

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

HALİÇ ÜST TABAKA SUYUNDA DOMOİK ASİT
DAĞILIMININ ÇEVRESEL FAKTÖRLER İLE
BİRLİKTE ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

M.Sc. Fuat DURSUN

Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

Danışman

Doç. Dr. V. Selma ÜNLÜ

OCAK, 2015

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

Fuat DURSUN tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “ HALIÇ ÜST TABAKA SUYUNDA DOMOİK ASİT DAĞILIMININ ÇEVRESEL FAKTÖRLER İLE BİRLİKTE ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez, FİZİKSEL OŞİNOGRAFI ve DENİZ BİYOLOJİSİ Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

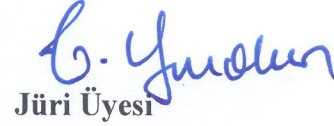
Tez Danışmanı

Doç. Dr. V. Selma ÜNLÜ



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Türkan YURDUN



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Elif ERHAN



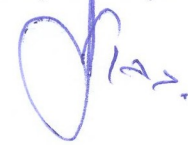
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Dilek EDİGER



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Seyfettin TAŞ



Tez Savunma Tarihi: 14.01.2015

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında, İstanbul Haliç bölgesinde belirlenen 6 noktada, Ağustos 2011 - Temmuz 2012 arasındaki 1 yıllık dönem boyunca, deniz suyu ve fitoplankton kepçe örnekleri toplanmış, bu örneklerde deniz suyuna ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin ölçümü ve analizi yapılmış, partikül maddedeki ve fitoplanktondaki domoik asit konsantrasyonları Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi-Floresans Dedeksiyonu (HPLC-FLD) yöntemi ile tespit edilmiştir. Domoik asit değerleri ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler arasındaki ilişki istatistiksel analizlerle birlikte karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

Doktora tez çalışmam süresince danışmanlığımı yapan, her türlü bilgi ve moral desteği ile bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. V. Selma ÜNLÜ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kromatografik analizler konusundaki her türlü bilgi birikimini bana aktaran ve kendi laboratuvarını kullanmama olanak veren tez izleme komitesi üyesi Prof. Dr. Türkan YURDUN'a, mikroskop çalışmalarında bana yol gösteren ve hiç bir konuda desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Seyfettin TAŞ'a ve yüksek lisans süresince danışmanlığımı yapan, fikirlerine her zaman değer verdiğim tez izleme komitesi üyesi Prof. Dr. Elif ERHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her zaman manevi desteklerini arkamda hissettiğim çalışma arkadaşlarım Araş. Gör. Dr. Noyan YILMAZ, Araş. Gör. Dr. Nazlı DEMİREL ve Yrd. Doç. Dr. Denizhan VARDAR ile tez yazım şablonunu kontrol eden Yrd. Doç. Dr. Volkan DEMİR'e teşekkür ederim.

Son olarak, her türlü sıkıntımı ve mutluluğumu paylaşan, her zaman sevgisini ve desteğini arkamda hissettiğim hayat arkadaşım, sevgili eşim Esin ÖZÇELİK DURSUN'a ve bana her zaman güvenerek destek olan, bugünlere ulaşmamı sağlayan aileme çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan arazi çalışmaları ve analizler, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Tez Projesi 18585) tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ	vii
EK LİSTESİ.....	viii
I. GİRİŞ	1
1.1.Denizel Zehirlenme Türleri.....	6
1.1.1.Paralize edici kabuklu zehirlenmesi	6
1.1.2.Siguatera balık zehirlenmesi	7
1.1.3.Diyare edici kabuklu zehirlenmesi	8
1.1.4.Nörotoksik kabuklu zehirlenmesi	8
1.1.5.Azaspasit zehirlenmesi	8
1.1.6.Amnezik kabuklu zehirlenmesi	9
1.2.Domoik Asit (DA).....	10
1.2.1.Fiziko-kimyasal yapısı.....	10
1.2.2.Biyolojik degradasyon, biyokonsantrasyon ve biyoakümülyasyon direnci	11
1.2.3.Toksisitesi.....	12
1.3.Biyotoksin Miktarlarını Etkileyen Faktörler	14
1.3.1.Fiziko-kimyasal parametreler	14
1.3.2.İnsan kaynaklı faktörler	15
1.3.3.Denizel toksinlerin çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri	16
1.4.Literatür Özeti	17
1.5.Çalışma Bölgesi Hakkında Genel Bilgiler	20
II. MATERYAL VE METOT	24
2.1. Analizlerde Kullanılan Kimyasallar.....	25
2.2. Örnekleme Yöntemleri.....	26
2.3. Analiz Yöntemleri.....	29

2.3.1. Klorofil-a analizi	29
2.3.2. Besin elementleri analizi	30
2.3.2.1. Nitrat+nitrit ($\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$) tayini.....	30
2.3.2.2. Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) tayini	31
2.3.2.3. Silikat ($\text{SiO}_2\text{-Si}$) tayini	31
2.3.3. Fitoplankton analizleri.....	31
2.3.4. Domoik asit analizi.....	32
2.3.4.1. Çözeltilerin hazırlanması	32
2.3.4.2. Ekstraksiyon ve türevlendirme	33
2.3.4.3. HPLC-FLD yöntemi ile domoik asit analizi.....	34
2.3.5. İstatistiksel analizler	38
III. BULGULAR.....	39
3.1. Fiziksel Parametreler.....	39
3.2. Kimyasal Parametreler	46
3.3. Biyolojik Parametreler	54
3.4. Domoik Asit (DA).....	64
3.4.1. Deniz suyunda partiküler domoik asit dağılımı.....	64
3.4.2. Fitoplankton kepçe örneklerinde domoik asit dağılımı	71
3.5. İstatistiksel Analiz Sonuçları.....	73
3.5.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)	73
3.5.1.1. Deniz suyu örnekleri	73
3.5.1.2. Fitoplankton kepçe örnekleri	76
3.5.2. Pearson korelasyon analizi	78
3.5.2.1. Deniz suyu örnekleri	78
3.5.2.2. Fitoplankton kepçe örnekleri	79
IV. TARTIŞMA VE SONUÇ	81
KAYNAKLAR	877
EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	120

ÖZET

HALIÇ ÜST TABAKA SUYUNDA DOMOİK ASİT DAĞILIMININ ÇEVRESEL FAKTÖRLER İLE BİRLİKTE ARAŞTIRILMASI

FUAT DURSUN

Bu çalışmanın ana amacı Haliç’ te var olan *Pseudo-nitzschia* türlerinin domoik asit (DA) üretilip üretilmediğinin belirlenmesi ve domoik asitin çevresel faktörler ile ilişkisinin belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda; Amnezik Kabuklu Zehirlenmesine (ASP) neden olan, bazı *Pseudo-nitzschia* türlerinin salgıladığı önemli bir biyotoksin olan Domoik Asit (DA) dağılımı, İstanbul Haliç’i (Altın Boynuz) üst tabaka suyunda 1 yıl boyunca (Ağustos 2011 – Temmuz 2012) partiküler maddede ve fitoplanktonda Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi-Floresans Dedeksiyonu (HPLC-FLD) yöntemiyle belirlenmiştir. Örneklem noktalarına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler ile domoik asit miktarları arasındaki ilişki korelasyon analiziyle, DA miktarı ve dağılımını etkileyen nedenler ise Temel Bileşenler Analizi (PCA) ile değerlendirilmiştir.

Çalışma periyodu içerisinde domoik asit miktarları, partiküler maddede 0,21-58,17 µg/L ve fitoplanktonda 0,76-94,34 µg/L konsantrasyonları arasında değişim göstermiştir. En yüksek biyotoksin miktarları Mayıs ayında 58,17 µg/L ve 94,34 µg/L olarak Haliç orta bölümde yer alan FD3 istasyonunun 10 m derinliğinde tespit edilmiştir. Domoik asitin varlığı *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu, sıcaklık ve tuzluluk değişkenleri ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, ortamdaki silikat ve fosfatın sınırlayıcı etkisi ile yüksek azot konsantrasyonları domoik asit üretimini artırıcı etkide bulunmuştur.

Amnezik Kabuklu Zehirlenmesine neden olan domoik asidin denizel canlılarda ve insanlarda ölüme sebebiyet vermesi dolayısıyla, düzenli veri setlerinin oluşturulabilmesi için bu yeni parametrenin su kalitesi izleme programlarına dahil edilmesi önerilmektedir. İstanbul Haliç’ inde ilk kez gerçekleştirilen bu çalışma ile bölgesel ve global literatüre katkıda bulunulmuştur.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE DISTRUBITION OF DOMOIC ACID AND INTERACTIONS WITH ENVIRONMENTAL FACTORS, IN THE UPPER LAYER WATER OF THE GOLDEN HORN ESTUARY, ISTANBUL

FUAT DURSUN

The main goal of this study is to determine the relationship between domoic acid (DA) and environmental factors in Golden Horn Estuary. For this purpose; high performance liquid chromatography-fluoresence detection method (HPLC-FLD) was used to determine the distribution of particulate and plankton net concentrations of Domoic Acid (DA), which is an important biotoxin excreted by *Pseudo-nitzschia* spp. and causes Amnesic Shellfish Poisoning (ASP), in the upper layer water of the Golden Horn Estuary, Istanbul, between August 2011 and July 2012. The relationship between DA concentrations and environmental factors (physical, chemical and biological) was analysed with Spearman correlation and the forcing factors of the DA distribution were evaluated with Principal Component Analysis (PCA).

In the study period, domoic acid concentrations ranged from 0.21 to 58.17 µg / L in the particulate matter and 0.76 - 94.34 µg / L in plankton net samples.. The highest biotoxin concentrations 58.17 µg / L and 94.34 µg / L were found in 10 m depth of FD3 station, in the middle section of the estuary, in May. Toxin presence may be related to the *Pseudo-nitzschia* spp. abundance, salinity and temperature. The limiting effect of the silicate and phosphate with high nitrogen concentrations evaluated as associated promoting factors with DA production.

In order to consider ASP poisoning caused by domoic acid has lethal effect on human and marine animals, it is recommended that domoic acid should be included in water pollution monitoring programs, to constitute permanent data sets, as a new parameter. This study provided the first detection of domoic acid in the Golden Horn Estuary and contributes to the knowledge at regional and global scales.

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1. Denizel biyotoksin grupları ve bu toksinleri üreten türler.....	7
Tablo 2. Analizlerde kullanılan kimyasalların listesi	25
Tablo 3. Örnekleme noktalarının coğrafi konumu ve derinlikleri	29
Tablo 4. Gradient sistemde HPLC analiz yöntemi	35
Tablo 5. Domoik asit (DA) geri kazanım çalışması sonuçları.....	37
Tablo 6. Aşağı, orta ve yukarı bölümdeki aylık en düşük, en yüksek ortalama sıcaklık değerleri	41
Tablo 7. Aşağı, orta ve yukarı bölümdeki aylık en düşük, en yüksek ve ortalama tuzluluk değerleri	42
Tablo 8. Deniz suyu örneklerinde birinci (PC1), ikinci (PC2) ve üçüncü (PC3) temel bileşen eksenlerindeki değişkenlere ait eigen vektörleri.	73
Tablo 9. Fitoplankton keçe örneklerinde birinci (PC1), ikinci (PC2) ve üçüncü (PC3) temel bileşen eksenlerindeki değişkenlere ait eigen vektörleri.	76
Tablo 10. Farklı çalışma bölgelerinde yüzey suyunda tespit edilen partiküler DA konsantrasyonlarının karşılaştırılması	84

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Zararlı alg aşırı üremelerinin besin zincirindeki etki mekanizması	2
Şekil 2. Domoik asit molekül yapısı.....	9
Şekil 3. <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. ışık mikroskobu görüntüsü	9
Şekil 4. Boğulmuş eski bir akarsu yatağı üzerine kurulmuş Haliç ve çevresi.	22
Şekil 5. Çalışma bölgesi ve örnekleme istasyonları	27
Şekil 6. Domoik asit analizlerinin yapıldığı HPLC-FLD cihazı görüntüsü.....	35
Şekil 7. Domoik asit standartına ait kalibrasyon eğrisi ve denklemi.....	36
Şekil 9. Seki diski derinliğinin zamana bağlı değişimi.....	39
Şekil 10. Yağış miktarının zamana bağlı değişimi	40
Şekil 11. Deniz suyu sıcaklık değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	44
Şekil 12. Tuzluluk değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	45
Şekil 12. Fosfat değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi.....	48
Şekil 13. Nitrat + nitrit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi.....	49
Şekil 14. Silikat değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	50
Şekil 15. Çözülmüş oksijen değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	52
Şekil 16. pH değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	53
Şekil 17. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait toplam fitoplankton ve <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi	56
Şekil 18. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait toplam fitoplankton ve <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi	57
Şekil 19. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait toplam fitoplankton bolluğu içerisindeki <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. oranının zamana ve derinliğe bağlı değişimi	60
Şekil 20. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait toplam fitoplankton bolluğu içerisindeki <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. oranının zamana ve derinliğe bağlı değişimi	61
Şekil 21. Klorofil-a değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	62
Şekil 22. Klorofil-a konsantrasyonu ve toplam fitoplankton bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi	63
Şekil 23. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait partiküler domoik asit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	66
Şekil 24. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait partiküler domoik asit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi	67
Şekil 25. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait partiküler domoik asit konsantrasyonu ve <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi	69

Şekil 26. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait partiküler domoik asit konsantrasyonu ve <i>Pseudo-nitzschia</i> spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi	70
Şekil 27. FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarına ait kepçe örneklerinde fitoplanktondaki domoik asit değerlerinin zamana bağlı değişimi	72
Şekil 28. Tüm istasyonlardaki çevresel parametreler ve partiküler DA verileri ile oluşturulan temel bileşenler analizinin ilk iki temel bileşenine göre istasyonların dağılımı.....	75
Şekil 29. FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarındaki çevresel parametreler ve fitoplanktondaki DA verileri ile oluşturulan temel bileşenler analizinin ilk iki temel bileşenine göre istasyonların dağılımı	77

KISALTMA LİSTESİ

ACN	: Asetonitril
APHA	: American Public Health Association (Amerikan Halk Sağlığı Birliği)
ASP	: Amnesic Shellfish Poisoning (Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi)
AZP	: Azaspiracid Poisoning (Azaspirasit Zehirlenmesi)
CFP	: Ciguatera Fish Poisoning (Siguatera Balık Zehirlenmesi)
Chl-a	: Klorofil-a
ÇO	: Çözünmüş oksijen
DA	: Domoik asit
DSP	: Diarrhetic Shellfish Poisoning (Diyare edici Kabuklu Zehirlenmesi)
EFSA	: European Food Safety Authority (Avrupa Besin Güvenliği Merkezi)
FLD	: Flurosence Detection (Floresans Dedeksiyon)
FMOC-Cl	: 9-Fluorenylmethyl chloroformate
GPS	: Global Positioning System (Küresel Yer Belirleme Sistemi)
HAB	: Harmful Algal Blooms (Zararlı Alg Aşırı Çoğalmaları)
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
LOD	: Limit of detection (Belirleme limiti)
LOQ	: Limit of quantification (Tayin limiti)
NO₃+NO₂-N	: Nitrat + Nitrit
NSP	: Neurotoxic Shellfish Poisoning (Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi)
OA	: Okadaik asit
PCA	: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
PO₄-P	: Fosfat
PSP	: Paralytic Shellfish Poisoning (Paralize edici Kabuklu Zehirlenmesi)
SiO₂-Si	: Silikat
TFA	: Trifloroasetik asit

EK 1. Örneklemeye günlerine ait meteorolojik veriler	102
EK 2. HPLC kromatogramları.....	103
EK 2(a). Deniz suyu örneklerine ait bazı HPLC kromatogramları	103
EK2 (a)-1. FD2 istasyonu 5 m deniz suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012)	103
EK2 (a)-2. FD3 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012).....	103
EK2 (a)-3. FD4 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012).....	103
EK2 (a)-4. FD1 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	104
EK2 (a)-5. FD2 istasyonu 5 m deniz suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)	104
EK2 (a)-6. FD3 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	104
EK2 (a)-7. FD4 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	105
EK2 (a)-8. FD5 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	105
EK2 (a)-9. FD6 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	105
EK 2(b). Fitoplankton kepçe örneklerine ait bazı HPLC kromatogramları	106
EK2 (b)-1. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011).....	106
EK2 (b)-2. FD2 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011).....	106
EK2 (b)-3. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011).....	106
EK2 (b)-4. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (21.09.2011).....	107
EK2 (b)-5. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (21.09.2011).....	107
EK2 (b)-6. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011).....	107
EK2 (b)-7. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011).....	108
EK2 (b)-8. FD2 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011).....	108
EK2 (b)-9. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (10.04.2012).....	108
EK2 (b)-10. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (30.04.2012).....	109
EK2 (b)-11. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012).....	109
EK2 (b)-12. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012).....	109
EK 3. Pearson Korelasyon Analizi tabloları	110
EK 3(a). Deniz suyu örnekleri	110
EK3 (a)-1. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=9, p<0,05) (Haziran 2012) (Temel Bileşenler Analizi A KÜMESİ)	110
EK3 (a)-2. FD5, FD6 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=4, p<0,05) (15 ve 31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi B KÜMESİ)	110

EK3 (a)-3. FD3 istasyonundaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Kasım 2011) (Temel Bileşenler Analizi C KÜMESİ)	111
EK3 (a)-4. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi D KÜMESİ)	111
EK3 (a)-5. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=8, p<0,05) (Temmuz 2012) (Temel Bileşenler Analizi E KÜMESİ).....	112
EK3 (a)-6. FD3 istasyonundaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=4, p<0,05) (15 ve 31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi F KÜMESİ).....	112
EK3 (a)-7. FD1, FD2, FD4 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=7, p<0,05) (15 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi G KÜMESİ)	113
EK3 (a)-8. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=5, p<0,05) (31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi H KÜMESİ)	113
EK 3(b). Fitoplankton kepçe örnekleri.....	114
EK3 (b)-1. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Ağustos, 2011) ..	114
EK3 (b)-2. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Eylül, 2011).....	114
EK3 (b)-3. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Ekim, 2011).....	115
EK3 (b)-4. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Kasım, 2011).....	115
EK3 (b)-5. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Aralık, 2011).....	116
EK3 (b)-6. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=6, p<0,05) (Mayıs, 2012)	116
EK3 (b)-7. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Haziran, 2012)...	117
EK3 (b)-8. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Temmuz, 2012).	117
EK 4. Deniz suyundaki besin elementi oranları	118
EK4 -1. FD1 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	118
EK4 -2. FD2 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	118
EK4 -3. FD3 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	118

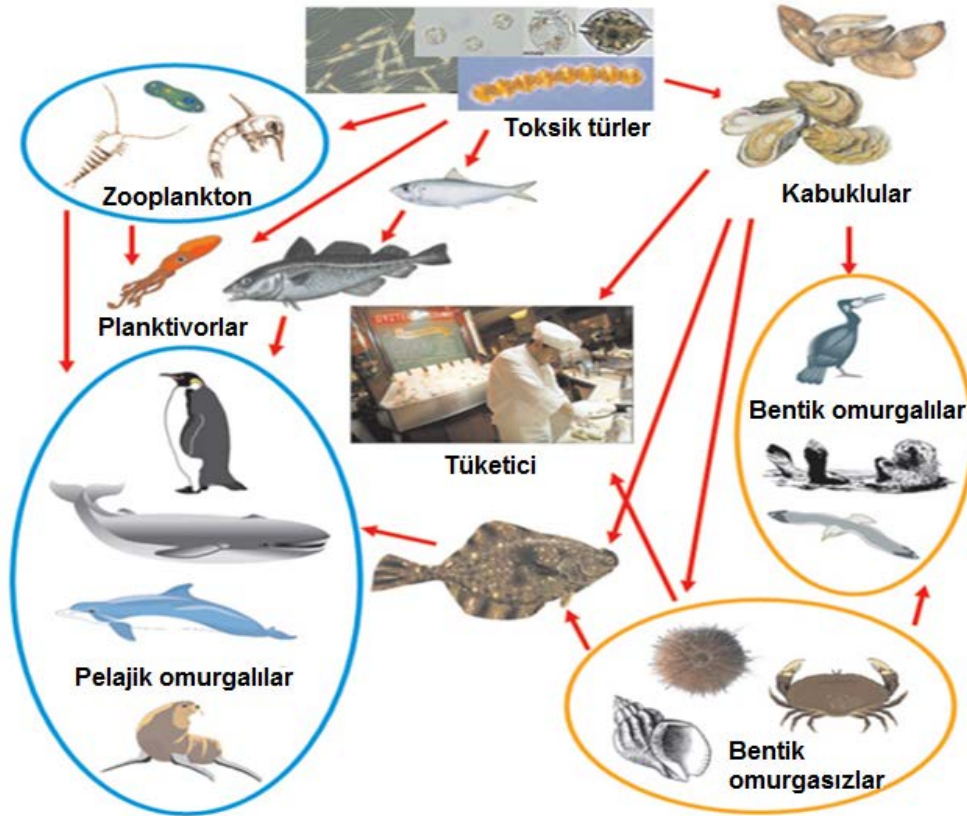
EK4 -4. FD4 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	119
EK4 -5. FD5 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	119
EK4 -6. FD6 istasyonuna ait besin elementi oranları.....	119

I. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın başından itibaren insan nüfusundaki ve tarımsal faaliyetlerdeki artış, endüstrileşme gibi çeşitli faktörler kıyısulardaki azot ve fosfor kaynaklarını arttırmıştır. Yapay gübre kullanımı, atmosferik girdiler, atıksular ve tarımsal atıklar gibi etkenler bu artışta önemli bir yer teşkil etmektedir. İnsan kaynaklı bu girdiler fitoplankton üretimini destekleyici önemli bir potansiyele sahiptir. Mikroalgler, fotosentetik aktiviteleri nedeniyle deniz ekosistemi içerisindeki biyokütlenin ve organik ürünlerin oluşmasında en önemli üreticiler olarak göze çarpmaktadır (Madigan v.d.,1999). Bugüne kadar tanımlanmış 5.000 fitoplankton türünün yaklaşık 300 tanesi yüksek üreme kapasitesine sahiptir ve bunun sonucu olarak yüksek hücre sayılarına ulaşan alg aşırı üremeleri meydana gelmektedir. Bu tür durumları ortaya çıkaran koşullar henüz tam olarak aydınlatılamamış olsa da, özellikle iklimsel ve hidrografik şartların önemli bir rolünün olduğu bilinmektedir (Davis v.d., 2009; Moore v.d., 2008; Peperzak, 2005). Alg aşırı üremeleri bazen deniz biyolojisi ve yetiştiricilik için faydalı olabilmektedir (Benemann, 1992). Öte yandan, bahsedilen 300 fitoplankton türünün diatom ve dinoflagellat sınıflarına ait 40'tan fazlasının balıkları, kabukluları ve dolaylı yoldan da insanları etkileyen fitotoksin (denizel toksinler) üretme kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Daranas v.d., 2001; Sournia v.d., 1991). Bu toksik türlerin sayıları litrede 10^3 - 10^6 hücre sayısı arasında değişebilmektedir. Ayrıca fitoplankton türlerinin diğer türlerle rekabet etmek için toksin ürettiği de düşünülmektedir (Botana v.d., 1996). Artan toksik fitoplankton türlerinin yüksek hücre sayılarına ulaşarak aşırı üremelerine literatürde 'Zararlı Alg Çoğalmaları' adı verilmektedir (Harmful Algal Blooms: HABs).

Dünya genelinde kıyı sistemleri; mercan resiflerinin zarar görmesi, rekreasyonel kullanım kalitesinin düşmesi, balık ölümleri, artan red-tide olayları ve kabuklu zehirlenmeleri gibi birçok çevresel problemle karşı karşıya kalmaktadır. Aslında saydığımız tüm bu problemlerin en önemli nedenlerinden birinin zararlı alg çoğalmaları olabileceği belirtilmektedir (Maso ve Garces, 2006). Zararlı alg çoğalmaları, sebep oldukları problemlere göre 3 ana gruba ayrılmaktadır. İlk grup, toksik olmayan türlerin suyun rengini değiştirmesiyle ilgilidir. Bununla birlikte bazı koşullar altında çoğalmanın aşırı olmasıyla beraber, anoksik koşullar

oluşmakta ve süreç balık ve omurgasızların ölümüyle sonuçlanmaktadır. Suda bulunan çözünmüş oksijen miktarındaki azalma, alglerin aşırı tüketimiyle olabildiği gibi (özellikle gece), temel olarak aşırı çoğalma sonrasındaki bakteriyel faaliyetlerden de kaynaklanmaktadır. İkinci grup, özellikle yetiştiriciliğe olan ilginin artması sonucunda ortaya çıkmıştır. Bazı alg türleri, fiziksel olarak ya da hemolitik ürünlerin etkisi ile balık yumurtalarına ciddi zararlar verebilmektedir (Yasumoto, 1990). Son olarak üçüncü grupta, potansiyel toksin üreticileri vasıtasıyla ortaya çıkan toksinler, besin zinciriyle (Şekil 1) beraber insanlara ulaşmakta ve çeşitli gastrointestinal ve nörolojik problemlere neden olmaktadır.



Şekil 1. Zararlı alg aşırı üremelerinin besin zincirindeki etki mekanizması

Alg aşırı çoğalmaları ve bunun bir sonucu olarak ortaya çıkan toksik olayların neden olduğu problemler çok çeşitlidir. Alg aşırı çoğalmaları bölgede rekreasyonel amaçlı kullanılan sulardaki bozulmaya (renk değişimi, köpük oluşumu gibi olaylara) bağlı olarak büyük ekonomik problemlere neden olduğu gibi bölgenin biyotasında da komünite, besin ağı

değişiklikleri ve anoksiya gibi oldukça etkili ekolojik sorunlara da sebep olabilmektedir. Sonuçta, dünya genelinde bu sorunlarla karşılaşan pekçok ülkede yerel halk ve otoritelerin ilgisi bu olaylar üzerinde yoğunlaşmaya başlamıştır.

Toksik olaylar üretici organizmanın çok düşük sayılarda olduğu zamanda bile ortaya çıkabilmektedir. Dahası yüksek biyokütlenin toksik olaylarla beraber ortaya çıktığı durumlarda, toksisite seviyesi tehlike uyandıracak boyutlara ulaşabilmektedir. Halkın kabuklu toksinlerinden korunması için, bölgesel olarak ve dünya çapında çeşitli yasal sınırlamalar getirilmesi ve izleme programları oluşturulması önerilmektedir (Maso ve Garces, 2006).

Balıkları, kabukluları ve dolaylı olarak da insanları etkileyen denizel biyotoksin üretme kapasitesine sahip olduğu bilinen diatom türlerini barındıran iki cinsten biri olan *Pseudonitzschia*, hem ılıman hem tropik hem de kutup bölgelerinde yani iklim ayrımı olmadan, dünya üzerindeki tüm denizlerde geniş dağılım alanı olan bir türdür. Özellikle, ilkbahar ve sonbahar aylarındaki aşırı yağmurlarla birlikte ortamda artan besin elementi konsantrasyonuna bağlı olarak alg aşırı üremelerinde mevsimsel değişiklikler gözlenmektedir (Bates v.d., 1989). Bu koşullara ek olarak, rüzgar şiddetinin düşük olması ve azalan su hareketleri, daha sıcak yüzey sularında fitoplanktonun varlığına ideal ortam oluştururken, güneş ışığının da etkili olduğu dönemlerde var olan bu stokların hızlı bir büyüme evresine girerek aşırı üreme yaptığı gözlemlenmiştir (Trainer v.d., 1998). *Pseudo-nitzschia* cinsinin, *P. multiseriata*, *P. pseudodelicatissima*, *P. australis* gibi birçok türünün önemli bir denizel biyotoksin olan domoik asit (DA) ürettiği bilinmektedir (Hay v.d., 2000). 1980 yılında, *Pseudo-nitzschia* türleri 15 adet olarak tanımlanırken, 2010 yılında bu sayı 37' ye çıkmıştır ve DA üreten 12 tür olduğu saptanmıştır (Lundholm, 2006; Trainer v.d., 2012). DA üretiminin türler arasında farklılıklar gösterdiği ve bu durumun sıcaklık değişimi gibi çevresel faktörlerin yarattığı stres nedeniyle olabileceği de belirtilmektedir (Ramsey v.d., 1998). DA üretimi bazı araştırmacılar tarafından özellikle deniz suyu sıcaklığında görülen artışlar (14-17 °C) ile ilişkilendirilirken (Walz v.d., 1994), bazı toksik türlerin (*P. seriata* gibi) soğuk sulara (4 °C) kendilerini adapte ederek, yüksek konsantrasyonlarda DA ürettiği de saptanmıştır (Lundholm, 1994).

Maso ve Garces (2006), DA' nın da aralarında bulunduğu denizel biyotoksinlerin, ortamda bulunması sonucu insanlar üzerinde görülen zararlı etkilerini 4 ana başlık altında toplamaktadır:

- (i) fitoplankton toksinlerini sudan süzerek bünyesinde biriktiren kabukluların tüketilmesiyle ortaya çıkan etkiler,
- (ii) toksinlere maruz kalmış tropikal balıkların tüketilmesiyle ortaya çıkan belirtiler (siguatera),
- (iii) toksik türlerin barındığı sulardaki aerosollerin atmosfere geçişiyle beraber ortaya çıkan solunum problemleri,
- (iv) alerjik reaksiyon kaynaklı deri iltihaplanmaları (Maso ve Garces, 2006).

Denizel biyotoksinler, balıklar ve özellikle süzerek beslenen organizmalardan olan midye türlerinde (ustura midyesi, kum midyesi gibi) birikim yapabilmektedir. Kabuklu organizmalarda canlının kendisine herhangi bir yan etkisi olmadan denizel toksinler sindirim sisteminde birikim yapmaktadır. Bununla birlikte, etki seviyesinin üzerinde kontamine olmuş kabuklu deniz ürünlerinin insanlar tarafından tüketilmesi sonucunda çeşitli zehirlenme vakaları da görülebilmektedir. Dünya üzerinde her yıl, algler tarafından (siyanobakteriyel toksinler de dahil olmak üzere) üretilen toksinlerin insanlar üzerinde neden olduğu 60.000 kadar zehirlenme olayı bildirilmektedir (Van Dolah v.d., 2001). Ayrıca kabuklu deniz ürünlerinde biriken toksinler doğal hayata zarar vermekte (Landsberg v.d., 2009; Miller, 2009) özellikle turizm, kabuklu yetiştiricilik endüstrisi ve rekreasyon amaçlı kullanım alanları üzerinde olumsuz ekonomik etkilere neden olmaktadır. Avrupa kıtasında, alg aşırı üremeleri nedeniyle her yıl rekreasyon (dinlenme, yürüyüş vb.) amaçlı kullanım ve turizmdeki kayıpların 720 milyon Euro olduğu, kabuklu yetiştiricilik endüstrisi üzerinde ise 166 milyon Euro'luk kayıplar meydana geldiği belirtilmektedir (Meyer v.d., 1998).

Denizel biyotoksinlerin çeşitli çalışma matrislerinde (deniz suyu, sediment ve deniz canlıları gibi) tespiti için literatürde belirtilmiş biyolojik, biyokimyasal ve kimyasal ileri analiz yöntemleri bulunmaktadır. Özellikle toksin miktarlarını izlemek için ELISA, Yüzey Plazma Rezonansı (SPR) biyosensörleri, İnce Tabaka Kromatografi ve Kapiler Elektrophorez gibi yöntemler mevcuttur. Ancak enstrümental analiz metotları içinde sıklıkla tercih edilenler

arasında Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ve gaz kromatografisi (GC) ile sistemi destekleyen ultraviyole (UV), floresans (FLD) ve kütle (MS) dedektör bağlantılarının kullanıldığı metotlar bulunmaktadır.

Haliçler, nehirler ve denizler arasındaki yarı kapalı geçiş bölgeleri olup, geniş ölçekli fiziksel ve kimyasal özellikler göstermekle birlikte, biyoçeşitlilik açısından da önemli zenginliğe sahip ekosistemlerdir. Genel kıyı şeridi şekline yaklaşık dik bir açıyla ilerlerler. Ulaşım imkanı verirler ve yerleşim yeri olarak önem taşırlar. Gemiler haliçler vasıtasıyla karaların iç kısımlarına kadar sokulabilmektedir. Yağışların bir sonucu olarak, karalardan gelen süprüntüler ve meteorolojik diğer koşullarla beraber tuzluluk salınımı oldukça geniş bir aralıktadır. Buna ek olarak, haliçlerde kıyısız ekosistemlere göre su sirkülasyonu sınırlı olduğundan insan kaynaklı faktörlerin etkisi daha güçlü bir şekilde hissedilmektedir. Karasal besin elementi girdisinin yoğunluğundan ve korunaklı yapısından dolayı balıkların üreme ve larvalarının büyüme süreçlerine kadar pek çok ekolojik olaya imkan tanıyan bölgelerdir ve su kalitesine bağlı olarak çok sayıda balık çeşidini barındırabilmektedir. Ayrıca dünyanın sahip olduğu bazı doğal kaynaklar gibi, haliç ortamları rekreasyon, enerji eldesi ve atıksuların boşaltımı gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır (Resmi Gazete, 2004, Sayı:25687). Türkiye’de haliçlere en güzel örnek topoğrafik şeklinden dolayı diğer ülkelerin Altın Boynuz (The Golden Horn) olarak adlandırdığı İstanbul’da bulunan koydur.

Bu tez çalışmasında; Amnezik Kabuklu Zehirlenmesine neden olan diatom *Pseudo-nitzschia* türleri tarafından salgılanan partiküler haldeki ve fitoplanktondaki DA miktarının çalışma bölgesindeki dağılımı, Altın Boynuz Haliç’i üst tabaka suyunda Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi - Floresans Dedeksiyonu (HPLC-FLD) yöntemi ile ilk kez tespit edilerek, DA’ nın istatistiksel analizler ile hangi fiziksel, kimyasal ve biyolojik koşullar altında ortama verildiği, toksik düzeyinin gerek balıkçılık ve su ürünleri, gerekse dolaylı yoldan insan sağlığı açısından dünya literatüründeki benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında hangi boyutlarda olduğunun değerlendirmesi yapılmıştır.

1.1. Denizel Zehirlenme Türleri

İnsanlar tarafından besin olarak tüketilen ve biyoakümülyasyonun yüksek olduğu midye, istiridye vb. kabuklu canlıların sebep olduğu zehirlenme türlerini 6 ana başlık altında incelemek mümkündür:

- PSP (Paralytic Shellfish Poisoning): Paralize edici Kabuklu Zehirlenmesi
- CFP (Ciguatera Fish Poisoning): Siguatera Balık Zehirlenmesi
- DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning): Diyare Edici Kabuklu Zehirlenmesi
- NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning): Nörotoksik Kabuklu Zehirlenmesi
- AZP (Azaspiracid Poisoning): Azaspirasit Zehirlenmesi
- ASP (Amnesic Shellfish Poisoning): Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi

Ayrıca toksinlerin kimyasal yapılarından dolayı ASP ve PSP toksinleri hidrofilik (suda çözünen); NSP, DSP ve AZP toksinleri ise lipofilik (yağda çözünen) olarak gruplandırılmaktadır. Bu zehirlenme türlerinin kusma, ishal gibi semptomlara ve çeşitli nörolojik problemlere neden olduğu, ciddi maruziyet altında kalınan olayların ise ölümle sonuçlandığı bilinmektedir. (Tablo 1).

1.1.1. Paralize edici kabuklu zehirlenmesi

Paralize edici Kabuklu Zehirlenmesi, insan yaşamını tehdit edici bir sendromdur. İlk olarak 1920 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya kentinde 6 kişinin ölümüyle ortaya çıkmıştır (Meyer v.d., 1928). 1970' lere kadar yalnızca Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya sularında görülmüştür. Son yıllarda ise Şili, Güney Afrika, Avustralya ve bazı diğerkölkelerde de saksitoksinlere rastlanıldığı çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır (Robertson v.d., 2004; Pitcher v.d., 2007; Krock v.d., 2007;). Bu zehirlenme türü için kabuklularda bulunmasına müsaade edilen üst limit 800 µg/kg olarak belirlenmiştir (Shumway v.d., 2003). Tüm bu sebeplerden dolayı saksitoksin seviyelerinin büyük ölçekli izleme programları ile hem deniz suyunda hem de kabuklularda (midye, istiridye, taraklılar vb.) takip edilmesi ve

özellikle riskli kabul edilen bölgelerdeki ürünlerin erken hasat edilmesi ya da ürünlerin tüketilmesinin yasaklanması gerektiği önerilmektedir (Shumway v.d., 2003).

Tablo 1. Denizel biyotoksin grupları ve bu toksinleri üreten türler (Møestrup v.d., 2009)

Zehirlenme tipi	Toksin tipi	Üretici Türler	Semptomlar
PSP	Saksitoksin	<i>Alexandrium andersoni</i> , <i>A. acatanella</i> , <i>A. catenella</i> , <i>A. fundyense</i> , <i>A. minutum</i> , <i>A. ostenfeldii</i> , <i>A. tamaranse</i> , <i>A. tamiyavanichii</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> , <i>Pyrodinium bahamense</i>	Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, karıncalanma, felç
DSP	Okadaik asit, Dinophysistoksin, Pectenotoksin, Yessotoksin	<i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>D. caudata</i> , <i>D. fortii</i> , <i>D. miles</i> , <i>D. mitra</i> , <i>D. norvegica</i> , <i>D. rapa</i> , <i>D. sacculus</i> , <i>D. tripos</i> , <i>Phalacroma rotundatum</i> , <i>P. lima</i> , <i>P. belizeanum</i> , <i>P. cassubicum</i> , <i>P. faustiae</i> , <i>P. hoffmannianum</i> , <i>P. maculosum</i> , <i>P. lima</i> , <i>Protoceratium reticulatum</i>	Diyare, bulantı, kusma, karın ağrısı, kronik kasılmalar
NSP	Brevetoksin	<i>Karenia bicuneiformis</i> , <i>K. brevis</i> , <i>K. concordia</i> , <i>K. papilionacea</i> , <i>Pfiesteria piscicida</i> , <i>P. shumwayae</i>	Baş ağrısı, diyare, kusma ve karın ağrısı, sinirlilik, terleme ve periferik karıncalanma
ASP	Domoik asit	<i>Amphora coffeaformis</i> , <i>Pseudo-nitzschia australis</i> , <i>P. calliantha</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. fraudulenta</i> , <i>P. multiseriata</i> , <i>P. multistriata</i> , <i>P. pungens</i> , <i>P. seriata</i> , <i>P. turgidula</i> , <i>Nitzschia bizertensis</i> , <i>N. navis-varingica</i>	Bulantı, kusma, diyare ve karın bölgesinde kramplar, derin acıya karşı azalan duyarlılık, baş dönmesi, halüsinasyonlar, kısa süreli hafıza kaybı ve nöbetler, zayıflama, bitkinlik, koma, gastrik stres, gastrik kanama, ölüm
AZP	Azaspirasit	<i>Protoperdinium crassipes</i>	Kusma, bulantı, diyare ve karın krampları
CFP	Sigmatoksin, Maitotoksin, Palitoksin	<i>Gambierdiscus australis</i> , <i>G. pacificus</i> , <i>G. toxicus</i> , <i>G. yasumotoi</i> , <i>Ostreopsis siamensis</i> , <i>Coolia monotis</i>	Diyare, mide ve sırt ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi uyuşma, titreme, sıcak ve soğuk duyularının yer değiştirmesi, denge kaybı, düşük nabız, solunum durmasıyla ölüm

1.1.2. Siguatera balık zehirlenmesi

Siguatera Balık Zehirlenmesi, mercan resiflerinin bulunduğu bölgelerdeki tropikal balıkların tüketilmesi nedeniyle oluşan ve her yıl 50.000' den fazla insanı etkileyen bir zehirlenme türüdür. Bu zehirlenme türünde gastro-intestinal, nörolojik ve kardiyovasküler sistem rahatsızlıkları görülür. Doz aşımına uğramış olaylar ölümle sonuçlanabilmektedir. İyileşme süresi kişinin metabolizmasına göre değişmektedir. İlk 24 saat içerisinde mannitol ve kalsiyum takviyesiyle yapılan hızlı müdahalenin bazı semptomları hafiflettiği de görülmüştür (Palafox v.d., 1988).

1.1.3. Diyare edici kabuklu zehirlenmesi

İlk olarak 1976 yılında Kuzeydoğu Japonya’da midye kaynaklı zehirlenme ile ortaya çıkmıştır (Yasumoto v.d., 1987). Okadaik asit (OA) grubu toksinler gastrointestinal semptomlara neden olurlar. İyileşme 3 gün içerisinde medikal tedavi ile ya da tedavisiz olarak kendiliğinden gerçekleşir. OA, pektenotoksin ve dinophysistoksin toplamının kabuklularda bulunmasına müsaade edilen üst limit 160 µg/kg iken, yessotoksin için bulunmasına müsaade edilen üst limit 1 mg/kg’dır (Shumway v.d., 2003).

1.1.4. Nörotoksik kabuklu zehirlenmesi

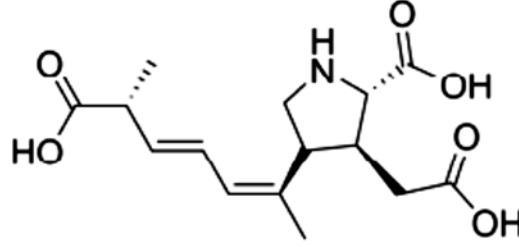
Bu zehirlenme türüne neden olduğu toplu balık ölümlerinden dolayı sıklıkla Florida sahillerinde ve Meksika’da rastlanmaktadır. Brevetoksinlere bağlı zehirlenme, Siguatera Balık Zehirlenmesi ile benzer gastro-intestinal ve nörolojik semptomlar ortaya çıkarmaktadır. İlave olarak alg aşırı üremeleri esnasında dalga hareketleriyle oluşan toksik aerosoller, insanlarda astım gibi solunum problemlerine de yol açabilmektedir. Bu toksin kaynaklı herhangi bir ölüm vakasına rastlanılmamıştır ve Siguatera Balık Zehirlenmesi’ ne göre daha hafif etkilere sahiptir. Toksine maruz kalındıktan sonra birkaç gün içerisinde iyileşme görülmektedir. İnsan üzerindeki toksik etkilerini önlemek için *Gymnodinium breve* hücre sayısının tespitine yönelik yerel izleme programlarının faydalı olabileceği de belirtilmektedir (Trainer v.d., 1990; Fleming v.d., 1995).

1.1.5. Azaspirasit zehirlenmesi

Azaspirasit, denizel toksinler arasında en geç keşfedilen toksin türüdür (Satake v.d., 1998b). 1995 yılının Kasım ayında Hollanda’da, İrlanda’dan gelen kültür midyelerini tüketen 8 kişinin rahatsızlanmasıyla ortaya çıkmıştır. Diyare edici Kabuklu Zehirlenmesi ile benzer semptomlara sahip olmakla beraber, etki seviyesi düşüktür. Azaspirasit için kabuklularda müsaade edilen üst limit 160 µg/kg’dır (European Food Safety Authority, 2009).

