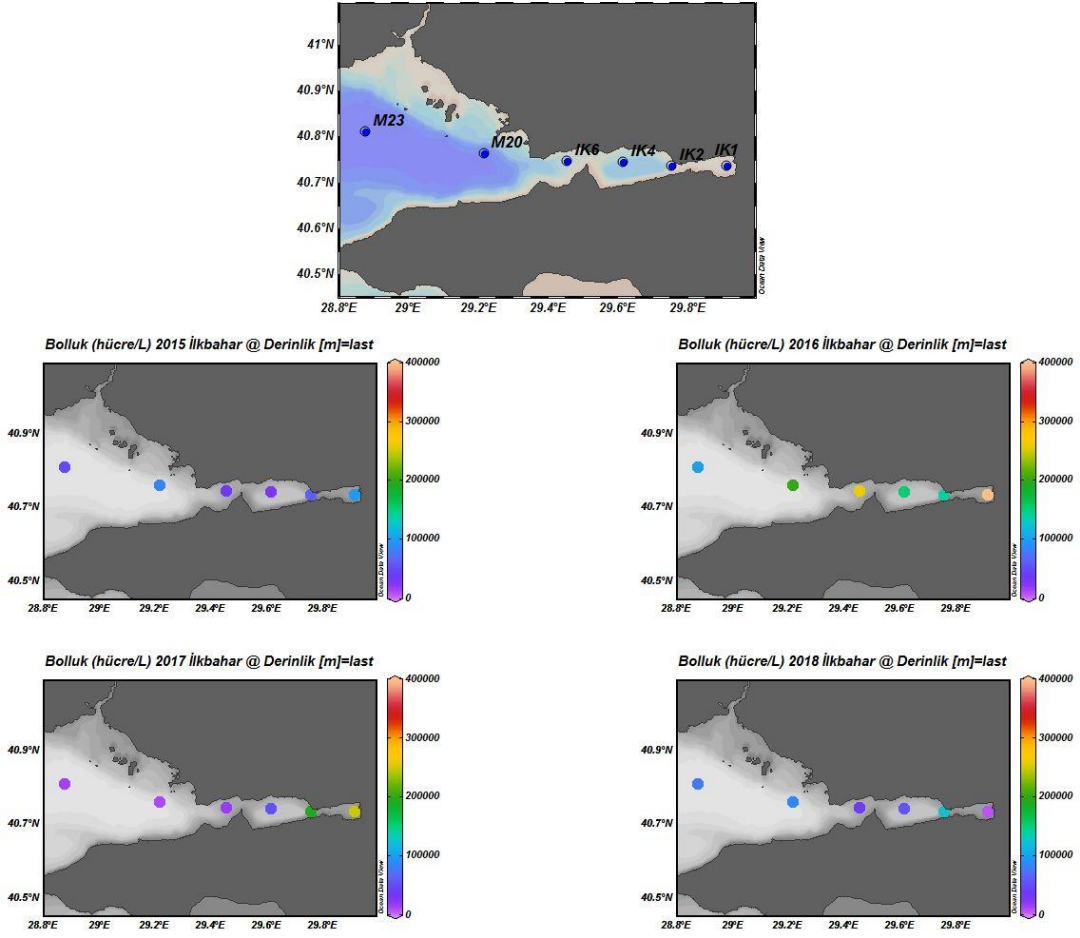
Şekil 67. M23 FMD fitoplankton gruplarının oransal dağılımları

Mevsim bazında FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumları Şekil 68 ve Şekil 71 arasında verilmiştir. 2015 kış örneklemeğinde yüzey suyu bolluk değerleri değişiminde olduğu gibi iç körfez istasyonu olan İK1'de düşük olan fitoplankton bolluk değerleri M23'e doğru artış göstererek değişmiştir. 2016 kışında iç körfez, orta körfez ve Kuzeydoğu Marmara istasyonları için yılın en yüksek bolluk değerleri bu dönemde görülmüş; iç körfezden dış körfeze doğru azalan bolluk değerleri, M20 ve M23'te İK6'dan yüksek bulunmuştur. 2017 kış örneklemeğinde orta, dış ve Kuzeydoğu Marmara istasyonları için yılın en yüksek değerleri bu dönemde tespit edilmiş; istasyonlar arası bolluk değerlerindeki farkın az olduğu görülmüştür. 2018 kış döneminde yüzey suyundaki diyatom aşırı üremesinin etkisinin FMD'de de devam etmesinden kaynaklanan özellikle iç körfezde yüksek bolluk değerleri tespit edilmiştir (Şekil 68).



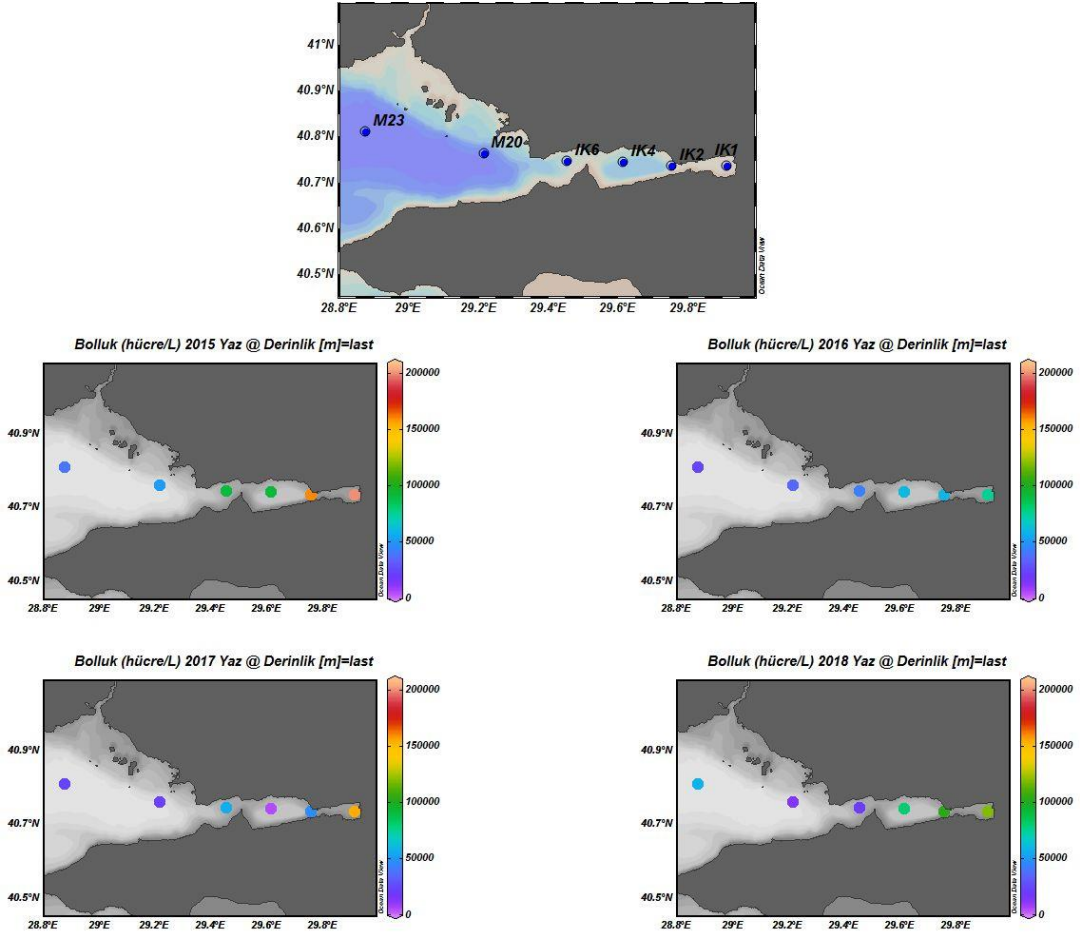
Şekil 68. Kış dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 ilkbaharında iç körfezden orta körfeze doğru azalan bolluk değerleri, dış körfez istasyonu olan İK6'dan M23'e artışa geçmiştir. 2016 ilkbahar örneklemesinde FMD'de yüzey suyuna benzer bir değişim ile İK1'de oldukça yüksek olan bolluk İK2'de düşmüş, orta ve dış körfezde az da olsa artmış; M20'de ise tekrar düşmüştür. 2017 ilkbaharında fitoplankton bolluğu İK1'den M23'e doğru azalarak değişim göstermiştir. 2018 ilkbahar örneklemesinde ise İK2'de artan bolluk orta körfezde (İK4) az da olsa düşmüş, dış körfez istasyonu olan İK6'dan M23'e doğru azalarak değişim göstermiştir. Bu dönemde İK1'de fitoplankton bolluğunun çok düşük olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 69).



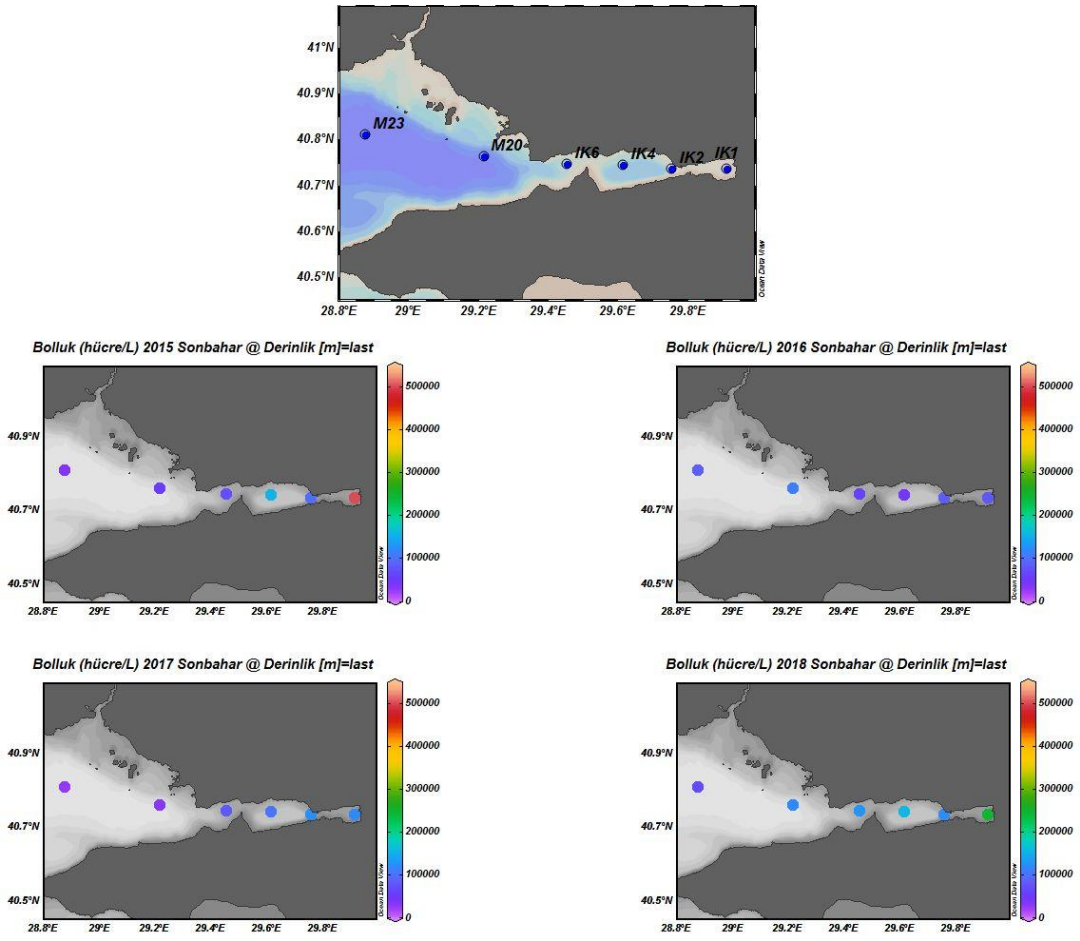
Şekil 69. İlkbahar dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 yaz örneklemesinde iç körfez istasyonu olan İK1'den M23'e doğru giderek düşen bolluk değerlerinde, istasyonlar arası farklılıkların az olduğu görülmektedir. 2016 yazında bolluk değerlerinde istasyonlar arası farklılık az olup M20 ve M23'te örnekleme döneminin en düşük fitoplankton bollukları tespit edilmiştir. 2017 yaz dönemi örneklemesinde iç körfezden orta körfeze doğru azalan bolluk değerleri dış körfeze doğru artış göstermiş; M20 ve M23 istasyonlarında ise tekrar azalışa geçmiştir. Bu dönemde de istasyonlar arası bolluk değerleri büyük farklılıklar sergilememiştir. 2018 yaz örneklemesinde bolluk, iç körfezden M20'ye azalmış, M23'te artış göstermiştir (Şekil 70).



Şekil 70. Yaz dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

2015 sonbahar örneklemesinde İK1’de yılın en yüksek bolluk değeri tespit edilmiştir. İK2’den orta körfeze doğru artan bolluk; M23’e gidildikçe azalma eğiliminde olmuştur. 2016 sonbaharında istasyonlar arası bolluk değeri farkı az olup M20 ve M23’te diğer istasyonlara kıyasla bolluk değerinin yüksek olduğu görülmüştür. 2017 sonbaharında yüzey suyu sonuçlarında verilen M20 istasyonundaki yüksek bolluk değeri FMD’de görülmemiş; iç körfezden M23’e doğru azalan fitoplankton bolluk değerleri tespit edilmiştir. 2018 sonbahar örneklemesinde İK1’den İK2’ye azalan bolluk orta körfeze doğru artmış; M20’ye doğru azalış sergileyerek M23’te az da olsa artış göstermiştir (Şekil 71).



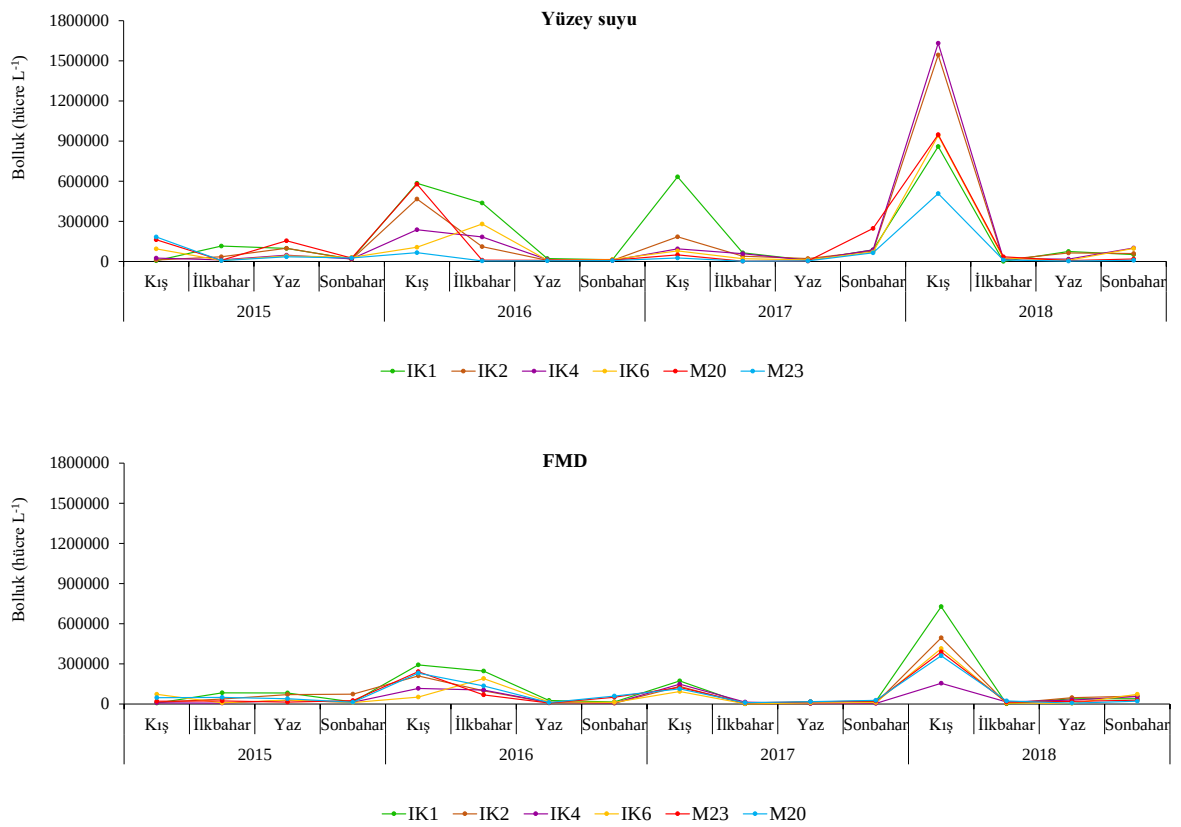
Şekil 71. Sonbahar dönemi FMD fitoplankton bolluğunun yıllara göre durumu

3.3.4.2.3 Diyatom değişimi

4 yıllık mevsimlik örnekleme döneminde, 31 cinse ait toplam 64 diyatom türü teşhis edilmiştir. Çalışma alanında yüzey suyundaki diyatomun bolluğunun değişimine bakıldığında kış dönemi artışları göze çarpmaktadır. 2015 kışında düşük olan diyatom hücre sayıları 2016 ve 2017’de artmış, 2018 kışında ise yüksek seviyelere ulaşmıştır (Şekil 72). 2018 kışında istasyonların tümünde toplam fitoplanktonun %93-98’i diyatom hücrelerinden oluşmuştur. Bu yüksek baskınlık dönemi ardından 2018 bahar, yaz ve güz dönemlerinde oran, oldukça düşük oranda seyretmiştir. FMD’de ise yüzey suyu ile benzer değişim olduğu görülmektedir. Yüzey suyu kadar yüksek olmayan FMD diyatom bolluk değerlerinde 2018 kış dönemindeki baskınlık bariz şekilde göze çarpmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde; kış dönemlerinde yüksek olan oranlar, ilkbahardan yazı doğru düşüşe geçmiş; sonbahardaki artış ile beraber kış artışlarıyla döngü tamamlanmıştır. Kış ve sonbahar dönemlerindeki bu diyatom baskınlığı

Marmara Denizi'nin son zamanlarda görülen karakteristik özelliği haline gelmiştir. Geçmiş yıllarda görülen ilkbahar artışlarının (Ediger ve diğerleri, 2013) artık kış ve sonbaharda gerçekleştiği bu çalışmayla da görülmektedir.

Diyatom türlerinden *Cylindrotheca closterium* ve *Skeletonema cf. costatum* örnekleme dönemlerinin tamamında istasyonlarda tespit edilmiştir. *Skeletonema cf. costatum* özellikle 2018 kış döneminde tüm istasyonlarda yüksek bolluk değerlerine ulaşmıştır. *Skeletonema cf. costatum*'a kıyasla daha düşük bolluk değerlerine sahip olan *Cylindrotheca closterium* türleri de tüm örnekleme dönemlerinde tespit edilmiştir. 2018 kışında körfezin iç ve orta kısım istasyonlarında *Leptocylindrus minimus* türleri baskınlık göstermiş; iç körfezde yaklaşık $1,4 \times 10^6$ hücre L^{-1} , orta körfezde ise $1,2 \times 10^6$ hücre L^{-1} değerleri tespit edilmiştir.

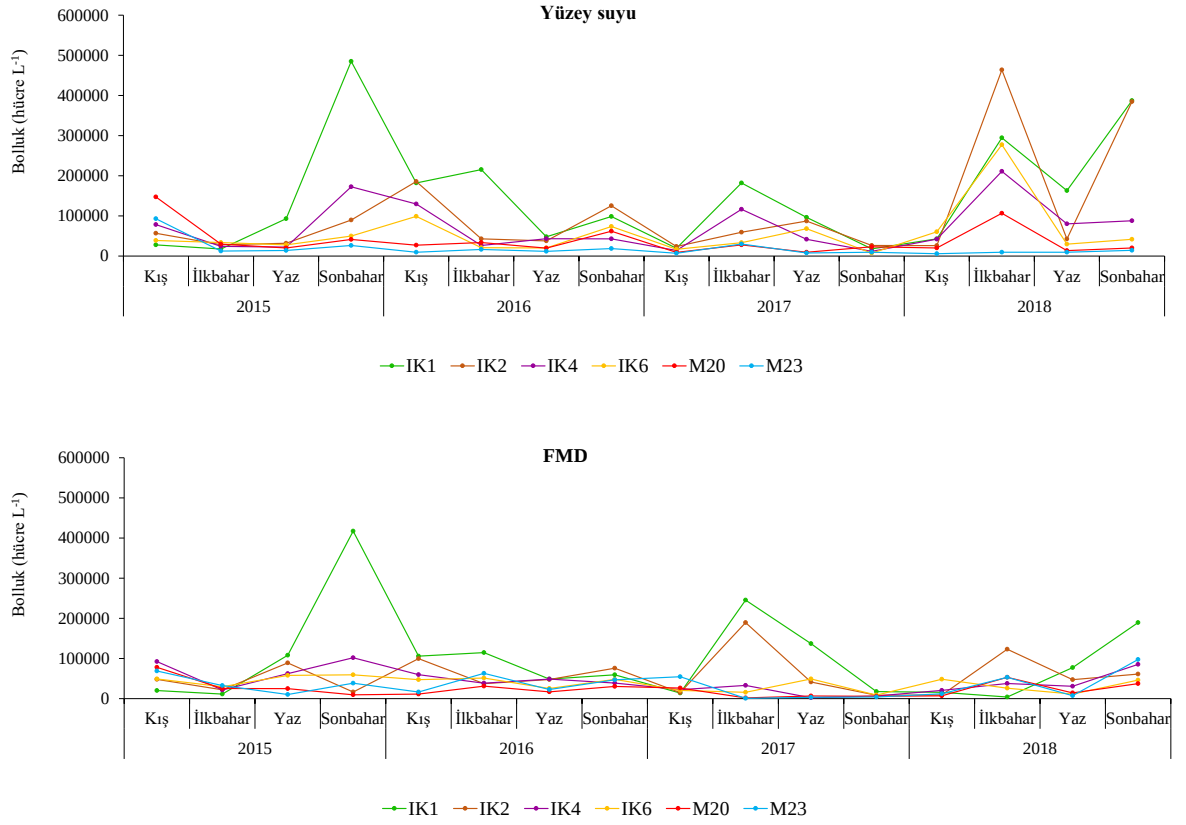


Şekil 72. Diyatom bolluğunun zamana bağlı değişimi

3.3.4.2.4 Dinoflagellat değişimi

Çalışma boyunca 25 cinse ait 68 dinoflagellat türü teşhis edilmiştir. Yıllara ve mevsimlere göre yüzey suyu ve FMD'deki dinoflagellat bolluk değişimi şekil 73'te verilmiştir. Yüzey suyunda 2015 sonbahar, 2018 ilkbahar ve sonbahar örneklemelelerinde iç körfezde yüksek dinoflagellat bolluğu olduğu görölmektedir. 2015 ve 2018 sonbaharında *Prorocentrum scutellum*, 2018 ilkbaharında *Prorocentrum micans* yüksek hücre sayısına ulaşan dinoflagellat türleridir. İstasyonlarda yüksek diyatom bolluğunun göröldüğü kış dönemlerinde dinoflagellat bolluğu düşük düzeyde bulunmuştur. FMD'de en yüksek dinoflagellat hücre sayısı 2015 sonbahar örneklemelelerinde iç körfezde görölmüştür. Genel olarak iç körfez istasyonlarının FMD'deki dinoflagellat bolluk değerleri yüksek seyretmiştir. Her iki örnekleme derinliğinde de Marmara Denizi derin baseninde bulunan M20 ve M23 istasyonlarının bolluk değerleri körfez istasyonlarına göre düşük seyretmiştir. 2015 kışı dışında diğer yılların kış örneklemelelerinde istasyonlardaki dinoflagellat oranı diyatoma kıyasla oldukça düşüktür. Oranlar özellikle yaz ve sonbaharda artışa geçmekte, dinoflagellat baskın hale gelmektedir.

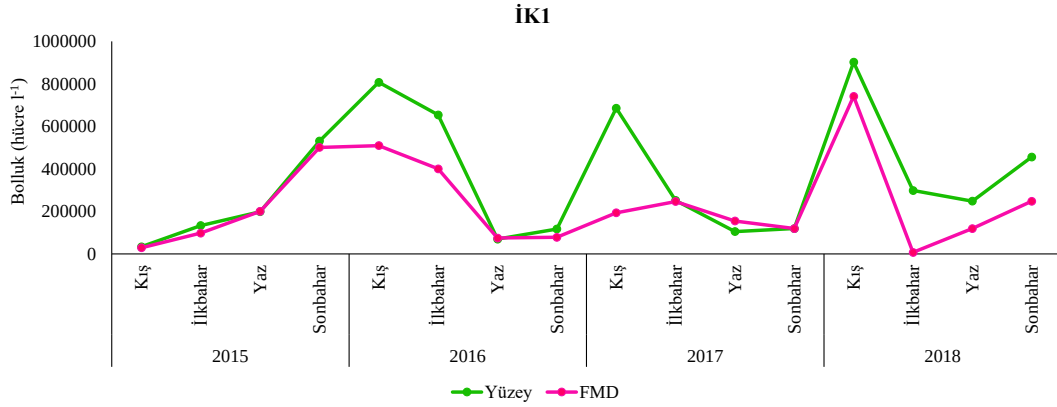
Dinoflagellat türlerinden *Noctiluca scintillans*, *Oxytoxum scolopax*, *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Protoperidinium steinii*, *Scrippsiella acuminata*, *Tripos furca*, *Tripos fusus* hücreleri istasyonlarda tüm örnekleme dönemlerinde ve derinliklerinde tespit edilmiştir. Bu türlerden *Prorocentrum* spp. yüzey suyunda diğer dinoflagellat türlerine kıyasla daha yüksek bolluk değerlerinde bulunmuştur. *Prorocentrum scutellum* yüzey suyunda en yüksek bolluğa ($4,5 \times 10^5$ hücre L^{-1}) 2015 sonbaharında, *Prorocentrum micans* en yüksek bolluğa ($2,9 \times 10^5$ hücre L^{-1}) 2018 ilkbaharında, *Prorocentrum cordatum* ise en yüksek bolluğa ($3,2 \times 10^5$ hücre L^{-1}) 2018 yazında ulaşmıştır. Genel olarak bakıldığında; özellikle *Prorocentrum* spp. türlerinin yüksek bolluk değerlerine ulaştıkları görölmektedir.



Şekil 73. Dinoflagellat bolluğunun zamana bağlı değişimi

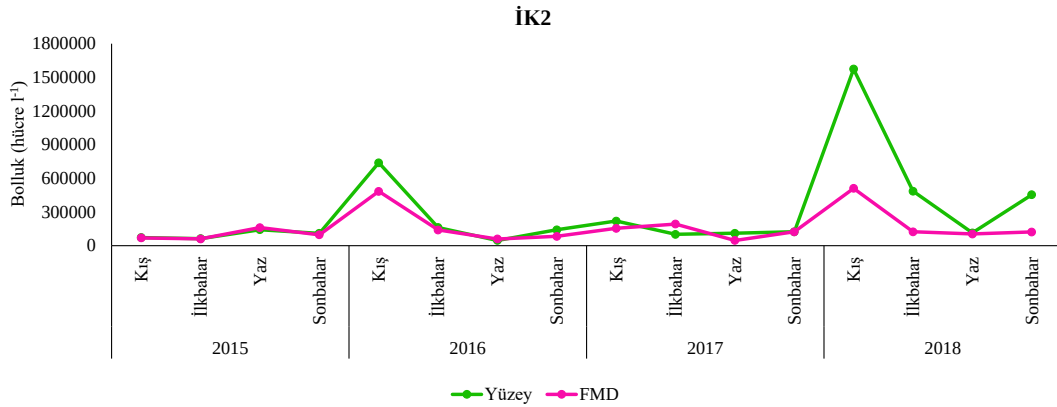
3.3.4.3 Yüzey ve FMD fitoplankton bolluk kıyaslaması

İstasyonların yüzey suyu ve FMD'deki fitoplankton bolluk değerleri kıyaslanarak incelenmiş ve grafikler Şekil 74- Şekil 79 arasında sunulmuştur. İK1'de örnekleme derinliklerinde fitoplankton bolluğu yıl ve mevsimlere göre değişkenlik göstermiş, 2017 yaz örnekleme hariç diğer tüm örnekleme dönemlerinde yüzey suyu bolluk değeri FMD'den yüksek çıkmıştır. Bazı dönemlerde bu bolluk değerleri sayısal olarak birbirine yakın iken bazılarında aradaki fark yüksek çıkmıştır. 2017 yaz örneklemesinde ise çok az farkla FMD bolluk değeri ($1,5 \times 10^5$ hücre L⁻¹) yüzey suyu bolluk değerinden ($1,1 \times 10^5$ hücre L⁻¹) yüksek tespit edilmiştir (Şekil 74).



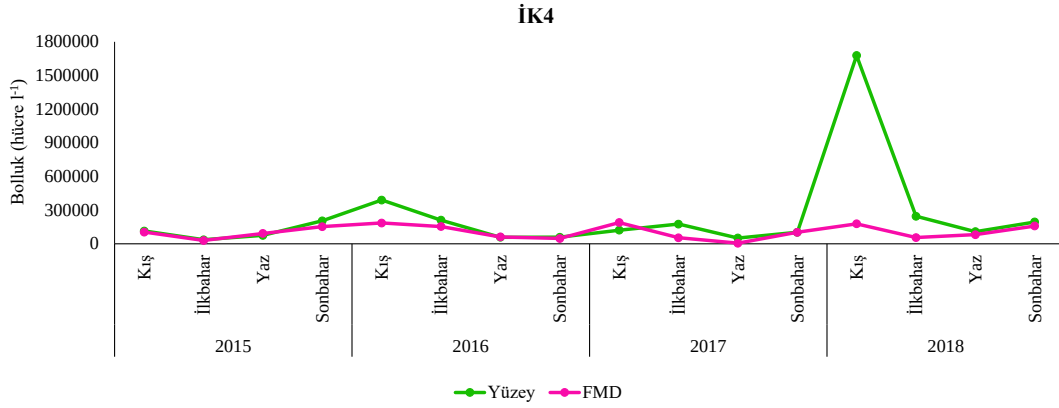
Şekil 74. İK1 yüzey suyu ve FMD'de fitoplankton bolluk kıyaslaması

İK2'de 16 örnekleme döneminin 3'ünde (2015 yaz, 2016 yaz, 2017 ilkbahar) FMD bolluk değeri yüzey suyu bolluk değerini çok az farkla geçmiştir. Diğer dönemlerde ise yüzey suyu bolluk değerleri FMD bolluk değerlerinden yüksek çıkmıştır. Bu iki derinliğin bolluğu arasındaki fark mevsimsel değişkenlik sergilemiştir. 2018 kış döneminde derinlikler arası bolluk farklılığı yüksek olup yüzey suyunda diatom aşırı üremesinin etkisiyle daha fazla fitoplankton hücresi tespit edilmiştir (Şekil 75).



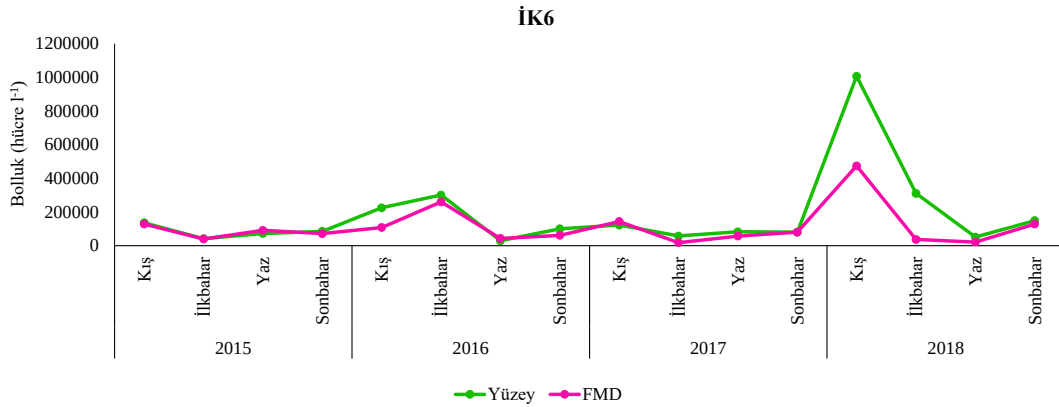
Şekil 75. İK2 yüzey suyu ve FMD'de fitoplankton bolluk kıyaslaması

İK4'te 2015 yaz, 2016 yaz ve 2017 kış dönemleri dışındaki tüm örneklemelerde yüzey suyu bolluğu FMD bolluğundan yüksek bulunmuştur (Şekil 76).



Şekil 76. İK4 yüzey suyu ve FMD'de fitoplankton bolluk kıyaslaması

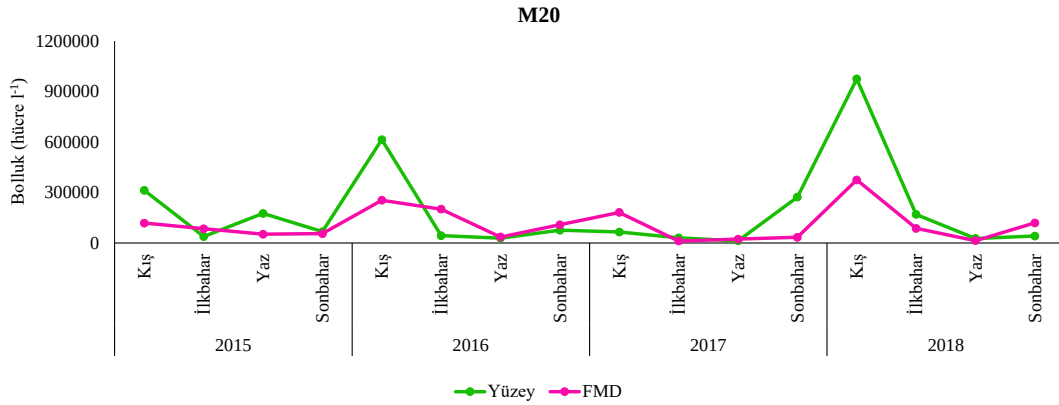
İK6'da 2015 yaz, 2016 yaz ve 2017 kış örneklemeleri dışındaki tüm dönemlerde yüzey suyu fitoplankton bolluğu FMD bolluğundan yüksektir. İstasyonda derinlikler arası bolluk değeri farkı az olup sadece 2018 kış döneminde iki derinlik arasındaki bolluk değeri farkı fazladır (Şekil 77).



Şekil 77. İK6 yüzey suyu ve FMD'de fitoplankton bolluk kıyaslaması

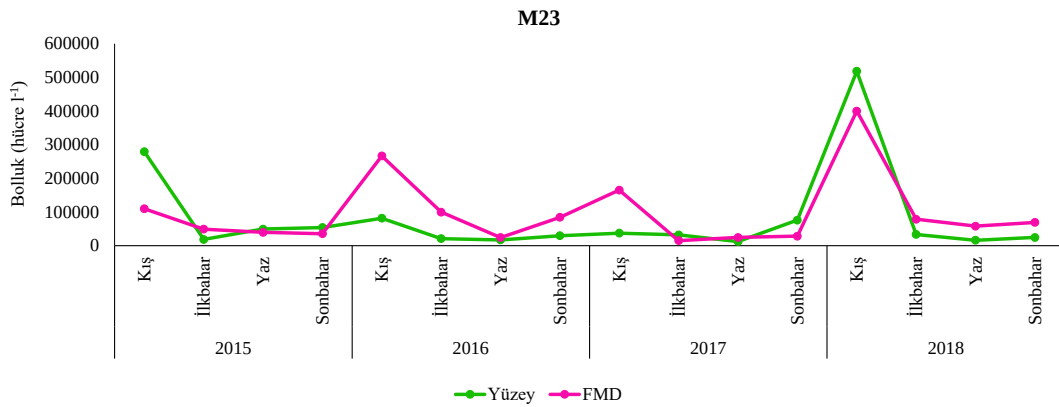
Kuzeydoğu Marmara derin istasyonları olan M20 ve M23'te körfez istasyonlarından, derinlikler arası fitoplankton bolluğu açısından farklılık görülmüştür. Bu derin istasyonlarda ışıklı tabakanın kalınlığının körfez istasyonlarına göre fazla olması; kentsel baskının körfez istasyonları kadar yoğun olmaması, seki disk derinliğinin yüksek olması gibi sebeplerden dolayı fitoplankton gelişmesi için gerekli olan ışık, daha derinlere inebilmektedir. Böylece

fitoplakton derin bölgelerde de bolluk değerlerini artırabilmektedir. M20 istasyonunda 2015 ilkbahar, 2016 ilkbahar, 2016 yaz, 2016 güz, 2017 kış, 2017 yaz, 2018 sonbahar örnekelemelerinde FMD fitoplakton bolluğu yüzey bolluğundan fazla bulunmuştur (Şekil 78).



Şekil 78. M20 yüzey suyu ve FMD’de fitoplakton bolluk kıyaslaması

M23’te diğer istasyonlardan farklı olarak örnekleme dönemlerinin çoğunda FMD fitoplakton bolluğu, yüzey suyu fitoplakton bolluğundan daha yüksek tespit edilmiştir (Şekil 79).

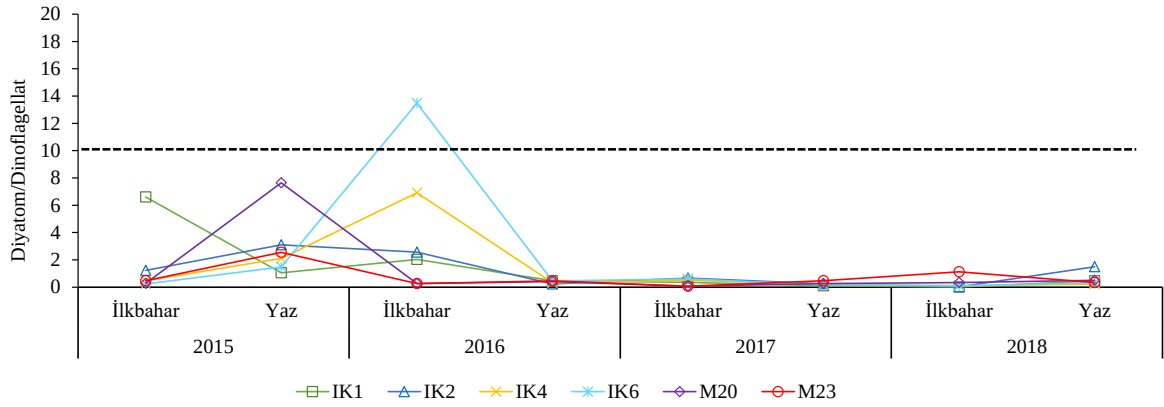


Şekil 79. M23 yüzey suyu ve FMD’de fitoplakton bolluk kıyaslaması

3.3.4.4 Diyatom/Dinoflagellat oranı değişimi

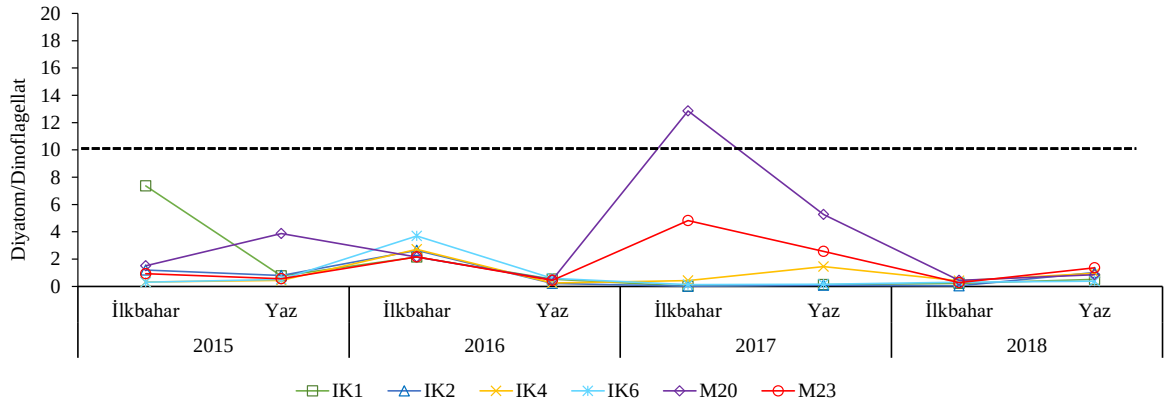
Kıyasal ekosistemlerde diyatom/dinoflagellat oranı ötrofikasyon gibi çevresel değişimlerin göstergesi olan bir indeks olarak değerlendirilmektedir. Bazı araştırmalarda uzun süreli veriye dayanarak özellikle ilkbahar/yaz döneminde sağlıklı bir ekosistemde diyatom/dinoflagellat oranının genel olarak 10:1 olacağı belirtilmiştir. Bu çalışmalarda

fitoplankton biyokütlesi kullanılarak bu oran hesaplanmıştır. Bu orandan sapmalar fitoplanktondaki yapısal değişikliklerin olduğunu göstermektedir (ECOLAS, 2007). Bu çalışmada biyokütle analizi yapılmadığı için bolluk değerleri üzerinden oranlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu oranlara göre yüzey suyunda ilkbahar maksimumu (13,48) 2016'da dış körfez istasyonu olan İK6'da, ilkbahar minimumu (0,004) ise 2018'de iç körfezde tespit edilmiştir. Yaz dönemlerine bakıldığında, maksimum oran (7,64) M20'de 2015 yazında görülürken, minimum oran (0,10) 2017 yazında İK1'de görülmüştür. Çalışma alanında ilkbahar ve yaz dönemlerinde yapılan örneklemelerde komünitedeki dinoflagellat baskınlığından kaynaklanan düşük diyatom/dinoflagellat oranı görülmüştür (Şekil 80).



Şekil 80. Yüzey suyu bolluk değerlerine göre diyatom/dinoflagellat oranındaki değişimler

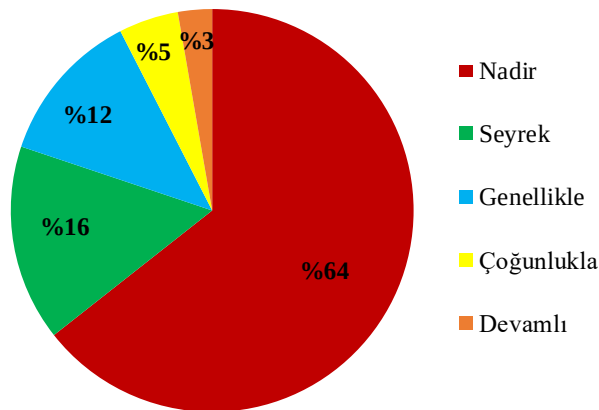
FMD diyatom/dinoflagellat oranı sonuçlarına göre ilkbahar minimumu (0,003) İK1'de 2017 yılında, maksimum oran ise (12,86) M20'de 2017'de tespit edilmiştir. Yaz dönemi oranları incelendiğinde minimum oranın (0,077) 2017'de İK2'de, maksimum oranın (5,27) 2017'de M20'de olduğu görülmüştür (Şekil 81).



Şekil 81. FMD bolluk değerlerine göre diyatom/dinoflagellat oranındaki değişimler

3.3.4.5 Gruplar arasındaki frekans dağılımı

Çalışma dönemi boyunca teşhis edilen 146 türün yıllara göre bulunma durumu, görülme sıklığı (%f) ve frekans grupları Tablo 18’de verilmiştir. Çalışma sonucunda dinoflagellatlardan *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum* ve *Tripos fusus* türleri örnekleme yıllarında ve istasyonlarda devamlı olarak gözlenmiştir. Çalışma boyunca teşhis edilen 146 türün %64’ü 4 yıl boyunca istasyonlarda nadir bulunan, %16’sı seyrek bulunan, %12’si genellikle bulunan, %5’i çoğunlukla bulunan, %3’ü devamlı bulunan olarak tespit edilmiştir (Şekil 82).



Şekil 82. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri

Tablo 18. Türlerin bulunma durumu, görülme sıklığı (%f) ve frekans grupları

Tür	Yıllar				Frekans	
	2015	2016	2017	2018	%f	Grup
Cyanophyceae						
<i>Anabaena</i> sp.	*				2	N
<i>Oscillatoria</i> sp.	*				2	N
Bacillariophyceae						
<i>Achnanthes</i> sp.				*	2	N
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>	*				3	N
<i>Bacteriastrium</i> sp.				*	3	N
<i>Cerataulina pelagica</i>	*	*	*	*	11	N
<i>Chaetoceros affinis</i>		*	*	*	9	N
<i>Chaetoceros constrictus</i>	*	*	*	*	6	N
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	*	*	*		13	N
<i>Chaetoceros danicus</i>	*	*	*	*	21	N
<i>Chaetoceros decipiens</i>	*	*	*	*	32	S
<i>Chaetoceros diadema</i>	*				2	N
<i>Chaetoceros didymus</i>	*		*	*	13	N
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	*		*		9	N
<i>Chaetoceros simplex</i>	*	*	*	*	13	N
<i>Chaetoceros</i> sp.	*	*	*	*	19	N
<i>Climacosphaenia moniligera</i>	*	*	*	*	8	N
<i>Coscinodiscus concinnus</i>	*	*	*		3	N
<i>Coscinodiscus granii</i>	*	*	*	*	46	G
<i>Coscinodiscus perforatus</i>			*	*	13	N
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	*	*			4	N
<i>Coscinodiscus</i> sp.	*	*	*		17	N
<i>Cylindrotheca closterium</i>	*	*	*	*	72	Ç
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	*	*	*	*	21	N
<i>Dactyliosolen</i> sp.		*	*	*	15	N
<i>Detonula confervacea</i>	*				9	N
<i>Diploneis</i> sp.				*	1	N
<i>Ditylum brightwellii</i>	*	*	*	*	21	N
<i>Eucampia zodiacus</i>			*		6	N
<i>Fragilaria</i> sp.	*				1	N
<i>Guinardia flaccida</i>	*	*	*	*	30	S
<i>Guinardia delicatula</i>	*	*		*	4	N
<i>Guinardia</i> sp.		*	*		6	N
<i>Gyrosigma</i> sp.	*			*	2	N
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	*				3	N
<i>Hemiaulus</i> sp.			*		4	N
<i>Leptocylindrus danicus</i>	*	*	*	*	53	G
<i>Leptocylindrus minimus</i>	*	*	*	*	56	G
<i>Licmophora</i> sp.	*	*	*	*	4	N

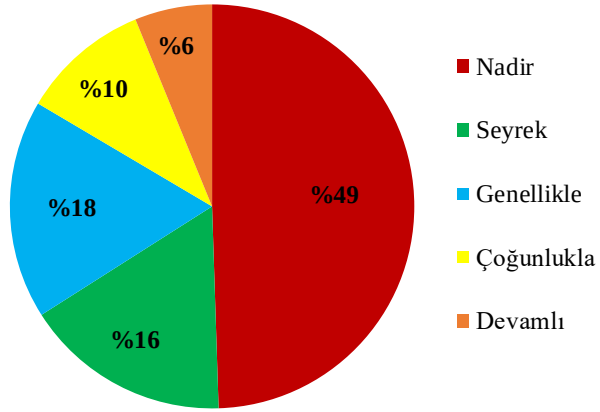
Tür	Yıllar				Frekans	
	2015	2016	2017	2018	%f	Grup
<i>Melosira</i> sp.		*	*		2	N
<i>Navicula</i> sp.		*	*	*	15	N
<i>Neocalyptrella robusta</i>	*	*	*		20	N
<i>Nitzschia acicularis</i>		*		*	3	N
<i>Nitzschia longissima</i>		*	*	*	8	N
<i>Nitzschia</i> sp.	*	*	*	*	24	S
<i>Planktoniella</i> sp.	*	*			2	N
<i>Pleurosigma</i> sp.	*		*		4	N
<i>Proboscia alata</i>	*	*	*	*	48	G
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>	*	*	*		10	N
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	*	*	*	*	47	G
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	*	*	*	*	48	G
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	*	*	*	*	36	S
<i>Rhizosolenia setigera</i>	*	*	*	*	41	S
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	*		*		2	N
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	*	*	*	*	75	Ç
<i>Skeletonema</i> cf. <i>marinoi</i>			*		13	N
<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>	*	*	*		5	N
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	*	*	*	*	58	G
<i>Thalassiosira angustelineata</i>	*				1	N
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	*	*	*	*	52	G
<i>Thalassiosira gravida</i>	*	*	*	*	42	G
<i>Thalassiosira</i> sp.	*	*	*		14	N
Dinophyceae						
<i>Akashiwo sanguinea</i>	*		*	*	29	S
<i>Alexandrium minutum</i>	*	*	*		3	N
<i>Alexandrium</i> sp.		*	*		3	N
<i>Amphidinium</i> sp.		*	*	*	30	S
<i>Dinophysis acuminata</i>	*	*	*	*	14	N
<i>Dinophysis acuta</i>	*	*	*	*	22	S
<i>Dinophysis caudata</i>	*	*	*		15	N
<i>Dinophysis sacculus</i>	*	*			6	N
<i>Dinophysis</i> sp.		*			1	N
<i>Diplopsalis lenticula</i>	*	*	*	*	59	G
<i>Glenodinium</i> sp.	*	*			2	N
<i>Gonyaulax spinifera</i>	*	*	*	*	28	S
<i>Gonyaulax polygramma</i>	*		*	*	3	N
<i>Gonyaulax</i> sp.	*	*	*		15	N
<i>Gymnodinium impudicum</i>		*			2	N
<i>Gymnodinium</i> sp.		*	*	*	36	S
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	*	*	*	*	54	G
<i>Gyrodinium spirale</i>		*	*	*	7	N
<i>Gyrodinium</i> sp.	*	*			8	N

Tür	Yıllar				Frekans	
	2015	2016	2017	2018	%f	Grup
<i>Heterocapsa</i> sp.	*	*	*	*	33	S
<i>Heterocapsa rotundata</i>		*	*	*	31	S
<i>Heterocapsa triquetra</i>		*	*	*	16	N
<i>Karenia brevis</i>		*		*	2	N
<i>Karenia</i> sp.	*	*	*		7	N
<i>Lingulodinium polyedra</i>		*			1	N
<i>Noctiluca scintillans</i>	*	*	*	*	82	D
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	*	*	*	*	26	S
<i>Oxytoxum scolopax</i>	*	*	*	*	70	Ç
<i>Phalacroma rotundatum</i>	*	*	*	*	47	G
<i>Podolampas spinifera</i>		*	*	*	9	N
<i>Polykrikos kofoidii</i>	*	*	*		6	N
<i>Polykrikos schwartzii</i>	*		*		5	N
<i>Polykrikos</i> sp.		*	*	*	21	N
<i>Prorocentrum compressum</i>	*	*	*	*	51	G
<i>Prorocentrum cordatum</i>	*	*	*	*	67	Ç
<i>Prorocentrum gracile</i>		*	*	*	21	N
<i>Prorocentrum micans</i>	*	*	*	*	97	D
<i>Prorocentrum scutellum</i>	*	*	*	*	95	D
<i>Prorocentrum triestinum</i>	*	*	*	*	48	G
<i>Prorocentrum</i> sp.		*		*	2	N
<i>Protopteridinium bipes</i>	*	*	*	*	40	S
<i>Protopteridinium brevipes</i>	*	*	*	*	30	S
<i>Protopteridinium claudicans</i>	*		*	*	11	N
<i>Protopteridinium conicum</i>	*	*	*	*	34	S
<i>Protopteridinium crassipes</i>		*	*	*	22	S
<i>Protopteridinium depressum</i>	*	*	*	*	32	S
<i>Protopteridinium divergens</i>	*	*	*	*	53	G
<i>Protopteridinium grande</i>				*	1	N
<i>Protopteridinium oblongum</i>	*	*			2	N
<i>Protopteridinium obtusum</i>	*				2	N
<i>Protopteridinium pentagonum</i>	*			*	2	N
<i>Protopteridinium pellucidum</i>	*	*	*	*	20	N
<i>Protopteridinium pyriforme</i>		*			4	N
<i>Protopteridinium steinii</i>	*	*	*	*	80	Ç
<i>Protopteridinium</i> sp.	*	*	*	*	19	N
<i>Pselodinium fusus</i>		*			4	N
<i>Pyrophacus horologium</i>				*	2	N
<i>Scrippsiella acuminata</i>	*	*	*	*	68	Ç
<i>Torodinium robustum</i>	*	*	*	*	43	G
<i>Tripos furca</i>	*	*	*	*	79	Ç
<i>Tripos fusus</i>	*	*	*	*	94	D
<i>Tripos horridum</i>		*		*	5	N

Tür	Yıllar				Frekans	
	2015	2016	2017	2018	%f	Grup
<i>Tripes lineatus</i>		*	*	*	25	S
<i>Tripes longipes</i>	*	*	*	*	33	S
<i>Tripes macroceros</i>		*	*	*	13	N
<i>Tripes muelleri</i>	*	*	*	*	34	S
<i>Tripes trichoceros</i>	*	*			5	N
<i>Tripes sp.</i>			*		1	N
Cryptophyceae						
<i>Plagioselmis prolunga</i>	*	*	*	*	46	G
Raphidophyceae						
<i>Heterosigma akashiwo</i>		*	*	*	21	N
Dictyochophyceae						
<i>Dictyocha fibula</i>	*	*	*	*	47	G
<i>Dictyocha speculum</i>	*	*	*	*	32	S
<i>Octactis octonaria</i>		*		*	5	N
Euglenophyceae						
<i>Eutreptia sp.</i>		*	*		4	N
<i>Eutreptiella sp.</i>		*	*		9	N
<i>Phacus sp.</i>		*			1	N
Chlorophyceae						
<i>Scenedesmus sp.</i>			*		1	N
Zygnematophyceae						
<i>Staurostrum sp.</i>	*				2	N
Coccolithophyceae						
<i>Emiliania huxleyi</i>			*	*	35	S

Frekans grupları (N: Nadir, S: Seyrek, G: Genellikle, Ç: Çoğunlukla, D: Devamlı)

2015 yılında yapılan mevsimlik örneklemelelerde 97 tür teşhis edilmiştir (Tablo 19). Bunun 45'i dinoflagellat, 46'sı diyatom türlerinden oluşmaktadır. Bu dönemde devamlı bulunan tür sayısı 6 olup bunun 5 tanesi dinoflagellat, 1'i diyatom grubuna aittir. Teşhis edilen 97 türün %49'u nadir, %18'i genellikle, %17'si seyrek, %10'u çoğunlukla, %6'sı devamlı bulunan grupta yer almıştır (Şekil 83). *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Tripes furca*, *Tripes fusus* devamlı bulunan dinoflagellat türleri; *Skeletonema cf. costatum* ise bu örnekleme döneminde devamlı olarak bulunan diyatom türüdür.



Şekil 83. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2015)

Tablo 19. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2015)

Tür	2015 kış						2015 ilkbahar						2015 yaz						2015 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
Cyanophyceae																									
<i>Anabaena</i> sp.							+							+											8
<i>Oscillatoria</i> sp.													+	+											8
Bacillariophyceae																									
<i>Bacteriastrium hyalinum</i>																			+	+				+	13
<i>Cerataulina pelagica</i>	+	+	+	+																					17
<i>Chaetoceros constrictus</i>											+	+													8
<i>Chaetoceros curvisetus</i>													+		+	+		+		+	+				25
<i>Chaetoceros danicus</i>													+	+	+	+		+							21
<i>Chaetoceros decipiens</i>				+						+	+	+													17
<i>Chaetoceros diadema</i>														+		+									8
<i>Chaetoceros didymus</i>								+				+	+	+	+	+		+							29
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	+	+	+	+																					17
<i>Chaetoceros simplex</i>									+			+								+	+				17
<i>Chaetoceros</i> sp.					+											+	+			+					17
<i>Climacosphaenia moniligera</i>												+		+											8
<i>Coscinodiscus concinnus</i>						+																			4
<i>Coscinodiscus granii</i>	+	+	+	+				+				+	+	+	+	+		+		+					50
<i>Coscinodiscus radiatus</i>			+	+																					8
<i>Coscinodiscus</i> sp.	+	+	+	+						+			+	+	+	+									38

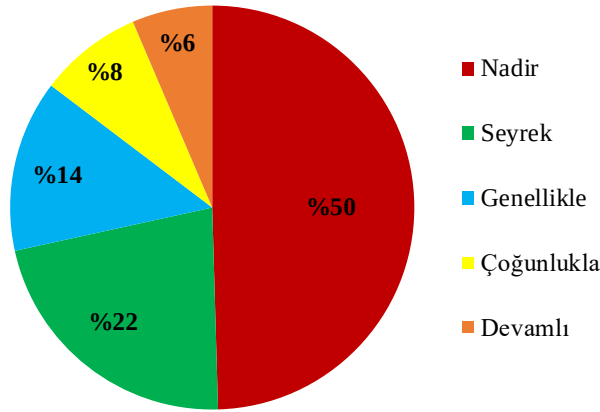
Tür	2015 kış						2015 ilkbahar						2015 yaz						2015 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+		+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+					67
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>						+							+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	50
<i>Detonula confervacea</i>	+	+	+	+	+															+		+	+	+	38
<i>Ditylum brightwellii</i>	+	+	+	+																		+			21
<i>Fragilaria</i> sp.																+									4
<i>Guinardia flaccida</i>	+	+	+	+			+																		21
<i>Guinardia delicatula</i>					+	+																			8
<i>Gyrosigma</i> sp.				+																					4
<i>Hemiaulus membranaceus</i>		+	+	+																					13
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	+	+	+								+			+	+		+		+	+	+	+	58
<i>Leptocylindrus minimus</i>	+	+	+	+	+	+			+		+						+			+	+	+	+	+	58
<i>Licmophora</i> sp.																+									4
<i>Neocalyptrella robusta</i>		+	+	+			+		+	+			+					+							33
<i>Nitzschia</i> sp.																	+	+	+	+					17
<i>Planktoniella</i> sp.																		+							4
<i>Pleurosigma</i> sp.	+																	+							8
<i>Proboscia alata</i>	+	+	+	+	+	+	+			+		+						+		+	+	+	+	+	63
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>									+					+											8
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	67
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+								+		+		+								33
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	+	+	+	+									+	+	+	+		+							38
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+	+	+	+	+	+								+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	71

Tür	2015 kış						2015 ilkbahar						2015 yaz						2015 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Rhizosolenia styliformis</i>																		+							4
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	92
<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>	+																		+		+				13
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	+		+						+	+	+	+	+	+	+				+	+		58
<i>Thalassiosira angustelineata</i>																								+	4
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+			+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+			+	67
<i>Thalassiosira gravida</i>		+	+	+	+														+	+		+			29
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+	+	+										+										+	25
Dinophyceae																									
<i>Akashiwo sanguinea</i>				+															+			+			13
<i>Alexandrium minutum</i>																							+		4
<i>Dinophysis acuminata</i>																+	+							+	13
<i>Dinophysis acuta</i>	+	+					+	+	+		+	+	+	+	+	+	+							+	50
<i>Dinophysis caudata</i>															+	+				+		+	+	+	25
<i>Dinophysis sacculus</i>							+			+			+		+	+									21
<i>Diplopsalis lenticula</i>			+	+					+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	71
<i>Glenodinium</i> sp.																				+					4
<i>Gonyaulax spinifera</i>							+					+	+	+	+	+		+		+	+	+			42
<i>Gonyaulax polygramma</i>																		+							4
<i>Gonyaulax</i> sp.				+									+						+	+		+		+	25
<i>Gyrodinium fusiforme</i>							+	+	+	+	+	+	+	+		+			+	+	+	+		+	58
<i>Gyrodinium</i> sp.						+																			4

Tür	2015 kış						2015 ilkbahar						2015 yaz						2015 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Heterocapsa</i> sp.													+	+		+					+	+	+	+	29
<i>Karenia</i> sp.													+	+				+							13
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	92
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						54
<i>Oxytoxum scolopax</i>	+	+		+		+			+				+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	63
<i>Phalacroma rotundatum</i>				+					+	+	+	+	+	+		+		+							38
<i>Polykrikos kofoidii</i>																			+	+	+			+	17
<i>Polykrikos schwartzii</i>							+																		4
<i>Prorocentrum compressum</i>			+										+				+					+		+	21
<i>Prorocentrum cordatum</i>	+	+		+			+	+	+	+	+	+		+	+	+		+							54
<i>Prorocentrum micans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	96
<i>Prorocentrum scutellum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Prorocentrum triestinum</i>				+						+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+				50
<i>Protoperidinium bipes</i>							+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	+				54
<i>Protoperidinium brevipes</i>							+	+	+	+								+							21
<i>Protoperidinium claudicans</i>										+	+	+		+										+	21
<i>Protoperidinium conicum</i>																+					+				8
<i>Protoperidinium depressum</i>	+			+			+	+	+	+	+	+	+	+		+				+	+	+		+	63
<i>Protoperidinium divergens</i>							+	+	+	+	+	+		+	+					+	+			+	46
<i>Protoperidinium oblongum</i>																			+						4
<i>Protoperidinium obtusum</i>															+					+					8
<i>Protoperidinium pentagonum</i>						+																			4

Tür	2015 kış						2015 ilkbahar						2015 yaz						2015 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Protoperidinium pellucidum</i>							+																		4
<i>Protoperidinium steinii</i>	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+			+	+		+	75
<i>Protoperidinium sp.</i>	+	+	+	+											+					+					25
<i>Scrippsiella acuminata</i>							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								46
<i>Torodinium robustum</i>							+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									42
<i>Tripos furca</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+		+	83
<i>Tripos fusus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Tripos longipes</i>	+	+		+			+		+	+	+	+	+	+	+					+		+	+	+	63
<i>Tripos muelleri</i>		+					+	+	+	+	+	+		+					+					+	42
<i>Tripos trichoceros</i>																				+		+	+		13
Cryptophyceae																									
<i>Plagioselmis prolunga</i>													+	+	+	+			+	+	+	+			33
Dictyochophyceae																									
<i>Dictyocha fibula</i>	+	+	+	+															+	+	+	+	+		38
<i>Dictyocha speculum</i>	+	+	+	+	+	+				+	+	+												+	42
Zygnematophyceae																									
<i>Staurostrum sp.</i>																			+	+					8

2016 yılında gerçekleştirilen mevsimlik örneklemede toplam 109 tür teşhis edilmiştir (Tablo 20). Bunun 59’u dinoflagellat, 42’si diyatom türlerinden oluşmaktadır. Teşhis edilen türlerden 7’si istasyonlarda devamlı bulunan olarak tespit edilmiştir. Bu devamlı bulunan türlerden 6’sı dinoflagellat, 1’i diyatom grubuna aittir. Bu dönemde teşhis edilen 109 türün %50’si istasyonlarda nadir bulunan, %22’si seyrek, %14’ genellikte, %8’i çoğunlukla, %6’sı devamlı bulunan grupta yer almıştır (şekil 84). Dinoflagellat türlerinden *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Protoperidinium steinii*, *Scrippsiella acuminata*, *Tripos fusus*; diyatom türlerinden *Cylindrotheca closterium* devamlı bulunan türlerdir.