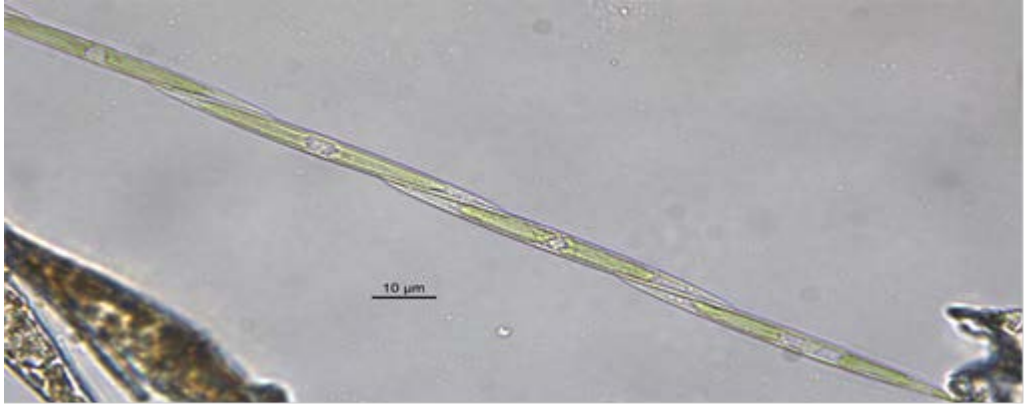
1.1.6. Amnezik kabuklu zehirlenmesi

- Toksin: Domoik asit (DA)



Şekil 2. Domoik asit molekül yapısı (Gerssen v.d., 2010)

- Üretici organizmalar: *Amphora coffeaformis*, *Pseudo-nitzschia australis*, *P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. fraudulenta*, *P. multiseriata*, *P. multistriata*, *P. pungens*, *P. seriata*, *P. turgidula*, *Nitzschia bizertensis*, *N. navis-varingica*



Şekil 3. *Pseudo-nitzschia* spp. ışık mikroskobu görüntüsü

Diğer zehirlenme türleri ile karşılaştırıldığında geç farkedilen bir zehirlenme türü olduğu belirtilmektedir. 1987 yılında Prens Edward Adası'nda (Kanada) *Pseudonitzschia* f. *multiseriata* türünün aşırı üremesi sonucu kontamine olmuş mavi midyeleri (*Mytilus edulis*) tüketen 4 kişi ölmüş, 100 adet akut zehirlenme vakası görülmüştür. Bu olayla birlikte Domoik asit Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi'nden sorumlu toksin olarak tanımlanmıştır (Wright v.d., 1989; Wright ve Quilliam, 1995). Semptomlar kontamine deniz ürünlerinin tüketilmesinden itibaren 24 saat içerisinde gastro-intestinal sistemde kusma, ishal ve abdominal kramplar olarak ortaya çıkmaktadır. Aşırı maruziyette, 48 saat içerisinde baş ağrısı, koordinasyon bozukluğu, kısa süreli hafıza kaybı, solunum bozukluğu ve komaya

kadar uzanan nörolojik semptomlar görülmektedir (Perl v.d., 1990). *Mytilus edulis* ve *M. californianus* üzerinde yapılan deneyler bu yumuşakçaların DA absorbe etme sürelerinin oldukça düşük olduğunu ortaya koymaktadır (Whyte v.d., 1995). Bazı zamanlarda yumuşakçalar 1 haftadan daha az bir sürede toksin içeriklerinden kurtulmaktadır ve bu süre saksitoksinler ile karşılaştırıldığında önemli farklılıklar göstermektedir (Shumway, 1990). Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi için kabuklularda bulunmasına müsaade edilen üst limit 20 µg/g (kabuklu dokusu) DA'dır (European Food Safety Authority, 2009).

1.2. Domoik Asit (DA)

Domoik asit (DA), ilk olarak *Chondria armata domoi* adlı kırmızı algden ve daha sonra da (Takemoto ve Diago, 1958) Akdeniz kökenli *Alsidium corallinum* adlı türden izole edilmiştir (Impellizzeri v.d., 1975). DA, üç karboksil ve bir ikincil amino grubu içeren kainoid sınıfına ait suda çözünür, halka yapılı bir amino asit türevidir (Wright v.d., 1990a; Jeffery v.d., 2004). İçerdiği 4 grup da nötr pH'da olup, karboksil grupları düşük pH'larda protonlanarak, 5-Domoik asit formu oluşturabilmektedir (Quilliam, 2003; Jeffery v.d., 2004). Günümüzde, izodomoik asidin A dan H'ye kadar uzanan ve 5 tanesi diastereomeri de içeren 10 adet izomeri bilinmektedir (Jeffery v.d., 2004).

1.2.1. Fiziko-kimyasal yapısı

Molekül formülü: C₁₅H₂₁NO₆

Molekül ağırlığı: 311,33 g/mol

Domoik asit (DA), beyaz renkli bir tozdur (Wright v.d., 1990b; Quilliam, 2003). Kaynama noktası 223-224 °C civarındadır. Sudaki çözünürlüğü 8 mg/ml'dir. Methanol içerisindeki çözünürlüğü (0,6 mg/ml) oldukça düşüktür. Ticari formunun 4 °C'de saklanması önerilmektedir. Konjuge diene yapısından dolayı maksimum absorpsiyonu 242 nm'de vermektedir. Domoik asit asetonitril/su (1: 9, v/v) karışımı içinde çözülürken, karanlık bir ortamda, -12 °C'de (ya da daha düşük sıcaklıkta) bir yıl boyunca stabil kalabilmektedir. Ayrıca DA, ısıya karşı stabilizeye sahip olup, kaynatma, buharda pişirme vb. pişirme

yöntemleri altında parçalanmamakta, yalnızca azalarak bir miktarı da pişirme sıvısına geçmektedir (McCarron v.d., 2006).

1.2.2. Biyolojik degradasyon, biyokonsantrasyon ve biyoakümülyasyon direnci

DA ve izomerleri suda çözünmekte, atmosferik sıcaklıkta ya da steril bir tuz çözeltisi içerisinde ışığa maruz kaldıklarında bozulmaya uğramamaktadır (Johannessen, 2000). Ancak asidik şartlar altında degradasyona uğradıkları deneysel olarak kanıtlanmıştır (pH=3 şartlarında 1 hafta içerisinde %50 domoik asit kaybı) (Quilliam v.d., 1989).

Bates v.d. tarafından 2003 yılında yayınlanan bir çalışmada, deiyonize su, yapay deniz suyu ve filtre edilmiş deniz suyu içerisindeki DA konsantrasyonu üzerinde ışığın etkisi araştırılmıştır. Kontrol örnekleri karanlıkta saklanmış ve DA'nın karanlıkta herhangi bir degradasyona uğramadığı tespit edilmiştir. Ayrıca distile su içerisinde hazırlanan stok çözelti buzdolabında 4 °C'de ve karanlıkta saklandığında, DA konsantrasyonunun 2 yıla kadar stabil kaldığı belirtilmiştir. Işık etkisiyle oluşan bozunmanın ilk 5 saat içerisinde çok hızlı geliştiği, 22 saat sonunda deiyonize suda %36, yapay deniz suyunda %44 ve filtre edilmiş doğal deniz suyunda ise %41'lik bir bozunma olduğu belirtilmiştir. Ayrıca deiyonize su içerisine demir iyonları eklendiğinde ortamda dedekte edilebilecek DA kalmadığı belirtilmiştir (Bates v.d., 2003)

Domoik asidin; yengeçler (*Cancer magister*), çift kabuklu yumuşakçalar (*Scrobicularia plana*), midyeler (*Cerastoderma edule*; kalp midyesi, *Pecten maximus*; ustura midyesi, *Mytilus edulis*) gibi kabuklu türlerinin birçoğunda birikim yaptığı kanıtlanmıştır. (Wekell v.d., 1994; Rhodes v.d., 1998; Vale ve Sampayo, 2001). Kabuklular domoik asidi direkt filtrasyon yoluyla planktondan ya da kontamine olmuş organizmalar üzerinden beslenerek biriktirirler ve bu birikimin organizmadaki diğer dokularla karşılaştırıldığında sindirim sisteminde daha yüksek düzeylerde olduğu görülmüştür. Biyoakümülyasyon derecesi kabuklu türleri arasında oldukça değişkenlik göstermektedir (Vale ve Sampayo, 2001; Hay v.d., 2000). Domoik asidin kabuklulardaki etki mekanizması hakkında çok az şey bilinmektedir (Vale ve Sampayo, 2001) fakat yapılan çalışmalar türler arasında domoik asidin eliminasyonu hakkında önemli

farklılıklar ortaya koymaktadır (Hay v.d., 2000). Örnek olarak midyelerdeki (örn; *Mytilus edulis*) domoik asit içeriğinin 24 saat içerisinde %50 düzeyinde elimine edildiği belirlenmiştir (Novaczek, 1992). Bu durumun aksine aynı miktarlardaki toksinin yumuşakçalardan (örn; *Siliqua patula*) elimine edilmesi 86 gün sürmektedir (Horner v.d., 1993). Uskumru ve hamsi gibi bazı balıkların da domoik asidi akümüle etme kapasitesi olduğu ancak bunun derecesinin kabuklularla karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmüştür (Vale ve Sampayo, 2001).

Denizel ürünlerden alınan domoik asit, gastro-intestinal mukozada absorbe edilmektedir fakat absorbe edilme derecesi oldukça düşüktür (Iverson v.d., 1990). Saf domoik asitin, korneaya ve deriye teması, ayrıca solunum yoluyla vücuda girmesi potansiyel risk oluşturmaktadır. Domoik asit dolaşım sistemiyle beraber, yüklü hidrofilik bir molekül olarak tüm periferik dokulara ulaşabilir (Suzuki ve Hierlihy, 1993). İyonik formu domoik asidin glukoz ve amino asit taşınımında aktif rol oynamaması onun merkezi sinir sistemine taşınımını kısıtlamaktadır (Preston ve Hynie, 1991). Eğer yüksek miktarda domoik asit merkezi sinir sistemine ulaşırsa, beyinde ciddi hasarlara hatta kısmi felce giden sonuçlara yol açabilmektedir (Zucker v.d., 1983).

1.2.3. Toksisitesi

Deniz suyunda belirlenen herhangi bir etki limiti olmamakla beraber, kabuklularda 1987 yılında yaşanan Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi olayını takiben, Kanada'lı uzmanlar tarafından etki limiti 20 µg DA/g (kabuklu dokusu) olarak belirlenmiştir (Jeffery, 2004). Bu zehirlenme ile ilgili yaklaşık 150 olay rapor edilmiş, fakat bunlardan sadece 107 tanesine klinik tanı konulabilmektedir. Genel olarak görülen bağırsak semptomları; kusma (%76), mide krampları (%50) ve ishaldir (%42). Bununla birlikte şiddetli baş ağrıları (%43) ve kısa süreli hafıza kayıpları (%25) en çok görülen nörolojik semptomlardır. DA'ya maruz kalan 19 kişi hastanede tedavi görmüş, ayrıca bunlardan 12 tanesi (stabil olmayan kan basıncı, koma ve bilinç kaybı vb. etkilerle) yoğun bakım ünitesinde tedavi görmüştür. 12 hastadan 8'i 65 yaş ve üzerinde iken, geri kalan 4 kişide hipertansiyon, böbrek sorunları, şeker gibi hastalıkların

daha önceden mevcut olduğuda belirtilmektedir. Midyelerin tüketilmesinden sonraki 11-24 günlük periyotta 3 hastanın tedavisi ölümle sonuçlanmıştır (Perl v.d., 1990).

60 kg ağırlığında bir insan ele alındığında, kişi başına 60 mg DA, yani yaklaşık 1 mg/kg vücut ağırlığı başına düşen DA miktarı, bağırsak sisteminde rahatsızlıklar ortaya çıkartmaktadır. Benzer bir şekilde, kişi başına 270 mg DA, yani yaklaşık 4,5 mg/kg vücut ağırlığı başına düşen DA miktarı sinir sistemi üzerinde etki göstermeye başlar. İlerleyen yaşlara gelindiğinde, böbrek rahatsızlıklarının DA' ya bağlı toksisite üzerinde etki artırıcı bir faktör olabileceğinden daha önceden bahsedilmişti (Perl v.d., 1990). Teitelbaum ve arkadaşları tarafından yayınlanan raporda, 1987 yılında Amnezik Kabuklu Zehirlenmesinden ciddi şekilde etkilenen 14 kişinin sinir sistemleri üzerinde bazı çalışmalar yapıldığı da belirtilmiştir (Teitelbaum v.d., 1990). Kontamine olmuş midyelerin tüketilmesinden 48 saat sonra, genel sinir sisteminde zayıflık, kafa karışıklığı, hareketlerde uyumsuzluk ve dengesizlik olduğu görülmüş, 5 hastanın nöbet geçirdiği ve 13 hastanın bilinç kaybından komaya kadar uzanan etkilere maruz kaldığı ancak çoğu hastanın 72 saat içerisinde normale döndüğü gözlenmiştir. Hastaların kalp ritimleri incelendiğinde, zehirlenmeden sonraki 1 haftalık süreçte arka plan aktivitelerinin yavaşladığı görülmüştür. 4 ay sonra, 14 hastanın tümü üzerinde inceleme yapıldığında, 3 hastanın normal aktivite gösterdiği diğer 11'inin ise arka plan aktivitelerinde orta derecede rahatsızlıklar olduğu tespit edilmiştir. 4-6 ay sonra psikolojik testler uygulandığında, hastalardan 12 tanesinin kısa süreli hafıza kaybına uğradığı ve ciddi şekilde amnezya ile başa çıkmak zorunda oldukları ortaya konmuştur.

1987'deki Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi olayından sonra, Kanadalı yetkililer tarafından etki limiti (20 µg/g) aşıldığı zaman kabuklu yetiştiricilik alanlarının kapatılması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Bu etki limiti zehirlenme olayı sırasında, bazı tüketicilerin hastalanmasına sebep olarak belirlenen 200 µg DA/g midye dokusu konsantrasyonun emniyet faktörü ile 10 kat azaltılmasıyla elde edilmiştir (Waldichuk, 1989). Kanadalı yetkililer tarafından belirlenen çeşitli kabuklu türlerindeki DA konsantrasyonuna ait bu etki limiti; Avrupa Birliği ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri, Yeni Zelanda ve Avustralya hükümetleri tarafından da kendi kanunlarına adapte edilmiştir.

DA içeren midyeler saf DA ile aynı etkilere sahiptir (Iverson v.d., 1989; Todd, 1990). DA'nın kabuklulardaki etki seviyesi ıslak ağırlık olarak 40 µg/g'dır. 20 µg DA/g içeren kabukluların hasatının durdurulması önerilmektedir (Hallegraeff, 1995). Fundy Körfezi'ndeki midyelerde biriken DA konsantrasyonun 74 µg/g (Martin v.d., 1990), 1987 yılında Kanada'daki Prens Edward Adası'nda ise değerlerin 900 µg/g olduğu belirlenmiştir (Quillam v.d., 1989) ve etki limitinin üstünde DA içeren midyelerin çıkarıldığı bu bölgelerde midye hasatı bir süreliğine durdurulmuştur.

Yüzde 50 öldürücü doz (LD₅₀), fareler için midye ekstraktlarında 3,6 mg domoik asit/kg olarak verilmiştir (Grimmelt v.d., 1990). Midye ekstraktlarında fare ölümü 50 ya da 100 µg konsantrasyonlarında gerçekleşir (5 mg/kg) (Iverson v.d., 1989).

1.3. Biyotoksin Miktarlarını Etkileyen Faktörler

Zararlı alg çoğalma periyodunun artmasında hangi etkin faktörlerin (ötrofikasyon, kimyasal kirleticiler, kıyasal gelişim, balıkçılık, balast suları ve iklim değişikliği) belirleyici olduğu konusu halen güncelliğini korumaktadır. Çünkü her türün bulunduğu ortama ve ortamda meydana gelen değişikliklere karşı farklı tepkisi ve adapte olma stratejisi vardır. Bu yüzden verilen cevaplar kesin değildir ve aslında bu olaylar insanların doğa ile olan etkileşimiyle ortaya çıkan sonuçlara dayanmaktadır.

1.3.1. Fiziko-kimyasal parametreler

Laboratuvar çalışmaları, zararlı algler tarafından üretilen toksinlerin türlere özgü olup olmadığını belirleyen ve bu toksinlerin miktarlarını artıran ya da azaltan birçok fiziko-kimyasal parametrenin olduğunu ortaya koymuştur (Grane ve Flynn, 2006). Toksin üretimini etkileyen bu parametreler sırası ile şunlardır:

- (1) Sıcaklık (Ono v.d., 2000);
- (2) Işık geçirgenliği (Ono v.d., 2000);
- (3) Tuzluluk (Haque ve Onoue, 2002 a,b);

- (4) İz metallerin varlığı, özellikle demir (Ladizinsky ve Smith, 2000; Rue ve Bruland, 2001; Maldonado v.d., 2002; Wells v.d., 2005; Sunda, 2006), bakır (Maldonado v.d., 2002) ve selenyum (Mitrovic v.d., 2004, 2005);
- (5) Besleyici elementlerin (nutrient) varlığı, silikat (Pan v.d., 1996b; Fehling v.d., 2004; Kudela v.d., 2004), fosfat (Pan v.d., 1996a, 1998; Fehling v.d., 2004), azot (Bates v.d., 1991; Pan v.d., 1997; Kudela v.d., 2004) ve sınırlayıcı nutrient kombinasyonları (Anderson v.d., 1990; Flynn v.d., 1994; John ve Flynn, 2000);
- (6) Fizyolojik stres ve nutrientlerin hücrel element dereceleri (Grane ve Flynn, 2006; Schnetzer v.d., 2007);
- (7) Büyüme evresi (Anderson v.d., 1990; Bates v.d., 1991; Flynn v.d., 1994; Johansson v.d., 1996; Maldonado v.d., 2002; Mitrovic v.d., 2004), hava sıcaklığı, rüzgar yönü ve şiddeti ve barometrik basınçtır (Penna, 2006).

Sıcaklığın toksin stabilitesi üzerindeki etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada (National Research Council, 2000), çeşitli sıcaklıklarda (-80 °C, -16 °C, 4 °C, 20 °C ve 50 °C) tutulan DA çözeltilerine 9 ay süren bir stabilite testi uygulanmıştır. pH 5-7 aralığında sulu asetonitril uygun çözücü olarak belirlenmiş ve 4 °C'deki çalışma esnasında kayda değer bir DA kaybı gözlenmemiştir. 20 °C'de %1'den bile daha az bozulma gözlenmiştir. Diğer yandan 50 °C'de 8 aylık bir süreç sonunda madde kaybı %12' ye ulaşmıştır. Yüksek sıcaklıklarda, özellikle epi-domoik asite doğru giden kademeli bir izomerleşme görülmüştür. Dikkat çeken önemli bir ayrıntı ise, çözeltiler konvansiyonel soğutucuda tutulduğunda (yaklaşık -12 °C), donma ve çözülme olaylarından dolayı oldukça fazla dekompozisyon görülmüştür.

1.3.2. İnsan kaynaklı faktörler

İnsan kaynaklı faktörler birkaç başlık altında toplanabilir. Bunlar:

- (i) Taşımacılıkla beraber sedimentteki kistlerin hareketlenip kabuklu stoklarına taşınması ya da balast sularıyla beraber taşınan potansiyel zararlı türlerin ortama girmesi gibi nedenlerden dolayı zararlı alglerin bölgesel olarak dağılımı ve etki bölgesinin artması (Maso v.d., 2003),

- (ii) Kıyı kesimdeki yapılaşmanın ve sanayinin artmasına bağlı kültürel ötrofikasyon oluşumları,
- (iii) İzleme programlarının eksikliği nedeniyle zaman serileri oluşturulamamış ve günümüzdeki etkisi hakkında herhangi bir sonuca ulaşılamamış önemli bir konu olan insan kaynaklı iklim değişiklikleri,
- (iv) Değişen çevresel koşullar ve aşırı balıkçılığa bağlı olarak süzerek beslenen organizmaların biyokütlesindeki azalma (Rothschild v.d., 1994) olarak tanımlanabilir.

Denizel çevreye etki eden en önemli insan kaynaklı faktörlerden biri olarak ortama giren besin elementlerinin esas olarak da azot ve fosfor bileşiklerinin aşırı miktarda olması gösterilebilir. Besin elementlerinin antropojenik kaynakları olarak fosil yakıtlar, evsel atıksular, gübreleme ve hayvan üreticiliği gösterilmektedir (National Research Council, 2000). Dünya genelindeki kıyısız sularda artan besin elementi miktarlarının temel nedeni, doğrudan denizel ortama verilen deşarjlar veya nehirler aracılığıyla taşınan materyaller, yer altı suları ve atmosferik döngü ile ortama eklenen besleyici element konsantrasyonlarıdır. Ayrıca dünyanın çeşitli bölgelerinde ve denizlerinde yaygın olarak yapılan yetiştiricilik faaliyetleri de ortamdaki besin elementleri girdisini artırmaktadır. Deniz sularındaki fosfat artışı sanayileşme öncesi ve sonrası olmak üzere karşılaştırıldığında 3 kat fazla olarak karşımıza çıkmaktadır (Nixon, 1995).

1.3.3. Denizel toksinlerin çevresel ve sosyo-ekonomik etkileri

Zararlı alg çoğalmalarının etkileri 3 ana başlık altında toplanmaktadır:

- (1) Aşırı çoğalmalardan kaynaklanan bölgesel olumsuz ekonomik etkiler,
- (2) İnsanların kontamine olmuş deniz ürünleriyle beslenmeleri sonucunda ortaya çıkan riskler,
- (3) Aşırı çoğalmaların insanlar üzerinde neden olduğu hastalıkların tedavisi için oluşturulan harcama masraflarıdır.

Ekonomik etkiler genellikle balıkçılığın, su ürünleri yetiştiriciliğinin ve rekreasyonel kullanımının azalmasıyla beraber ortaya çıkmaktadır. Dyson ve Huppert tarafından 2010 yılında yapılan bir araştırmaya göre, Batı Amerika sahil şeridinde *Pseudo-nitzschia* aşırı üremelerine maruz kalmış ustura midyelerinin neden olduğu olumsuzluklardan dolayı bölge kullanıma kapatılmış ve rekreasyonel aktivite durmuş, bunun sonucunda bölge ekonomisi yıllık olarak 11,3 milyon Dolar civarında bir kayba uğramıştır. Ayrıca ustura midyelerinin hasat edilip ticari amaçlı kullanımından kaynaklanan gelir kaleminde de yıllık olarak 2 milyon Dolar civarında bir düşüş gözlenmiştir. Bu konulardaki ekonomik araştırmalar yok denecek kadar azdır ancak yapılan sınırlı araştırmalardan elde edilen sonuçlar durumun ciddiyetini gözler önüne sermekte ve bu tip araştırmalara önem verilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Lewitus, 2012).

Zararlı alg aşırı üremeleri nedeniyle ortaya çıkan hastalıkların sebep olduğu tıbbi tedavi ve taşınma masrafları ile gelir kayıpları olarak Zararlı Alg Aşırı Üremeleri' nin halk sağlığı üzerindeki etkisi ilk kez ECOHARM adlı Avrupa Birliği destekli bir araştırma projesi ile değerlendirilmiştir (Todd, 1993). Bu çalışmada rapor edilen her Diyare Edici Kabuklu Zehirlenme olayı maliyetinin 1462 Euro ve her rapor edilen Paralize Edici Kabuklu Zehirlenmesi olayı maliyetinin ise 1154 Euro olduğu tahmin edilmektedir. ECOHARM vaka çalışmalarında değerlendirmeye alınan üç Akdeniz ülkesinin (Yunanistan, İtalya ve İspanya) verileri ile Zararlı Alg Aşırı Üremeleri' nin toplam sosyo-ekonomik etkisinin 1989-1998 yılları arasındaki aşırı üreme olaylarından ve rapor edilen hastalık vakalarından elde edilen bilgiler ışığında zararın yıllık yaklaşık 329 milyon Euro olduğu bildirilmiştir.

1.4. Literatür Özeti

Türkiye kıyılarında zararlı fitoplankton araştırmalarıyla ilgili ilk bilimsel çalışma Nümann (1955) tarafından yapılmıştır. Akdeniz, Ege ve Marmara Denizi'ndeki ötrofikasyon olayları sebebiyle rapor edilen toksik ve zararlı alg aşırı üremelerine neden olan türler hakkında yapılan bu çalışmada ayrıca Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında meydana gelen balık kırılması nedeniyle, her ne kadar tür tayini yapılmamış olsa da, *Gymnodinium* cinsi ismi

geçmekte ve organik madde içeren atıkların İzmir Körfezi'ne verilmemesi konusunda uyarılarda bulunmaktadır.

Yine başka bir aşırı üreme olayında, sadece birkaç dinoflagellat türünün red-tide olayına neden olduğu ve zararlı etkilere sahip olduğu Acara ve Nalbantoğlu (1960) tarafından rapor edilmiştir. İlerleyen yıllarda fitoplankton komünite yapısı hakkında yapılan bazı çalışmalarla aşırı üremelerden daha fazla türün sorumlu olabileceği belirtilmiştir (Koray ve Büyükişık, 1988; Koray, 1990, 1992; Koray v.d. 1996; Feyzioğlu ve Boran, 1977; Feyzioğlu v.d., 2000; Polat v.d., 2000; Eker ve Kıdeyş, 2000; Bizsel ve Cirik, 2002; Polat ve Koray 2002, 2003; Polat, 2004; Deniz v.d., 2006).

1990'dan sonra fitoplankton çalışmaları, planktonik türlerin dağılımının yanında daha çok deniz suyu kalite parametreleri ile birlikte de değerlendirilmiştir (Koray, 1995; Sur v.d., 1996; Okuş v.d. 2001; Sur v.d. 2002; Bargu v.d., 2002; Türkoğlu ve Koray, 2002; Eker-Develi ve Kıdeyş, 2003; Taş ve Okuş, 2003). Denizel mikroalglerin sayısındaki önemli artış ve bu artışla beraber bazı koşullarda sistem için zararlı biyotoksin üretilmesi olayının küresel bir olay olduğu, bu sorunun doğasının ve boyutunun geçen 10-20 yıl içinde artış gösterdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuş ve özellikle kıyı sularımızda zararlı alg aşırı üremeleri ile ilgili araştırmaların arttığı gözlenmiştir (Bizsel ve Bizsel, 2002; Türkoğlu ve Koray, 2004; Albay, 2005; Taş v.d. 2006; Polat v.d., 2006; Feyzioğlu ve Ögüt, 2006).

Haliç bölgesinde ise mikro alg çoğalmalarının sıklığı, süresi, yoğunluğu ile bunları etkileyen fiziksel, biyolojik ve kimyasal faktörlerin değerlendirildiği çalışmaların yetersizliği sebebiyle, literatürümüz ve kıyı sularımız için önemli bir bilgi açığı mevcuttur. 1980-1990 yılları arasında yapılan çalışmalara baktığımızda, genellikle çalışmaların Haliç bölgesinde belli fitoplankton türleri üzerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Uysal (1987) tarafından yapılan çalışmada, yüzey tabakasının kirliliği ve yüksek askıda katı madde içeriği dolayısıyla, 10, 20 ve 30 metre derinliklerden alınan su örneklerinde diyatom türlerinin kompozisyonu ve bolluğu incelenmiştir (Uysal, 1987). Taş ve Okuş (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, Ocak-Aralık 1995 döneminde Haliç yüzey suyundaki kirlenmenin fitoplankton dağılımına olası etkileri incelenmiş, fitoplankton komünitesindeki çeşitlilik ve miktarın iç kısımlara

doğru azaldığı belirtilmiştir. Özellikle, biyoçeşitlilik açısından önemli zenginliğe sahip Haliç ekosistemine ait literatürde toksik algler tarafından üretilen biyotoksinlere ait çalışmalar sınırlıdır. Taş v.d. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 1998-2000 yılları arasında ağır şekilde kirlenmiş Haliç'te toksik siyanobakteri olan *Microcystis* cf. *aeruginosa* türünün dağılımı araştırılmıştır. *Microcystis* bolluk ve dağılım verisi fiziksel ve kimyasal parametreler ile değerlendirilmiştir. Ayrıca Haliç bölgesindeki çamur çekimi ve köprü ayaklarının kaldırılmasıyla beraber toksik siyanobakteri sayısında azalma ve ökaryotik fitoplankton sayısında artışın eş zamanlı olarak gözlemlendiği belirtilmiştir (Taş v.d., 2006). Taş v.d. tarafından (2009) yılında yapılan başka bir çalışmada ise Haliç'te başlatılan rehabilitasyon çalışmalarını takiben, fitoplankton gelişiminin hızlandığı ve tür çeşitliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Özellikle Haliç'in orta bölümünde aşırı çoğalma olaylarının sıklıkla görüldüğü ve buna neden olan bazı türlerin potansiyel toksik ya da zararlı oldukları belirtilmiştir (Taş v.d., 2009).

Dünya literatürü incelendiğinde; deniz suyunda, özellikle aşırı alg üremelerinin tespit edildiği bölgelerdeki domoik asit salgılanmasını etkileyen fiziksel (Lundholm v.d., 2004; Thessen v.d., 2009), kimyasal (Bates v.d.,1991, 1993; Flynn v.d., 1994; Pan v.d. 1996(a); Smith v.d. 1990; Caroppo v.d., 2005; Spatharis v.d., 2007; Beşiktepe v.d., 2008) ve biyolojik (Bates v.d., 1998; Trainer v.d., 2000, 2002; Kudela v.d., 2004; Vilicic v.d., 2007,2008,2009) faktörlerin değerlendirildiği pek çok çalışma mevcuttur (Pan v.d., 1996(b); Graneli ve Flynn, 2006; Takahashi v.d., 2007; Klein v.d., 2010; Maric v.d.,2011; Sahraoui v.d., 2012; Barbaro v.d., 2013).

Bu tez çalışmasında; Amnezik Kabuklu Zehirlenmesine neden olan *Pseudo-nitzschia* spp. tarafından salgılanan önemli bir biyotoksin olan domoik asidin (DA), Haliç üst tabaka suyunda partiküler ve kepçe örneklerinde fitoplanktondaki konsantrasyonlarının belirlenmesi ve biyotoksinin salgılanmasını kontrol eden bazı çevresel parametreler ile olan ilişkisi istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçların literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılması yapılmıştır.

1.5. Çalışma Bölgesi Hakkında Genel Bilgiler

Yaklaşık 28°56' ve 28°59'D boylamları ile 41°01' ve 41°04'K enlemleri arasında uzanan Haliç'in İstanbul Boğazına eklenmiş bir boynuza benzemesi yabancılar tarafından Golden Horn (Altın Boynuz) olarak adlandırılmasına neden olmuştur. Nehirler ve denizler arasında bir geçiş bölgesi oluşturan haliçler dinamiğin çok yüksek olduğu alanlardır. İstanbul Haliç'i de (Şekil 4) ekolojik bir parçası olduğu şehrin en az 8000 yıl olan tarihi geçmişi içinde her zaman önemli, içinde yaşanan, geleceğe umut taşıyan bir öneme ve misyona sahip olmuştur. Yunan, Roma, Bizans, Osmanlı ve Türkiye Cumhuriyeti dönemlerinde uzun yıllar doğal bir liman görevi gören Haliç'in orta hattı boyunca uzunluğu Alibey ve Kağıthane derelerinin birleşme yerinden (Silahtarağa), Haliç ile İstanbul Boğazı'nın kavuşum yerine (Sarayburnu) kadar 7,6 km'dir. Genişliği İstanbul Boğazı'na bağlandığı yerde 800 m.' nin üzerine kadar çıkmaktadır. Haliç'in orta havzasında en geniş yer 730 m ile Kasımpaşa ve Cibali arasındadır. İçeri doğru genişlik azalır, Adalar bölgesinden hemen önce 185 m.' ye kadar düşer. Toplam alanı ise yaklaşık 263 hektar (2,63 km²) kadardır. Ortalama genişliği 350 m civarında ve ortalama derinliği 25 m. alınırsa genişlik/derinlik oranı 14 olarak elde edilir ki ria tipi haliç sınıfına girer. Bu tip haliçler Holosen deniz seviyesi yükselimi ile su altında kalmış kıyıları tepelik eski erozyon vadileridir (Perillo, 1996). İstanbul Boğazı ve Haliç Körfezinin oluşumu günümüzden yaklaşık 7500 yıl öncesine kadar uzanmaktadır (Stoffer, 1978; Muratov, 1978). Bu tarihte olduğu gibi Haliç'in batı kıyılarında hafif eğimli, doğu kıyılarında ise daha dik yamaçlar yer alır. Bu yamaçlar ile kıyı arasında deniz seviyesinden birkaç metre daha yüksekte olan düz araziler 150 m. kadar geniştir. Haliç'in toplam drenaj alanı 380 km² kadardır (Karpuzcu, 1975).

Derinlik haritasına bakıldığında en derin yeri Perşembe Pazarı önünde yaklaşık 40 m.' dir (Şekil 5). Derinlik ağız kısmından yaklaşık 1700 m. sonra Kasımpaşa ile Fener arasında birdenbire düşmeye başlar. Bu bölümde hızlı alüviyal depolanma nedeniyle değişik zamanlarda dip taramaları yapıldığından derinlik değerlerinde eskiye göre birkaç metre mertebesinde oynamalar vardır. 1996-1997 yıllarında yaklaşık 5 milyon m³ çamur taranarak çıkartılmıştır (İnanç v.d., 1998). Benzer çalışmalar 2000 ve 2001 yıllarında yapılmış, kısa bir süre dereler vasıtasıyla Haliç'e tatlı su basılmıştır. Takip eden yıllarda suyun sığlaşma yerlerine bağlı olarak olağan taramalar devam etmiştir. Bu çalışmalar özellikle Haliç Köprüsü

ile derelerin birleşme yerleri arasında kalan bölgede yapılmıştır. Alibey ve Kâğıthane derelerinden gelen makro ölçekteki yüzer madde girişine engel olmak için dere ağızlarına bariyerler konulmuştur. Haliç'e döküldüğü yerden 5 km geride yapılan Alibeyköy barajının inşasından sonra Alibey deresinin akış dinamiği yavaşlamış ve Haliç'e ulaşan katı madde miktarında azalma olmuştur. Bunun neticesinde 3×10^5 m³/gün mertebesinde olan debi miktarı 3×10^5 m³/yıl mertebesine inmiş, yani 365 kat azalmıştır (Öztürk v.d., 1998). 2012 yılında kesintilerle daha sonra ise sürekli olarak Karadeniz suyu Sarıyer'den alınarak Kâğıthane deresi üzerinden iç Haliç'e pompalanmaktadır. Bu sayede barajların azalttığı akış debisi yeniden yükseltilmiştir.

Oşinografik çalışmalar, Haliç'in hidrodinamik olarak 2 tabakalı bir yapıya sahip olduğunu ve giriş kısmındaki suyun İstanbul Boğazı suyunun özelliklerine çok yakın özellikler taşıdığını göstermektedir. Haliç girişinde 18-20 psu tuzlulukla başlayan üst tabaka kalınlığı rüzgar durumuna göre 15-25 m derinlikleri arasında değişim göstermektedir. Üst ve alt tabaka arasında kalan ara geçiş tabakasının kalınlığı ve derinliği mevsimsel iklim koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Alpar v.d., 2005). Alibey ve Kağıthane derelerinin senelik toplam debilerinin eski yıllardaki günlük toplam debiye eşit oluşu ve girdilerin ıslah çalışmalarıyla hayli azalması Haliç'e giren tatlı su miktarını oldukça düşürmüştür (Öztürk v.d., 1998; Kor, 1963).



Şekil 4. Boğulmuş eski bir akarsu yatağı üzerine kurulmuş Haliç ve çevresi. SÇ: Sarıyer-Çayırbaşı, AK: Ayazağa Köyü, AD: Alibey Deresi, KD: Kâğıthane Deresi.

Tarihi Galata Köprüsü'nün yer değişikliğine kadar köprü dubalarının blokaj etkisi, yüzeyde İstanbul Boğazı'yla su alışverişini önemli derecede engellerken, yüzey suyunu yenilemek için gerekli temiz su deşarjı olmayışının yanı sıra, deşarjlarla giren az tuzlu suyun yüzey tabakasının yoğunluğunu kısmen düşürmüş olması hemen altındaki su ile karışmasını engelleyerek kısmi yenilenmesini de önlemiştir. Eski Galata Köprüsü taşınmadan önceki ölçümler, Boğaz'dan giren iki tabakalı suyun Haliç'in karakteristik sıcaklık, tuzluluk ve oksijen içeriğini sağladığını, fakat yüzeydeki 2-3 m' lik kısmın endüstriyel ve evsel atıkları taşıyan yüzey deşarjları nedeniyle önemli ölçüde kirlendiğini göstermektedir. Bu 2-3 m.' lik yüzey tabakasının özellikleri, son yıllardaki kirlenici deşarjlarındaki azalma nedeniyle önemli ölçüde değişime uğramıştır. Yüzeyde 1980'lerde sıfır olarak tespit edilen çözünmüş oksijen miktarının yükselmiş olduğu bildirilmektedir (Özsoy v.d., 1988). Yüzey tabakasının tuzluluk değerleri üst tabakadan 2 psu kadar daha düşük olup, sıcaklığı ise hemen altındaki sudan

genelde daha fazladır, bu ise güneş ışınlarının yüzeyden daha aşağıdaki derinliklere geçemediğine işaret etmektedir (Özsoy v.d., 1988).

Haliç'te yüzey tabakasının altındaki su kolonunun özellikleri, giriş kısmına yakın Boğaz suyu kolonundaki özelliklere benzemektedir. Boğaz'la etkileşim altındaki bölge Haliç ağzından itibaren yaklaşık 3,5 km kadar içeri uzanmakta ve burada sıkışarak derinliği 10 m'nin altına düşmektedir. Bu bölgeden sonra, düşük oksijenli ve yüksek askıda katı madde içeren bir yüzey tabakası hakimdir. En iç bölgedeki düşük oksijenli ortam; Valide Sultan Köprüsü'nün dubalarının dış kısmıyla su alışverişini engellemesi ve derelerle taşınan endüstriyel ve evsel atıksu deşarjlarının içerdiği organik maddenin bakteriyel parçalanması sırasında oksijenin tüketilmesinden kaynaklanmaktadır.

Haliç su kolonunun fiziksel ve kimyasal özellikleri çeşitli araştırmacılar tarafından birçok kez incelenmiştir (Artüz ve Korkmaz, 1975; Baykut, 1977; Durgunoğlu, 1977; Güçlüer ve Doğusal, 1977; Utkan, 1977; Saydam v.d., 1986; Baştürk v.d., 1988; Öztürk v.d., 1998, Alpar v.d., 2005). Kuzeyli rüzgarlar Karadeniz kıyısındaki deniz seviyesini yükselterek Boğaz'daki üst tabakanın hızını ve kalınlığını artırırken, güneyli rüzgarlar Marmara kıyısında deniz seviyesini artırarak üst akıntıyı azaltıp alt akıntının artmasına neden olur. Lodos olarak isimlendirilen güneyli rüzgarların, her iki tabakanın dikey karışımında da önemli rol oynadığını, üst tabakada gözlemlenen yüksek tuzluluğa sahip su tabakası kanıtlamaktadır.

Genellikle kış aylarında meydana gelen uzun süreli ve şiddetli güneyli rüzgarlar, Boğaz'ın üst tabakasının tuzluluğunu, alt tabakasında çözünmüş oksijen değerini önemli ölçüde artırır, böylece her zamankinden daha farklı özelliklere sahip su kolonu Haliç'e girerek ilerler. Diğer taraftan, yağmur ve dere girdilerinin yoğun olduğu dönemlerde daha az tuzlu suyun tüm Haliç'in yüzey tabakasında yayılması, drenaj alanlarına bırakılan kirlilik yükünün azalması, yüzey tabakasının yeniden temiz hale gelebileceğine işaret etmektedir.

II. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, İstanbul Haliç bölgesinde kullanılan örnekleme yöntemleri, alınan örneklerin analizleri için uygulanan metotlar ve yorumlama yapabilmek için elde edilen verilere uygulanan istatistiksel yöntemler verilmektedir.

Tez çalışması kapsamında Haliç orta hattı üzerinde belirlenen toplam 6 istasyondan ve yüzey, 5 m ve 10 m olmak üzere toplam 3 derinlikten, 180 adet deniz suyu örneği ve 45 adet Nansen fitoplankton kepçe örneği toplanmıştır (Şekil 5). Haritada belirtilen derinlikler metre cinsindendir ve yukarı haliç bölgesindeki derinlikler (<5 m) hızlı siltasyon ve yapılan drenaj çalışmalarına bağlı olarak sürekli değişmektedir ve bu yüzden yukarı haliç bölümünde bulunan 3 istasyonda yalnızca yüzey örnekleme gerçekleştirilmiştir. Aşağı ve orta haliç bölümlerinde ise üst tabaka suyunu temsil eden 3 derinlikten örnekleme yapılmıştır (Şekil 5).

Haliç deniz suyunda ve kepçe örneklerinde yapılan analizler aşağıdaki temalar altında ele alınmıştır;

- a) Deniz suyunun fiziksel özelliklerinin belirlenmesi (seki diski derinliği, tuzluluk ve sıcaklık ölçümleri),
- b) Deniz suyunun kimyasal özelliklerinin belirlenmesi (çözünmüş oksijen, Nitrat+nitrit, fosfat ve silikat analizleri, pH ölçümleri)
- c) Deniz suyunun biyolojik özelliklerinin belirlenmesi (Klorofil-a, Toplam fitoplankton ve *Pseudo-nitzschia* spp. hücre bollukları)
- d) HPLC kullanılarak deniz suyunda partiküler ve kepçe örneklerinde fitoplanktondaki domoik asit miktarlarının ve dağılımının belirlenmesi,
- e) Verilerin korelasyonu, yorumlanması ve Haliç üst tabaka suyuna ait temel veri setinin (background data) oluşturulması,
- f) Domoik asit verileri ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler arasındaki istatistiksel analizlerin ve istasyon bazında dağılımların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi.

2.1. Analizlerde Kullanılan Kimyasallar

Analizlerde kullanılan kimyasallar Tablo 2’ de listelenmiştir. Domoik asit enstrümental analizlerinde kullanılan çözücülerin HPLC kalitesinde olmasına dikkat edilmiştir.

Tablo 2. Analizlerde kullanılan kimyasalların listesi

Kimyasalın adı	Markası
Domoik asit standardı	SIGMA
(9-Florenilmetil) kloroformat	MERCK
Asetonitril, Etil asetat, Metanol	MERCK
Sodyum hidrojen karbonat	MERCK
Disodyumhekzaflorosilikat	MERCK
Okzalik asit, Trifloroasetik asit	MERCK
Sodyum hidroksit	MERCK
Amonyum molibdattetrahidrat	FLUKA
Askorbik asit, Borik asit	SIGMA-ALDRICH
Bakır-II sülfat	SIGMA-ALDRICH
Sodyum hipoklorit	SIGMA-ALDRICH
Potasyumdihidrojen fosfat	SIGMA-ALDRICH
Sülfanilamid	SIGMA-ALDRICH
Potasyum antimon-III tartarat hidrat	ALDRICH
Amonyum klorür, Sodyum klorür	MERCK
Sodyum metasilikat-nonahidrat	ALDRICH
N-1-Naftil-etilendiamin dihidroklorit	MERCK
Sodyum dodesil sülfat	SIGMA
Hidroklorik asit, Fosforik asit, Sülfürik asit	MERCK
Sodyum tetraborat	ALDRICH
Formaldehit	MERCK
Aseton	MERCK

2.2. Örnekleme Yöntemleri

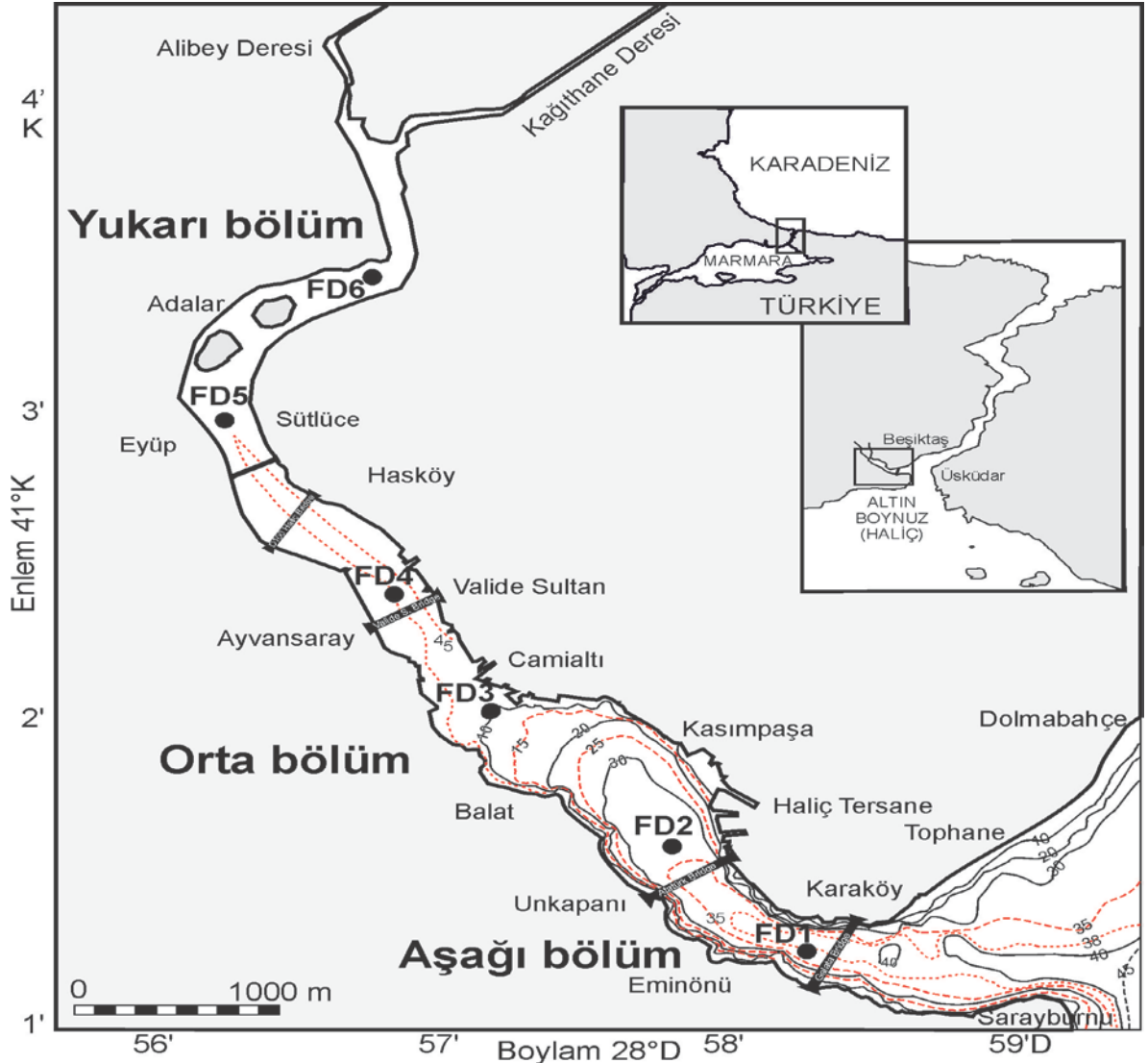
Deniz suyu ve kepçe örneklerinin alınması için çalışma koşullarına uygun bir tekne kiralanmıştır. Haliç'in hidrografik koşulları göz önüne alınarak örnekleme bölgesi 3 bölüme ayrılmıştır:

Aşağı Bölüm; Galata Köprüsü ve Atatürk Köprüsü arasında kalan bölüm (FD1 nolu örnekleme istasyonu),

Orta Bölüm; Atatürk Köprüsü ve Valide Sultan Köprüsü arası (FD2 ve FD3 nolu örnekleme istasyonları) ve

Yukarı Bölüm; Valide Sultan Köprüsü ile Alibey ve Kağıthane dere ağızları (FD4, FD5 ve FD6 nolu istasyonları) arasında kalan bölümdür (Şekil 5).