şekil 84. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2016)

Tablo 20. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2016)

[illegible]

Tür	2016 kış						2016 ilkbahar						2016 yaz						2016 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Guinardia delicatula</i>				+																					4
<i>Guinardia</i> sp.			+	+			+		+	+															21
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+		+		+	+				+			63
<i>Leptocylindrus minimus</i>			+			+					+	+						+	+	+	+	+	+	+	46
<i>Licmophora</i> sp.															+										4
<i>Melosira</i> sp.							+																		4
<i>Navicula</i> sp.							+																		4
<i>Nitzschia acicularis</i>													+	+											8
<i>Nitzschia longissima</i>					+							+													8
<i>Nitzschia</i> sp.							+	+	+				+	+	+	+		+	+						38
<i>Neocalyptrella robusta</i>																			+	+			+		13
<i>Planktoniella</i> sp.						+																			4
<i>Proboscia alata</i>										+		+			+	+	+								21
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>				+	+																+				13
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>				+	+		+	+	+	+	+								+						33
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+	+				+		+													33
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>													+	+	+	+	+	+							25
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+	+	+	+	+	+													+						29
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+							63
<i>Synedra</i> cf. <i>ulna</i>														+											4

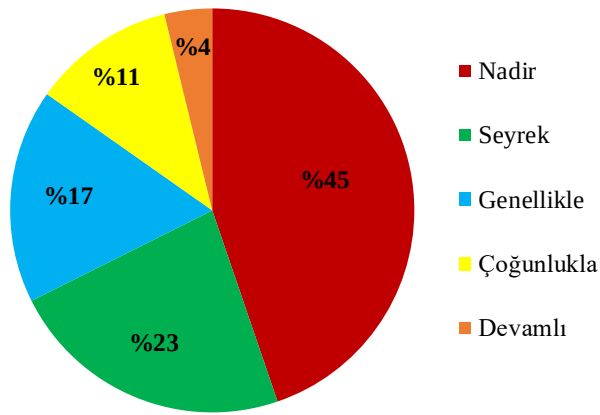
Tür	2016 kış						2016 ilkbahar						2016 yaz						2016 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	+	+	+		+	+				+	+	+	+	+	+	+			+			67
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	+	+	+				+		+	+		+		+	+				+						42
<i>Thalassiosira gravida</i>					+	+	+	+	+										+		+	+	+	+	42
<i>Thalassiosira</i> sp.			+								+					+									13
Dinophyceae																									
<i>Alexandrium minutum</i>						+																			4
<i>Alexandrium</i> sp.													+												4
<i>Amphidinium</i> sp.			+				+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			58
<i>Dinophysis acuminata</i>									+	+															8
<i>Dinophysis acuta</i>							+	+	+	+															17
<i>Dinophysis caudata</i>																						+		+	8
<i>Dinophysis sacculus</i>								+																	4
<i>Dinophysis</i> sp.								+																	4
<i>Diplopsalis lenticula</i>		+	+	+		+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	79
<i>Glenodinium</i> sp.							+																		4
<i>Gonyaulax spinifera</i>													+			+	+	+	+	+	+	+		+	38
<i>Gonyaulax</i> sp.		+				+		+		+				+											21
<i>Gymnodinium impudicum</i>																				+	+				8
<i>Gymnodinium</i> sp.		+	+	+			+	+	+	+				+	+	+			+	+	+	+	+	+	67
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	+		+		+	+		+	+			+								+				38

Tür	2016 kış						2016 ilkbahar						2016 yaz						2016 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Gyrodinium spirale</i>												+										+			8
<i>Gyrodinium</i> sp.							+		+				+						+	+		+		+	29
<i>Heterocapsa</i> sp.	+	+	+	+		+	+	+	+	+					+						+	+			50
<i>Heterocapsa rotundata</i>							+	+	+	+	+					+									25
<i>Heterocapsa triquetra</i>	+	+	+		+	+	+			+									+		+				38
<i>Karenia brevis</i>						+																			4
<i>Karenia</i> sp.		+	+	+																					13
<i>Lingulodinium polyedra</i>					+																				4
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+		+	83
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>							+	+											+	+	+	+		+	29
<i>Oxytoxum scolopax</i>		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+					71
<i>Phalacroma rotundatum</i>			+	+	+	+		+	+	+	+	+									+	+			46
<i>Podolampas spinifera</i>									+															+	8
<i>Polykrikos kofoidii</i>																				+					4
<i>Polykrikos</i> sp.	+						+				+										+	+			21
<i>Prorocentrum compressum</i>							+			+	+	+		+	+	+					+				33
<i>Prorocentrum cordatum</i>	+		+	+		+		+	+	+	+	+	+	+		+			+			+			58
<i>Prorocentrum gracile</i>			+	+			+	+	+	+			+	+	+	+	+	+							50
<i>Prorocentrum micans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Prorocentrum scutellum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	96

Tür	2016 kış						2016 ilkbahar						2016 yaz						2016 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Prorocentrum triestinum</i>	+	+		+				+	+				+						+	+	+	+	+	+	50
<i>Prorocentrum</i> sp.																						+			4
<i>Protoperidinium bipes</i>			+	+	+	+			+				+	+						+					33
<i>Protoperidinium brevipes</i>												+	+	+	+			+	+						25
<i>Protoperidinium conicum</i>		+	+	+		+			+	+		+								+		+			38
<i>Protoperidinium crassipes</i>		+					+	+	+		+								+		+	+	+		38
<i>Protoperidinium depressum</i>			+			+		+	+				+					+	+			+		+	38
<i>Protoperidinium divergens</i>		+	+	+				+	+		+	+			+	+		+	+	+		+			54
<i>Protoperidinium oblongum</i>		+																							4
<i>Protoperidinium pellucidum</i>						+										+	+				+				17
<i>Protoperidinium pyriforme</i>													+		+	+	+								17
<i>Protoperidinium steinii</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		83
<i>Protoperidinium</i> sp.		+	+				+		+				+		+	+									29
<i>Pselodinium fusus</i>							+	+	+	+															17
<i>Scrippsiella acuminata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	88
<i>Torodinium robustum</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+					+		+		+	+	+				58
<i>Tripes furca</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+			+	+	+	+			71
<i>Tripes fusus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+	+	88
<i>Tripes horridum</i>					+	+																	+	+	17
<i>Tripes lineatus</i>					+			+	+		+	+			+				+	+	+	+	+	+	50

[illegible]

2017 yılında toplam 105 tür teşhis edilmiştir (Tablo 21). Bunun 51'i dinoflagellat, 46'sı diyatom türlerinden oluşmaktadır. Teşhis edilen türlerden 4'ü devamlı bulunan olarak tespit edilmiştir. Bu devamlı bulunan türlerin tamamının dinoflagellat grubuna ait olduğu görülmektedir. *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Protoperidinium steinii*, *Tripus fusus* istasyonlarda devamlı bulunan türler olmuştur. Bu dönemde teşhis edilen 105 türün %45'i istasyonlarda nadir bulunan, %23'ü seyrek bulunan, %17'si genellikle bulunan, %11'i çoğunlukla bulunan, %4'ü devamlı bulunan türler olarak tespit edilmiştir (Şekil 85).



Şekil 85. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2017)

Tablo 21. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2017)

Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
Bacillariophyceae																									
<i>Cerataulina pelagica</i>																					+	+			8
<i>Chaetoceros affinis</i>	+												+	+	+								+		21
<i>Chaetoceros constrictus</i>		+	+																						8
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	+												+	+	+	+									21
<i>Chaetoceros danicus</i>	+	+	+	+																				+	21
<i>Chaetoceros decipiens</i>	+	+	+	+	+	+								+	+	+		+				+	+		50
<i>Chaetoceros didymus</i>	+																			+					8
<i>Chaetoceros peruvianus</i>	+	+	+												+					+					21
<i>Chaetoceros simplex</i>	+		+	+																					13
<i>Chaetoceros sp.</i>	+	+	+	+						+					+	+									29
<i>Climacosphaenia moniligera</i>															+	+									8
<i>Coscinodiscus concinnus</i>												+													4
<i>Coscinodiscus granii</i>	+	+	+					+											+	+	+				29
<i>Coscinodiscus perforatus</i>			+	+						+	+				+				+				+		29
<i>Coscinodiscus sp.</i>																							+		4
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+				+	+	+	+			71
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>		+																	+		+	+			17
<i>Dactyliosolen sp.</i>													+	+	+	+	+							+	25
<i>Ditylum brightwellii</i>	+	+	+	+																	+				21

Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Eucampia zodiacus</i>	+	+	+	+	+	+																			25
<i>Guinardia flaccida</i>	+	+	+	+													+			+	+	+	+	+	42
<i>Guinardia</i> sp.																							+		4
<i>Hemiaulus</i> sp.	+			+		+																	+		17
<i>Leptocylindrus danicus</i>	+			+				+		+			+	+	+	+			+		+	+	+	+	54
<i>Leptocylindrus minimus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+											+	+	+	+	+	+	58
<i>Licmophora</i> sp.									+																4
<i>Melosira</i> sp.	+																								4
<i>Navicula</i> sp.	+							+																	8
<i>Neocalyptrella robusta</i>	+	+	+	+									+							+	+	+			33
<i>Nitzschia longissima</i>	+			+														+							13
<i>Nitzschia</i> sp.	+	+	+	+	+	+								+											29
<i>Pleurosigma</i> sp.																							+	+	8
<i>Proboscia alata</i>	+	+	+	+	+	+						+					+	+	+	+	+	+	+	+	63
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>delicatissima</i>	+	+							+							+					+				21
<i>Pseudo-nitzschia</i> cf. <i>pungens</i>	+	+	+	+			+	+	+	+			+	+	+		+				+	+	+	+	67
<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.					+	+					+	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	58
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	+		+										+	+	+	+	+				+		+	+	42
<i>Rhizosolenia setigera</i>	+	+	+	+									+			+			+	+	+	+	+	+	50
<i>Rhizosolenia styliformis</i>				+																					4
<i>Skeletonema</i> cf. <i>costatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				+					+	+	+	+	+	+	71
<i>Skeletonema</i> cf. <i>marinoi</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+				+						+	+				50

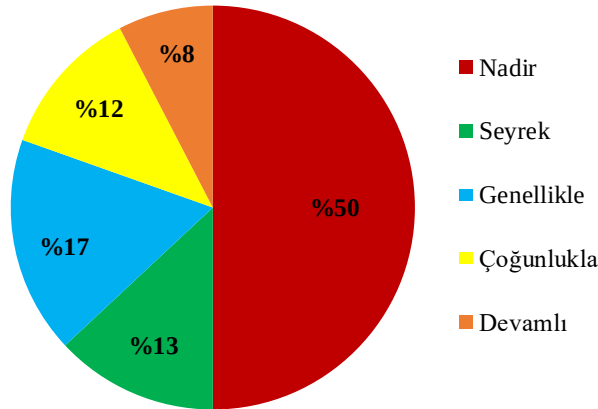
Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Synedra cf. ulna</i>				+																					4
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	+			+							+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	63
<i>Thalassiosira eccentrica</i>			+	+			+						+		+	+			+	+	+	+			42
<i>Thalassiosira gravida</i>	+	+		+	+	+													+		+		+	+	38
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+	+																+						17
Dinophyceae																									
<i>Akashiwo sanguinea</i>	+	+	+		+	+						+	+	+	+					+				+	46
<i>Alexandrium minutum</i>	+																								4
<i>Alexandrium</i> sp.			+	+																					8
<i>Amphidinium</i> sp.		+					+	+	+	+										+					25
<i>Dinophysis acuminata</i>							+	+			+														13
<i>Dinophysis acuta</i>						+	+																		8
<i>Dinophysis caudata</i>			+											+	+	+		+		+					25
<i>Diplopsalis lenticula</i>			+		+				+			+			+		+				+			+	33
<i>Gonyaulax spinifera</i>																		+		+					8
<i>Gonyaulax polygramma</i>			+																						4
<i>Gonyaulax</i> sp.											+								+	+					13
<i>Gymnodinium</i> sp.	+	+	+	+			+	+					+						+	+	+		+		46
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	+	+	+			+	+	+	+									+	+	+	+	+	+	58
<i>Gyrodinium spirale</i>			+						+	+															13
<i>Heterocapsa</i> sp.	+	+	+	+	+	+				+								+	+					+	42
<i>Heterocapsa rotundata</i>	+	+	+	+				+		+									+	+					33

Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Heterocapsa triquetra</i>			+				+		+																13
<i>Karenia sp.</i>							+																		4
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+		+		+	+	+	+	+	+	79
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>													+												4
<i>Oxytoxum scolopax</i>		+	+	+			+	+	+	+	+	+							+	+	+	+	+	+	63
<i>Phalacroma rotundatum</i>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+			+			+			+		+	+	67
<i>Podolampas spinifera</i>		+																			+				8
<i>Polykrikos kofoidii</i>	+																								4
<i>Polykrikos schwartzii</i>							+	+	+	+															17
<i>Polykrikos sp.</i>	+	+	+								+		+	+					+	+					33
<i>Prorocentrum compressum</i>				+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	75
<i>Prorocentrum cordatum</i>		+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	71
<i>Prorocentrum gracile</i>		+																	+	+	+	+	+		25
<i>Prorocentrum micans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Prorocentrum scutellum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Prorocentrum triestinum</i>		+											+	+	+		+	+					+		29
<i>Protopteridinium bipes</i>	+	+	+	+																	+		+		25
<i>Protopteridinium brevipes</i>							+	+	+	+	+		+	+	+	+			+	+	+	+			54
<i>Protopteridinium claudicans</i>				+								+	+		+					+					21
<i>Protopteridinium conicum</i>	+	+	+	+	+										+						+	+	+		38
<i>Protopteridinium crassipes</i>				+		+				+	+	+											+		25
<i>Protopteridinium depressum</i>			+							+		+								+					17

Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Protoperidinium divergens</i>							+	+	+	+	+	+	+	+	+			+		+	+	+			54
<i>Protoperidinium pellucidum</i>		+					+		+		+				+				+		+	+	+	+	42
<i>Protoperidinium steinii</i>		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	83
<i>Protoperidinium sp.</i>															+		+							+	13
<i>Scrippsiella acuminata</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+						67
<i>Torodinium robustum</i>			+		+		+	+	+	+											+				29
<i>Tripos furca</i>		+			+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+	+	+	75
<i>Tripos fusus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
<i>Tripos lineatus</i>		+	+	+			+	+		+															25
<i>Tripos longipes</i>	+			+																					8
<i>Tripos macroceros</i>																+	+	+	+	+					21
<i>Tripos muelleri</i>	+				+		+	+	+			+				+									29
<i>Tripos sp.</i>																			+						4
Cryptophyceae																									
<i>Plagioselmis prolunga</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								+						50
Raphidophyceae																									
<i>Heterosigma akashiwo</i>		+											+						+	+	+	+	+	+	33
Dictyochophyceae																									
<i>Dictyocha fibula</i>		+	+																+	+	+	+	+	+	33
<i>Dictyocha speculum</i>		+	+	+				+												+	+				25
Coccolithophyceae																									
<i>Emiliania huxleyi</i>					+	+	+			+				+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	58

Tür	2017 kış						2017 ilkbahar						2017 yaz						2017 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
Euglenophyceae																									
<i>Eutreptia</i> sp.				+				+																	8
<i>Eutreptiella</i> sp.		+	+	+																					13
Chlorophyceae																									
<i>Scenedesmus</i> sp.														+											4

2018 yılında gerçekleştirilen mevsimlik örneklemelerde toplam 92 tür teşhis edilmiştir (Tablo 22). Bunun 49’u dinoflagellat, 37’si diatom türlerinden oluşmaktadır. Teşhis edilen türlerden 7’si istasyonlarda devamlı bulunan türler olarak tespit edilmiştir. Bu devamlı türlerden 6’sının dinoflagellat, 1’inin Coccolithophyceae sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Bu dönemde teşhis edilen 92 türün %50’si istasyonlarda nadir bulunan, %17’si genellikle bulunan, %13’ seyrek bulunan, %12’si çoğunlukla bulunan, %8’i devamlı bulunan olarak görülmüştür (şekil 86). Dinoflagellat türlerinden *Oxytoxum scolopax*, *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Tripos furca*, *Tripos fusus*; Coccolithophyceae sınıfına ait olan *Emiliana huxleyi* türleri istasyonlarda devamlı olarak bulunan türlerdir.



şekil 86. Fitoplankton komünitesinin frekans gruplarına göre dağılım yüzdeleri (2018)

Tablo 22. Türlerin varlık yokluk dağılımları ve görülme sıklığı (%f) (2018)

Tür	2018 kış						2018 ilkbahar						2018 yaz						2018 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
Bacillariophyceae																									
<i>Achnanthes</i> sp.												+							+						8
<i>Bacteriastrium</i> sp.																			+	+	+				13
<i>Cerataulina pelagica</i>		+	+	+																		+			17
<i>Chaetoceros affinis</i>		+																+							8
<i>Chaetoceros constrictus</i>																				+					4
<i>Chaetoceros danicus</i>	+		+		+											+						+			21
<i>Chaetoceros decipiens</i>	+			+							+						+		+						21
<i>Chaetoceros didymus</i>		+		+																		+			13
<i>Chaetoceros simplex</i>																			+		+				8
<i>Chaetoceros</i> sp.			+								+														8
<i>Climacosphaenia moniligera</i>		+										+	+												13
<i>Coscinodiscus granii</i>	+	+	+		+	+			+	+		+	+		+	+	+		+	+		+			63
<i>Coscinodiscus perforatus</i>					+								+	+	+		+								21
<i>Cylindrotheca closterium</i>	+		+				+	+	+	+	+	+	+		+				+		+	+	+		58
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>													+	+	+										13
<i>Dactyliosolen</i> sp.																+									4
<i>Diploneis</i> sp.																						+			4
<i>Ditylum brightwellii</i>	+	+	+	+	+	+						+									+	+			38
<i>Guinardia flaccida</i>	+	+	+	+	+	+					+									+	+	+			42

[illegible]

Tür	2018 kış						2018 ilkbahar						2018 yaz						2018 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Dinophysis acuta</i>										+	+			+											13
<i>Diplopsalis lenticula</i>	+	+	+	+	+	+		+		+			+					+		+	+		+		54
<i>Gonyaulax spinifera</i>													+	+		+	+		+				+		25
<i>Gonyaulax polygramma</i>																+									4
<i>Gymnodinium sp.</i>	+		+					+					+	+		+			+		+				33
<i>Gyrodinium fusiforme</i>	+	+	+	+			+	+	+	+		+	+		+	+			+		+	+			63
<i>Gyrodinium spirale</i>								+												+					8
<i>Heterocapsa sp.</i>		+	+																		+				13
<i>Heterocapsa rotundata</i>				+			+		+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	67
<i>Heterocapsa triquetra</i>							+		+					+											13
<i>Karenia brevis</i>													+												4
<i>Noctiluca scintillans</i>	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+		+			+	+	+	+	+	+	75
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>							+							+	+					+					17
<i>Oxytoxum scolopax</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+	+	83
<i>Phalacroma rotundatum</i>	+	+		+	+		+			+		+		+							+				38
<i>Podolampas spinifera</i>												+	+						+	+	+				21
<i>Polykrikos sp.</i>		+							+										+	+	+		+	+	29
<i>Prorocentrum compressum</i>		+	+		+	+		+	+	+	+		+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	75
<i>Prorocentrum cordatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					83
<i>Prorocentrum gracile</i>	+			+																					8
<i>Prorocentrum micans</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			92
<i>Prorocentrum scutellum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+			+	+	+	+	+	+	83

Tür	2018 kış						2018 ilkbahar						2018 yaz						2018 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Prorocentrum triestinum</i>					+	+		+					+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	63
<i>Prorocentrum</i> sp.			+																						4
<i>Protopteridinium bipes</i>													+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	46
<i>Protopteridinium brevipes</i>							+	+					+	+						+					21
<i>Protopteridinium claudicans</i>																					+				4
<i>Protopteridinium conicum</i>	+	+	+	+	+	+							+	+					+	+		+	+	+	54
<i>Protopteridinium crassipes</i>					+	+							+	+					+		+				25
<i>Protopteridinium depressum</i>				+															+	+					13
<i>Protopteridinium divergens</i>		+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+					+		+			58
<i>Protopteridinium grande</i>				+																					4
<i>Protopteridinium pentagonum</i>				+																					4
<i>Protopteridinium pellucidum</i>					+							+						+				+			17
<i>Protopteridinium steinii</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	79
<i>Protopteridinium</i> sp.				+								+													8
<i>Pyrophacus horologium</i>				+									+												8
<i>Scrippsiella acuminata</i>			+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+	+	71
<i>Torodinium robustum</i>							+	+	+	+	+	+	+						+		+	+			42
<i>Tripos furca</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	88
<i>Tripos fusus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+	+	88
<i>Tripos horridum</i>													+												4
<i>Tripos lineatus</i>					+		+	+	+		+	+													25
<i>Tripos longipes</i>		+	+																+	+	+	+			25

Tür	2018 kış						2018 ilkbahar						2018 yaz						2018 sonbahar						%f
	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	İK1	İK2	İK4	İK6	M20	M23	
<i>Tripes macroceros</i>	+																								4
<i>Tripes muelleri</i>			+	+	+	+			+									+		+					29
Cryptophyceae																									
<i>Plagioselmis prolonga</i>		+										+	+		+	+			+		+	+	+		38
Raphidophyceae																									
<i>Heterosigma akashiwo</i>			+	+							+	+	+	+	+	+			+	+	+				46
Dictyochophyceae																									
<i>Dictyocha fibula</i>		+	+	+	+									+	+	+			+	+	+	+	+	+	54
<i>Dictyocha speculum</i>						+				+		+				+			+						21
<i>Octactis octonaria</i>					+	+														+	+				17
Coccolithophyceae																									
<i>Emiliana huxleyi</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+	83

3.3.4.6 Ekolojik indeksler

Çalışmada fitoplankton komünite yapısının belirlenmesinde Shannon&Weaver çeşitlilik indeksi (H'), Margalef tür zenginliği indeksi (d), türlerin oransal temsilleri üzerine Pielou's evenness düzenlilik indeksi (J) hesaplanmıştır. Çalışma boyunca istasyonlarda hesaplanan indeks değerleri Tablo 23'te verilmiştir.

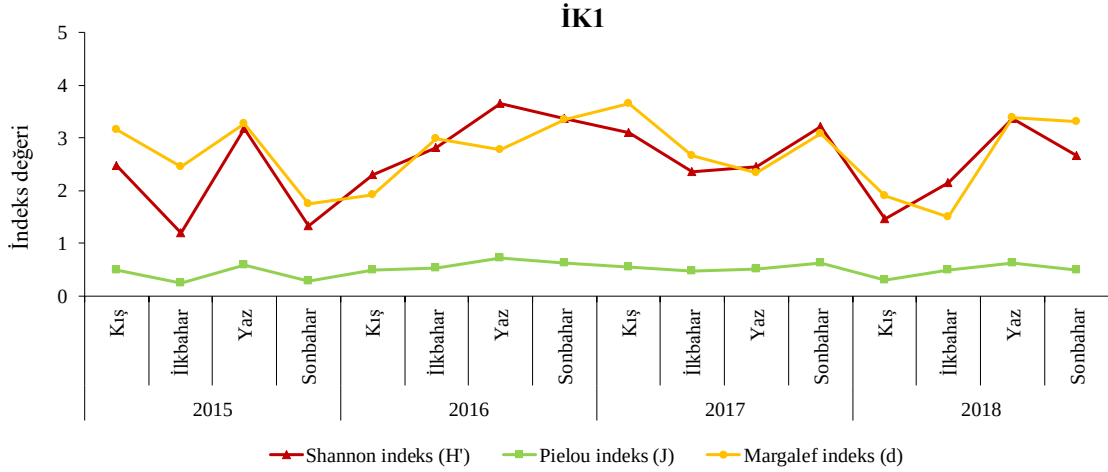
Tablo 23. Ekolojik indeks değerleri

Örnekleme	İstasyon	Shannon indeks	Pielou indeks	Margalef indeks
2015 kış	İK1	2,46	0,48	3,16
	İK2	2,41	0,47	2,95
	İK4	2,95	0,60	2,49
	İK6	3,25	0,60	3,47
	M20	2,85	0,70	1,27
	M23	3,02	0,77	1,12
2015 ilkbahar	İK1	1,21	0,25	2,46
	İK2	2,64	0,58	1,99
	İK4	3,47	0,71	2,67
	İK6	2,90	0,59	2,82
	M20	2,86	0,59	2,56
	M23	3,53	0,69	3,46
2015 yaz	İK1	3,18	0,59	3,28
	İK2	3,27	0,60	3,63
	İK4	3,74	0,71	3,30
	İK6	4,04	0,74	3,75
	M20	1,63	0,42	1,16
	M23	3,79	0,74	3,15
2015 sonbahar	İK1	1,34	0,29	1,74
	İK2	2,31	0,43	3,45
	İK4	1,84	0,38	2,29
	İK6	3,10	0,63	2,64
	M20	2,69	0,62	1,71
	M23	3,66	0,72	3,03
2016 kış	İK1	2,31	0,49	1,91
	İK2	2,93	0,56	2,66
	İK4	3,62	0,66	3,42
	İK6	3,53	0,67	3,00
	M20	1,64	0,33	2,18
	M23	3,35	0,63	3,36
2016 ilkbahar	İK1	2,82	0,53	2,99
	İK2	3,55	0,66	3,42
	İK4	2,94	0,51	4,24
	İK6	1,99	0,38	3,01

Örnekleme	İstasyon	Shannon indeks	Pielou indeks	Margalef indeks
	M20	2,86	0,62	2,15
	M23	3,23	0,70	2,41
2016 yaz	İK1	3,65	0,73	2,78
	İK2	3,18	0,69	2,14
	İK4	3,29	0,66	2,74
	İK6	3,48	0,75	2,35
	M20	2,70	0,63	1,76
	M23	3,41	0,80	1,85
2016 sonbahar	İK1	3,37	0,63	3,34
	İK2	3,12	0,64	2,36
	İK4	3,93	0,77	3,10
	İK6	3,92	0,75	3,13
	M20	2,82	0,69	1,42
	M23	3,66	0,80	2,23
2017 kış	İK1	3,10	0,55	3,65
	İK2	3,01	0,53	4,15
	İK4	3,28	0,57	4,44
	İK6	3,68	0,66	4,01
	M20	3,01	0,65	2,17
	M23	3,69	0,80	2,19
2017 ilkbahar	İK1	2,37	0,47	2,65
	İK2	2,52	0,50	2,78
	İK4	2,60	0,54	2,24
	İK6	3,74	0,75	2,83
	M20	2,02	0,47	1,84
	M23	2,94	0,68	1,83
2017 yaz	İK1	2,45	0,51	2,33
	İK2	2,99	0,61	2,41
	İK4	2,71	0,52	3,23
	İK6	1,91	0,42	2,03
	M20	3,41	0,83	1,70
	M23	3,91	0,94	1,81
2017 sonbahar	İK1	3,22	0,62	3,08
	İK2	3,28	0,61	3,50
	İK4	3,57	0,65	3,73
	İK6	3,47	0,69	2,84
	M20	1,83	0,35	3,04
	M23	3,16	0,64	2,67
2018 kış	İK1	1,46	0,31	1,90
	İK2	0,80	0,16	2,24
	İK4	1,22	0,24	2,37
	İK6	1,22	0,24	2,53
	M20	0,44	0,09	2,25
	M23	0,36	0,08	1,75

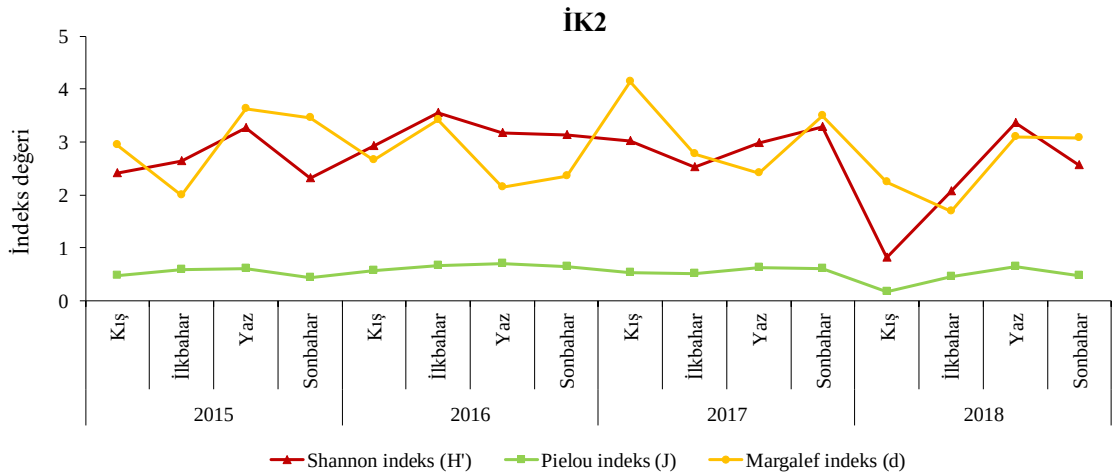
Örnekleme	İstasyon	Shannon indeks	Pielou indeks	Margalef indeks
2018 ilkbahar	İK1	2,14	0,50	1,51
	İK2	2,07	0,46	1,68
	İK4	2,80	0,59	2,10
	İK6	2,35	0,49	2,14
	M20	3,03	0,64	2,16
	M23	3,88	0,78	2,88
2018 yaz	İK1	3,37	0,62	3,38
	İK2	3,36	0,65	3,09
	İK4	2,78	0,57	2,50
	İK6	3,91	0,78	2,86
	M20	3,41	0,78	1,96
	M23	3,19	0,78	1,65
2018 sonbahar	İK1	2,67	0,49	3,30
	İK2	2,56	0,48	3,07
	İK4	3,65	0,68	3,29
	İK6	3,44	0,67	2,85
	M20	3,33	0,70	2,45
	M23	3,04	0,70	1,88

İstasyonların indeks değerlerinin yıllara göre mevsimsel değişimlerine bakıldığında; İK1’de hesaplanan indeks değerlerinin mevsimsel değişimi Şekil 87’de verilmiş ve buna göre Shannon&Weaver çeşitlilik indeksi en yüksek 2016 yaz döneminde ($H'=3,65$), en düşük 2015 bahar ($H'=1,21$) örneklemeinde tespit edilmiştir. Pielou’s evenness indeksi (J) değerlerine göre tür çeşitliliğinin yüksek olduğu istasyonlarda düzenlilik indeksinin yükseldiği, baskınlığın yüksek olduğu istasyonlarda ise düzenlilik indeksinin düştüğü görülmektedir. Pielou’s evenness indeksi (J) en yüksek ($J=0,73$) 2016 yazında, en düşük ($J=0,25$) 2015 ilkbaharında tespit edilmiştir. Bu düşük ve yüksek değerlerin tespit edildiği dönemlere bakıldığında Shannon&Weaver çeşitlilik indeksi sonuçları ile tutarlı olduğu görülmektedir. Çeşitliliğin yüksek olduğu istasyonlarda komünitede var olan türlerin bolluk değerlerinin birbirlerine yakın olduğu bilinmekte, bu da türlerin düzenli dağıldığına işaret etmektedir. Margalef tür zenginliği indeksine (d) göre en yüksek değer 2017 kış döneminde ($d=3,65$), en düşük değer 2018 ilkbahar örneklemeinde ($d=1,51$) tespit edilmiştir.



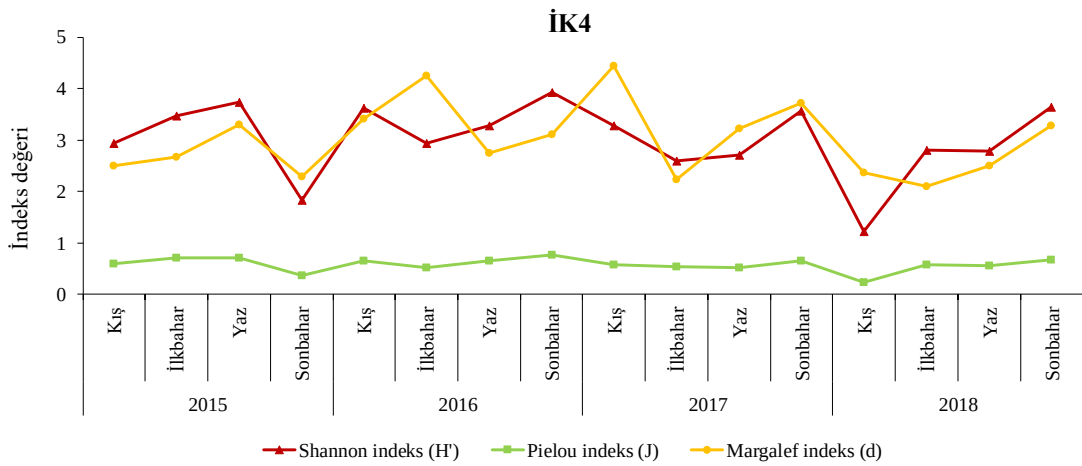
Şekil 87. İK1 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

İK2 istasyonunun yıllara göre indeks değişim grafiği Şekil 88’de verilmiştir. Buna göre Shannon&Weaver çeşitlilik indeksi en yüksek 2016 ilkbahar döneminde ($H'=3,55$), en düşük 2018 kış döneminde ($H'=0,81$) görülmüştür. 2018 kışında diyatom artışının etkisinin yoğun olarak görüldüğü İK2’de tek tür baskınlığından dolayı komünite baskılanmış, bunun sonucu olarak da çeşitlilik düşmüştür. Pielou’s evenness indeksi (J) değerlerine göre en yüksek değer ($J=0,69$) 2016 yaz örneklemeğinde olup türler nispeten düzenli dağılım göstermiş; en düşük değer ($J=0,16$) 2018 kış döneminde tespit edilmiş, türlerin düzensiz dağıldığı sonucuna varılmıştır. Tıpkı çeşitlilik indeksi sonuçlarında olduğu gibi tek tür baskınlığının yüksek olduğu 2018 kış döneminde, düşük düzenlilik indeks değeri görülmüştür. Çünkü az sayıda baskın türün varlığı indeks değerini önemli ölçüde düşürmüştür. Margalef tür zenginliği indeksine (d) göre değerler İK1 istasyonu ile benzer olup en yüksek değer ($d=4,10$) 2017 kışında, en düşük değer ($d=1,68$) 2018 ilkbahar örneklemeğinde tespit edilmiştir.