Örnekleme noktaları 12 kanallı ETRAX Garmin GPS ile konumlandırılmıştır (Tablo 3). Örnekleme periyodu Ağustos 2011 – Temmuz 2012 arasındaki 1 yıllık dönem boyunca yapılan 15 adet arazi çalışmasını kapsamaktadır. Ağustos 2011 – Şubat 2012 arası dönemde aylık, fitoplankton aşırı üremelerinin yüksek olduğu ilkbahar aylarında (Mart – Mayıs 2012) 15 gün aralıklarla, yaz aylarında (Haziran – Temmuz 2012) ise yine aylık olarak örnekleme yapılmıştır.



Şekil 5. Çalışma bölgesi ve örnekleme istasyonları

Deniz suyu örnekleri 5 L kapasitesine sahip Niskin şişeleri yardımıyla alınmıştır. Kalitatif fitoplankton örnekleri, 55 µm göz açıklığına sahip, 57 cm çapındaki Nansen plankton kepçesi kullanılarak FD1, FD2 ve FD3 no'lu istasyonlardan, 10 m derinlikten yüzeye dikey olarak çekilerek toplanmıştır. Kantitatif fitoplankton analizleri için cam şişelere alınan 250 mL deniz suyu örneğine 0,5 mL %2' lik asidik lugol solüsyonu eklenerek analiz edilinceye kadar serin ve karanlık bir ortamda korunmuştur.

Besin elementleri analizi için 50 mL kapasiteli %5'lik hidroklorik asitte yıkanmış polietilen şişeler kullanılmıştır. Nitrat+nitrit, fosfat ve silikat analizleri için alınan deniz suyu örneklerini askıda katı madde muhtevassından ayırmak için, 50 ml hacimli şırıngaların ucuna

takılan 0.45 µm'lik disk filtreler kullanılarak ön filtrasyon uygulanmış ve örnekler polietilen şişelere aktarılmıştır. Daha sonra analiz edilinceye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Örnekleme esnasında, deniz suyuna ait fiziksel ve bazı kimyasal parametreler de (sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH) ölçülmüştür. Bu ölçümler tüm istasyonlarda YSI Professional Plus Multiparameter Instrument sistemi kullanılarak alınmıştır. Cihazın ölçüm sensörleri (pH, iletkenlik ve çözülmüş oksijen) her arazi çalışmasından önce kalibrasyon çözeltileri ile kalibre edilmiştir. Ayrıca bazı aylarda çözülmüş oksijen konsantrasyonu Winkler titrasyon metoduyla da ölçülerek multiparametre cihazının doğruluğu test edilmiştir. Winkler yöntemi için alınan örneklerde özel oksijen şişeleri kullanılmış, niskin şişelerinin musluk ağzlarına takılan bir hortum yardımıyla suyun havalandırılmadan alınmasına dikkat edilmiştir. Sıcaklık, iletkenlik, pH ve çözülmüş oksijen çözünürlük limitleri; sırasıyla 0,1 °C, 0,01 mS/cm, 0,01 ve 0,1 ml/L'dir. Bu parametrelerden 0,01 ppt ile çözünürlük limiti dâhilinde tuzluluk parametresi türetilmiştir.

Işık geçirgenliği seki diskiyle ölçülmüştür. Işık geçirgenliğinin klasik ölçümü olan bu yöntem, 30 cm çapındaki beyaz renkte bir diskin su içerisinde görülebildiği son derinliğin, göz ile saptanması esasına dayanmaktadır.

Meteorolojik parametreler (hava sıcaklığı - °C, nem - %, yağış durumu ve miktarı - mm, rüzgar yönü ve şiddeti - m/sn, genel hava durumu) arazi çalışmalarının güvenli bir şekilde yapılabilmesi ve ortam şartlarını değiştirmesi sonucunda analizlere olası etkileri nedeniyle Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi'nin veri setlerinden örnekleme süresi boyunca takip edilmiştir ve EK 1'de verilmiştir.

Tablo 3. Örnekleme noktalarının coğrafi konumu ve derinlikleri

İstasyon	Enlem	Boylam	Derinlik (m)	Örnekleme Periyodu
FD1	41°01'14.42''	28°58'23.42''	Yüzey- 5- 10	2011
FD2	41°01'25.92''	28°57'49.62''	Yüzey -5- 10	
FD3	41°01'54.98''	28°57'20.39''	Yüzey- 5- 10	
FD4	41°02'20.65''	28°56'51.42''	Yüzey	2012
FD5	41°02'56.48''	28°56'18.14''	Yüzey	
FD6	41°03'29.36''	28°56'52.19''	Yüzey	

2.3. Analiz Yöntemleri

2.3.1. Klorofil-a analizi

Klorofil-a analizleri için, 1 L kapasiteli polietilen şişelere alınan deniz suyu örnekleri, 0,45 µm göz açıklığına ve 47 mm'lik çapa sahip Sartorius selüloz nitrat membran filtrelerden vakumla süzölmüştür. Daha sonra filtre kağıtları, laboratuvarında analiz edilinceye kadar alüminyum folyo içerisinde -20 °C'de saklanmıştır. Klorofil-a konsantrasyonu aseton ekstraksiyon yöntemi uygulanarak spektrofotometrik olarak ölçölmüştür (Parsons,1984). Bu yöntemde örnekler 10 ml hacimli cam tüpler içerisinde %90'lık aseton (9:1, Aseton: Su) ile ekstrakte edilir, filtre kağıtları tamamen parçalandıktan sonra , +4°C'de karanlıkta bir gece bekletilir ve 3000 dönüş hızı/dakika (rpm) altında 10 dak. santrifüj edilir. Üst sıvının absorbans değeri 750, 664, 647, 630 nm dalga boyunda spektrofotometre ile ölçölerek örneklerdeki klorofil-a konsantrasyonları aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$\text{Chl-a} = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630} \quad (2.1)$$

E: Belirtilen absorbans değeri 750 nm'de okunan absorbans değeri çıkartılmasıyla bulunan düzeltilmiş değeri.

Chl-a: 5 cm'lik ışık geçirgenlik yüzeyi olan küvetin içindeki klorofil-a miktarı (µg/mL)

$$\mu\text{g klorofil/L} = ((\text{Chl-a} \times v) / (V \times 5^{*1})) \quad (2.2)$$

v: Ekstraksiyonda kullanılan aseton hacmi (mL)

V: Filtre edilen deniz suyu miktarı (L)

Chl-a: (2.1) numaralı denklemden elde edilen değer (µg/ mL)

2.3.2. Besin elementleri analizi

NO_x analizleri Bran+Luebbe AA3 oto-analizörde ölçülürken, fosfat ve silikat ölçümleri ana metot esas alınarak laboratuvarda deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Standartların hazırlanmasında sentetik deniz suyu kullanılmıştır. Bunun için 800 mL distile suda 35 g sodyum klorür ve 0,2 g sodyum hidrojen karbonat çözünür ve yine distile suyla 1 L'ye seyreltilerek karıştırılır. Silikat analizinde camdan kaynaklanan silikat kontaminasyonunu önlemek için plastik laboratuvar malzemeleri kullanılması önerilir.

2.3.2.1. Nitrat+nitrit (NO₃+NO₂-N) tayini

Nitrat+nitrit toplamının belirlenmesi için kadmiyum redüksiyon metodu uygulanır. Örneğin bakır-kadmiyum granül kolondan geçirilmesi ve % 90–95 oranında nitrite indirgenmesi ile ölçülür. Analiz, deniz suyundaki nitrit iyonunun asidik şartlarda sülfanilamid ile reaksiyona girerek diazonyum tuzu oluşturması ve bunun da N-naftiletilendiamin ile bağlanarak bir azo boyar ürün vermesi esasına dayanır. Oluşan pembe rengin absorbansı, 550 nm dalga boyunda Bran+Luebbe AA3 oto-analizörde ölçülür. Bu analiz için, APHA 4500-NO₃ E (Automated cadmium reduction method) (APHA, 1999) metodu referans alınmıştır.

¹ Spektrofotometrede kullanılan küvetin boyu (cm)

2.3.2.2. Fosfat (PO₄-P) tayini

Deniz suyu örneklerinde orto-fosfat miktarı, Murphy ve Riley (1962) metodundan yola çıkılarak molibden mavisini kolorimetrik yöntemi esasına dayanarak ölçülür. Bu yöntemde orto-fosfat, amonyum molibdat ile reaksiyona sokularak amonyum fosfomolibdattan oluşan bir tuz oluşturulur. Bu tuz, askorbik asit tarafından pH<1 şartında indirgenerek mavi renkli bir ürün ortaya çıkar. Bu ürünün ışık absorpsiyonu spektrofotometrede 880 nm dalga boyunda ölçülerek bulunur. Analiz için APHA 4500-P F (Automated ascorbic acid reduction method) (APHA, 1999) metodu referans alınmıştır.

2.3.2.3. Silikat (SiO₂-Si) tayini

Bu metotta deniz suyu örneklerindeki silikat, asidik ortamda molibdatla reaksiyona girerek silikomolibdik asit oluşturur. İkinci basamakta ise askorbik asit ile indirgenerek molibden mavisine dönüşür ve oluşan renk 820 nm’de spektrofotometrede okunur. Analiz için APHA 4500-SiO₂ E (Automated method formolybdate-reactive silica) (APHA, 1999) metodu referans alınmıştır.

2.3.3. Fitoplankton analizleri

Kalitatif analizler için, uygun plastik kaplar içerisine alınan plankton kepçe örnekleri boraksla tamponlanmış % 40’lık formaldehitte sonuç konsantrasyonu %4 olacak şekilde fikse edilerek analize kadar serin ve karanlık bir ortamda korunmuştur. Lam-lamel arasına alınan 1-2 damla kepçe örneği 10×, 20× veya 40× objektif kullanılarak Leica DM 2500 model ışık mikroskobu altında incelenmiştir. Türler morfolojik özellikleri dikkate alınarak taksonomik açıdan tayin edilmiştir.

Kantitatif analizler için alınan fitoplankton örneklerinden, tahmin edilen plankton yoğunluğuna bağlı olarak yeterli miktarda (10-50 mL) numune alınarak laboratuvarında Utermöhl sedimentasyon yöntemiyle (Utermöhl, 1958) çöktürülmüştür. Çöktürülen alt örneklerdeki fitoplankton hücre sayımları, Utermöhl sayım kamarası yardımıyla faz-kontrast

ekipmanlı Leica DM IL LED inverted ışık mikroskobu altında yapılmıştır. Alınan fitoplankton örneklerinde tespit edilen diyatom *Pseudo-nitzschia* türlerinin görüntüleri ışık mikroskobuna bağlı Leica DFC kamera yardımıyla alınmıştır. Sayım işlemi tamamlanan örneklerden 100 mL'lik hacim, kahverengi cam şişelere alınarak uzun süreli koruma için içerisine 2 mL formaldehit eklenerek yedekleme yapılmıştır (Throndsen, 1978).

2.3.4. Domoik asit analizi

2.3.4.1. Çözeltilerin hazırlanması

Domoik asit ana stok çözelti (1mg/mL): 1 mg ağırlığındaki DA kendi şişesi içerisinde 1mL %10'luk asetonitril (ACN: Su, 1:9) ile çözülür. DA toz halinde iken -4°C'de muhafaza edilmektedir. Ana stok çözelti ise -18°C'de karanlıkta 1 yıl boyunca bozulmadan stabil kalabilmektedir (Pocklington v.d., 1990).

DA ara stok çözelti (10 ng/µL): Ana stoktan alınan 10 µL'lik hacim %10'luk asetonitril ile 500 µL'ye tamamlanır.

DA çalışma standartları: 0,01 ng/µL ile 2 ng/µL arasındaki çeşitli konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanır. Bunun için ara stok çözeltilerden alınan (10 ng/µL) çeşitli hacimler %10'luk asetonitril ile 500 µL'ye tamamlanır.

Borat tampon çözeltisi (1M): 6,18 g borik asit (BH₃O₃) 95 mL distile su içerisinde çözülür. Çözeltinin pH'sı, 5 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile 6,2'ye ayarlanır ve çözelti distile su ile 100 mL'ye tamamlanır.

9-Fluorenylmethylchloroformate (FMOC-Cl) çözeltisi (15 mM): 38,7 mg FMOC-Cl 10 mL asetonitril içerisinde iyice çözülür. -20°C'de cam şişe içerisinde muhafaza edilir. Çalışılacak örnek sayısına göre günlük 2 mL ya da 4 mL'lik hacimler halinde hazırlanması önerilir.

2.3.4.2. Ekstraksiyon ve türevlendirme

Deniz suyunda partikül maddedeki domoik asit miktarının tespiti için 1 L kapasiteli polietilen şişelere alınan örnekler, herhangi bir fiksasyon kimyasalı kullanılmadan, 47 mm çapa sahip camsı-fiber karbon (GFC) filtrelerden vakumla süzüldü ve filtre kağıtları analize kadar -20 °C’de bekletildi. Aynı şekilde, fitoplankton kepçe örneklerinde planktondaki domoik asit miktarının tespiti için, Nansen plankton kepçesi ile 300 mL kapasiteli plastik kaplara alınan örnekler herhangi bir fiksasyon kimyasalı kullanılmadan, 47 mm çapa sahip camsı-fiber karbon (GFC) filtrelerden vakumla süzüldü ve filtre kağıtları analize kadar -20 °C’de bekletildi.

Hem deniz suyu hem de fitoplankton kepçe örnekleri için filtre kağıtlarına aynı ekstraksiyon yöntemi (Pocklington v.d.,1990) modifiye edilerek uygulandı. Bu yöntemde;

- Filtre kağıtları pens yardımıyla deney tüplerinin içerisine alındıktan sonra üzerlerine 5 ml %10’luk metanol (Metanol: Su, 1:9) çözeltisi eklenir.
- 2 dak. boyunca sabit hızda (2500 rpm) vorteks karıştırma işlemi uygulanır.
- Örnekler 15 °C’de 4000 rpm hızda 10 dak. boyunca santrifüj edilir.
- Süpernatant tek kullanımlık enjektör yardımıyla vial içine alınır.
- Eğer süpernatant iyi santrifüj olmamışsa (ekstrakt içerisinde parçacıklar mevcutsa) bir enjektör yardımıyla Millex 0,22 µm gözenek boyutu olan, 33 mm çapa sahip steril filtreden geçirilir.

Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra türevlendirme aşamasına geçilir. Hazırlanan çalışma standartları da örneklerle beraber aşağıdaki aşamalardan geçirilir.

- 200 µL örnek üzerine 50 µL borat tamponu eklenir ve 10 saniye karıştırılır.
- 250 µL türevlendirme maddesi FMOC-Cl eklenir ve 45 saniye karıştırılır.
- 500 µL Etil asetat eklenerek 45 saniye karıştırılır.
- Yaklaşık 1 dak. bekledikten sonra vial içerisindeki sıvının iki faza ayrıldığı görülür ve üst faz alınarak atığa ayrılır.

- Örneğin durumuna göre etil asetat ile yıkama işlemi 1 ya da 2 kez daha tekrarlanarak 20 saniye karıştırılır ve üst faz ayrıldıktan sonra alt faz HPLC analizlerinde kullanılmak üzere hazır hale gelir.

Ekstraksiyon ve türevlendirme işlemlerine tabi tutulan örnekler, aşağıda çalışma şartları ve analiz yöntemi verilen HPLC cihazında analiz edilinceye kadar +4°C’de muhafaza edilmiştir.

2.3.4.3. (HPLC-FLD) yöntemi ile domoik asit analizi

Deniz suyu örneklerinde eser miktardaki partiküler domoik asit konsantrasyonlarının tespiti için kullanılan yaygın analiz yöntemi domoik asidin 9-florenilmetilkloroformat ile türevlendirilmesiyle oluşan formunun HPLC-FLD ile tespitine dayanmaktadır (Pocklington v.d., 1990). Haliç örneklerindeki DA analizleri yukarıda belirtildiği gibi Pocklington v.d., (1990) yöntemi esas alınıp, bu yöntem üzerinde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde Agilent 1100 Series HPLC sistemi; G 1379A gaz giderici sistem, G 1311A dörtlü pompa modülü, 50 µL loop 7725i enjektör modülü, G 1321A floresans detektör (FLD) modülü ve Agilent Chem Station veri işleme yazılımı ile birlikte kullanılmıştır (Şekil 6). Supelco C18- 5µm partikül boyutlu, 25 cm x 4,6 mm ebatlarında analitik kolon, özelliklerine uygun C18 koruyucu kolon ile birlikte kullanılmıştır. Çözücü sisteminde kullanılan saf su Milli-Q RG su sisteminden sağlanmıştır.

HPLC çalışma koşulları ve analiz yönteminin (Tablo 4) ayrıntıları aşağıda verilmektedir:

Dedektör dalga boyu: Ex: 264 nm, Em: 313 nm

Çözücü sistemi: % 0,1’lik Trifloroasetikasit (TFA)-Asetonitril ve % 0,1’lik (TFA) – su

Çözücü akış hızı: 0,8 mL/dk

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Tablo 4. Gradient sistemde HPLC-FLD analiz yöntemi

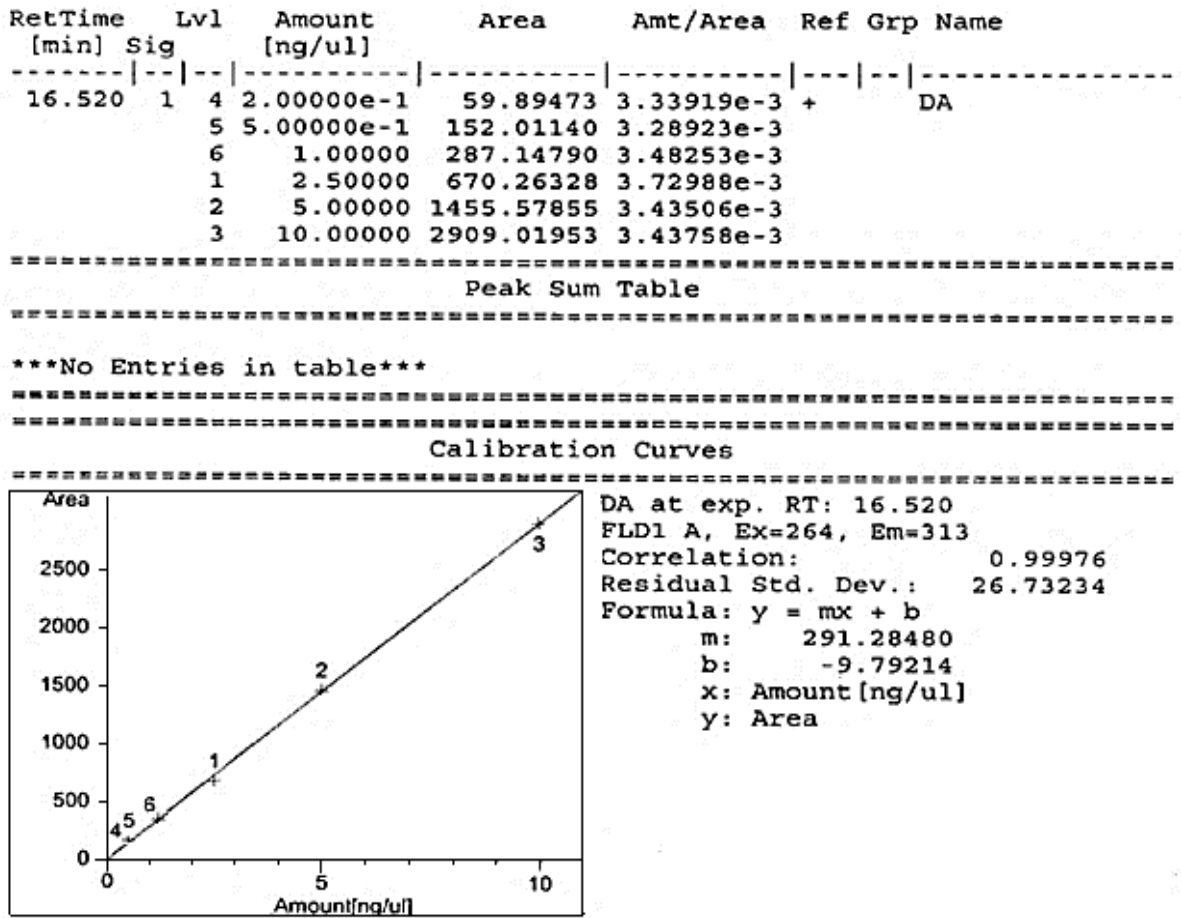
Zaman (dk.)	% ACN	% Su
0	40	60
5	40	60
20	60	40
22	60	40
24	100	0
26	40	60
34	40	60



Şekil 6. Domoik asit analizlerinin yapıldığı HPLC-FLD cihazı görüntüsü

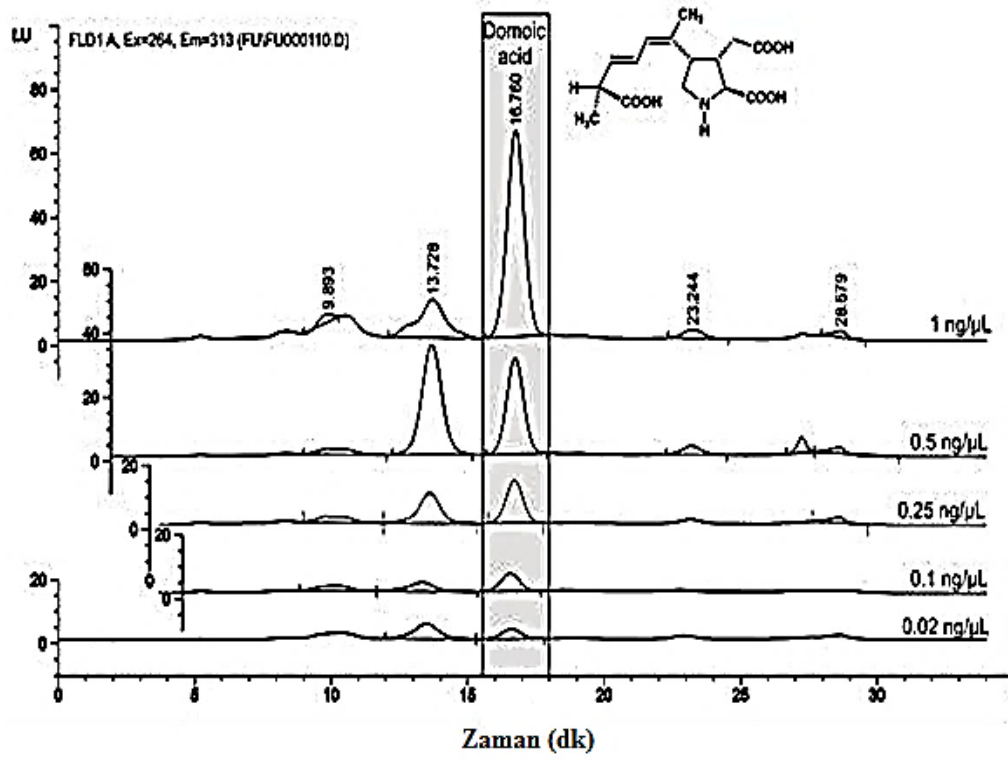
HPLC-FLD yöntemi için kalibrasyon eğrisi, 10 µl enjeksiyonun üç defa HPLC'ye enjekte edilmesi ile elde edilen kromatogramlardan, en uygun lineerliği sağlayan 6 nokta seçilerek ($r^2=0.99$) oluşturulmuştur (Şekil 7). HPLC-FLD yönteminde cihazın tespit limitinin de

belirlenmesinde kullanılan standart kalibrasyon serisi kromatogram sonuçlarına göre (Şekil 8), DA alıkonma zamanının 16,7 dak. ve sinyal gürültü oranının (S/N) 3,3 olduğu tespit edilmiş, belirleme limiti (LOD) 0,2 ng/µL DA, tayin limiti (LOQ) ise 0,6 ng/µL olarak hesaplanmıştır (Şekil 7). Bu analiz kriterlerine göre deniz suyundaki ve fitoplankton kepçe örneklerindeki analizlerde elde edilen DA piklerine ait bazı HPLC kromatogramları EK-2(a) ve (b)' de verilmiştir.



Şekil 7. Domoik asit standartına ait kalibrasyon eğrisi ve denklemleri

LOD ve LOQ değerlerinin tespitinden sonra yapılan geri kazanım çalışmasında ise yüksek konsantrasyonlu 5 ng/µl DA standart kalibrasyon serisi kullanılmıştır. Geri kazanım çalışması için, içeriğinde DA tespit edilmeyen deniz suyu örnekleri seçilerek, bu örneklerin içerisine bilinen miktarlarda DA standart maddesi eklenmiş ve bu bölümde daha önce belirtilen analitik prosedür izlenmiştir. Bu çalışma sonucunda deniz suyu örneklerinden %95 ile %102 arasında geri kazanım sağlanmıştır (Tablo 5).



Şekil 8. Domoik asit standartlarına ait HPLC kromatogramları

Tablo 5. Domoik asit (DA) geri kazanım çalışması sonuçları

Örnek	Eklenen miktar (ng DA/μL)	Tespit edilen miktar (ng /μL)	Geri kazanım (%)
FD1 – 10 m (Ağustos)	5	4.96	99.2
FD2 – 0,5 m (Eylül)	5	4.91	98.2
FD1 – 5 m (Ekim)	5	5.1	102.0
FD1 – 0,5m (Kasım)	5	4.93	98.6
FD3 – 10m (Aralık)	5	4.9	98.0
FD4 – 0,5m (6 Mart)	5	4.85	97.0
FD1 – 10 m (20 Mart)	5	4.82	96.4
FD6 – 0,5 m (20 Mart)	5	4.75	95.0
FD3 – 0,5 m (10 Nisan)	5	4.86	97.2
FD5 – 0,5m (30 Nisan)	5	5.06	101.2
Aritmetik ortalama		4.91	98.3
Standart sapma		0.1	2.1
Geri kazanım oranı (%)			98.2

2.3.5. İstatistiksel analizler

Tez kapsamında yapılan analizlerden elde edilen fiziko-kimyasal parametrelerin birbirleriyle ve domoik asit ile olan bağıntıları (korelasyonlar) ve bağıntısızlıkları (faktör analizleri) araştırılmıştır. Bu sayede belirli faktör gruplarında yoğunlaşma gösteren element gruplarını bir araya getiren etkenler belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerde Statistica (v6) programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizler öncesinde veriler 0 ortalama ve 1 varyanslı normal dağılım verecek şekilde standardize edilmiştir. Örneklerden ortalama değer çıkartılmış ve varyansın (VAR. P) kareköküne yani standart hataya (SE) bölünmüşlerdir.

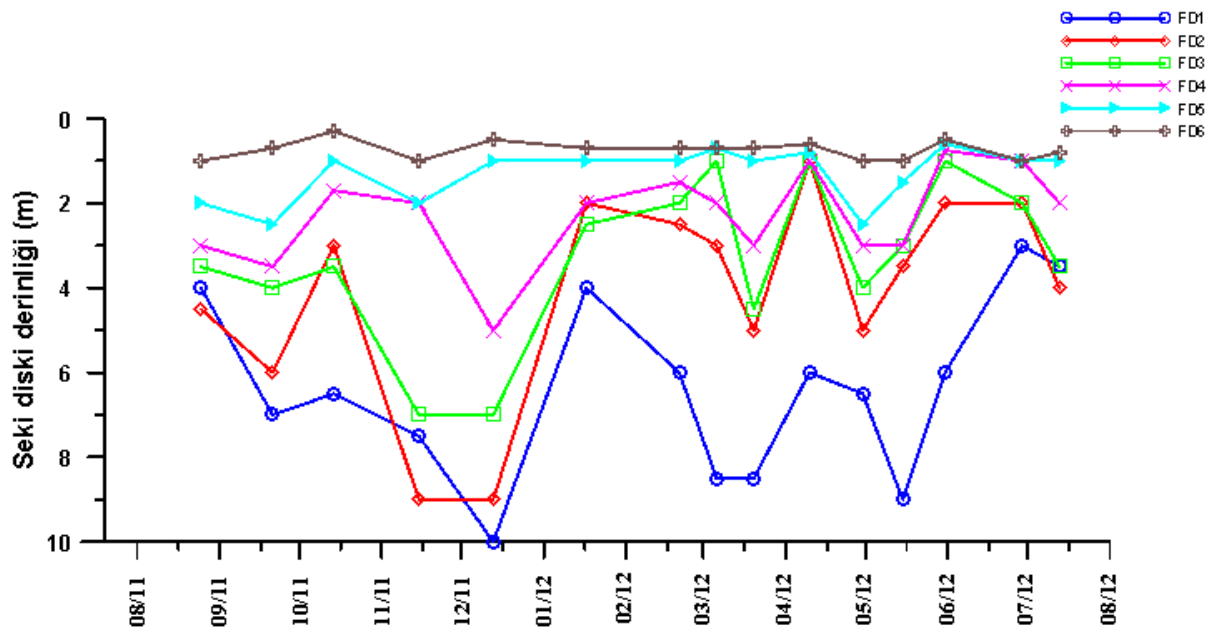
Bağımlılık Analizleri: Korelasyon neden-sonuç ilişkisinin göstergesi değildir, ancak iki rassal değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü (şiddetini) belirtir. İlişkinin yönü “r” değerinin ($-1 < r < +1$) işareti, ilişkinin derecesi de r katsayısının büyüklüğü ile belirlenir. Eksi değerler bir değişken artarken diğerinin azaldığının, artı değerler ise her iki değişkenin aldığı değerlerin birlikte artış ve azalış gösterdiğinin göstergesidir. Farklı durumlar için farklı korelasyon katsayıları geliştirilmiştir. Bunlardan en iyi bilineni Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısıdır. İki değişkenin kovaryansının, yine bu değişkenlerin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle elde edilir.

Bağımsızlık Analizleri: Gruplaşmalar ile ilişkili olabilecek özgün faktörleri ayırmak veya belirlemek ve bu sayede kaynak ve dağılımlarını saptayabilmek için örneklere ait parametrelere faktör analizi de uygulanmıştır. Temel ya da asal bileşenler (principal components) analizi (PCA), aralarında ilişki bulunan n sayıda değişkenin açıkladığı varyans yapısını, aralarında ilişki bulunmayan m sayıda ($n > m$) değişkenle ifade etme yöntemidir. Burada yeni elde edilen temel (asal) değişkenler orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleridir. Bu doğrusal bileşenleri bulmak için, değişkenler ve varyansları karşılaştırılabilir nitelikte ise “kovaryans matrisi”nin ya da aksi durumlar için “korelasyon matrisi”nin özdeğerleri ve özvektörleri kullanılır. Değişkenlerimizin bileşkeleri diyebileceğimiz temel bileşenler korelasyonsuzdurlar. Böylece değişkenler arası bağımlılık yapısı ortadan kaldırılmış olur. Birinci temel bileşen (Faktör 1) toplam değişkenliği en çok açıklar. Bir sonraki temel bileşen (Faktör 2) ise kalan değişkenliği en çok açıklar.

III. BULGULAR

3.1. Fiziksel Parametreler

Haliç örnekleme istasyonlarında, Ağustos 2011 – Temmuz 2012 döneminde ölçülen seki diski derinliği değişimleri Şekil 9’da verilmiştir.



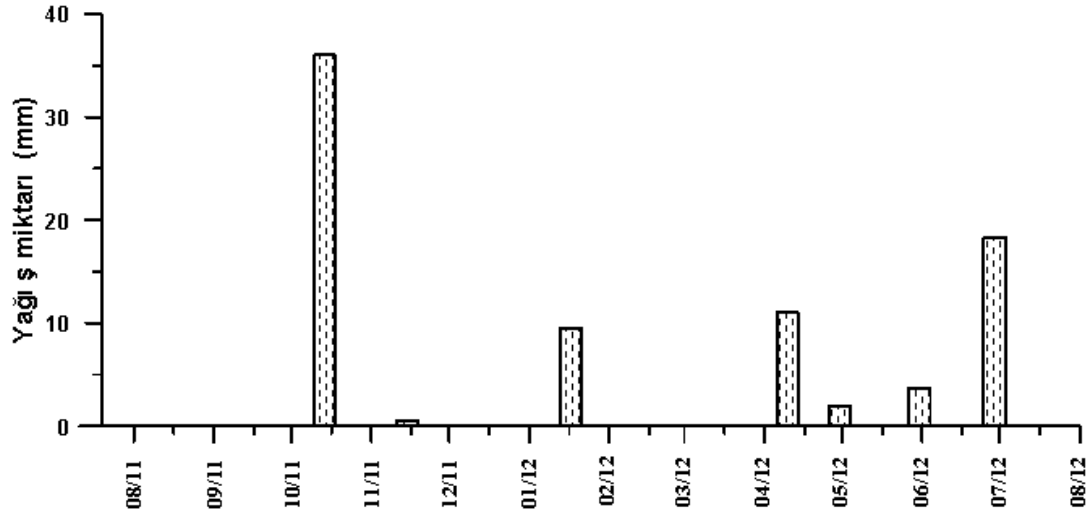
Şekil 9. Seki diski derinliğinin zamana bağlı değişimi

Genel olarak örnekleme döneminde aşağı bölümden yukarı bölüme doğru artan bulanıklığın etkisiyle azalan seki diski derinlikleri görülmektedir (Şekil 9). Haliç ağzında bulunan ve aşağı bölümü oluşturan FD1 istasyonu çalışma dönemi boyunca en yüksek değerlerin ölçüldüğü nokta olurken, Alibey ve Kağıthane derelerine en yakın istasyon olan yukarı bölümdeki FD6 istasyonu tüm çalışma dönemi boyunca en düşük değerlerin ölçüldüğü nokta olarak göze çarpmaktadır. Yukarı bölümde bulunan istasyonlarda seki diski derinliklerinin mevsimsel olarak çok fazla salınım göstermediği ancak aşağı ve orta bölümde bulunan istasyonlarda kış döneminde yüksek olan seki diski derinliklerinin, ilkbahar

başlangıcıyla birlikte düşüş gösterdiği ve yaz döneminde de özellikle Haziran ayındaki yağışların etkisiyle kış mevsimine oranla düşük seviyede devam ettiği görülmektedir.

Aşağı bölümde en yüksek değer, Aralık ayında 10 m olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise, Haziran ayında 3 m olarak ölçülmüştür. Orta bölümde en yüksek değer Kasım-Aralık döneminde 9 m ile FD2 istasyonunda ölçülürken, 10 Nisan'da FD2 ve FD3, 6 Mart ve 31 Mayıs örneklemelerinde ise FD3 istasyonunda en düşük değer 1 m olarak tespit edilmiştir. Yukarı bölümde Aralık ayında en yüksek seki diski derinliği FD4 istasyonunda 5 m olarak belirlenmiştir. Ekim ayında ise FD6 istasyonunda tüm çalışma dönemi boyunca görülen en düşük değer olan 30 cm ölçülmüştür.

Şekil 10'da örnekleme gününden önceki 3 güne ait toplam yağış miktarı görülmektedir. Buradan hareketle yağış miktarıyla seki diski derinliklerinin ilişkili olduğu, yağış etkisiyle karalardan gelen süprüntülerin seki diski derinliklerinin düşmesinde etkili olduğu ve özellikle 10 Nisan ve Haziran örneklemeleri öncesindeki yağışların etkisi açıkça görülmektedir.



Şekil 10. Yağış miktarının zamana bağlı değişimi

Haliç istasyonlarında, Ağustos 2011 – Temmuz 2012 çalışma dönemine ait aşağı, orta ve yukarı bölümdeki aylık en düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık ve tuzluluk değerleri sırasıyla Tablo 6 ve 7’de verilmiştir.

Tablo 6. Aşağı, orta ve yukarı bölümdeki aylık en düşük, en yüksek ortalama sıcaklık değerleri

Örnekleme zamanı	Sıcaklık (°C)								
	Aşağı Bölüm			Orta Bölüm			Yukarı Bölüm		
	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	En düşük	En Yüksek	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Ağustos	21,5	21,6	21,5	21,8	23,6	22,6	23,9	24,7	24,3
Eylül	19,4	19,8	19,6	20,1	21,1	20,8	22,0	23,0	22,6
Ekim	19,8	19,9	19,8	19,0	19,8	19,4	18,6	19,1	18,8
Kasım	13,6	13,7	13,6	12,8	13,4	13,1	11,2	12,4	11,7
Aralık	10,4	10,7	10,6	10,7	10,8	10,7	10,1	10,8	10,5
Ocak	8,3	8,6	8,4	6,9	8,4	7,9	6,1	7,4	6,8
Şubat	4,1	4,1	4,1	4,1	5,2	4,3	5,3	5,6	5,5
Mart	4,7	5,9	5,1	4,6	7,5	5,5	5,9	10,1	7,3
Nisan	9,0	9,7	9,3	9,1	12,5	10,1	9,8	14,0	11,7
Mayıs	14,6	16,8	15,6	13,2	19,3	15,7	15,0	20,7	17,8
Haziran	18,2	19,0	18,7	18,1	22,5	20,0	22,7	24,5	23,7
Temmuz	13,8	22,5	19,1	15,4	24,9	21,3	26,0	26,6	26,3

Genel olarak değerlendirildiğinde, deniz suyu sıcaklığının meteorolojik koşullarla paralellik gösterdiği görülmektedir. Yıl boyunca su sıcaklığı üst tabaka suyunda 4,1 ile 26,6°C arasında değişmektedir. Tablo 6’ da verilen sıcaklık değerlerinde aşağı bölümden yukarı bölüme doğru artan sıcaklık ortalamaları görülmektedir. Yalnızca Ekim-Ocak arası dönemde bu durumun tam tersi olarak yukarı bölümden aşağı bölüme doğru sıcaklık ortalaması artmaktadır.

Haliç boyunca en yüksek sıcaklık değeri 26,6 °C olarak Temmuz ayında yukarı bölümdeki FD6 istasyonunda görülmekte iken, en düşük sıcaklık değeri ise 4,1 °C olarak Şubat ayında aşağı bölümdeki FD1 istasyonunun tüm derinliklerinde, orta bölümdeki FD2 ve FD3 istasyonlarında ise 5 m ve 10 m derinliklerde görülmüştür (Şekil 11). Bölümler arasındaki sıcaklık farklılığı aylara göre çok fazla değişkenlik göstermezken, özellikle Mart-Temmuz arası dönemde aşağı ve orta bölümdeki en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri arasındaki fark belirgin bir şekilde artmıştır. Ayrıca aşağı ve orta bölümde Temmuz ayındaki en düşük ve en yüksek değerlerin oluşturduğu sıcaklık aralığının en büyük olduğu görülmektedir.

Yüzeyden 10 m derinliğe doğru sıcaklığın göreceli olarak düştüğü tespit edilmiştir. Temmuz ayında FD1 ve FD2 istasyonlarının 10 m derinliğinde ölçülen sıcaklıklar genel sıcaklık dağılımının aksine oldukça düşüktür.

Tablo 7. Aşağı, orta ve yukarı bölümdeki aylık en düşük, en yüksek ve ortalama tuzluluk değerleri

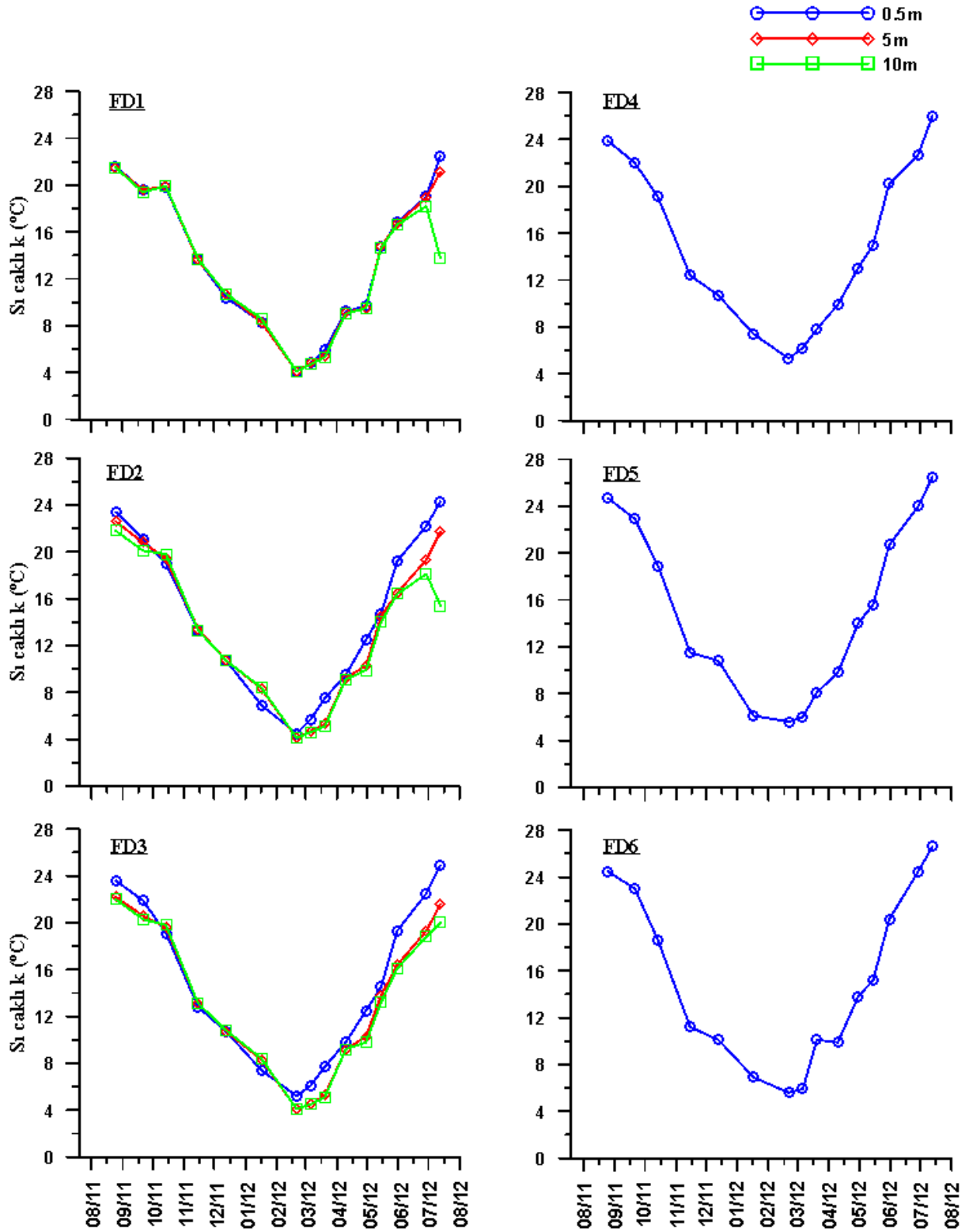
Örnekleme zamanı	Tuzluluk (psu)								
	Aşağı Bölüm			Orta Bölüm			Yukarı Bölüm		
	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Ortalama
Ağustos	19,03	19,14	19,10	18,86	19,47	19,18	17,92	18,55	18,14
Eylül	18,85	19,85	19,20	18,87	19,36	19,01	18,37	18,84	18,56
Ekim	19,11	19,30	19,20	18,17	19,46	18,75	12,50	17,81	15,71
Kasım	19,38	19,57	19,46	19,24	19,49	19,36	16,37	18,74	17,51
Aralık	19,23	20,76	19,95	19,31	21,60	20,04	16,30	19,75	18,58
Ocak	19,32	19,68	19,47	18,06	19,63	19,06	14,94	17,47	16,03
Şubat	18,35	18,60	18,46	15,53	18,72	17,69	7,86	14,17	10,60
Mart	18,59	19,94	18,89	15,46	18,97	18,07	6,38	16,52	13,74
Nisan	18,78	20,04	19,55	15,53	20,17	19,05	14,83	18,73	16,67
Mayıs	18,84	19,41	19,13	17,47	19,30	18,74	13,05	18,90	16,62
Haziran	18,25	18,62	18,37	18,29	18,73	18,48	17,76	18,31	18,07
Temmuz	18,26	20,23	19,14	18,14	19,55	18,59	16,80	18,05	17,56

Tablo 7’de verilen ortalama tuzluluk değerlerine bakıldığında, aşağı ve orta bölümdeki tuzluluk değerlerinin çalışma dönemi boyunca birbirlerine yakın olduğu ve 18-20 psu arasında salınım gösterdiği, buna karşılık yukarı bölümdeki tuzluluk değişiminin meteorolojik koşullar nedeniyle daha belirgin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Genel olarak aşağı bölümden yukarı bölüme doğru gidildiğinde tuzluluk değerlerinin azaldığı görülmektedir.

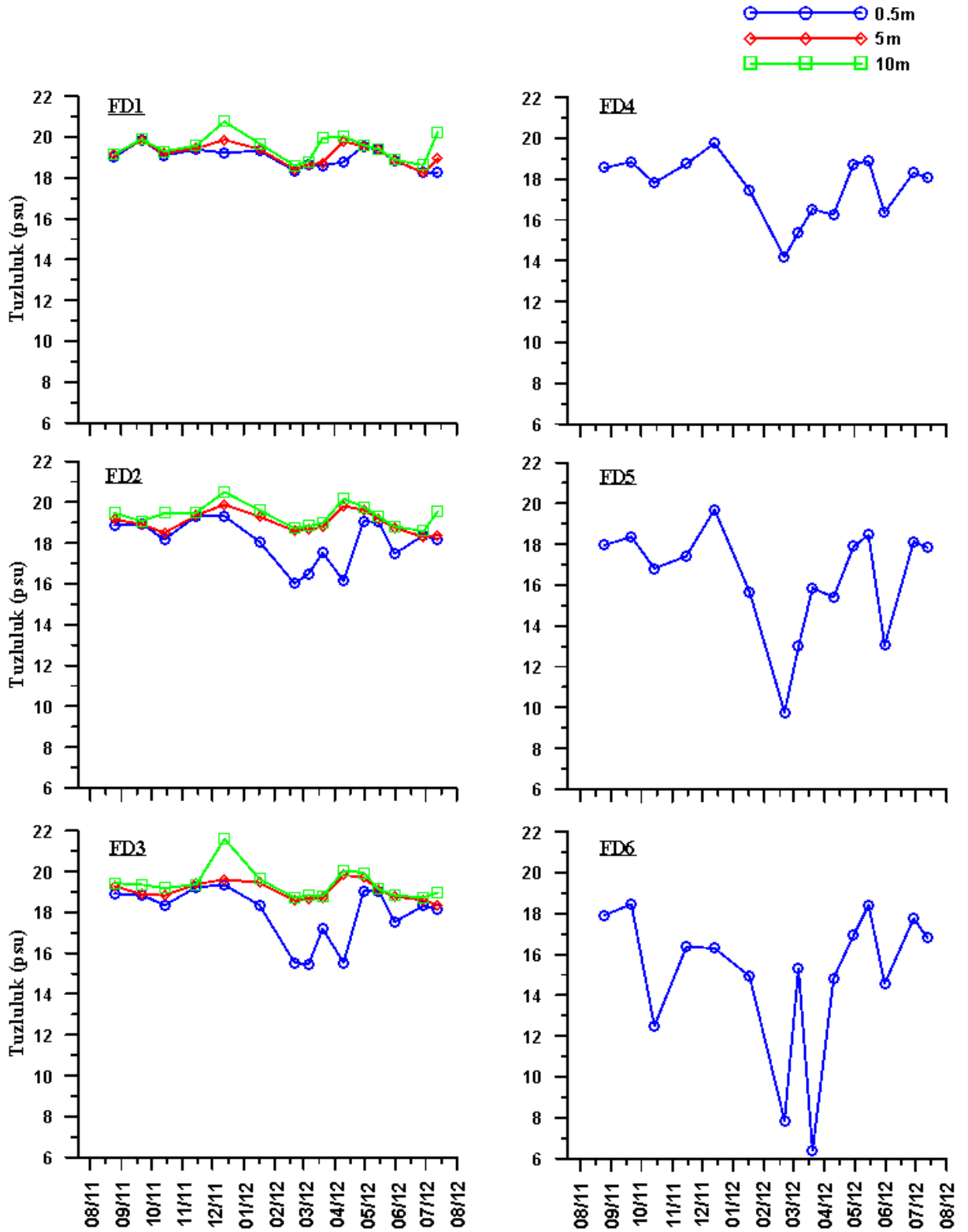
Haliç çalışma istasyonlarında tuzluluk değişiminin çalışma dönemi boyunca dağılımına bakıldığında, en yüksek tuzluluk değeri 21,60 psu olarak Aralık ayında orta bölümdeki FD3 istasyonunun 10 m derinliğinde ölçülürken, en düşük tuzluluk değeri 6,38 psu olarak 20 Mart örnekleminde yukarı bölümdeki FD6 istasyonunda görülmüştür (Şekil 12). Aşağı ve orta bölümde tuzluluk fazla değişmezken, Şubat-Mart döneminde yukarı bölümde ortalama

tuzluluk deęerleri belirgin bir řekilde azalmıř, en dūřuk ve en yūksek deęerler arasındaki fark artmıřtır.

Ayrıca yukarı bōlümdeki istasyonlarda tuzluluk deęerlerinin dūřtūęū ve bu istasyonlardaki salınımın ařaęı ve orta bōlūme gōre daha fazla olduęu gōrūlmektedir. Ařaęı ve orta bōlūmde yūzeyden 10 m derinlięe doęru tuzluluk deęerlerinin gōreceli olarak arttıęı da gōrūlmektedir.



Şekil 11. Deniz suyu sıcaklık değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 12. Tuzluluk değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi

3.2. Kimyasal Parametreler

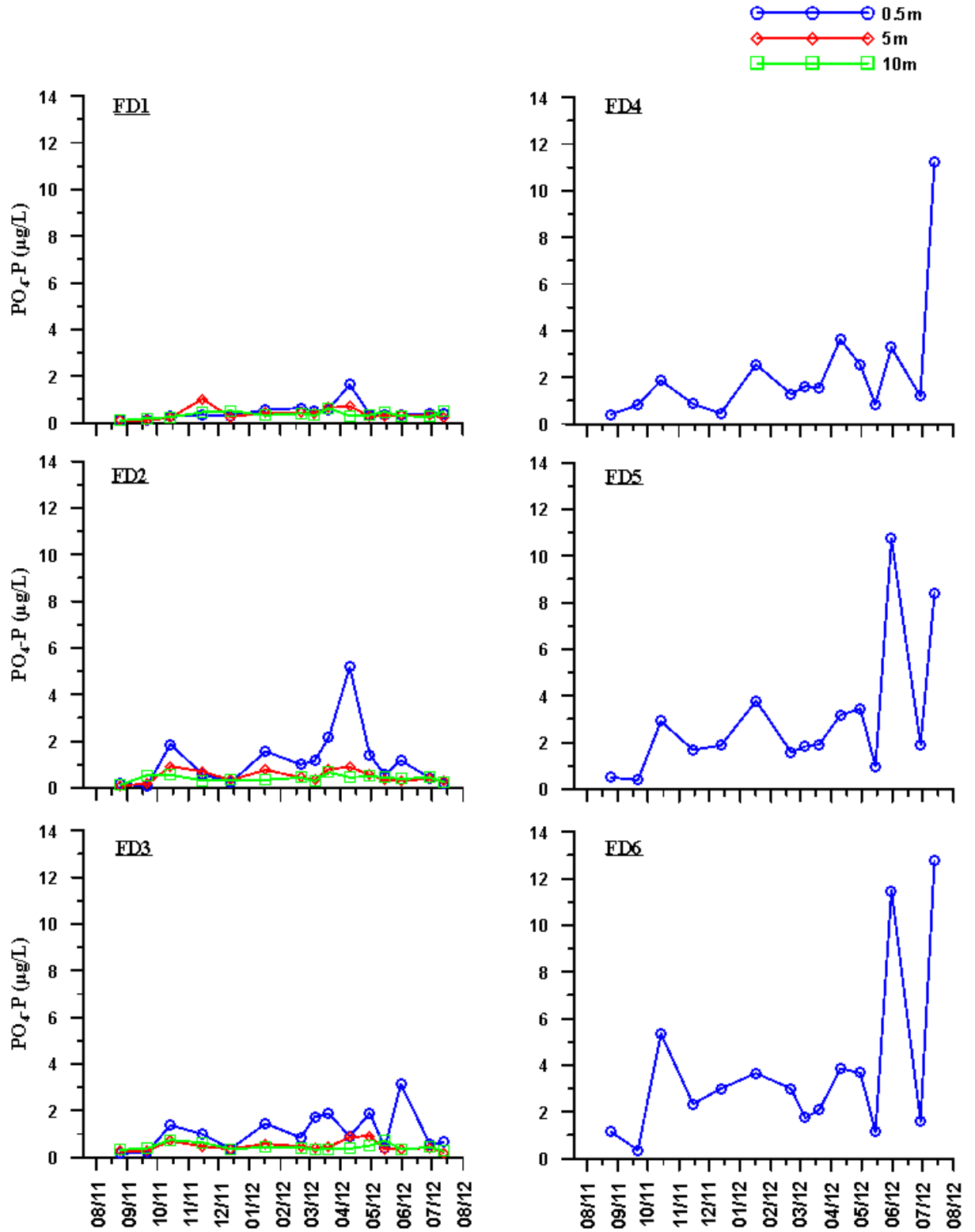
Çalışma süresince ölçülen kimyasal parametreler olan fosfat (PO_4^{3-}), nitrat (NO_3^-) + nitrit (NO_2^-), silikat (SiO_2), çözünmüş oksijen (ÇO) ve pH değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimlerini gösteren grafikler Şekil 12-16'da verilmiştir.

Tüm çalışma periyodu genel olarak değerlendirildiğinde, besin elementlerinin de meteorolojik koşulların etkisi altında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Özellikle kış aylarında, yağışlarla beraber karasal girdilerin artması sonucu görülen yüksek miktarlardaki besleyici element konsantrasyonları, ilkbahar aylarında fitoplankton üremelerinin artmasıyla beraber azalmakta, yaz döneminde de bu üremelerin nispeten devam etmesi ve girdilerin azalması dolayısıyla düşük seviyede devam etmektedir. Ancak Haziran ayındaki kuvvetli yağışlar neticesinde tekrar artış gösteren besin tuzları derişimlerinde inişli çıkışlı bir dağılım gözlenmiştir. $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ değerleri üst tabaka suyunda 0,09-12,91 $\mu\text{g/L}$ aralığında değişmiş ve aşağı bölümden yukarı bölüme doğru konsantrasyonu artmıştır (Şekil 12). Ayrıca örnekleme derinliği dikkate alındığında, yüzey suyundan 10 m derinliğe doğru konsantrasyonun azaldığıda tespit edilmiştir. En yüksek değer Temmuz ayında yukarı bölümdeki FD6 istasyonunda görülürken, en düşük değere Ağustos ayında 5 m ve 10 m derinliklerde aşağı bölümdeki FD1 istasyonunda, Eylül ayında ise orta bölümdeki FD2 istasyonunda yüzey suyunda gözlenmiştir. Ekim, Ocak ve 10 Nisan örneklemelelerinde yüzey suyu boyunca görülen yüksek konsantrasyon değerlerinin yanı sıra, 31 Mayıs ve Temmuz örneklemelelerinde yukarı bölümdeki FD4 istasyonundan FD6 istasyonuna doğru artan bir ivmede, yıl boyunca en yüksek konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Şekil 12).

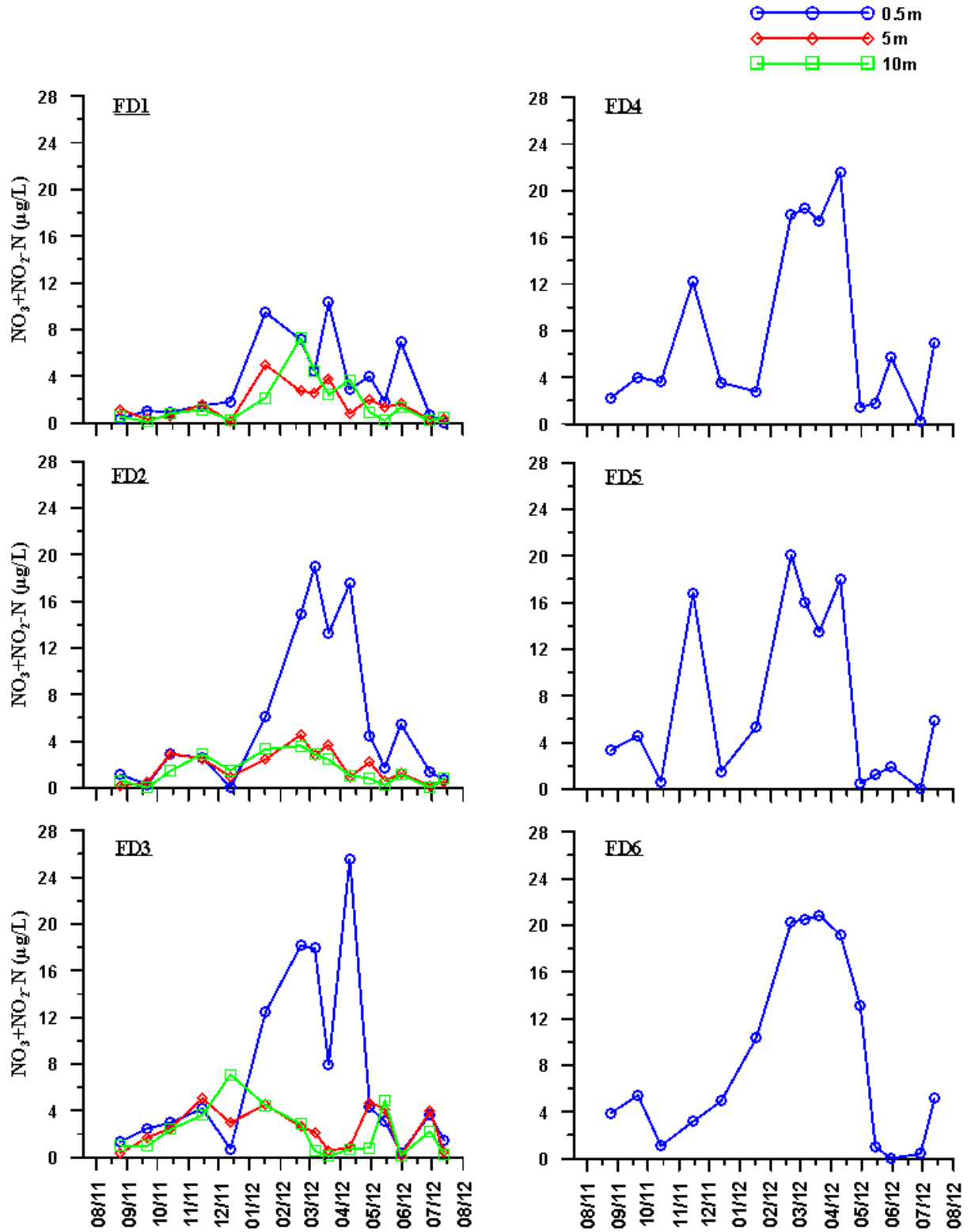
$\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ değerlerinin üst tabaka suyunda 0,02-25,56 $\mu\text{g/L}$ aralığında değiştiği, tıpkı $\text{PO}_4\text{-P}$ değerlerinde olduğu gibi aşağı bölümden yukarı bölüme doğru konsantrasyonun arttığı görülmektedir (Şekil 13). En yüksek değer 10 Nisan'da orta bölümdeki FD3 istasyonunun yüzey suyunda görülürken, en düşük değere Eylül ayında yine orta bölümde bulunan FD2 istasyonunun 10 m derinliğinde belirlenmiştir. Özellikle kış döneminin başlangıcıyla beraber aşağı bölümden yukarı bölüme doğru artan bir ivmeyle Ocak, Şubat, 6 Mart ve 20 Mart örneklemelelerinde, yüzey suyunda görülen yüksek konsantrasyonlar, 30 Nisan ve 15 Mayıs

tarihlerinde azalırken, Temmuz ayı itibarıyla yukarı bölümde bulunan istasyonlarda göreceli olarak yükselmeye başlamıştır (Şekil 13).

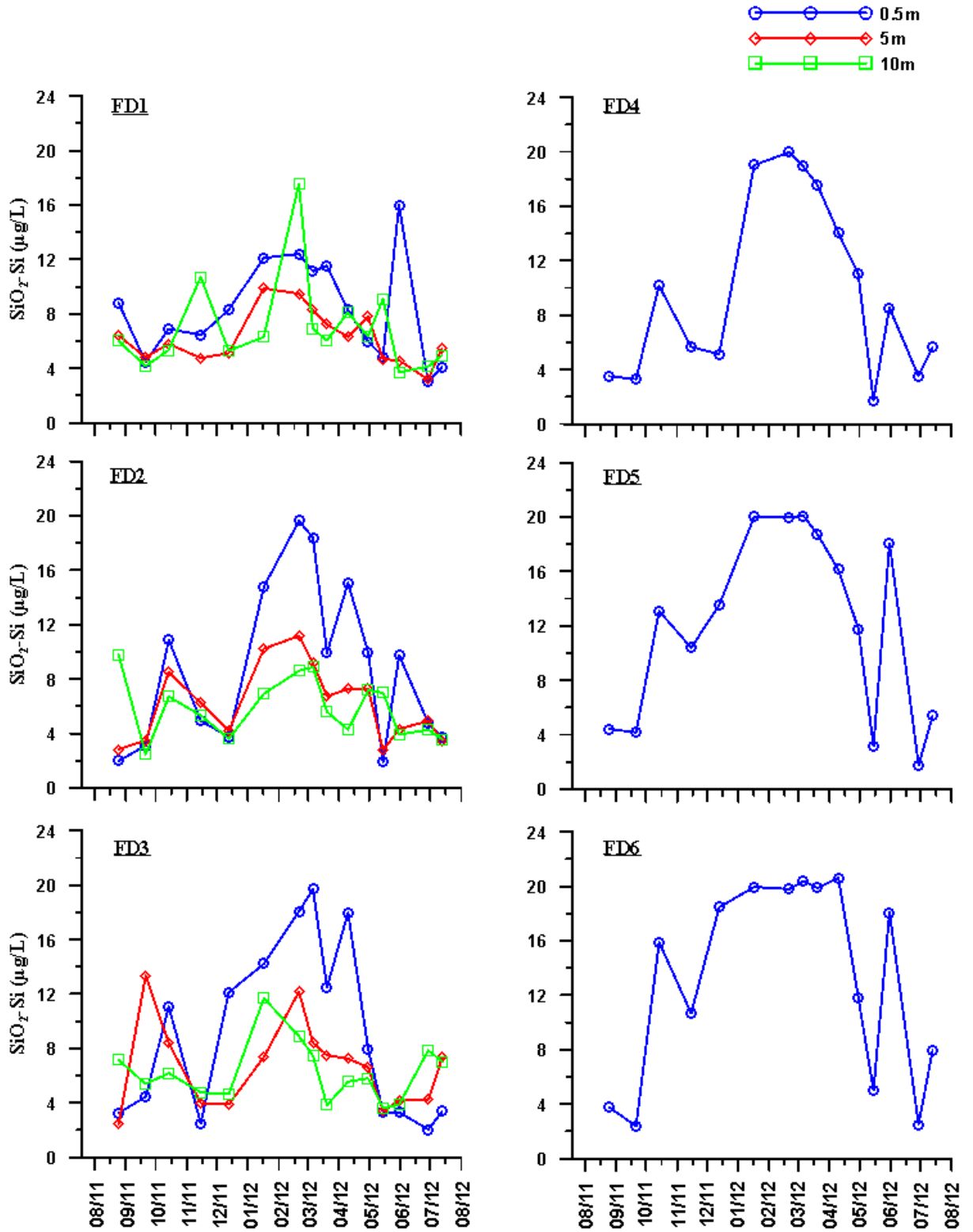
SiO₂-Si değerlerinin üst tabaka suyunda 1,74-21,13 µg/L aralığında değiştiği, PO₄-P ve NO₃+NO₂-N değerlerinde olduğu gibi aşağı bölümden yukarı bölüme doğru konsantrasyonun arttığı tespit edilmiştir. SiO₂-Si değerlerinin yüzeyden 10 m derinliğe doğru azaldığı, yalnızca FD1 istasyonunda Kasım ve Şubat aylarında 10 m' de ölçülen değerlerin yüzey suyundan ve 5 m derinlikten yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek değer 10 Nisan'da yukarı bölümdeki FD6 istasyonunda görülürken, minimum değere 15 Mayıs örneklemesinde yine yukarı bölümdeki FD4 istasyonunda rastlanmıştır. Kasım ayında başlayan konsantrasyon artışı, özellikle kış dönemi başlangıcıyla Aralık, Ocak ve Şubat aylarında belirgin bir şekilde devam ederken, artış periyodundan sonra 10 Nisan'a kadar göreceli bir düşüş göstermiş, 10 Nisan'da ise en büyük değeri de içine alacak şekilde artan konsantrasyonlar özellikle 31 Mayıs örneklemesinin devamında gelen yaz dönemiyle birlikte yeniden azalmaya başlamıştır (Şekil 14).



Şekil 12. Fosfat değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi



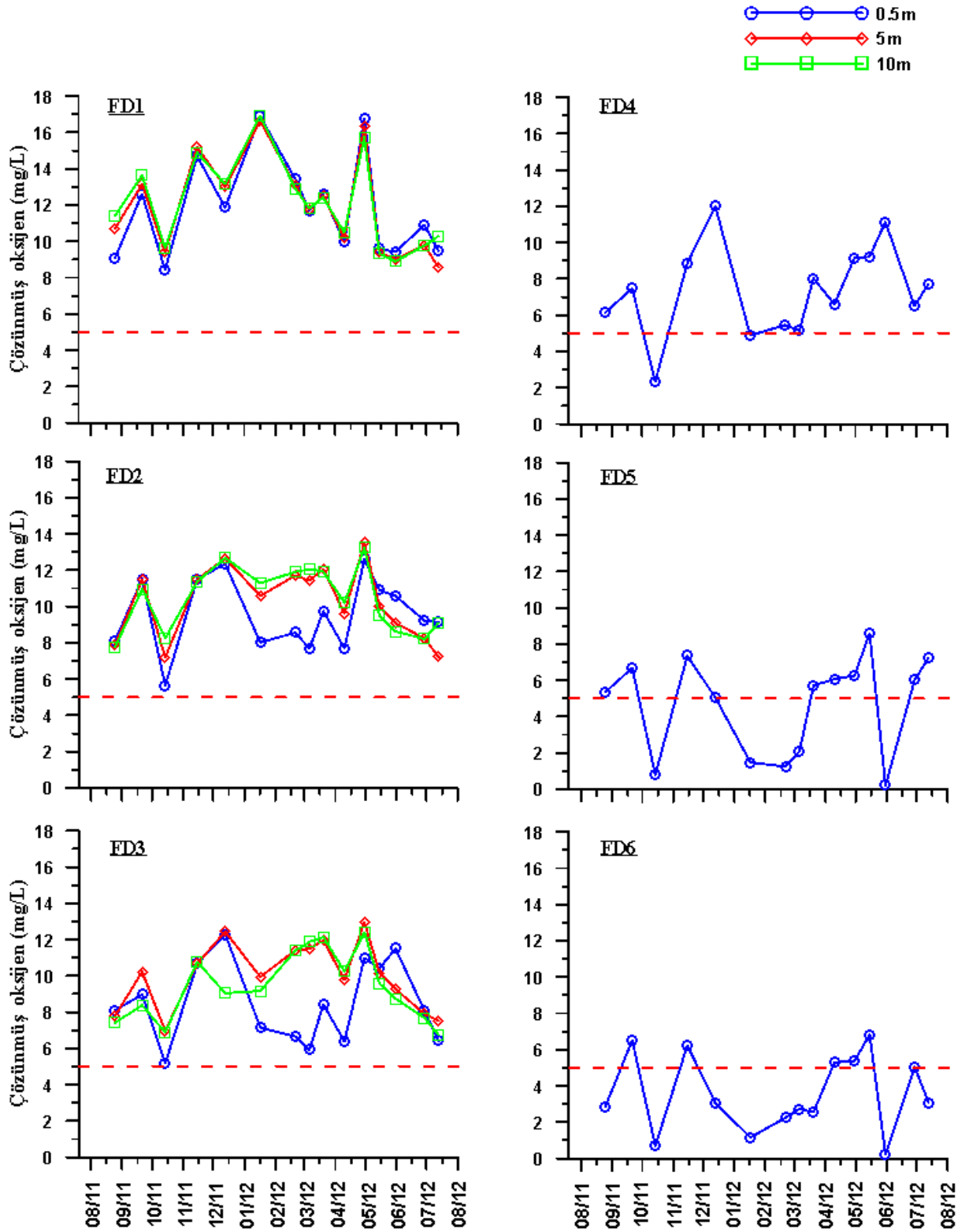
Şekil 13. Nitrat + nitrit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi



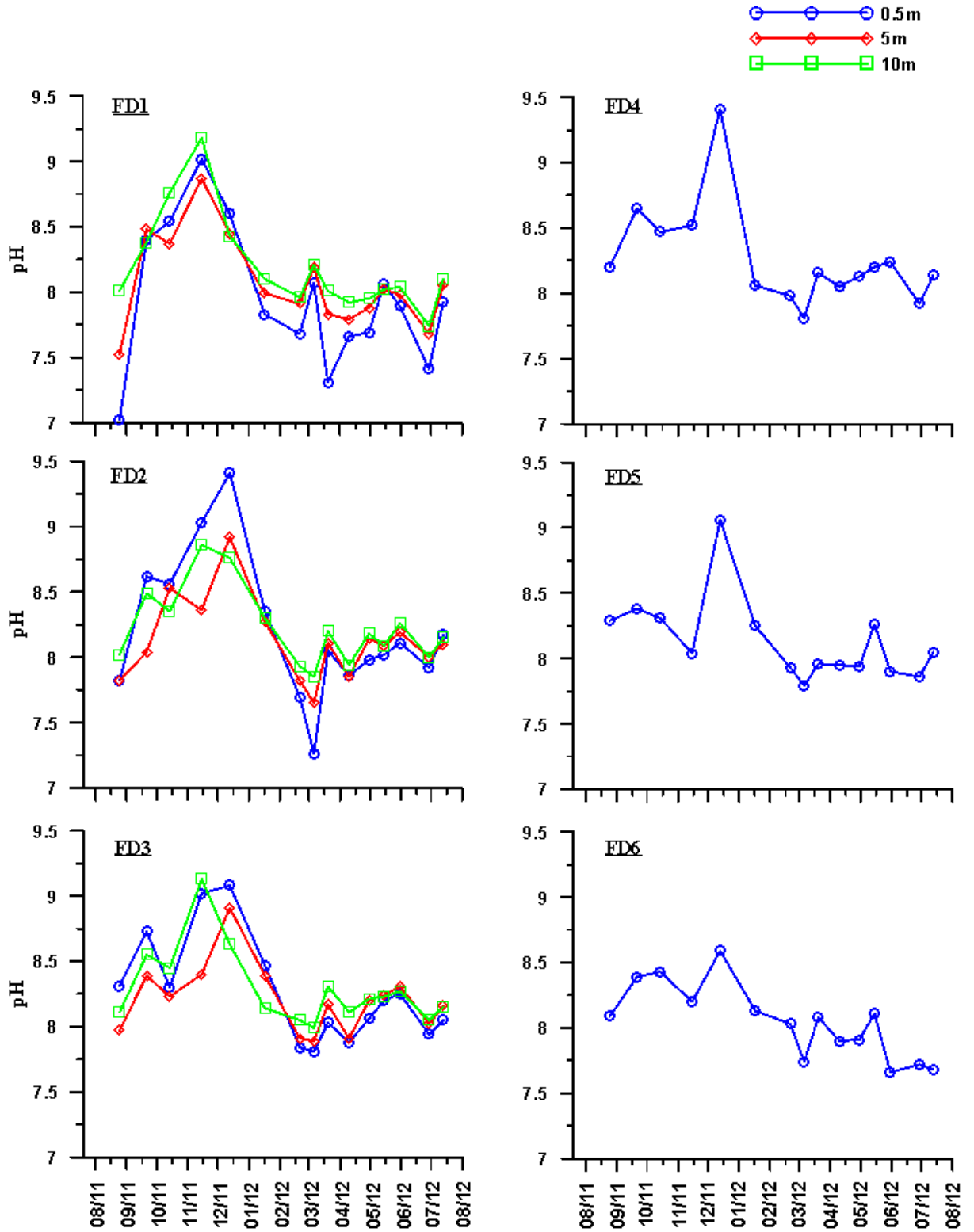
Şekil 14. Silikat değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi

Çözünmüş oksijen değerlerinin 0,21-16,92 mg/L arasında değiştiği, aşağı bölümden yukarı bölüme doğru konsantrasyonun belirgin bir şekilde azaldığı, buna paralel olarak yukarı bölümde bulunan FD6 istasyonunda yıl boyunca en düşük değerlerin ölçüldüğü görülmüştür (Şekil 15). FD3 istasyonundan itibaren balık yaşamı için kritik seviye olan 5 mg/L konsantrasyon eşiğinin altında olan değerler tespit edilmiş ve özellikle yukarı bölümdeki FD5 ve FD6 istasyonlarında yıl boyunca kritik seviyenin altında devam eden bu değerler, yukarı bölümün canlı yaşam için ne kadar yüksek bir risk potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. En yüksek değer Ocak ayında aşağı bölümde bulunan FD1 istasyonunun 10 m derinliğinde (16,92 mg/L) ölçülürken, en düşük değer (0,21 mg/L) 31 Mayıs'da yukarı bölümdeki FD5 istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 15).

pH değerlerinin 7,02-9,41 arasında değiştiği, aşağı ve orta bölümdeki değerlerin yıl boyunca salınımının yüksek olduğu, yukarı bölümün ise diğerlerine göre daha stabil bir su kütlesine sahip olduğu görülmektedir. Aralık ayında istasyonlarda görülen yüksek değerler, Mayıs ayına kadar göreceli bir biçimde azalmıştır. 15 ve 31 Mayıs tarihlerinde özellikle orta bölümde bulunan FD2 ve FD3 istasyonlarının 5 m ve 10 m derinliklerinde belirgin bir artış görülmektedir. En yüksek değer Aralık ayında orta bölümdeki FD2 istasyonunun yüzey suyunda ve yukarı bölümdeki FD4 istasyonunda ölçülürken, en düşük değer Ağustos ayında aşağı bölümdeki FD1 istasyonunun yüzey suyunda ölçülmüştür. Ayrıca derinlik artışına paralel olarak değerlerin de arttığı görülmektedir (Şekil 16).



Şekil 15. Çözünmüş oksijen değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 16. pH değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi

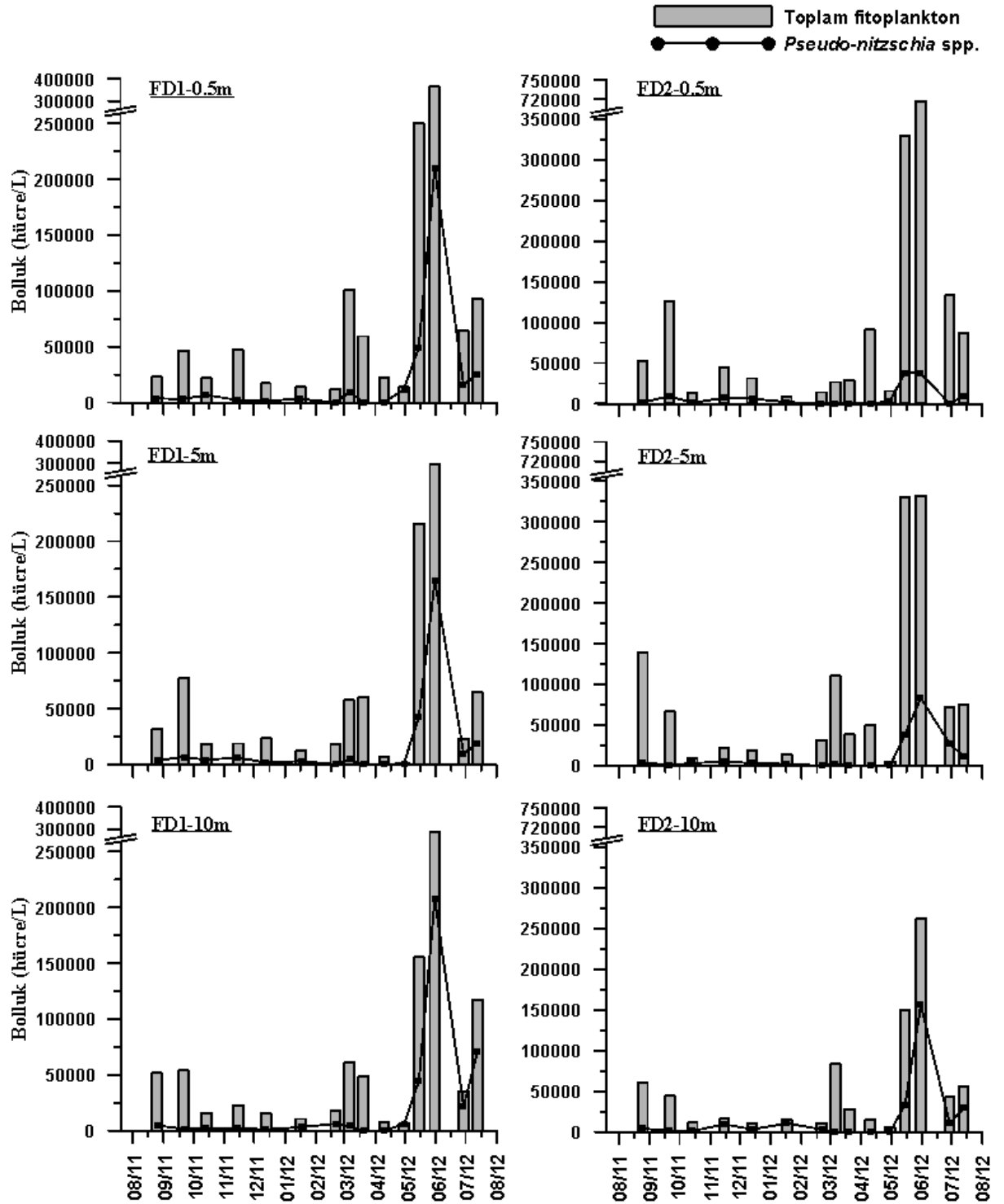
3.3. Biyolojik Parametreler

Çalışma süresince ölçülen biyolojik parametreler olan; klorofil-a (Chl-a), Toplam fitoplankton ve *Pseudo-nitzschia* spp. hücre bollukları ile yüzde dağılımlarının zamana ve derinliğe bağlı değişimlerini gösteren grafikler Şekil 17- 22’de verilmiştir.

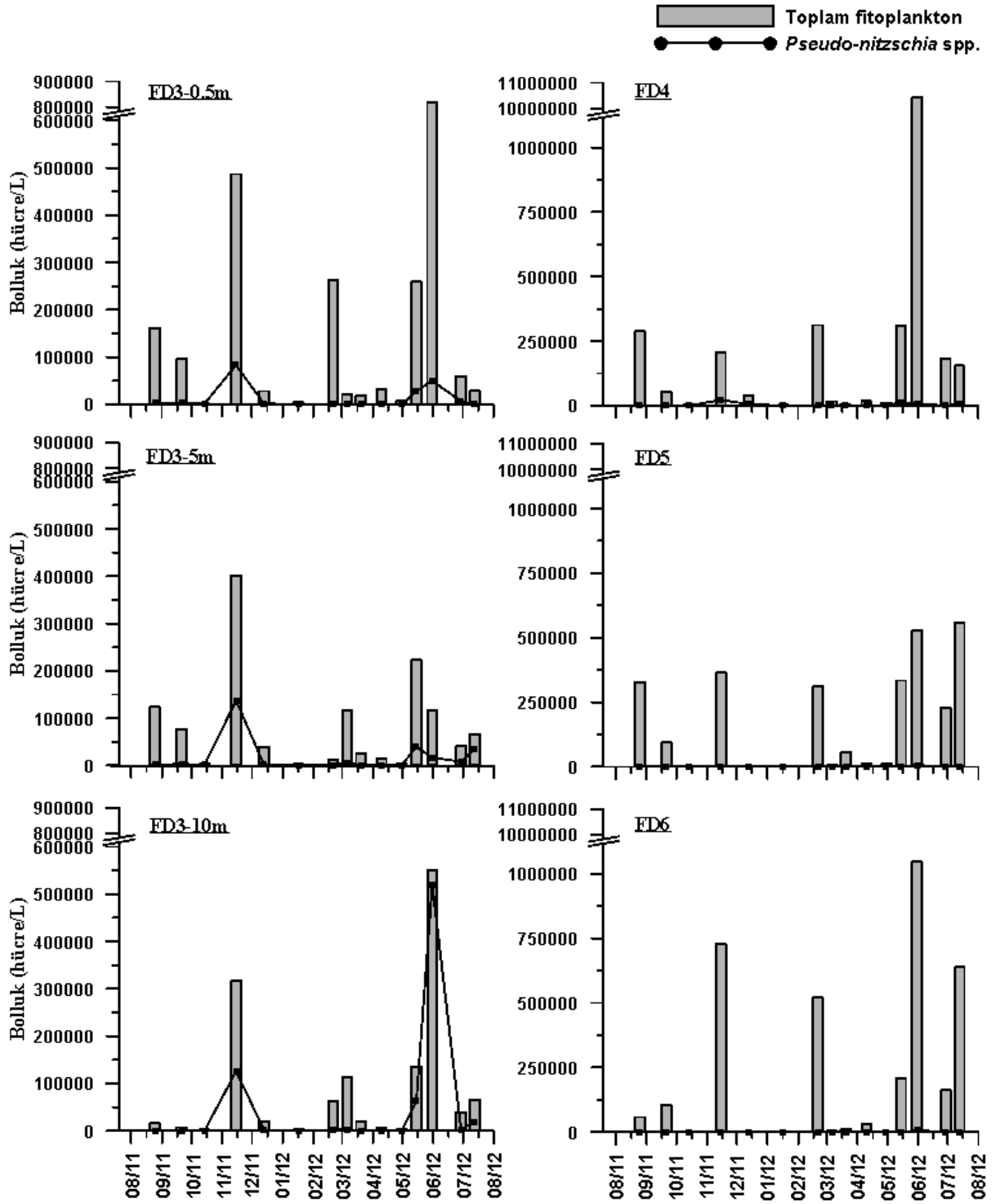
Çalışma periyodu boyunca toplam fitoplankton bolluğu mevsimsel olarak büyük bir değişim göstermiştir (Şekil 17 ve 18). Genel olarak kış döneminde düşük seviyelerde seyreden fitoplankton bolluğunun, özellikle Mayıs ayı itibarıyla ortam koşullarının uygun hale gelmesiyle birlikte yüksek seviyelere çıktığı gözlenmiştir. İstasyonlar arasındaki bolluk dağılımı aylara göre benzer bir eğilim gösterirken, dikey yönde fitoplankton bolluğunun göreceli olarak azaldığı görülmektedir. Kış aylarında FD1 ve FD2 istasyonlarında görülen düşük bolluk değerleri, Mart ayı itibarıyla yükselirken, Nisan ayında ise bu istasyonlarda en düşük değerler gözlenmiştir. Mayıs ayı itibarıyla istasyonlar bazında maksimuma ulaşan değerler, Haziran ve Temmuz aylarında da yüksek seviyelerde devam etmektedir (Şekil 17). FD3 istasyonunda, genel dağılımın aksine Kasım ayında fitoplankton bolluğunun arttığı görülmektedir. Ayrıca 31 Mayıs tarihinde yüzeydeki bolluk $0,82 \times 10^6$ hücre/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 18). FD4, FD5 ve FD6 istasyonları beraber değerlendirildiğinde bolluk değerlerinin aylara göre daha fazla değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Değerler Ağustos, Kasım ve Şubat aylarında yüksek seviyelerde iken, diğer aylar boyunca minimum seviyede devam etmiş, ayrıca tüm Haliç boyunca görülen genel dağılıma paralel olarak, FD6 istasyonunda 1×10^6 hücre/L ve FD4 istasyonunda tüm örnekleme dönemi içerisinde en yüksek bolluk değeri olan yaklaşık 11×10^6 hücre/L tespit edilmiştir (Şekil 18).

Pseudo-nitzschia spp. bolluğunun, toplam fitoplanktonda olduğu gibi kış döneminde düşük seviyede olduğu, özellikle Mayıs ayı itibarıyla uygun ortam koşullarında yüksek bolluğa ulaştığı ve Haziran ayı itibarıyla tekrar azalmaya başlayan değerlerin Temmuz ayında göreceli olarak arttığı görülmektedir. FD1 ve FD2 istasyonlarında Mayıs ayına kadar çok düşük olan bolluk değerlerinin, bu ay itibarıyla yükselmeye başladığı ve 31 Mayıs tarihinde istasyonlar bazında maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 17). Yine FD3 istasyonunda Kasım ayında toplam fitoplanktonda görülen artışa paralel olarak *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunda arttığı, 31 Mayıs’da ise 10 m derinlikte tüm örnekleme dönemi boyunca

hesaplanan en yüksek bolluk değeri olan $0,52 \times 10^6$ hücre/L'ye ulaştığı görülmektedir (Şekil 35). FD4 istasyonunda, Kasım ve Mayıs aylarında istasyon bazında yüksek değerler gözükse de, aşağı ve orta bölümdeki ilk 3 istasyonla karşılaştırıldığında bu değerlerin de oldukça düşük seviyede olduğu görülmektedir. FD5 ve FD6 istasyonlarında örnekleme dönemi boyunca *Pseudo-nitzschia* spp. hemen hemen hiç görülmezken, yalnızca 31 Mayıs'da $6,24 \times 10^3$ hücre/L gibi düşük bolluk değeri görülmektedir (Şekil 18).