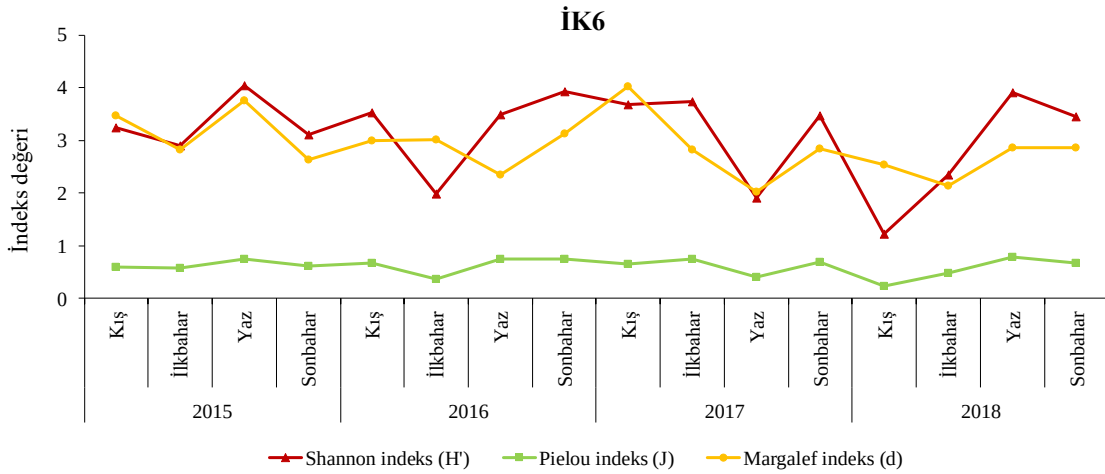
Şekil 88. İK2 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

Körfezin orta basen istasyonu olan İK4'ün yıllara göre indeks değişim grafiği Şekil 89'da verilmiştir. Bu istasyonda Shannon&Weaver çeşitlilik indeksi en yüksek ($H'=3,93$) 2016 sonbaharında, en düşük ($H'=1,22$) 2018 kışında tespit edilmiştir. Benzer şekilde Pielou's evenness indeksi de 2016 sonbahar döneminde yüksek ($J=0,77$), 2018 kış döneminde düşük ($J=0,24$) bulunmuştur. Margalef tür zenginliği indeksine (d) göre en yüksek değer iç körfez istasyonlarında da olduğu gibi 2017 kış döneminde ($d=4,44$), en düşük değer 2018 ilkbahar döneminde ($d=2,10$) tespit edilmiştir.



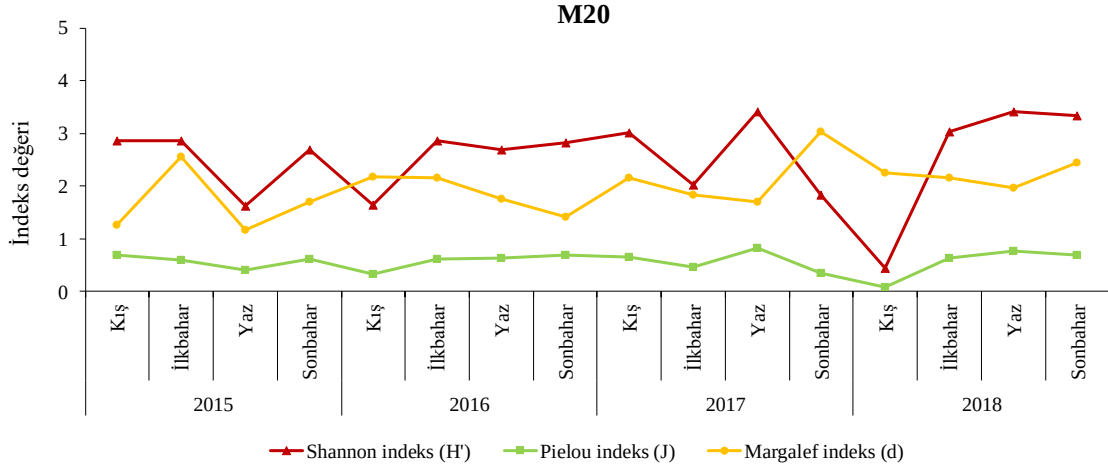
Şekil 89. İK4 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

Körfezin dış kısmını temsil eden İK6'da çalışma boyunca hesaplanan indeks değerlerinin değişim grafiği Şekil 90'da verilmiştir. Buna göre çeşitlilik ve düzenlilik indekslerinde körfezin diğer istasyonlarında 2018 kışında görülen düşük değerler İK6'da da tespit edilmiştir. Buna göre en düşük Shannon&Weaver çeşitlilik indeks değeri 2018 kışında ($H'=1,22$), en yüksek çeşitlilik ise 2015 yaz döneminde ($H'=4,04$) görülmüştür. Pielou's evenness indeksi (J) değerlerine göre en yüksek değer ($J=0,78$) 2018 yaz örneklemeğinde, en düşük değer ($J=0,24$) 2018 kış döneminde tespit edilmiştir. Margalef tür zenginliği indeksine (d) göre en yüksek değer ($d=4,01$) diğer istasyonlarda da olduğu gibi 2017 kış döneminde, en düşük değer ($d=2,03$) ise 2017 yaz döneminde tespit edilmiştir.



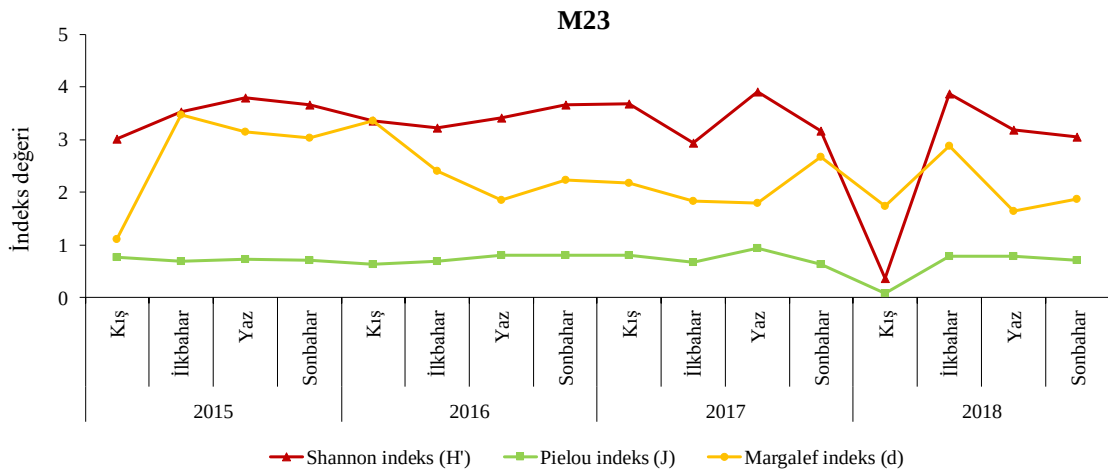
Şekil 90. İK6 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

M20 istasyonunun yıllara göre indeks değişim grafiği Şekil 91'de verilmiştir. Buna göre en düşük çeşitlilik ($H'=0,44$) 2018 kış örneklemeğinde, en yüksek çeşitlilik ($H'=3,41$) ise 2017 yaz örneklemeğinde tespit edilmiştir. Aynı örnekleme dönemlerinde düzenlilik indeksi de maksimum ve minimum salınımları göstermiş olup Pielou's evenness indeksi en düşük 2018 kış mevsiminde ($J=0,09$), en yüksek 2017 yaz mevsiminde ($J=0,83$) hesaplanmıştır. Margalef tür zenginliği indeksine (d) göre en yüksek değer 2017 sonbahar döneminde ($d=3,04$), en düşük değer ($d=1,16$) 2015 yaz örneklemeğinde bulunmuştur.



Şekil 91. M20 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

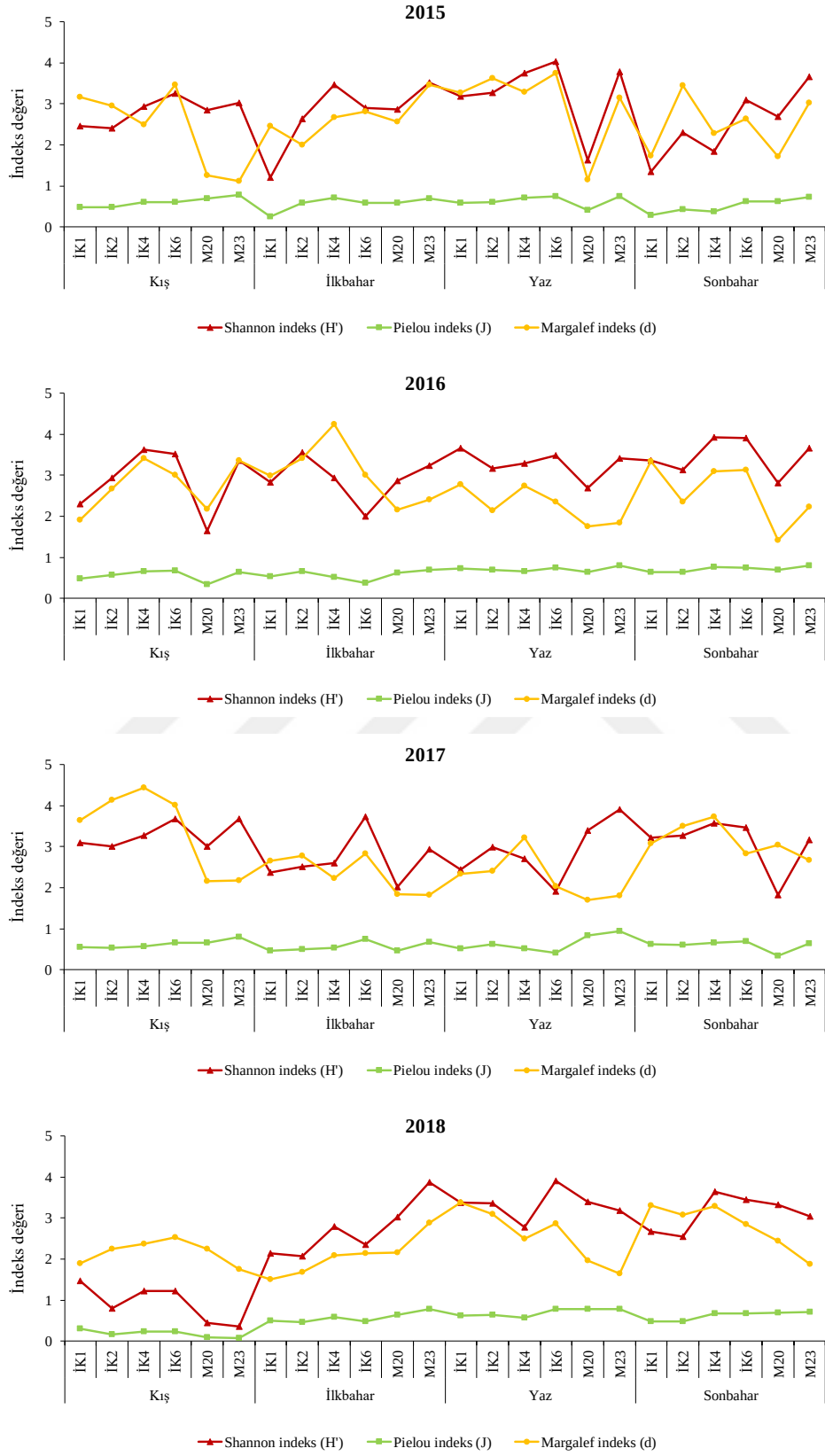
M23 istasyonunda elde edilen ekolojik indeks verilerine göre en yüksek çeşitlilik 2017 yaz döneminde ($H'=3,91$), en düşük çeşitlilik ise ($H'=0,36$) 2018 kış döneminde görülmüştür. Diğer örnekleme noktalarında da görülen bu durum, fitoplankton bolluk artışı etkisinin derin basende de etkisini sürdürdüğünü göstermektedir. Düzenlilik indeksi de en yüksek ($J=0,94$) 2017 yazında, en düşük ($J'=0,08$) 2018 kışında tespit edilmiştir. 2017 yazında birey sayılarının homojenliği ve düzenliliği göze çarpmaktadır. Tür zenginliği indeksi ise diğer istasyonlarla benzer olmayıp bağımsız özellik sergilemiş, en yüksek ($d=3,46$) 2015 ilkbaharda, en düşük ($d=1,12$) 2015 kış döneminde hesaplanmıştır (Şekil 92).



Şekil 92. M23 istasyonunda ekolojik indeks değerlerinin değişimi

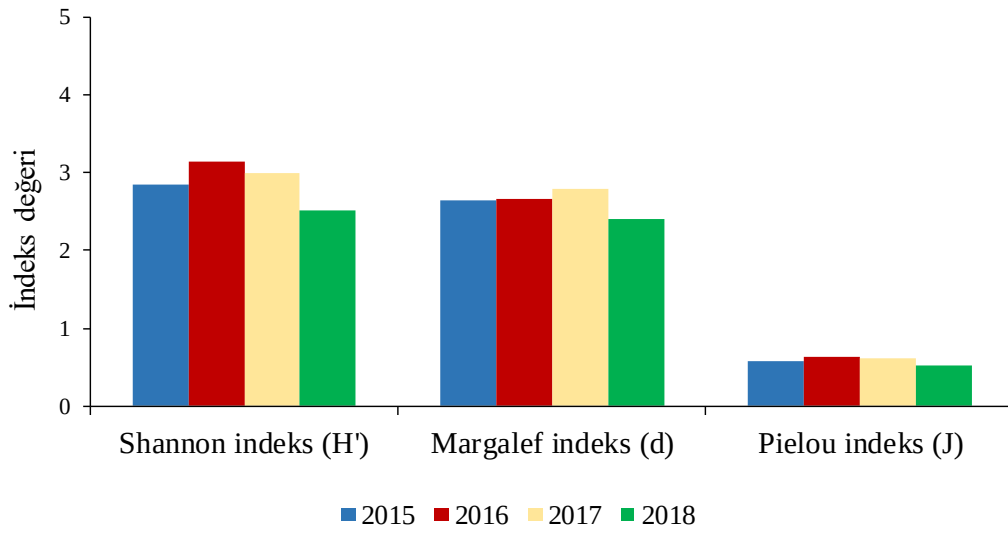
İstasyonlardaki indeks değerlerine genel olarak bakıldığında yaz örneklemelerinde çeşitliliğin yüksek olduğu, komünitede türlerin düzenli dağıldığı tespit edilirken diyatom artışının gözlendiği 2018 kış döneminde ise çeşitliliğin çok düşük olduğu, türlerin düzensiz dağılımlı olduğu görülmüştür.

Yıl bazında istasyonlardaki indeks değerlerinin farklı mevsimlerdeki değişimine bakılacak olursa 2015 yılında ilkbahar ve yaz dönemlerinde yüksek tür çeşitliliği tespit edilmiş, körfez içi istasyonlarda çeşitliliğin düşük olduğu görülmüştür. 2016'da sonbahar örneklemesinde orta ve dış körfezde yüksek tür çeşitliliği tespit edilmiştir. Yıl boyunca mevsimsel dalgalanmaya bakıldığında M20'de çeşitlilik değerlerinin düştüğü görülmektedir. 2017 yılında yıl içerisinde mevsimsel dalgalanmanın çok fazla olduğu görülmektedir. Kış örneklemesinde İK6 ve M23'te çeşitlilik yüksek iken ilkbahar örneklemesinde dış körfezde (İK6) yüksek tür çeşitliliği tespit edilmiştir. Yaz döneminde körfezde düşük çeşitlilik görülürken derin basen istasyonlarında (M20 ve M23) çeşitlilik yüksek, sonbahar döneminde ise diğer istasyonlarda yüksek olan çeşitlilik M20'de düşüktür. 2018'de kış döneminde meydana gelen diyatom artışına bağlı olarak tür çeşitliliği düşük bulunmuştur. İlkbaharda körfez içinden M23'e doğru artan çeşitlilik, yaz ve sonbahar dönemlerinde kışın tespit edilenden daha yüksek seviyelerde seyretmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde dış körfez ve derin basen istasyonlarında çeşitliliğin yüksek olduğu, kış döneminde ise 4 yıllık çalışma periyodu boyunca en düşük çeşitliliğin tespit edildiği görülmektedir (Şekil 93).



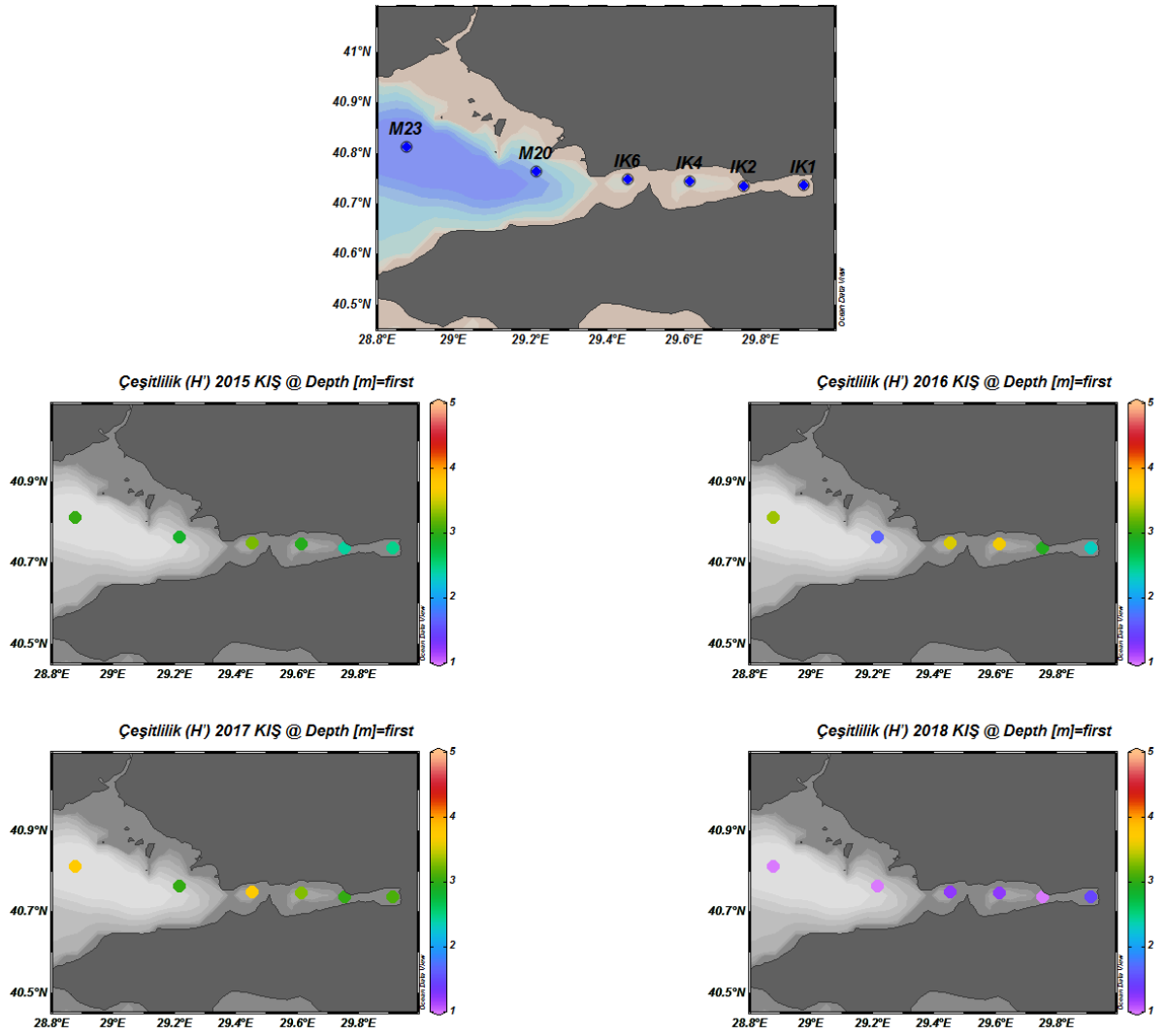
Şekil 93. Farklı yıllardaki ekolojik indeks değerlerinin değişimi

Ekolojik indeks değerlerinin yıllık değişiminin verildiği Şekil 94'te, örnekleme dönemlerinde hesaplanan değerlerin ortalamaları alınarak yıl bazında sunulmuştur. Buna göre değerlerin birbirlerinden çok da büyük farklılıklar göstermediği tespit edilmiştir. Tür çeşitliliğinin 2016 yılında en yüksek, 2018 yılında ise düşük olduğu görülmektedir. Margalef tür zenginliği indeksine göre 2017 yılı tür zenginliği açısından en yüksek dönem olmuştur. Pielou's evenness indeksine bakıldığında ise tür çeşitliliğinde olduğu gibi diğer yıllardan az farkla 2016 yılında yüksek indeks değeri tespit edilmiştir.

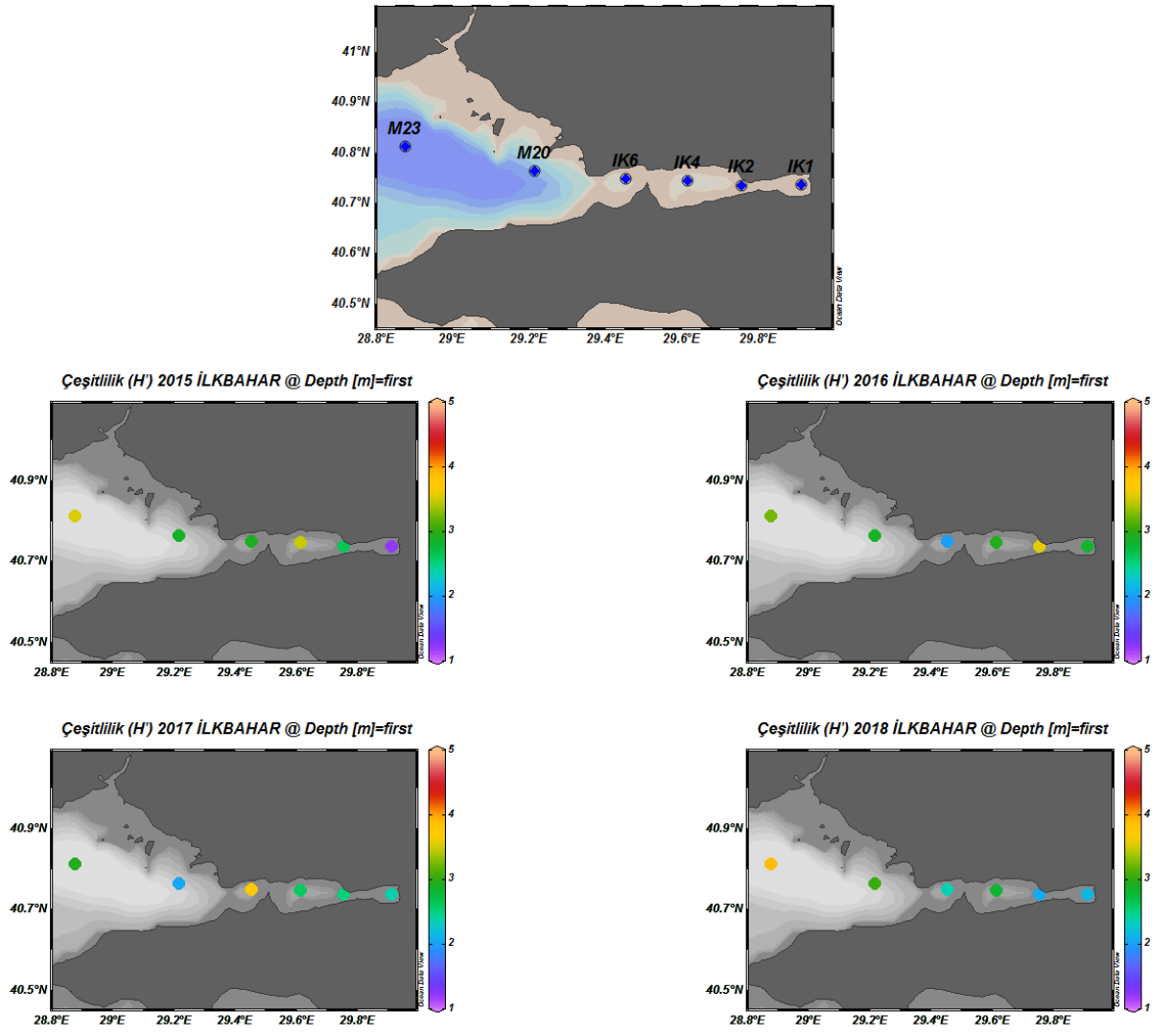


Şekil 94. Ekolojik indeks değerlerinin yıllık değişimleri

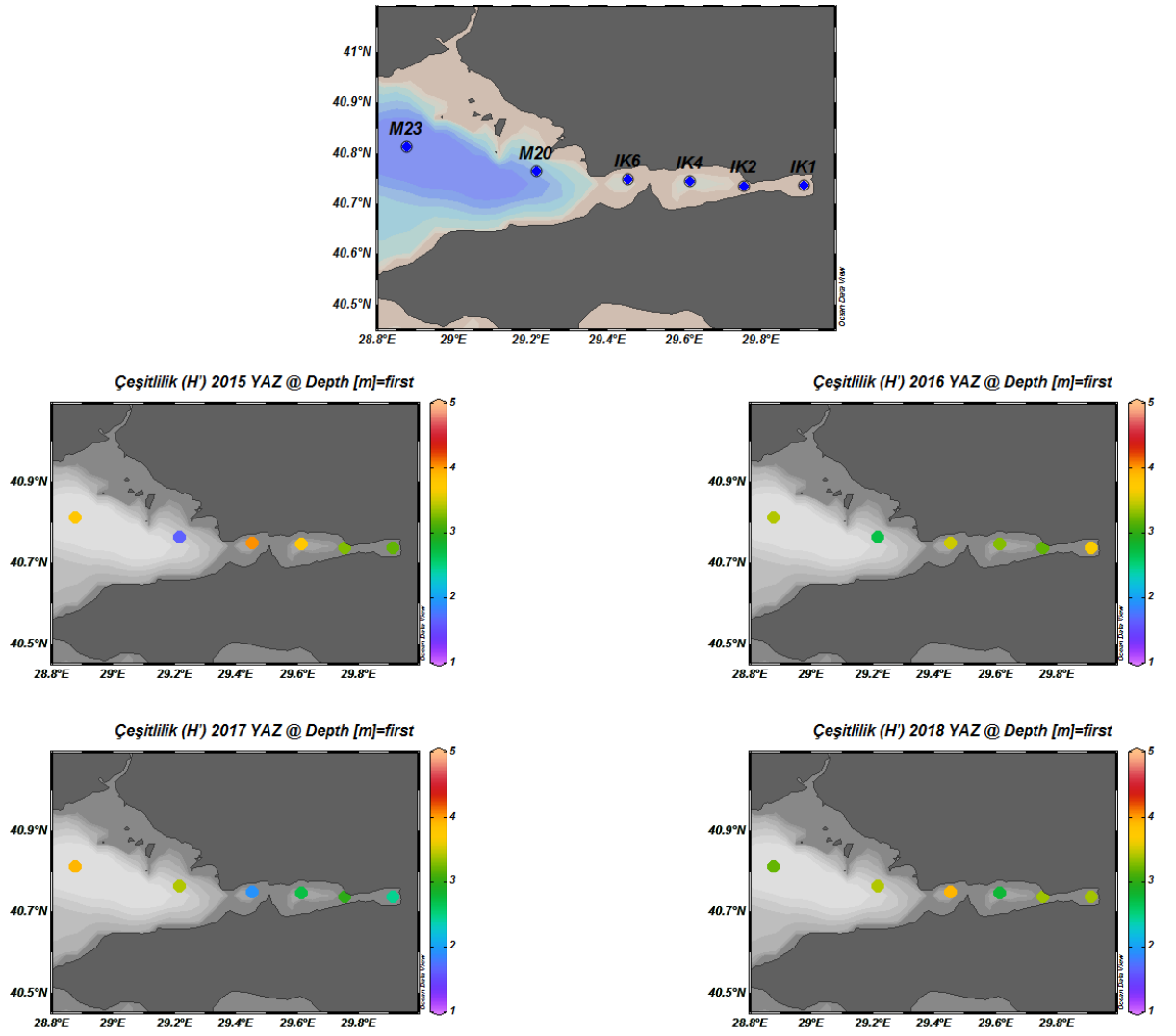
Shannon&Weaver tür çeşitliliği indeksi kullanılarak mevsimsel bazda yıllara göre istasyonlardaki çeşitlilik durumunu gösteren haritalar Şekil 95 - Şekil 98 arasında verilmiştir. Kış dönemine bakıldığında, genellikle iç körfezden dışa doğru artan çeşitlilik indeks değerleri 2018 yılında tersi durum sergilemiştir. 2018 kışında en düşük çeşitlilik derin basende (M23) tespit edilmiştir (Şekil 95). İlkbahar örneklemelerinde 2015'te en yüksek çeşitlilik M23'te, 2016'da İK2'de, 2017'de İK6'da, 2018'de M23'te tespit edilmiştir (Şekil 96). Yaz dönemlerinde 2015 yılında İK6'da, 2016'da İK1'de, 2017'de M23'te, 2018'de İK6'da çeşitliliğin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 97). Sonbahar örneklemelerine bakıldığında, 2015'te M23 istasyonunda, 2016, 2017 ve 2018'de orta körfezde (İK4) çeşitlilik değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 98).