Şekil 17. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait toplam fitoplankton ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi



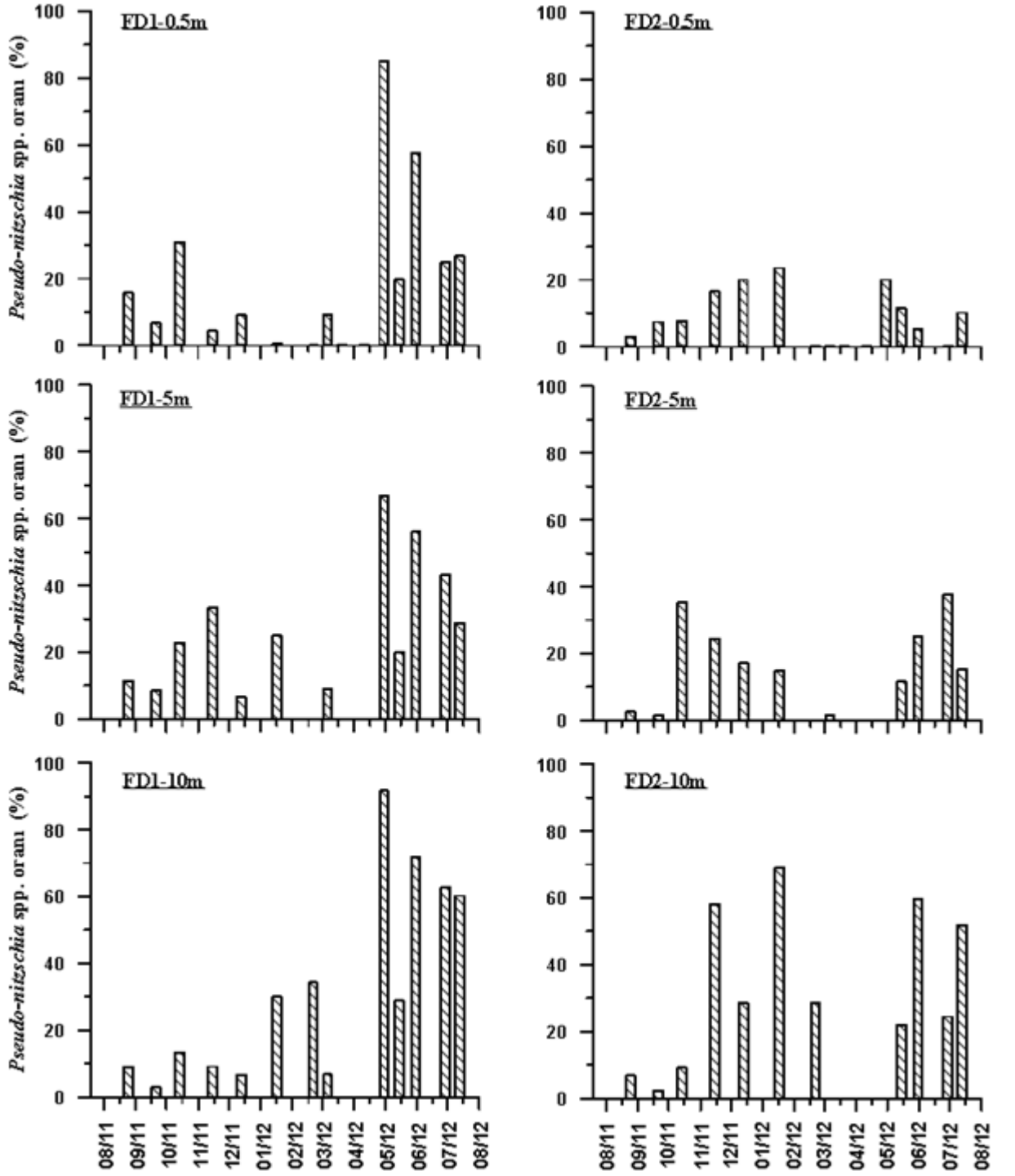
Şekil 18. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait toplam fitoplankton ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi

Toplam fitoplankton bolluğu içerisindeki *Pseudo-nitzschia* spp. oranının istasyon bazında zamana bağlı değişimi incelendiğinde, FD1 istasyonunda Mart ayına kadar %30 seviyesinde devam eden değerlerin, 30 Nisan’ da % 91 seviyesine çıktığı görülmektedir (Şekil 19 ve 20). Ancak bu artışın nedeni, bu tarihteki toplam fitoplankton bolluğunun çok düşük olması ($6,24 \times 10^3$ hücre/L) ve bu dönemde *Pseudo-nitzschia* spp.’nin baskın rol oynamasından ($5,72 \times 10^3$ hücre/L) kaynaklanmaktadır. İlkbahar aylarında fitoplankton bolluğunda gözlenen artışa paralel olarak *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun da artması, özellikle 31 Mayıs tarihinde *Pseudo-nitzschia* spp. oranındaki artışı da beraberinde getirmektedir. FD2 istasyonunda Kasım-Ocak arası dönem içinde %60’a varan değerler görülmektedir. Ancak bu yüksek değerler FD1 istasyonunda olduğu gibi yine toplam fitoplankton sayısındaki azalmaya bağlı olarak yüksek gözükmemektedir. Ocak ayından itibaren ilkbahar başlangıcına kadar düşük seviyelerde devam eden değerler, 31 Mayıs’da 10 m derinlikte tekrar %60 seviyesine yükselmektedir. FD3 istasyonunda Ekim ayında, hücre sayısı az olmasına rağmen %50 seviyesinde bir baskınlık görülmektedir. Bu aydan Ocak ayına kadar azalarak devam eden değerler, Ocak-Nisan döneminde minimum seviyeye inmekte, bazı aylarda ise hiç görülmemektedir. 31 Mayıs tarihinde ise 10 m derinlikte *Pseudo-nitzschia* spp. oranı %94 ile maksimum seviyeye çıkmaktadır. FD4 istasyonunda, Kasım ve Mayıs ayları dışında kalan örnekleme zamanında *Pseudo-nitzschia* spp. görülmezken, bu iki ayda ise %10 seviyesinde değerler görülmektedir. FD5 ve FD6 istasyonlarında ise *Pseudo-nitzschia* spp.’ye neredeyse hiç rastlanmamaktadır (Şekil 19 ve 20).

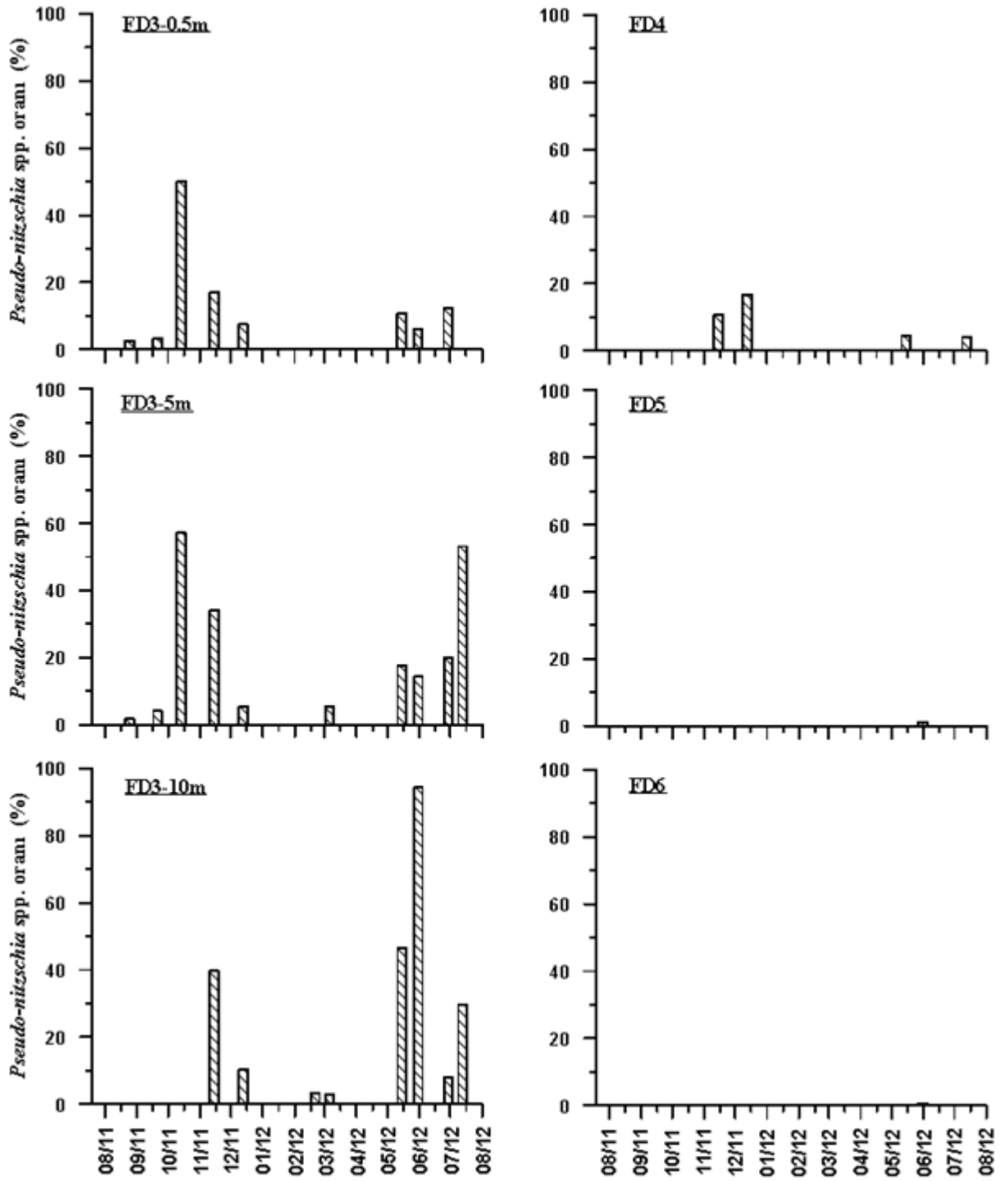
Klorofil-a değerlerinin 0,46-85,96 µg/L arasında değiştiği, aşağı bölümden (FD1) yukarı bölüme (FD6) doğru konsantrasyonun göreceli olarak arttığı, ancak yüzeyden 10 m derinliğe doğru ise değerlerin düştüğü gözlenmektedir (Şekil 21).

En yüksek değer 31 Mayıs’da orta bölümde bulunan FD3 istasyonunda yüzeyde ölçülürken, en düşük değer 30 Nisan’da aşağı bölümde bulunan FD1 istasyonunun 5 m derinliğinde ölçülmüştür. Özellikle kış aylarında düşük seviyelerde seyreden değerler, 15 ve 31 Mayıs tarihlerinde orta bölümden yukarı bölüme doğru yüzey suyunda belirgin bir artış göstermiştir. Haziran ve Temmuz aylarında da yukarı bölümdeki FD5 ve FD6 istasyonlarında değerler göreceli olarak yükselmeye devam etmiştir (Şekil 21).

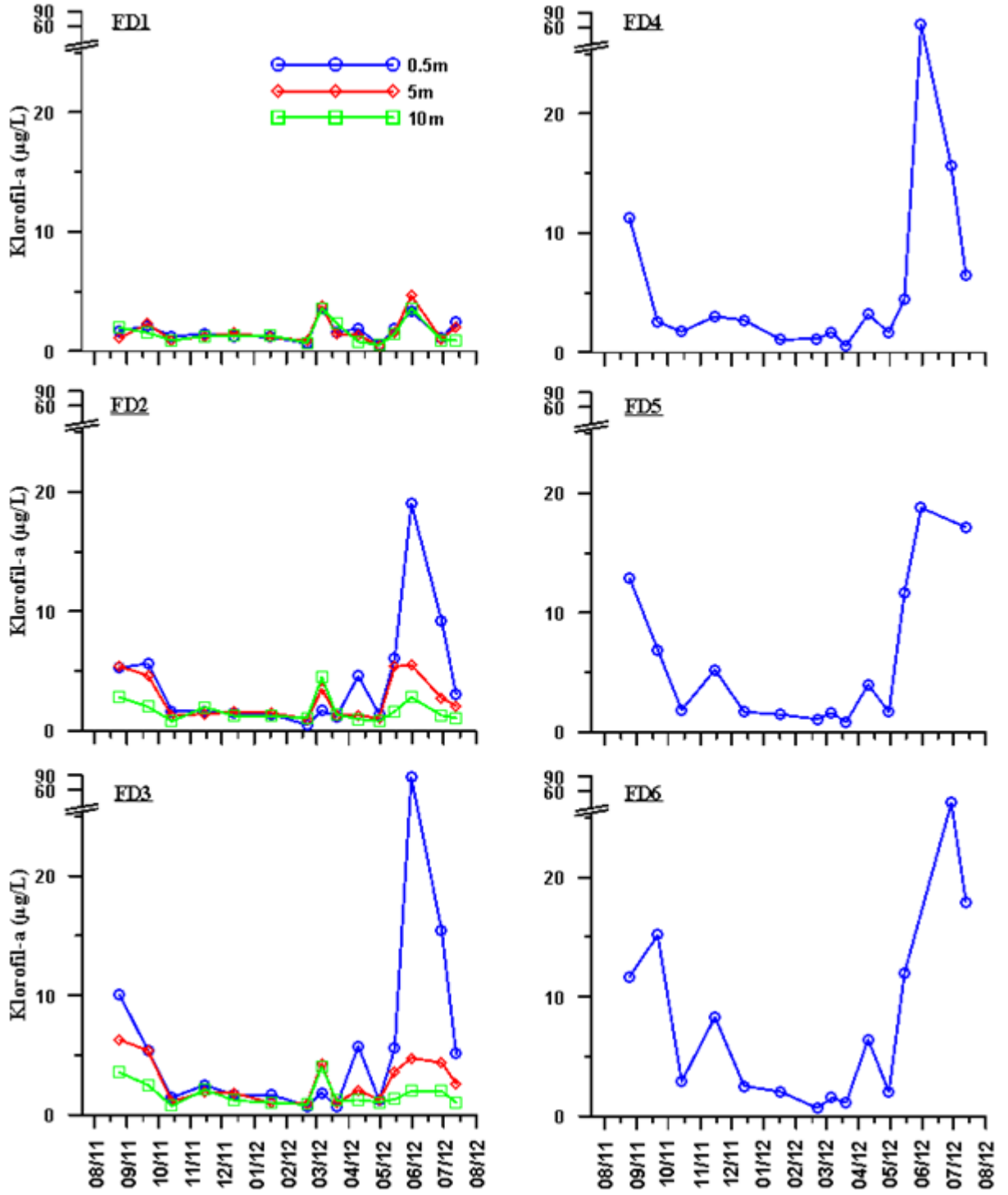
Klorofil-a konsantrasyonu, toplam fitoplankton bolluğu ile karşılaştırıldığında, birbirlerini destekler nitelikte oldukları görölmektedir (Şekil 22). Derinlik artışına paralel olarak, toplam fitoplankton bolluğundaki azalmaya paralel olarak yüzeyden 10 m derinliğe doğru gidildikçe klorofil-a konsantrasyonu düşmektedir. Kasım ve 6 Mart örneklemelelerinde artış gösteren bu değerler, 31 Mayıs'da maksimum seviyeye ulaşarak aralarındaki doğru orantılı ilişkiyi göstermektedir.



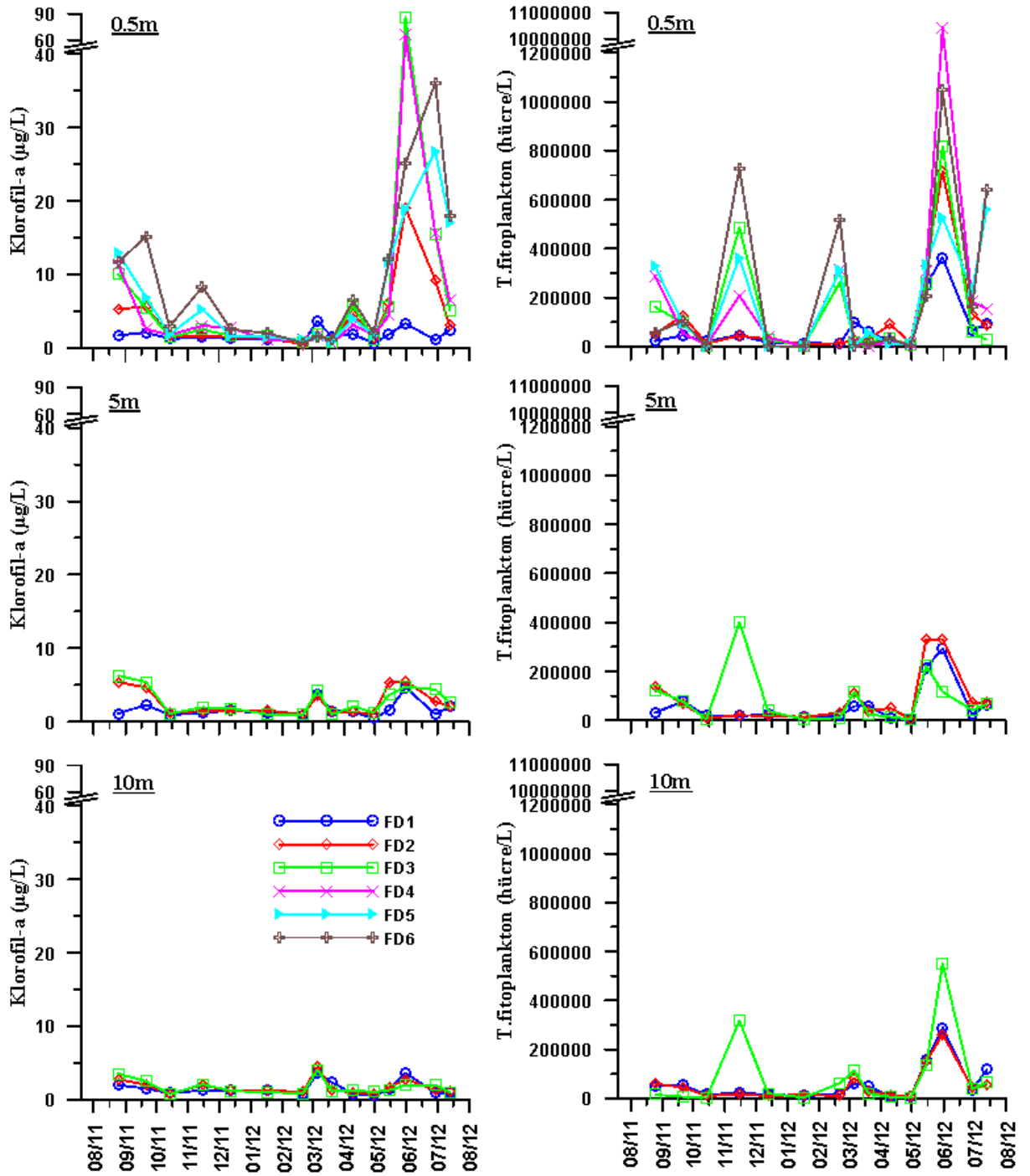
Şekil 19. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait toplam fitoplankton bolluğu içerisindeki *Pseudo-nitzschia* spp. oranının zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 20. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait toplam fitoplankton bolluğu içerisindeki *Pseudo-nitzschia* spp. oranının zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 21. Klorofil-a değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 22. Klorofil-a konsantrasyonu ve toplam fitoplankton bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi

3.4. Domoik Asit (DA)

3.4.1 Deniz suyunda partiküler domoik asit dağılımı

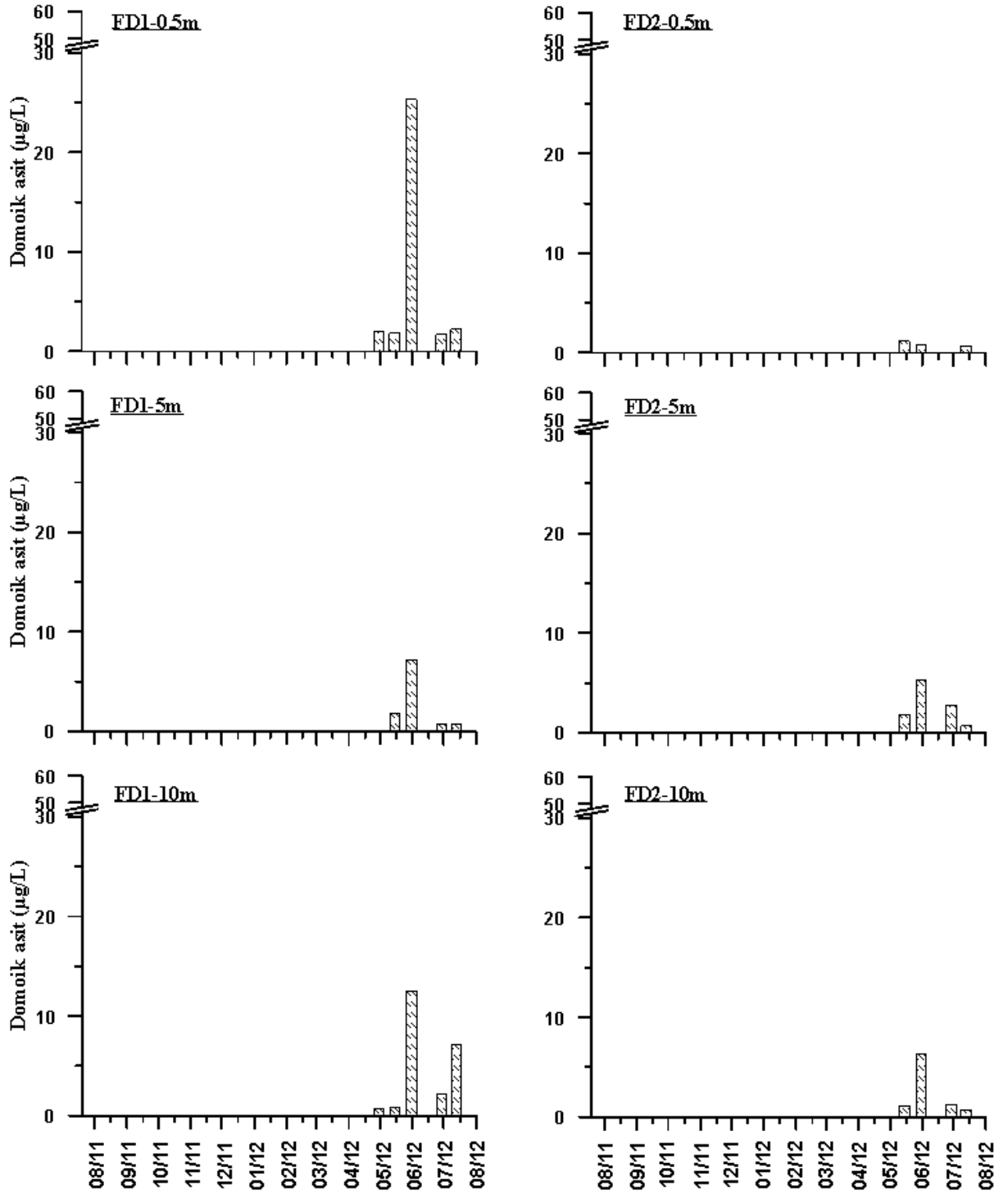
Deniz suyunda partikül maddedeki domoik asit miktarlarının zamana ve derinliğe bağlı değişimini gösteren grafikler Şekil 23 ve 24’ te verilmiştir. Domoik asit analizlerine ait bazı HPLC kromatogramları EK 2(a)-(1-9)’da gösterilmiştir.

Konsantrasyon dağılımında mevsimsel olarak önemli değişiklikler görülmektedir. Ağustos 2011 – 10 Nisan 2012 arasındaki dönemde domoik asit konsantrasyonu yalnızca FD3 istasyonunda ve Kasım ayında görülmektedir (Şekil 24). 1 yıllık periyot içerisinde 30 Nisan itibarıyla yükselmeye başlayan konsantrasyonlar, Mayıs ayı içerisinde maksimum seviyeye ulaşmış ve takip eden Haziran-Temmuz arası dönemde de bu değerler azalarak da olsa devam etmiştir. FD1 istasyonunun yüzey suyunda 31 Mayıs’da 25,31 µg/L değeri görülmektedir. Bu istasyonda Haziran ayında azalan değerler Temmuz ayı itibarıyla göreceli olarak tekrar yükselmiştir. Ayrıca yüzey suyundan 5 m derinliğe doğru azalan değerlerin 10 m derinlikte tekrar yükseldiği görülmektedir. FD2 istasyonundaki DA konsantrasyonları, FD1 istasyonuna göre daha düşük seviyelerdedir. En yüksek değer 10 m derinlikte 31 Mayıs’da 6,34 µg/L olarak tespit edilmiştir. Haziran-Temmuz arası dönemde değerler göreceli olarak azalmaktadır. Ayrıca istasyon bazında yüzeyden 10 m derinliğe doğru ise konsantrasyon artmaktadır (Şekil 23).

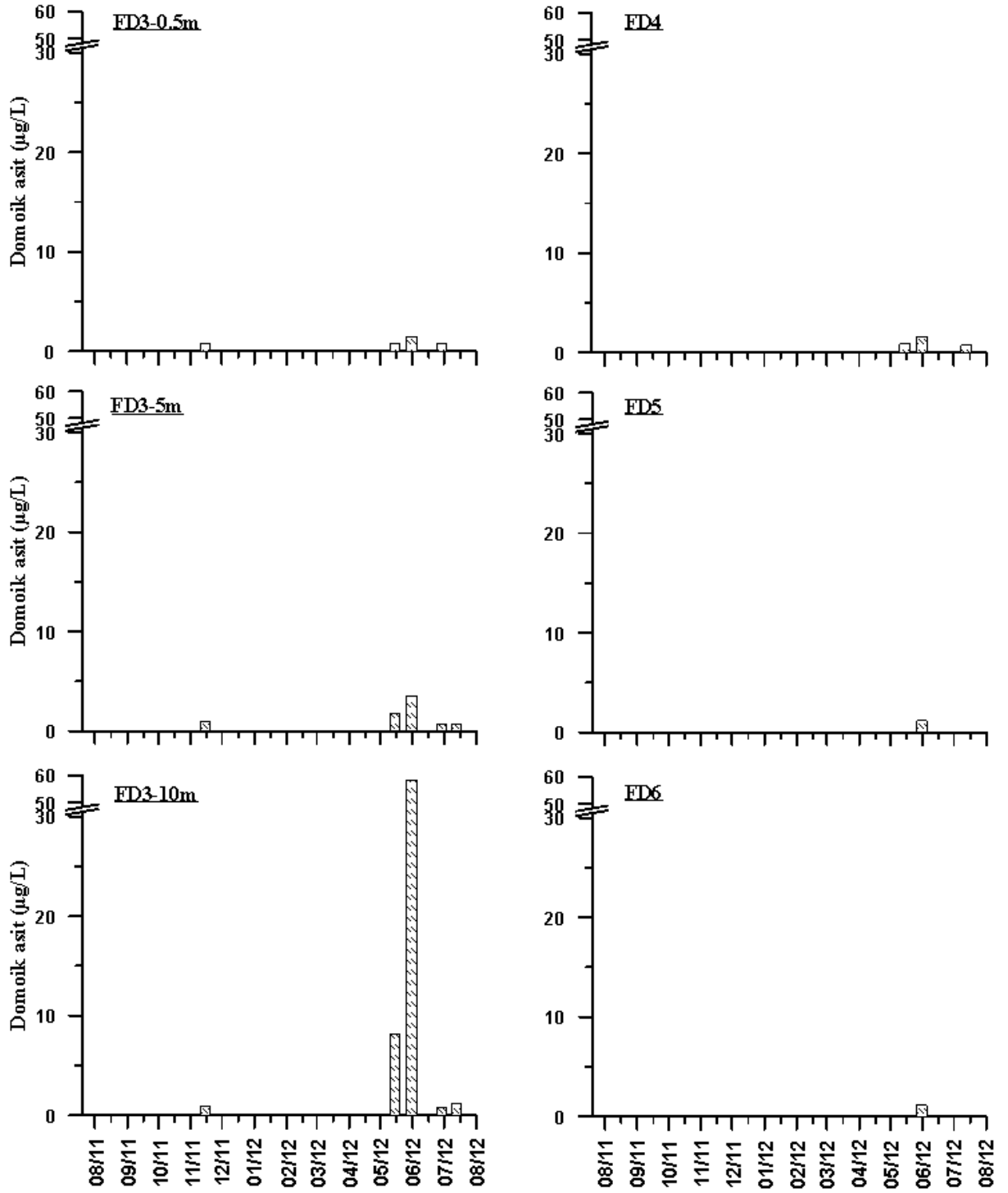
FD3 istasyonunda ise diğer istasyonlara göre daha farklı bir DA konsantrasyon dağılımı görülmektedir. Konsantrasyonun, yüzeyden 10 m derinliğe doğru arttığı görülmektedir. Ayrıca, Kasım ayında yalnızca bu istasyon özelinde, düşük seviyelerde de olsa domoik aside rastlanmaktadır. Maksimum değer 31 Mayıs’da 10 m derinlikte 58,17 µg/L olarak görülmektedir. Haziran-Temmuz arası dönemdeki konsantrasyonlar ise oldukça düşük seviyelerde devam etmiştir (Şekil 24).

Yukarı bölümdeki FD5 ve FD6 istasyonlarında, yıl boyunca yalnızca 31 Mayıs’da 1 µg/L seviyesinde DA değerleri görülmekte iken, FD4 istasyonunda 31 Mayıs haricinde çok düşük konsantrasyonlarda da olsa 15 Mayıs ve Haziran örneklemelerinde de domoik asite rastlanmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, domoik asitin Mayıs ayı içerisinde

maksimum seviyelere ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yüzey suyunda ve 5 m derinlikte DA konsantrasyonu aşağı bölümden orta bölüme doğru azalırken 10 m derinlikte ise orta bölümde (FD3 istasyonu) en yüksek değere ulaşmıştır. Ancak yukarı bölümde konsantrasyon seviyesinin tayin limitinin altına düştüğü tespit edilmiştir (şekil 24).

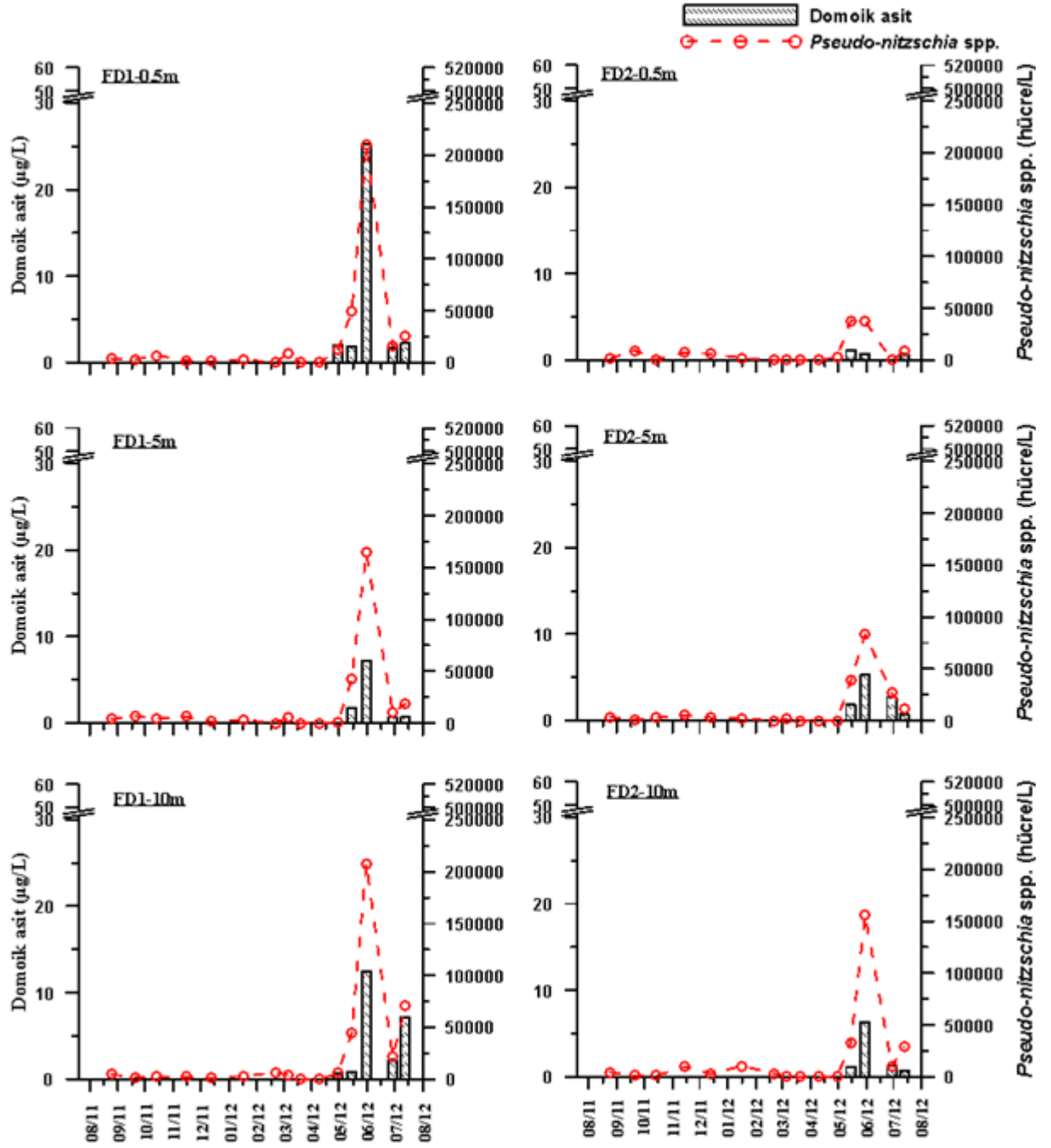


Şekil 23. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait partiküler domoik asit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi

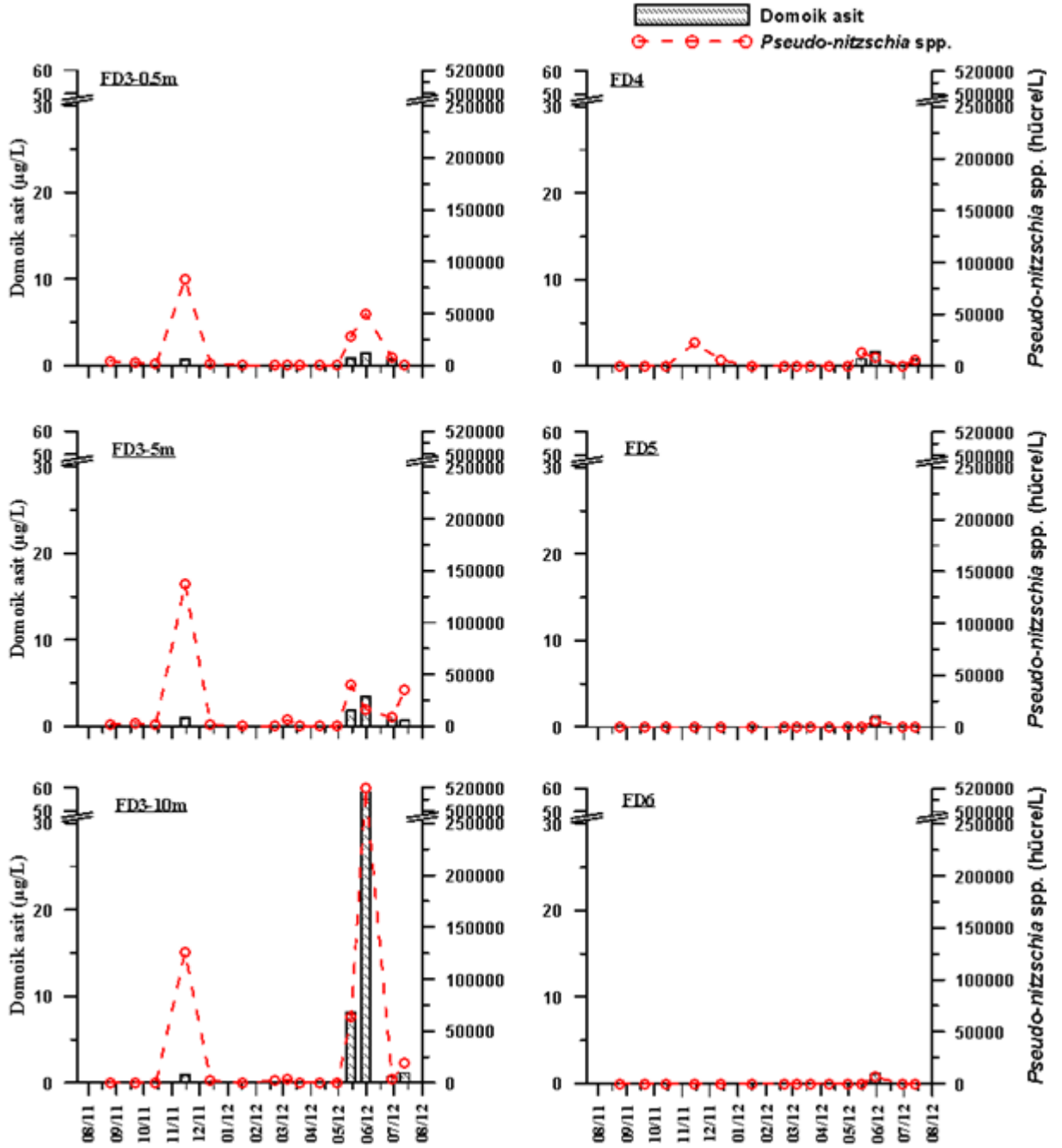


Şekil 24. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait partiküler domoik asit değerlerinin zamana ve derinliğe bağlı değişimi

Deniz suyunda partiküler maddedeki domoik asit konsantrasyonu ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun zamana bağlı değişimini gösteren grafikler Şekil 25 ve 26' da verilmiştir. Domoik asit konsantrasyonu ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu arasında sonbahar ve kış aylarında net bir ilişki bulunmasa da, örnekleme periyodu içerisinde *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun artmaya başladığı ilkbahar mevsimiyle beraber, domoik asit konsantrasyonunun da artmaya başladığı ve bolluk değerlerindeki değişime yakın bir dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 25 ve 26). *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun aşağı bölümdeki FD1 istasyonunda, orta bölümde bulunan FD2 istasyonuna göre daha yüksek olduğu, ancak FD3 istasyonunda 10 m. derinlikte değerlerin bu iki istasyondan da yüksek olduğu görülmektedir ($0,52 \times 10^6$ hücre/L, Şekil 43). Yukarı bölümdeki FD4 istasyonunda çok düşük seviyede görülen bolluk değerlerinin FD5 ve FD6 istasyonlarında neredeyse hiç olmadığı görülmektedir. *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun ve domoik asit konsantrasyonunun 31 Mayıs tarihinde tüm istasyonlar bazında maksimuma ulaştığı görülmektedir. Bu dağılımın dışında FD3 istasyonunda Kasım ayında da artışa geçen *Pseudo-nitzschia* spp. türlerine karşılık gelen domoik asit konsantrasyonu 31 Mayıs ile karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyededir (0,95 µg/L, Şekil 25). *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun derinlik bazında dağılımı incelendiğinde, FD2 ve FD3 istasyonlarında yüzeyden 10 m derinliğe doğru artış göze çarparken, FD1 istasyonunda yüzeyde yüksek olan değerler 5 m derinlikte göreceli olarak azalmakta, 10 m'de tekrar yükselmeye başlamaktadır.



Şekil 25. FD1 ve FD2 istasyonlarına ait partiküler domoik asit konsantrasyonu ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi



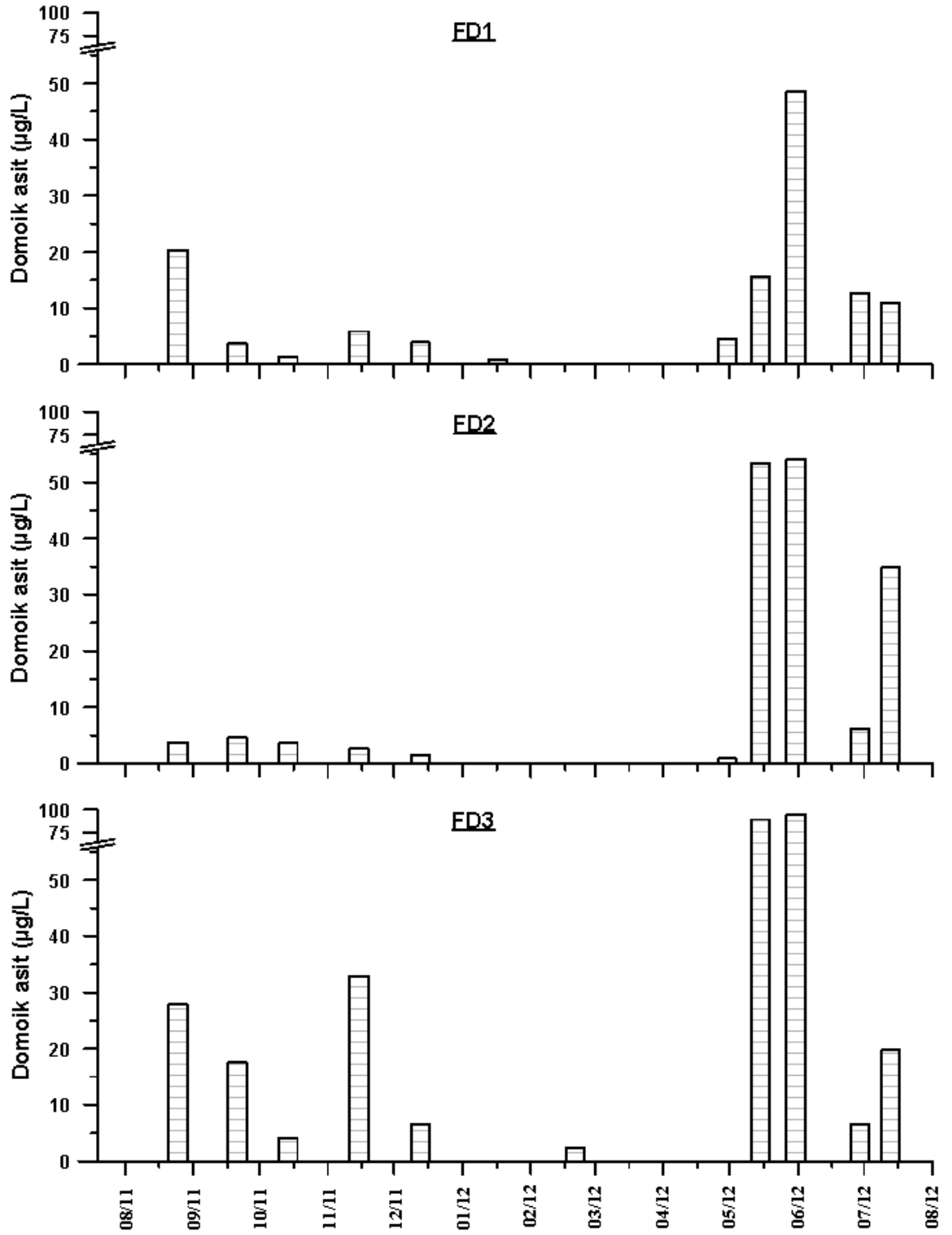
Şekil 26. FD3, FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarına ait partiküler domoik asit konsantrasyonu ve *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğunun zamana ve derinliğe bağlı değişimi

3.4.2. Fitoplankton kepçe örneklerinde domoik asit dağılımı

Kepçe örneklerinde fitoplanktondaki domoik asit miktarlarının zamana ve derinliğe bağlı değişimini gösteren grafikler Şekil 27’de verilmiştir. Domoik asit analizlerine ait bazı HPLC kromatogramları ise EK 2(b)-(1-12)’de gösterilmiştir.

Kış döneminde değerlerin genellikle çok düşük olduğu, ilkbahar başlangıcıyla beraber yükselmeye başladığı görülmektedir (Şekil 27). FD1 istasyonundan FD3 istasyonuna doğru, DA seviyesinin arttığı tespit edilmiştir. FD1 istasyonunda maksimum değer 31 Mayıs’da 48,59 µg/L olarak görülmektedir. Aralık ayından itibaren düşmeye başlayan DA değerleri Şubat-Nisan arası dönemde tayin limitine yaklaşırken, Mayıs ayı itibarıyla tekrar artarak, yaz aylarında yaklaşık 20 µg/L seviyelerine ulaşmıştır.

FD2 istasyonunda Ağustos-Aralık arası dönemde 5 µg/L seviyesinde bulunan değerler, kış aylarında tayin limitinin altına düşmekte ve Nisan ayı sonuna kadar bu şekilde devam etmektedir. Mayıs ayı itibarıyla kademeli olarak artmaya başlayan konsantrasyon seviyesi yaz aylarında oldukça yükselmekte ve 31 Mayıs’da en yüksek değer olan 54,07 µg/L’ye ulaşmaktadır. FD3 istasyonunda ise, Ağustos-Kasım arası dönemde diğer 2 istasyona göre yüksek olan konsantrasyon değerleri, 30 µg/L seviyesinde seyrederken, kış mevsimi itibarı ile Nisan ayı sonuna kadar düşük seviyede devam etmektedir. Mayıs ayı itibarıyla artmaya başlayan DA değerleri, 31 Mayıs’da en yüksek değer 94,34 µg/L olarak tespit edilmiş olup, yaz döneminde de oldukça yüksek seviyede devam etmekte olduğu gözlenmiştir.



Şekil 27. FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarına ait kepçe örneklerinde fitoplanktondaki domoik asit değerlerinin zamana bağlı değişimi

3.5. İstatistiksel Analiz Sonuçları

3.5.1. Temel Bileşenler Analizi (PCA)

3.5.1.1. Deniz suyu örnekleri

Tablo 8’de örnekleme dönemleri bir arada değerlendirildiğinde, oluşan temel bileşenler analizinin ilk üç temel bileşen eksenindeki (PC1, PC2 ve PC3) değişkenlere ait eigen vektörleri verilmektedir. PC1 yaklaşık % 31’ini, PC2 % 17’sini ve PC3 % 15’ini olmak üzere ilk üç temel bileşen eksenini, toplam değişkenliğin yaklaşık % 63’ünü açıklamaktadır ve bu değişkenlerden istatistiksel olarak anlamlı olanlar koyu renk ile gösterilmiştir. Buna göre, toplam değişkenliğin % 31’i tuzluluk, PO₄-P, ÇO, SiO₂-Si, sıcaklık, yağış ve klorofil-a, % 17’si NO₃+NO₂-N, toplam fitoplankton ve pH, % 15’i ise partiküler DA ve *P-nitzschia spp.* ile ilişkilidir. Tüm istasyonlardaki çevresel parametreler ve partiküler DA verileri ile oluşturulan temel bileşenler analizinin ilk iki temel bileşen eksenine göre istasyonlardaki dağılım Şekil 45’de verilmiştir.

Tablo 8. Deniz suyu örneklerinde birinci (PC1), ikinci (PC2) ve üçüncü (PC3) temel bileşen eksenlerindeki değişkenlere ait eigen vektörleri.

Değişkenler	PC1	PC2	PC3
Tuzluluk	0.940	-0.183	0.003
Sıcaklık	-0.682	-0.339	-0.068
ÇO	0.725	0.077	0.233
pH	0.404	0.541	0.061
Klorofil-a	-0.492	0.461	0.230
T.fitoplankton	-0.326	0.582	0.204
<i>P-nitzschia spp.</i>	0.270	0.323	-0.880
PO ₄ -P	-0.832	0.306	0.011
SiO ₂ -Si	-0.701	0.284	-0.159
NO ₃ +NO ₂ -N	0.117	0.609	0.153
Partiküler DA	0.129	0.227	-0.929
Yağış	0.514	0.392	0.320

PC2 ekseninin ortasında, PC1 ekseninin pozitif değerlerinde ay bazında belirgin kümelenmeler gözlenmektedir. Mayıs ayını temsil eden I. ve II. Bölüm istasyonları ile temsil edilen kümelerin (F, G ve H) benzer özellikler gösterdiği, PC1 eksenine göre gruplaşmaların belirgin ve çoğunluğunun birbiri ile çakıştığı görülmektedir (Şekil 28). Aynı ay ve örnekleme istasyonlarından oluşan D kümesinin ise, farklılığının ayırt edilmesine rağmen F, G ve H kümelerini oluşturan istasyonlar ile benzer özellikler gösterdiği ve aynı kategoride olmaları dolayısı ile bu dönemde aşağı bölümdeki FD1 istasyonunun, orta bölüm istasyonlarına daha benzer olduğu görülmektedir. Mayıs ayında yukarı bölüm istasyonlarından FD5 ve FD6 ayrı bir grup (B) oluşturmuş ve bu bölgeye ait FD4 istasyonu ise, bu gruptan uzakta konumlanmıştır. Bu istasyonun çevresel parametre ve DA kompozisyonu olarak diğer istasyonlardan ayrı olduğu belirgin olarak görülmektedir.

Yukarı bölümdeki istasyonlar hariç, FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarının diğer örnekleme dönemlerinde de birbirine yakın dağılımlar ve gruplar (A, C ve E) oluşturduğu görülmektedir. Sonuç olarak, oluşan kümelenmeler, Haliç üst tabaka suyu özelliklerinin genelde aşağı ve orta bölümden yukarı bölüme doğru farklılaştığını belirgin bir şekilde göstermektedir.

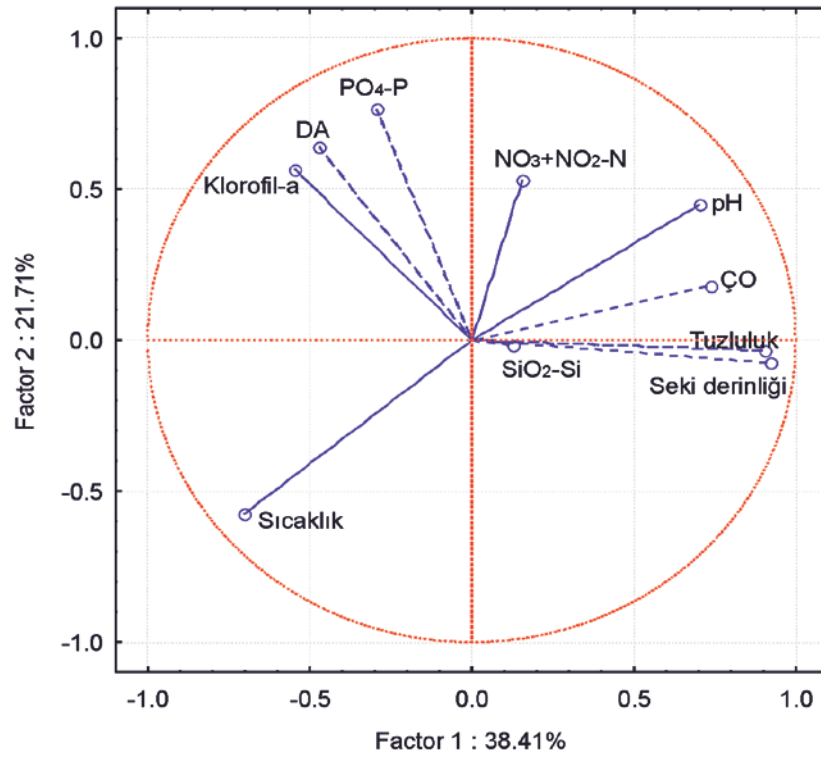
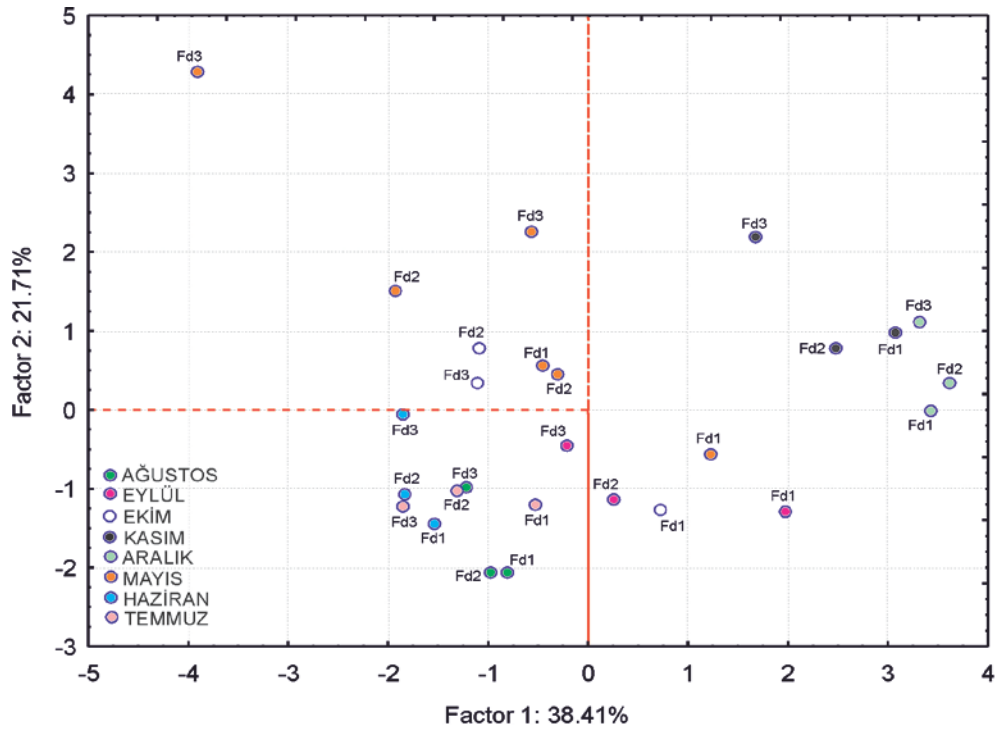
3.5.1.2. Fitoplankton kepçe örnekleri

Tablo 9’da örnekleme dönemleri bir arada değerlendirildiğinde, oluşan temel bileşenler analizinin ilk üç temel bileşen eksenindeki (PC1, PC2 ve PC3) değişkenlere ait eigen vektörleri verilmektedir. PC1 yaklaşık % 38’ini, PC2 % 22’sini ve PC3 % 16’ sını olmak üzere ilk üç temel bileşen eksenini, toplam değişkenliğin yaklaşık % 76’sını açıklamaktadır ve bu değişkenlerden istatistiksel olarak anlamlı olanlar koyu renk ile gösterilmiştir. Buna göre, toplam değişkenliğin % 38’i seki derinliği, tuzluluk, ÇO, sıcaklık, pH, ve klorofil-a, % 22’si PO₄-P, planktondaki DA ve NO₃+NO₂-N, % 16’sı SiO₂-Si ile ilişkilidir.

Tablo 9. Fitoplankton keçe örneklerinde birinci (PC1), ikinci (PC2) ve üçüncü (PC3) temel bileşen eksenlerindeki değişkenlere ait eigen vektörleri.

Değişkenler	PC1	PC2	PC3
Tuzluluk	0.902	-0.032	0.108
Sıcaklık	-0.702	-0.576	-0.098
ÇO	0.737	0.178	0.471
pH	0.701	0.449	-0.122
Klorofil-a	-0.545	0.567	0.381
Seki derinliği	0.922	-0.072	0.041
PO ₄ -P	-0.293	0.764	-0.294
SiO ₂ -Si	0.126	-0.017	-0.828
NO ₃ +NO ₂ -N	0.156	0.529	-0.557
Planktondaki DA	-0.470	0.641	0.327

FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarındaki çevresel parametreler ve planktondaki DA verileri ile oluşturulan temel bileşenler analizinin ilk iki temel bileşen eksenine göre istasyon dağılımı Şekil 29’ da verilmiştir. PC1 ekseninin pozitif ve negatif değerlerinde belirgin mevsimsel kümelenmeler gözlenmektedir. Aynı kategoriye sahip istasyonların mevsimsel olarak gruplandığı, Haliç üst tabaka suyu özelliklerinin genelde FD1 ve FD2 no’lu istasyondan FD3 no’lu istasyona doğru farklılaştığı belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 29. FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarındaki çevresel parametreler ve fitoplanktondaki DA verileri ile oluşturulan temel bileşenler analizinin ilk iki temel bileşenine göre istasyonların dağılımı

3.5.2. Pearson korelasyon analizi

3.5.2.1. Deniz suyu örnekleri

Haliç aşağı, orta ve yukarı bölümü temsil eden örnekleme noktalarında eş zamanlı ölçülen bazı çevresel değişkenler ile partiküler DA verileri arasında oluşan korelasyon analizi bulguları verilmiştir. (EK3 (a)-1-8). Buna göre;

Haziran ayında; FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarında partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp. değişkeni ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.96$, $p<0.05$), (EK3 (a)-1). $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$, sıcaklık ve klorofil-a değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.50-0.64$, $p<0.05$), (EK3 (a)-1).

Mayıs ayında; FD5 ve FD6 istasyonlarında partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp., sıcaklık, $\text{SiO}_2\text{-Si}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, klorofil-a ve T.fitoplankton değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.80-1.00$, $p<0.05$), (EK3 (a)-2). ÇO, tuzluluk, pH ve seki değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.89-0.99$, $p<0.05$), (EK3 (a)-2).

Kasım ayında; FD3 istasyonunda partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp., tuzluluk, sıcaklık ve $\text{SiO}_2\text{-Si}$ değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.90-1.00$, $p<0.05$), (EK3 (a)-3). $\text{PO}_4\text{-P}$, klorofil-a ve T. fitoplankton değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.81-0.98$, $p<0.05$), (EK3 (a)-3).

31 Mayıs örneklemesinde; FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarının yüzey suyunda partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp., tuzluluk, seki, $\text{SiO}_2\text{-Si}$ ve $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.64-1.00$, $p<0.05$), (EK3 (a)-4). Sıcaklık, T.fitoplankton, pH, ÇO, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve klorofil-a değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.61-1.00$, $p<0.05$), (EK3 (a)-4).

Temmuz ayında, FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarında partiküler DA, $\text{PO}_4\text{-P}$ değişkeni ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.88$, $p<0.05$), (EK3 (a)-5). $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve pH değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.73-0.76$, $p<0.05$), (EK3 (a)-5).

Mayıs ayında; FD3 istasyonunda partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp., $\text{SiO}_2\text{-Si}$, T. fitoplankton, sıcaklık ve pH değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.83-1.00$, $p<0.05$),

(EK3 (a)-6). ÇO, tuzluluk, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve klorofil-a değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.51-0.93$, $p<0.05$), (EK3 (a)-6).

15 Mayıs örneklemeinde; FD1, FD2 ve FD4 istasyonlarında partiküler DA, tuzluluk, *Pseudo-nitzschia* spp. ve $\text{SiO}_2\text{-Si}$ değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.92-0.98$, $p<0.05$), (EK3 (a)-7). $\text{PO}_4\text{-P}$, sıcaklık, T.fitoplankton, pH ve klorofil-a değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.66-0.99$, $p<0.05$), (EK3 (a)-7).

Son olarak ise 31 Mayıs örneklemeinde; FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarında partiküler DA, *Pseudo-nitzschia* spp., tuzluluk, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve sıcaklık değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.84-0.87$, $p<0.05$), (EK3 (a)-8). pH, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve $\text{SiO}_2\text{-Si}$ değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.55-0.70$, $p<0.05$), (EK3 (a)-8).

3.5.2.2. Fitoplankton kepçe örnekleri

Haliç aşağı ve orta bölümü temsil eden örnekleme noktalarında eş zamanlı ölçülen bazı çevresel değişkenler ile partiküler DA verileri arasında oluşan korelasyon analizi bulguları verilmiştir (EK3 (b)-1-8). Buna göre;

Ağustos ayında; fitoplanktondaki DA, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{PO}_4\text{-P}$ değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.54-0.80$, $p<0.05$) (EK3 (b)-1). Seki diskisi ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.98$, $p<0.05$) (EK3 (b)-1).

Eylül ayında; fitoplanktondaki DA, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$, pH, $\text{SiO}_2\text{-Si}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, sıcaklık ve klorofil-a değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.65-0.98$, $p<0.05$) (EK3 (b)-2). Seki diskisi ve ÇO ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.91-0.96$, $p<0.05$) (EK3 (b)-2).

Ekim ayında; fitoplanktondaki DA, $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{SiO}_2\text{-Si}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve klorofil-a değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.67-1.00$, $p<0.05$) (EK3 (b)-3). ÇO, seki diskisi, tuzluluk, sıcaklık ve pH ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.86-1.00$, $p<0.05$) (EK3 (b)-3).

Kasım ayında; fitoplanktondaki DA, $\text{PO}_4\text{-P}$, klorofil-a ve $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir ($r=0.85-0.95$, $p<0.05$) (EK3 (b)-4). Sıcaklık, $\text{SiO}_2\text{-Si}$, tuzluluk, seki diskisi ve ÇO ile negatif ilişkilendirilmiştir ($r=0.56-0.83$, $p<0.05$) (EK3 (b)-4).

Aralık ayında; fitoplanktondaki DA, tuzluluk, SiO₂-Si, PO₄-P, NO₃+NO₂-N ve klorofil-a değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir (r=0.69-0.95, p<0.05) (EK3 (b)-5). ÇO ve seki diski ile negatif ilişkilendirilmiştir (r=0.67-0.84, p<0.05) (EK3 (b)-5).

Mayıs ayında; fitoplanktondaki DA, pH, PO₄-P, klorofil-a ve ÇO değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir (r=0.54-0.80, p<0.05) (EK3 (b)-6). Seki diski, SiO₂-Si ve tuzluluk ile negatif ilişkilendirilmiştir (r=0.52-0.85, p<0.05) (EK3 (b)-6).

Haziran ayında; fitoplanktondaki DA, seki diski ve ÇO değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir (r=0.94-1.00, p<0.05) (EK3 (b)-7). SiO₂-Si, pH, sıcaklık, PO₄-P, klorofil-a, tuzluluk ve NO₃+NO₂-N değişkenleri ile negatif ilişkilendirilmiştir (r=0.50-1.00, p<0.05) (EK3 (b)-7).

Son olarak, Temmuz ayında ise; fitoplanktondaki DA, seki diski, pH ve NO₃+NO₂-N değişkenleri ile pozitif ilişkilendirilmiştir (r=0.72-0.93, p<0.05) (EK3 (b)-8). PO₄-P, SiO₂-Si ve tuzluluk ile negatif ilişkilendirilmiştir (r=0.54-0.95, p<0.05) (EK3 (b)-8).

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zararlı alg çoğalma olaylarının artmasında ötrofikasyon, kimyasal kirleticiler, kıyısız gelişim, balıkçılık, balast suları ve iklim değişikliği gibi hangi etkin faktörlerin birlikte veya tek başına belirleyici olduğu sorusu halen günümüzde güncelliğini korumaktadır. Çünkü her türün çoğaldığı ortama ve ortamda meydana gelen değişikliklere karşı tepkisinin ve adapte olma stratejisinin farklı olduğu bilinmektedir. Bu yüzden ekosistem ve insan sağlığı açısından, hassas su kaynaklarına ait birçok fiziko-kimyasal değişkenin zaman serileri içerisinde sürekli izlenmesi ve bu değişkenler ile biyotoksinler arasındaki ilişkinin ortaya konması, toksin miktarlarını artıran ya da azaltan kaynakların tanımlanması için gereklidir.

Bu noktadan hareketle, İstanbul Haliç ekosistemi üst tabaka suyunda, Ağustos 2011 – Temmuz 2012 çalışma döneminde eş zamanlı olarak ölçülen domoik asit verileri ile bazı çevresel değişkenlerin ilişkisi araştırılmıştır.

Haliç'in kimyasal oşinografisini, 2 tabakalı bir yapıya sahip olması ve giriş kısmındaki suyun İstanbul Boğazı suyu özelliklerine çok yakın özellikler göstermesi, 18-20 psu tuzlulukla başlayan üst tabaka suyu kalınlığının rüzgar durumuna göre değişim göstermesi ve özellikle ara geçiş tabakasının kalınlığı ve derinliğinin mevsimsel iklim koşullarına bağlı olarak değişmesi önemli derecede etkilemektedir.

Tyler ve Seliger (1981) tarafından belirtildiği gibi aşırı alg üremelerinde ve fitoplanktonun taşınmasında dalga, dikey karışımlar, gelgitler gibi su hareketleri önemlidir. Fitoplankton biyoması ve üretimi hem yer hem de zamana bağlı olarak yüksek çeşitliliğe sahiptir (Maric v.d., 2011). Özellikle Haliç gibi 2 tabakalı yapıya sahip dikey karışımların ve tatlı su girdilerinin olduğu (Alibey ve Kağıthane dereleri gibi) kıyısız sistemlerdeki fitoplankton dinamiği çok komplekstir.

Pseudo-nitzschia spp. bolluğu ve domoik asit miktarlarının pozitif ilişkilendirildiği birçok çalışmada vurgulandığı gibi (Pocklington v.d.,1990; Takahashi v.d., 2007; Schnetzer v.d.,2007; Bargo v.d., 2012) bu çalışmada da vertikal karışımların yoğun olduğu aşağı ve orta bölümde *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu tüm örnekleme dönemi boyunca en yüksek seviyeye

ulaşmıştır ($0,52 \times 10^6$ hücre/L). Bu hücre sayısı, henüz aşırı üreme (bloom) olarak kabul edilebilecek bir seviyeye ulaşmamış olmasına rağmen, en yüksek toksin seviyeleri ile izlenmiştir. Özellikle FD3 istasyonunda 10 m’de ($58,17 \mu\text{g DA/L}$), FD1 istasyonunda ise yüzey suyunda ve 10 m’de ($25,31 \mu\text{g DA/L}$ ve $12,51 \mu\text{g DA/L}$) yüksek toksin seviyeleri tespit edilmiştir. Yetersiz su hareketlerinin olduğu yukarı bölümde ise *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğun ve toksin miktarlarının oldukça düşük olduğu, özellikle FD5 ve FD6 istasyonlarında örnekleme dönemi boyunca *Pseudo-nitzschia* türlerine hemen hemen hiç rastlanmadığı, yalnızca 31 Mayıs’ta bolluğunun $6,24 \times 10^3$ hücre/L ve toksin konsantrasyonlarının $1,16 \mu\text{g DA/L}$ ve $1,14 \mu\text{g DA/L}$ olduğu görülmüştür. Kısa dönemli meteorolojik geçişlerin olduğu dar bölgelerde, yağmur faktörünün fitoplankton dinamiği ve üretimi üzerinde etkili olduğu durumlar, (Jouenne v.d, 2005; Pannard v.d., 2008) Haliç ekosisteminde de Mayıs–Haziran döneminde gerçekleşen yağışları takiben gözlenmiştir.

Birçok çalışmada *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu ve domoik asit üretimi yüksek nutrient ve/veya düşük sıcaklık ve tuzluluk ile ilişkilendirilmiştir (Bates 1998, Trainer v.d., 2000; 2002; Lundholm v.d., 2004; Maldonado v.d., 2002; Villac v.d., 2005; Sahraoui v.d., 2012).

Trainer v.d., (2000, 2002) ve Sahraoui v.d. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda, yüksek sıcaklık ve tuzluluk şartlarında *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu ve domoik asit üretiminin artacağı belirtilirken, Schnetzer v.d., (2007) tarafından yapılan çalışmada vurgulanan düşük sıcaklık ve yüksek tuzluluk şartlarında izlenen *Pseudo-nitzschia* spp. bolluğu ve domoik asit üretimindeki artış, bu çalışmadaki Haliç aşağı ve orta bölümde tespit edilen durumlar ve değerler ile benzerlik göstermektedir. Tüm çalışma dönemini temsil eden PCA bulgularına göre, örnekleme döneminde tuzluluğun birinci bileşende etkin olması, Haliç üst tabaka suyunda tuzluluk değişkenliğinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Fitoplanktonun büyüme ve üreme faaliyetleri için kullandığı nutrientlerin varlığı, sucül ekosistemlerde biyolojik süreçleri de etkilemektedir. Suda organik maddenin mikrobiyal bozunması, inorganik azotun ve fosfatın remineralizasyonuna yol açar. Bunlar, yeni fitoplankton üremesi için kullanıma hazır hale gelmiş olur. Nutrient konsantrasyonları ve Redfield v.d. (1963) tarafından belirlenmiş olan N:Si:P (16:15:1) oranındaki değişiklikler özellikle ortamda besin elementinin sınırlayıcı etkisi, toksik veya zararlı fitoplankton aşırı

üremeleri ve toksin üretimi ile yakından ilişkilidir. Ancak bütün *Pseudo-nitzschia* spp. türleri domoik asit üretmeyebilir ve hatta toksik olan türler de her zaman DA sentezlemeyebilir (Bates ve Trainer, 2006). Toksik *Pseudo-nitzschia* spp. türlerinde stres faktörü olarak silikat ve/veya fosfat sınırlamaları hücre bölünmesini durdurmakta (Bates v.d. 1991; Pan v.d., 1996a, b; Fehling v.d., 2004) ve çoğu zamanda ortamdaki azot miktarının artışı domoik asit üretimini arttırmaktadır (Bates v.d., 1991, 1993; Graneli v.d., 1998).

Haliç üst tabaka suyunda mevsimsel olarak değişen N/P oranları kış döneminde yüksek, yaz döneminde ise düşük olmakla birlikte, yağış görülen aylarda fosfat konsantrasyonları Haliç yukarı bölümdeki FD4, FD5 ve FD6 no'lu istasyonlarda dere girdilerinin etkisi ile artarken, silikat ve nitrat sınırlayıcı olmuştur (EK4-4,5 ve 6). Klein v.d., (2010) tarafından yapılan çalışmanın aksine, FD4, FD5 ve FD6 nolu istasyonlarda nitrat stokları silikat stoklarından önce tüketilmiştir. Ötrofik bölgelerde düşük N/P oranları ve yüksek toplam fosfor konsantrasyon şartları altında azot büyümeyi sınırlayıcı önemli bir faktör olabilmekte (Attayde ve Bozelli, 1999) ve bu durum Haliç yukarı bölümdeki ötrofikasyonun varlığını desteklemektedir. Özellikle bu istasyonlarda, yağışların rastlandığı bahar ve yaz aylarında tespit edilen 90 µg/L' ye yaklaşan klorofil-a değerleri (Şekil 21) ötrofik su karakterinin varlığını işaret etmektedir.

P/Chl-a oranı, FD4, FD5 ve FD6 no'lu istasyonlarda fitoplanktonik organizmalar tarafından fosfor kullanımı ve fitoplanktonik aktiviteye bağlı olarak artan klorofil-a değerleri nedeni ile üst tabaka suyunda düşük seviyededir (EK4- 4,5 ve 6).

Yapılan bazı çalışmalarda düşük Si/P oranlarında domoik asit üretiminin arttığı belirlenmiştir (Fehling v.d., 2004; Klein v.d., 2010). Bu çalışmada da, yukarı bölümde yağışların rastlandığı bahar ve yaz aylarında Si/P oranı azalırken, partiküler domoik asit konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir (EK4- 4,5 ve 6). Aslında bu durum, yüksek fosfat girdilerini destekler yöndedir. Aşağı ve orta bölümde, silikat ve fosfatın sınırlayıcı ve domoik asit üretimini arttırıcı etkisi, yukarı bölüme nazaran daha belirgindir (EK4- 1, 2 ve 3).

Roberts v.d., (2003) tarafından N/Si oranı, 1'den yüksek ise, denizel ortamlarda diatom büyümesi üzerine silikatın sınırlayıcı olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada, aşağı ve orta

bölümde N/Si oranları 1'den düşüktür (EK4- 1, 2 ve 3) dolayısı ile, bu bölümler için silikat diatom gelişimi için sınırlayıcı bir faktör olmamıştır.

Haliç bölgesinde besin tuzlarının girdisi ile oluşan ötrofik şartlar ve tuzluluk faktörleri domoik asit üretimi ile ilişkilendirilmiştir ve bu durum farklı coğrafik bölgelerde yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Trainer v.d., 2000, 2002; Liefer v.d., 2009; MacIntyre v.d., 2011; Maric v.d., 2011) .

Dünya literatürü incelendiğinde, farklı çalışma bölgelerinde yalnızca yüzey suyu için partiküler domoik asit konsantrasyonları verilmektedir. Bu araştırmada ise, çalışma bölgesi üst tabaka suyu yüzey, 5 m ve 10 m olmak üzere üç derinlik üzerinden değerlendirilmiştir. Zararlı alg üremeleri görülen dünyanın çeşitli bölgeleri için verilen yüzey suyu partiküler domoik asit miktarlarının Haliç ekosistemindeki miktarlar ile karşılaştırılmasında, tespit edilen verilerin, Bargu v.d. (2012) tarafından yapılan çalışmada verilen değerlerin yaklaşık 1,5 katı, Walz (1994) ve Schnetzer v.d. (2007) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerin ise, yaklaşık 2 katı yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 10). Ayrıca, partiküler DA miktarlarının 5 m’de 0,33- 5,32 (µg/L) ve 10 m’de ise 0,21- 58,17 (µg/L) arasında değiştiği ve özellikle orta bölümdeki istasyonlarda yüzeyden 10 m’ye doğru arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 10. Farklı çalışma bölgelerinde yüzey suyunda tespit edilen partiküler DA konsantrasyonlarının karşılaştırılması

Bölge	Ay, Yıl	Partikül DA (µg/L)	Kaynak
Monterey Körfezi, ABD	Ekim-Kasım, 1991	0.29 – 12.3	Walz (1994)
Penn Koyu, ABD	Temmuz/Ağustos, 1997	<LOD* - 0.8	Trainer v.d. (1998)
San Francisco, ABD	Haziran, 1998	0.1 – 7.3	Trainer v.d. (2000)
Washington Sahili, ABD	Temmuz, 1997	1.0 – 2.7	Trainer v.d. (2002)
Washington Sahili, ABD	Haziran-Ekim, 1998	<LOD - 4.7	Trainer v.d. (2002)
San Diego, ABD	Şubat, 2004	<LOD - 2.3	Busse v.d. (2005)
Los Angeles, ABD	Mayıs/Haziran, 2003	<LOD - 12.7	Schnetzer v.d. (2007)
Los Angeles, ABD	Şubat/Mart, 2004	<LOD - 1.9	Schnetzer v.d. (2007)
Monterey, ABD	Mayıs-Ağustos 2000	<LOD-8.5	Bargu v.d. (2008)
Monterey, ABD	Mart-Mayıs 2007	<LOD -16.4	Bargu v.d. (2012)
Haliç, Türkiye	Ağustos 2011-Temmuz 2012	0.21 – 25.31	Bu çalışma

*LOD: Limit of detection(Tayin limiti)

Sonuç olarak, Haliç ekosisteminde alg aşırı üreme olaylarını tetikleyen 2 kaynak ve bu kaynakların baskısı altında olan spesifik bölgelerin varlığından bahsedilebilir:

1. Kaynak- vertikal (dikey) karışımlar; Tüm sisteme oranla düşük sıcaklıkta olan, yüksek tuzluluk ve nutrient değerlerine sahip vertikal karışımların olduğu bölgelerdir. Bu çalışmadan elde edilen veriler, mevsimsel iklim koşulları ve yoğun gemi trafiğine bağlı olarak oluşan dikey karışımların FD1, FD2 ve FD3 istasyonlarını içeren aşağı ve orta bölümdeki varlığını destekler yöndedir.

2. Kaynak- Dere girdileri; Yüksek nutrient ve düşük tuzluluk değerleri ile birleşmiş dere girdilerinin olduğu bölgelerdir. Bu çalışmadan elde edilen veriler, özellikle Alibey ve Kağıthane derelerinin taşıdığı besin elementi yükleri dikkate alındığında dere girdilerinin baskısında olan FD4, FD5 ve FD6 istasyonlarını içeren yukarı bölümdeki dere kaynaklı baskının varlığını desteklemektedir. Ayrıca bu bölümde, su kütlesinin sığ oluşu ve su sirkülasyonlarının yetersiz oluşu, yapılan çamur çıkarma faaliyetleriyle birlikte bu kaynağın etkisini artırmaktadır.

Bu çalışma ile oluşturulan bir yıllık domoik asit veri setinin İstanbul Haliç'inin mevcut durumunu ortaya koyan ilk bulgular olması ve daha sonra bu konuda yapılabilecek izleme çalışmalarına veri desteği sağlayacak olması açısından önemlidir.

Ekosistem ve insan sağlığı açısından, Amnezik Kabuklu Zehirlenmesine neden olan domoik aside ait düzenli veri setlerinin oluşturulabilmesi ve risk potansiyelinin belirlenebilmesi için mevcut değişkenlerle birlikte domoik asit ile çelatlar oluşturabilen demir ve bakır gibi metallerin de izleme çalışma planlarına dahil edilmesi mevcut durumun değerlendirilebilmesi için gereklidir.

Haliç ekosisteminde domoik asit miktar tayininin sürekliliği ve zamansal değişiminin düzenli izlenmesi, risk teşkil eden durumlarda önlemlerin zamanında alınabilmesi bakımından çok önemlidir. Bir rekreasyon alanı olan Haliç, insanların yıl boyunca çevresindeki yeşil alanlarda vakit geçirdiği ve pek çok insanın da olta balıkçılığı yaptığı bir bölgedir. Bu nedenle domoik asitin varlığı halk sağlığı için tehdit oluşturabilir. Aynı zamanda izleme çalışmalarıyla ortaya konan sonuçlar sayesinde alınabilecek ileriye dönük koruyucu önlemler; hem olası ekonomik kayıplara sebebiyet vermeyi önlemesi hem de İstanbul tarihi yarımadaının kıyısına

kurulduğu Haliç'in daha sağlıklı bir ekosisteme sahip olmasını getirmesi açısından önemli sayılmaktadır. Bu noktadan hareketle, benzer çalışmaların mevsimsel özellikleri de ortaya koyacak şekilde devam ettirilmesi önerilebilir.

Gelecekte uygulanacak benzer çalışmalarda istasyon planlaması yapılırken, bu çalışma kapsamında belirtilen Haliç bölümlerinin dikkate alınması aşırı alg üremelerine katkı sağlayan noktasal veya noktasal olmayan kaynakların belirlenmesinde önemli olabilir. Her bölümde eşit miktarda ve dağılımda örnekleme istasyonunun seçilmesi en azından bölgesel ortalamaların karşılaştırılmasında ve değişkenlerin bölümlere göre varyanslarının anlamlı olup olmadığının anlaşılmasında katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ACARA, A. ve NALBANTOGLU, U. (1960): Preliminary Report on the Red-Tide Outbreak in the Gulf of Izmir. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Ex-Plor. Scient. Mer. Medit, 15(3), 33-38.
- ALBAY, M., MATTHIESSEN, A. ve CODD A.G. (2005): Occurrence of Toxic Blue-Green Algae in the Kucukcekmece Lagoon (Istanbul, Turkey). Environmental Toxicology, 20 (3), 277-284.
- ALPAR, B., BURAK, S. ve DOĞAN E. (2005) : Environmental and hydrologic management of the Golden Horn estuary in Turkey. Journal of Coastal Research. doi: 10.2112/04-0154.1, ISSN: 0749-0208, 21(4), 646-654.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) (1999): Standard methods for the examination of water and waste water. 20th edition, Washington DC, USA. ISBN-10: 0875532357
- ANDERSON, D.M., KULIS, D.M., SULLIVAN, J.J. ve HALL, S. (1990): Toxin composition variations in one isolate of the dinoflagellate *Alexandrium fundyense*. Toxicon, 28, 885–893.
- ARTÜZ, M. I., ve KORKMAZ, K. (1975): The water pollution in the Golden Horn at the present day. The Golden Horn Symposium. ITU-Istanbul.
- ATTAYDE, J.L. ve BOZELLI, R.L. (1999): Environmental heterogeneity patterns and predictive models of chlorophyll a in a Brazilian coastal lagoon. Hydrobiologia, 390, 1-3, 129-139.
- BARBARO, E., ZANGRANDO, R., ROSSI, S., CAIRNS, W.R.L., PIAZZA, R., CORAMI, F., BARBANTE, C. ve GAMBARO, A. (2013): Domoic acid at trace levels in lagoon waters: assesment of a method using internal standart quantification. Anal. Bioanal. Chem., doi: 10.1007/s00216-013-7348-5
- BARGU, S., KORAY, T. ve LUNDHOLM, N. (2002): First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts, E.U. J. Fish. Aquat. Sci. 19 (3–4), 479–483.
- BARGU, S., POWELL, C.L., WANG, Z., DOUCETTE, G.J. ve SILVER, M.W. (2008): Note on the occurence of *Pseudo-nitzschia australis* and domoic acid in squid from Monterrey Bay, CA (USA). Harmful Algae, 7, 45-51.
- BARGU, S., GOLDSTEIN, T., ROBERTS, K., LI, C. ve GULLAND, F. (2012): *Pseudo-nitzschia* blooms, domoic acid, and related California sea lion strandings in Monterrey Bay, California. Marine Mammal Science, 28(2), 237-253.

BAŞTÜRK, Ö., YILMAZ, A., SAYDAM, A.C. ve SALİHOĞLU, I. (1988): Oceanography of the Turkish Straits—second annual report, vol. II. Health of the Turkish Straits: Chemical and environmental aspects of the Sea of Marmara and Golden Horn, Turkey: Institute of Marine Sciences, METU, Erdemli-Içel.

BATES, S.S., BIRD, C.J., DE FREITAS, A.S.W., FOXALL, R., GILGAN, M., HANIC, L.A., JOHNSON, G.R., MCCULLOCH, A.W., ODENSE, P., POCKLINGTON, R., QUILLIAM, M.A., SIM, P.G., SMITH, J.C., SUBBA RAO, D.V., TODD, E.C.D., WALTER, J.A. ve WRIGHT, J.L.C. (1989): Pennate diatom *nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. Canadian Journal of Fish and Aquatic Science, 46, 1203–1215.

BATES, S.S., DE FREITAS, A.S.W., MILLEY, J.E., POCKLINGTON, R., QUILLIAM, M.A., SMITH, J.C., WORMS, J. (1991): Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia-pungens* f multiseriis in culture—Nutrients and irradiance. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48 (7), 1136–1144.

BATES, S.S., WORMS, J.C. ve SMITH, J.C. (1993): Effects of ammonium and nitrate on growth and domoic acid production by *Nitzschia pungens* in batch culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50, 1248–1254.

BATES, S.S., GARRISON, D.L. ve HORNER, R.A. (1998): Bloom dynamique and phycology of domoic-acid-producing *Pseudo-nitzschia* species. In: Anderson, D.M., Cembella, A.D., Hallegraeff, G.M. (Eds.), Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms, Springer-Verlag, Heidelberg, 267–292.

BATES, S.S., LEGER C., WELLS, M.L. ve HARDY K. (2003): Photodegradation of domoic acid. In: Bates, S.S. [ed.] Proceedings of the Eighth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., 2498, 33-35

BATES, S.S., GAUDET, J., KACZMARSKA, I. ve EHRMAN, J.M. (2003): Interaction between bacteria and the domoic-acid-producing diatom *Pseudo-nitzschia multiseries* (Hasle) Hasle; can bacteria produce domoic acid autonomously? Harmful Algae, 3, 11-20.

BATES, S.S. ve TRAINER, V.L. (2006): The ecology of harmful diatoms. In: Graneli, E., Turner, J. (Eds.), Ecology of Harmful Algae. Springer-Verlag, Heidelberg, 81–93.

BAYKUT, F. (1977): Environmental pollution and the Golden Horn. In Proc. national symposium on the Golden Horn, Bosphorus University, Istanbul, 75–96.

BENEMANN, J.R. (1992): Microalgae aquaculture feeds. J. Appl. Phycol., 4, 233–245.

BİZSEL, N. ve BİZSEL, K.C. (2002): New records of toxic algae *Heterosigma* cf. *akashiwo* and *Gymnodinium* cf. *mikimotoi* in the hypereutrophic Izmir Bay (Aegean Sea): Coupling between organisms and water quality parameters. Israel Journal of Plant Sciences, 50, 33-44.

- BESIKTEPE, S., RYABUSHKO, L., EDIGER, D., YILMAZ, D., ZENGİNER, A., RYABUSHKO, V. ve LEE, R. (2008): Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle (bacillariophyta) isolated from the Black Sea. Harmful Algae, 7, 438-442.
- BİZSEL, N. ve CİRİK, Ş. (2002): New Record of the Heterotrophic Ebridian Microflagellate *Hermesinium adriaticum* Zuch in the Eutrophic Izmir Bay. Turkish Journal of Marine Sciences, 8, 165-178.
- BOTANA, A.M., RODRIGUEZ VEJTES, M., ALFONSO, A. ve LOUZAO, M. (1996): Phycotoxins: Paralytic shellfish poisoning and diarrhetic shellfish poisoning. In Handbook of Food Analysis—Residues and Other Food Component Analysis; Nollet, L.M.L., Ed: Dekker, New York, NY, USA, 1147–1169.
- BUSSE, L.B., VENRICK, E.L., ANTROBUS, R., MILLER, P.E., VIGILANT, V., SILVER, M.W., MENGELT, C., MYDLARZ, L. ve PREZELIN, B.B. (2005): Domoic acid in phytoplankton and fish in San Diego, CA, USA. Harmful Algae, 5, 91-101.
- CAROPPO, C., CONGRESTI, R., BRACCHINI, L. ve ALBERTANO, P. (2005): On the presence of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup et Hasle and *Pseudo-nitzschia delicatissima* Heiden in the Southern Adriatic Sea (Mediterranean, Italy). J. Phycol., 27, 763–774.
- DARANAS, A.H., NORTE, M. ve FERNÁNDEZ, J.J. (2001): Toxic marine microalgae. Toxicon, 39, 1101-1132.
- DENİZ, N., TAŞ, S. ve 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
- DURGUNOĞLU, T. (1977): A review: Previous works on the Golden Horn. In: Proc. national symposium on the Golden Horn, Bosphorus University, Istanbul, 11–26.
- DYSON, K. ve HUPPERT, D.D. (2010): Regional economic impacts of razor clam beach closures due to harmful algal blooms (HABs) on the Pacific coast of Washington. Harmful Algae, 9, 264–271.
- EFSA (2009): Marine biotoxins in shellfish – Domoic acid. The EFSA Journal, 1181, 1-61.
- EKER, E. ve KIDEYŞ, A.E. (2000): Weekly variations in phytoplankton structure of a harbour in Mersin Bay (Northeastern Mediterranean). Turk. J. Bot., 24(1), 13-24.
- EKER-DEVELİ, E. ve KIDEYŞ, A.E. (2003): Distribution of phytoplankton in the southern Black Sea in summer 1996, spring and autumn 1998. J. Mar. Syst., 39 (3/4), 203–211.

- FEHLING, J., DAVIDSON, K. ve BATES, S.S. (2004): Growth dynamics of non-toxic *Pseudo-nitzschia delicatissima* and toxic *P. seriata* (Bacillariophyceae) under simulated spring and summer photoperiods. *Harmful Algae*, 4, 763-769.
- FEYZİOĞLU, A.M. ve BORAN, M. (1977): *Turk. J. Biol.*, 21, 49-54.
- FEYZİOĞLU, A.M., BORAN, M. ve SIVRI, N. (2000): Proceedings of first national Marine Science Conference, Uysal, Z. ve Salihoğlu, I. eds. (Ankara), 121-125.
- FEYZİOĞLU, A.M. ve ÖĞÜT, H. (2006): Red Tide Observations along the Eastern Black Sea Coast of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 30, 375-379.
- FLEMING, L.E., BEAN, J.A. ve BADEN, D.G. (1995): Epidemiology of toxic marine phytoplankton. In: UNESCO-IOC Manual on Harmful Marine Phytoplankton, 33.
- FLYNN, K., FRANCO, J.M., FERNANDEZ, P., REGUERA, B., ZAPATA, M., WOOD, G. ve FLYNN, K.J. (1994): Changes in toxin content, biomass and pigments of the dinoflagellate *Alexandrium minutum* during nitrogen refeeding and growth into nitrogen or phosphorus stress. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 99–109.
- GERSEN, A., POL-HOFSTAD, I.E., POELMAN, M., MULDER, P.P.J., VAN DEN TOP, H.J. ve DE BOER, J. (2010): Marine Toxins: Chemistry, Toxicity, Occurrence and Detection, with Special Reference to the Dutch Situation. *Toxins*, 2, 878-904.
- GRANELI, E., JOHANSSON, N. ve PANOSSO, R. (1998): Cellular toxin contents in relation to nutrient conditions for different groups of phycotoxins. In: Regueira B, Blanco J, Fernandez ML, Wyatt T(eds.). *Harmful Algae*, Xunta de Galicia and IOC-UNESCO, Grafisant, Santiago de Compostela, Spain, 321-324.
- GRANELI, E. ve FLYNN, K. (2006): Chemical and physical factors influencing toxin content. In: Graneli, E., Turner, J.T. (Eds.), *Ecology of Harmful Algae*. Springer, Berlin, 229–241.
- GRIMMELT, B.; NIJJAR, M. S.; BROWN, J.; MACNAIR, N.; WAGNER, S.; JOHNSON, G. R. ve AHMEND, J.F. (1990): Relationship between domoic acid levels in the blue mussel (*Mytilus edulis*) and toxicity in mice. *Toxicon*, 28, 501-508.
- GÜÇLÜER, S. ve DOĞUSAL, M. (1977): Physical oceanographic investigations in the Golden Horn. In: Proc. National symposium on the Golden Horn, Bosphorus University, Istanbul, 61–74.
- HAQUE, S.M. ve ONOUE, Y. (2002a): Effects of salinity on growth and toxin production of a noxious phytoflagellate, *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae). *Botanica Marina* 45 (4), 356–363.