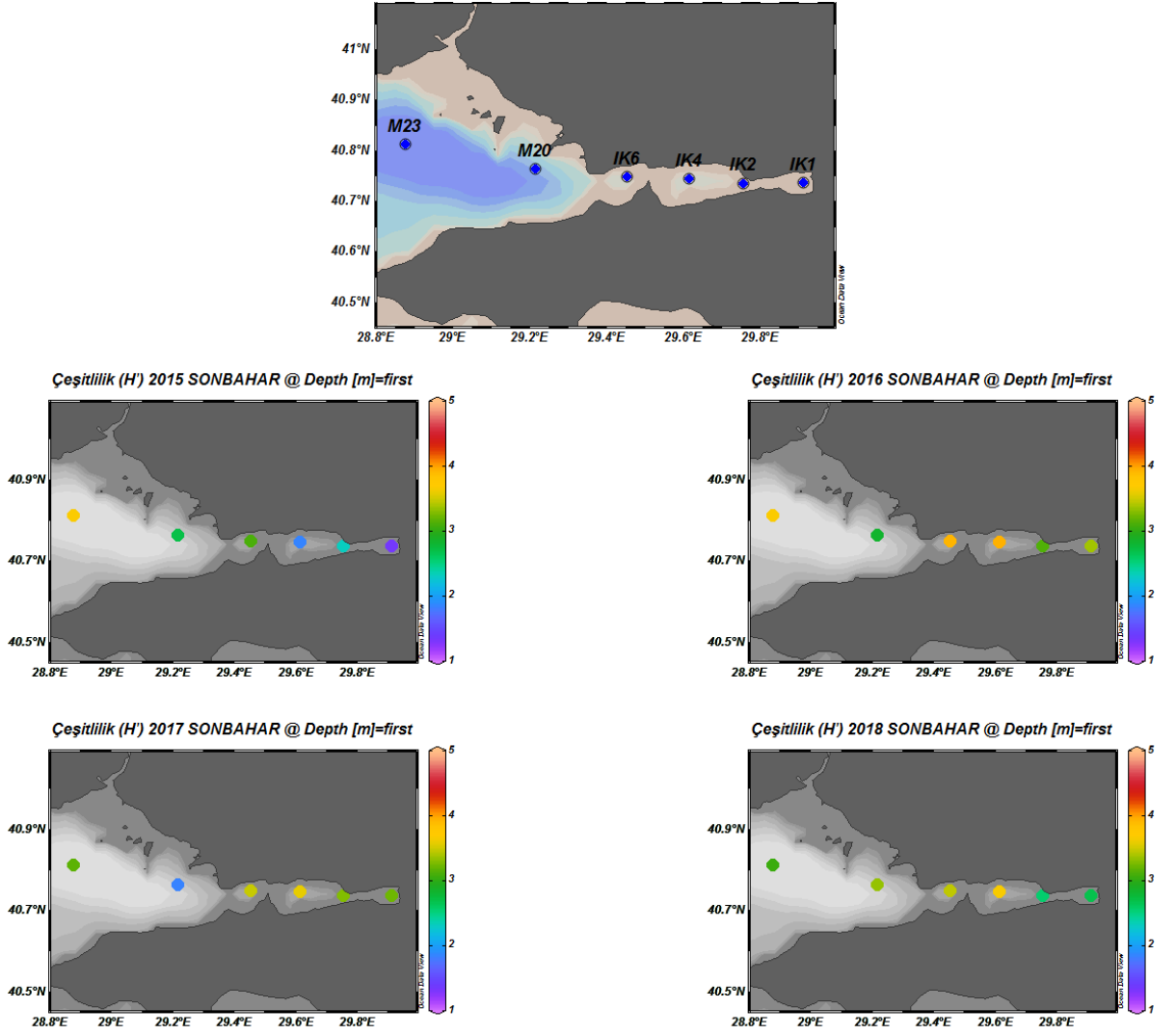
Şekil 95. Kış döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu



Şekil 96. İlkbahar döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu



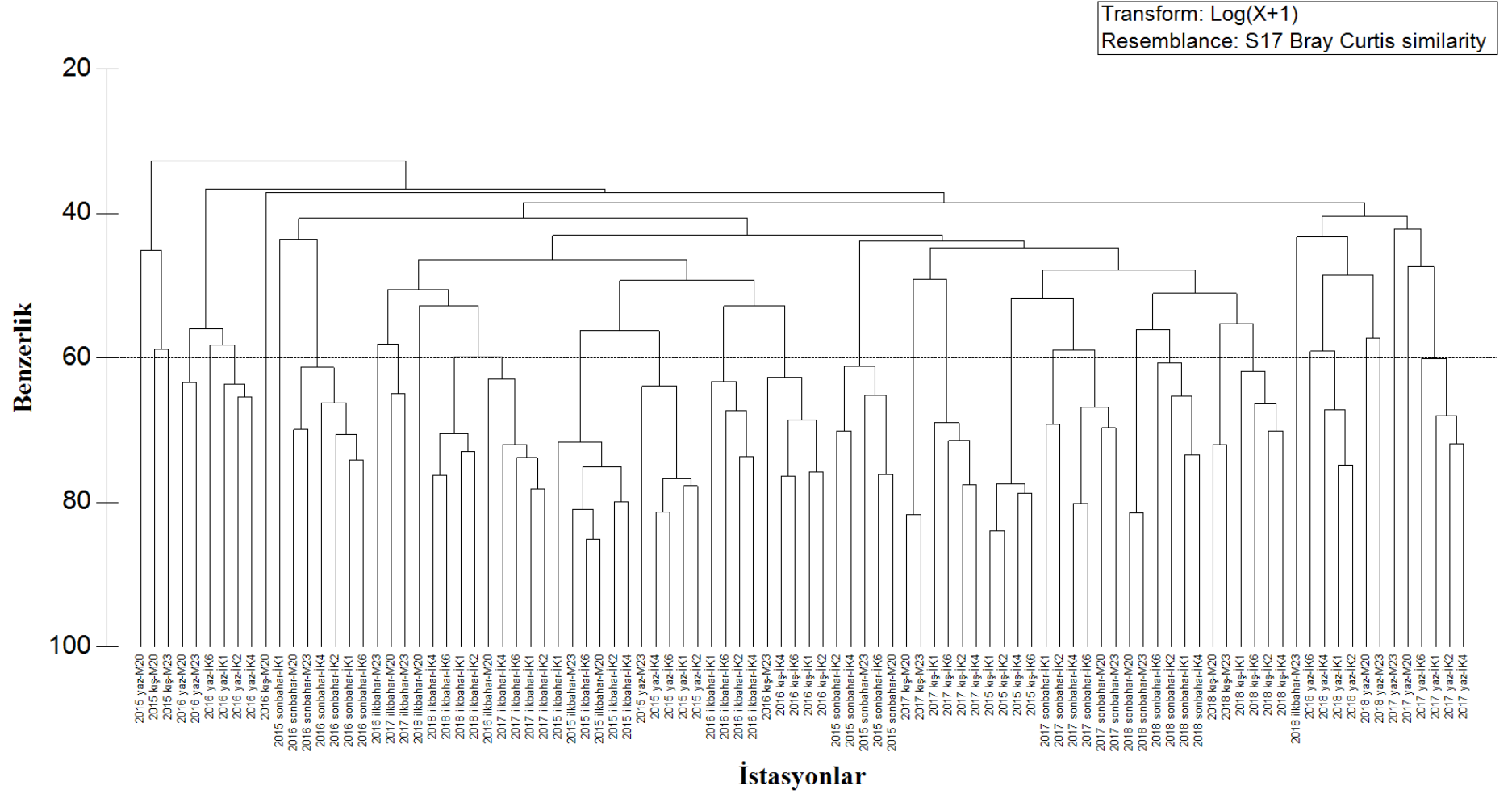
Şekil 97. Yaz döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu



Şekil 98. Sonbahar döneminde fitoplankton tür çeşitliliğinin (Shannon&Weaver) durumu

3.3.4.7 Bray-Curtis benzerlik analizleri

Bray-Curtis benzerlik analizi sonuçlarına göre çalışma alanındaki komünitenin istasyonlar arası kümelenmesine bakıldığında %60 üzerinde benzerlik gösteren 22 ayrı grup olduğu tespit edilmiştir (Şekil 99). Analiz sonucuna bakıldığında mevsimsel kümelenme oluşturduğu göze çarpmakta ve İzmit Körfezi istasyonlarının kendi içlerinde, M20 ve M23 istasyonlarının ise körfez istasyonlarından ayrı olarak anlamlı kümelenme oluşturdukları görülmektedir. 2015 ilkbahar ve 2016 sonbahar örnekleme dönemlerinde istasyonların tümünün birlikte yüksek benzerlik gösterdiği dikkat çekmektedir.



Şekil 99. Bray-Curtis benzerlik analizine göre istasyonlar arası kümelenme dağılımı

3.4 İstatistiksel Değerlendirme

4 yıl süreyle mevsimsel olarak yapılan örnekleme sonucunda elde edilen fitoplankton verisi ile çevresel parametreler arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için Spearmans' rank korelasyon analizi yapılarak Tablo 24'te sunulmuştur. Sıcaklık değerlerinin ÇO ($p=.028$), chl- a ($p<.001$) ve tuzluluk ($p=.004$) değerleri ile negatif ve anlamlı ilişkili olduğu; besin elementlerinin tümünün sıcaklık ile negatif anlamlı ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Deniz suyu sıcaklığının toplam fitoplankton bolluğu ($p<.001$) ve diyatom bolluğu ($p<.001$) ile negatif anlamlı ilişkili olduğu saptanmıştır.

Seki Disk Derinliği ile chl- a ($p<.001$), fitoplankton bolluk değerleri ($p<.001$), NH_4^+ -N ($p<.001$), ÇO ($p<.001$) arasında negatif anlamlı ilişki saptanmıştır. Tuzluluk ($p<.001$), PO_4^{3-} -P ($p<.001$), SiO_2 ($p<.001$), NO_x^- -N ($p=.004$) ise Seki Disk Derinliği ile pozitif anlamlı ilişki göstermiştir.

ÇO ile tuzluluk arasında negatif anlamlı ilişki ($p<.001$) saptanmış olup su kolonu boyunca artan tuzluluk değerlerine karşın ÇO konsantrasyonu düşmektedir. ÇO ile besin elementlerinden PO_4^{3-} -P ($p<.001$), SiO_2 ($p<.001$) ve NO_x^- -N ($p<.001$) arasında negatif anlamlı ilişki bulurken, NH_4^+ -N ($p<.001$) ile ÇO pozitif anlamlı ilişkili bulunmuştur. ÇO ile toplam fitoplankton bolluğunun ($p<.001$) yanı sıra diyatom ($p<.001$) ve dinoflagellat bolluk değerleri ($p<.001$) de pozitif yönde anlamlı ilişki sergilemiştir. Tür çeşitlilik indeksi olan Shannon&Weaver (H')'ın ÇO ile anlamlı negatif ilişkili ($p=.011$) olduğu görülmüştür.

Chl- a ile ÇO arasında pozitif korelasyon ($p<.001$) görülürken PO_4^{3-} -P ($p<.001$), SiO_2 ($p<.001$) ve NO_x^- -N ($p<.001$) ile chl- a arasında negatif anlamlı ilişki; NH_4^+ -N ($p<.001$) ile pozitif anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Chl- a ile toplam fitoplankton bolluğu ($p<.001$), diyatom ($p<.001$) ve dinoflagellat bollukları ($p<.001$) arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki saptanmıştır. Chl- a konsantrasyonunun Shannon&Weaver (H') ile negatif anlamlı ilişkili ($p=.004$) olduğu görülmüştür.

Besin elementlerinin bolluk değerleri ile olan ilişkisine göre; dinoflagellat bolluğunun NO_x^- -N ile negatif anlamlı ilişkili ($p=.024$) olduğu, diyatom bolluğunun ise NO_x^- -N ile pozitif anlamlı ilişkili ($p=.018$) olduğu görülmüştür. Diyatom bolluğu ile silikat arasında negatif anlamlı ilişki ($p<.001$); amonyak ile pozitif yönde anlamlı ilişki ($p=.005$) tespit edilmiştir.

Besin elementleri oranlarının fitoplankton bolluk değerleri ile olan ilişkilerine bakıldığında; N/P oranının sadece diyatom bolluğu ile pozitif anlamlı ilişkili ($p=.004$) olduğu

gör÷lm÷ş; toplam bolluk ve dinoflagellat bolluğu arasında anlamlı ilişki saptanamamıştır. N/Si oranı toplam fitoplankton bolluğu ile pozitif anlamlı ilişki ($p=.048$), dinoflagellat bolluğu ile negatif anlamlı ilişki ($p=.005$), diyatom bolluğu ile pozitif anlamlı ilişki ($p=.002$) göstermiştir. N/Si oranı özellikle diyatom büyümesi için belirleyici bir orandır. N/Si oranındaki artış, ortamda silikat sınırlayıcılığının bir göstergesi olabilir. Bu bulgu, diyatom bolluk değeriinin artmış olabileceğine işaret etmektedir.



Tablo 24. Fitoplankton ve çevresel değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren Spearman korelasyonları

	Seki	Tuzluluk	Sıcaklık	Chl- <i>a</i>	PO ₄ ³⁻ -P	SiO ₂	NH ₄ ⁺ -N	NO _x ⁻ -N	ÇO	N/P	N/Si	T. Bolluk	T. Dinoflagellat	T. Diyatom	<i>H'</i>
Seki															
Tuzluluk	.223**														
Sıcaklık	.059	-.108**													
Chl- <i>a</i>	-.397**	-.337**	-.231**												
PO ₄ ³⁻ -P	.132**	.844**	-.084*	-.331**											
SiO ₂	.190**	.831**	-.113**	-.327**	.894**										
NH ₄ ⁺ -N	-.401**	-.117**	-.161**	.298**	-.014	-.045									
NO _x ⁻ -N	.108**	.801**	-.136**	-.269**	.795**	.751**	-.141**								
ÇO	-.183**	-.778**	-.283**	.653**	-.822**	-.842**	.133**	-.641**							
N/P	-.356**	-.068	-.176**	.194**	-.182**	-.116**	.440**	.195**	.228**						
N/Si	-.403**	-.279**	-.028	.209**	-.285**	-.511**	.357**	-.047	.428**	.621**					
T. Bolluk	-.388**	.231**	-.376**	.599**	.044	-.058	.131	.096	.375**	.078	.144*				
T. Dinofl.	-.273**	.037	-.063	.417**	-.095	.037	-.004	-.164*	.299**	-.104	-.204**	.480**			
T. Diya.	-.268**	.171*	-.360**	.423**	.043	-.443**	.204**	.173*	.286**	.208**	.228**	.756**	.078		
<i>H'</i>	.080	-.130	.137	-.294**	-.095	-.078	.006	-.021	-.259*	.058	.045	-.504**	-.308**	-.239*	

** $p < .01$ * $p < .05$

4 TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kuzeydoğu Marmara’da gerçekleştirilen bu çalışmada, 4 yıl boyunca 6 istasyonda su kolonunda mevsimsel örneklemler yapılmıştır. İstasyonlarda fitoplankton dağılımı ve tür kompozisyonunun zamana ve mekana bağlı değişimleri ile bunları etkileyen çevresel parametreler ve fitoplanktona özgü pigment analizleri ortam koşullarına bağlı olarak incelenmiştir.

İstasyonlarda mevsimsel ısınma-soğuma döngüsünün özellikleri net olarak gözlenmiştir. İzmit Körfezi ve M20-M23 istasyonları yüzey suyu sıcaklık ortalamaları, mevsimlere bağlı olarak 8 ile 25°C arasında değişmiş olup dip suyu sıcaklık ortalamaları 14-15°C’lerde seyretmiştir. Üst tabakada sonbahar aylarının sonunda başlayan soğuma eğilimi, karışım dinamiklerinin etkisiyle kış sonuna kadar sürmekte, üst tabakanın sıcaklığı azalarak termoklin tabakası derinleşmektedir. Derinliğe bağlı sıcaklık değişimleri Karadeniz ve Akdeniz kaynaklı tabakaların termal özelliklerini göstermektedir. Derin orta körfez istasyonunda (İK4), alt tabaka suları 30 m’nin altında 15-16°C aralığında sabit özellik göstermektedir. Aynı durum dış körfez istasyonu olan İK6’da da görülmektedir. Dış ve dolayısıyla orta körfez alt tabakalarının Marmara Denizi ile doğrudan etkileşimde olmasından dolayı gözlemlenen sıcaklık değişkenliğinin, daha korunaklı olan iç körfeze göre daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Ergül (2016), 2008 yazı ile 2010 ilkbaharı arasında İzmit Körfezi’nde mevsimsel örnekleme yaptığı çalışmasında yüzey suyu sıcaklığının 7,5-26°C aralığında olduğunu; Ergül ve diğerleri (2018), 2015 yılına ait verileri sunduğu çalışmasında ortalama yüzey suyu sıcaklığının 14±1°C olduğunu bildirmiştir. Balcı (2013) Gemlik Körfezi’nde yaptığı çalışmasında, dikey örnekleme yaptığı istasyonlarda sıcaklık değerlerinin ÇO, chl-*a* ve tuzluluk değerleri ile yüksek oranda negatif ilişkili olduğu ($p<0,01$); besin elementlerinden NO_x⁻-N ile yüksek oranda negatif ($p<0,01$) ve silikat ile pozitif ilişkiliyken ($p<0,01$), fosfat ve amonyak ile anlamlı bir ilişkisinin olmadığını belirtmiştir. Bu çalışmada ise sıcaklığın besin elementleri, çözünmüş oksijen, chl-*a* ve tuzluluk değerlerinin tümü ile anlamlı negatif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir.

İstasyonlarda yüzey tuzluluğu, yaz sonundan kış ortasına artma, kış ortasından yaz sonuna azalma eğilimi göstermektedir. Çalışma boyunca yüzey suyu tuzluluk ortalaması değerleri 23-29 psu arasında değişim göstermiştir. Ergül (2016), 2008 yazı ile 2010 ilkbaharı arasında İzmit Körfezi'nde mevsimsel örnekleme yaptığı çalışmasında yüzey suyu tuzluluğunun 20,9-24 psu olduğunu; Ergül ve diğerleri (2018), 2015 yılına ait verileri sunduğu çalışmasında ortalama yüzey suyu tuzluluk ortalamasının $21 \pm 3,0$ psu olduğunu bildirmiştir. Kış aylarında güçlü rüzgarların etkisiyle yüzey sularının daha derine karışması nedenlerinden ötürü yüzey tabakası tuzluluğu artış göstermektedir. Kış mevsimi ortasından ilkbahara kadar ise tuzluluğu azalarak kalınlaşmaktadır. Dip suyunun tuzluluk değerleri ise 37-39 psu arasında değişim göstermektedir. Özellikle iç körfezde ilkbahar dönemlerinde dip tuzluluk değerlerinin 28 psu'ya kadar düşmüş olduğu görülmektedir. Balkıs (2003), Büyükçekmece Koyu'nda gerçekleştirdiği çalışmada, 20 m'den sonra haloklin tabakasının varlığına dikkat çekmiş, tuzluluk seviyesindeki ani artışın özellikle ilkbahar ve yaz döneminde belirginleştiğini, sonbahar ve kış döneminde ise su kolununda tuzluluk değerlerinin dikey karışımlardan dolayı benzer dağılım göstdediğini bildirmiştir. Balcı (2013) tez çalışmasında, dikey örneklemin yapıldığı istasyonlarda sıcaklık ile tuzluluk arasında negatif yönde yüksek bir ilişki ($p < 0,01$) elde edildiğini belirtmiştir. Bu tez çalışmasında buna benzer şekilde sıcaklık ile tuzluluk arasında negatif yönde anlamlı ilişki ($p = .004$, $r = -.108$) olduğu sonucu elde edilmiştir. Balcı (2013) çalışmasında sıcaklık ve tuzluluk arasında tespit edilen bu negatif ilişkinin, kış ve sonbahar mevsimlerinde Marmara Denizi'nde ara tabakanın kalkması/incelmesi ile Akdeniz kökenli suların üst tabakayı etkilemesinin bir sonucu olarak ortaya çıkabileceğini bildirmiştir.

Çalışma boyunca yüzey suyu ÇO konsantrasyonu 5,45 mg/L ile 11,30 mg/L arasında; dip suyu ÇO konsantrasyonu ise 0,06 mg/L ile 7,53 mg/L arasında değişmiştir. Sözer-Elgin (2015) çalışmasında yüksek ÇO konsantrasyonlarının ilkbahar aylarında ölçüldüğünü belirterek bunu biyolojik aktivite ile ilişkilendirmiştir. Ancak bu tez çalışmasında yüksek ÇO konsantrasyonları kış ve sonbahar dönemlerinde ölçülmüştür. ÇO konsantrasyonlarının özellikle kış aylarında yüksek olma sebebinin, sıcaklığın azalmasıyla oksijen çözünürlüğündeki artış olduğu düşünülmektedir. İstasyonlar geneline bakıldığında sığ olan iç körfez istasyonları hariç dip suyu çözünmüş oksijen konsantrasyonu oldukça düşük olduğu belirtilmektedir. ÇŞB ve TÜBİTAK MAM (2017)'de genel olarak Marmara Denizi doğu baseninde yaz döneminde ara ve alt sularda çok kritik çözünmüş oksijen konsantrasyonları

ölçüldüğü; İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek Körfezlerinin ara ve alt tabaka sularının yaz döneminde neredeyse anoksik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Ergül (2016), 2008-2009 dönemini içeren çalışmasında, İzmit Körfezi'nin batı kısmında ÇO konsantrasyonunun doğuya göre daha yüksek olduğundan; yaz döneminde ara tabakada hipoksik koşullara rastlandığından; alt tabakada ise hipoksik koşulların sürekliliğinden bahsetmiştir. Benzer durum bu çalışmada da görülmüş; M20 ve M23 istasyonlarının ve İzmit Körfezi'nin derin olan orta kısmındaki İK4'te dip çözünmüş oksijen konsantrasyonunun kritik düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir. Yüksek karasal girdiler sebebiyle yüzey suyunda artan birincil üretim sonucunda oluşan organik maddenin zamanla çökerek ara tabakada sıkıştığı; dolayısıyla ara ve alt tabaka sularında organik maddenin parçalanması için çözünmüş oksijen tüketilmesinden dolayı mevsimsel olarak anoksik koşullar oluşabildiği bu çalışmada da ortaya konulmuştur. Kocataş (1999), denizlerde yüzey suyu sıcaklıklarında gözlenen mevsimsel değişimlerin rüzgar ve akıntı rejimlerinden etkilendiğini belirtmiştir. Beşiktepe ve diğerleri (1994), Marmara Denizi'nin karakteristiği olan ve mevsimsel farklılıklar gösteren iki tabakalı çift yönlü akıntı sisteminin sıcaklık, tuzluluk ve ÇO değerlerindeki değişimleri etkilediğini vurgulamıştır. Bu çalışmalarda belirtilen sebepler 2015-2018 dönemlerinde yapılan bu tez çalışmasındaki ÇO, sıcaklık ve tuzluluk değerlerinde gözlenen değişim nedenlerini açıklamaktadır.

Çalışma boyunca bölgede besin elementleri konsantrasyonları meteorolojik koşulların etkisi altında değişiklik göstermiştir. Özellikle kış aylarında, yağışlarla beraber karasal girdilerin artması sonucu görülen yüksek besin elementi konsantrasyonları, ilkbahar aylarında fitoplankton üremesinin artmasıyla birlikte azalmakta, yaz döneminde bu üremelerin nispeten devam etmesi ve girdilerin azalması nedeniyle düşük seviyede kalmaktadır. Yılmaz (2002), Kasım-Nisan ayları arasında Karadeniz'den giren suların besin elementlerince zengin olması, kışın dikey karışımlarla üst tabakaya alt su girdisinin artması ve güneş ışığının yetersizliği gibi etkenlerin birleşmesiyle özellikle kuzeydoğu Marmara'nın ve İstanbul Boğazı'na yakın alanların yüzey sularında besin elementi konsantrasyonunun arttığını rapor etmiştir. Ediger ve diğerleri (2016) de benzer şekilde Marmara Denizi üst tabakasına Karadeniz'den sürekli gelen bir besin elementi girdisinden ve alt tabaka sularına doğrudan derin deniz deşarjı ve havzalardan tatlı su girişi şeklinde besin elementi girdisi olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada besin elementlerinin büyük çoğunluğunun fotosentezde kullanıldığı, bu yüzden de üst su kolonunda azot ve fosfor bileşiklerinin yıl boyu düşük olduğu görülmüştür. Çalışma boyunca derin

istasyonlarda ÇO konsantrasyonunun hızla düştüğü ara tabakada (haloklin) besin elementleri hızlı artışlar göstermiştir. ÇO ile besin elementleri arasında yapılan korelasyon analizinde de bunu doğrulayan sonuçlar çıkmış, besin elementleri ile ÇO arasında negatif anlamlı korelasyon ($p<.001$) olduğu ortaya konmuştur. Özellikle derin istasyonlarda alt tabakada çözünmüş oksijen konsantrasyonunun minimuma düştüğü derinliklerde azot ve fosfor konsantrasyonları yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

Çalışma alanı içerisinde yer alan İzmit Körfezi'nde daha önce yapılan çalışmalar (Morkoç ve diğerleri, 2001; Ediger ve diğerleri, 2009; Atabay, 2012; Sözer-Elgin, 2015) ile tez çalışmasının besin elementi ölçüm sonuçları karşılaştırılmış ve konsantrasyon aralıkları incelenmiştir. Morkoç ve diğerleri (2001), 1999 yılında yüzey suyu $\text{NO}_x\text{-N}$ konsantrasyonunu 0,20-2,30 μM aralığında, 2000 yılında ise 0,30-5,90 μM aralığında tespit etmiştir. Ediger ve diğerleri (2009), 2008'de bu aralığı 0,07-2,87 μM olarak; Atabay (2012), 2011 yılı ölçümlerinde 0,02-3,76 μM olarak; Sözer-Elgin (2015) ise 2012 yılı ölçümlerinde $\text{NO}_x\text{-N}$ konsantrasyonunu 0,17-6,05 μM olarak ölçmüştür. Bu tez çalışmasında yıllık $\text{NO}_x\text{-N}$ konsantrasyonlarına göre; 2015'te 0,05- 11,02 μM ; 2016'da 0,05-11,54 μM ; 2017'de 0,05-10,73 μM ; 2018'de 0,05-14,06 μM aralıklarında ölçülmüştür. Yıllar geçtikçe bu ölçüm aralığının genişlediği, üst ölçüm değerlerinin yükseldiği görülmektedir.

Morkoç ve diğerleri (2001), yüzey suyu 1999 yılında yüzey suyu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonunu 0,28-1,23 μM aralığında, 2000 yılında ise 0,06-0,35 μM aralığında tespit etmiştir. Ediger ve diğerleri (2009), 2008'de bu aralığı 0,17-2,27 μM olarak; Atabay (2012), 2011 yılı ölçümlerinde 0,05-0,49 μM olarak; Sözer-Elgin (2015) ise 2012 yılı ölçümlerinde $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonunu 0,08-0,51 μM olarak ölçmüştür. Bu tez çalışmasında yıllık $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ konsantrasyonlarına göre; 2015'te 0,02- 2,68 μM ; 2016'da 0,02-1,51 μM ; 2017'de 0,02-2,45 μM ; 2018'de 0,02-1,59 μM aralıklarında ölçülmüştür. Morkoç ve diğerleri (2001), yüzey suyu 1999 yılında SiO_2 konsantrasyonunu 3,4-52,0 μM aralığında, 2000 yılında ise 1,6-8,2 μM aralığında tespit etmiştir. Ediger ve diğerleri (2009), 2008'de bu aralığı 0,20-30,70 μM olarak; Atabay (2012), 2011 yılı ölçümlerinde 0,10-28,12 μM olarak; Sözer-Elgin (2015) ise 2012 yılı ölçümlerinde SiO_2 konsantrasyonunu 0,19-15,91 μM olarak ölçmüştür. Bu tez çalışmasında yıllık yüzey suyu silikat konsantrasyon aralıklarına bakıldığında; 2015 yılında 0,48-10,45 μM ; 2016 yılında 0,06-16,99 μM ; 2017 yılında 0,06-11,97 μM ; 2018 yılında 0,06-7,57 μM konsantrasyonlarında silikat ölçülmüştür. Ortamda diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında azotlu

bileşiklerde artış, silikatta azalış görülmüş olması İzmit Körfezi'ne girdi sağlayan dere ve evsel kaynaklı atıklar olabileceğine işaret etmektedir. İzmit Körfezi'nde daha önceden yapılmış çalışmalardan elde edilen besin elementi bulguları bu tez çalışmasında elde edilenlerle karşılaştırılarak özet olarak Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda ölçülen besin elementi konsantrasyonlarının tez çalışması ile karşılaştırılması

	1999 ^a	2000 ^a	2008 ^b	2011 ^c	2012 ^d	2015 ^e	2016 ^e	2017 ^e	2018 ^e
NO _x ⁻ -N (µM)	0,20-2,30	0,30-5,90	0,07-2,87	0,02-3,76	0,17-6,05	0,05-11,02	0,05-11,54	0,05-10,73	0,05-14,06
PO ₄ ³⁻ -P (µM)	0,28-1,23	0,06-0,35	0,17-2,27	0,05-0,49	0,08-0,51	0,02- 2,68	0,02-1,51	0,02-2,45	0,02-1,59
SiO ₂ (µM)	3,4-52,0	1,6-8,2	0,20-30,70	0,10-28,12	0,19-15,91	0,48-10,45	0,06-16,99	0,06-11,97	0,06-7,57

^a Morkoç ve diğerleri, 2001

^b Ediger ve diğerleri, 2009

^c Atabay, 2012

^d Sözer-Elgin, 2015

^e Bu çalışma

Çözünmüş ve partikül haldeki besin elementi ve organik madde oranları (C/N/P, N/P, N/Si) ve bunların zamana bağlı değişimleri, su kolonundaki madde dönüşümlerinin anlaşılması için önemli birer göstergedir. Örneğin ışıklı tabakada partikül organik maddeden ziyade fitoplankton üremesinin baskın olduğu açık deniz/okyanus suları için Redfield oranı C/N/P=106/16/1 şeklinde tanımlanır (Redfield ve diğerleri, 1963). Bu oranlardan sapmalar, potansiyel sınırlayıcı besin elementi hakkında fikir vermektedir. Bu, özellikle fitoplankton biyokütlesi ve tür kompozisyonunu, sonuç olarak da ekosistemin besin ağı dinamiklerini etkileyecektir. Evsel atıklar, nehir girdileri ile baraj yapımlarının alıcı ortama etkilerini belirleyebilmek için denizlerimizde gerek yüzey gerekse su kolonu boyunca ölçümü gerçekleştirilen besin tuzlarının birbirlerine olan oranlarının hesaplanması ve değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bilinmektedir ki evsel atıklar N/P oranı artmasına neden olmaktadır. Özellikle nehir girdilerinin baskın olduğu yerlerde yüksek N/P oranı bulunur (ÇŞB ve TÜBİTAK MAM, 2017).

Su kolonu boyunca hesaplanan N/P oranlarının, derinlere inildikçe yüksek değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Örnekleme boyunca en yüksek N/P oranı, 210,23 olarak M20 istasyonunda 2018 yazında 11 m'de elde edilmiştir. Bu yüksek değerin, NO_x⁻-N konsantrasyonunun yüksekliğine ilave olarak PO₄³⁻-P'nin de tükenmiş olmasından

kaynaklandığı bilinmektedir. 4 yıllık örnekleme sonucunda mevsimsel N/P oranları ortalamalarına bakıldığında kıştan sonbahara gidildikçe oranın düştüğü görülmüştür. Kış (N/P=23,22), ilkbahar (22,76) ve yaz (17,50) örneklemelerinde N/P, 16:1 oranından yüksek bulunmuştur. Sonbaharda (10,79) ise N/P, 16:1'den düşük tespit edilmiştir. Çalışma alanında yapılan daha önceki çalışmalara bakıldığında; Morkoç ve diğerleri (1988) çalışmalarında İzmit Körfezi'ndeki sınırlayıcı besin elementinin fosfat ve silikat olduğunu; baskın fitoplankton grubunun diyatom olduğunu; Tüfekçi ve diğerleri (1998), yaptıkları biyodeneysel sonuçlarında İzmit Körfezi için sınırlayıcı besin elementinin azot olduğunu; baskın fitoplankton grubunun ise dinoflagellat olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada ise 16 örnekleme döneminin 10'unda N/P oranının 16'dan küçük olup azotun sınırlayıcı olduğu ve bu dönemlerde dinoflagellat baskınlığının görüldüğü tespit edilmiştir. Fosfatın sınırlayıcı (N/P>16) olduğu dönemlerde ise komünitede diyatom grubunun baskın olduğu görülmüştür.

Besin elementlerinin bileşimi ve konsantrasyonları, kıyı sularında fitoplankton büyümesinde önemli rol oynamıştır. N/Si oranının 1'den büyük olması ortamda silikatın sınırlayıcı olduğunu göstermektedir (Zhang ve diğerleri, 2020). Ergül (2018), İzmit Körfezi'nde 2015 yılı verilerini paylaştığı çalışmasında N/Si oranını 0,08-0,56 aralığında tespit etmiştir. Bu tez çalışmasında ise yüzey suyu N/Si oranı 0,02-24,72 aralığında bulunmuştur. Yüksek N/Si oranları *Skeletonema cf. costatum* (diyatom) türünün bolluk değerinin çok yüksek olduğu 2018 kış döneminde silikatın tükenmesine bağlı olarak ortaya çıkmış olması muhtemeldir.

Marmara Denizi'nin kuzeydoğu bölgesinde İzmit Körfezi'ni de içeren bu çalışmada 2015-2018 yılları arasında mevsimsel örnekleme ile toplam 6 istasyonda su kalitesi, fitoplankton tür kompozisyonu ve dağılımının zamana bağlı değişimleri ortam koşullarına bağlı olarak incelenmiştir. Çalışmada Cyanophyceae sınıfından 2 cinse ait 2 tür, Bacillariophyceae sınıfından 31 cinse ait 64 tür, Dinophyceae sınıfından 25 cinse ait 68 tür, Cryptophyceae sınıfına ait 1 tür, Raphidophyceae sınıfına ait 1 tür, Dictyochophyceae sınıfından 2 cinse ait 4 tür, Euglenophyceae sınıfından 3 cinse ait 3 tür, Chlorophyceae sınıfına ait 1 tür, Zygnematophyceae sınıfına ait 1 tür, Coccolithophyceae sınıfına ait 1 tür olmak üzere toplam 146 fitoplankton türü kaydedilmiştir. Aktan ve diğerleri (2005), Şubat 1999-Eylül 2000 tarihleri arasında İzmit Körfezi'nde yürüttükleri çalışmalarında 5 fitoplanktonik sınıfa (Bacillariophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Haptophyceae ve Dictyochophyceae) ait 77 takson teşhis etmişlerdir. Deniz ve Taş (2009), Kuzeydoğu Marmara'da yaptıkları

çalışmalarında 55'i dinoflagellat, 42'si diyatom, 11'i silikoflagellat ve 7'si diğer fitoplankton gruplarına ait olmak üzere toplam 115 tür kaydetmişlerdir. Balcı ve Balkıs (2017) çalışmalarında Cyanophyceae, Dinophyceae, Dictyochophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae olmak üzere 5 taksonomik sınıfa ait 155 tür bildirmişlerdir.

Marmara Denizi'nde fitoplankton toplulukları üzerine yapılmış ilk çalışma Artüz (1974)'e ait olup yapılan çalışmalar sonraki yıllarda artış göstermiştir. Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı girişinde Uysal (1996) tarafından yapılan çalışmada Bacillariophyceae türlerinden bahsedilmiştir. Öktem (1997) İzmit Körfezi'nde yaptığı çalışmasında mevsimsel fitoplankton değişimi konusunu incelemiş, Tüfekçi ve Okuş (1998) da İstanbul Boğazı civarında fitoplankton dağılımı hakkında bilgi vermişlerdir. Kaboğlu (1999) Marmara Denizi'nde mevsimlik yapılan fitoplankton örneklemesinde toplam 64 tür belirlemiş ve dinoflagellatların en baskın grup olduğunu belirtmiştir. Balkıs (2003) yaptığı çalışmada, Marmara Denizi'nde diyatomların ve dinoflagellatların tür ve birey sayısı bakımından baskın olduklarını bildirmiştir. Bu sonuca 2015-2018 yıllarına ait verileri içeren bu tez çalışmasında da ulaşılmıştır. Balkıs (2004), Marmara Denizi'ndeki fitoplankton türlerini, daha önce yapılmış araştırmalara dayanarak liste halinde sunmuştur. Bu bölgeden 8'i cins seviyesinde toplam 168 tür bildirilmiştir. Tüfekçi (2000), yaptığı çalışmada Marmara ve Karadeniz istasyonlarında toplam 62 tür teşhis etmiş, fitoplankton bolluğunun Karadeniz'den Marmara'ya doğru azaldığını vurgulamıştır. Yüksek bolluk değerlerinin kış sonu ve yaz sonu örneklemelelerinde diyatomlar tarafından meydana getirildiğini tespit etmiştir. Deniz ve diğerleri (2009) yaptıkları çalışmayla Türkiye denizleri fitoplankton tür listesine 3 yeni kayıt ile katkı sağlamış, Okuş ve Taş (2007) Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda kış mevsiminde fitoplankton topluluğunda gözlenen diyatom artışını belirlemiş ve Deniz ve Taş (2009) ise aynı bölgeden 115 fitoplankton türü rapor etmişlerdir. Taş ve diğerleri (2020) Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda Ocak 2004-Aralık 2007 yılları arasındaki fitoplankton kompozisyonundaki değişimleri zamansal ölçekte incelemişlerdir. Potansiyel toksik türlerin ve müsilaj olayının da incelendiği bu çalışmada 132 tür teşhis edilmiştir. 9'u dinoflagellat ve 2'si diyatom olmak üzere 11 potansiyel zararlı tür tespit edilmiştir. Bu potansiyel zararlı türlerden diyatom grubundan *Pseudo-nitzschia delicatissima* ve *Pseudo-nitzschia pungens*; dinoflagellat grubundan *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis caudata*, *Dinophysis sacculus*, *Gonyaulax spinifera*, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum cordatum* bu tez çalışması boyunca örnekleme noktalarında tespit

edilen potansiyel zararlı türlerden olmuştur. Bu türlerin çalışma döneminde aşırı üreme göstermediği tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen 10 taksonomik sınıf içerisinde Dinophyceae ve Bacillariophyceae sınıflarının gerek hücre ve gerekse de tür sayısı açısından baskın oldukları belirlenmiştir. Çalışma süresince kaydedilen türler arasından dinoflagellat grubundan *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum* ve *Tripos fusus* türlerine tüm örnekleme dönemleri ve istasyonlarda rastlanmıştır. 2015 yılında diyatom *Skeletonema costatum*; dinoflagellat *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Tripos furca*, *Tripos fusus* türleri tüm örnekleme dönemlerinde tespit edilmiştir. Ergül (2018) yaptığı çalışmasında 2015 yılında İzmit Körfezi'nde dinoflagellat türü olan *Prorocentrum micans*'ın red-tide oluşturduğunu bildirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan 2015 yılı örneklemesinde red-tide'a rastlanılmamıştır. 2016 yılında diyatom grubundan *Cylindrotheca closterium*; dinoflagellat grubundan *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Protoperidinium steinii*, *Scrippsiella acuminata* ve *Tripos fusus* istasyonların tümünde tüm örnekleme dönemlerinde kaydedilen türler olmuştur. Diyatom grubundan *Cerataulina pelagica*; dinoflagellatlardan *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Protoperidinium steinii* ve *Tripos fusus* 2017 yılında mevsimlerin tamamında gözlenen türlerdir. 2018 yılına bakıldığında dinoflagellat *Oxytoxum scolopax*, *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Tripos furca*, *Tripos fusus*; kokolit *Emiliana huxleyi* türleri tüm örnekleme dönemleri ve istasyonlarda kaydedilmiştir.

Denizler dinamik yapıda olduklarından fitoplankton artışlarında gerek tür sayısı gerekse bolluk değerleri açısından bölgesel ve mevsimsel farklılıklar gözlenebilmektedir. Denizlerde fitoplankton gelişimi ve birincil üretim sıcaklık, ışık, besin elementleri gibi pek çok çevresel bileşen tarafından kontrol edilmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgular ışığında fitoplankton tür kompozisyonuna bakıldığında Bacillariophyceae ve Dinophyceae sınıflarının tür ve birey sayısı açısından iki temel grup olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda da bu iki taksonomik sınıfın Marmara Denizi ve İzmit Körfezi için baskın gruplar olduğu belirtilmiştir (Balkıs, 2003; Küçük ve Ergül, 2011; Balkıs ve Taş, 2016). 2015 yılında tür sayısı bakımından avantajlı grup diyatom iken sonraki yıllarda dinoflagellat türlerinin sayısı diyatoma göre fazla bulunmuştur. Genel bir değerlendirme yapıldığında tür sayısı açısından dinoflagellat grubu diyatoma kıyasla az bir fark

ile baskın olup komünite %46 dinoflagellat, %43 diyatom türlerinden oluşmuştur. Balkıs (2003) Marmara Denizi'nde yaptığı çalışmada bu oranların %52 dinoflagellat, %40 diyatom şeklinde olduğunu belirtmiştir. Altuğ ve diğerleri (2011), Marmara Denizi'ni de içeren çalışmalarında komünitenin %51 oranında dinoflagellat %37 oranında diyatom türlerinden oluştuğunu vurgulamıştır.

Bolluk durumuna bakıldığında yüzey suyundaki değerlerin FMD'deki bolluk değerlerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Örneklem dönemlerindeki diyatom değişimlerine göre istasyonlarda kış dönemi pikleri olduğu görülmüştür. Yüzey suyunda görülen bu pik değerler FMD'de benzer şekilde ancak daha düşük yoğunlukta tespit edilmiştir. Uysal (1996)'da Marmara Denizi'nde yaptığı çalışmada benzer şekilde diyatom bolluğunun kış döneminde aşırı arttığını belirtmiştir. Balcı (2013), Gemlik Körfezi'nde yaptığı tez çalışmasında dinoflagellatların özellikle sıcaklığın yükseldiği yaz döneminde arttığını, diyatomların ise suların soğuması ile özellikle kış döneminde artış gösterdiğini vurgulamıştır. Bu çalışmada diyatomların kış döneminde artış gösterdiği tespit edilmiş ancak dinoflagellat bolluk değişiminin yıllara göre farklılık sergilediği görülmüştür. Yüzey suyu dinoflagellat değişimine bakıldığında; 2015 yılında sonbaharda görülen artış, sonraki yıllarda ilkbahar döneminde görülmüştür. Yaz döneminde düşüş sergileyen dinoflagellat bolluk değerleri sonbaharda tekrar artma eğilimi göstermiştir. Benzer durum aynı örneklem dönemleri için FMD'de de tespit edilmiştir. Aktan ve Tüfekçi (2007)'de İzmit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada dinoflagellat bolluğunu hem 1999 ilkbaharında hem de soğuk dönem olan Aralık 1999'da elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Fitoplankton aşırı üremesi, buna sebep olan türe göre denizin yüzeyinde sarı/kahverengi, mavi/yeşil, süt renginde değişimlere neden olabilmektedir. Fitoplankton aşırı üremeleri, uygun sıcaklık koşullarının oluşması ile ortama yağış veya deşarj vasıtasıyla giren besin elementlerinin de belli konsantrasyona ulaşmasını takiben meydana gelmektedir. Fitoplankton aşırı üremeleri çoğunlukla zararsız görünse de hücre sayılarının aşırı artması özellikle koy ve körfezlerde anoksik koşullar oluşumuna neden olarak balık ve omurgasız canlıların ölümüne sebebiyet verebilmektedir. Denizel ortamdaki fitoplankton aşırı üremeleri toplu balık ölümlerine, deniz ürünlerinin toksinlerle kontamine olmasına ve ekosistemde değişimlere sebep olabilir. Zararlı alg aşırı çoğalmaları (HAB) deniz yüzeyinde veya su kolonunda toksik veya başka türlü zarar oluşturabilecek fitoplankton türlerinin hızla

çoğalmasıyla ilişkilidir. Ancak toksik özellikli türlerin düşük hücre sayıları bile ekosistem üzerinde zararlı etkilere sahip olabilir. Bazı toksik özellikli olmayan HAB türleri, toksik olmayan bileşiklerini hücre dışı salgı şeklinde doğrudan bırakarak ekosisteme zarar verebilir (Anderson ve diğerleri, 2012; Taş ve diğerleri, 2016). Sonuç olarak zararlı alg aşırı çoğalmalarında (HAB) fitoplankton iki açıdan değerlendirilmelidir. Bunlardan biri toksin üreten gruplar diğeri ise yüksek biyokütleyle ulaşarak anoksik şartlar oluşturanlardır. Marmara Denizi kıyı sularında özellikle ilkbahar/yaz dönemlerinde “Red-tide” olayı sıklıkla gözlenmektedir. Marmara Denizi’nde fitoplankton ile ilgili yapılan çalışmalarda belirli sayıda zararlı tür tespit edilmiştir (Balkıs 2003; Aktan ve diğerleri, 2003, 2005; Taş ve Okuş, 2004; Taş ve diğerleri, 2006; 2009; 2011; Türkoğlu, 2008; 2010a, b; 2013; Deniz ve Taş, 2009; Türkoğlu ve Öner, 2010; Türkoğlu ve Erdoğan, 2010; Küçük ve Ergül, 2011; Balkıs ve Toklu-Alıcı, 2014; Taş, 2015; Taş ve Yılmaz, 2015; Taş ve Lundholm, 2016). Siyanobakterilerin de dahil olduğu zararlı alg aşırı çoğalmaları üzerine yapılan çalışmalarda suda renk değişimi, ışık geçirgenliğinin azalması ve aşırı çözünmüş oksijen doygunluğu (Taş ve Okuş, 2011; Ergül ve diğerleri, 2014, 2015; Taş, 2015; Taş ve Yılmaz, 2015) gibi olumsuz sonuçların oluştuğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra fitoplanktonun da oluşumuna katkı sağladığı müsilajın da ekosistem üzerinde başlıca zararlı etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Aktan ve diğerleri, 2008; Tüfekçi ve diğerleri, 2010; Balkıs ve diğerleri, 2011). İzmit Körfezi’nde yapılan fitoplankton çalışmalarında bazı potansiyel zararlı veya aşırı üreme gösteren türlerin yaygın olduğu görülmüştür (Artüz ve Baykut, 1986; Taş ve Okuş, 2004; Aktan ve diğerleri, 2005, 2008; Tüfekçi ve diğerleri, 2010; Küçük ve Ergül, 2011; Ergül ve diğerleri, 2014; Ergül ve diğerleri, 2015; Ergül ve diğerleri, 2018). Körfez’de ilk zararlı alg aşırı çoğalması (HAB), Artüz ve Baykut (1986) tarafından rapor edilmiştir. Çalışma boyunca örnekleme yapılan dönemlerde zararlı alg aşırı üremesine rastlanmamıştır. Ancak 2018 kış döneminde aşırı üremesi durumunda suda renk değişimine sebep olan *Skeletonema cf. costatum* ve *Leptocylindrus minimus* türünün bolluk değerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Taş ve diğerleri (2016), çalışmasında zararlı alg aşırı üremesine sebep olan türleri listelemiş ve toplam 35 toksik/potansiyel zararlı türün Marmara Denizi’nde varlığından bahsetmiştir. Bu tez çalışmasında ise potansiyel zararlı/toksik olduğu bilinen ve geçmiş dönemde Marmara Denizi’nde aşırı üreme meydana getiren 21 tür tespit edilmiştir. Bunlarda 15 tanesi dinoflagellat (*Akashiwo sanguinea*, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis caudata*,

Heterocapsa triquetra, *Lingulodinium polyedra*, *Noctiluca scintillans*, *Phalacroma rotundatum*, *Prorocentrum compressum*, *Prorocentrum cordatum*, *Prorocentrum gracile*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum scutellum*, *Prorocentrum triestinum*, *Scrippsiella acuminata*, *Tripos furca* ve *Tripos fusus*); 5'i diyatom (*Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema costatum*, *Nitzschia longissima*); 1'i (*Anabaena* sp.) Cyanophyceae sınıfındandır. Çalışma boyunca tespit edilen türlerin yaklaşık %15'i toksik veya potansiyel zararlı türlerden oluşmaktadır.

Kıyasal ekosistemlerde diyatom/dinoflagellat oranı ötrofikasyon gibi çevresel değişimlerin göstergesi olan bir indeks olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada bolluk değerlerine göre diyatom/dinoflagellat oranının genel olarak düşük olduğu tespit edilmiştir. Komünitede düşük diyatom/dinoflagellat oranı, dinoflagellat baskınlığına, dinoflagellattaki bu baskınlık ise sistemde ötrofik koşullara dikkat çekmektedir. Potansiyel toksik türlerin büyük çoğunluğunu barındıran dinoflagellat grubunun mevsimsel değişimi yakından takip edilmelidir.

Çalışmada klorofil-*a*'nın yıllara ve mevsimlere göre durumu incelenmiş, yüzey suyunda 0,22-24,10 µg/L, floresans maksimum derinliğinde 0,05-15,66 µg/L arasında değişen konsantrasyonlar bulunmuştur. İstasyonların su kolonundaki klorofil-*a* ortalamalarına göre körfez içinden M23'e gidildikçe azalan ortalama değerler tespit edilmiştir. Yüzey suyunda en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonu (24,10 µg/L) 2016 kış döneminde İK1'de ölçülmüştür. İzmit Körfezi'nde önceki dönemlerde yapılan çalışmalarda ölçülen klorofil-*a* konsantrasyonlarının bu tez çalışması ile kıyaslaması Tablo 26'da verilmiştir. Sözer-Elgin (2015), 2012 yılında İzmit Körfezi'nde yaptığı çalışmasında yüzey suyu klorofil-*a* konsantrasyonunun 0,05-15,9 µg/L gibi geniş konsantrasyon aralığında olduğunu bildirmiştir. Ergül (2016), çalışma yaptığı süreçte en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonunu İzmit Körfezi'nin doğu baseninde, 18 µg/L olarak tespit etmiştir. Yüzey suyunda en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonu (24,10 µg/L) 2016 kış döneminde İK1'de ölçülmesine karşın bu örnekleme dönemi fitoplankton bolluğunun en yüksek olduğu dönem olmamıştır. Tüfekçi (2000) ve Balcı (2013) de çalışmalarında benzer durumla karşılaşmış; fitoplankton artış dönemleri ile oldukça uyumlu olan klorofil-*a* konsantrasyonunun bazı dönemlerde bu uyumu göstermediklerini belirtmişlerdir. Bunun sebebinin klorofil-*a* konsantrasyonunun, sadece mikro boyuttaki fitoplankton gruplarını değil daha küçük boyutta (piko, ultra, nano) olan fitoplankton gruplarını da içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu tez çalışmasında tespit edilen yüzey suyu yüksek klorofil-

a konsantrasyonunun körfez içlerinde ve kış döneminde görülmesi ÇŞB ve TÜBİTAK MAM (2017)'de de belirtilmiş, kış ve yaz dönemleri arasında önemli biyokimyasal aktivitelerin gerçekleştiği ileri sürülmüştür. Kışın su kolonunda meydana gelen dikey karışım ile fitoplankton bolluğunun, dolayısıyla birincil üretimin arttığı ifade edilmiştir. Floresans maksimum derinliğinde en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonu (15,66 µg/L) 2016 sonbahar döneminde İK1'de tespit edilmiştir. Floresans maksimum derinliğinde de tıpkı yüzey suyunda da olduğu gibi yüksek fitoplankton bolluk değeri ile klorofil-*a* konsantrasyonunun uyumsuz olduğu tespit edilmiştir. Çalışma boyunca klorofil-*a*'nın seki disk derinliği, tuzluluk ve sıcaklık ile korelasyonuna bakıldığında negatif yönlü anlamlı ilişkili oldukları görülmüştür (Tablo 24). Özellikle klorofil-*a* ile tuzluluk arasındaki negatif ilişki, tuzluluğa bağlı oluşan tabakalaşmanın fitoplankton biyokütlesi üzerindeki sınırlayıcı etkisini göstermektedir. Marmara Denizi'nin çift tabakalı sisteminde ışıklı tabakanın 15-20 m ile sınırlı olması ve bunun haloklin ile çakışması birincil üretimi sınırlandırmış (Uysal ve Ünsal, 1996; Ediger ve Yılmaz, 1996), denizin bu doğal yapısı klorofil-*a* ile tuzluluk arasındaki negatif korelasyonu açıklamaya ışık tutmuştur. Pek çok çevresel faktör ile birlikte besin elementlerinin miktarlarındaki değişimler de klorofil-*a* miktarındaki değişimleri tetiklemiştir. Klorofil-*a*'nın amonyak dışındaki besin elementleri ile negatif anlamlı ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 26. İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda ölçülen klorofil-*a* konsantrasyonlarının tez çalışması ile karşılaştırılması

	1999 ^a	2000 ^a	2008 ^b	2011 ^c	2012 ^d	2015 ^e	2016 ^e	2017 ^e	2018 ^e
Klorofil- <i>a</i> (µg/L)	0,5-47,0	5,4-58,9	3,2-22,0	0,1-13,6	0,05-15,9	0,69-23,02	0,05-24,01	0,72-4,64	0,72-17,04

^a Morkoç ve diğerleri, 2001

^b Ediger ve diğerleri, 2009

^c Atabay, 2012

^d Sözer-Elgin, 2015

^e Bu çalışma

Fitoplankton gruplarının biyokütleleri mikroskopik yöntem kullanılarak tespit edilmek istendiğinde sırasıyla organizmaların taksonomik tayini, organizmaların boyların ölçümü, elde edilen değerlerden biyovolumetrik ağırlık hesaplaması ve bu hesaptan karbon biyokütle değerinin çeşitli denklemler ile tespit edilmesi şeklinde bir yol izlenir (Strathmann, 1967; Verity ve diğerleri, 1992; Montagnes ve Franklin, 2001). Ancak kullanılan denklemler her fitoplankton grubu için farklı olmaktadır (Havskum ve diğerleri, 2004; Llewellyn ve diğerleri,

2005). Bu tahminler hem ciddi hesaplama hatalarına hem de zaman kaybına neden olmaktadır (Llewellyn ve diğerleri, 2005). Fitoplankton hücrelerinin pigment içerikleri HPLC yöntemi ile belirlenmekte ve o gruba ait biyokütle değerleri pigment cinsinden verilebilmektedir (Wright ve diğerleri, 1991; Rodriguez ve diğerleri, 2002; Ediger ve diğerleri, 2006; Ağırbaş ve diğerleri, 2015; Ağırbaş ve diğerleri, 2017; Srichandan ve diğerleri, 2020). Bu metot hızlı olmanın yanında mikroskopta tespitleri oldukça zor olan piko-nanofitoplanktonun tahmininde oldukça etkilidir (Veldhuis ve Kraay 2004). HPLC metodu dünya denizlerindeki fitoplankton grubuna özgü pigment haritalarının belirlenmesi ve fitoplankton gruplarının tespiti için kullanılmaya başlanmıştır (Tester ve diğerleri, 1995; Jeffrey ve diğerleri, 1997; Ediger ve diğerleri, 2001; Llewellyn ve diğerleri, 2005, Wänstrand ve Snoeijs, 2006; Ediger ve diğerleri, 2006; Goela ve diğerleri, 2014; Ağırbaş ve diğerleri, 2015; Ağırbaş ve diğerleri, 2017; Dursun ve diğerleri, 2020; Dursun ve diğerleri, 2021). Bunun yanında ışık ve sıcaklığa bağlı hücre içi pigment değişimleri, farklı boy gruplarında farklı oranlardaki pigmentler ve tür bazında değişen pigment içerikleri nedeni ile mikroskobik yöntem ile HPLC metodu arasındaki sonuçlar önemli bir farklılık gösterebilmektedir (Tester ve diğerleri, 1995; Schlüter ve diğerleri, 2000; Henriksen ve diğerleri, 2002; Irigoien ve diğerleri, 2004; Eker ve diğerleri, 2008). 2017 ve 2018 yıllarında çalışma alanından mevsimlik örneklemeler ile fitoplankterlere özgü iz-pigmentler yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemiyle analiz edilmiştir. Klorofil grubu (Grup-I) pigmentlerinden: Klorofil-*a*, Klorofil-*b*, Klorofil-*c*; Karotenoid grubu (Grup-II) pigmentlerden: Peridinin (PER), 19'-butanoyloxyfucoxanthin (BUT), Fucoxanthin (FUC), 19'-hexanoyloxyfucoxanthin (HEX), Diadinoxanthin (DIAD), Alloxanthin (ALLO), β -carotene (B-CAR), örneklem döneminde tespit edilmiştir. Pigmentlerin fitoplankton gruplarının tespitinde kullanımında önemli olan husus, pigmentin ilgili grup için ne kadar özel olduğunun bilinmesidir. Bu çalışmada fitoplanktonun biyokütlesi mikroskobik yöntemle yapılmadığı için iz-pigmentler fitoplanktonun bolluk değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Dinoflagellat ve diyatom gruplarının bolluk ve iz-pigment olarak biyokütlesi birlikte incelendiğinde anlamlı güçlü bir ilişki ($p < 0,0001$) tespit edilmiş olup ortamda gözlenen fucoxanthin ve peridinin biyokütlelerinin sırasıyla diyatom ve dinoflagellatlardan geldiğini söyleyebiliriz. Her iki grupta da yer alan diğer yardımcı pigmentler chl-*c*, diadinoxanthin ve β -carotene olup örneklem yapılan zamanlarda her istasyonda gözlenmiştir. Dictyochophyceae ve Coccolithophyceae göstergesi olan Alloxanthin ve 19'-hexanoyloxyfucoxanthin çalışma

yapılan dönemde yüzey ve FMD’de çok düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bu çalışmada nano ve pikofitoplankton gruplarının mikroskopik tayinleri yapılmamıştır. İz-pigment sonuçları ortamda bu grupların az da olsa var olduğuna işaret etmektedir.

Çalışma bölgesinin trofik durum değerlendirilmesinde Trofik İndeks (TRIX) (Volleinweider ve diğerleri, 1998) kullanılmıştır. 4 yıllık çalışma periyodunda TRIX 1,3-6,2 arasında olup mevsimsel farklılıklar göstermiştir. TRIX’e göre 2015 ilkbahar örneklemeğinde İK2, 2016 kış örneklemeğinde İK2 ve 2018 sonbahar örneklemeğinde İK1 istasyonlarında ötrofik koşullar tespit edilmiştir. Yüzey suyu verisine uygulanan TRIX, örnekleme dönemlerinin çoğunda istasyonlarda ötrofikasyon riski olmadığını göstermiştir. Daha önce Marmara Denizi ve İzmit Körfezi’nde hesaplanan TRIX değerleri Tablo 27’de verilmiştir. Atabay (2012), İzmit Körfezi’nde yaptığı çalışmasında TRIX’i 4-6 aralığında hesaplamış, körfezi ötrofikasyon riski yüksek kategoride değerlendirmiş, iç körfezin ise zaman zaman ötrofik koşullarda olduğunu belirtmiştir. ÇŞB ve TÜBİTAK MAM (2017), 2014-2016 yıllarını içeren Marmara Denizi izleme çalışmaları sonucunda İzmit Körfezi’ni ötrofik olarak sınıflandırmıştır. Ergül ve diğerleri (2018), İzmit Körfezi’nde yaptıkları çalışmada TRIX’i 6,1-10 aralığında hesaplamış, körfezin özellikle fitoplankton aşırı üreme dönemlerinde ötrofik koşullar sergilediğini diğer bir ifadeyle yüksek trofik seviye gösterdiğini belirtmiş, fitoplankton aşırı üreme dönemleri dışında ise iyi kalite/düşük trofik seviyelere ulaştığını rapor etmişlerdir. Morkoç ve diğerleri (2001) yaptıkları çalışmada İzmit Körfezi’ndeki su kütlesinin düşük akıntı rejimi sebebiyle körfezde kalış süresinin uzun olmasını gerekçe göstererek belli dönemlerde trofik durumun bozulabileceğinden bahsetmiştir. TRIX’in sadece yüzey sularında kullanılan bir indeks olması sebebiyle çalışma alanının ötrofikasyon durumunu doğru bir şekilde ortaya koymadığı düşünülmektedir. Yüzey sularında doygun çözünmüş oksijen ve düşük konsantrasyonda klorofil-*a* olduğu durumlarda TRIX indeksi ötrofikasyon riski olmadığını gösterse de örnekleme dönemleri boyunca çalışma alanının dip sularında ve hatta 20 m derinlikten sonrasında bile çok düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonları görülmektedir. Bu sebeple Marmara Denizi ve İzmit Körfezi gibi alanların ötrofikasyon değerlendirmesinde özellikle su kolonu besin tuzları ve çözünmüş oksijen konsantrasyonları her zaman dikkate alınmalıdır. TRIX indeksinin Baltık Denizi için geliştirildiği düşünüldüğünde TRIX skalasının Marmara Denizi için düzenlenmesinde fayda vardır. Ayrıca ardı ardına yüksek TRIX

değerlerinin tespit edilmesi, içinde bulunduğumuz zamanda veya gelecekte ekosistem bozulmaları yaşandığı ve yaşanabileceğine işaret etmektedir.

Tablo 27. Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'nde geçmiş yıllarda hesaplanan TRIX değerleri (Ediger ve diğerleri, 2016'dan değiştirilmiştir.)

Çalışma Alanı	Örnekleme Dönemi	TRIX	Referans
Marmara Denizi	Yaz 2011	2,8-6,54	Tutak ve diğerleri, 2012
Marmara Denizi	Sonbahar 2011	4,0-6,0	Tutak ve diğerleri, 2012
Marmara Denizi	Yaz 2013	2,09-5,43	Ekozone, 2013
Marmara Denizi	Sonbahar 2013	2,82-5,3	Ekozone, 2013
Marmara Denizi	Yaz 2014	3,85-6,21	Polat-Beken ve diğerleri, 2014
Marmara Denizi	Kış 2015	5,19-7,45	Polat-Beken ve diğerleri, 2015
İzmit Körfezi	2008-2013	3,0-6,8	Ediger ve diğerleri, 2013
İzmit Körfezi	2011	4,0-6,0	Atabay, 2012
İzmit Körfezi	2015-2018	1,3-6,2	Bu çalışma

Sonuç olarak,

- Çalışma boyunca dip ÇO seviyelerinin kritik düzeyde düşük olduğu tespit edilmiştir.
- TRIX indeks sonuçlarının genel olarak çalışma alanında çok değişken olduğu belirlenmiştir. Çoğu dönem ötrofikasyon riskinin mevcut olduğu görülmüştür. İç Körfez, üç örnekleme döneminde TRIX skalasına göre ötrofik statüdedir. Çalışma boyunca ötrofikasyon göstergesi olan dip su ÇO değerlerinin kritik düzeyde düşük olduğu, bazı istasyonlarda 20 m'den sonra ÇO'nin sifıra yakın değerlerde olduğu görülmüştür. TRIX'in Marmara Denizi için uygun olmadığı, skalanın bu deniz özelinde belirlenmesine ihtiyacı olduğu düşünülmektedir.
- Besin elementlerinin üst su kolonunda fitoplankton tarafından kullanılmasından dolayı yıl boyunca düşük olduğu görülmüştür.
- 2018 yılının kış döneminde diyatom türlerinin aşırı üremesi tespit edilmiştir. Bu dönemde diyatom türleri ortamdaki silikatı tükettiğinden yüksek N/Si oranı tespit edilmiştir.
- Komünitedeki düşük diyatom/dinoflagellat oranı sistemdeki dinoflagellat baskınlığına dikkat çekmektedir. Dinoflagellattaki bu baskınlık, ötrofik koşullara işaret etmekte olup toksik tür barındıran bu grubun mevsimsel değişimi yakından takip edilmelidir.

- Dinoflagellat ve diatom bolluk değerleri ile iz-pigment sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı güçlü ilişki olduğu görülmüştür. İz-pigment sonuçları, ortamda nano ve piko boyutlu fitoplankton türlerinin varlığını göstermiştir.
- İn-situ floresans sensörü ile elde edilen veri ile spektrofotometreyle ölçülen klorofil-*a* sonuçları birbiriyle uyumlu bulunmuştur. Ancak bu uyum fitoplankton bolluk değerleri ile çoğu zaman yakalanamamıŐtır. Yapılan mikroskop sayımlarında 20 μm- 2 mm boyutlu mikrofitoplankton türleri dikkate alınmış daha küçük boyutlu türler deęerlendirilmemiŐtir. Piko ve nano-fitoplanktonik bu türlerin ekosistemdeki varlığının klorofil-*a* lm sonuçlarına yansımıŐ, fitoplankton sonuçlarına yansımamıŐ olması bu uyuŐmazlıęın sebebi olarak açıklanabilir.

Marmara Denizi ve özellikle körfezlerde mevcut yüksek besin elementi yükleri fitoplankton aşırı üremelerine, hipoksiyaya, balık ölümlerine ve msilaja neden olabilmektedir. Besin elementi girdisinin azaltılmasına yönelik çabalara rağmen karasal girdi kaynaklı ötrofikasyon, bölgede hakim problem olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada da grldğ gibi krfezlerdeki fitoplankton kompozisyonunun ötrofikasyon potansiyeli ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir (Cloern, 2001). Bu tez çalışmasında çevresel koşulların fitoplanktonun mevsimsel ve meknsal dağılımını etkilediği tespit edilmiş, çalışma alanının fitoplankton türlerinin gelişimi ve aşırı çoğalma olayları için uygun koşullar barındırdığı görülmüştür. Bu alıŐma ile elde edilen ve sunulan veriler bölgede yapılacak araştırmalarda kaynak olarak kullanılabilecektir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda fitoplanktonun kısa yaşam dngŐ gz önüne alınarak daha sık periyotlarla (15 günlük, aylık) izleme gerçekleŐtirilmelidir. Böylelikle ekosistemin zarar görmesine veya çökmesine yol açabilecek çevresel şartlara fitoplanktonun tepkisi tam olarak anlaŐılabilecek, önceden tespit edilebilecektir. Denizel ekosistemde meydana gelmesi muhtemel kopmaları tespit edebilmek için uzun süreli, sık periyotlarla, biyolojik (fitoplankton ve zooplankton bolluk ve tanımlamaları)/fiziksel/kimyasal tüm parametreler kullanılarak gerçekleŐecek entegre bütünleşik izleme çalıŐmalarının yapılması ve bu izleme çalıŐmalarının sürekliliğinin sağlanması önemlidir.

5 KAYNAKLAR

- Ağırbaş, E. (2010). Güneydoğu Karadeniz’de Pigment Konsantrasyonu ve Birincil Üretimin Çevre Koşulları ile Etkileşimi (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ağırbaş E. (2016). Fitoplankton Pigment Konsantrasyonunun ve Boy Gruplarının HPLC Tekniği ile Belirlenmesi (Güneydoğu Karadeniz, Rize), Yunus Araştırma Bülteni, 16, 81–90.
- Ağırbaş, E., Karadeniz, M. N. (2020). Phytoplankton pigment indices and pigment-based phytoplankton size classes along the south-eastern Black Sea. Regional Studies in Marine Science, 39, 101393. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101393>
- Ağırbaş, E., Feyzioğlu, A. M., Kopuz, U., Llewellyn, C. A. (2015). Phytoplankton community composition in the south-eastern Black Sea determined with pigments measured by HPLC-CHEMTAX analyses and microscopy cell counts. Journal of The Marine Biological Association of The United Kingdom, Vol.95, no.1, 35–52.
- Ağırbaş, E., Koca, L., Aytan, U. (2017). Spatio-temporal pattern of phytoplankton and pigment composition in surface waters of south-eastern Black Sea. Oceanologia, 59 (3), 283–299. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.004>
- Aiken, J., Pradhan, Y., Barlow, R., Lavender, S., Poulton, A., Holligan, P., Hardman-Mountford, N. (2009). Phytoplankton pigments and functional types in the Atlantic Ocean: a decadal assessment, 1995-2005. Deep-Sea Research II, 56 (15), 899–917. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.09.017>.
- Aktan, Y., Luglie, A., Aykulu, G., Sechi, N. (2003). Species composition, density and biomass of Coccolithophorids in the Istanbul Strait, Turkey. Pakistan Journal of Botany, 35, 45–52.
- Aktan Y., Tüfekçi V., Tüfekçi H., Aykulu G. (2005). Distribution patterns, biomass estimates and diversity of phytoplankton in İzmit Bay (Turkey). Estuarine Coastal and Shelf Science, 64, 372–384.
- Aktan Y., Tüfekçi V. (2007). Occurrence of *Prorocentrum* spp. in İzmit Bay and Related Environmental Factors. Rapport Commission International Mer Méditerranée, Vol. 38, 340.
- Aktan, Y., Dede, A., Çiftçi, P. S. (2008). Mucilage event associated with diatom and dinoflagellates in Sea of Marmara, Turkey. Harmful Algae News, No. 36, May 2008.
- Algan, O., Altıok H., Yüce, H. (1999). Seasonal variation of suspended particulate matter in two-layered İzmit Bay, Turkey. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 49, 235–250.
- AlgaeBase: <https://www.algaebase.org/>
- Altıok, H., Aslan, A., Övez, S., Demirel, N., Yüksek, A., Kıratlı, N., Taş, S., Müftüoğlu, A.E., Sur, H.İ., Okuş, E. (2014). Influence of the extreme conditions on the water quality and material exchange flux in the Strait of Istanbul. Journal of Marine Systems, 139, 204–216.
- Altıok, H., Kayışoğlu, M. (2015). Seasonal and interannual variability of water exchange in the Strait of Istanbul. Mediterranean Marine Science, 16 (3), 636–647.
- Altuğ, G., Aktan, Y., Oral, M., Topaloğlu, B., Dede, A., Keskin, Ç., Işinibilir, M., Çardak, M., Çiftçi, P. S. (2011). Biodiversity of the northern Aegean Sea and southern part of the Sea of Marmara, Turkey. In Marine Biodiversity Records (Vol. 4). <https://doi.org/10.1017/S1755267211000662>

- Aluwihare, L. I., Meador, T. (2008). Chemical Composition of Marine Dissolved Organic Nitrogen. D. G. Capone, D. A. Bronk, M. R. Mulholland, E. J. Carpenter, (Ed.), Nitrogen in the Marine Environment (p. 95–140). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372522-6.00003-7>
- American Public Health Association (APHA) (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 20th ed. Washington DC, USA.
- Anderson, D. M., Cembella, A. D., Hallegraeff, G. M. (2012). Progress in understanding harmful algal blooms: Paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. Annual Review of Marine Science, 4, 143–176. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081121>
- APHA (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. APHA American Public Health Association, 1216, Washington. <https://books.google.com.tr/books?id=2BcoYAAACAAJ>
- Artüz, İ., Baykut, F. (1986). Hidrografi in terms of the scientific study of the Sea of Marmara and water pollution. Istanbul University, Centre for Environmental Studies publications, No.3.
- Artüz, İ. (1974). İstanbul Boğazı ve Civarı Deniz Sularının Hidrografik Verileri. Bölüm I,II, Hidrobiyoloji Araşt. Enst. Raporları.
- Artüz, M. L. (2007). Marmara Denizi genelinde gözlemlenen karışık alg patlaması. Sevinç–Erdal İnönü Vakfı.
- Atabay, H. (2012). İzmit Körfezi Besin Elementlerinin Zaman Mekan Ölçeğindeki Değişimlerinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Atabay, H., Tüfekçi V., Beken, Ç., Tolun, L., Tan, İ., Kuzyaka, E. (2014). İzmit Körfezi Su Kalitesinin Karasal Girdilerin İncelenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi Sonuç Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK-MAM Matbaası.
- Atabay, H., Tüfekçi V., Beken, Ç., Tolun, L., Tan, İ. (2015). İzmit Körfezi Su Kalitesinin Karasal Girdilerin İncelenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi Sonuç Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK-MAM Matbaası.
- Balcı, M. (2013). Gemlik Körfezi Fitoplankton Türlerinin Zamana Bağlı Değişimleri ve Ortamın Ekolojik Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balcı, M., Balkıs, N. (2017). Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey). Marine Pollution Bulletin, 115 (1–2), 172–189. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.007>
- Balkıs, N. (2000). Büyükçekmece Koyu (Marmara Denizi) Fitoplankton Türlerinin Kalitatif, Kantitatif Yönden Araştırılması ve Dağılımlarını Etkileyen Ortam Faktörleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balkıs, N. (2003). Seasonal variations in the phytoplankton and nutrient dynamics in the neritic water of Büyükçekmece Bay Sea of Marmara. Journal of Plankton Research, 25, 703–717.
- Balkıs, N. (2004). List of Phytoplankton of the Sea of Marmara (Marmara Denizi Fitoplankton Tür Listesi). Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 123–141.
- Balkıs, N., Aktan Turan, Y. (2004). Toxic phytoplanktonic species in the Sea of Marmara. 37th CIESM Congress (pp.486), Spain.

- Balkıs, N., Atabay, H., Türetgen, I., Albayrak, S., Balkıs, H. , Tüfekçi, V. (2011). Role of single-celled organisms in mucilage formation on the shores of Büyükada Island (the Marmara Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91, 771–781.
- Balkıs, N., B. Toklu-Alicli (2014). Changes in phytoplankton community structure in the Bay of Bandırma, Marmara Sea in 2006-2008. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 2976–2983.
- Balkıs, N., Taş, S. (2016). Phytoplankton of the Sea of Marmara: A review. Özsoy E., Çağatay N., Balkıs N., Balkıs N., Öztürk B. (Ed.), *The Sea of Marmara* (p. 326–343). İstanbul, Turkey: Turkish Marine Research Foundation (TUDAV).
- Balkıs, N. (2003). The effect of Marmara (İzmit) earthquake on the chemical oceanography of İzmit Bay, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 865–878.
- Barlow, R. G., Cummings, D. G., Gibb, S. W. (1997). Improved resolution of mono and divinyl chlorophylls a and b and zeaxanthin and lutein in phytoplankton extracts using reverse phase C-8 HPLC. *Marine Ecology Progress Series*, 161, 303–307.
- Barlow, R. G., Aiken, J., Moore, G. F., Holligan, P. M., Lavender, S. (2004). Pigment adaptations in surface phytoplankton along the eastern boundary of the Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 281, 13–26. <http://dx.doi.org/10.3354/meps281013>.
- Bendoricchio, G., de Boni, G. (2005). A water quality model for the Lagoon of Venice, Italy. *Ecological Modelling*, 184 (1), 69–81.
- Beşiktepe, Ş., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz T., Ünlüata, Ü. (1994). The circulation and hydrography of The Marmara Sea. *Progress in oceanography*, 34, 285–334.
- Bingel, F., Ünsal, M., Alavi, N. (1986). *Biology of The Bosphorus and Its Entrances Oceanography of The Turkish Straits. First Annual Report. IV*, METU, Institute Marine Science, 4–69.
- Borja, A., Bricker, S. B., Dauer, D. M., Demetriades, N. T., Ferreira, J. G., Forbes, A. T., Hutchings, P., Jia, X., Kenchington, R., Marques, J. C. (2008). Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*, 56, 1519–1537.
- Choudhury, A. K., Bhadury, P. (2015). Relationship between N:P:Si ratio and phytoplankton community composition in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Biogeosciences Discussions*, 12 (3), 2307–2355. <https://doi.org/10.5194/bgd-12-2307-2015>
- Cirik, S., Gökpınar, Ş. (1993). *Plankton bilgisi ve kültürü*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fak. Yayın No: 47, 197–207, Bornova, İzmir.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N. (2001). *PRIMER v5: User Manual/Tutorial* (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Cloern, J. E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 223–253.
- Coveney, M.F., Wetzel, R.G. (1995). Biomass, production, and specific growth rate of bacterioplankton and coupling to phytoplankton in an oligotrophic lake. *Limnology and Oceanography*, 40 (7), 1187–1200.
- ÇŞB, TÜBİTAK MAM (2014). *Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması (DeKoS) Projesi Final Raporu*. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK-MAM Matbaası.
- ÇŞB, TÜBİTAK MAM (2017). *Deniz İzlemelerinde Standardizasyonun Sağlanması Projesi (DİSSP) Deniz İzleme Kılavuzları*. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK-MAM Matbaası.

- ÇŞB, TÜBİTAK-MAM (2019). Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme Programı 2019 yılı Marmara Denizi Final Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK-MAM Matbaası.
- Deniz, N., Taş S., Koray, T. (2006). New Records of the *Dictyocha antarctica* Lohmann, *Dictyocha crux* Ehrenberg and *Nitzschia rectilonga* Takano Species from the Sea of Marmara. Turkish Journal of Botany, 30, 213–216.
- Deniz, N., Taş, S. (2009). Seasonal variations in the phytoplankton community in the north-eastern sea of marmara and a species list. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 89 (2), 269–276. <https://doi.org/10.1017/S0025315409003117>
- Domingues, R. B., Barbosa, A., Galvão, H. (2008). Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. Marine Pollution Bulletin, 56, 1389–1395.
- Dursun, F., Taş, S., Partal Bayram, F., Ediger, D. (2020). Determination of phytoplankton composition by microscopy and HPLC-derived pigment analysis in the Sea of Marmara. Mediterranean Marine Sciences, 21 (3), 653–663. <https://doi.org/10.12681/mms.23084>
- Dursun, F., Taş, S., Ediger, D. (2021). Assessment of phytoplankton group composition in the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara, Turkey) determined with pigments measured by HPLC-CHEMTAX analyses and microscopy. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1–17. <https://doi.org/10.1017/S0025315421000631>
- Ecolas (2007). Evaluation of the impact from land-based activities on the marine & coastal environment, ecosystem & biodiversity in Bulgaria. AMINAL Europa& Milieu.
- Ediger, D., Yılmaz, A. (1996). Variability of light transparency in physically and biochemically different water masses: Turkish seas. Fresenius Environmental Bulletin, 5 (3–4), 133–140.
- Ediger, D., Raine, R., Weeks, A. R., Robinson, I. S., Sagan, S. (2001). Pigment signatures reveal temporal and regional differences in taxonomic phytoplankton composition off the west coast of Ireland. Journal of Plankton Research, 23 (8), 893–902. <https://doi.org/10.1093/plankt/23.8.893>
- Ediger, D., Soydemir, N., Kideys, A. E. (2006). Estimation of phytoplankton biomass using HPLC pigment analysis in the southwestern Black Sea. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 53 (17–19), 1911–1922. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.04.018>
- Ediger, D., Beken, S.Ç., Tüfekçi, V., Tolun, L., Tüfekçi, H., Mantıkcı, M., Atabay, H. (2009): İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi projesi Sonuç Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK MAM Matbaası.
- Ediger D., Hüsrevoğlu, S., Tüfekçi, V., Atabay, H., Tolun, L. (2010). İzmit Körfezi Su Kalitesi ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi projesi Sonuç Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK MAM Matbaası.
- Ediger D., Hüsrevoğlu, S., Tüfekçi, V., Atabay, H., Sözer, B. (2013). İzmit Körfezi Su Kalitesi ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi projesi Sonuç Raporu. Kocaeli, Türkiye: TÜBİTAK MAM Matbaası.
- Ediger, D., Beken, Ç., Yüksek, A., Tuğrul, S. (2016). Eutrophication in the Sea of Marmara. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Ed), The Sea of Marmara, Marine biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance (s. 791–809). İstanbul, Turkey: Turkish Marine Research Foundation (TUDAV).

- Eker-Develi, E., Berthon, J. F., Van Der Linde, D. (2008). Phytoplankton class determination by microscopic and HPLC-CHEMTAX analyses in the southern Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 359, 69–87. <https://doi.org/10.3354/meps07319>
- Eker-Develi E., Berthon J.F., Canuti, E., Slabakova, N., Moncheva, S., Shtereva G., Dzhurova, B. (2012). Phytoplankton taxonomy based on CHEMTAX and microscopy in the Northwestern Black Sea. *Journal of Marine Systems*, 94, 18–32.
- Ekholm, P. (2008). N:P ratios in estimating nutrient limitation in aquatic system. Finnish Environment Institute.
- Ergül, H. A. (2016). Evaluation of seasonal physicochemical conditions and chlorophyll-a concentrations in Izmit Bay, Marmara Sea. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 22 (3), 201–217.
- Ergül, H. A., Küçük, A., Terzi, M. (2010). A study on the red-tide of İzmit Bay June 2010, *Proceedings of Marmara Denizi 2010 Symposium 25–26 Sept. 2010*, TÜDAV, İstanbul, 463-469.
- Ergül, H.A., Aksan, S., İpşiroğlu, M., Baysal, A. (2014). Assessment of Consecutive Phytoplankton Blooms on March and April 2014 in Izmit Bay (the Marmara Sea). In: *HydroMedit 2014*, Volos, Greece, 127–31 pp.
- Ergül, H A., Aksan, S., İpşiroğlu, M., Küçük, A. (2015). Assessment of the spring 2015 phytoplankton blooms in Izmit Bay (the Marmara Sea). In: *3rd Science for the Environment Conference*. Aarhus/Denmark.
- Ergül, H. A., Aksan, S., İpşiroğlu, M. (2018). Assessment of the consecutive harmful dinoflagellate blooms during 2015 in the Izmit Bay (the Marmara Sea). *Acta Oceanologica Sinica*, 37 (8), 91–101. <https://doi.org/10.1007/s13131-018-1191-7>
- EU, 2000. DIRECTIVE 2000/60/EC of the European parliament and of the council, of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, G.U.C.E. 22/12/2000, L 327.
- EU, 2008. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council, of 17 June 2008, establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Commission*, G.U.C.E. 25/6/2008, L 164/19.
- Garmendia, M., Borja, Á., Franco, J., Revilla, M. (2013). Phytoplankton composition indicators for the assessment of eutrophication in marine waters: Present state and challenges within the European directives. *Marine Pollution Bulletin*, 66, 7–16.
- Gibb, S.W., Barlow, R.G., Cummings, D.G., Rees, N.W., Trees, C.C., Holligan, P., Suggett, D. (2000). Surface phytoplankton pigment distributions in the Atlantic Ocean: an assessment of basin scale variability between 50 N and 50 S. *Progress in Oceanography*, 45 (4–4), 339–368. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00007-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00007-0).
- Gibb, S.W., Cummings, D.G., Irigoien, X., Barlow, R.G., Fauzi, R., Mantoura, C. (2001). Phytoplankton pigment chemotaxonomy of northeastern Atlantic. *Deep-Sea Research II*, 48 (4–5), 795–823. [http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645\(00\)00098-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645(00)00098-9).
- Gieskes, W.W.C., (1991). Algal pigment fingerprints: clue to taxonspecific abundance, productivity and degradation of phytoplankton in seas and oceans. In: Demers, S. (Ed.), *Particle Analysis in Oceanography*, NATO ASI Series', vol. G27, pp. 61–69.
- Goela, P. C., Danchenko, S., Icely, J. D., Lubian, L. M., Cristina, S., Newton, A. (2014). Using CHEMTAX to evaluate seasonal and interannual dynamics of the phytoplankton

- community off the South-west coast of Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 151, 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.10.001>
- Guillard R. R. L. (1978). Counting slides. In Sournia, A. (ed.), *Phytoplankton Manual-Monographs on Oceanographic Methodology* (p. 128–189). UNESCO, Paris, France.
- Havskum, H., Schlüter, L., Scharek, R., Berdalet, E., Jacquet, S. (2004). Routine quantification of phytoplankton groups: microscopy or pigment analyses. *Marine Ecology Progress Series*, 273, 31–42.
- Henriksen, P., Riemann, B., Kaas, H., Sørensen, H. M., Sørensen, H. L. (2002). Effects of nutrient-limitation and irradiance on marine phytoplankton pigments. *Journal of Plankton Research*, 24 (9), 835–858. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.9.835>
- Irigoiien, X., Meyer, B., Harris, R., Harbour, D. (2004). Using HPLC pigment analysis to investigate phytoplankton taxonomy: The importance of knowing your species. *Helgoland Marine Research*, 58 (2), 77–82. <https://doi.org/10.1007/s10152-004-0171-9>
- İşinibilir, M., Kıdeys, A.E., Tarkan, A.N., Yılmaz, I.N. (2008). Annual cycle of zooplankton abundance and species composition in İzmit Bay (the northeastern Marmara Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 739–747.
- Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C., Wright, S. W. (1997). *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. UNESCO, Paris, France.
- Jorgensen S.E., Costanese, R., Fu-Liu X. (2005). *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. Taylor and Francis Group Eddition, 439 p., London.
- Kaboğlu F.G. (1999). *Marmara Denizi’nde Mevsimlik Fitoplankton Değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Kocataş, A. (1996). *Ekoloji ve çevre biyolojisi*. Üçüncü baskı. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 51. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Koray T. (2002). Toxic and harmful phytoplankton species in the Aegean (Including Dardanelles) and northeastern Mediterranean Coastline. Workshop Lessepsian Migration, 20–21 July 2002, Gökçeada-TURKEY.
- Küçük, A. (2012). *İzmit Körfezi Plankton Kompozisyonunun Mevsimsel Olarak İncelenmesi ve Sediment Karakterizasyonu*. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçük, A., Ergül, H. A. (2011). Seasonal variations of microplankton composition in İzmit Bay (Sea of Marmara). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 17 (3), 216–222.
- Llewellyn, C. A., Fishwick, J. R., Blackford, J. C. (2005). Phytoplankton community assemblage in the English Channel: a comparison using chlorophylla derived from HPLC-CHEMTAX and carbon derived from microscopy. *Journal of Plankton Research*, 27 (1), 103–119, <https://doi.org/10.1093/plankt/fbh158>
- Millie, D. F., Paerl, H. W., Hurley, J. P. (1993). Microalgal Pigment Assessments Using High Performance Liquid Chromatography: a Synopsis of Organismal and Ecological Applications. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 2513–2527.
- Montagnes, D. J. S., Franklin, D. J. (2001). Effect of temperature on diatom volume, growth rate, and carbon and nitrogen content: reconsidering some paradigms. *Limnology and Oceanography*. 46, 2008-2018. <https://doi.org/10.4319/lo.2002.47.4.1272>
- Morkoç, E., Tuğrul, S., Okay, O.S. (1988). Determination of limiting nutrients by using algal bioassay technique. NATO-TU Waters Project, Final Report, TUBITAK, MRC.
- Morkoç, E., Tuğrul, S. (1995). Waste water pollution effect on İzmit Bay physical and biochemical characteristics. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 19, 87–96.

- Morkoç E., Okay O.S., Geveci, A. (1995). Temiz bir İzmit Körfezi'ne doğru. Gebze-Kocaeli, TÜBİTAK MAM.
- Morkoç, E., Okay, O. S., Tolun, L., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Legoviç, T. (2001). Towards a clean İzmit Bay. *Environment International*, 26 (3), 157–161. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(00\)00103-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(00)00103-3)
- Muñiz, O., Rodríguez, J. G., Revilla, M., Laza-Martínez, A., Seoane, S., Franco, J. (2020). Inhomogeneity detection in phytoplankton time series using multivariate analyses. *Oceanologia*, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2020.01.004>
- Odum, E. P., Barrett, G. W. (2005). Ekoloji'nin Temel İlkeleri (Işık, K. Çeviri editörü), Palme Yayıncılık, 598 s., Ankara.
- Oğuz, T. (2016). İstanbul Boğazından Çıkan Yüzey Suyunun Marmara Denizi'ndeki Sirkülasyon ve Plankton Dinamikleri Üzerindeki Etkisi. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı, Bildiri Özetleri Kitabı, 198, 31 Mayıs-3 Haziran 2016, Ankara.
- Oğuz, T., Sur, H. İ. (1986). A numerical modelling study of circulation in the Bay of İzmit. Final Report, TÜBİTAK-MRC - Chemistry Department Publication, Turkey, 187–97.
- Oğuz, T., Latun, V. S., Latif, M. A., Vladimirov, V. V., Sur, H. I., Markov, A. A., Özsoy, E., Kotovshchikov, B. B., Ereemeev, V. V., Ünlüata Ü. (1993). Circulation in the surface and intermediate layers of the Black Sea. *Deep Sea Research*, 40, 1597–1612.
- Okay, S.O., Morkoç, E., Gaines, E. (1994). Effects Of Two Herbicidal wastewaters on *Chlorella* sp. and *Phaeodactylum tricornutum*. *Environmental Pollution*, 84 (1), 1–6.
- Okay, S.O., Legovic, T., Tüfekçi, V., Egesel, L., Morkoç, E. (1996). Environmental impact of land-based pollutants on İzmit Bay (Turkey): Short- term algal bioassays and simulation of toxicity distribution in the marine environment. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 31, 459–465.
- Okay, O.S., Tolun L., Karakoç, F., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Morkoç, E. (2001). İzmit Bay ecosystem after Marmara earthquake and subsequent fire: the long-term data. *Marine Pollution Bulletin*, 42 (5), 361–369.
- Okuş E., Taş S. (2007). Diatom increase in phytoplankton community observed in winter in the north-eastern Marmara Sea (Beylikdüzü). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 13, 7–17.
- Öktem, Y.A. (1997). İzmit Körfezinde Mevsimlik Fitoplankton Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Öktem Y., Sivri N., Okuş E. (2005). İzmit Körfezi'nde Mevsimsel Fitoplankton Dağılımları Üzerine İnsan Kaynaklı Kirliliğin Etkileri. *Kocaeli Deprem Öncesi, Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 4, 300-305.
- Özel, D. (2010). Marmara Denizi'nin Kuzeydoğusunda Fitoplankton Tür Kompozisyonunun İncelenmesi (2001). İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Özel, İ., (1998). Planktonoloji (Cilt I): Plankton Ekolojisi ve Araştırma Yöntemleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fak. Yayınları, 56:271.
- Polat, S., Akiz A., Piner, M. P. (2005). Daily variations of coastal phytoplankton assemblages in summer conditions of the northeastern Mediterranean (Bay of Iskenderun). *Pakistan Journal of Botany*, 37, 715–724.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A. (1963). The influence of organisms on the composition of the seawater. In “ The sea ideas and conservations on progress in the

- study of the seas. Vol.2. The compositions of seawater. Comparative and descriptive oceanography” (Hill, M.N., eds), 26–77. Interscience, N.Y.
- Rodriguez, F., Varela, M., Zapata, M. (2002). Phytoplankton assemblages in the Gerlache and Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) determined by light microscopy and CHEMTAX analysis of HPLC pigment data. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 49 (4–5), 723–747. [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(01\)00121-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00121-7)
- Ruttenberg, K. C. (2001). Phosphorus Cycle. Encyclopedia of Ocean Sciences, 2149–2162. doi:10.1006/rwos.2001.0277
- Schlitzer, R. (2018). Ocean Data View, <https://odv.awi.de>.
- Schlüter, L., Møhlenberg, F., Havskum, H., Larsen, S. (2000). The use of phytoplankton pigments for identifying and quantifying phytoplankton groups in coastal areas: Testing the influence of light and nutrients on pigment/chlorophyll a ratios. Marine Ecology Progress Series, 192, 49–63. <https://doi.org/10.3354/meps192049>
- Semina, H.J. (1978). Treatment of an aliquot sample. In: Phytoplankton manual, Sournia, A., (ed.). UNESCO, p 81.
- Soyer, J. (1970). Bionomie benthique du plateau continental de la côte Catalane Française III. Les peuplements de Copépodes Harpacticoides (Crustacea). Vie Milieu 21: 337–511
- Sözer-Elgin, B. (2015). İzmit Körfezi Pikofitoplankton Yoğunluğunun Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Srichandan, S., Baliarsingh, S. K., Lotliker, A. A., Prakash, S., Samanta, A., Sahu, K. C. (2020). A baseline investigation of phytoplankton pigment composition in contrasting coastal ecosystems of north-western Bay of Bengal. Marine Pollution Bulletin, 160, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111708>
- Staub, R., Appling, J.W. Hofsteiler, A.M., Hess, I.J. (1970). The effect of industrial waste of Memphis and Shelby county on primary plankton producer. Bioscience, 20: 905–912.
- Strathmann, R. (1967). Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. Limnology and Oceanography, 12 (3), 411–418.
- Sukhanova, I. N. (1978). Settling without the inverted microscope. In: Phytoplankton manual, Sournia, A., (ed.). UNESCO, p 97.
- Sur H.İ., Apak R., Yüksek A., Altıok H., Taş S., Balkıs N., Ünlü S., Erçağ, E., Yılmaz N., Müftüoğlu A.E., Aksu A., Demirel N., Erşan M.S. (2010). Marmara Denizi Kirlilik İzleme Çalışması. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Tan, İ., Aslan, E., Atabay, H., Mutlu, S., Bayram Partal, F. (2020). İzmit Körfezi Su Kalitesi ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi projesi Sonuç Raporu. Gebze: TÜBİTAK MAM matbaası.
- Taş, S. (2014). Phytoplankton composition and abundance in the coastal waters of the Datça and Bozburun Peninsulas, south-eastern Aegean Sea (Turkey). Mediterranean Marine Science, 15 (1), 84–94. <https://doi.org/10.12681/mms.418>
- Taş, S. (2015). A prolonged red tide of *Heterocapsa triquetra* (Ehrenberg) F. Stein (Dinophyceae) and phytoplankton succession in a eutrophic estuary (Turkey). Mediterranean Marine Science, 16, 621–627.
- Taş, S., Okuş E. (2004). Phytoplankton arbeiten im Golf İzmit, Mikrokosmos, 93 (1), 21–24.
- Taş, S., Okuş, E. (2006). Investigation of Quantitatively Phytoplankton in the Turkish Coasts of Black Sea and a Species List. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment. 12, 181–191.

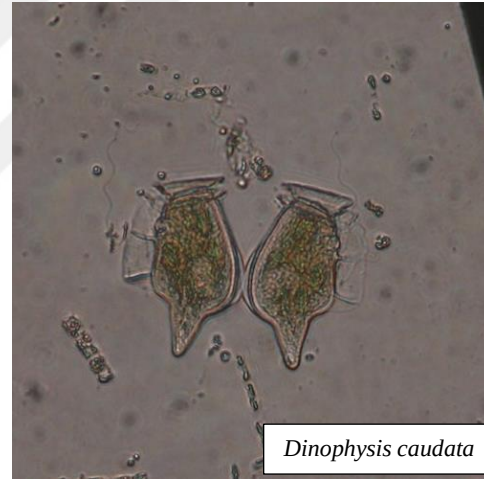
- Taş, S., Okuş, E., Aslan-Yılmaz A. (2006). The blooms of a cyanobacterium, *Microcystis* cf. *aeruginosa* in a severely polluted estuary, the Golden Horn, Turkey. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68, 593–599.
- Taş, S., Yılmaz, I.N., E. Okus (2009). Phytoplankton as an indicator of improving water quality in the Golden Horn Estuary. *Estuaries and Coasts*, 32, 1205–1224.
- Taş, S., Deniz, N. (2009). Seasonal variations in the phytoplankton community in the north-eastern Sea of Marmara and a species list. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89 (2), 269–276.
- Taş, S., Okuş, E., Unlu, S., H. Altiok (2011). A study on phytoplankton following ‘Volgoneft-248’ oil spill on the North-eastern coast of the Sea of Marmara. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 91, 715–725.
- Taş, S., Okuş, E. (2011). A review on the Bloom Dynamics of a Harmful Dinoflagellate *Prorocentrum minimum* in the Golden Horn Estuary. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 523–531.
- Taş, S., I.N. Yılmaz (2015). Potentially harmful microalgae and algal blooms in a eutrophic estuary in the Sea of Marmara (Turkey). *Mediterranean Marine Science*, 16, 432–443.
- Taş, S., Lundholm, N. (2016). Temporal and spatial variability of the potentially toxic *Pseudo-nitzschia* spp. in a eutrophic estuary (Sea of Marmara). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97 (7), 1483–1494. doi:10.1017/S0025315416000837.
- Taş, S., Ergül, H. A., Balkıs, N. (2016). Harmful algal blooms (HABs) and mucilage formations in the Sea of Marmara. Özsoy, E., Çağatay, M.N., Balkıs, N., Balkıs, N., Öztürk, B. (Eds), *The Sea of Marmara, Marine biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (s. 791–809). İstanbul, Turkey: Turkish Marine Research Foundation (TUDAV).
- Taş, S., Kuş, D., Yılmaz, İ. N. (2020). Temporal variations in phytoplankton composition in the northeastern Sea of Marmara: potentially toxic species and mucilage event. *Mediterranean Marine Science*, 21 (3), 668–683. doi:https://doi.org/10.12681/mms.22562
- Tester, P. A., Geesey, M. E., Guo, C., Paerl, H.W., Millie, D. F. (1995). Evaluating phytoplankton dynamics in the Newport River estuary (North Carolina, USA) by HPLC-derived pigment profiles. *Marine Ecology Progress Series*, 124, 237–245.
- Thronsdon, N.J. (1978). Preservation and storage. In Sournia A. (Ed), *Phytoplankton Manual* (s. 69-74). Paris: UNESCO.
- Thyssen, M., Beker, B., Ediger, D., Yılmaz, D., Garcia, N., Denis, M. (2011). Phytoplankton distribution during two contrasted summers in a Mediterranean harbour: Combining automated submersible flow cytometry with conventional techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173 (1–4), 1–16. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1365-z
- Topçu, N. E., Topaloğlu, B., Yardımcı, E., Turgay, E., Karataş, E., Öztürk, B. (2016). Marmara Denizi, Prens Adaları Bölgesinde Bentik Omurgasızlarda Görülen Toplu Ölüm Vakası. *Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı, Bildiri Özetleri Kitabı*, 69, 31 Mayıs–3 Haziran 2016, Ankara.
- Tuğrul S., Morkoç E., Okay, O.S. (1989). Determination of oceanographic characteristics and assimilation capacity of İzmit Bay. In wastewater treatment and disposal. Ed. By E. Kalafatoğlu, NATO TU-WATERS, TÜBİTAK-MAM Matbaası, Gebze.

- Tuğrul, S., Polat, Ç. (1995). Quantitative comparison of the influxes of nutrients and organic carbon into the sea of Marmara both from anthropogenic sources and from the Black Sea. *Water Science And Technology*, 32, 115–121.
- Tüfekçi, V. (2000). İstanbul Boğazı ile Boğazın Marmara Denizi ve Karadeniz Girişlerindeki Fitoplankton Dağılımı. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Tüfekçi, V., Okuş, E. (1998). Distribution of Phytoplankton in the Marmara Sea, Turkey. SECOTOX, International Conference on Ecotoxicology and Environmental Safety, 19–21 October, Antalya, Turkey.
- Tüfekçi, V., Balkıs, N., Beken, Ç. P., Ediger, D., Mantıkcı, M. (2010). Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Biology*, 34, 199–210. <https://doi.org/10.3906/biy-0812-1>
- Türkoğlu, M. (2008). Synchronous blooms of the coccolithophore *Emiliana huxleyi* and three dinoflagellates in the Dardanelles (Turkish Straits System). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88, 433–441.
- Türkoğlu, M. (2010a). Winter bloom and ecological behaviors of coccolithophore *Emiliana huxleyi* (Lohmann) Hay and Mohler, 1967 in the Dardanelles (Turkish Straits System). *Journal of Hydro-environment Research*, 41, 104–114.
- Türkoğlu, M. (2010b). Temporal variations of surface phytoplankton, nutrients and chlorophyll a in the Dardanelles (Turkish Strait system): a coastal station sample in weekly time intervals. *Turkish Journal of Biology*, 34, 319–333.
- Türkoğlu, M. (2013). Red tides of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* associated with eutrophication in the Sea of Marmara (the Dardanelles, Turkey). *Oceanologia*, 55, 709–732.
- Türkoğlu, M., Oner, C. (2010). Short time variations of winter phytoplankton, nutrient and chlorophyll a of Kepez Harbor in the Dardanelles (Çanakkale Strait, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 537–548.
- Türkoğlu, M., Erdoğan, Y. (2010). Diurnal variations of summer phytoplankton and interactions with some physicochemical characteristics under eutrophication of surface water in the Dardanelles (Çanakkale Strait, Turkey). *Turkish Journal of Biology*, 34, 211–225.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 9, 1–38.
- Uysal Z. (1987). Fate and Distribution of Plankton Around the Bosphorus, Golden Horn, North-eastern Marmara and the Bay of İzmit. The Middle East Technical University. Institute of Marine Sciences.
- Uysal, Z. (1996). A net-plankton study in the bosphorus junction of the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Botany*, 20, 321–327.
- Uysal, Z., Ünsal, M. (1996). Spatial distribution of net diatoms along adjacent water masses of different origin. *Turkish Journal of Botany*. Vol. 20, 519–525.
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M. A., Özsoy, E. (1990). On the physical oceanography of the Turkish Straits. In: Pratt, L.J. (Ed.), *The Physical Oceanography of Sea Straits*, Kluwer Academic Publishers, 25–60.
- Veldhuis, M. J. W., Kraay, G. W. (2004). Phytoplankton in the subtropical Atlantic Ocean: Towards a better assessment of biomass and composition. *Deep-Sea Research Part I*:

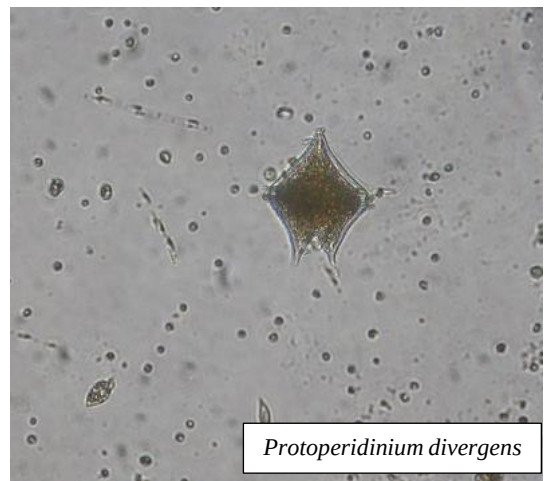
- Oceanographic Research Papers, 51 (4), 507–530.
<https://doi.org/10.1016/j.dsr.2003.12.002>
- Verity, P. G., Robertson, C. Y., Tronzo, C. R., Andrews, M. G., Nelson, J. R., Sieracki, M. E. (1992). Relationships between cell volume and the carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. *Limnology and Oceanography*, 37 (7), 1434–1446. <https://doi.org/10.4319/lo.1992.37.7.1434>
- Vollenweider, R. A., Giovanardi, F., Montanari, G., Rinaldi, A. (1998). Characterization of the Trophic Conditions of Marine Coastal Waters with Special Reference to the NW Adriatic Sea: Proposal for a Trophic Scale, Turbidity and Generalized Water Quality Index. *Environmetrics*, 9, 329–357.
- Wänstrand, I., Snoeijs, P. (2006). Phytoplankton community dynamics assessed by ships-of-opportunity sampling in the northern Baltic Sea: A comparison of HPLC pigment analysis and cell counts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66 (1–2), 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.08.003>
- Winkler, L.W. (1888). The determination of dissolved oxygen in water. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21, 2843–2855.
- WoRMS (World Register of Marine Species): <http://www.marinespecies.org/>
- Wright, S.W., Jeffrey, S.W. (1987). Fucoxanthin pigment markers of marine phytoplankton analysed by HPLC and HPTLC. *Marine Ecology Progress Series*, 38, 259–266.
- Wright, S. W. (1991). Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 77 (2–3), 183–196. <https://doi.org/10.3354/meps077183>
- Yılmaz, A. (2002). Türkiye denizlerinin biyojeokimyası: dağılımlar ve dönüşümler biogeochemistry of the seas surrounding Turkey: cycling and distributions, 26, 219–235.
- Yılmaz, A., Tugrul, S., Polat, C., Ediger, D., Çoban, Y. Morkoc, E. (1998). On the Production, Elemental Composition (C, N, P) and Distribution of Photosynthetic Organic Matter in the Southern Black Sea. *Hydrobiologia*, 363, 141–156.
- Yılmaz, İ. N. (2015). Collapse of zooplankton stocks during *Liriope tetraphylla* (Hydromedusa) blooms and dense mucilaginous aggregations in a thermohaline stratified basin. *Marine Ecology*, 36, 595–610.
- Yılmaz İ., Okuş E., Yüksek A. (2005). Evidences for influence of a heterotrophic dinoflagellate (*Noctiluca scintillans*) on zooplankton community structure in a highly stratified basin. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64, 475–485.
- Yüksek A. (2013). Marmara'da Biyolojik Çeşitliliğin Tarihsel Seyri, Çeşitliliği Etkileyen Faktörler ve Sürdürülebilirlik Açısından Alınacak Tedbirler. “Derdimiz, Değerimiz, Denizimiz: MARMARA” Çevre Sempozyum Kitabı, İstanbul.
- Yüksek, A., Gürkan, Y. (2016). İstanbul Bölgesi Yumuşak Zemin Makrozoobentik Kommunitelerinin Ekolojik Kalite Sınıflandırması. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı, Bildiri Özetleri Kitabı, 67, 31 Mayıs–3 Haziran 2016, Ankara.
- Zhang, P., Xu, J. L., Zhang, J. B., Li, J. X., Zhang, Y. C., Li, Y., Luo, X. Q. (2020). Spatiotemporal dissolved silicate variation, sources, and behavior in the eutrophic Zhanjiang Bay, China. *Water (Switzerland)*, 12, 1–16. <https://doi.org/10.3390/w12123586>

EKLER

EK 1. Çalışma boyunca tespit edilen bazı dinoflagellat türlerinin fotoğrafları

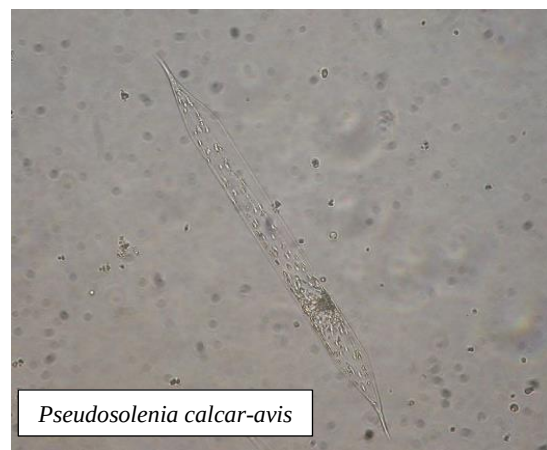
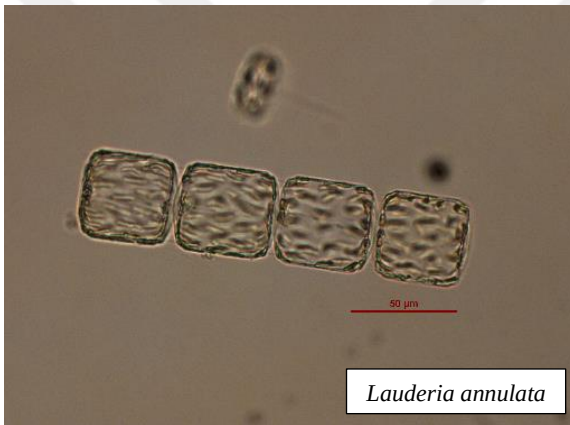




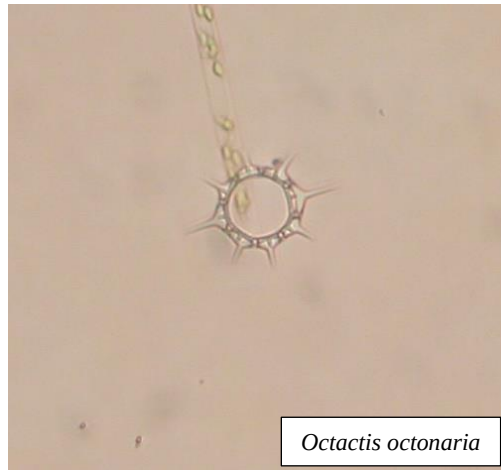
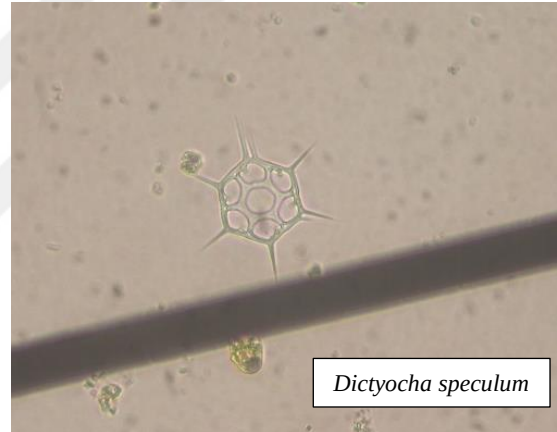
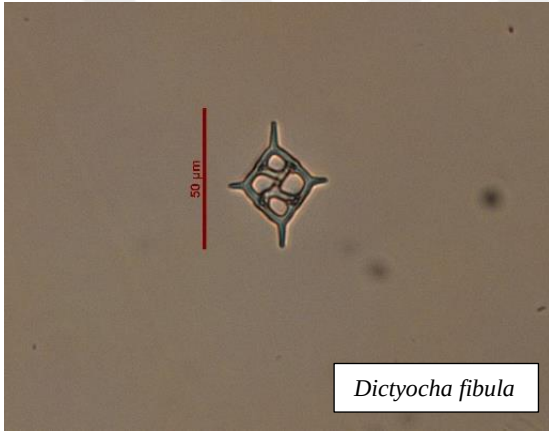
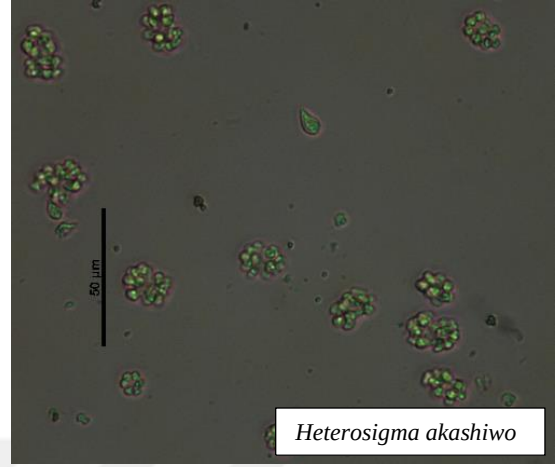
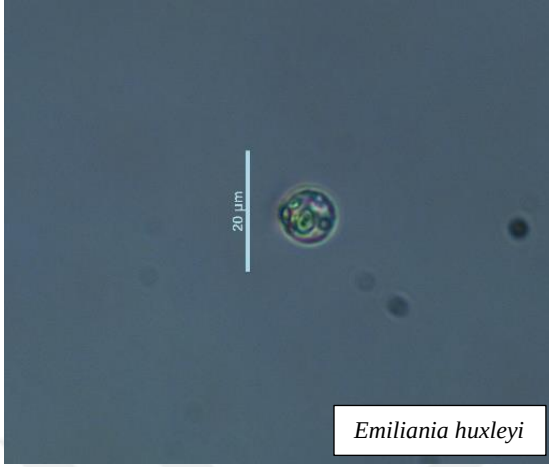


EK 2. Çalışma boyunca tespit edilen bazı diyatom türlerinin fotoğrafları





EK 3. Çalışma boyunca tespit edilen diğer gruplara ait türlerinin fotoğrafları



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	:
Doğum yeri	:
Lise	: (2003-2006), Milas Lisesi
Lisans	: (2007-2011), Süleyman Demirel Üniversitesi, Biyoloji
Yüksek Lisans	: (2011-2014), Süleyman Demirel Üniversitesi, Biyoloji
Doktora	: (2015-), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı
Çalıştığı kurum	: (2015-), TÜBİTAK MAM, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü- Uzman Araştırmacı

Bilimsel makale/bildiriler:

- Bayram Partal, F.**, Ediger, D. (2022). İzmit Körfezi ve Kuzeydoğu Marmara Denizi'nin Fitoplankton Çeşitliliği ve Zararlı Tür Kompozisyonu. Marmara Denizi 2022 Sempozyumu, Ocak 2022, İstanbul.
- Öztürk, İ. D., Mutlu, S., Kaman, G., **Bayram Partal, F.**, Demirtaş, A., Çağlar, S. (2021). Vertical distribution of mucilage typology in the water column after a massive mucilage formation in the surface waters of the Sea of Marmara. J. Black Sea/Mediterranean Environment, 27(2), 184–201.
- Dursun, F., Taş, S., **Bayram Partal, F.**, Ediger, D. (2020). Determination of phytoplankton composition by microscopy and HPLC-derived pigment analysis in the Sea of Marmara. Mediterranean Marine Science, 21(3), 653-663. doi:https://doi.org/10.12681/mms.23084
- Bayram Partal, F.**, Taş, S., Sözer, B., 2019. Marmara Denizi Fitoplankton Kompozisyonu ve Tür Çeşitliliğinin Zamana Bağlı Değişimi. II. Ulusal Denizlerle İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Aralık 2019, Ankara.
- Bayram Partal, F.**, Ediger, D., 2019. İzmit Körfezi Fitoplankton Kompozisyonu ve Tür Çeşitliliğinin Zamana Bağlı Değişimi. II. Ulusal Denizlerle İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Aralık 2019, Ankara.
- Kuzyaka, E., **Bayram Partal, F.**, Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Aslan, E., Tan, İ., Aydemir, Ü., Oğuz, E., 2019. Haliç'in Su Kalitesindeki Değişim. II. Ulusal Denizlerle İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Aralık 2019, Ankara.
- Bayram Partal, F.**, Ediger, D., Tüfekçi, V., 2018. İzmit Körfezi Fitoplankton Topluluğu ve Tür Çeşitliliği Değişimlerinin İncelenmesi. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı 2018, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Kuzyaka, E., Tüfekçi, V., Mantıkcı, M., **Bayram Partal, F.**, Tüfekçi, H., Aydemir, Ü., Haliç'in Trofik Seviyesinin Belirlenmesi. Türkiye Deniz Bilimleri Konferansı 2018, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Tüfekçi, A.V., Sözer, B., **Bayram, F.**, Ediger, D., Atabay, H., Beken, Ç., 2016. İzmit Körfezi Fitoplankton Topluluklarının ve Tür Çeşitliliğinin Uzun Dönem Değişimleri. Türkiye

Deniz Bilimleri Konferansı 2016, ODTÜ Kültür Ve Kongre Merkezi Ankara, 30 Mayıs-3 Haziran 2016, Ankara.

Kalkan, E., **Bayram Partal, F.**, Polat Beken, S., 2016. Deniz İzleme Çalışmalarında DNA Barkodlama Pilot Uygulaması. I. Ulusal Denizlerde İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Grand Otel Ankara, 23 Aralık 2016, Ankara.

Tüfekçi, V., Kuzyaka, E., **Bayram Partal, F.**, Atabay, H., Mantıkcı, M., Beken, Ç., Tüfekçi, H., Akyol, O., 2016. Marmara Denizi İstanbul Çevresi Su Kalitesi Durum Değerlendirmesi. I. Ulusal Denizlerle İzleme ve Değerlendirme Sempozyumu, Grand Otel Ankara, 23 Aralık 2016, Ankara.

Çalıştığı Projeler:

Denizlerde Bütünleşik Kirlilik İzleme İşi

Denizde ve Haliçde Su/Sediment Kalitesi ve Haliç'te Biyoçeşitliliğin İzlenmesi

İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilen Geliştirilmesi

ANEMONE- Assessing the Vulnerability of the Black Sea Marine Ecosystem to Human Pressures

Gemlik Körfezi Su Kalitesinin İzlenmesi, Değerlendirilmesi ve Derin Deniz Deşarjı Hatlarının Görüntülenmesi

İzmir ve Yenifoça Körfezi, Seferihisar Akarca Koyu Oşinografik İzleme Projesi

Alibey Barajı Havzası Koruma Planı Çalışması

Ömerli Barajı Havzası Koruma Planı Çalışması

Çınarcık - Doğancı - Nilüfer Baraj Gölü Havzaları Koruma Planı

BRIDGE-Advancing Black Sea Research and Innovation to co-Develop Blue Growth Within Resilient Ecosystems

Marmara Denizi Müsilaj Oluşumu Değerlendirilmesi İşi

Tekirdağ Ergene Derin Deniz Deşarj Hattının Görüntülenmesi ve Su Kalitesinin İzlenmesi

Yerüstü Sularında Mikroplastikler, Etkileri ve Kontrol Yöntemleri Projesi

Müsilaja Neden Olan Fitoplanktonik Organizmalar ile Halk Sağlığını Tehdit Eden Toksin Üreten Türlerin Ortam Faktörleriyle İlişkisinin Ortaya Konması ve Besin Ağına Etkisinin Belirlenmesi

Ekstrem Rüzgar ve Yağmur Koşullarında İstanbul Boğazı Akıntısı ile Marmara Denizi'ne Dağılan Kısa Süreli/Sporadik Besin Tuzu Yükü ve Müsilaj Oluşumunda Etkisi

Marmara Denizi Müsilaj Oluşumu Değerlendirilmesi İşi



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK RAPORU UYGUNLUK FORMU



ÖĞRENCİNİN ADI SOYADI : Fatma BAYRAM PARTAL
ÖĞRENCİ NO : 3002150002
ÖĞRETİM YILI : 2021-2022
ANABİLİM DALI / BİLİM DALI : Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi
PROGRAM TÜRÜ : YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA ☒
TEZ DANIŞMANI ÜNVANI ADI SOYADI : Prof. Dr. Dilek EDİGER
II. TEZ DANIŞMANI ÜNVAN ADI SOYADI : -
TEZ BAŞLIĞI : İzmit Körfezi ve Kuzeydoğu Marmara Denizi'nin
Fitoplankton Kompozisyonunun Su Kalitesi Değişken-
leri ile Birlikte İncelenmesi

DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Yukarıda başlığı verilen tez çalışmamın Kapak sayfası, Türkçe ve İngilizce özet, giriş ve amaç, genel bilgiler, materyal-
metot, bulgular, tartışma, sonuç ve kaynaklar bölümlerinden oluşan toplam 208 sayfalık kısmına ilişkin, 17/11/2021 tarihinde
Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsünün kullandığı TURNİTİN programı ile, *Lisansüstü Tezlere ait Benzerlik
Raporlarının Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Uygulama Esaslarının 5inci madde ikinci fıkrasında belirtilen filtrelemeler*
uygulanarak alınmış nihai rapora göre benzerlik oranı % 11'dir.

Tezimin benzerlik oranı, 06/122017 tarih ve 20 sayılı *Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yönetim Kurul
Kararıyla Tezin* intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için kabul edilmiş olan üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır.

İntihal programı ile raporlanan Tezime ait Benzerlik oranım Üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit
edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu beyan ederim.

Gereğini arz ederim.

İmza
Öğrenci Ad-Soyadı
Tarih:/...../.....

EK: TURNİTİN Benzerlik Nihai Raporu ilk sayfa çıktısı

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR / UYGUN DEĞİLDİR
(Ünvan, Ad Soyadı, İmza)

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM VE ÖĞRETİM YÖNETMELİĞİ (08.09.2016/29825)

(Yüksek Lisans) **MADDE 36 – (2)** Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir.

(Doktora) **MADDE 50 – (4)** Öğrenci, doktora tezinin savunmasından önce tezini, düzeltme verilen tezlerde ise düzeltilmiş tezini danışmanına sunar. Tezle ilgili benzerlik ön incelemesi, danışmanın bilgisi dahilinde öğrenci ile birlikte Üniversitenin kabul ettiği yazılım programı kullanılarak yapılır. Enstitü, söz konusu teze ilişkin intihal yazılım programı nihai raporunu alarak danışmana ve jüri üyelerine gönderir. Rapordaki verilerde veya sınav jüri üyesi/üyelerinin somut kanıtlarla belgeledikleri verilere göre gerçek bir intihalin tespiti halinde; tez, gerekçesi ile birlikte, karar verilmek üzere enstitü yönetim kuruluna gönderilir

İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA DENİZİ'NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ

Yazar Fatma Bayram Partal

Gönderim Tarihi: 17-Kas-2021 10:52AM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1705413059

Dosya adı: EZ_VE_KUZEYDO_U_MARMARA_DEN_Z_N_N_F_TOPLANKTON_KOMPOZ_SYONU.docx (6.26M)

Kelime sayısı: 35680

Karakter sayısı: 222905

İZMİT KÖRFEZİ VE KUZEYDOĞU MARMARA DENİZİ'NİN FİTOPLANKTON KOMPOZİSYONUNUN SU KALİTESİ DEĞİŞKENLERİ İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 11	% 10	% 5	% 4
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	webdosya.csb.gov.tr İnternet Kaynağı	% 3
2	tez.sdu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 2
3	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	% 1
4	tudav.org İnternet Kaynağı	<% 1
5	nopr.niscair.res.in İnternet Kaynağı	<% 1
6	www.apikam.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	acikarsiv.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
8	journals.tubitak.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1

9	YILDIRIM, M. Zeki. "Türkiye Prosobranchia (Gastropoda: Mollusca) türleri ve Zoocoğrafik yayılışları 1. Tatlı ve acı sular", TÜBİTAK, 1999. Yayın	<% 1
10	Submitted to Canakkale Onsekiz Mart University Öğrenci Ödevi	<% 1
11	susemp2017.sinop.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
12	acikerisim.erdogan.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
13	ejournals.epublishing.ekt.gr İnternet Kaynağı	<% 1
14	www.akuademi.net İnternet Kaynağı	<% 1
15	www.revbiolmar.cl İnternet Kaynağı	<% 1
16	Muharrem Balci, Neslihan Balkis. "Assessment of phytoplankton and environmental variables for water quality and trophic state classification in the Gemlik Gulf, Marmara Sea (Turkey)", Marine Pollution Bulletin, 2017 Yayın	<% 1
17	repositorio.unp.edu.pe İnternet Kaynağı	<% 1

18

www.cambridge.org

İnternet Kaynağı

<% 1

19

AĞLAÇ, Ece and BALKIS2, Neslihan.

"Investigation of the Seasonal Variation in the Phytoplankton in the Surface Waters of the Gulf of Edremit", İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, 2014.

Yayın

<% 1

20

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

21

Helen Michelle de Jesus Affe, Lorena Pedreira Conceição, Diogo Souza Bezerra Rocha, Luis Antônio de Oliveira Proença et al.

"Phytoplankton community in a tropical estuarine gradient after an exceptional harmful bloom of *Akashiwo sanguinea* (Dinophyceae) in the Todos os Santos Bay", Ocean and Coastal Research, 2021

Yayın

<% 1

22

www.dogakoleji.com

İnternet Kaynağı

<% 1

23

www.sumae.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

24

www.tuba.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

25

old.ims.metu.edu.tr

26

trjfas.org

İnternet Kaynağı

<% 1

27

www.globalsavunma.com.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

28

www.redalyc.org

İnternet Kaynağı

<% 1

29

dspace.kocaeli.edu.tr:8080

İnternet Kaynağı

<% 1

30

MOL, Abbas, ŞİRİN, Deniz and TAYLAN, Mehmet Sait. "Türkiye'de dağılım gösteren bazı Caelifera (Insecta: Orthoptera) türlerinin yeni lokalite kayıtları, endemizm, yaygınlık ve tarımsal zarar oluşturma açısından değerlendirilmesi", Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, 2014.

Yayın

<% 1

31

www.iski.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

32

nek.istanbul.edu.tr:4444

İnternet Kaynağı

<% 1

33

Submitted to Mersin Üniversitesi

Öğrenci Ödevi

<% 1

34

repozitorij.unizg.hr

İnternet Kaynağı

<% 1

35

www.oag-fundacion.org

İnternet Kaynağı

<% 1

36

Ahmet Höbek, Akın Savaş Toklu, Neslihan Balkis-Ozdelice, Benin Toklu Alıçlı. "Ölümcül Dalış Kazalarında Boğulma Derinliğinin Belirlenmesinde Planktonik Organizmalar Yardımcı Olabilir mi?", The Bulletin of Legal Medicine, 2020

Yayın

<% 1

37

P.Y. Guo, H.T. Shen, J.H. Wang. "Species diversity, community structure and distribution of phytoplankton in the Changjiang estuary during dry and flood periods", Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2013

Yayın

<% 1

38

bizimmarmara.org

İnternet Kaynağı

<% 1

39

kocaeli.bel.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

40

Submitted to Universidad de Cádiz

Öğrenci Ödevi

<% 1

41

www.yumpu.com

İnternet Kaynağı

<% 1

42	polytraits.lifewatchgreece.eu İnternet Kaynağı	<% 1
43	www.bursa.bel.tr İnternet Kaynağı	<% 1
44	www.trjfas.org İnternet Kaynağı	<% 1
45	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Öğrenci Ödevi	<% 1
46	Submitted to Suleyman Demirel University Öğrenci Ödevi	<% 1
47	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
48	Qian Yang, Weihao Xu, Tiangang Luan, Tianle Pan, Lihua Yang, Li Lin. "Comparative responses of cell growth and related extracellular polymeric substances in Tetraselmis sp. to nonylphenol, bisphenol A and 17 α -ethinylestradiol", Environmental Pollution, 2021 Yayın	<% 1
49	Hanan Khairy, Kamal Shaltout, Mostafa El-Sheekh, Dorea Eassa. "A Checklist of Diatom Species Reported from the Egyptian Mediterranean Lakes", Annual Research & Review in Biology, 2017	<% 1

-
- 50 Nieves Bouza. "Checklist of Phytoplankton on the South Coast of Murcia (SE Spain, SW Mediterranean Sea)", NATO Science for Peace and Security Series A Chemistry and Biology, 2008
Yayın <% 1
-
- 51 The Physiology of Microalgae, 2016.
Yayın <% 1
-
- 52 Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)
Öğrenci Ödevi <% 1
-
- 53 mafiadoc.com
İnternet Kaynağı <% 1
-
- 54 ueaeprints.uea.ac.uk
İnternet Kaynağı <% 1
-
- 55 www.marinespecies.org
İnternet Kaynağı <% 1
-
- 56 Aktan, Y.. "Distribution patterns, biomass estimates and diversity of phytoplankton in Izmit Bay (Turkey)", Estuarine, Coastal and Shelf Science, 200508
Yayın <% 1
-
- 57 adudspace.adu.edu.tr:8080
İnternet Kaynağı <% 1
-

58

İnternet Kaynağı

<% 1

59

polen.itu.edu.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

60

www.ssc-ras.ru

İnternet Kaynağı

<% 1

61

Neslíhan Balkis. "Tintinnids (Protozoa: Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara", Scientia Marina, 2007

Yayın

<% 1

62

dcm.dka.gov.tr

İnternet Kaynağı

<% 1

63

nfp-si.eionet.europa.eu

İnternet Kaynağı

<% 1

64

www.indyturk.com

İnternet Kaynağı

<% 1

65

www.researchgate.net

İnternet Kaynağı

<% 1

66

I. Gárate -Lizárraga. "PROLIFERATION OF *Amphidinium carterae* (GYMNODINIALES: GYMNODINIACEAE) IN BAHÍA DE LA PAZ, GULF OF CALIFORNIA", CICIMAR Oceánides, 2012

Yayın

<% 1

67	Lotfi Mabrouk, Mounir Ben Brahim, Asma Hamza, Mabrouka Mahfoudhi, Med Najmeddine Bradai. "Variability in the structure of epiphytic microalgae assemblages on the leaves of <i>Posidonia oceanica</i> in relation to human disturbance in a meadow off Tunisia", Scientia Marina, 2014 Yayın	<% 1
68	aquatres.scientificwebjournals.com İnternet Kaynağı	<% 1
69	docplayer.dk İnternet Kaynağı	<% 1
70	livrepository.liverpool.ac.uk İnternet Kaynağı	<% 1
71	w3.ualg.pt İnternet Kaynağı	<% 1
72	www.blackmeditjournal.org İnternet Kaynağı	<% 1
73	www.egejfas.org İnternet Kaynağı	<% 1
74	www.jisikworld.com İnternet Kaynağı	<% 1
75	www.kisr.edu.kw İnternet Kaynağı	<% 1
76	www.tarimorman.gov.tr	

77

BAGHERI, Siamak, MANSOR, Mashhor, TÜRKOĞLU, Muhammet, MAKAREMI, Marzieh, OMAR, Wan Maznah Wan and NEGARESTAN, Hossein. "Phytoplankton species composition and abundance in the Southwestern Caspian Sea", Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı, 2012.

Yayın

<% 1

78

Aykan Karademir, Halim Aytekin Ergül, Bircan Telli, Seda Aslan Kılavuz, Mine Terzi. "Evaluation of PCDD/F pollution in surface sediments of Izmit Bay", Environmental Science and Pollution Research, 2013

Yayın

<% 1

79

archive.org
İnternet Kaynağı

<% 1