- HAQUE, S.M. ve ONOUE, Y. (2002b): Variation in toxin compositions of two harmful raphidophytes, *Chattonella antiqua* and *Chattonella marina*, at different salinities. *Environmental Toxicology*, 17 (2), 113–118.
- HALLEGRAEFF, G. M., ANDERSON, D.M. ve CEMBELLA A.D.(1995): Manual on harmful marine microalgae. Intergovernmental Oceanographic Commission Manual and Guides, UNESCO, Paris, 3, 1-22.
- HAY, B.E., GRANT, C.M. ve MCCOUNMBREY, D.J. (2000): A review of the marine biotoxin monitoring programme for non-commercially harvested shellfish. Part 1: Technical Report. A Report for the New Zealand Ministry of Health.
- HORNER, R.A., KUSSKE, M.B., MOYNIHAN, B.P., SKINNER, R.N., WEKELL, J.C. (1993): Retention of domoic acid by pacific razor clams, *siliqua patula*: preliminary study. *Journal of Shellfish Research*, 12, 451–456.
- IMPELLIZZERI, G.; MANGIAFICO, S.; ORIENTE, G.; PIATTELLI, M.; SCIUTO, S.; FATTORUSSO, E.; MAGNO, S.; SANTACROCE, C. ve SICA, D. (1975): Constituents of red algae. I. Amino acids and lowmolecular- weight carbohydrates of some marine red algae. *Phytochemistry*, 14, 1549-1557.
- İNANÇ, B., KINACI, C., ÖZTÜRK, I., SEVİMLİ, M. F. ve ARIKAN, O. (1998): Pollution prevention and restoration in the Golden Horn of Istanbul. *Water Science and Technology*, 37(8), 129–136.
- IVERSON, F., TRUELOVE, J., NERA, E., TRYPHONAS, L., CAMPBELL, J. ve LOK, E., (1989): Domoic acid poisoning and mussel-associated intoxication: preliminary investigations into the response of mice and rats to toxic mussel extract. *Food and Chemical Toxicology*, 27, 377–384.
- IVERSON F., TRUELOVE J., TRYPHONAS L. ve NERA E.A. (1990): The toxicology of domoic acid administrated systemically to rodents and primates. *Canada Diseases Weekly Report*, 16 (1), 15-20.
- JOHANNESSEN, J.N. (2000): Stability of domoic acid in saline dosing solutions. *Journal of AOAC International*, 83, 411–412.
- JOHANSSON, N., GRANELI, E., YASUMOTO, T., CARLSSON, P. ve LEGRAND, C. (1996): Toxin production by *Dinophysis acuminata* and *D. Acuta* cells grown under nutrient sufficient and deficient conditions. In: Yasumoto, T., Oshima, Y., Fukuyo, Y. (Eds.), *Harmful and Toxic Algal Blooms*. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, 277–279.
- JOHN, E.H. ve FLYNN, K.J. (2000): Growth dynamics and toxicity of *Alexandrium fundyense* (Dinophyceae): the effect of changing N:P supply ratios on internal toxin and nutrient levels. *European Journal of Phycology*, 35, 11–23.

- JOUENNE, F., LEFEBVRE, S., VERON, B. ve LAGADEUC, Y. (2005): Biological and physicochemical factors controlling short-term variability in phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in a macrotidal ecosystem (eastern English Channel). *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 65, 421–439.
- KARPUZCU, M. (1975): Pollution problem of the Golden Horn. *Marine Pollution Bulletin*, 5(2), 27–31.
- KLEIN, C., CLAQUIN, P., BOUCHART, V., LE ROY, B. ve VERON, B. (2010): Dynamics of *Pseudo-nitzschia* spp. and domoic acid production in a macrotidal ecosystem of the Eastern English Channel (Normandy, France). *Harmful Algae*, 9, 218-226.
- KOR, N. (1963): Haliç'in Kirlenmesi ile ilgili Durumların Etüdü. Ph.D. thesis. Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye.
- KORAY, T. ve BUYUKIŞIK, B. (1988): Toxic Dinoflagellate Blooms in the Harbour Region of Izmir Bay (Aegean Sea). *Rev. Int. Oceanogr. Med.*, 141/142, 25-43
- KORAY, T. (1990): Planktonik Protista Associated With Color-Tides in Izmir Bay (Aegean Sea). *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit*, 32, 212.
- KORAY, T. (1992): *Harmful Algae News*, 2, 1-2.
- KORAY, T. (1995): Phytoplankton species succession, diversity and nutrients in neritic Waters of the Aegan Sea (Bay of İzmir). *Turkish Journal of Botany*, 19, 531–544.
- KORAY, T., BUYUKIŞIK, B., PARLAK, H. ve GÖKPINAR, S. (1996): UNEP-MAP Tech. Rep. Ser., 104, 1-26.
- KROCK, B., SEGUEL, C.G. ve CEMBELLA, A.D. (2007): Toxin profile of *Alexandrium catenella* from the Chilean coast as determined by liquid chromatography with fluorescence detection and liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. *Harmful Algae*, 6, 734–744.
- KUDELA, R.M., ROBERTS, A. ve ARMSTRONG, M. (2004): Laboratory analyses of nutrient stress and toxin production in *Pseudonitzschia* spp. from Monterey Bay, California. In: Steidinger, K., Landsberg, J., Tomas, C., Vargo, G. (Eds.). *Florida Environmental Research Institute and UNESCO, St. Petersburg*, 136–138.
- JEFFERY, B., BARLOW, T., MOIZER, K., PAUL, S. ve BOYLE, C. (2004): Amnesic shellfish poison. *Food and Chemical Toxicology*, 42, 545-557.
- LADIZINSKY, N. ve SMITH, G.J. (2000): Accumulation of domoic acid by the coastal diatom *Pseudo-nitzschia multiseries*: a possible copper complexation strategy. *Journal of Phycology*, 36, 41.

LANDSBERG, J.H., FLEWELLING, L.J. ve NAAR, J. (2009): *Karenia brevis* red tides, brevetoxins in the food web, and impacts on natural resources: Decadal advancements. *Harmful Algae*, 8, 598–607.

LEWITUS, A.J., HORNER, R.A., CARON, D.A., GARCIA-MENDOZA, E., HICKEY, B.M., HUNTER, M., HUPPERT, D.D., KUDELA, R.M., LANGLOIS, G.W., LARGIER, J.L., LESSARD, E.J., RALONDE, R., JACK RENSEL, J.E., STRUTTON, P.G., TRAINER, V.L. ve TWEDDLE, J.F. (2012): Harmful algal blooms along the North American west coast region: History, trends, causes, and impacts. *Harmful Algae*, 19, 133-159.

LIEFER, J.D., MACINTYRE, H.L., NOVOVESKA, L., SMITH, W.L. ve DORSEY, C.P. (2009): Temporal and spatial variability in *Pseudo-nitzschia* spp. in Alabama coastal waters: A “hot spot” linked to submarine groundwater discharge? *Harmful Algae*, 8 (5), 706-714.

LUNDHOLM, N., SKOV, J., POCKLINGTON, R. ve MOESTRUP, O.(1994): Domoic acid, the toxic amino acid responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *pseudonitzschia seriata* (Baccillariophyceae) in Europe. *Phycologia*, 33, 475–478.

LUNDHOLM, N., HANSEN, P.J. ve KOTAKI, Y. (2004): Effect of the pH on growth and domoic acid production by potentially toxic diatoms of the genera *Pseudo-nitzschia* and *Nitzschia*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 273, 1–15.

LUNDHOLM, N., MOESTRUP, Ø., KOTAKI, Y., HOEF-EMDEN, K., SCHOLIN, C. ve MILLER, P. (2006): Inter- and intraspecific variation of the *Pseudonitzschia delicatissima* complex (Bacillariophyceae) illustrated by rRNA probes, morphological data and phylogenetic analyses. *J Phycol.*, 42, 464–481.

MACINTYRE, H.L., STUTES, A.L., SMITH, W.L., DORSEY, C.P., ABRAHAM., A. ve DICKEY, R.W. (2011): Environmental correlates of community composition and toxicity during a bloom of *Pseudo-nitzschia* spp. in the northern Gulf of Mexico. *J. Plankton Res.*, 33 (2), 273-295.

MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M. ve PARKER, J., 1999. Eukaryota: microorganismos eucarioaticos. Brock, *Biologia de los Microorganismos*. Prentice Hall, Madrid, pp. 770-774 Octava edicion.

MALDONADO, M.T., HUGHES, M.P., RUE, E.L. ve WELLS, M.L. (2002): The effect of Fe and Cu on growth and domoic acid production by *Pseudo-nitzschia multiseries* and *Pseudo-nitzschia australis*. *Limnol. Oceanogr.*, 47, 515–526.

MARIC, D., LJUBESIC, Z., GODRIJAN, J., VILICIC, D., UJEVIC, I. ve PRECALI, R. (2011): Blooms of the potentially toxic diatom *Pseudo-nitzschia callaintha* Lundholm, Moestrup& Hasle in coastal waters of the northern Adriatic Sea (Croatia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92, 323-331.

- MARTIN, J.L., HAYA, K., BURRIDGE, L.E. ve WILDISH, D.J. (1990): *Nitzschia pseudodelicatissima*— a source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 67, 177–182.
- MASO, M., GARCES, E., PAGES, F. ve CAMP, J. (2003): Drifting plastic debris as a potential vector for dispersing Harmful Algal Bloom (HAB) species. *Scientia Marina*, 67, 107–111.
- MASO, M. ve GARCES, E. (2006): Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin*, 53, 620-630.
- MCCARRON, P. ve HESS, P. (2006): Tissue distribution and effects of heat treatments on the content of domoic acid in blue mussels, *Mytilus edulis*. *Toxicon*, 47, 473-479.
- MEYER, K.F., SOMMER, H. ve SCHOENHOLZ, P. (1928): Mussel poisoning. *Am. J. Prev. Med.*, 2, 365–394.
- MILLER, G. (2009): Wildlife biology—confused pelicans may have lingered too long up north. *Science*, 323, 449–449.
- MITROVIC, S.M., FERNANDEZ AMANDI, M., MACKENZIE, L., FUREY, A. ve JAMES, K.J. (2004): Effects of selenium, iron and cobalt addition to growth and yessotoxin production of the toxic marine dinoflagellate *Protoceratium reticulatum* in culture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 313 (2), 337–351.
- MITROVIC, S.M., HAMILTON, B., MACKENZIE, L., FUREY, A. ve JAMES, K.J. (2005): Persistence of yessotoxin under light and dark conditions. *Marine Environmental Research*, 60 (3), 397–401.
- MOESTRUP, Ø., AKSELMAN, R., CRONBERG, G., ELBRAECHTER, M., FRAGA, S., HALIM, Y., HANSEN, G., HOPPENRATH, M., LARSEN, J., LUNDHOLM, N., NGUYEN, L. N., ZINGONE, A. (EDS) (2009). *Ioc-unesco taxonomic reference list of harmful micro algae*.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2000): Nutrient requirements of beef cattle. (7th ed.), ISBN: 978-0-309-06934-2, 248.
- NIXON, S.W. (1995): Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41, 199–219.
- NOVACZEK, I. (1992): Depuration of domoic acid from live blue mussels (*Mytilus Edulis*). *Canadian Journal of Fish and Aquatic Science*, 49, 312–318.
- NUMANN, W. (1955): İzmir Körfezi'nde “Balık Kırılması” Hadisesi. *Hidrobiyoloji Mec.3A* (2), 90-93.

OKUŞ, E., ASLAN, A., TAŞ, S., YILMAZ, N. ve POLAT, C. (2001): Haliç, 'te Nutrient ve Klorofil-a Dağılımı. In: Ozturk, I., Okus, E., Sarıkaya, H.Z., Gazioğlu, C. ve Aydın, A.F. (Eds.), Haliç, 2001 Sempozyumu, 3-4 Mayıs 2001, İstanbul, Türkiye, 37, 145-152 (General Directorate of İstanbul Water and Sewerage Administration)

ONO, K., KHAN, S. ve ONOUE, Y. (2000): Effects of temperature and light intensity on the growth and toxicity of *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae). *Aquaculture Research*, 31 (5), 427–433.

ÖZSOY, E., OĞUZ, T., LATİF, M. A., ÜNLÜATA, Ü., SUR, H.I. ve BEŞİKTEPE, S. (1988): Oceanography of the Turkish Straits—second annual report. Submitted to İstanbul Water and Sewerage Administration. M.E.T.U., Institute of Marine Sciences, Erdemli-Içel.

ÖZTÜRK, M., BAŞTÜRK, A., ÖZTÜRK, I., KINACI, C., TOPACIK, D. ve SEVİMLİ, M. F. (1998): Haliç Islah Projesi Uygulama Çalışmaları. Büyükşehirde Atıksu Yönetimi ve Deniz Kirlenmesi Kontrolü Sempozyumu, İstanbul-Türkiye, İstanbul: General Directorate of İstanbul Water and Sewerage Administration, 233-242.

QUILLIAM, M.A., SIM, P.G., MCCULLOCH, A.W. ve MCINNES, A.G. (1989): High-Performance Liquid Chromatography of Domoic Acid, a Marine Neurotoxin, with Application to Shellfish and Plankton. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 36, 139-154.

QUILLIAM, M.A. (2003): The role of chromatography in the hunt for red tide toxins. *Journal of Chromatography A*, 1000, 527-548.

PALAFOX, N.A., JAIN, L.G., PINANO, A.Z., GULICK, T.M., WILLIAMS, R.K. ve SCHATZ, I.J. (1988): Successful treatment of ciguatera fish poisoning with intravenous mannitol. *JAMA*, 259, 2470-2742.

PAN, Y.L., RAO, D.V.S. ve MANN, K.H. (1996a). Changes in domoic acid production and cellular chemical composition of the toxigenic diatom *Pseudo-nitzschia multiseries* under phosphate limitation. *J. Phycol.*, 32 (3), 371–381.

PAN, Y.L., RAO, D.V.S., MANN, K.H., BROWN, R.G. ve POCKLINGTON, R. (1996b): Effects of silicate limitation on production of domoic acid, a neurotoxin, by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseries* 1. Batch culture studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 131 (1–3), 225–233.

PAN, Y. ve SUBBA RAO, D.V. (1997): Impacts of domestic sewage effluent on phytoplankton from Bedford Basin, eastern Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 1001-1005.

PANNARD, A., CLAQUIN, P., KLEIN, C., LE ROY, B. ve VERON, B. (2008): Short-term variability of the phytoplankton community in coastal ecosystem in response to physical and chemical conditions changes. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 80 (2), 212–224.

- PARSONS, T.R., MAITA, Y. ve LALLI C.M. (1984): A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, Oxford, UK, 173.
- PENNA, A., INGARAO, C., ERCOLESSI, M., ROCCHI, M. ve PENNA, N. (2006): Potentially harmful microalgal distribution in an area of the NW Adriatic coastline: Sampling procedure and correlations with environmental factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70, 307-316.
- PEPERZAK, L. (2005): Future increase in harmful algal blooms in the North Sea due to climate change. *Water Sci. Technol.*, 51, 31-36.
- PERL, T.M., BEDARD, L., KOSATSKY, T., HOCKIN, J.C., TODD, E.C. ve REMIS, R.S. (1990): An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. *N. Engl. J. Med.*, 322, 1775-1780.
- PITCHER, G.C., CEMBELLA, A.D., JOYCE, L.B., LARSEN, J., PROBYN, T.A. ve SEBASTIAN, C.R. (2007): The dinoflagellate *Alexandrium minutum* in Cape Town harbour (South Africa): Bloom characteristics, phylogenetic analysis and toxin composition. *Harmful Algae*, 6, 823-836.
- POCKLINGTON, R., MILLEY, J.E., BATES, S.S., BIRD, C.J., DE FREITAS, A.S.W. ve QUILLIAM, M.A. (1990): Trace Determination of Domoic Acid in Sea Water and Phytoplankton by High-Performance Liquid Chromatography of the Fluorenylmethoxycarbonyl (FMOC) Derivative. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 38, 351-368.
- POLAT, S., SARIHAN, E. ve KORAY, T. (2000): *Turk. J. Bot.*, 24, 1-12.
- POLAT, S. ve KORAY, T. (2002): New Records of the Genus *Histioneis* F.R. von Stein (Dinophyceae) from Turkish Coastal Waters. *Turkish Journal of Botany*, 26, 481-484.
- POLAT, S. ve KORAY, T. (2003): New Records for the Genus *Heterodinium* Kofoid (Dinophyceae) from Turkish Coastal Waters (North-eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Botany*, 27, 427-430.
- POLAT, S. (2004): New Record for a Dinoflagellate Species (*Citharistes regius* Stein) in the Northern Levantine Basin (Eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Botany*, 28, 507-509.
- POLAT, S., OLGUNOĞLU, M.P., AKAL, A.A. ve KORAY, T. (2006): Kuzeydoğu Akdeniz Kıyısı Sularında (İskenderun Körfezi) Dağılım Gösteren Potansiyel Zararlı Fitoplankton Türleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23 (1-2), 169-172.
- PRESTON, E. ve HYNIE, I. (1991): Transfer constants for blood-brain barrier permeation of the neuroexcitatory shellfish toxin, domoic acid. *Canadian Journal of Neurological Science*, 18, 39-44.

RAMSEY, U.P., DOUGLAS, D.J., WALTER, J.A. ve WRIGHT, J.L. (1998): Biosynthesis of domoic acid by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseries*. *Natural Toxins*, 6, 137–146.

REDFIELD, A.C., KETCHUM, B.H. ve RICHARDS, F.A. (1963): The influence of organisms on composition of seawater (ed: hill, m.n.). *the sea, ideas and observations on progress in the study of the seas*, vol. 2, interscience, New York, 26-77.

RESMÎ GAZETE, (2004): Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Sayı:25687.

RHODES, L., SCHOLIN, C. ve GARTHWAITE, I. (1998): *Pseudo-nitzschia* in New Zealand and the role of DNA probes and immunoassays in refining marine biotoxin monitoring programmes. *Natural Toxins*, 6, 105– 111.

ROBERTS, E.C., DAVIDSON, K. ve GILPIN, L.C. (2003): Response of temperate microplankton communities to N:Si ratio perturbation. *Journal of Plankton Research*, 25, 1485-1495.

ROBERTSON, A., STIRLING, D., ROBILLOT, C., LLEWELLYN, L. ve NEGRI, A. (2004): First report of saxitoxin in octopi. *Toxicon*, 44, 765–771.

ROTHSCHILD, B.J., AULT, J.S., GOULLETQUER, P. ve HERAL, M. (1994): Decline of the Chesapeake Bay oyster population: a century of habitat destruction and overfishing. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 29– 39.

RUE, E. ve BRULAND, K. (2001). Domoic acid binds iron and copper: a possible role for the toxin produced by the marine diatom *Pseudo-nitzschia*. *Mar. Chem.*, 76, 127-134.

SAHRAOUI, I., GRAMI, B., BATES, S., BOUCHOUICHA, D., CHIKHAOUI, M.A., MABROUK, H.H. ve HLAILI, A.S. (2012): Response of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) populations and domoic acid to environmental conditions in a eutrophied, SW Mediterranean coastal lagoon (Tunisia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 102-103, 95-104

SAYDAM, A. C., LATİF, M.A., SALİHOĞLU, I., ÖZSOY, E., OĞUZ, T. ve ÜNSAL, M. (1986): Golden Horn investigations. First annual report. Erdemli-Içel (Turkey): Institute of Marine Sciences, METU.

SCHNETZER, A., MILLER, P.E., SCHAFFNER, R.A., STAUFFER, B.A., JONES, B.H., WEISBERG, S.B., DIGIACOMO, P.M., BERELSON, W.M. ve CARON, D.A., (2007): Blooms of *Pseudo-nitzschia* and domoic acid in the San Pedro Channel and Los Angeles harbor areas of the Southern California Bight 2003–2004. *Harmful Algae*, 6, 372–387.

SHUMWAY, S.E. (1990): *J.World. Aqua. Soc.*, 21, 65-10.

SHUMWAY, S.E., ALLEN, S.M., ve BOERSMA, P.D. (2003): Marine birds and harmful algal blooms: sporadic victims or under-reported events? *Harmful Algae*, 2, 1–17.

- SMITH, J.C., CORMIER, R., WORMS, J., BIRD, C.J., QUILLIAM, M.A., POCKLINGTON, R., ANGUS, R. ve HANIC, L. (1990): Toxic blooms of the domoic acid containing diatom *Nitzschia pungens* in the Cardigan River, Prince Edward Island. In: Graneli, E., Sundstrom, B., Edler, L., Anderson, D.M. (Eds.), *Toxic Marine Phytoplankton*. Elsevier, New York, 227–232.
- SOURNIA, A., CHRETIENNOT, D. ve RICARD, M. (1991): Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *J. Plankton Res.*, 13, 1093–1099.
- SPATHARIS, S., DANIELIDIS, D.B. ve TSIRTISIS, G. (2007): Recurrent *Pseudo-nitzschia calliantha* (Bacillariophyceae) and the *Alexandrium insuetum* (Dinophyceae) winter blooms induced by agricultural runoff. *Harmful Algae*, 6, 811–822.
- SUNDA, W. (2006): Trace metals and harmful algal blooms. In: Graneli, E., Turner, J.T. (Eds.), *Ecology of Harmful Algae*. Springer, Berlin, 203–214.
- SUR, H.I., OKUŞ, E., SARIKAYA, H.Z., ALTIOK, H., EROĞLU, V. ve ÖZTÜRK, I. (2002): Rehabilitation and water quality monitoring in the Golden Horn. *Water Science and Technology*, 46, 29–36.
- SUZUKI, C.A. ve HIERLIHY, S.L. (1993): Renal clearance of domoic acid in the rat. *Food and Chemical Toxicology*, 31, 701–706.
- TAKAHASHI, E., YU, Q., EAGLESHAM, G., CONNEL, D.W., MCBROOM, J., COSTANZO, S. ve SHAW, G.R. (2007): Occurrence and seasonal variations of algal toxins in water, phytoplankton and shellfish from North Stradbroke Island, Queensland, Australia. *Marine Environmental Research*, 64, 429–442.
- TAKEMOTO, T. ve DAIGO, K. (1958): Constituents of *Chondria armata*. *Chemical Pharmacology Bulletin*, 6, 578–580.
- TAŞ, S. ve OKUŞ, E. (2003): The effects of pollution on the distribution of phytoplankton in the surface water of the Golden Horn. *Turkish J. Marine Sciences*, 9 (2), 163–176.
- TAŞ, S., OKUŞ, E. ve YILMAZ, A.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., YILMAZ, N.I. ve OKUŞ, E. (2009): Phytoplankton as an indicator of improving water quality in the Golden Horn Estuary. *Estuaries and Coasts*, 32, 1205–1224.
- TEITELBAUM, J.S., ZATORRE, R.J., CARPENTER, S., GENDRON, D., EVANS, A.C., GJEDDE, A. ve CASHMAN, N.R. (1990): Neurologic sequelae of domoic acid intoxication due to the ingestion of contaminated mussels. *New England Journal of Medicine*, 322, 1781–1787.

- THESEN, A.E., BOWERS, H.A. ve STOECKER, D.K. (2009): Intra and interspecies differences in growth and toxicity of *Pseudo-nitzschia* while using different nitrogen sources. *Harmful Algae*, 8, 792-810.
- THRONDSSEN, J. (1978): Preservation and storage. In *Phytoplankton manual*, ed. A. Sournia., UNESCO.
- TODD E.C.D. (1990): Amnesic shellfish poisoning – a new seafood toxin syndrome. In: Graneli., E, Sundstrom., B, Edler., L, Anderson., D.M., (eds) *Toxic marine phytoplankton*. Elsevier, New York, 504–508.
- TODD, E.C.D. (1993): Domoic acid and Amnesic Shellfish Poisoning-A Review. *Journal of Food Protection*, 56, 69-83.
- TRAINER, V.L., ADAMS, N.G., BILL, B.D., ANULACION, B.F. ve WEKELL, J.C. (1998): Concentration and dispersal of a *Pseudo-nitzschia* bloom in Penn Cove, Washington, USA. *Natural Toxins*, 6, 113–126.
- TRAINER, V.L., ADAMS, N.G., BILL, B.D., STEHR, C.M., WEKELL, J.C., MOELLER, P., BUSMAN, M. ve WOODRUFF, D. (2000): Domoic acid production near California coastal upwelling zones, June 1998. *Limnol. Oceanogr.*, 45 (8), 1818–1833.
- TRAINER, V.L., HICKEY, B.M. ve HORNER, R.A. (2002): Biological and physical dynamics of domoic acid production off the Washington coast. *Limnology and Oceanography*, 47, 1438-1446.
- TRAINER, V.L., BATES, S.S., LUNDHOLM, N., THESEN, A.E., COCHLAN, W.P., ADAMS, N.G. ve TRICK, C.G. (2012): *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. *Harmful Algae*, 14, 271-300.
- TÜRKOĞLU, M. ve KORAY, T. (2002): Phytoplankton species' succession and nutrients in the southern Black Sea (Bay of Sinop). *Turk. J. Bot.*, 26, 235-252.
- TÜRKOĞLU, M. ve KORAY, T. (2004): Algal Blooms in Surface Waters of the Sinop Bay in the Black Sea, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (9), 1577–1585.
- TYLER, M.A. ve SELIGER H.H. (1981): Selection for a red tide organism: physiological responses to the physical environment. *Limnol Oceanogr.*, 26, 310-324.
- UTERMOHL, H. (1958): Zur vervollkominung der quatitativen phytoplankton methodik mittilungen. *Internationale Verciningung fuer Theoretische und Angewandta Limnologie*, 9, 1-38.
- UTKAN, M.N. (1977): Oceanographic Investigations on the fill and dredging of the Golden Horn. In *National symposium on the Golden Horn*, Bosphorus University, Istanbul, 303–312.

- UYSAL, Z. (1987): "Fate and distribution of plankton around the Bosphorus, The Golden Horn, North-eastern Marmara and the Bay of İzmit". Yüksek Lisans Tezi,. The Middle East Technical University. Institute of Marine Sciences. Erdemli, İçel, Turkey.
- VALE, P. ve SAMPAYO, M.A.M. (2001): Domoic acid in Portuguese shellfish and fish. *Toxicon*, 39, 893-904.
- VAN DOLAH, F.M. ve RAMSDELL, J.S. (2001): Review and assessment of *in vitro* detection methods for algal toxins. *J. AOAC Int.*, 84, 1617–1625.
- VILICIC, D., BOSAK, S., BURIC, Z. ve CAPUT-MIHALIC, K. (2007): Phytoplankton seasonality and composition along the coastal NE Adriatic Sea during the extremely low Po River discharge in 2006. *Acta Botanica Croatica*, 66, 101-115.
- VILICIC, D., TERZIC, S., AHEL, M., BURIC, Z., JASPRICA, N., CARIC, M., MIHALIC, K.C. ve OLUJIC, G. (2008): Phytoplankton abundance and pigment biomarkers in the oligotrophic, Eastern Adriatic estuary. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142, 199-218.
- VILICIC, D., DJAKOVAC, T., BURIC, Z. ve BOSAK, S. (2009): Composition and annual cycle of phytoplankton assemblages in the northeastern Adriatic Sea. *Botanica Marina*, 52, 291-305.
- VILLAC, M.C., MATOS, V.S., SANTOS, A.W., RODRIGUES, A.W. ve VIANA, S.C. (2005): Composition and distribution of *Pseudo-nitzschia* from Guanara Bay, Brazil; the role of salinity based on field and culture observations. In: Steidinger, K.A., Landsberg, J.H., Tomas, C.R., Vargo, G.A. (Eds.), *Harmful Algae*, 2002. Florida Fish and Wildlife Conservation and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, 56–58.
- WALDICHUK, M., (1989): Amnesic shellfish poison. *Marine Pollution Bulletin*, 20, 359–360.
- WALZ, P.M., GARRISON, D.L., GRAHAM, W.M., CATTEY, M.A., TJEERDEMA, R.S. ve SILVER, M.W. (1994). Domoic acid-producing diatom blooms in Monterey Bay, California: 1991-1993. *Natural Toxins*, 2, 271–279.
- WEKELL, J.C., GAUGLITZ JR, E.J., BARNETT, H.J., HATFIELD, C.L., SIMONS, D. ve AYRES, D. (1994): Occurrence of domoic acid in Washington state razor clams (*Siliqua patula*) during 1991-1993. *Natural Toxins*, 2, 197–205.
- WELLS, M.L., TRICK, C.G., COCHLAN, W.P., HUGHES, M.P. ve TRAINER, V.L. (2005): Domoic acid: the synergy of iron, copper, and the toxicity of diatoms. *Limnology and Oceanography*, 50 (6), 1908–1917.

WHYTE, J.N.C., GINTHER, N.G. ve TOWNSEND, T.D. (1995): Accumulation and depuration of domoic acid by the mussel, *Mytilus californianus*. In: Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P., Marcaillou, C., (Eds.), Harmful Marine Algal Blooms. Technique et documentation-Lavoisier. Intercept Ltd, Paris, 531–537.

WRIGHT, J.L.C., BOYD, R.K., FREITAS, A.S.W.D., FALK, M., FOXALL, R.A., JAMIESON, W.D., LAYCOCK, M.V., MCCULLOCH, A.W., MCINNES, A.G., ODENSE, P., PATHAK, V.P., QUILLIAM, M.A., RAGAN, M.A., SIM, P.G., THIBAUT, P., WALTER, J.A., GILGAN, M., RICHARD, D.J.A. ve DEWAR, D. (1989): Identification of domoic acid, a neuroexcitatory amino acid, in toxic mussels from eastern Prince Edward Island. *Can. J. Chem.*, 67 (3), 481-490

WRIGHT, J.L., BIRD, C.J., DE FREITAS, A.S., HAMPSON, D., MCDONALD, J. ve QUILLIAM, M. (1990a): Chemistry, biology, and toxicology of domoic acid and its isomers. *Canadian District Weekly Report*, 16, 21–26.

WRIGHT, J.L.C., FALK, M., MCINNES, A.G. ve WALTER, J.A. (1990b): Identification of isodomoic acid D and two new geometrical isomers of domoic acid in toxic mussels. *Canadian Journal of Chemistry*, 68, 22–25.

WRIGHT, J. ve QUILLIAM, M. (1995): Methods for domoic acid, the amnesic shellfish poison. In: Hallegraeff, G., Anderson, D., Cembella, A., Enevoldson, H. (Eds.), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. IOC Manuals and Guides, 33, 113–133.

YASUMOTO, T., SEINO, N., MURAKAMI, Y. ve MURATA, M. (1987): Toxins produced by benthic dinoflagellates. *Reference: Biol. Bull.*, 172, 128– 131.

YASUMOTO, T. ve MURATA, M. (1990): Polyether toxins involved in seafood poisoning. In: Strichartz, H. (Ed.), *Marine toxins: origin, structure and molecular pharmacology*. American Chemical Society, 120–132.

ZUCKER, D. K., WOOTEN, G. F., ve LOTHMAN, E.W. (1983): Blood brain barrier changes with kainic acid induced limbic seizures. *Exp. Neurology.*, 79, 422-4

EKLER

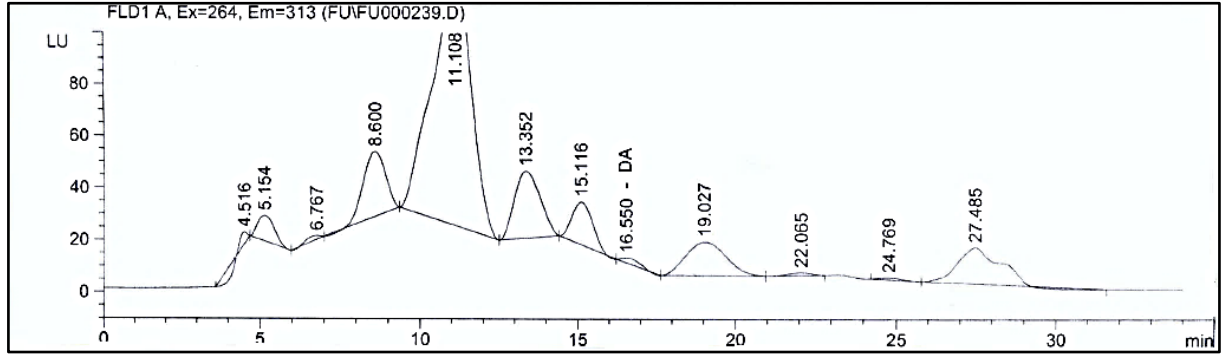
EK 1. Örnekleme günlerine ait meteorolojik veriler

Örnekleme zamanı	Genel Hava Durumu	Sıcaklık (°C)	Yağış Durumu	Yağış Miktarı (mm)	Rüzgar Yönü	Rüzgar Şiddeti (m/sn)
25.08.11	Parçalı Az Bulutlu	24,5	- ²	-	KKD	2,4
21.09.11	Parçalı Çok Bulutlu	22,8	Aralıklı Yağmur	9,6	KKD	2,9
14.10.11	Yağışlı, Aralıklı Sağanak	16,9	Aralıklı Sağanak Yağmur	9	KKD	2,9
15.11.11	Kapalı, Rüzgarlı, Aralıklı Yağış	10,4	Aralıklı Yağışlı	6,1	K	5,5
13.12.11	Parçalı Çok Bulutlu, Çisenti	15	Çisenti	0,1	G	0,8
17.01.12	Kar Serpintisi, Don	4,8	Aralıklı Kar Serpintisi	0,1	B	2
21.02.12	Boğaz Puslu, Don	7,6	-	-	GGB	1,6
06.03.12	Parçalı Bulutlu	7,8	-	-	KKD	2,6
20.03.12	Parçalı Bulutlu, Boğaz Puslu	13,5	-	-	G	3,5
10.04.12	Parçalı Çok Bulutlu, Şiddetli Rüzgarlı	12,4	Aralıklı Yağışlı	6,5	KKD	4,2
30.04.12	Kapalı	15,5	-	-	DGD	3,6
15.05.12	Parçalı Çok Bulutlu, Aralıklı Sağanak	16,5	Aralıklı Sağanak Yağmur	6,4	GGB	1,5
31.05.12	Parçalı Çok Bulutlu, Puslu	19,8	-	-	KKB	1,3
29.06.12	Parçalı Çok Bulutlu, Puslu	24,1	-	-	KD	1,9
13.07.12	Parçalı Bulutlu	29	-	-	K	1,6

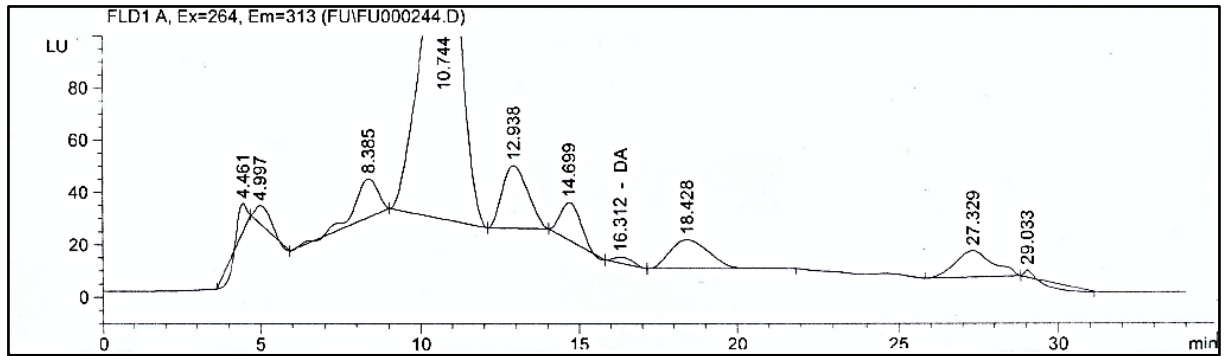
² Yağış yok

EK 2. HPLC kromatogramları

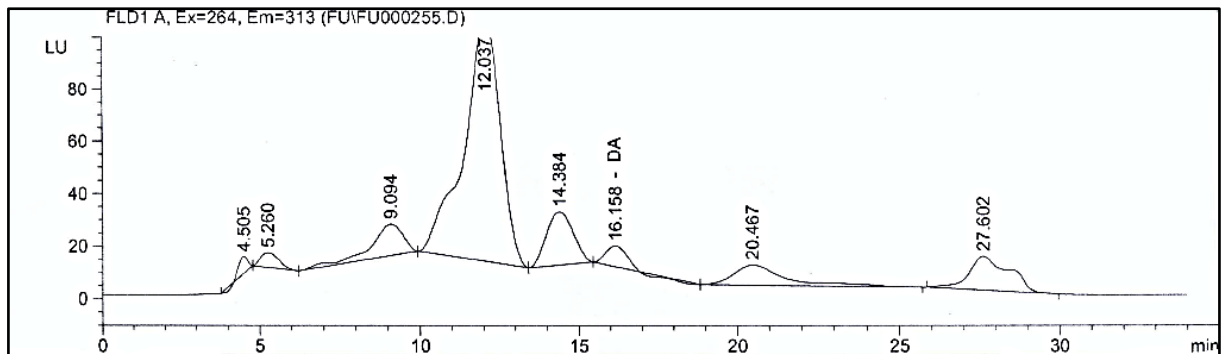
EK 2(a). Deniz suyu örneklerine ait bazı HPLC kromatogramları



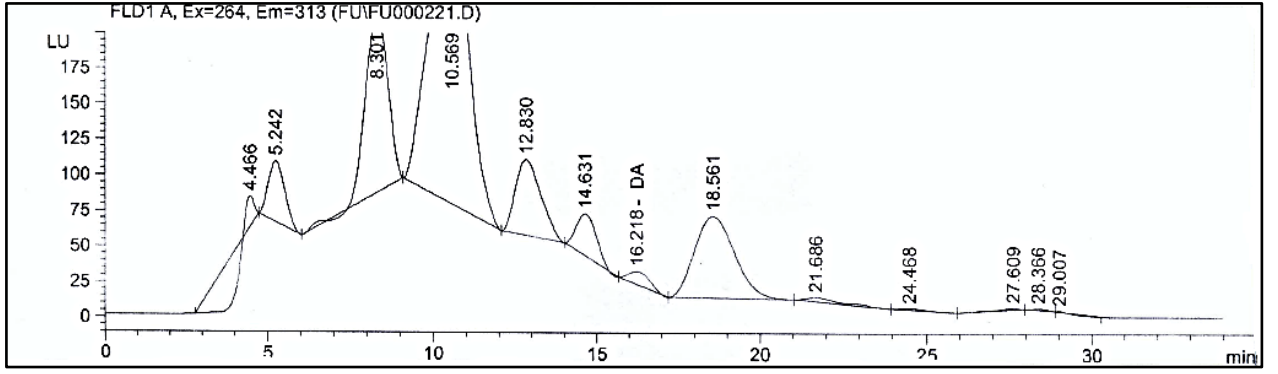
EK2 (a)-1. FD2 istasyonu 5 m deniz suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012)



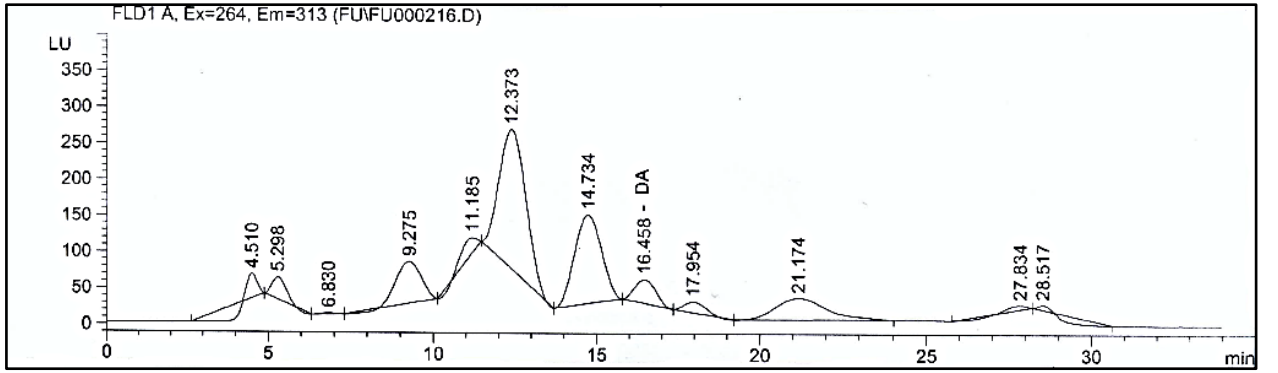
EK2 (a)-2. FD3 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012)



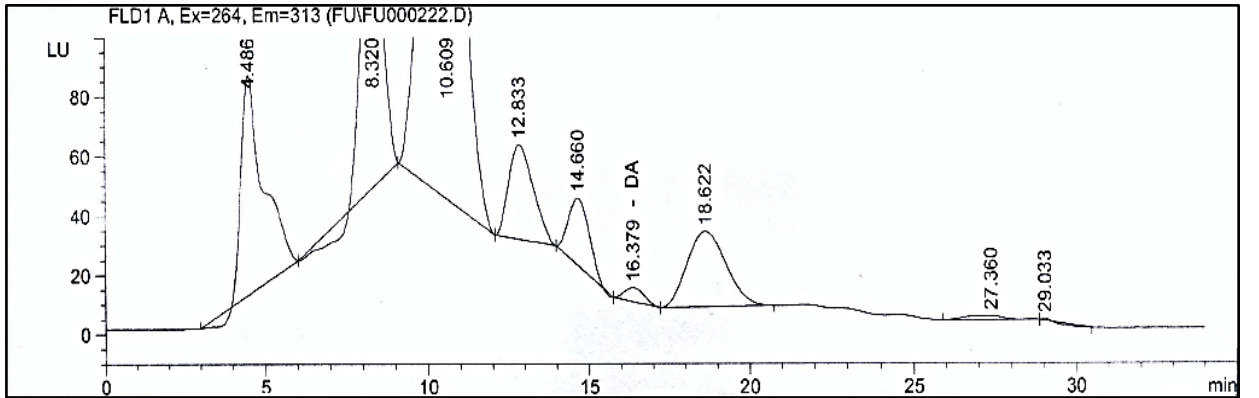
EK2 (a)-3. FD4 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012)



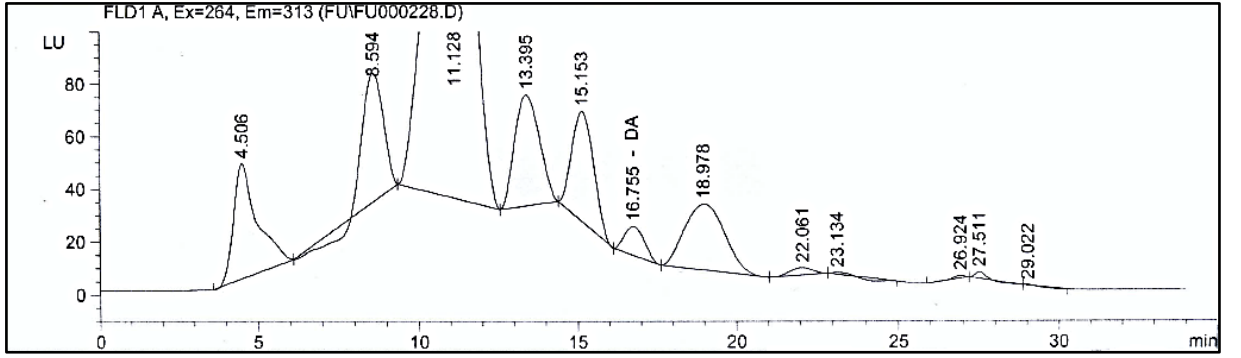
EK2 (a)-4. FD1 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)



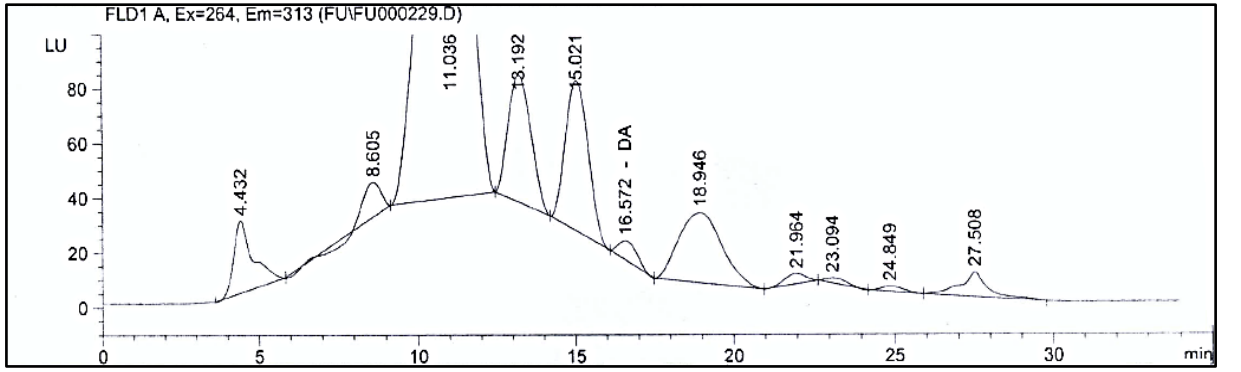
EK2 (a)-5. FD2 istasyonu 5 m deniz suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)



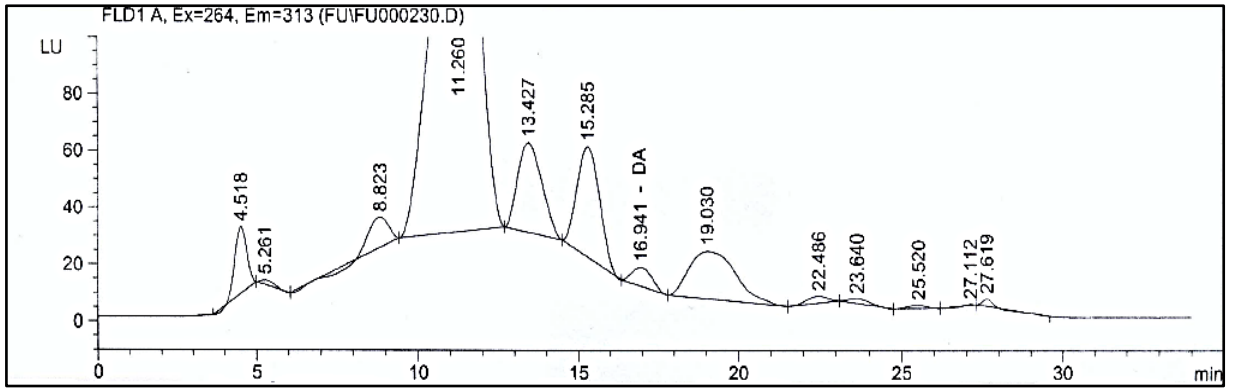
EK2 (a)-6. FD3 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)



EK2 (a)-7. FD4 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)

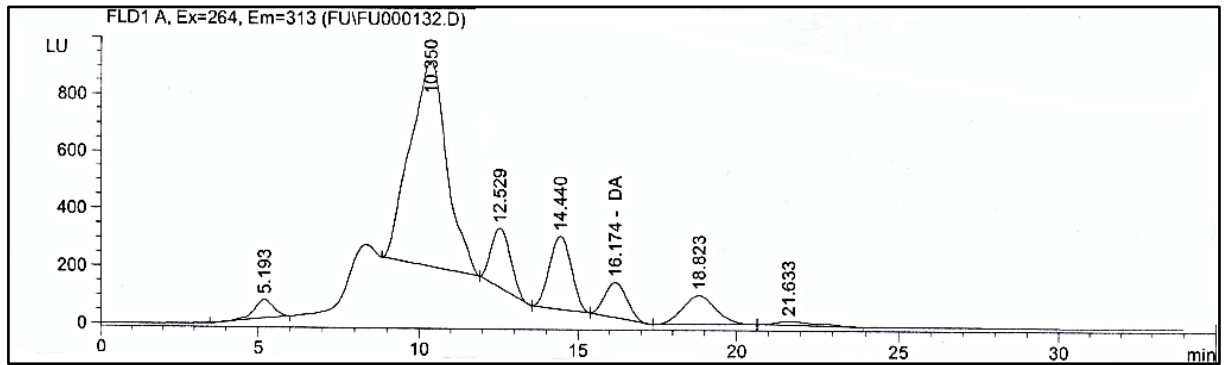


EK2 (a)-8. FD5 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)

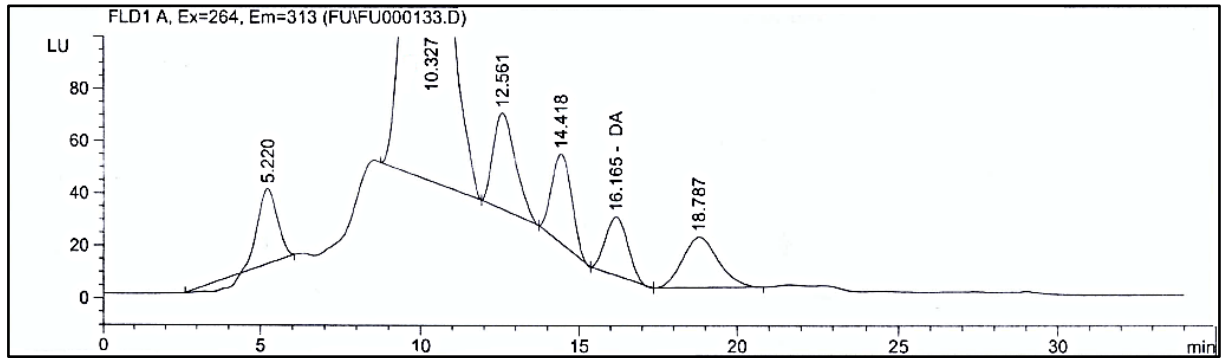


EK2 (a)-9. FD6 istasyonu yüzey suyuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)

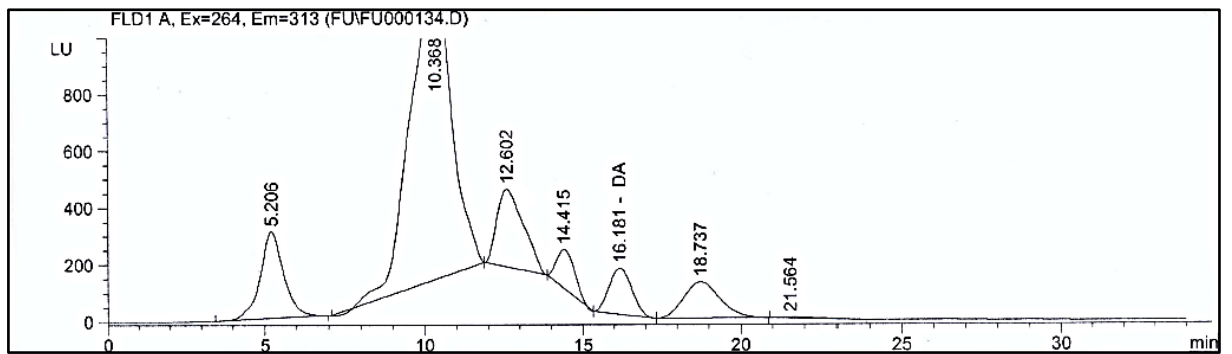
EK 2(b). Fitoplankton kepçe örneklerine ait bazı HPLC kromatogramları



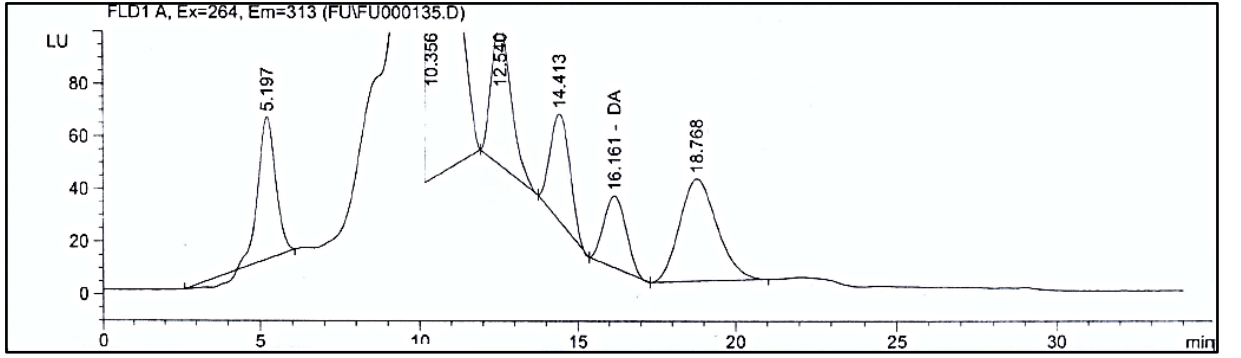
EK2 (b)-1. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011)



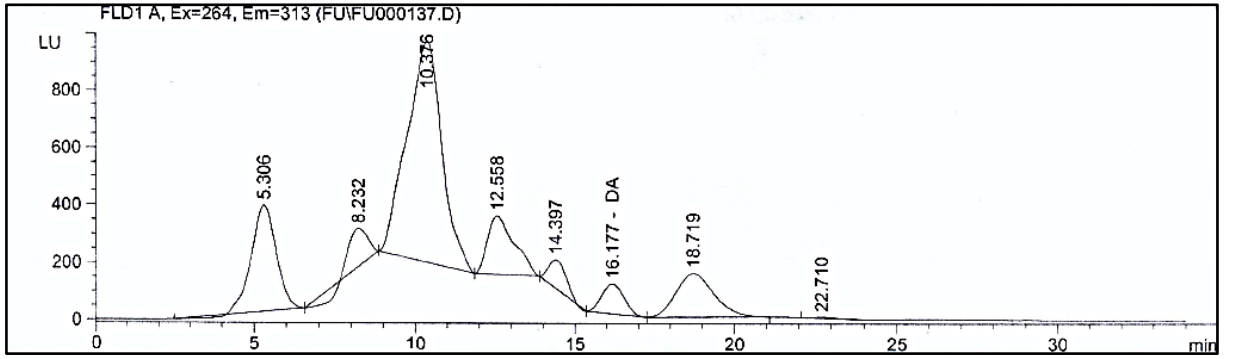
EK2 (b)-2. FD2 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011)



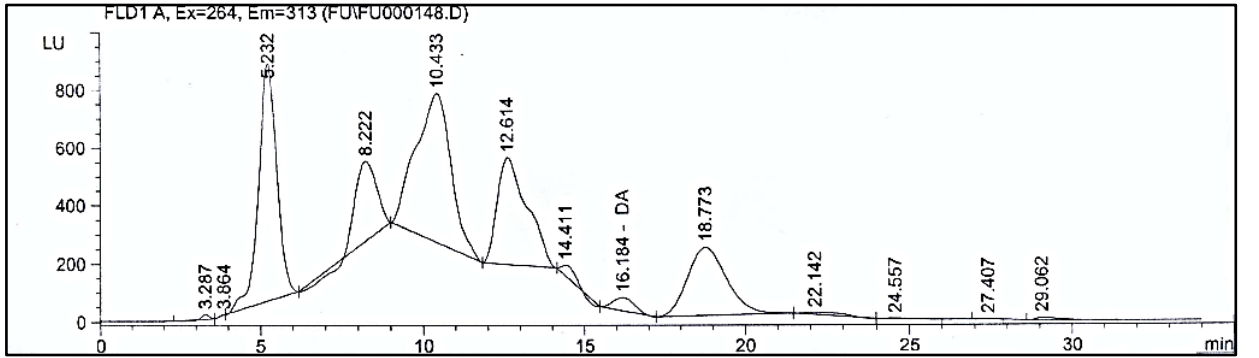
EK2 (b)-3. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (25.08.2011)



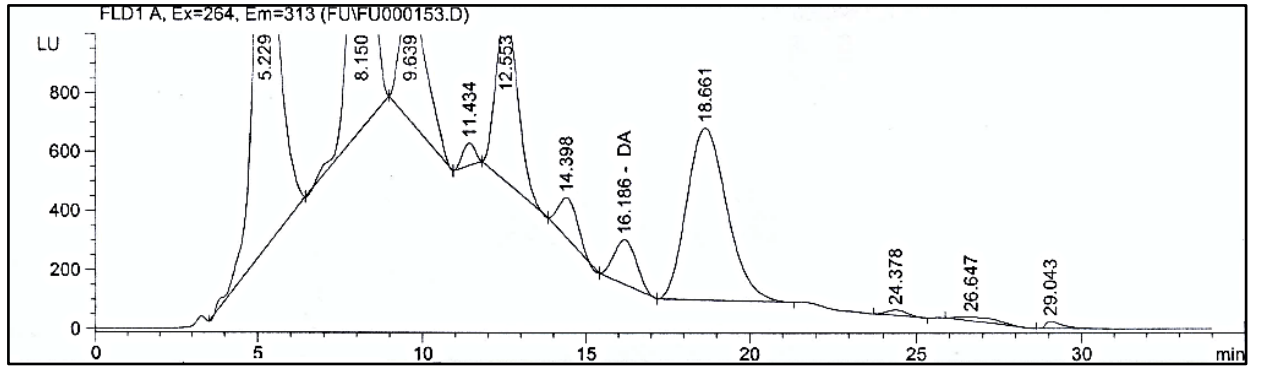
EK2 (b)-4. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (21.09.2011)



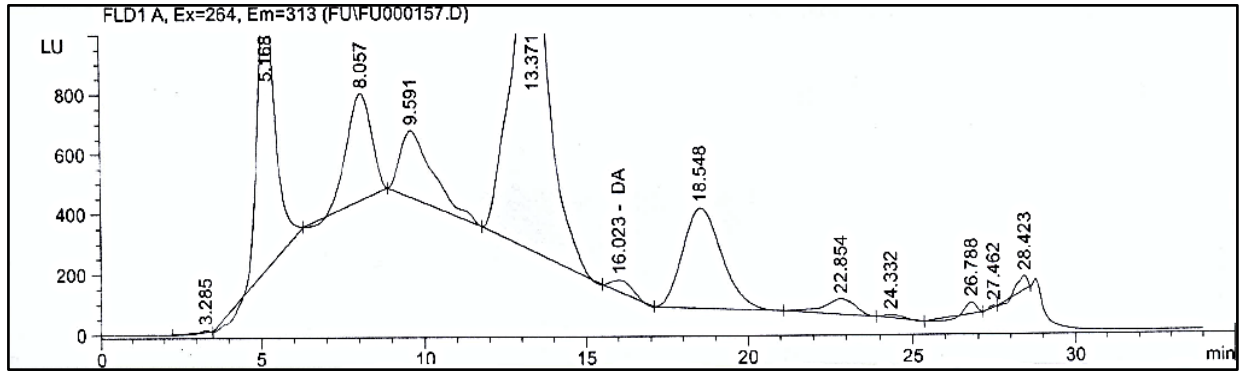
EK2 (b)-5. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (21.09.2011)



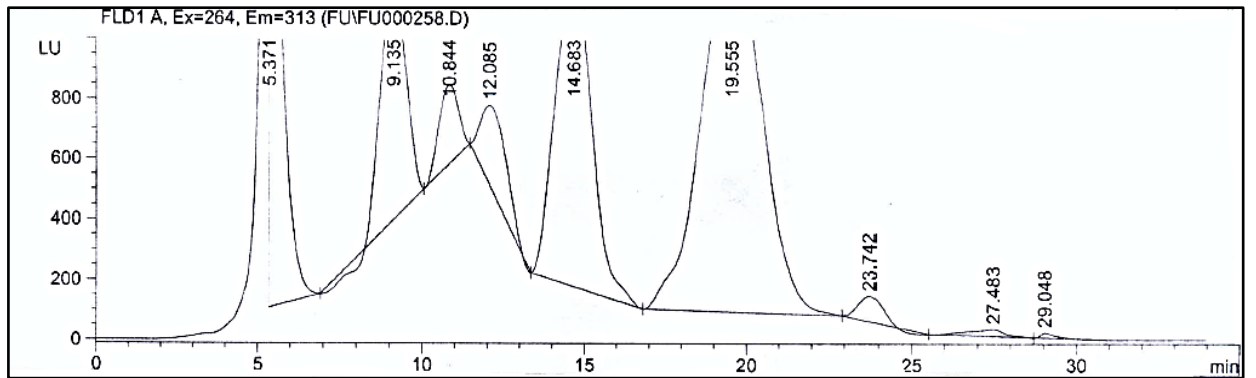
EK2 (b)-6. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011)



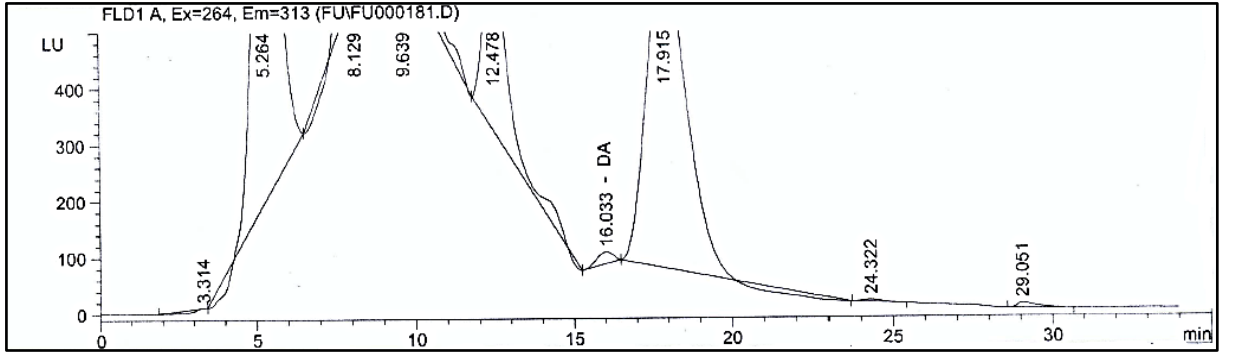
EK2 (b)-7. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011)



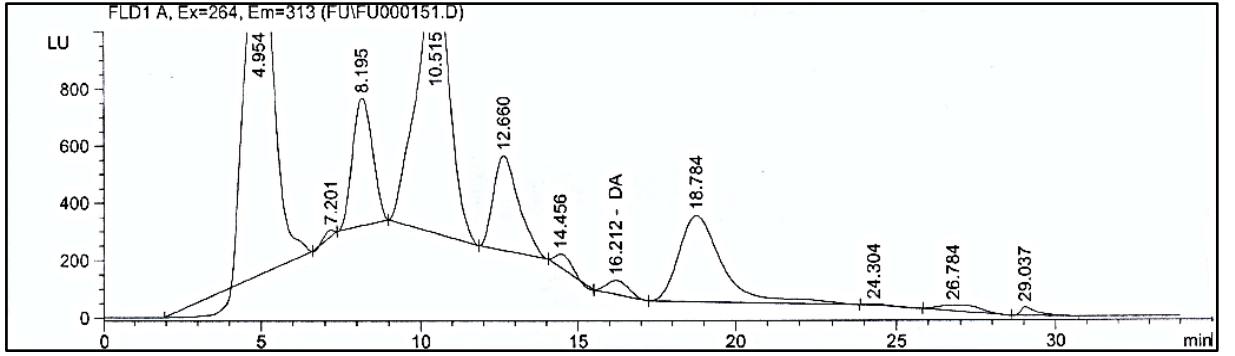
EK2 (b)-8. FD2 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.11.2011)



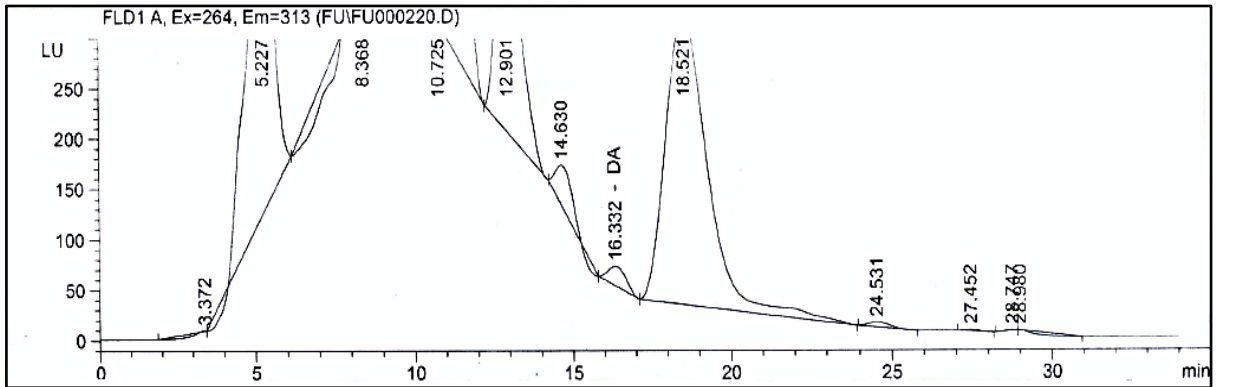
EK2 (b)-9. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (10.04.2012)



EK2 (b)-10. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (30.04.2012)



EK2 (b)-11. FD3 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (15.05.2012)



EK2 (b)-12. FD1 istasyonuna ait HPLC kromatogramı- (31.05.2012)

EK 3. Pearson Korelasyon Analizi tabloları

EK 3(a). Deniz suyu örnekleri

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	-0,39	1,00									
ÇO	-0,51	-0,15	1,00								
pH	0,53	0,18	-0,96	1,00							
Klorofil-a	-0,24	0,94	-0,32	0,30	1,00						
T. Fitoplankton	-0,33	0,69	0,09	0,08	0,48	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	-0,23	-0,48	0,27	-0,28	-0,43	-0,25	1,00				
PO₄-P	-0,11	0,63	-0,50	0,36	0,74	0,27	-0,49	1,00			
SiO₂-Si	0,65	-0,31	-0,44	0,51	-0,36	0,02	-0,19	-0,16	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,23	0,52	-0,54	0,41	0,64	0,02	-0,52	0,63	-0,03	1,00	
DA	-0,15	-0,52	0,29	-0,27	-0,50	-0,13	0,96	-0,49	-0,06	-0,64	1,00

EK3 (a)-1. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=9, p<0,05) (Haziran 2012) (Temel Bileşenler Analizi A KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00											
Sıcaklık	-0,98	1,00										
ÇO	0,96	-0,98	1,00									
pH	0,79	-0,87	0,92	1,00								
Klorofil-a	-0,80	0,89	-0,90	-0,98	1,00							
Seki	0,85	-0,86	0,95	0,94	-0,86	1,00						
T. Fitoplankton	-0,66	0,79	-0,77	-0,91	0,97	-0,71	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	-0,97	1,00	-0,99	-0,90	0,91	-0,89	0,81	1,00				
PO₄-P	-0,96	0,99	-0,99	-0,92	0,93	-0,90	0,83	1,00	1,00			
SiO₂-Si	-0,97	0,99	-1,00	-0,91	0,91	-0,93	0,79	1,00	1,00	1,00		
NO₃+NO₂-N	-0,13	-0,05	0,12	0,49	-0,49	0,24	-0,62	-0,10	-0,15	-0,11	1,00	
DA	-0,98	1,00	-0,99	-0,89	0,91	-0,89	0,80	1,00	1,00	1,00	-0,08	1,00

EK3 (a)-2. FD5, FD6 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=4, p<0,05) (15 ve 31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi B KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	1,00	1,00									
ÇO	0,52	0,57	1,00								
pH	-0,43	-0,37	0,55	1,00							
Klorofil-a	-0,97	-0,96	-0,31	0,63	1,00						
T. Fitoplankton	-0,83	-0,87	-0,90	-0,14	0,69	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	0,99	0,98	0,39	-0,55	-1,00	-0,75	1,00				
PO₄-P	-0,97	-0,95	-0,28	0,65	1,00	0,67	-0,99	1,00			
SiO₂-Si	0,92	0,94	0,82	-0,04	-0,80	-0,99	0,85	-0,79	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,18	0,12	-0,75	-0,97	-0,40	0,39	0,32	-0,43	-0,22	1,00	
DA	1,00	0,99	0,47	-0,48	-0,98	-0,81	1,00	-0,98	0,90	0,23	1,00

EK3 (a)-3. FD3 istasyonundaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Kasım 2011) (Temel Bileşenler Analizi C KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00											
Sıcaklık	-1,00	1,00										
ÇO	-0,88	0,91	1,00									
pH	-0,91	0,94	1,00	1,00								
Klorofil-a	-0,62	0,67	0,92	0,89	1,00							
Seki	0,97	-0,99	-0,96	-0,98	-0,78	1,00						
T. Fitoplankton	-0,97	0,98	0,97	0,98	0,79	-1,00	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	1,00	-0,99	-0,87	-0,90	-0,60	0,97	-0,96	1,00				
PO₄-P	-0,71	0,76	0,96	0,94	0,99	-0,85	0,86	-0,69	1,00			
SiO₂-Si	0,84	-0,88	-1,00	-0,99	-0,95	0,94	-0,95	0,83	-0,98	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,64	-0,69	-0,93	-0,90	-1,00	0,80	-0,81	0,62	-1,00	0,95	1,00	
DA	1,00	-1,00	-0,88	-0,91	-0,61	0,97	-0,97	1,00	-0,70	0,84	0,64	1,00

EK3 (a)-4. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi D KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	-0,93	1,00									
ÇO	-0,12	0,08	1,00								
pH	0,27	-0,25	-0,47	1,00							
Klorofil-a	-0,86	0,81	0,46	-0,21	1,00						
T. Fitoplankton	-0,83	0,79	0,45	-0,56	0,70	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	0,28	-0,47	0,07	-0,07	-0,15	-0,38	1,00				
PO₄-P	-0,16	0,03	0,26	-0,82	-0,08	0,52	0,04	1,00			
SiO₂-Si	0,13	-0,03	-0,68	0,31	-0,29	-0,42	0,38	-0,36	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,24	-0,34	0,25	0,62	0,08	-0,33	-0,03	-0,54	-0,45	1,00	
DA	-0,07	0,03	0,14	-0,73	-0,21	0,42	0,19	0,88	0,04	-0,76	1,00

EK3 (a)-5. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=8, p<0,05) (Temmuz 2012) (Temel Bileşenler Analizi E KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	-0,99	1,00									
ÇO	0,73	-0,61	1,00								
pH	-0,64	0,54	-0,86	1,00							
Klorofil-a	0,14	0,02	0,78	-0,69	1,00						
T. Fitoplankton	-0,99	0,98	-0,71	0,68	-0,12	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	-0,94	0,88	-0,91	0,83	-0,45	0,94	1,00				
PO₄-P	0,56	-0,67	-0,04	-0,22	-0,55	-0,63	-0,35	1,00			
SiO₂-Si	-0,71	0,58	-1,00	0,88	-0,80	0,69	0,90	0,06	1,00		
NO₃+NO₂-N	1,00	-1,00	0,67	-0,59	0,05	-0,99	-0,91	0,62	-0,65	1,00	
DA	-0,92	0,85	-0,93	0,83	-0,51	0,91	1,00	-0,29	0,92	-0,89	1,00

EK3 (a)-6. FD3 istasyonundaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=4, p<0,05) (15 ve 31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi F KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	-0,71	1,00									
ÇO	-0,03	-0,68	1,00								
pH	-0,54	0,98	-0,82	1,00							
Klorofil-a	-0,79	0,13	0,63	-0,08	1,00						
T. Fitoplankton	-0,87	0,27	0,52	0,06	0,99	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	0,89	-0,95	0,42	-0,86	-0,44	-0,56	1,00				
PO₄-P	-0,94	0,91	-0,31	0,80	0,54	0,65	-0,99	1,00			
SiO₂-Si	0,98	-0,54	-0,25	-0,34	-0,91	-0,96	0,77	-0,84	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,37	0,39	-0,94	0,58	-0,86	-0,78	-0,08	-0,03	0,57	1,00	
DA	0,98	-0,83	0,16	-0,69	-0,66	-0,76	0,96	-0,99	0,92	0,19	1,00

EK3 (a)-7. FD1, FD2, FD4 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=7, p<0,05) (15 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi G KÜMESİ)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	T. Fitoplankton	<i>P.nitzschia</i> spp.	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00										
Sıcaklık	0,74	1,00									
ÇO	-0,34	0,04	1,00								
pH	-0,82	-0,98	0,11	1,00							
Klorofil-a	-0,45	0,20	0,84	-0,04	1,00						
T. Fitoplankton	0,27	0,55	-0,46	-0,61	0,03	1,00					
<i>P.nitzschia</i> spp.	0,84	0,60	-0,73	-0,73	-0,59	0,65	1,00				
PO₄-P	-0,40	-0,64	-0,41	0,62	-0,45	-0,34	-0,23	1,00			
SiO₂-Si	-0,24	0,36	0,49	-0,21	0,71	0,11	-0,35	0,01	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,57	0,75	-0,53	-0,81	-0,14	0,91	0,82	-0,28	0,16	1,00	
DA	0,84	0,57	-0,45	-0,70	-0,45	0,49	0,87	-0,57	-0,55	0,59	1,00

EK3 (a)-8. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=5, p<0,05) (31 Mayıs 2012) (Temel Bileşenler Analizi H KÜMESİ)

EK 3(b). Fitoplankton kepçe örnekleri

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	0,91	1,00								
ÇO	-0,93	-1,00	1,00							
pH	1,00	0,92	-0,94	1,00						
Klorofil-a	1,00	0,91	-0,93	1,00	1,00					
Seki	-0,42	0,00	0,05	-0,39	-0,42	1,00				
PO₄-P	0,94	0,70	-0,74	0,93	0,94	-0,71	1,00			
SiO₂-Si	-0,97	-0,98	0,99	-0,98	-0,97	0,20	-0,83	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,75	0,41	-0,46	0,74	0,76	-0,91	0,94	-0,58	1,00	
DA	0,22	-0,21	0,16	0,19	0,22	-0,98	0,54	0,01	0,80	1,00

EK3 (b)-1. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Ağustos, 2011)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	-0,97	1,00								
ÇO	0,80	-0,92	1,00							
pH	-0,25	0,48	-0,78	1,00						
Klorofil-a	-0,98	1,00	-0,90	0,43	1,00					
Seki	0,71	-0,86	0,99	-0,86	-0,83	1,00				
PO₄-P	-0,97	1,00	-0,92	0,48	1,00	-0,86	1,00			
SiO₂-Si	-0,15	0,39	-0,71	0,99	0,34	-0,80	0,38	1,00		
NO₃+NO₂-N	-0,32	0,54	-0,82	1,00	0,49	-0,89	0,54	0,99	1,00	
DA	-0,49	0,69	-0,91	0,97	0,65	-0,96	0,69	0,93	0,98	1,00

EK3 (b)-2. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Eylül, 2011)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	1,00	1,00								
ÇO	0,93	0,90	1,00							
pH	0,65	0,61	0,89	1,00						
Klorofil-a	-0,88	-0,90	-0,63	-0,20	1,00					
Seki	1,00	1,00	0,93	0,66	-0,87	1,00				
PO₄-P	-1,00	-1,00	-0,91	-0,62	0,89	-1,00	1,00			
SiO₂-Si	-0,99	-0,99	-0,96	-0,72	0,82	-1,00	0,99	1,00		
NO₃+NO₂-N	-0,97	-0,96	-0,99	-0,81	0,74	-0,98	0,96	0,99	1,00	
DA	-0,94	-0,93	-1,00	-0,86	0,67	-0,95	0,93	0,97	1,00	1,00

EK3 (b)-3. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Ekim, 2011)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	1,00	1,00								
ÇO	0,95	0,93	1,00							
pH	0,65	0,60	0,86	1,00						
Klorofil-a	-0,99	-1,00	-0,91	-0,56	1,00					
Seki	0,21	0,27	-0,11	-0,61	-0,32	1,00				
PO₄-P	-0,56	-0,61	-0,27	0,26	0,65	-0,93	1,00			
SiO₂-Si	1,00	1,00	0,94	0,63	-1,00	0,23	-0,58	1,00		
NO₃+NO₂-N	-0,99	-1,00	-0,91	-0,57	1,00	-0,31	0,64	-1,00	1,00	
DA	-0,80	-0,83	-0,56	-0,06	0,86	-0,76	0,95	-0,81	0,85	1,00

EK3 (b)-4. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Kasım, 2011)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	0,56	1,00								
ÇO	-0,97	-0,74	1,00							
pH	0,06	0,86	-0,30	1,00						
Klorofil-a	0,88	0,88	-0,97	0,52	1,00					
Seki	-0,87	-0,89	0,97	-0,54	-1,00	1,00				
PO₄-P	0,70	-0,21	-0,50	-0,67	0,28	-0,26	1,00			
SiO₂-Si	0,79	-0,08	-0,61	-0,57	0,41	-0,39	0,99	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,98	0,72	-1,00	0,27	0,96	-0,96	0,52	0,63	1,00	
DA	0,95	0,26	-0,84	-0,26	0,69	-0,67	0,89	0,94	0,86	1,00

EK3 (b)-5. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Aralık, 2011)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	-0,88	1,00								
ÇO	0,17	-0,56	1,00							
pH	-0,58	0,18	0,53	1,00						
Klorofil-a	-0,72	0,61	0,18	0,68	1,00					
Seki	0,75	-0,37	-0,49	-0,80	-0,65	1,00				
PO₄-P	-0,70	0,53	0,28	0,79	0,98	-0,69	1,00			
SiO₂-Si	0,00	0,41	-0,96	-0,73	-0,37	0,59	-0,48	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,06	-0,16	-0,24	-0,09	-0,54	0,04	-0,53	0,27	1,00	
DA	-0,52	0,14	0,54	0,80	0,63	-0,85	0,66	-0,65	0,12	1,00

EK3 (b)-6. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=6, p<0,05) (Mayıs, 2012)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	0,82	1,00								
ÇO	-0,87	-1,00	1,00							
pH	0,73	0,99	-0,97	1,00						
Klorofil-a	0,94	0,97	-0,98	0,92	1,00					
Seki	-0,69	-0,98	0,96	-1,00	-0,89	1,00				
PO₄-P	0,92	0,98	-0,99	0,94	1,00	-0,91	1,00			
SiO₂-Si	0,71	0,98	-0,97	1,00	0,91	-1,00	0,93	1,00		
NO₃+NO₂-N	0,98	0,71	-0,76	0,60	0,86	-0,54	0,84	0,57	1,00	
DA	-0,65	-0,96	0,94	-0,99	-0,87	1,00	-0,89	-1,00	-0,50	1,00

EK3 (b)-7. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Haziran, 2012)

	Tuzluluk	Sıcaklık	ÇO	pH	Klorofil-a	Seki	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	NO ₃ +NO ₂ -N	DA
Tuzluluk	1,00									
Sıcaklık	-0,96	1,00								
ÇO	0,94	-1,00	1,00							
pH	-0,88	0,73	-0,68	1,00						
Klorofil-a	-0,89	0,98	-0,99	0,57	1,00					
Seki	-0,20	-0,07	0,14	0,63	-0,28	1,00				
PO₄-P	0,25	0,02	-0,09	-0,67	0,23	-1,00	1,00			
SiO₂-Si	-0,28	0,53	-0,59	-0,20	0,69	-0,89	0,86	1,00		
NO₃+NO₂-N	-0,97	0,87	-0,84	0,97	0,75	0,42	-0,47	0,05	1,00	
DA	-0,54	0,30	-0,23	0,87	0,09	0,93	-0,95	-0,66	0,72	1,00

EK3 (b)-8. FD1, FD2, FD3 istasyonlarındaki bazı parametreler ile fitoplanktondaki DA arasında oluşturulan korelasyon analizi sonuçları (n=3, p<0,05) (Temmuz, 2012)

EK 4. Deniz suyundaki besin elementi oranları

FD1	N/P			N/Si			Si/P			P/Chl-a		
Tarih	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m
25.8.2011	3,50	12,56	6,11	0,04	0,18	0,09	88,20	71,33	66,89	0,06	0,08	0,05
21.9.2011	8,00	2,73	0,42	0,23	0,06	0,02	34,31	43,64	21,89	0,06	0,05	0,12
14.10.2011	3,46	2,76	3,29	0,13	0,10	0,15	26,54	27,57	22,21	0,21	0,23	0,27
15.11.2011	4,35	1,57	2,51	0,23	0,34	0,11	18,97	4,67	23,78	0,24	0,82	0,36
13.12.2011	5,97	0,36	0,47	0,22	0,02	0,05	27,67	20,44	10,37	0,24	0,17	0,40
17.1.2012	17,20	11,56	6,72	0,78	0,50	0,34	22,02	22,98	19,69	0,46	0,37	0,24
21.2.2012	11,30	6,45	18,18	0,57	0,29	0,41	19,68	22,57	43,90	0,96	0,47	0,56
6.3.2012	9,02	6,56	14,29	0,40	0,31	0,64	22,69	21,21	22,32	0,13	0,10	0,09
20.3.2012	17,78	5,94	3,87	0,89	0,52	0,40	19,88	11,31	9,76	0,37	0,45	0,26
10.4.2012	1,78	1,11	12,72	0,35	0,13	0,46	5,07	8,75	27,93	0,86	0,54	0,37
30.4.2012	10,97	7,69	2,73	0,66	0,26	0,14	16,61	30,00	19,21	0,62	0,57	0,64
15.5.2012	4,94	4,43	0,43	0,37	0,28	0,02	13,50	15,57	19,36	0,19	0,19	0,33
31.5.2012	20,91	4,97	4,59	0,43	0,36	0,36	48,42	13,88	12,79	0,10	0,07	0,08
29.6.2012	1,66	0,82	0,73	0,23	0,08	0,05	7,29	9,64	15,85	0,38	0,33	0,28
13.7.2012	0,10	1,45	0,92	0,01	0,06	0,09	10,23	24,86	9,88	0,17	0,11	0,55

EK4 -1. FD1 istasyonuna ait besin elementi oranları

FD2	N/P			N/Si			Si/P			P/Chl-a		
Tarih	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m
25.8.2011	6,52	1,79	5,09	0,57	0,06	0,07	11,45	27,67	77,50	0,03	0,02	0,05
21.9.2011	3,31	2,67	0,04	0,10	0,13	0,01	32,86	20,34	4,49	0,02	0,04	0,27
14.10.2011	1,55	3,21	2,64	0,27	0,35	0,22	5,82	9,25	12,11	1,13	0,74	0,69
15.11.2011	4,38	3,52	8,90	0,52	0,40	0,55	8,40	8,81	16,33	0,36	0,49	0,16
13.12.2011	0,26	2,90	4,39	0,02	0,23	0,42	16,73	12,69	10,52	0,15	0,21	0,28
17.1.2012	3,90	3,20	9,67	0,41	0,24	0,48	9,46	13,28	20,14	1,12	0,51	0,27
21.2.2012	14,80	10,09	8,18	0,76	0,41	0,42	19,53	24,79	19,48	1,99	0,46	0,42
6.3.2012	16,24	8,50	10,01	1,03	0,31	0,33	15,72	27,56	30,49	0,68	0,10	0,06
20.3.2012	6,14	4,57	3,66	1,34	0,55	0,43	4,59	8,34	8,43	1,83	0,62	0,48
10.4.2012	3,38	1,07	2,41	1,16	0,13	0,25	2,91	8,15	9,50	1,13	0,68	0,46
30.4.2012	3,13	3,91	1,61	0,44	0,30	0,11	7,06	12,88	14,30	1,01	0,54	0,62
15.5.2012	3,09	1,88	0,53	0,93	0,23	0,03	3,33	8,34	15,82	0,09	0,06	0,27
31.5.2012	4,64	3,84	2,88	0,56	0,28	0,29	8,26	13,61	9,89	0,06	0,06	0,14
29.6.2012	3,26	0,53	0,12	0,29	0,04	0,01	11,42	12,84	9,75	0,05	0,14	0,34
13.7.2012	3,37	1,80	3,33	0,18	0,15	0,24	18,51	11,97	14,01	0,07	0,14	0,24

EK4 -2. FD2 istasyonuna ait besin elementi oranları

FD3	N/P			N/Si			Si/P			P/Chl-a		
Tarih	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m	0.5 m	5m	10m
25.8.2011	8,90	1,33	3,17	0,40	0,15	0,14	22,04	8,89	22,58	0,01	0,04	0,09
21.9.2011	11,04	5,94	2,48	0,55	0,13	0,18	19,92	46,98	13,72	0,04	0,05	0,16
14.10.2011	2,14	3,57	3,22	0,27	0,30	0,39	8,03	12,01	8,34	0,95	0,63	0,99
15.11.2011	4,22	10,90	5,72	1,67	1,27	0,76	2,53	8,59	7,54	0,40	0,24	0,30
13.12.2011	2,04	8,37	19,40	0,06	0,76	1,53	34,20	10,97	12,72	0,21	0,19	0,30
17.1.2012	8,63	7,79	10,61	0,88	0,61	0,38	9,85	12,69	27,82	0,85	0,58	0,41
21.2.2012	21,48	5,60	6,84	1,00	0,21	0,32	21,40	26,08	21,30	1,14	0,49	0,48
6.3.2012	10,35	5,50	1,65	0,91	0,25	0,07	11,38	21,59	22,92	0,94	0,09	0,08
20.3.2012	4,28	1,26	0,27	0,64	0,07	0,03	6,71	16,97	10,52	2,65	0,45	0,30
10.4.2012	28,56	1,00	1,80	1,42	0,12	0,12	20,10	8,37	14,79	0,16	0,42	0,30
30.4.2012	2,25	5,14	1,63	0,53	0,71	0,14	4,21	7,25	11,61	1,55	0,73	0,47
15.5.2012	7,98	11,84	6,81	0,95	1,22	1,37	8,42	9,68	4,98	0,07	0,10	0,55
31.5.2012	0,11	0,25	0,40	0,11	0,02	0,04	1,06	11,95	11,38	0,04	0,07	0,17
29.6.2012	6,53	9,53	5,19	1,80	0,93	0,28	3,63	10,20	18,23	0,04	0,09	0,22
13.7.2012	2,29	2,40	0,92	0,44	0,07	0,03	5,23	36,71	27,53	0,13	0,08	0,25

EK4 -3. FD3 istasyonuna ait besin elementi oranları

FD4	N/P	N/Si	Si/P	P/Chl-a
Tarih	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m
25.8.2011	5,48	0,63	8,65	0,04
21.9.2011	4,92	1,22	4,04	0,32
14.10.2011	1,93	0,35	5,46	1,07
15.11.2011	14,19	2,15	6,60	0,29
13.12.2011	7,70	0,69	11,13	0,17
17.1.2012	1,09	0,15	7,45	2,36
21.2.2012	14,00	0,90	15,60	1,12
6.3.2012	11,46	0,98	11,74	0,95
20.3.2012	11,20	0,99	11,30	2,79
10.4.2012	5,95	1,54	3,87	1,14
30.4.2012	0,56	0,13	4,34	1,50
15.5.2012	2,10	1,02	2,05	0,19
31.5.2012	1,74	0,67	2,61	0,05
29.6.2012	0,20	0,07	2,95	0,08
13.7.2012	0,62	1,24	0,50	1,74

EK4 -4. FD4 istasyonuna ait besin elementi oranları

FD5	N/P	N/Si	Si/P	P/Chl-a
Tarih	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m
25.8.2011	6,70	0,76	8,87	0,04
21.9.2011	11,63	1,10	10,61	0,06
14.10.2011	0,22	0,05	4,49	1,58
15.11.2011	10,01	1,62	6,18	0,32
13.12.2011	0,81	0,11	7,20	1,11
17.1.2012	1,41	0,27	5,29	2,57
21.2.2012	12,75	1,01	12,68	1,47
6.3.2012	8,73	0,80	10,94	1,14
20.3.2012	7,06	0,72	9,79	2,31
10.4.2012	5,64	1,11	5,07	0,80
30.4.2012	0,15	0,04	3,41	2,05
15.5.2012	1,25	0,39	3,22	0,08
31.5.2012	0,18	0,11	1,68	0,57
29.6.2012	0,02	0,02	0,93	0,07
13.7.2012	0,70	1,09	0,64	0,49

EK4 -5. FD5 istasyonuna ait besin elementi oranları

FD6	N/P	N/Si	Si/P	P/Chl-a
Tarih	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m
25.8.2011	3,42	1,03	3,31	0,10
21.9.2011	15,24	2,28	6,68	0,02
14.10.2011	0,20	0,07	2,97	1,84
15.11.2011	1,35	0,30	4,57	0,28
13.12.2011	1,64	0,27	6,15	1,19
17.1.2012	2,82	0,52	5,46	1,79
21.2.2012	6,78	1,02	6,62	4,40
6.3.2012	11,79	1,01	11,72	1,14
20.3.2012	10,00	1,05	9,54	1,81
10.4.2012	4,97	0,93	5,35	0,60
30.4.2012	3,57	1,11	3,20	1,81
15.5.2012	0,84	0,19	4,39	0,09
31.5.2012	0,00	0,00	1,57	0,46
29.6.2012	0,25	0,16	1,56	0,04
13.7.2012	0,41	0,65	0,62	0,71

EK4 -6. FD6 istasyonuna ait besin elementi oranları

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi : 06/12/1985

Doğum yeri : İstanbul

Lise : (1999-2003), Çağlayan Lisesi

Lisans : (2003-2007), Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre
Mühendisliği

Yüksek Lisans : (2007-2009), Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Çevre Mühendisliği

Doktora : (2009-), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,
Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum : (2013- devam ediyor), İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği
Enstitüsü, Fiziksel Oşinografi ve Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı