

**T. C.**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ**

**İZMİT KÖRFEZİ BESİN ELEMENTLERİNİN ZAMAN/  
MEKAN ÖLÇEĞİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hakan ATABAY**

**Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı**

**Danışman**

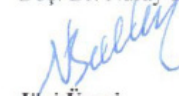
**Doç. Dr. Nuray BALKIS**

**HAZİRAN 2012**

T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ VE İŞLETMECİLİĞİ ENSTİTÜSÜ

HAKAN ATABAY tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "İzmit Körfezi Besin Elementlerinin Zaman/Mekan Ölçeğindeki Değişimlerin İncelenmesi" başlıklı tez KİMYASAL OŞİNOGRAFI Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak kabul edilmiştir

**Tez Danışmanı**  
Doç. Dr. Nuray BALKIS



**Jüri Üyesi**  
Prof. Dr. Enis MORKOÇ



**Jüri Üyesi**  
Doç. Dr. Dilek EDİGER



**Jüri Üyesi**  
Doç. Dr. Seyfettin TAŞ



**Jüri Üyesi**  
Yard. Doç. Dr. A. Edip MÜFTÜOĞLU



Tez Savunma Tarihi: 26.06.2012

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezi olarak yürütülen bu çalışma TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü tarafınca sürdürülen Kocaeli Büyükşehir Belediyesi-İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi'nden desteklenmiştir.

Tez çalışmamı planlayan, yürütülmesi ve sonuçlandırılması süresince bilgi ve deneyimlerini paylaşan ve her daim bana yol gösteren hocam Sayın Doç. Dr. Nuray BALKIS'a içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırmalarım sırasında bilimsel ve manevi olarak katkıda bulunan, ayrıca tez çalışmasını destekleyen bu projenin, yürütücüsü olan Sayın Doç. Dr. Dilek EDİGER'e teşekkürlerimi sunarım.

İzmit Körfezinde yapılan oşinografik çalışmalarda teknenin tüm olanaklarını sağlayan İzmit Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Dairesine en içten şükranlarımı sunarım.

Çalışmanın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübesiyle sorularımı cevapsız bırakmayan, en yoğun zamanlarında dahi yardım ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Çolpan POLAT BEKEN, Sayın Dr. Vildan TÜFEKÇİ, Sayın Dr. Patricia BALCI ve Sayın Doç.Dr. Fatma TELLİ KARAKOÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimime başladığım ilk günden itibaren laboratuvar çalışmalarında ve tezi hazırlama sürecinde yanımda olan Araş. Gör. Abdullah AKSU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca örneklerin alınması ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Yiğit KONYA, Erdal KARA, Ersan KUZYAKA, Mehtap OKAN ve Başak SÖZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak zor günlerimde her zaman desteğini yanımda hissettiğim eşim Yeliz ATABAY'a ve yüksek lisans eğitimim sırasında dünyaya gelen neşe kaynağımız kızım Melis ATABAY'a teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa</b>
ÖNSÖZ .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
I. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2. İzmit Körfezinin Genel Oşinografik Özellikleri.....	2
1.3. İzmit Körfezine Giren Kirletici Kaynakların Karakteristikleri ve Dağılımları .....	4
1.4. Denizlerde Besin Maddeleri.....	5
II. MATERYAL METOT .....	7
2.1. Örneklerin Alınması .....	7
2.2. Analiz Yöntemleri .....	9
2.2.1. Fiziksel Parametreler .....	10
2.2.2. Kimyasal Parametreler.....	11
2.2.3. Biyolojik Parametreler:.....	18
III. BULGULAR.....	19
3.1. Derelerin Döküldüğü Kıyı İstasyonları .....	19
3.2. İzmit Körfezi Aylık İzleme Çalışmaları .....	23
3.2.1. Fiziksel Ölçümler.....	23
3.2.2. Kimyasal Ölçümler .....	29
3.2.3. Biyolojik Ölçümler .....	46
VI. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	49
4.1. TRIX İndeksi ve Ötrofikasyon Riski .....	49
4.2. Parametreler Arasındaki İlişki .....	52
4.3. Toplam İnorganik Azot / İnorganik Fosfor Oranları .....	62
4.4. Kıyı ve Açık İstasyonların Karşılaştırılması .....	66
4.5. İzmit Körfezinde Geçmiş Dönemlerde Yapılan Çalışmalar ve İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması.....	69
4.5.1. İzmit Körfezinde Geçmiş Dönemlerde Yapılan Çalışmalar ile Karşılaştırılması.....	69
4.5.2. İzmit Körfezinin İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması .....	70
4.6. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler.....	71
KAYNAKLAR .....	73
EKLER .....	78

## ÖZET

### İZMİT KÖRFEZİ BESİN ELEMENTLERİNİN ZAMAN/ MEKAN ÖLÇEĞİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

**Hakan ATABAY**

Bu çalışma Marmara'nın kuzey doğusunda yer alan endüstrileşmenin yoğun olduğu İzmit Körfezi'nde gerçekleştirilmiştir. 2011 yılı içerisinde aylık olarak, İzmit Körfezi'nin genel oşinografik özelliklerini ve zamana bağlı olarak oluşacak olası değişimleri izleyebilmek amacıyla iç, orta ve dış körfezde belirlenen 6 farklı istasyonda ölçüm ve örneklemeler yapılmıştır. Ayrıca, karasal kaynaklı girdilerin belirlenmesi amacıyla körfeze girdi sağlayan derelerin etkisinde olan bölgelerde (12 farklı kıyı istasyonunda) mevsimsel olarak su yüzeyinden ölçüm ve örneklemeler yapılmıştır.

Bu kapsamda İzmit Körfezi'nde su kolonu boyunca fiziksel parametrelerin, besin tuzlarının ve klorofil-a' nın zamana ve mekana göre değişimleri incelenmiş ve bu parametreler arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Ölçümü yapılan parametre değerleri kullanılarak ötrofikasyon göstergesi olan TRIX indeksi İzmit Körfezi için hesaplanarak ötrofikasyon riski tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, besin elementlerinin oşinografik ve iklimsel faktörlere bağlı olarak mevsimsel farklılıklar gösterdiği ve özellikle karasal girdinin yoğun olduğu, iç körfezi temsilen seçilen istasyonlarda (1.ist. ve 2.ist.) besin element derişimleri yüksek olarak belirlenmiştir. Yüzeyde düşük olarak belirlenen besin element derişimlerinin derin sulara inildikçe arttığı gözlenmiştir. Körfezde ölçümü yapılan parametre derişimlerinin dış körfezden iç körfeze doğru arttığı belirlenmiştir. Besin elementleri ile ortamın çevresel faktörleri arasında güçlü ilişkiler tespit edilmiştir.

## **ABSTRACT**

### **TEMPORAL AND SPATIAL VARIATIONS OF NUTRIENTS IN THE IZMIT BAY**

**Hakan ATABAY**

This study was carried out in Izmit Bay located in the north-east part of the Marmara sea which is a highly industrialized region. Samples were taken from 6 different stations which were representative for the Bay (inner, middle, outer parts) in order to monitor the general oceanographic features and their possible changes over time. Besides, these regions influenced (12 additional coastal stations) were also sampled that were influenced by rivers to assess terrestrial inputs.

In this context, changes in physical parameters, nutrients and chlorophyll-a depending on time and region were examined over the water column and relationships among these parameters described. The eutrophication indicator TRIX index was calculated for surface waters at each station and the eutrophication risk of Izmit Bay was determined to be in the high category.

This study showed, that nutrient concentrations varied depending on oceanographic and climatic factors. Nutrients concentrations were found to be high, particularly at stations that were influenced by terrestrial inputs in the inner part of the bay (1. and 2. stations). It was observed, that the nutrient concentrations which were relatively low in the surface waters, increased with depth. Nutrient concentrations increased from the outer part of the bay to the inner one. Strong relationships between nutrients and environmental factors were determined.

**TABLO LİSTESİ****Sayfa**

Tablo 1.	İzmit Körfezindeki deniz ve kıyı istasyonlarına ait detay bilgiler .....	8
Tablo 2.	Sefer Tarihleri .....	9
Tablo 3.	Uluslararası interkalibrasyon çalışmaları sonuçları (Quasimeme) .....	10
Tablo 4.	Ölçüm ve Analizi Yapılan Parametreler ve Belirsizlik Değerleri.....	11
Tablo 5.	İzmit Körfezinde ölçülen seki disk derinlikleri (m).....	26
Tablo 6.	İzmit Körfezi yüzeyinde ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri (mg/l) .....	27
Tablo 7.	İzmit Körfezinde ölçülen yüzey pH değerleri.....	29
Tablo 8.	Farklı trofik durumlar için kıyı deniz suyu ortalama klorofil-a derişimleri.....	48
Tablo 9.	İzmit Körfezi TRIX İndeksi değerleri.....	51
Tablo 10.	İzmit Körfezinde ölçümü yapılan parametreler arasındaki korelasyon değerleri .....	54
Tablo 11.	İzmit Körfezinde mevsimlere göre parametreler arasındaki korelasyon değerleri ....	55
Tablo 12.	İzmit Körfezinde bölgelere göre parametreler arasındaki korelasyon değerleri .....	59
Tablo 13.	İzmit Körfezinde ölçülen toplam inorganik azot/inorganic fosfor oranları .....	64
Tablo 14.	Kıyı ve açık istasyonlar arasında Klorofil-a ( $\mu\text{g/l}$ ) karşılaştırılması.....	66
Tablo 15.	Kıyı ve açık istasyonlar arasında $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ( $\mu\text{M}$ ) karşılaştırılması .....	67
Tablo 16.	Kıyı ve açık istasyonlar arasında $\text{NH}_4\text{-N}$ ( $\mu\text{M}$ ) karşılaştırılması .....	67
Tablo 17.	Kıyı ve açık istasyonlar arasında $\text{o-PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ ) karşılaştırılması.....	68
Tablo 18.	Kıyı ve açık istasyonlar arasında Si ( $\mu\text{M}$ ) karşılaştırılması .....	68
Tablo 19.	İzmit Körfezi'nde geçmiş dönemde ölçülen besin elementleri ve klorofil-a ölçümlerinin tez çalışması ile karşılaştırılması .....	69
Tablo 20.	İzmit Körfezi yüzey sularının besin elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRIX değerlerinin Mayıs 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle karşılaştırılması.....	70
Tablo 21.	İzmit Körfezi Besin Elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRIX değerlerinin Ağustos 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması.....	70
Tablo 22.	İzmit Körfezi Besin Elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRIX değerlerinin Ekim 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması.....	71

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.	İzmit Körfezi örnekleme noktaları .....	8
Şekil 2.	Silikat analizinin akış diyagramı .....	12
Şekil 3.	o-PO <sub>4</sub> analizinin akış diyagramı .....	13
Şekil 4.	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N analizinin akış diyagramı .....	14
Şekil 5.	NH <sub>4</sub> -N analizinin akış diyagramı .....	15
Şekil 6.	İzmit Körfezi'nde kıyıs alanda ölçülen parametrelerin mevsimsel değişimi ....	20
Şekil 7.	İzmit Körfezi'nde kıyıs alanda ölçülen besin elementlerinin mevsimsel değişimi .....	21
Şekil 8.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı sıcaklık değişimleri.....	24
Şekil 9.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı tuzluluk değişimleri.....	25
Şekil 10.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında istasyonlarda ölçülen Seki Disk derinlikleri .....	26
Şekil 11.	İzmit Körfezi yüzeyinde ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri.....	28
Şekil 12.	İzmit Körfezi 15 m. ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri .....	28
Şekil 13.	İzmit Körfezinde ölçülen yüzey pH değerleri .....	29
Şekil 14.	2011 yılı boyunca İzmit Körfezinde ölçülen yüzey suyu ÇO değişimleri .....	31
Şekil 15.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı ÇO değişimleri .....	32
Şekil 16.	Nitrat+nitrit azotu derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı .....	34
Şekil 17.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N değişimleri ...	35
Şekil 18.	Amonyum azotu derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı.....	36
Şekil 19.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı NH <sub>4</sub> -N değişimleri.....	37
Şekil 20.	Toplam azot derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı .....	38
Şekil 21.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı Toplam Azot değişimleri...	39
Şekil 22.	Orto-Fosfat derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı.....	40
Şekil 23.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı orto fosfat (o-PO <sub>4</sub> ) değişimleri .....	41
Şekil 24.	Toplam Fosfor (TF) derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı .....	42

Şekil 25.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı Toplam Fosfor değişimleri	43
Şekil 26.	Silikat (Si) derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı .....	44
Şekil 27.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı Silisyum (Si) değişimleri...	45
Şekil 28.	Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında Klorofil-a değişimleri .....	47
Şekil 29.	İzmit Körfezi yüzey suyunda klorofil-a değişimleri .....	48
Şekil 30.	İzmit Körfezi ötrofikasyon risk sınıflandırılması .....	50
Şekil 31.	İzmit Körfezinde ölçülen toplam inorganik azot/inorganic fosfor oranları.....	64

## KISALTMA LİSTESİ

<b>TF</b>	: Toplam Fosfor = Partikül fosfor+çözünmüş organik fosfor+çözünmüş inorganik fosfor
<b>o-PO4</b>	: Orto-fosfat veya inorganik fosfor olarak adlandırılır. TP'nin en son bileşenidir.
<b>TN</b>	: Toplam Azot = Organik azot (çözünmüş ve partikül) + amonyak+ oksitlenmiş inorganik azot
<b>NO3+NO2-N (TOxN)</b>	: Nitrat+nitrit azotu, TN'nin en son bileşeni olan oksitlenmiş inorganik azotu oluşturur.
<b>NH4-N</b>	: Amonyum azotu
<b>AKM</b>	: Askıda Katı Madde
<b>TIN</b>	: Toplam çözünmüş inorganik azot, N-(NO3+NO2+NH4)
<b>SD</b>	: Seki Disk Derinliği
<b>SKKY</b>	: Su kirliliği kontrol yönetmeliği
<b>ÇO</b>	: Çözünmüş Oksijen
<b>Tİ</b>	: TRIX İndeksi
<b>İst</b>	: İstasyon
<b>N</b>	: Azot
<b>P</b>	: Fosfor
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>l</b>	: Litre
<b>g</b>	: Gram
<b>mg</b>	: Miligram
<b>m</b>	: Metre
<b>µM</b>	: Mikromolar
<b>1 µM azot</b>	: 1 µg-at/l azot = 1 µmol/l = 14 µg/L = 0,014 mg/l
<b>1 µM fosfor</b>	: 1 µg-at/l fosfor = 31 µg/l = 0,031 mg/l
<b>1 µg/l</b>	: 0,001 mg/l

## **I. GİRİŞ**

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı**

Dünyada gözlenen hızlı nüfus artışlarının yanında, kentleşme ve sanayileşmenin belli sınırlar içerisinde çevre sorunlarına neden olduğu bilinmektedir. Günümüzde kirlilik sorunlarının azaltılması, kıyı sularının daha detaylı tanımlanması, estetik ve turistik amaçlı koruma yöntemleri ile su ürünlerinin korunması ve potansiyel artırımı gibi güncel sorunlarla daha yakından ilgilenilmektedir. Biyokimyasal ölçüm tekniklerinin geliştirilmesi, ekolojik sistemlerin daha kapsamlı araştırılmasını ve eser seviyelerdeki kirleticilerin anlaşılır hale gelmesini, elde edilen bilgi birikimi ile koruma önlemleri için tedbirler üretilmesini ve uygulamaya konmasına yardımcı olmaktadır.

Dünyada bulunan gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkelerin çevre sorunlarında önemli bir yeri olan ve çözüm yolları aradığı sorunlardan biri de katı ve sıvı atıklar için alıcı ortam olan kıyı denizler, göl ve nehirlerde oksijen tüketimini artıran organik madde ile biyolojik kirlenmeye (ötrofikasyona) neden olan besin elementleri girdileridir. Her iki kirletici madde grubu, genellikle hem evsel hem de sanayi atıklarında mevcut olduğundan, bu konudaki araştırmalar aynı kapsam içerisinde yapılmaktadır.

Karasal kaynaklarla taşınan ve birincil üretim sonucunda oluşan organik maddeler, karışımın ve su değişiminin sınırlı olduğu ve oksijen girdisinin yetersiz kaldığı alıcı ortam alt sularına ulaştığında, bakteriyel parçalanma sonucu oksijen azalmasına neden olmakta ve bunun sonucu olarak da alt sularda önemli çözülmüş oksijen azalmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak ortamda bulunan canlı türlerinin yok olmasını da hızlandırmaktadır. Böyle durumlarda, alıcı ortamlara boşaltılan kirlilik yükünde önemli bir azalma söz konusu olsa bile, ekolojik sistemlerin tekrar eski yapısına dönmesi mümkün değildir, sadece farklı yapıda yeni bir ekolojik yapıya dönüşmesi söz konusu olabilir.

Genellikle yarı-kapalı denizlerde, yoğun yerleşim ve endüstri alanlarının bulunduğu bölgelerde, kirletici girdilerde yoğun olmakta, böylece bu bölgelerde organik madde konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunların yanında, besin

elementleri (azot ve fosfat) girdileri de yüksektir. Sonuç olarak, alıcı ortamda su kalitesi bozulmaları görülmekte ve ekosistemin yapısı değişmektedir.

Ülkemizde de, 1970'li yıllardan sonra gözlenen hızlı kentleşme ve sanayileşme ile özellikle nüfusun ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerde ciddi çevre kirliliği sorunları ortaya çıkmıştır. İzmit Körfezi'nde meydana gelen çevre kirliliği ise öncelikli olarak büyük boyutlardaki deniz kirliliği ve buna bağlı ekosistem bozulması ile su ürünleri potansiyelindeki düşüşlerdir. Marmara Denizi'nin kuzey doğusunda yer alan İzmit Körfezi etrafındaki yerleşim birimlerinden ve sanayi kuruluşlarından alıcı ortama verilen atık su miktarı sistemin atık su özümleme kapasitesinin çok üzerinde olduğundan son 30 yıl içinde sistemdeki canlı organizma türleri azalmış, alt sulara, özellikle yaz dönemlerinde, oksijen seviyesi 1.0 mg/L' nin altına düşmüştür ( Morkoç v.d., 2001). 1999 Marmara Depremi sonrasında yapılan araştırmalarda ise orta basenin alt sularında ve iç körfezde özellikle yaz dönemlerinde anoksik koşulların oluştuğu belirlenmiştir (Balkıs, 2001; Balkıs v.d., 2007).

Körfezin mevcut durumunu bilmek bundan sonra yapılacak yatırımlar ve alınan önlemlerin yeterliliğini anlamak için önemli olduğu gibi, ekosistemde meydana gelen ani değişimlerin (mukus/musilaj oluşumları, aşırı alg üremeleri ve ani balık ölümleri gibi) de nedenlerini anlamak açısından oldukça önemlidir (Ediger v.d., 2010).

Bu çalışmada İzmit Körfezinin mevcut durumunun genel oşinografik özellikleri ve besin elementlerinin zamana ve mekâna bağlı olarak oluşacak değişimlerini tespit etmek üzere körfezi temsilen seçilen 6 deniz ve 12 kıyı istasyonunda bir yıl boyunca aylık/mevsimlik izleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

## **1.2. İzmit Körfezinin Genel Oşinografik Özellikleri**

Marmara Denizi'nin doğusunda yer alan İzmit Körfezi yarı-kapalı bir körfez olup batıda Yelkenkaya Burnundan başlar ve doğu kesimine doğru İzmit'e kadar dar ve uzun bir oluk şeklinde (yaklaşık 26,8 deniz mili) Marmara Denizi'nin uzantısı olarak devam eder. Genişliği en dar yerinde 2 km, en geniş yerinde ise 10 km, uzunluğu yaklaşık 50 km ve yüzey alanı 310 km<sup>2</sup>'dir. Bu oluk tektonik bir oluşumdur. Güney kenarda ve özellikle Yalova-Karamürsel kesiminde, fay diklikleri façetalarda halinde denizden gözlenebilmektedir. Körfez, yer darlaşması sonucu üç ayrı bölüm halinde bulunmaktadır (Morkoç v.d., 1996):

1. Marmara Denizine açılan körfez kesimi batıda Marmara'nın 1200 m'yi aşan çukurların devamı olarak gelmekte ve Yelkenkaya Burnu hizalarında güneyden de kıyının kuzeye yaklaşması suretiyle en batıdaki körfez kesimini oluşturmaktadır. Bu bölüm doğudan kuzeye doğru üçgen şeklinde bir çıkıntı yapan Hersek Deltası ile sınırlanır. Su derinliği batıda 200 m'nin üzerindeyken Hersek Deltası eşiğinde 50 m nin biraz altındadır.
2. Hersek Deltası ile Gölcük-Yarımca eşiği arasında yer alan orta kesim körfezin en geniş alan kaplayan bölümüdür. Burada derin alanlar güney kesimde toplanmıştır. Yani dip topografyası asimetriktir. En derin yeri Ulaşlı önlerinde 200 m civarındadır.
3. Gölcük-Yarımca eşiğinin doğusunda yer alan körfezin son bölümü sığ olup, derinliği 40 m'yi bulmaz. Körfez doğudan bataklık alçak alanlarla sınırlanarak sona erer. Bu alçak kesim ve Hersek deltası dışında körfez her taraftan tepeler ve yüksekliklerle çevrilir. Bu durum dip topografyasına da yansır ve kıyılar dik eğimli bir yamaç halinde derin kesime geçer.

Marmara Denizi'nin kuzey doğusunda yer alan ve iki tabakalı bir su kütesine sahip İzmit Körfezi'nin hidrografik özellikleri genelde Marmara Denizi'ne benzemektedir. Üst tabaka suları Karadeniz kaynaklı olup kalınlığı, genelde, 10-15 metre arasında değişmektedir. 25-30 metre derinlikten başlayan alt tabakayı Akdeniz kaynaklı, tuzluluğu yaklaşık ‰ 38.5 olan daha yoğun bir su kütesi oluşturur (Tuğrul v.d., 1986; Ünlüata v.d., 1990). Bu iki tabaka arasında ise haloklin olarak adlandırılan ve iki farklı su kütesinin karışımının meydana getirdiği bir geçiş tabakası mevcuttur (Beşiktepe v.d., 1994). Bu üç tabakanın kalınlığı körfezde meteorolojik koşullara bağlı olarak mevsimsel değişim göstermektedir (Oğuz ve Sur, 1986). Üst tabaka kalınlığının arttığı yaz döneminde yüzey suyu tuzluluğu genellikle ‰ 22-24 iken, sıcaklığın düşmesi ve rüzgârın etkisinin neden olduğu sonbahar- kış karışımı sonucu yüzey suyu tuzluluğu Marmara'da olduğu gibi, İzmit Körfezi'nde de artış göstermektedir.

Sistemin iki tabakalı yapısı gereği, körfezde iki tabakalı akıntı sisteminin varlığından söz edilebilir. Karadeniz'den Marmara Denizi'ne giren az tuzlu suların ilkbahar döneminde artması ile körfez üst sularına giren su miktarı artar. Bunun sonucu olarak, yüzey suyu tuzluluğu ‰ 26-27'den ‰ 22-24 kadar düşer. Yaz boyunca körfezde tabakalaşmanın daha

belirgin hale gelmesi ile üst tabakadaki akıntılar, açık deniz ile su değişim hızını düşürmektedir. Kuzeydoğu rüzgârı (poyraz) ve güneybatı (lodos) rüzgârlarının arttığı dönemlerde üst ve alt sularda kısa süreli hızlı akıntılar ve Marmara Denizi ile su alış verişı olmaktadır (Morkoç v.d., 1996).

Alt sularda da üst sulara benzer yatay akıntılar mevcuttur. Körfeze giren alt su akıntısının sonbahar döneminde belirgin artış gösterdiği, yaz döneminde ise oldukça düşük olduğu körfezde daha önce yapılmış çalışmalarda açıkça görülmektedir ( Oğuz ve Sur, 1986; Morkoç v.d., 1995; Altıok v.d., 1996; Algan v.d., 1999 ). Sonbaharda alt su akıntıları, ilkbaharda ise üst su akıntıları nedeniyle, körfezde önemli fiziksel ve kimyasal değişmeler olmaktadır. İzmit Körfezi'nin yıl içindeki mevsimsel değişimi yukarıda bahsedilen akıntı sistemlerince kontrol edilmektedir.

### **1.3. İzmit Körfezine Giren Kirletici Kaynakların Karakteristikleri ve Dağılımları**

İzmit Körfezi, bölgede yoğun endüstrinin bulunması nedeniyle uzun süreden beri aşırı kirlenme baskısı altındadır. Kirlenmenin azaltılması ve kontrol altına alınması için bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda 1970'li yıllardan beri, İzmit Körfeziyle ilgili detaylı bilgiler elde edilmiştir. Artüz ve Kor (1971) tarafından Körfezin oşinografik özellikleri belirlenmiş, ayrıca biyolojik çalışmalar yapılmıştır. SWECO ve BMB (1976) tarafından Körfezin özümleme kapasitesi, kirlenme ve oşinografi araştırmaları model yardımıyla yapılmıştır. Timur v.d., (1982), Orhon v.d., (1984) araştırmalarında, endüstrilerden kaynaklanan zararlı atıkların türleri ve miktarları saptanmaya çalışılmıştır. Tuğrul v.d., (1989) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, İzmit Körfezi'nin oşinografik özellikleri ve özümleme kapasitesi belirlenmeye çalışılmış; biyolojik kirlenme (ötrofikasyon), birincil üretim ve birincil üretimi sınırlayan besin elementlerinin saptanmasına yönelik biyodeneyle yapılmıştır. Ayrıca atık suların Körfezin su kalitesi üzerindeki etkilerini izleyebilmek amacıyla su kalitesi ve taşınımı çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Morkoç v.d., (2001) tarafından yapılan başka bir çalışmada da, Körfezin su kalitesi açısından durumu tespit edilmiş, Körfeze giren atık yükleri ve kaynakları belirlenmiştir.

İzmit Körfezi'nde son otuz yıldan beri hızlı bir sanayileşme ve buna bağlı olarak yoğun bir kentleşme olgusu vardır. Bunun sonucu olarak da su, hava ve toprak kirliliği problemleri ile karşı karşıya kalınmıştır (Orhon v.d., 1984; Morkoç v.d., 1995; Okay v.d., 1996; Okay v.d., 1998; Tolun v.d., 2001; Pekey v.d., 2007; Tolun v.d., 2006). Özellikle 1970'li yıllardan itibaren bu soruna çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Endüstrilerden kaynaklanan atık sulardaki organik madde gideriminin de önemli aşamalar kaydedilmiş ve % 80'ler seviyesine ulaşılmıştır (Morkoç v.d., 2001; Okay v.d., 2001). Ancak nüfus artışlarına bağlı olarak yerleşim birimlerinden kaynaklanan atık sularda da önemli artışlar olmuştur.

#### **1.4. Denizlerde Besin Maddeleri**

Deniz suyunda çözünmüş halde bulunan azot, fosfor ve silis organizmaların yaşantısının devamında çok önemli role sahip elementlerdir; bunlara Besleyici Element adı verilir. Bu elementlerin deniz suyundaki konsantrasyonları, biyolojik rollerinden ötürü, zaman ve yöreye bağlı olarak çok değişir (Kocataş,2002).

Besin elementleri, fitoplankterin (birincil üreticilerin) büyüme, beslenme ve üremesi için gerekli elementlerdir. Fitoplankterin yanısıra bakterilerce de besin olarak kullanılır. Aynı zamanda organik maddenin bakterilerce ayrıştırılması sırasında tekrar ortama katılırlar.

Bu maddelerin en temel bileşenleri inorganik fosfor (orto-fosfat;  $PO_4-P$ ), inorganik azot (Nitrat, Nitrit ve Amonyum) ve silikattır ( $SiO_2$ ). Sucul ortamda besin elementlerinin canlı türleri üzerine etkisi, tür çeşitliliğindeki değişimlerle doğrusal bir ilişki sergilemekte, böylece doğal sürecin izlenmesi ile ortamdaki kirliliğin etkileri de tahmin edilebilmektedir.

Birincil üreticilerin gelişimleri azot, fosfor ve silikadan oluşan besleyici elementlerin varlığı ve miktarları ile doğrudan iliskilidir. Denizlerde temel besleyici elementler nitrat, fosfat ve silikat tuzları halinde bulunur (Raymont, 1980). Ayrıca nitrit ve amonyak da nitrattan deniz mikroorganizmaları tarafından dönüştürülmüş formlarda karsımıza çıkmaktadır (Rheinheimer, 1991). Besleyici elementler denizel ortamda ayrıca organik formlarda da bulunmakta ve inorganik formlar için kaynak görevi görmektedir (Jackson ve Williams, 1985).

Küçük kıyı ekosistemleri, besin elementi miktarındaki artıştan ilk etkilenen bölgelerdir. İnorganik besin elementlerindeki artış ötrofikasyona neden olur (Kinney ve Roman 1998). Bu ekosistemlerin karasal ortama yakın oluşu ve açık denizle olan su alışverişinin sınırlı oluşuna bağlı olarak, kirleticiler bu ortamlarda daha fazla birikime uğrarlar. Azot ve fosforun ortamın özümleme kapasitesinden daha fazla birikimi, aşırı alg büyümesine ve bazı toksinlerin açığa çıkmasına sebep olur. Azot; evsel ve endüstriyel kaynaklardan, hayvan dışkılarından, tarımda kullanılan gübrelerden ve yağışlarla birlikte topraktan çözünerek denizlere doğrudan veya dolaylı olarak karışır. Azot için bir diğer önemli kaynak da atmosferdir. Noktasal kaynaklar kısmi olarak kontrol altına alınabilmekle birlikte, yayılı kaynaklardan (yüzey yıkanımı, atmosfer) gelen azotlu bileşikler kontrol altına almak oldukça zordur. Sucul ortamın azot seviyesindeki değişimleri, plankton türlerinde de farklılığa ve dolaylı olarak da su kalitesinde değişime neden olurlar.

Denizel ortama karışan fosfor çoğunlukla evsel kaynaklardan gelmektedir. Ayrıca sedimentler (deniz dibi çökelleri) bu maddelerin depolanma yerleri olmakla birlikte, aynı zamanda ortam için ikinci bir kaynak oluştururlar.

Denizel ortama karışan silikatın büyük bir kısmı karasal kökenli sürüklenmelerle olmaktadır. Özellikle yağışlı dönemlerde yüzey suyunda doğal seviyeden daha yüksek oranda silis artışı meydana gelmektedir. Silikatın üst tabakadaki değişimini etkileyen faktörlerin başında meteorolojik koşullar, karasal taşınım ve yukarıda sözü edilen planktonik gelişimler rol oynamaktadır. Kış aylarında yüzeysel sularda yağışların bol olmasıyla karalardan sürüklenerek gelen toprak kökenli silisli bileşiklerin çözünmesiyle silikat derişiminin yüksek bulunması doğaldır. Silisyumun kaynağı endüstriyel veya evsel değildir. Silikatın başlıca kullanıcıları bazı fitoplankton (Diatomlar ve Silikoflagellatlar) ve zooplankton (özellikle radiolaryalar) türleridir. Silikat Diatomların hücre duvarları ve Silikoflagellatların iskeletleri için temel gereksinimdir.

## **II. MATERYAL METOT**

### **2.1. Örneklerin Alınması**

İzmit Körfezinde yapılan oşinografik çalışmalarda İzmit Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Dairesine ait teknenin olanakları kullanılmıştır.

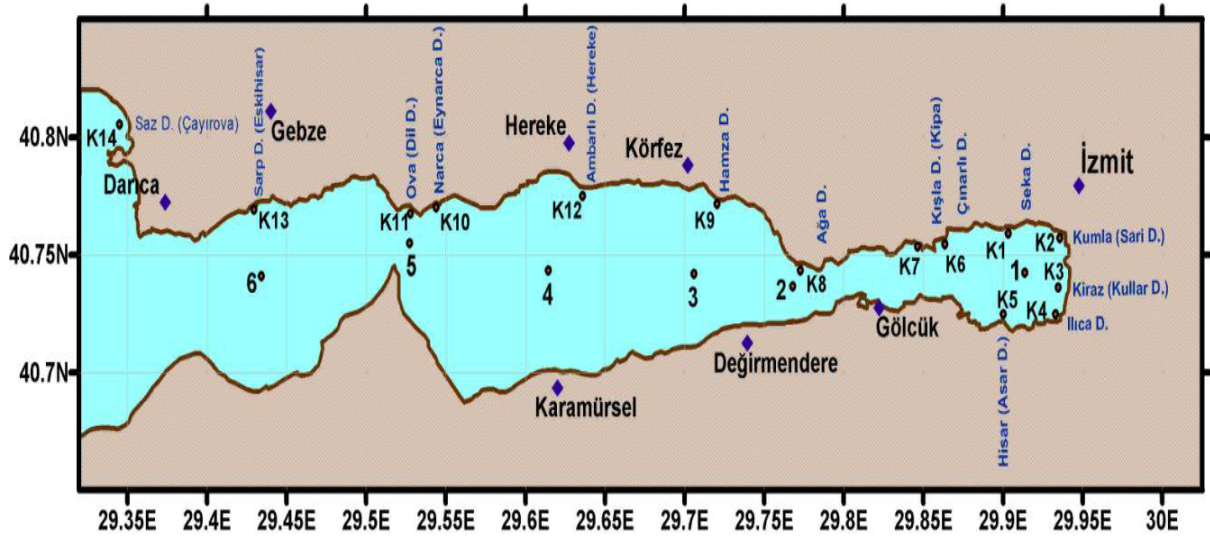
Örnek alma ve ölçüm yapılan yerlerin seçim ve toplam sayılarının belirlenmesinde aşağıda belirtilen unsurlar baz alınmıştır.

- a- Bölgenin genel özelliklerini ve zamana bağlı olarak oluşacak olası değişimleri izleyebilecek yerlerde ve sayıda olması,
- b- Kıyisal kirlenmeyi izlemek için seçilecek noktaların karasal kaynaklı kirlenmeye deşarjlarına ve dere ağzına yakın olması,

Bu esaslar çerçevesinde deniz çalışmaları yıl boyunca Şekil 1’de gösterilen toplam 6 istasyonda aylık olarak (12 kez) gerçekleştirilmiştir.

İzmit Körfezi’nde belirlenen örnekleme noktalarından deniz suyu örnekleri nansen su alma şişesi ve yatay örnekleyciler kullanılarak yüzey ve istasyonun toplam derinliğine göre su kolonu boyunca belirli derinliklerden alınmıştır.

Ayrıca karasal girdilerin yoğun olduğu Körfezin kuzey ve doğu bölgelerinde derelerin döküldüğü yerlerdeki kıyı suyunda (12 istasyon) yüzey örnekleme yapıları mevsimsel olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. İzmit Körfezi örnekleme noktaları

Tablo 1. İzmit Körfezindeki deniz ve kıyı istasyonlarına ait detay bilgiler

İstasyon No.	Koordinatlar		Toplam Derinlik	Özellik
	N	E		
1	40° 44.209'	29° 54.807'	29m	Profil-Deniz
2	40° 44.130'	29° 46.050'	37m	Profil-Deniz
3	40° 44.450'	29° 42.300'	100m	Profil-Deniz
4	40° 44.741'	29° 37.450'	106m	Profil-Deniz
5	40° 45.284'	29° 31.619'	35m	Profil-Deniz
6	40° 44.000'	29° 26.549'	70m	Profil-Deniz
K2	40° 45.290'	29° 55.700'		Kıyı-Kumla (Sarı Dere)
K3	40° 44.150'	29° 56.040'		Kıyı-Kiraz (Kullar)
K5	40° 43.800'	29° 50.750'		Kıyı-Hisar (Asar Dere)
K6	40° 45.250'	29° 51.770'		Kıyı-Çınarlı
K7	40° 44.980'	29° 50.810'		Kıyı-Kışla (Kıpa Dere)
K8	40° 44.900'	29° 45.600'		Kıyı-Ağa Dere
K9	40° 46.230'	29° 43.160'		Kıyı-Hamza
K10	40° 46.129'	29° 32.595'		Kıyı-Narca (Eynarca)
K11	40° 45.975'	29° 31.641'		Kıyı-Ova (Dilderesi)
K12	40° 46.959'	29° 36.907'		Kıyı-Ambarlı (Hereke Dere)
K13	40° 46.117'	29° 25.776'		Kıyı-Sarp (Eskihisar Dere)
K14	40° 48.160'	29° 20.602'		Kıyı- Saz (Çayırova Dere)

Tablo 2. Sefer Tarihleri

Sefer No	Tarih	Özellik
1	13-14.01.2011	Mevsimlik deniz ve karasal girdi çalışması
2	08.02.2011	Aylık deniz çalışması
3	16.03.2011	Aylık deniz çalışması
4	26.04.2011	Aylık deniz çalışması
5	17-18.05.2011	Mevsimlik deniz ve karasal girdi çalışması
6	16.06.2011	Aylık deniz çalışması
7	06-07.07.2011	Mevsimlik deniz ve karasal girdi çalışması
8	17.08.2011	Aylık deniz çalışması
9	15.09.2011	Aylık deniz çalışması
10	20.10.2011	Aylık deniz çalışması
11	22-30.11.2011	Mevsimlik deniz ve karasal girdi çalışması
12	27.12.2011	Aylık deniz çalışması

Deniz suyunda örnekleme yapılan istasyonların koordinatları Tablo 1’de, yapılan sefer tarihleri Tablo 2’de liste halinde sunulmuştur. Bu istasyonlarda örnekleme yapılan parametreler sırasıyla, sıcaklık, tuzluluk, pH, ışık geçirgenliği (seki disk), askıda katı madde, toplam fosfor, çözülmüş inorganik fosfor, toplam azot, nitrat+nitrit azotu, silikat, klorofil-a, çözülmüş oksijendir (Winkler yöntemi).

## 2.2. Analiz Yöntemleri

Denizde belirlenen örnekleme noktalarından alınan örneklerin seçimi karasal kaynaklar tarafından etkilenen ve ötrofikasyona neden olan parametreler olarak seçilmiştir. Ölçüm ve analizi yapılan parametreler Tablo 3’de verilmiştir.

Fiziksel parametreler sahada YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı ile ölçülmüş olup, diğer kimyasal ve biyolojik parametreler TÜRKAK tarafından TS EN ISO IEC 17025 kalite sistemine göre akredite olmuş ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından “Çevre Ölçüm ve Analizleri Yeterlilik Belgesi” ile yetkilendirilmiş TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü Deniz ve İç Sular Laboratuvarında ölçülmüştür (Tablo 4). Besin elementleri analizleri için uluslararası interkalibrasyon çalışmalarına katılmıştır. Bunlar, 2011 yılında Exersice 911-R64 (nutrient in seawater) QUASIMEME testleridir ve sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Alınan sonuçlar güvenilir aralıklardadır.

Tablo 3. Uluslararası interkalibrasyon çalışmaları sonuçları (Quasimeme)

Matrix	Parametre	Ölçülen Değer	Birim	Gerçek Değer	Z Score	z
QNU221SW	TOxN	0.086	µmol/l	0.084	0.1	S
QNU221SW	Nitrit	0.014	µmol/l	0.015	-0.2	S
QNU221SW	Fosfat	0.037	µmol/l	0.037	0.0	S
QNU221SW	Silikat	0.197	µmol/l	0.181	0.2	S
QNU221SW	Toplam Azot	6.086	µmol/l	5.620	0.5	S
QNU221SW	Toplam Fosfat	0.136	µmol/l	0.139	-0.1	S
QNU222SW	TOxN	10.39	µmol/l	10.22	0.3	S
QNU222SW	Nitrit	1.610	µmol/l	1.474	1.5	S
QNU222SW	Amonyak	4.272	µmol/l	4.370	-0.3	S
QNU222SW	Fosfat	1.198	µmol/l	1.252	-0.5	S
QNU222SW	Silikat	23.32	µmol/l	26.77	-2.1	Q
QNU222SW	Toplam Azot	19.71	µmol/l	19.45	0.2	S
QNU222SW	Toplam Fosfat	1.248	µmol/l	1.318	-0.7	S
QNU223SW	TOxN	4.924	µmol/l	4.706	0.7	S
QNU223SW	Nitrit	0.830	µmol/l	0.759	1.4	S
QNU223SW	Amonyak	2.010	µmol/l	2.163	-0.8	S
QNU223SW	Fosfat	0.750	µmol/l	0.756	-0.1	S
QNU223SW	Silikat	9.629	µmol/l	10.35	-1.1	S
QNU223SW	Toplam Azot	10.33	µmol/l	11.89	-1.6	S
QNU223SW	Toplam Fosfat	0.903	µmol/l	0.845	0.8	S

S:Satisfactory (Sonuçlar limitler içinde çıkmıştır (  $|Z| < 2$  ))

Q:Questionable (Sonuçlar tartışılabilir( $2 < |Z| < 3$ ))

U:Unsatisfactory (Sonuçlar yetersiz (  $|Z| < 3$  ))

### 2.2.1. Fiziksel Parametreler

**Sıcaklık:** Sıcaklık ölçümü, yerinde YSI marka 6600 V2 model CTD cihazının ilgili sensörleri ile gerçekleştirilmiştir.

**Seki Disk (Işık geçirgenliği):** Seki disk görünürlüğü, seki diskin kaç metre derinlikte görünmez olduğudur. Bu işlem metalden yapılmış 30 cm. çapında bir kısmı beyaz renkten diğer kısmı siyah renkten oluşan disk şeklindeki aletin ölçülü ip yardımıyla su yüzeyine dik olarak daldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Diskin kaybolduğu derinlik seki disk derinliği olarak kabul edilmiştir.

**Tuzluluk:** Tuzluluk, iletkenlik ve sıcaklık değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. YSI marka 6600 V2 model CTD cihazının ilgili sensörü ile ölçülmüştür.

## 2.2.2. Kimyasal Parametreler

**pH:** pH ölçümü, yerinde YSI marka 6600 V2 model CTD cihazının pH sensörü ile ölçülmüştür.

**Besin Elementleri:** Besin elementleri tayini (Nitrat+Nitrit Azotu, Amonyum Azotu orto-Fosfat, Silikat) dört kanallı Scalar marka Otoanalizör cihazı kullanılarak yapılmıştır. Besin elementleri örnekleri %10'luk HCl ile yıkanmış 100 ml.'lik polietilen kaplara alınarak derin dondurucularda analiz edilinceye kadar korunmuştur.

Tablo 4. Ölçüm ve Analizi Yapılan Parametreler ve Belirsizlik Değerleri

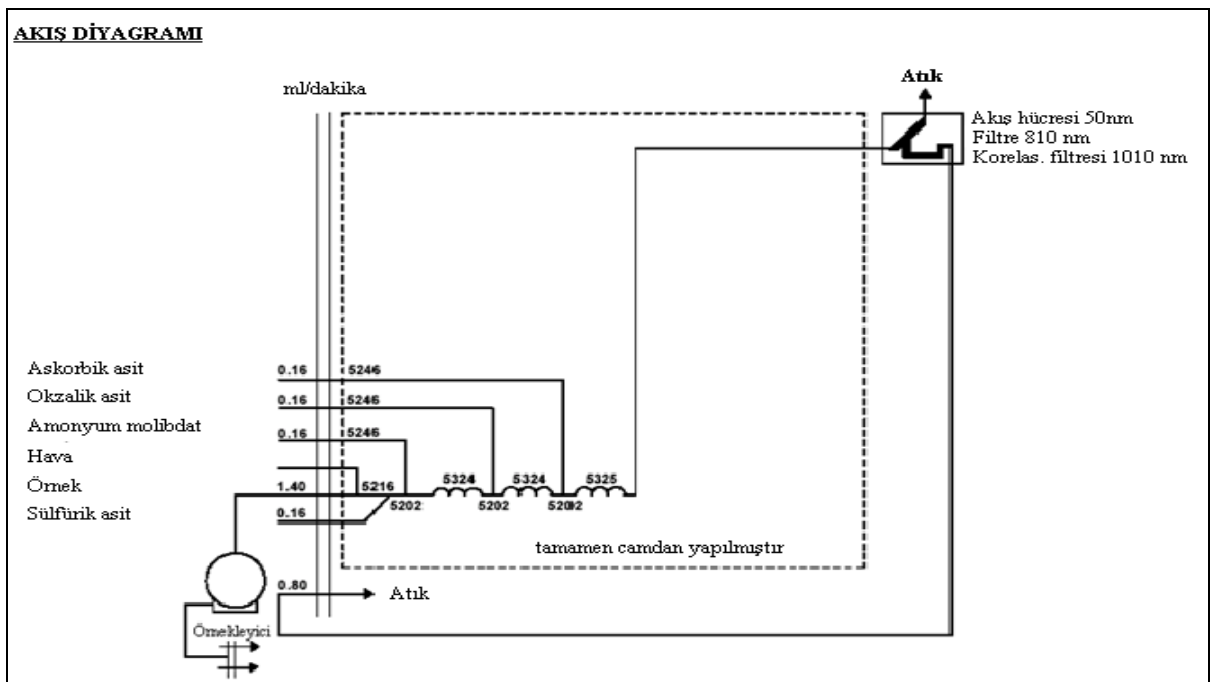
Analiz Adı	Metot İsmi (Ulusal, Uluslar arası standartlar, işletme içi metodlar)	Kullanılan Cihaz Adı	LOD	LOQ	Belirsizlik Değeri (±)
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Nitrat+Nitrit Azotu (NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N)	Kadmiyum indirgeme metodu (S.M. 4500-NO <sub>3</sub> - I:2005)	Scalar marka Otoanalizör cihazı	0,72	2,40	X±%1,69 ppb
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)	S.M. 4500-NH <sub>3</sub> H. Flow Injection Analysis	Scalar marka Otoanalizör cihazı	-	2,0	-
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Orto-Fosfat (o-PO <sub>4</sub> )	Ortofosfat Tayini Metodu (S.M. 4500-P : 2005 G)	Scalar marka Otoanalizör cihazı	0,70	2,35	X±%1,63 ppb
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Silikat (Si)	SM 4500-SiO <sub>2</sub> - :2005 F (Kolorimetrik Metod)	Scalar marka Otoanalizör cihazı	1,57	5,23	X±%5,95 ppb
Toplam Azot (TN)	S.M. 4500- P A, 4500- P J. Persulfate Method for Simultaneous Determination of Total Nitrogen and Total Phosphorus	Scalar marka Otoanalizör cihazı	-	2,0	-
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Toplam Fosfor (TF)	Persülfat Metodu (S.M. 4500 P J/2005)	Scalar marka Otoanalizör cihazı	1,71	5,69	X±%6,79 ppb
Klorofil-a	Spektrofotometrik metot S.M 10200 H.	Cecil Marka Spektrofotometre	-	-	-
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Askıda Katı Madde (AKM)	Gravimetrik (103- 105 0C) S.M. 2540 D/2005	Etüv	1,47	4,90	x ± %11.8 mg/L
Çözülmüş Oksijen (ÇO)	S.M. 4500 B: 2005 Iodometric Method (Winkler Metodu)	Otomatik Titrator	-	-	-
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> pH	Elektrometrik Metot (S.M. 4500 H+ B:2005)	YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı	-	-	x ± % 0.91
<sup>(*)</sup> <sup>(**)</sup> Tuzluluk	Elektrometrik Metot (S.M. 2520 B/2005)	YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı	-	-	x ± % 1,16

(\*) TÜRKAK tarafından akreditasyon belgesi alınmış analizlerdir.

(\*\*)Çevre Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarı tarafından çevre ölçüm ve analizleri yeterlilik belgesi alınmıştır (Belge No:Y-41/005/2011)

Besin elementlerinin yöntem ve prensipleri ise;

**Silikat:** Deniz suyunda su kolonu boyunca ölçülen Silikat derişimleri Scalar marka otoanalizör cihazında SM 4500-SiO<sub>2</sub>- :2005 F (Kolorimetrik Metod) metodu kullanılarak ölçülmüştür. Ortamdaki Silikat asidik ortamda Amonyum molibdat ile reaksiyona girerek molibdosilisik asit'e dönüşür. Oluşan bu kompleks askorbik asit ile mavi renkte molibden kompleksine indirgenir. Bu renk 810 nm'de ölçülür. Okzalik asit ilavesi ise fosfatın girişim (interfere) etmesini engeller.



Şekil 2. Silikat analizinin akış diyagramı

### **Silikat Analizinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

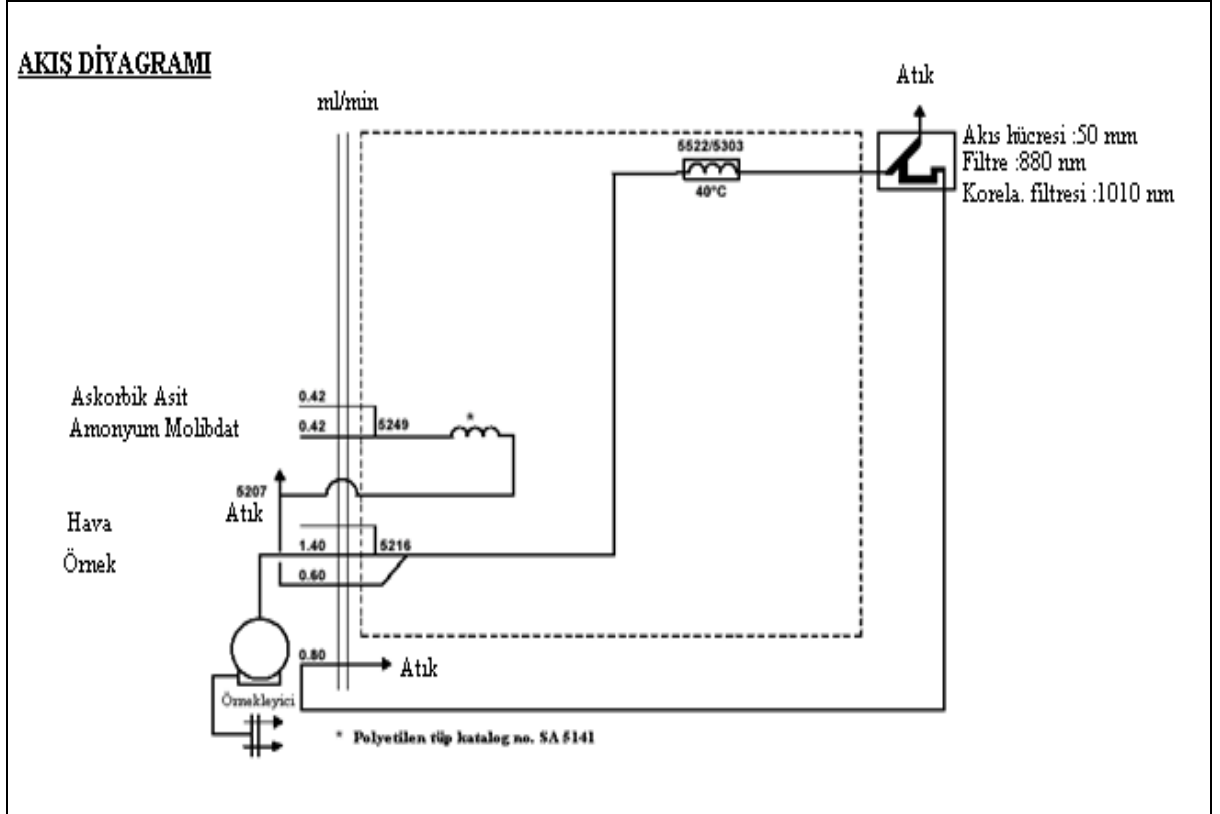
Sülfürik asit çözeltisi: 10 ml Sülfürik asit (% 97'lik) yaklaşık 800 ml suya karıştırılır ve soğuduktan sonra bu çözeltiye 1000 mg lauril sülfat ilave edilir ve 1 l'ye tamamlanır.

Amonyum molibdat çözeltisi: 20 g Amonyum molibdat yaklaşık 800 ml su içerisinde çözülür ve 1 l'ye tamamlanır.

Okzalik asit çözeltisi: 44 g Okzalik asit yaklaşık 800 ml su içerisinde çözülür ve 1 l'ye tamamlanır.

Askorbik asit çözeltisi: 40 g Askorbik asit yaklaşık 800 ml su içerisinde çözülür ve 1 l'ye tamamlanır.

**Orto-fosfat:** Deniz suyunda su kolonu boyunca ölçülen orto-Fosfat derişimleri Scalar marka otoanalizör cihazında orto-Fosfat tayini (S.M. 4500-P: 2005 G) metodu kullanılarak ölçülmüştür. Su örneklerinde fosfat amonyum molibdat ve potasyum antimonil tartarat ile reaksiyona sokularak kompleks asit oluşturulur. Bu kompleks asit askorbik asit tarafından mavi renkli bir kompleks oluşturarak indirgenir. Bu renk 880 nm dalga boyunda ölçülür.



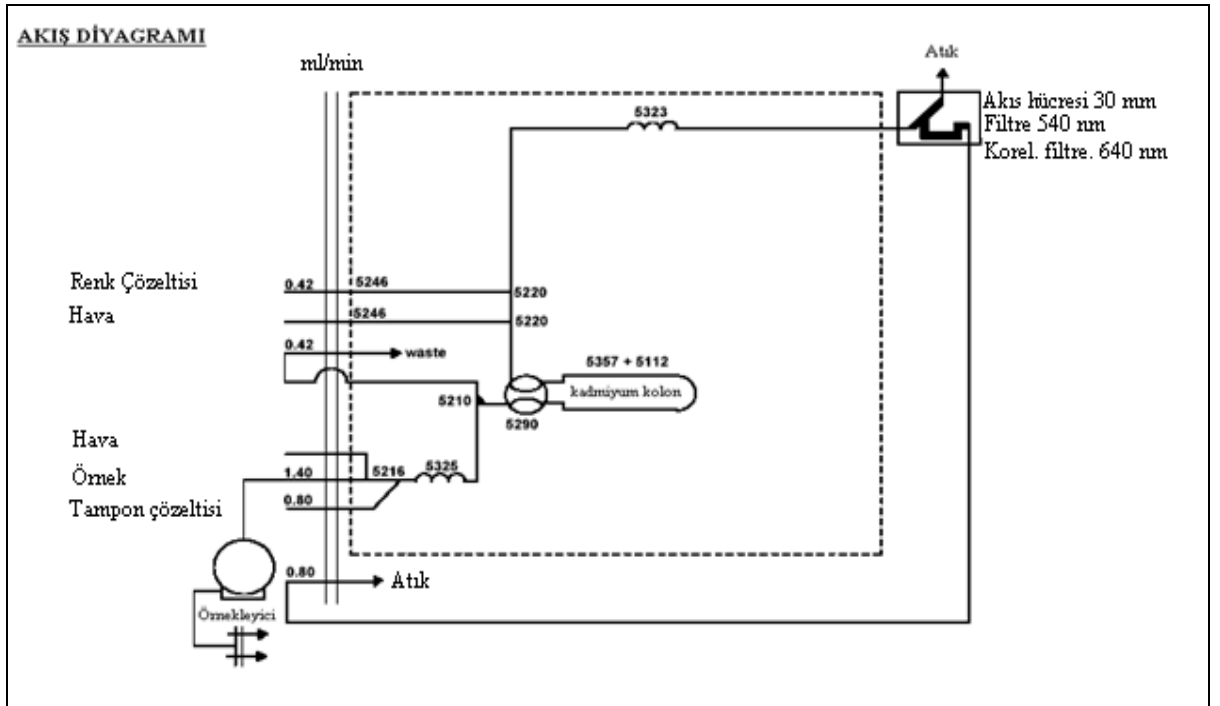
Şekil 3. o-PO<sub>4</sub> analizinin akış diyagramı

#### **Orto-Fosfat Analizinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

Amonyum molibdat çözeltisi: 230 mg Potasyum antimon tartarat yaklaşık 800 ml distile su içerisinde çözülür ve üzerine dikkatlice yavaş yavaş sulfuric asit ilave edilir. Daha sonra 6 g amonyum molibdat ilave edilir ve distile su içerisinde çözülür. 1000 ml'ye distile su ile tamamlanır. Üzerine 2 ml FFD6 ilave edilir.

Askorbik asit çözeltisi: 11 g Askorbik asit yaklaşık 800 ml distile su içerisinde çözülür. 60 ml Aseton ilave edilerek 1000 ml'ye distile su ile tamamlanır. Üzerine 2 ml FFD6 ilave edilir.

**Nitrit+Nitrat Azotu:** Deniz suyunda su kolonu boyunca ölçülen Nitrit+Nitrat derişimleri Scalar marka otoanalizör cihazında Kadmiyum indirgeme metodu (S.M. 4500-NO<sub>3</sub>-I:2005) metodu kullanılarak ölçülmüştür Bu metot, Nitrat ve nitritin kadmiyum indirgeme metodu ile tayinini içeren bir metottur. Numunenin, granül halinde bakır kadmiyum içeren bir kolondan geçirilerek nitratın nitrite indirgenmesi esasına dayanır. Nitrit (orijinal numunede bulunan+indirgenmiş nitrat) α- naftiletilediamin dihidrolorür ile bağlanmış sülfanilamid ile koyu renkli azo boya formuna dönüştürülerek (diazotlama) 540 nm’de ölçülür. Kolonun devreden çıkarılmasıyla örneklerdeki NO<sub>2</sub>-N konsantrasyonları ölçülebilir.



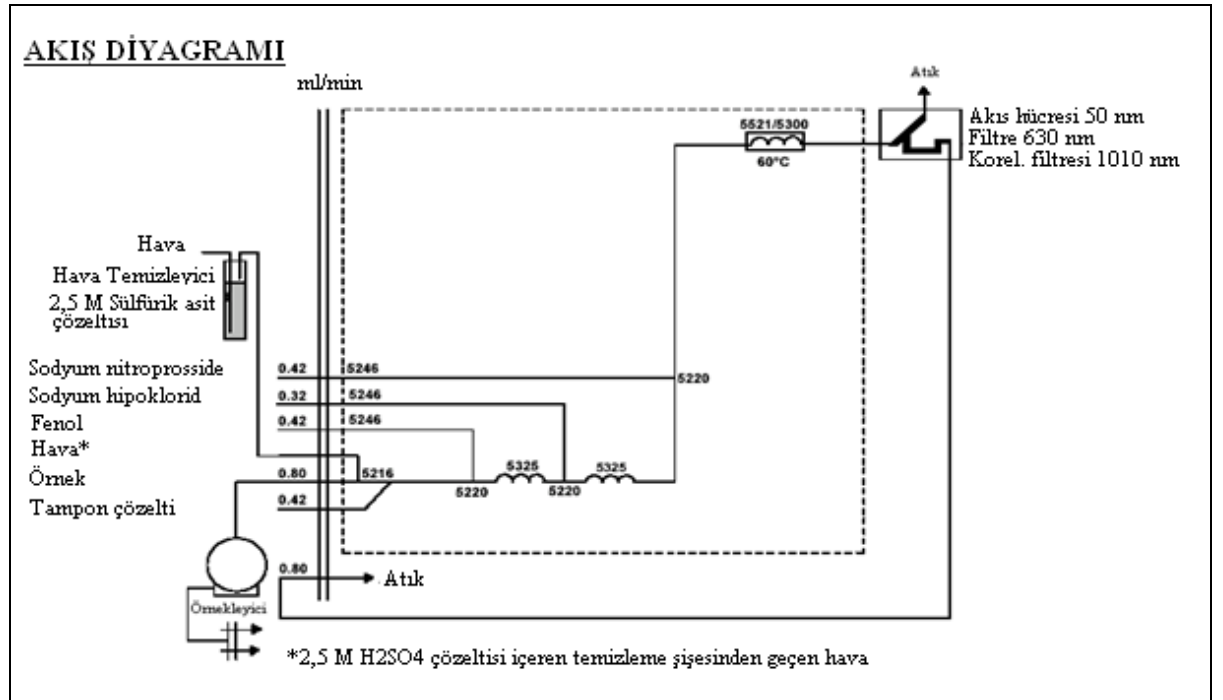
Şekil 4. NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N analizinin akış diyagramı

#### **Nitrat+Nitrit Azotu Analizinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

Tampon çözelti: 50 g Amonyum klorür yaklaşık 800 ml distile su içinde çözülür. Amonyum hidroksit (% 25’lik) çözeltisinden yaklaşık 1 ml ilave edilerek pH’sı 8,2 olacak şekilde ayarlanır ve distile su ile 1 l’ye tamamlanır. Daha sonra Brij-35 ilave edilerek iyice karıştırılır.

Renk çözeltilisi: Yaklaşık 700 ml. distile su içinde fosforik asit (%85'lik) seyreltilir. 10 g Sülfanilamid ve 0,5 g  $\alpha$ -naftilendiamin dihidroklorür eklenir ve çözülür. Hacim 1 l'ye distile su ile tamamlanır ve iyice karıştırılır.

**Amonyum Azotu:** Deniz suyunda su kolonu boyunca ölçülen Amonyum Azotu derişimleri Scalar marka otoanalizör cihazında S.M. 4500-NH<sub>3</sub> H. (Flow Injection Analysis) metodu kullanılarak ölçülmüştür. Modifiye edilmiş Bertholat reaksiyon metodunun otomatik olarak ölçülmesi prensibine dayanır. Monokloramin ile klorlanmış olan amonyak fenol ile reaksiyona girer. Oksidasyondan sonra oksidatif olarak bağlanan yeşil renkli bir kompleks oluşur. Reaksiyon nitropursiyad tarafından kataliz edilir. Klorlama için sodyum hipoklorit kullanılır. Oluşan bu kompleks formun absorpsiyonu 630 nm'de ölçülür.



Şekil 5. NH<sub>4</sub>-N analizinin akış diyagramı

#### **Amonyum Azotu Analizinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

Tampon çözelti: 33 g Potasyum sodyum tartarat yaklaşık 800 ml distile su içerisinde çözülür. Daha sonra sodyum sitrat ilave edilerek çözülür. Sülfirik asit ile pH'sı 5,0' a ayarlanır. Çözelti 1 l'ye distile su ile tamamlanır. Üzerine 0,5 ml Brij-35 ilave edilerek iyice karıştırılır.

Fenol çözeltisi: 83 g fenol 800 ml distile su içinde çözülür. Üzerine 40 g sodyum hidroksit ilave edilir.Çözelti 1 l'ye distile su ile tamamlanır.

Sodyum hipoklorit çözeltisi: 200 ml Sodyum hipoklorit yaklaşık 700 ml distile su içerisinde seyreltilir. Daha sonra 1 l'ye distile su ile tamamlanarak iyice karıştırılır.

Sodyum nitroprosit: 0,5 g Sodyum nitroprosit 800 ml distile su içinde çözülür. Daha sonra 1 l'ye distile su ile tamamlanarak iyice karıştırılır.

**Toplam Azot ve Toplam Fosfat:** Bu metot çözülmüş, çözünmemiş, organik ve inorganik formdaki tüm fosforların ve azotların persülfat ile yüksek sıcaklıkta parçalanarak ortaya çıkarılması prensibine dayanır. Azotlu bileşiklerin oksidasyonu alkali ortamda (bazik) meydana gelmektedir. Fosfor oksidasyonu ise tersine asidik koşullar altında gerçekleşmektedir. İlk başta bazik olan şartlar parçalanmanın son aşamasında sodyum hidroksidin tükenmesiyle asidik olur. Bu yüzden persulfat-borik asit-sodyum hidroksit ile hazırlanan oksidasyon çözeltisi ilavesiyle geniş pH aralığında örneklerdeki hem fosfor hemde azotlu bileşiklerin oksidasyonu sağlanmış olur. Oksidasyon işlemi sonunda açığa çıkan tüm fosfor ve azotlar Skalar marka otoanalizörde Doğal Sularda Orto-Fosfat Analiz Yöntemi ve Doğal Sularda Nitrat+Nitrit Azotu Analiz Yöntemine göre ölçülmektedir.

**Toplam Azot ve Toplam Fosfat Analizlerinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

Parçalama çözeltisi: 50 g Potasyum persülfat ve 30 g borik asit tartılarak 0,375 N sodyum hidroksit ile 1 l'ye tamamlanır.

Diğer çözeltiler, toplam fosfat için orto-fosfat analizinde kullanılan, toplam azot için nitrat+nitrit analizinde kullanılan çözeltilerdir.

**Askıda Katı Madde:** Askıda Katı Madde analizi için su örnekleri, önceden distile su ile yıkanmış ve 105°C' de 2-3 saat kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş cam fiber filtre kâğıtlarından, sudaki madde miktarına bağlı olarak değişik hacimlerde süzölmüştür. Etüvde bir gece boyunca 105°C' de tekrar kurutulan filtreler üzerindeki katı madde ile birlikte hassas terazide tartılarak litredeki toplam askıda katı madde (AKM) miktarı hesaplanmıştır.

Toplam askıda katı madde (mg/ L) = (A-B) x 1000 / örnek hacmi (ml)

A= Filtre + kuru kalıntı (mg) B= Filte ağırlığı

**Çözünmüş Oksijen (Winkler testi) Metodu:** İstenilen derinliklerden özel su örnekleyicileri ile alınan su örneklerinden öncelikle ve hiç zaman kaybetmeden 250-300 ml' lik özel cam örnekleme şişelerine aktarılır. Bu işlem sırasında su örneği örnekleme şişesinin musluğuna ince şeffaf ve yumuşak bir hortum takılıp ve hortumun diğer ucunun oksijen şişesinin dip kısmına gelmesi sağlanarak yavaşça doldurulur. Yaklaşık 300 ml kadar suyun akması ve şişeden taşması sağlanır. Doldurma sırasında hava kabarcıklarının oluşmamasına dikkat edilmelidir. Hortumda su akmasına devam ederken yavaşça şişe çekilir ve hiç zaman kaybetmeden 2 ml mangan sülfat ve ardından 2 ml alkali iyodat azid çözeltisi ilave edilir. Bu işlem sırasında pipet veya dispenser uçlarının şişedeki örneğin içine girmesi sağlanmalıdır. Bu reaktifler yoğun olduğu için dipte kalır ve eşit miktarda su örneği dışarı taşar. Şişe kapağı hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapatılır. Bu sırada atmosferik oksijenle temas etmiş su kütlesi de taşırılmış olur. Şişeler yaklaşık bir dakika veya 10-15 kez alt üst edilerek içindeki çözeltilerin tamamen karışması sağlanır. Çökmenin tamamlanması için karanlıkta en az 20 dakika beklenir. Bu süre en fazla 12 saat olabilir.

Su örneklerinin çözünmüş oksijen içeriği İodometrik Winkler test metoduyla ölçülmüştür. İodometrik test en hassas ve güvenilir titrimetrik yöntemdir. Bu test cam örnekleme şişesindeki örneğe iki değerlikli mangan çözeltilisinin daha sonra da kuvvetli bir alkalinin ilavesi prensibine dayanmaktadır. Mevcut çözünmüş oksijen, ekivalan (eşdeğer) miktarda iki değerlikli mangani yükseltgeyerek hidroksit çökeleğini oluşturur. İyot iyonlarının ilavesiyle ve asidik koşullarda yükseltgenmiş mangan tekrar iki değerlikli duruma döner ve bu sırada numunede bulunan çözünmüş oksijene eşit miktarda İyot açığa çıkar. Açığa çıkan İyot standart tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyonun dönüm noktası nişasta yardımıyla görülebilir (Winkler, 1988).

#### **Çözünmüş Oksijen Analizinde Kullanılan Reaktifler ve Hazırlanışı:**

Mangan sülfat çözeltisi: 480 g Mangan sülfat ( $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ) distile suda çözülür, filtre edilip 1 l'ye distile su ile tamamlanır.

Alkali iyodat azid çözeltisi: 500 g Sodyum hidroksit ve 140 g potasyum iyodat distile suda çözülür, 1000 ml'ye distile su ile tamamlanır. 40 ml distile suda çözülmüş 10 g sodyum azid

ilave edilir.

Sülfürik asit: Konsantre sülfürik asit kullanılır.

Nişasta çözeltisi: 2 g çözülebilen nişasta ve 0,2 g salisilik asit 100 ml sıcak distile suda çözülür.

Sodyum tiyosülfat stok çözeltisi (0,10 N): 24,82 g sodyum tiyosülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) kaynatılmış ve soğutulmuş distile suda çözülür ve 1 l'ye distile su ile tamamlanır. 1 g sodyum hidroksit veya 5 ml kloroform ilave edilerek korumaya alınır.

Standart sodyum tiyosülfat titrant (0,0250 N): 250 ml sodyum tiyosülfat stok çözeltisi (0,10 N) 1 l'ye seyreltilir. Ya da 6,205 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  kaynatılmış soğutulmuş distile suda çözülür ve 1 l'ye tamamlanır. 5 ml kloroform veya 0,4 g sodyum hidroksit ilave edilerek korumaya alınır. Potasyum dikromat ile standardize edilir.

Standart potasyum dikromat (0,0250 N): 1,226 g potasyum dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) distile suda çözülür ve 1 l'ye tamamlanır. Çözelti hazırlanmadan önce potasyum dikromat  $103^\circ\text{C}$ 'de 2 saat kurutulur.

### 2.2.3. Biyolojik Parametreler:

**Klorofil-a:** Belirlenen derinliklerden yatay örnekleyiciler kullanılarak alınan 1 litre deniz suyu örnekleri, 0,8  $\mu\text{m}$  gözenek açıklığı ve 47 mm çap genişliğine sahip GF/F filtre kâğıtlarından 0,5 atm. vakum altında süzümüştür. Süzülen filtre kâğıtları analiz gününe kadar petri kaplarında  $-20^\circ\text{C}$  de, derin dondurucuda saklanmıştır. Örnekler %90'lık aseton ile özütlenmiş ve 24 saat buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabından çıkarılan örnekler 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra üstteki berrak sıvı otomatik pipetle alınarak spektrofotometre de 750, 663, 645, 630 nm dalga boyunda ölçümüştür. 750 nm ölçüm bulanıklık için kullanılır ve diğer dalga boylarında okunan değerlerden 750 nm de okunan değer çıkarılır.

$$\text{Klorofil-a } (\mu\text{g/l}) = ((11,64 \times (E_{663} - E_{750})) - (2,16 \times (E_{645} - E_{750})) + (0,01 \times (E_{630} - E_{750}))) \times v / V$$

V: Süzülen hacim (l)

v: ekstrakt hacmi (ml) E: Farklı dalga boylarındaki absorbans değerleri

### III. BULGULAR

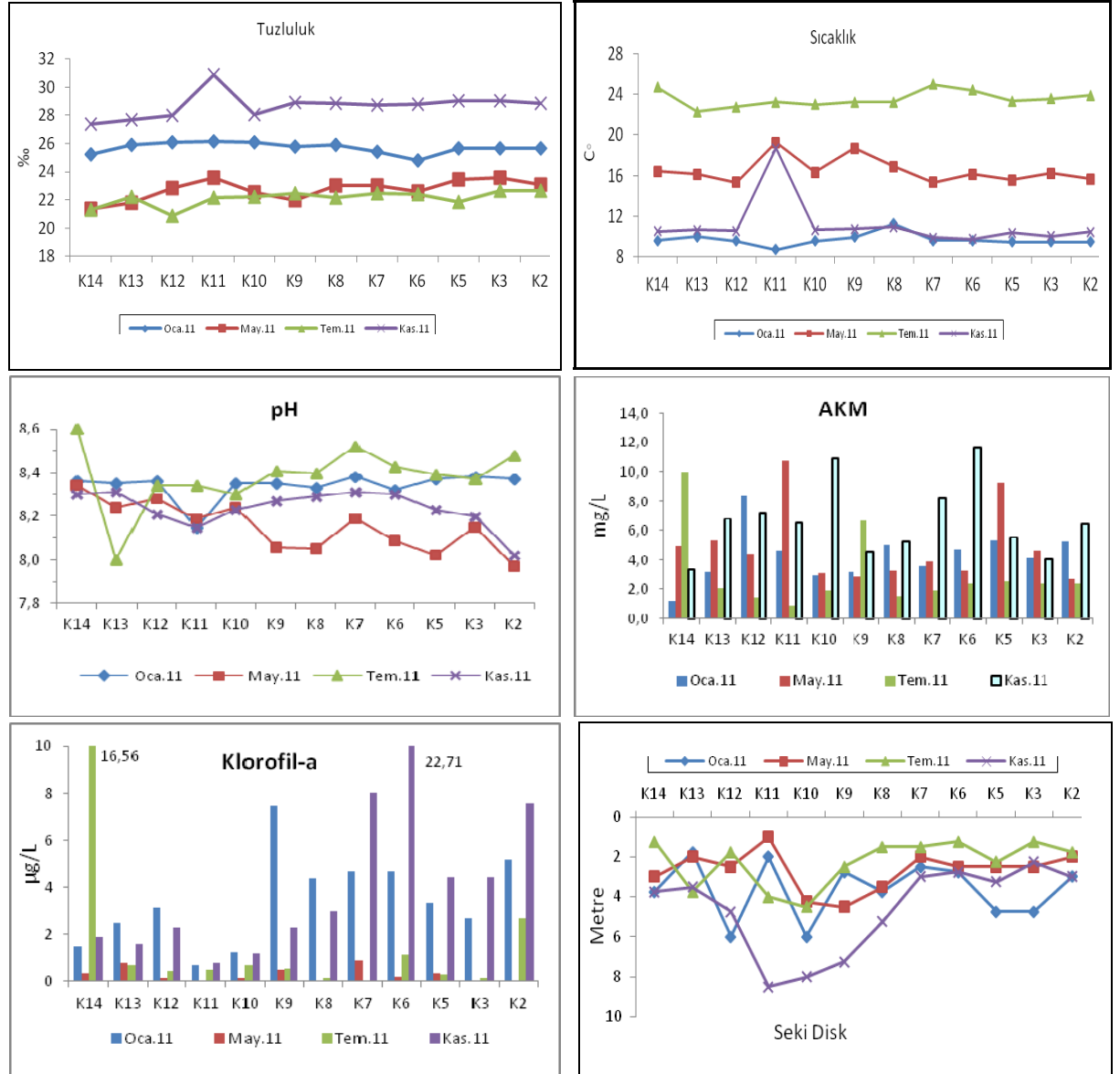
#### 3.1. Derelerin Döküldüğü Kıyı İstasyonları

Kıyasal kirlenmeyi izlemek için, karasal girdilerin yoğun olduğu Körfezin kuzey ve doğu bölgelerinde derelerin döküldüğü yerlerdeki kıyı suyunda yüzey örneklemeleri mevsimsel olarak (Kış mevsimini temsilen Ocak ayı, İlkbahar mevsimini temsilen Mayıs ayı, yaz mevsimini temsilen Temmuz ayı ve Sonbahar mevsimini temsilen Kasım ayı) gerçekleştirilmiştir. Çalışma istasyonlarına ait bilgiler ve sefer tarihleri Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir. Derelerin denize döküldüğü bölgelerden seçilen 12 adet kıyı istasyonunda ölçülen parametreler (Sıcaklık, Tuzluluk, pH, ışık geçirgenliği (seki disk), Askıda Katı Madde (AKM), Klorofil-a, Toplam Fosfor (TF), Toplam Azot (TN), Nitrat+Nitrit Azotu, Amonyum Azotu, Orto-Fosfat, Silikat) Şekil 6 ve Şekil 7’de sunulmuştur.

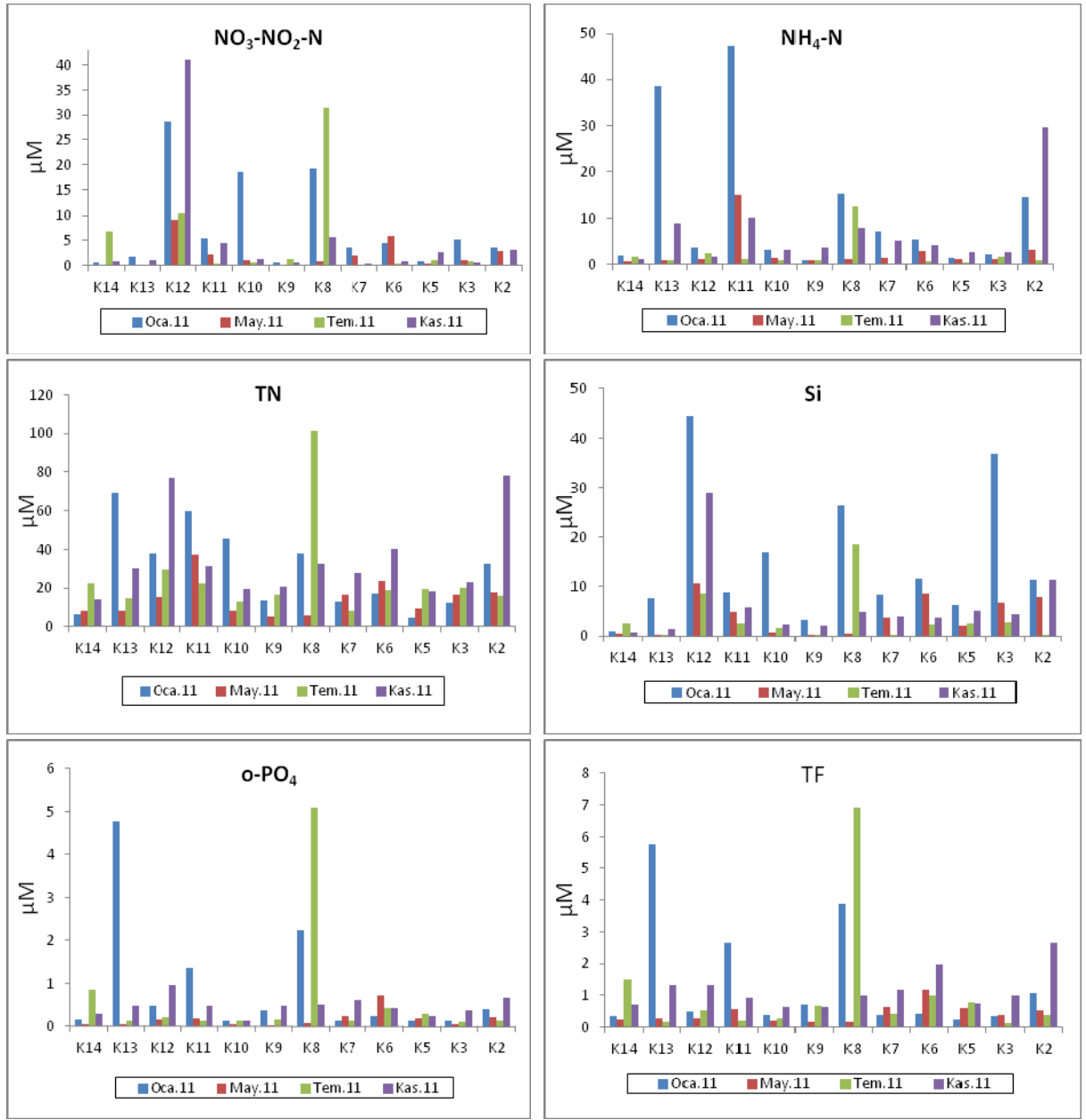
Ölçümlerin yapıldığı dört mevsim boyunca kıyı yüzey sularında tuzluluk değerleri 20,89 ile 30,90 ppt arasında değişim göstermiş; en düşük tuzluluk değeri (20,89 ppt) Temmuz ayında Hereke’de bulunan Ambarlı Deresi etkisindeki K12 nolu istasyonda ölçülmüştür. Bu istasyonlarda dört mevsim boyunca yüzey suyu sıcaklıkları 8,74 ile 25°C aralığında belirlenmiştir. En düşük yüzey suyu sıcaklıkları Ocak ayında, yüksek sıcaklıklar ise Temmuz ayında gözlenmiştir (Şekil 6). Ova Dere etkisindeki K11 istasyonunda ölçülen sıcaklık değerlerine göre Kasım ayındaki deniz suyu sıcaklıklarında diğer kıyı istasyonlarına göre yaklaşık 8°C’lik artış olduğu tespit edilmiştir. Aynı istasyonun Kasım ayında tuzluluk değeri (30,90 ppt) de diğer kıyı istasyonlarına göre daha yüksek çıkmıştır. Kıyı yüzey sularında pH değerleri 7,97-8,60 aralığında değişim göstermiştir (Şekil 6). Suyun ışık geçirgenliği konusunda fikir veren seki disk derinliği 1 ile 8,5 m arasında ölçülmüştür. Düşük değerler (<2m.) en çok Temmuz ölçüm periyodunda 7 istasyonda gözlenmiştir.

Askıda Katı Madde (AKM)’nin dört mevsim boyunca değişim aralığı 0,9-11,6 mg/l olarak kaydedilmiştir. En yüksek değerler, Mayıs ayında Dil Deresi etkisindeki K11 istasyonu 10,8 mg/l, Kasım ayında Eynarca Deresi etkisindeki K10 istasyonu 10,9 mg/l ve Çınarlı Deresi etkisindeki K6 istasyonu 11,6 mg/l olarak ölçülmüştür. Temmuz ayı değerleri genel olarak düşüktür ve su kirliliği kontrol yönetmeliğinde verilen 3 mg/l’nin altındadır.

Ancak bu ölçüm dönemine ilişkin SKKY değerinin üzerinde, Çayırova Deresi etkisinde olan K14 istasyonu 10 mg/l ve Hamza Deresi etkisinde olan K9 istasyonu 6,7 mg/l olarak ölçülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. İzmit Körfezi'nde kıyıs alanda ölçülen parametrelerin mevsimsel değişimi



Şekil 7. İzmit Körfezi'nde kıyısal alanda ölçülen besin elementlerinin mevsimsel değişimi

Seki disk derinliği (görünürlüğü) su kalitesini tanımlayabilecek basit bir göstergedir. Suyun ışık geçirgenliği konusunda fikir veren seki disk derinliği derelerin denize döküldüğü bu istasyonlarda mevsimsel olarak 1 ile 8,5 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Genellikle en düşük ölçüm derinlikleri Temmuz döneminde, en yüksek ölçüm derinlikleri ise Kasım döneminde ölçülmüştür (Şekil 6).

Fotosentez yoluyla çoğalan fitoplankton popülasyonunun bir göstergesi olan klorofil-a, 2011 yılı içerisinde mevsimsel olarak yapılan örnekleme sonucunda 0,05 µg/l ile 22,71 µg/l aralığında belirlenmiştir. Kıyı istasyonlarındaki klorofil-a ölçümleri kış mevsimi örneklemede ilkbahara göre yüksek derişimlerde gözlenmiştir (Şekil 6). 2011 yılı içerisinde en yüksek klorofil-a değeri 22,7 µg/l (Kasım 2011) ile K6 (Çınarlı Dere etkisinde) istasyonudur. En düşük derişimler ise Mayıs ayında gözlenmiştir (Şekil 6).

Denizel ortama karışan silikatın büyük bir kısmı karasal kökenli sürüklenmelerle olmaktadır. Özellikle yağışlı dönemlerde yüzey suyunda doğal seviyeden daha yüksek oranda silis artışı meydana gelmektedir. Kıyı istasyonlarında silikat değerleri ölçüm yapılan zaman boyunca 0,02 µM ile 44 µM aralığında tespit edilmiştir. En yüksek silikat değerleri Ocak ayı örneklemede elde edilmiştir. Dört mevsim boyunca gözlenen en yüksek silikat değerleri K12 (Hereke Ambarlı Dere etkisindeki istasyon) istasyonu olmuştur (Şekil 7).

Kıyı istasyonlarında 2011 yılı içerisinde orto-fosfat (PO<sub>4</sub>-P) değişimi 0,03 µM ile 5,10 µM arasında gözlenmiştir. En yüksek değerler Temmuz 2011 döneminde 5,10 µM olarak ölçülen K8 (Ağa Dere etkisindeki istasyon) istasyonu olmuştur. Genel olarak tüm kıyı istasyonlarında Mayıs 2011 döneminde en düşük orto-fosfat değerleri elde edilmiştir (Şekil 7).

Orto-fosfat sonuçları ile paralel artış gösteren Toplam fosfat sonuçları 2011 yılı içerisinde 0,13 µM ile 6,90 µM arasında belirlenmiştir. En yüksek değer orto-fosfat sonucunda olduğu gibi Ağa Dere etkisindeki K8 istasyonunda, en düşük değerler tüm kıyı istasyonları için Mayıs 2011 örneklemesinden elde edilmiştir (Şekil 7).

Nitrat+nitrit azotu (NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N) ölçüm sonuçlarına göre 2011 yılı içerisinde genellikle en yüksek sonuçlar Hereke Ambarlı Deresi etkisindeki K12 istasyonu (Ocak 2011'de 28,60 µM, Mayıs 2011'de 9,03 µM, Temmuz 2011'de 10,46 µM ve Kasım 2011'de 41,18 µM) ve Ağa Dere etkisindeki K8 (Ocak 2011'de 19,14µM, Temmuz 2011'de 31,31 µM) istasyonundan elde edilmiştir. En düşük sonuç ise Temmuz 2011 döneminde K7 istasyonu (Kipa Dere etkisindeki istasyon Temmuz 2011'de 0,03 µM) olmuştur (Şekil 7).

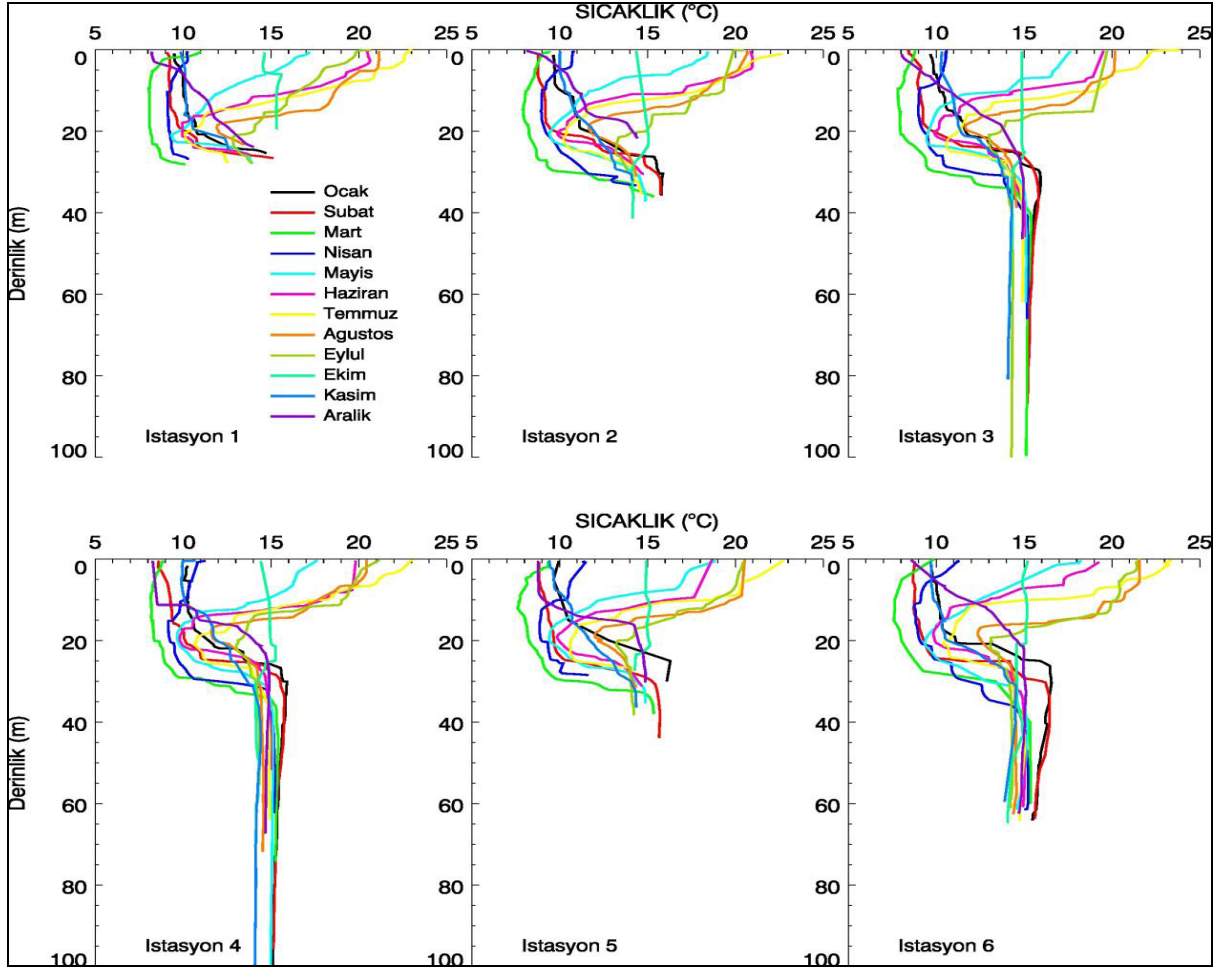
Karadan taşınımın önemli indikatörlerinden biri olan amonyum azotu ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) evsel atık girdilerinin varlığı ile de ilişkilendirilebilir. Özellikle Ocak 2011 (14,45  $\mu\text{M}$ ) ve Kasım 2011 (29,59  $\mu\text{M}$ ) dönemlerinde K2 (Sarı Dere etkisindeki istasyon), K11 (Dil Deresi etkisindeki istasyon Ocak 2011'de 47,31  $\mu\text{M}$ , Mayıs 2011'de 14,83  $\mu\text{M}$  ve Kasım 2011'de 10,26  $\mu\text{M}$ ), K13 (Eskihisar Sarp Deresi etkisindeki istasyon Ocak 2011'de 38,54  $\mu\text{M}$  ve Kasım 2011'de 9,01  $\mu\text{M}$ ) istasyonlarında elde edilen yüksek değerler karadan önemli bir girdinin olduğuna işaret etmektedir (Şekil 7).

Toplam Azot (TN), 2011 yılı süresince yapılan mevsimsel örneklemeler sonucu tüm kıyı istasyonlarında 4,89  $\mu\text{M}$  ile 101,38  $\mu\text{M}$  arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Diğer ölçülen besin elementleri konsantrasyonlarında olduğu gibi en yüksek sonuç Temmuz 2011 döneminde 101,38  $\mu\text{M}$  olarak K8 (Ağa Dere etkisindeki istasyon) istasyonu dikkati çekmektedir (Şekil 7).

### **3.2. İzmit Körfezi Aylık İzleme Çalışmaları**

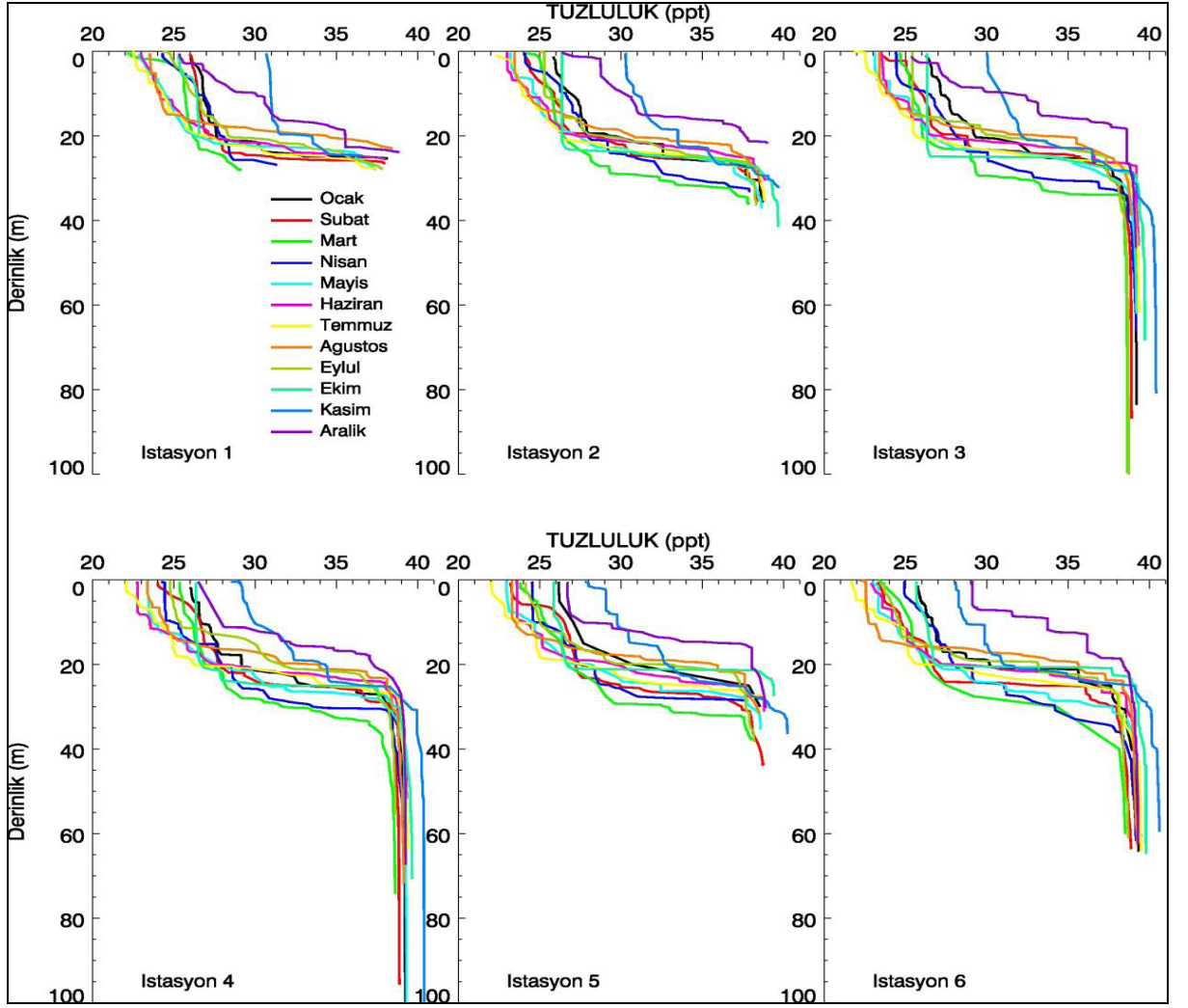
#### **3.2.1. Fiziksel Ölçümler**

**Sıcaklık:** İzmit Körfezinde 2011 yılı içerisinde, belirlenen 6 istasyonda aylık olarak yerinde YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı ile su kolonu boyunca ölçümler yapılmış, mevsimlik değişimler ile farklı su tabakası kalınlıklarını gösteren sonuçlar Şekil 8'de grafik olarak sunulmuştur. Ölçüm döneminde en düşük yüzey suyu sıcaklığı Mart 2011' de 8 °C civarında ölçülmüştür. En yüksek yüzey suyu sıcaklığı ise Temmuz 2011'de 24 °C'ye kadar çıkmıştır. Yüzey suları için yaz kış sıcaklık farkı yaklaşık 16 °C civarındadır. Ara tabakanın derinliği değişmekle birlikte sürekli bir termoklin tabakasının varlığı görülmektedir. Sadece Ekim 2011'de termoklin tabakası görülmemektedir.



Şekil 8. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı sıcaklık değişimleri

**Tuzluluk:** Tuzluluk ölçümleri de sıcaklık ölçümlerinde olduğu gibi YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı ile 2011 yılında aylık olarak belirlenen istasyonlarda yerinde ölçülmüş olup elde edilen değerler Şekil 9 'da sunulmuştur. Yüzeysel tuzluluk değerleri % 23-30 arasında değişim göstermektedir. Yüzeysel tuzluluğunun en fazla olduğu dönem Kasım ve Aralık aylarıdır. Temmuz ayında ise en düşük tuzluluk değerlerine ulaşılmıştır. Sıcaklık yönünden oluşan tabakalaşmaya paralel olarak tuzluluk yönünde de 1.istasyon hariç diğer istasyonlarda belirgin bir şekilde tabakalaşma gözlenmiştir. Yüzeysel tabaka bir haloklinle derin su tabakasından ayrılmaktadır. Haloklin tabakasının derinliği ve kalınlığı da mevsimsel değişimler göstermektedir. Alt tabakanın tuzluluğu ise % 38'i aşmakta olup Akdeniz kökenli sulardır.



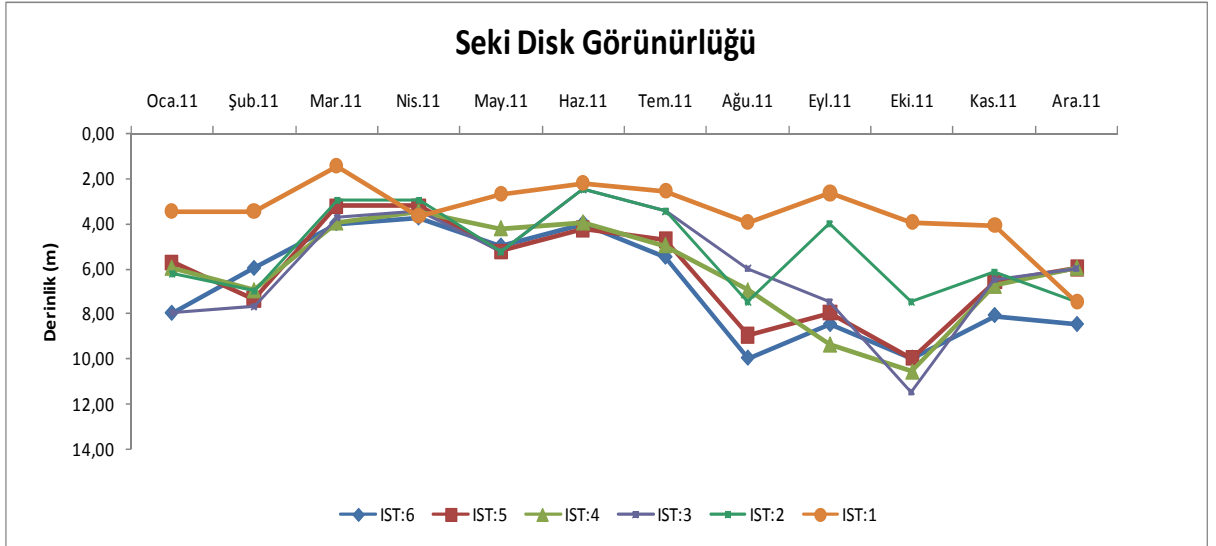
Şekil 9. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı tuzluluk değişimleri

**Işık Geçirgenliği:** Denizlerdeki canlı yaşamın oluşmasını ve besin ağının sürekliliğini sağlayan temel parametrelerden birisi de güneş ışığıdır. Güneş ışığı sudaki çözülmüş ve partikül madde tarafından absorblanır ya da yansıtılır (Morkoç v.d., 1996).

Su kolonunda güneş ışığının ulaştığı derinliği bulmanın en basit yöntemi, 30 cm. çapında beyaz bir plaka (Seki Disk) kullanmaktır. Gündüz saatlerinde denize açısız olarak sarkıtılan plakanın çıplak gözle izlenebildiği derinlik (m.) kaydedilir.

İzmit Körfezinde 2011 yılı boyunca ölçülen seki disk değerleri Şekil 10 ve Tablo 5’de sunulmuştur. Yıl içinde seki disk değerleri 1,50 ile 11,50 m arasında değişmektedir. En düşük SD ölçümü (1,50 m) Mart ayında 1. istasyonda ölçülmüştür. Ortalama SD. değeri 3,50 m olan

iç körfezde bulunan 1.istasyon en düşük ışık geçirgenliğine sahiptir. Yaz sonu ve sonbaharda SD değerleri artmaktadır. En yüksek SD Ekim ayında 3.istasyonda 11,50 m ölçülmesine rağmen ortalama değeri en yüksek ışık geçirgenliği 6.istasyon olmuştur (ort.SD:6,7 m).



Şekil 10. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında istasyonlarda ölçülen Seki Disk derinlikleri

Tablo 5. İzmit Körfezinde ölçülen seki disk derinlikleri (m)

	1.İstasyon	2.İstasyon	3.İstasyon	4.İstasyon	5.İstasyon	6.İstasyon
Ocak 2011	3,50	6,25	8,00	6,00	5,75	8,00
Şubat 2011	3,50	7,00	7,70	7,00	7,40	6,00
Mart 2011	1,50	3,00	3,75	4,00	3,25	4,00
Nisan 2011	3,70	3,00	3,50	3,50	3,25	3,75
Mayıs 2011	2,75	5,25	5,25	4,25	5,25	5,00
Haziran 2011	2,25	2,50	2,50	4,00	4,25	5,50
Temmuz 2011	2,60	3,50	3,50	5,00	4,75	5,50
Ağustos 2011	4,00	7,50	6,00	7,00	9,00	10,00
Eylül 2011	2,70	4,00	7,50	9,40	8,00	8,50
Ekim 2011	4,00	7,50	11,50	10,60	10,00	10,00
Kasım 2011	4,10	6,20	6,50	6,80	6,60	8,10
Aralık 2011	7,50	7,50	6,00	6,00	6,00	8,50

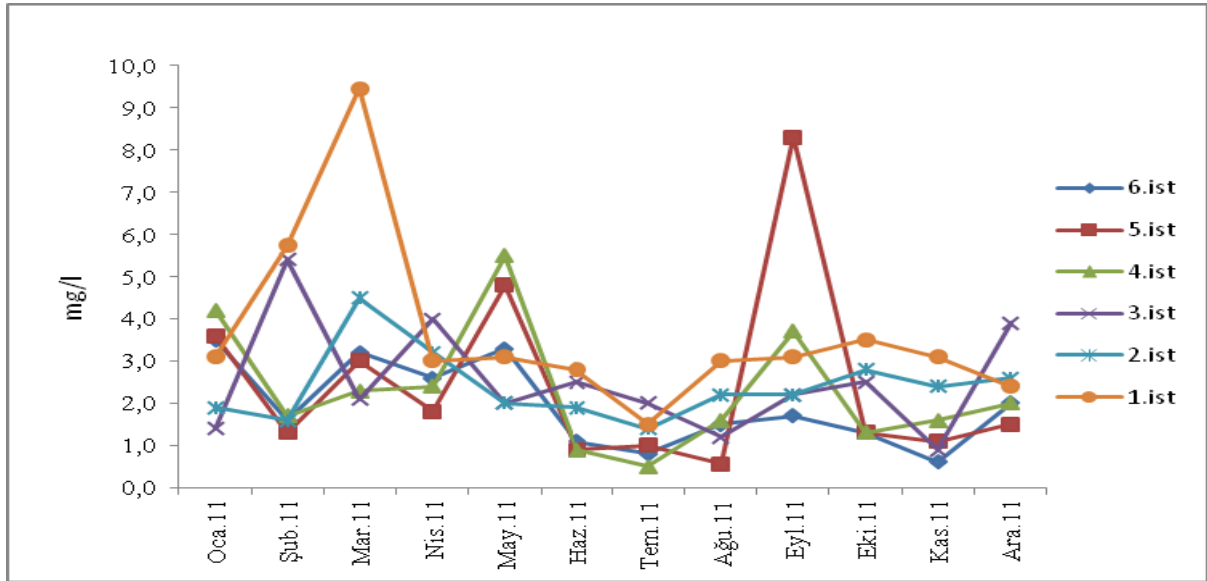
**Askıda Katı Madde (AKM):** Denizlerde askıda katı maddenin iki ana kaynağı vardır. Bunlardan biri karasal kaynakların ırmak ve dereler yolu ile denize ulaştırdığı maddelerdir. İkinci önemli kaynak ise fitoplankton tarafından (mikroskopik bitkisel organizmalar) birincil üretim sonucu ortaya çıkan partikül maddelerdir (Ediger v.d., 2010; Algan v.d., 1999).

İzmit Körfezinde AKM ölçümü 2011 yılı içerisinde aylık periyotlarda yüzey ve 15 m derinlikte olmak üzere belirlenen istasyonlarda gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler sonucunda AKM değerleri 0,5 mg/l-9,5 mg/l aralığında ölçülmüştür (Şekil 11, Tablo 6). En yüksek AKM değeri Mart ayında 1.ist.'da ve Eylül ayında 5.ist.'da ölçülmüştür. En düşük AKM değeri ise Temmuz ayında 4.ist.'da ve Ağustos ayında 5.istasyonda ölçülmüştür.

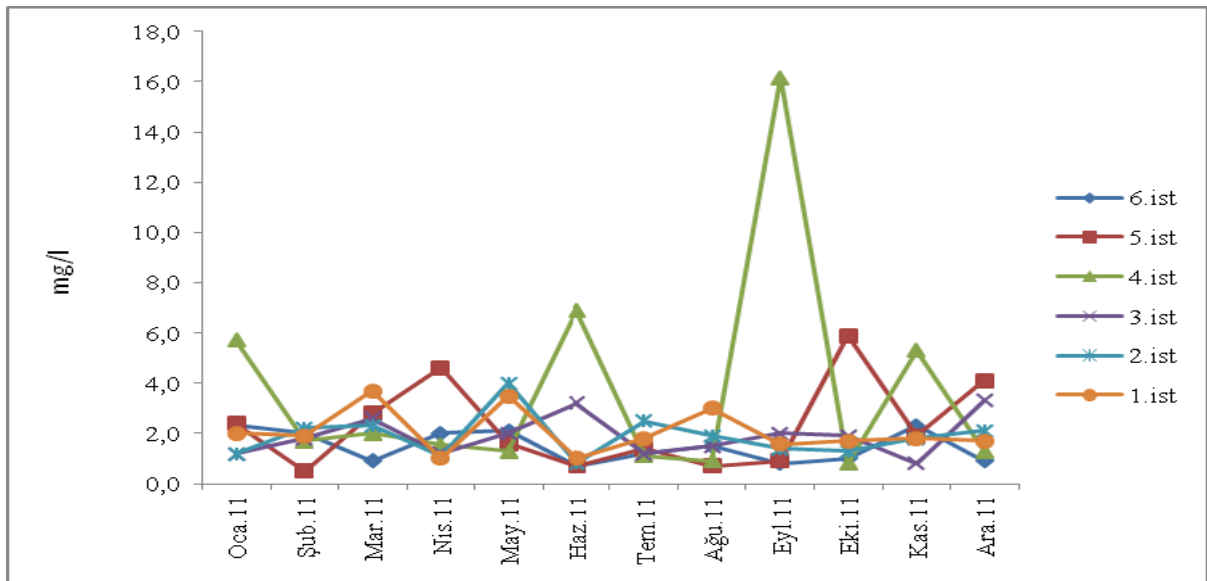
Tablo 6. İzmit Körfezi yüzeyinde ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri (mg/l)

	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Ocak 2011	3,1	1,9	1,4	4,2	3,6	3,5
Şubat 2011	5,7	1,6	5,4	1,7	1,3	1,6
Mart 2011	9,5	4,5	2,1	2,3	3,0	3,2
Nisan 2011	3,0	3,2	4,0	2,4	1,8	2,6
Mayıs 2011	3,1	2,0	2,0	5,5	4,8	3,3
Haziran 2011	2,8	1,9	2,5	0,9	0,9	1,1
Temmuz 2011	1,5	1,4	2,0	0,5	1,0	0,8
Ağustos 2011	3,0	2,2	1,2	1,6	0,6	1,5
Eylül 2011	3,1	2,2	2,2	3,7	8,3	1,7
Ekim 2011	3,5	2,8	2,5	1,3	1,3	1,3
Kasım 2011	3,1	2,4	0,9	1,6	1,1	0,6
Aralık 2011	2,4	2,6	3,9	2,0	1,5	2,0

Mevsimsel ve mekansal olarak yüzeyde ölçülen AKM değerleri incelendiğinde, yaz aylarında dış körfezi temsilen seçilen 5. ve 6. istasyonlarda düşük değerler gözlenmektedir. Mart, Mayıs ve Eylül aylarında ise AKM değerlerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil 11. İzmit Körfezi yüzeyinde ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri



Şekil 12. İzmit Körfezi 15 m. ölçülen Askıda Katı Madde (AKM) değerleri

İzmit Körfezi 15 m'de ölçülen AKM değerleri ise 0,5 mg/l-16,2 mg/l aralığında değişmektedir (Şekil 12). 15 m'de en yüksek AKM değeri Eylül ayında 4.ist.'da ölçülürken, en düşük değer Şubat ayında 5.ist.'da ölçülmüştür.

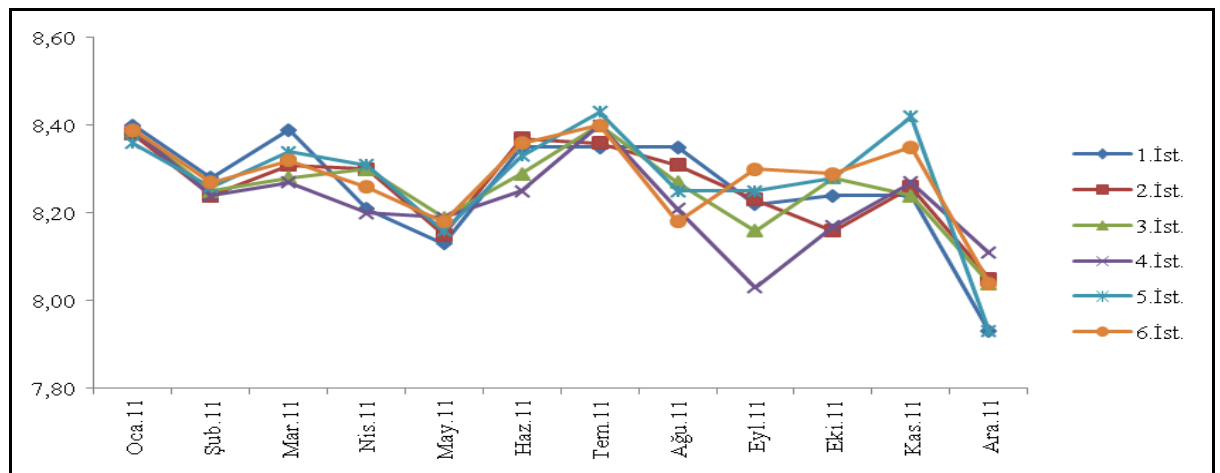
### 3.2.2. Kimyasal Ölçümler

**pH:** Su ortamlarının pH'sı bu ortamdaki biyolojik olaylara ve sıcaklığa bağlı olarak mevsimsel ve hatta günlük değişimler gösterebilirler. Suların pH'sı kış aylarında düşük, yaz aylarında ise en yüksek değerde olmaktadır (Kocataş, 2002).

pH ölçümleri, YSI marka 6600 V2 model CTD cihazı ile yapılmıştır. İzmit Körfezi yüzeyinde ölçülen pH değerleri Tablo 7 ve Şekil 13' de sunulmuştur. En düşük pH değerleri Aralık ayında ölçülmüştür. Kış döneminde ortalama pH 8,22 ölçülürken, sonbaharda 8,24, ilkbaharda 8,25, yazın ise 8,33 olarak ölçülmüştür.

Tablo 7. İzmit Körfezinde ölçülen yüzey pH değerleri

	1.İstasyon	2.İstasyon	3.İstasyon	4.İstasyon	5.İstasyon	6.İstasyon
Ocak 2011	8,40	8,38	8,39	8,39	8,36	8,39
Şubat 2011	8,28	8,24	8,25	8,24	8,26	8,27
Mart 2011	8,39	8,31	8,28	8,27	8,34	8,32
Nisan 2011	8,21	8,30	8,30	8,20	8,31	8,26
Mayıs 2011	8,13	8,15	8,19	8,19	8,16	8,18
Haziran 2011	8,35	8,37	8,29	8,25	8,33	8,36
Temmuz 2011	8,35	8,36	8,40	8,40	8,43	8,40
Ağustos 2011	8,35	8,31	8,27	8,21	8,25	8,18
Eylül 2011	8,22	8,23	8,16	8,03	8,25	8,30
Ekim 2011	8,24	8,16	8,28	8,17	8,28	8,29
Kasım 2011	8,24	8,26	8,24	8,27	8,42	8,35
Aralık 2011	7,93	8,05	8,04	8,11	7,93	8,04



Şekil 13. İzmit Körfezinde ölçülen yüzey pH değerleri

**Çözünmüş Oksijen:** Deniz suyunda çözünmüş halde bulunan oksijen, sucul ortamların özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan parametrelerin en önemlilerinden biridir. ÇO'nun mevsimsel değişimleri sıcaklık ve biyolojik aktivitelere bağlı olarak gelişir. 2011 yılı boyunca aylık olarak su kolonu boyunca belirlenen derinliklerden örneklemeler yapılmış olup, ÇO analizleri Winkler yöntemi ile yapılmıştır.

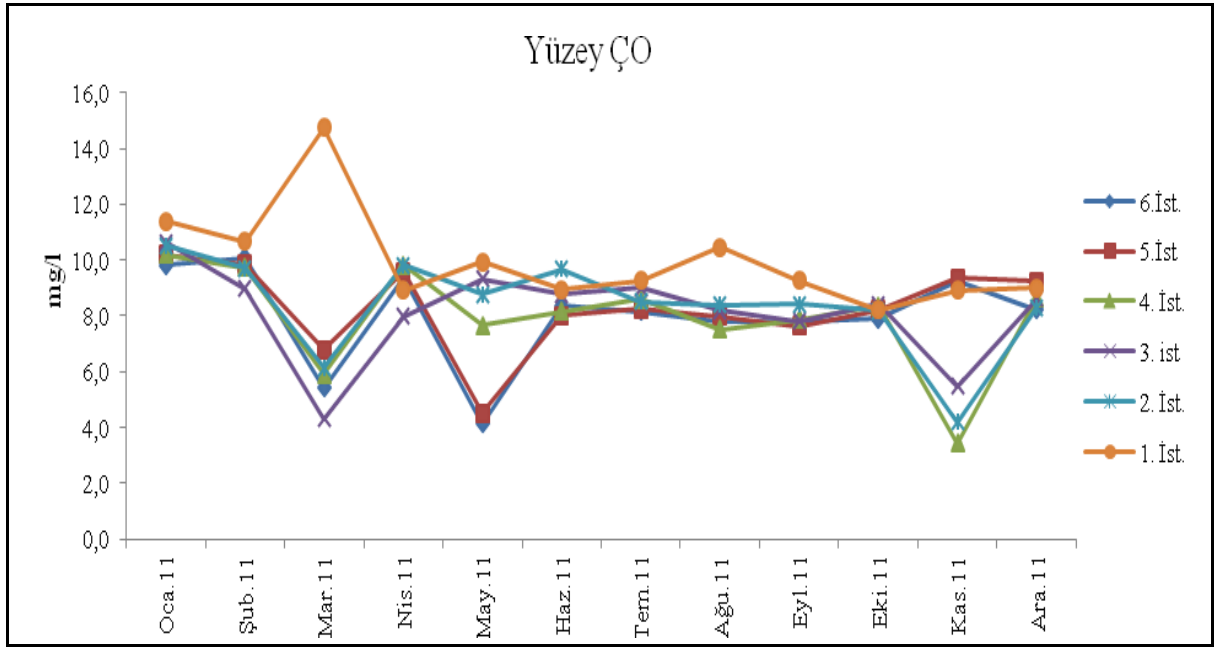
2011 yılı içerisinde tüm istasyonların yüzeyin ÇO değerleri 3,4 mg/l ile 14,7 mg/l arasında değişmektedir. Bu çalışmada ÇO değerinin en yüksek elde edildiği değer (14,7 mg/l) Mart ayında 1.ist. olmuştur. Bu yüksek değerlerin nedeni Mart ayında 1. ist.'da yüzeyde ölçülen yüksek klorofil-a (13,6 µg/l) değeri ile örtüşmektedir (Şekil 14). Tüm istasyonlarda yüzey ve ara tabakadaki ÇO değerlerinin Ocak ve Şubat aylarında yüksek olması, bu dönemde su sıcaklığının düşük seviyede olması ve tüketimin az olması ile ilişkilendirilebilir. Alt tabakanın ÇO konsantrasyonu su kütlelerinin körfez içerisindeki kalış süresi ile üst sulardan giren organik madde miktarına bağlı olarak yıl içerisinde değişiklik göstermektedir (Morkoç v.d., 1996; Balkıs, 2003).

1.ist.'da yüzey tabakada ÇO değerleri 8,2 mg/l ile 14,7 mg/l, ara tabakada 3,3 mg/l ile 10,7 mg/l, alt tabakada 0,4 mg/l ile 7,1 mg/l arasında değişmektedir. 1.ist.'nun derinliğinin az (25 m.) ve Ekim ayında su kolonu boyunca karışımın olmasından dolayı yüzeydeki oksijen derinlere kadar taşınmıştır. İç körfezde bulunan 1.ist.'nun yüzey tabaka ÇO konsantrasyonları karasal girdilerin fazlalığından dolayı biyolojik aktivitenin artışına paralel olarak örnekleme yapılan diğer istasyonlara göre yüksek çıkmıştır (Şekil 15).

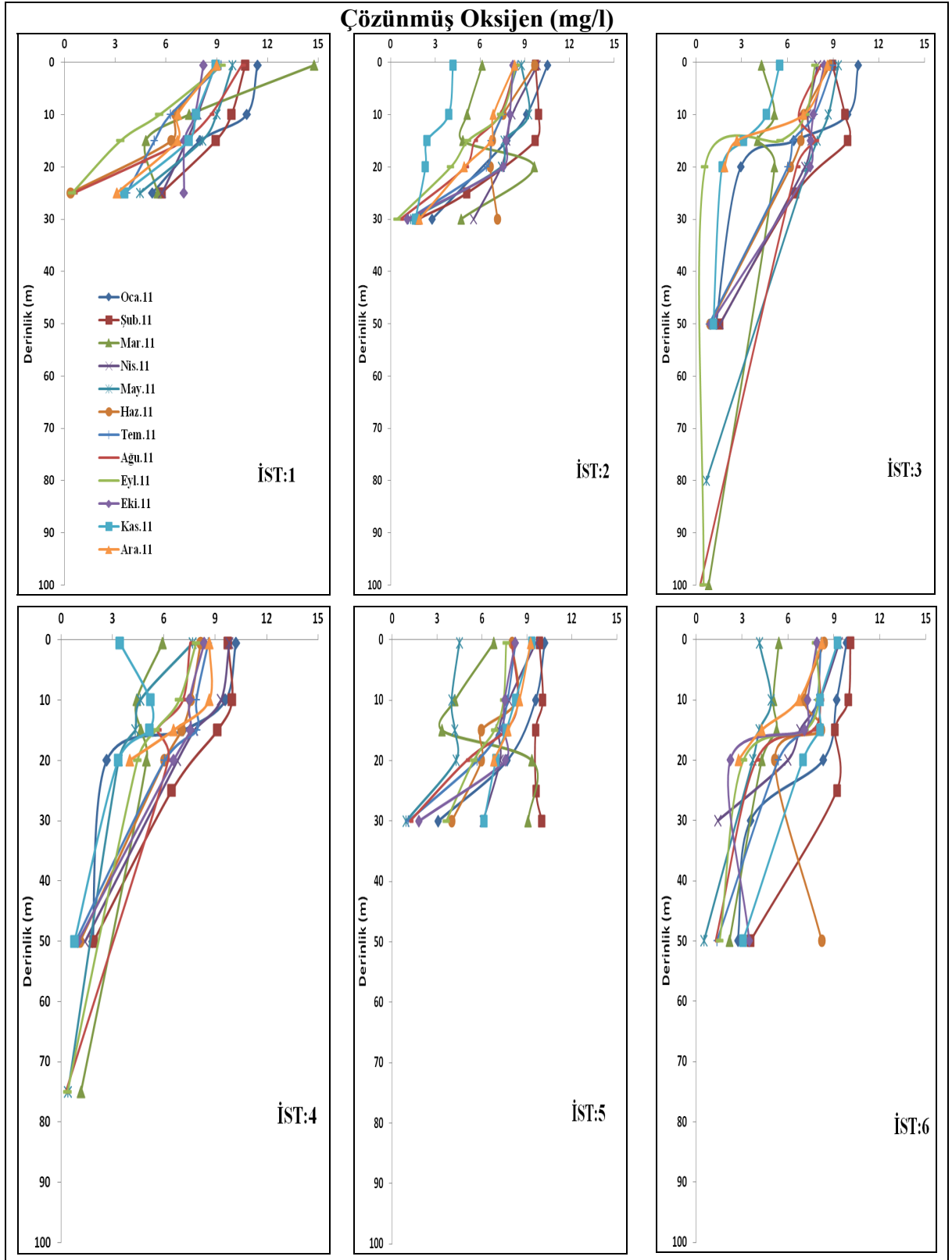
2.ist.'da ise, yüzey tabakada ÇO değerleri 4,2 mg/l ile 10,5 mg/l, ara tabakada 2,3 mg/l ile 9,9 mg/l, alt tabakada 0,4 mg/l ile 7,1 mg/l arasında değişmektedir. Kasım ve Mart aylarında su kolonu boyunca düşük ÇO değerleri gözlenmiştir. Mart ayında yüzeyde düşük ÇO değerleri (6,1 mg/l) ölçülürken, ara tabakada ÇO değeri 9,6 mg/l'e kadar çıktığı, alt tabakada ÇO'nin azaldığı (4,1 mg/l) gözlenmiştir (Şekil 15).

Orta körfezde bulunan 3 ve 4.ist.'da yüzey tabakada ÇO değerleri 3,4 mg/l ile 10,6 mg/l, ara tabakada 0,6 mg/l ile 9,9 mg/l, alt tabakada 0,3 mg/l ile 1,9 mg/l arasında değişmektedir. Bu istasyonlarda da 2.İst.'da olduğu gibi Mart ve Kasım aylarında ÇO değerleri su kolonu boyunca düşük çıkmıştır (Şekil 15).

Dış körfezde bulunan 5. ve 6. ist.'da benzer ÇO değerleri elde edilmiştir. Yüzey tabakada 4,1 mg/l ile 10,2 mg/l, ara tabakada 1,4 ile 10,1 mg/l, alt tabakada ise 0,5 mg/l ile 10,0 mg/l arasında ÇO değerleri ölçülmüştür. 5.ist.'da kış koşullarındaki karışımından dolayı yüzeydeki oksijen alt tabakaya kadar inmiştir. Dış körfezde Mart ve Mayıs aylarında yüzey tabakada düşük ÇO konsantrasyonları elde edilmiştir. Ancak 5.ist'da mart ayında yüzeyde düşük ÇO değerleri ölçülmüş olmasına rağmen alt tabakada yüksek ÇO değerleri ölçülmüştür (Şekil 15)



Şekil 14. 2011 yılı boyunca İzmit Körfezinde ölçülen yüzey suyu ÇO değişimleri



Şekil 15. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı ÇO değişimleri

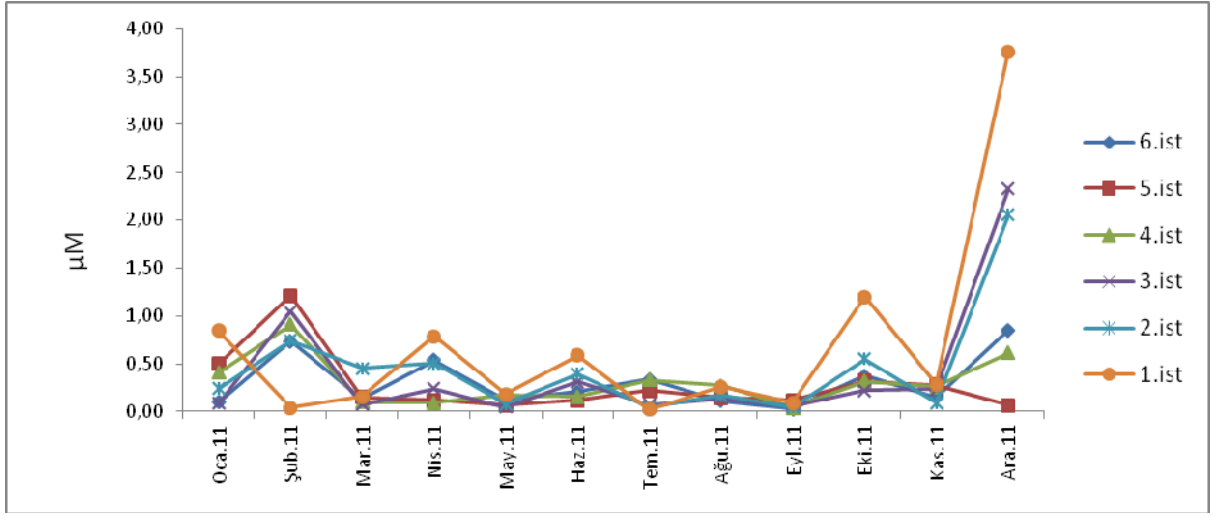
**Besin Elementleri:** İzmit Körfezi'nde yerleşim ve endüstri alanlarının yoğun olduğu bölgelerde karasal kaynaklardan taşınan besin elementleri (azot ve fosfat) girdileri de yüksektir. Bu elementlerin deniz suyundaki konsantrasyonları, biyolojik rollerinden ötürü, zaman ve yöreye bağlı olarak çok değişir (Kocataş, 2002). Bu elementlerin artışı yarı-kapalı ekosistem özelliği olan İzmit Körfezi'nde ötrofikasyona ve çevresel problemlere neden olmaktadır (Ediger v.d., 2010).

Besin elementleri analizi 2011 yılı içerisinde aylık olarak belirlenen 6 istasyonda su kolonu boyunca belirli derinliklerden alınan örneklerde dört kanallı Scalar marka Otoanalizör cihazı ile ölçülmüştür.

**Nitrat+Nitrit Azotu:** 2011 yılı boyunca yüzey suyunda nitrat+nitrit azotu 0,02  $\mu\text{M}$  ile 3,76  $\mu\text{M}$  arasında dağılım göstermiş ve en yüksek değer Aralık ayında karasal girdinin fazla olduğu iç körfezde olan 1.ist.'da bulunmuştur (Şekil 16).

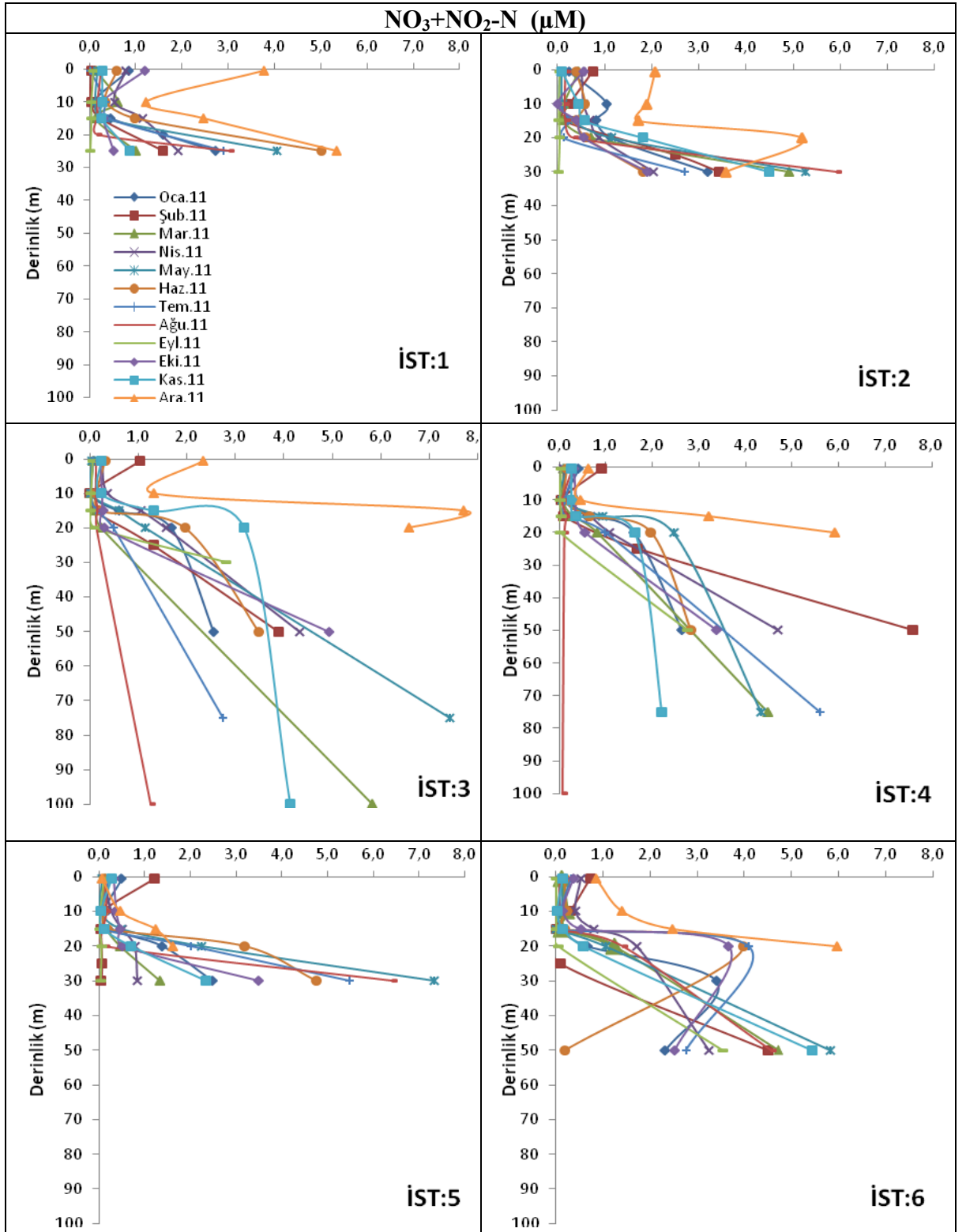
Su kolonu boyunca genel olarak nitrat+nitrit azotu dağılımları incelendiğinde haloklin tabakasının başlangıcından itibaren değerlerin hızla arttığı ve alt tabakaya kadar bu artışın devam ettiği gözlenmiştir. Sadece Aralık ayında 2 ve 3.ist.'da, Ocak, Haziran, Temmuz ve Ekim aylarında 6.ist.'da ara tabaka alt tabakaya göre yüksek çıkmıştır. Genel olarak yıl boyunca tüm istasyonların yüzeyinde nitrat+nitrit azotu çok düşük seviyelerde ölçülmüştür. Bu azotun fitoplankton tarafından tamamen tüketildiğinin göstergesidir (Şekil 17).

Nitrat+nitrit azotu yüzey derişimleri bölgesel olarak incelendiğinde genel olarak iç körfezi temsilen seçilen 1 ve 2. istasyonda daha yüksek derişimler ölçülmüştür.



Şekil 16. Nitrat+nitrit azotu derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı

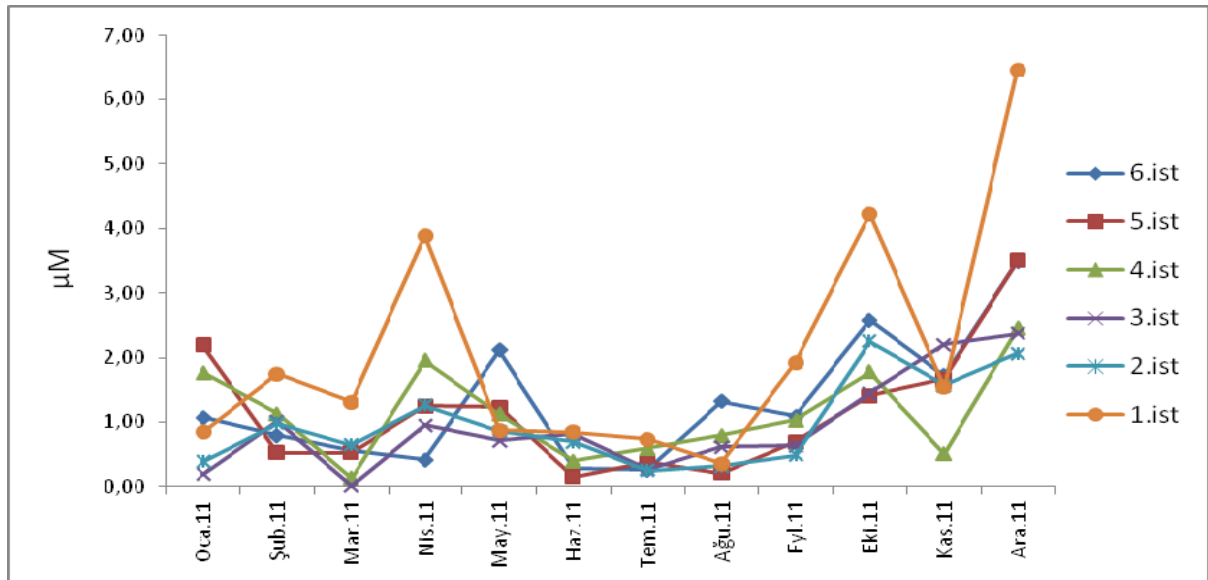
Nitrat +nitrit azotu, örnekleme yapılan zaman aralığında yüzey sularında, 1.istasyonda 0,02  $\mu\text{M}$ -3,76  $\mu\text{M}$ , 2.istasyonda 0,05  $\mu\text{M}$ -2,06  $\mu\text{M}$ , 3.istasyonda 0,05  $\mu\text{M}$ -2,33  $\mu\text{M}$ , 4.istasyonda 0,04  $\mu\text{M}$ -0,91  $\mu\text{M}$ , 5.istasyonda 0,06  $\mu\text{M}$ -1,21  $\mu\text{M}$  ve 6.istasyonda 0,03  $\mu\text{M}$ -0,85  $\mu\text{M}$  aralığında değişim göstermektedir. En yüksek değerler Şubat ve Aralık aylarında ölçülmüştür (Şekil 16).



Şekil 17. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N değişimleri

**Amonyum Azotu:** 2011 yılında aylık olarak ölçülen örnekleme yapılan istasyonlarda amonyum azotu derişimi aralığı 0,01  $\mu\text{M}$  ile 6,47  $\mu\text{M}$  arasında belirlenmiştir. En yüksek amonyum azotu (6,47  $\mu\text{M}$ ) Aralık ayında 1.istasyonda ölçülmüştür. Evsel ve endüstriyel kökenli sular 1.istasyonda amonyum azotu derişimlerini artırmaktadır. Derişimler Nisan, Ekim ve Aralık aylarında artış göstermiş olduğu saptanmıştır. Yaz mevsiminde ise daha düşük amonyum azotu değerleri elde edilmiştir. Sonbaharda artış görülmeye başlamıştır. Amonyum azotunun yüzeyde kış başında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir (Şekil 18).

Derinliğe göre değişime bakıldığında (Şekil 19) amonyum azotu derişimleri su kolonu boyunca salınımlar göstermiş olup ara derinliklerde yer yer maksimum seviyelere ulaşmıştır.



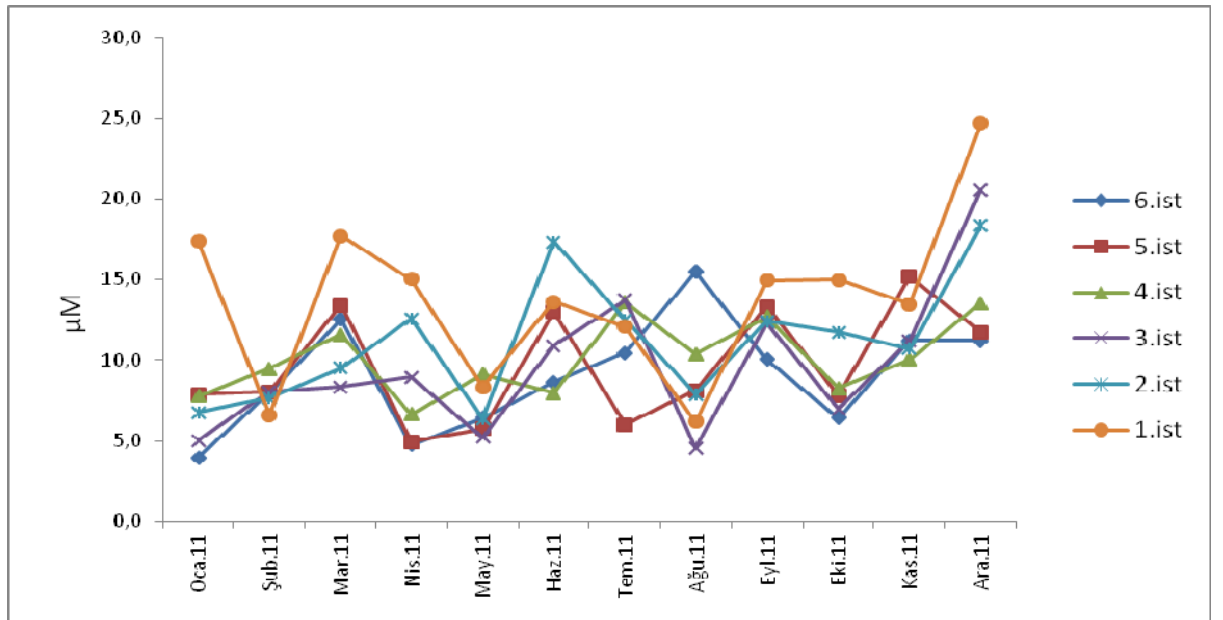
Şekil 18. Amonyum azotu derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı

Amonyum azotu, örnekleme yapılan zaman aralığında yüzey sularında, 1.istasyonda 0,36  $\mu\text{M}$ -6,47  $\mu\text{M}$ , 2.istasyonda 0,25  $\mu\text{M}$ -2,25  $\mu\text{M}$ , 3.istasyonda 0,01  $\mu\text{M}$ -2,37  $\mu\text{M}$ , 4.istasyonda 0,13  $\mu\text{M}$ -2,45  $\mu\text{M}$ , 5.istasyonda 0,15  $\mu\text{M}$ -3,51  $\mu\text{M}$  ve 6.istasyonda 0,26  $\mu\text{M}$ -3,50  $\mu\text{M}$  aralığında değişim göstermektedir. En yüksek değerler Ekim ve Aralık aylarında ölçülmüştür (Şekil 18).



**Toplam Azot:** Organik ve inorganik azot bileşiklerinin tümünü içeren, Toplam azot derişimleri İzmit Körfezi yüzey suyunda 2011 yılı içerisinde örnekleme yapılan istasyonlarda, 3,79  $\mu\text{M}$  - 24,68  $\mu\text{M}$  aralığında değişim göstermektedir (Şekil 20). En yüksek TN değeri Aralık ayında 1.istasyonda yüzey suyunda ölçülmüştür. En düşük değer ise Mayıs ayında 6.istasyonda 10.m'de ölçülmüştür.

İzmit Körfezinde, toplam azotun büyük kısmını öncelikle bakteriyel aktivite için kullanılabilceği organik azot oluştururken, birincil üretim tarafından direk olarak kullanılabilceği inorganik azot ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{+NO}_2\text{-N}$ ) miktarı daha düşük mertebelindedir.



Şekil 20. Toplam azot derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı

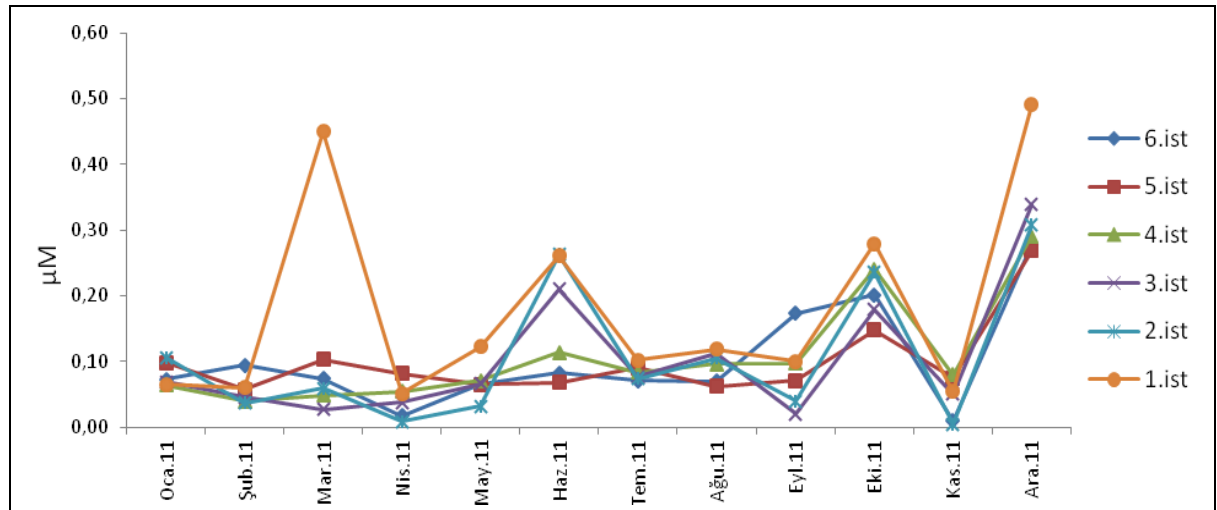
Genel olarak TN yüzey suyu ölçümleri iç körfezi temsilen seçilen 1 ve 2. istasyonlarda yüksek çıkmıştır. Sadece Ağustos ayında dış körfezi temsil eden 6.istasyonda yüksek TN derişimi (15,46  $\mu\text{M}$ ) elde edilmiştir (Şekil 20).



**Orto-Fosfat:** Fosfor da, azot gibi canlı maddenin yapısına giren diğer önemli bir besleyici elementtir. Fosfor denizlerde çözülmüş veya asılı çeşitli bileşikler halinde çözünmeyen ve çözünebilir inorganik fosfat şeklinde bulunur. Organizmalar öldüğünde, organik fosforların önemli bir bölümü orto-fosfat ürünüyle ortama geçer (Kocataş, 2002).

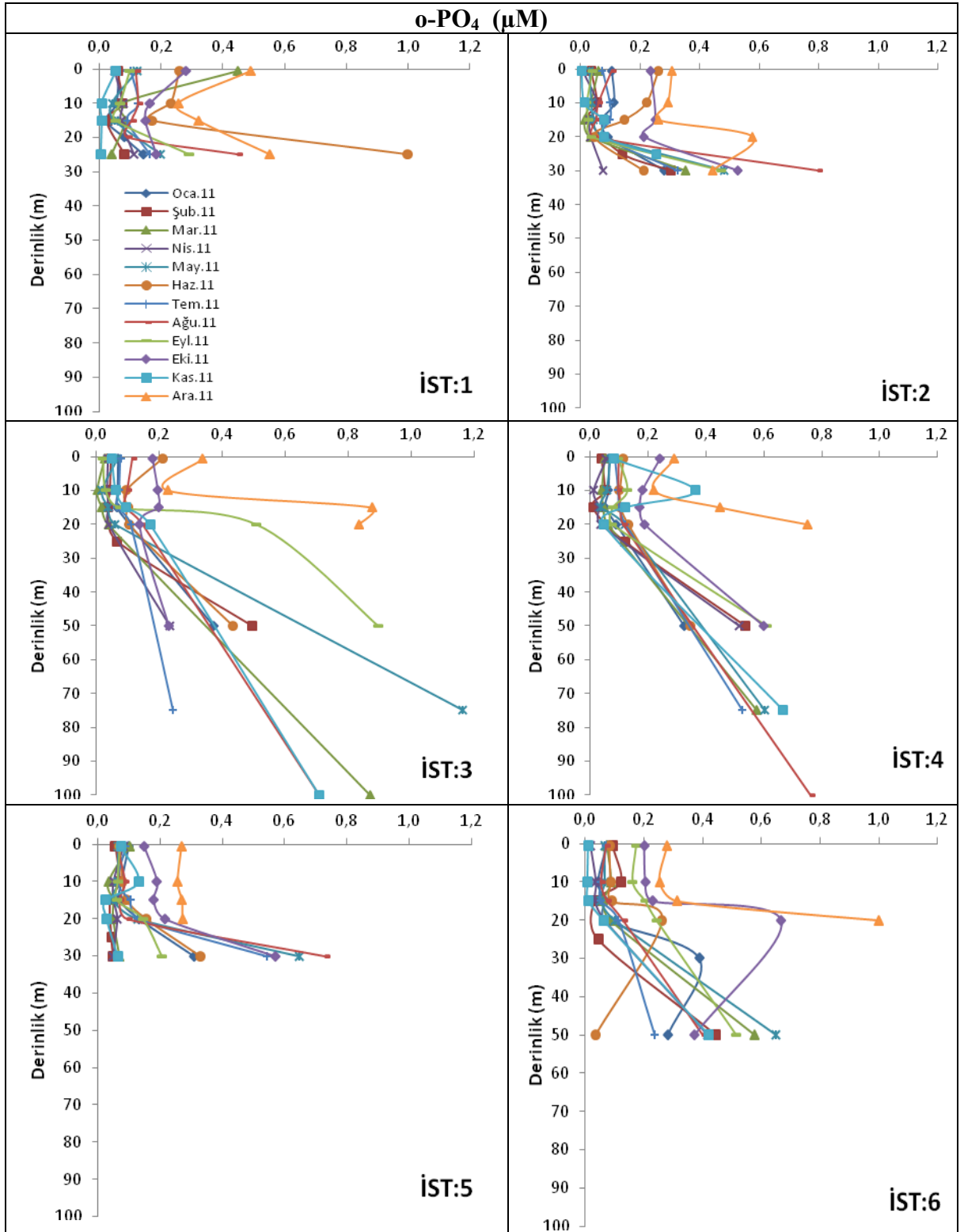
Orto-fosfat değişimlerinin yüzey ölçümleri  $0,07\mu\text{M}$  –  $0,49\mu\text{M}$  arasında değişim göstermektedir. Yüzey dağılımları incelendiğinde en yüksek değerler iç körfezi temsilen seçilen 1.istasyonda elde edilmiştir (Şekil 22). Yıl içerisinde en yüksek yüzey değerleri Aralık ayında ölçülmüştür.

2011 yılı içerisinde örnekleme yapılan istasyonlarda su kolonunda orto-fosfat derişimleri,  $0,07\mu\text{M}$  –  $1,16\mu\text{M}$  arasında değişim göstermektedir. En yüksek değer Mayıs ayında 3.istasyonun alt suyunda ölçülmüştür (Şekil 23).



Şekil 22. Orto-Fosfat derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı

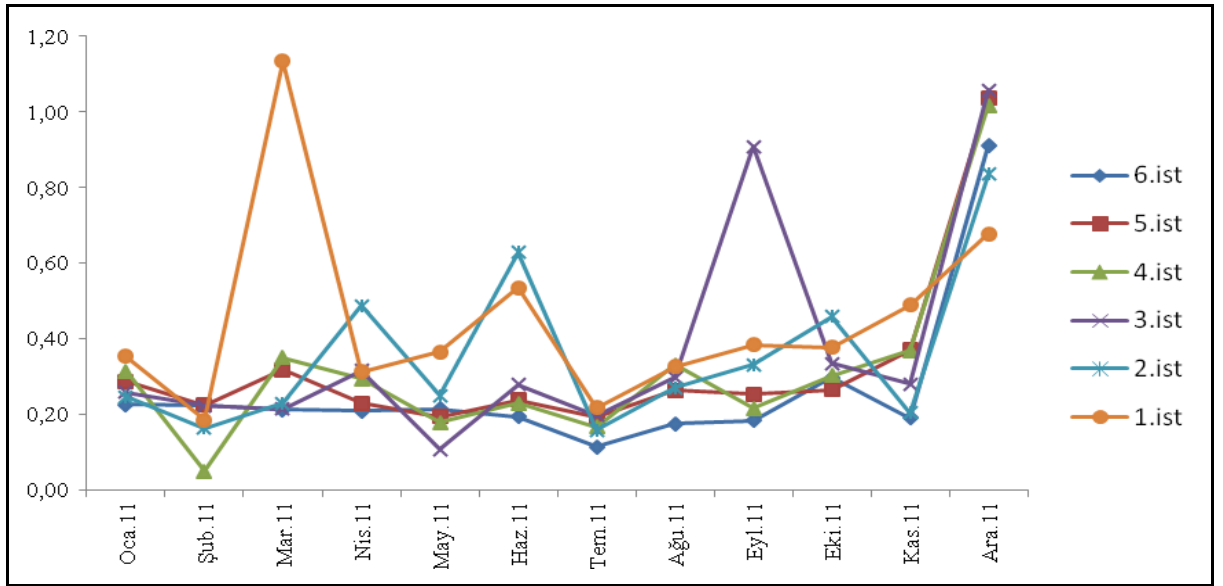
Orto-fosfatın nitrit+nitrat azotuna göre daha düşük derişimlerde olduğu, ancak benzer bir eğilim gösterdiği ölçüm sonuçlarından gözlenmiştir (Şekil 17, Şekil 23). Derinliğe bağlı derişimleri incelendiğinde alt tabakada yüksek fosfat değerleri elde edilmiştir (Şekil 23).



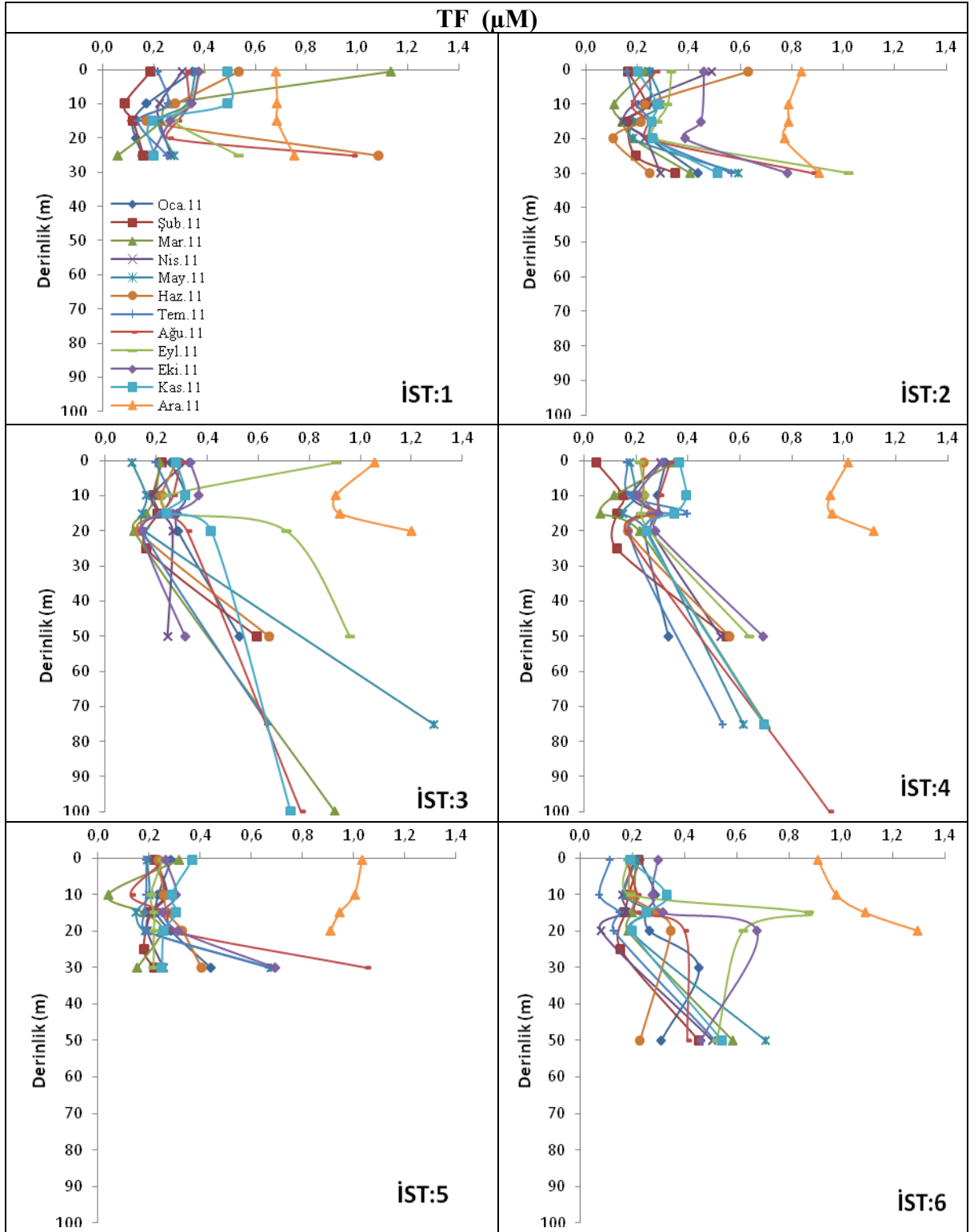
Şekil 23. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı orto fosfat (o-PO<sub>4</sub>) değişimleri

**Toplam Fosfor:** Toplam fosforun yüzey dağılımları incelendiğinde tüm istasyonlarda en yüksek değerler Aralık ayında elde edilirken (1.istasyonda 0,68 $\mu$ M, 2.istasyonda 0,83 $\mu$ M, 3.istasyonda 1,06 $\mu$ M, 4.istasyonda 1,02 $\mu$ M, 5.istasyonda 1,04 $\mu$ M, 6.istasyonda 0,91 $\mu$ M), Mart ayında 1.istasyonda (1,13 $\mu$ M), Haziran ayında 1 ve 2.istasyonda (1.istasyonda 0,53 $\mu$ M, 2.istasyonda 0,63 $\mu$ M), Eylül ayında 3.istasyonda da (0,91 $\mu$ M) yüksek derişimler gözlenmiştir (Şekil 24).

İzmit Körfezinde toplam fosfor derişimleri örnekleme periyodu boyunca en yüksek değer orto-fosfatta olduğu gibi Mayıs ayında 3.istasyonun alt tabaka suyunda ölçülmüştür. Genel olarak alt tabakada toplam fosfor değerleri yüksek iken, Mart ve Kasım aylarında 1.istasyonda üst tabakada yüksek derişimler gözlenmektedir (Şekil 25).

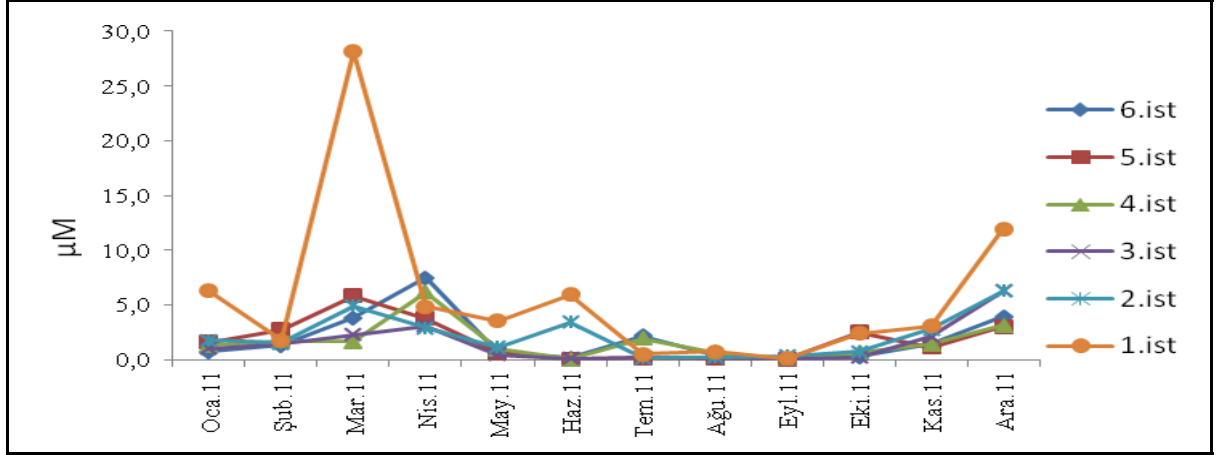


Şekil 24. Toplam Fosfor (TF) derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı



Şekil 25. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı Toplam Fosfor değişimleri

**Silikat:** Silis diğer besleyici elementler gibi canlı maddenin esas yapısına girmez, fakat pekçok denizel formun iskeletini oluşturur. Bunlara örnek olarak silisli algler, silisli süngerler, Diatomlar v.b. gösterilebilir (Kocataş, 2002). Silisyumun kaynağı endüstriyel veya evsel değildir.

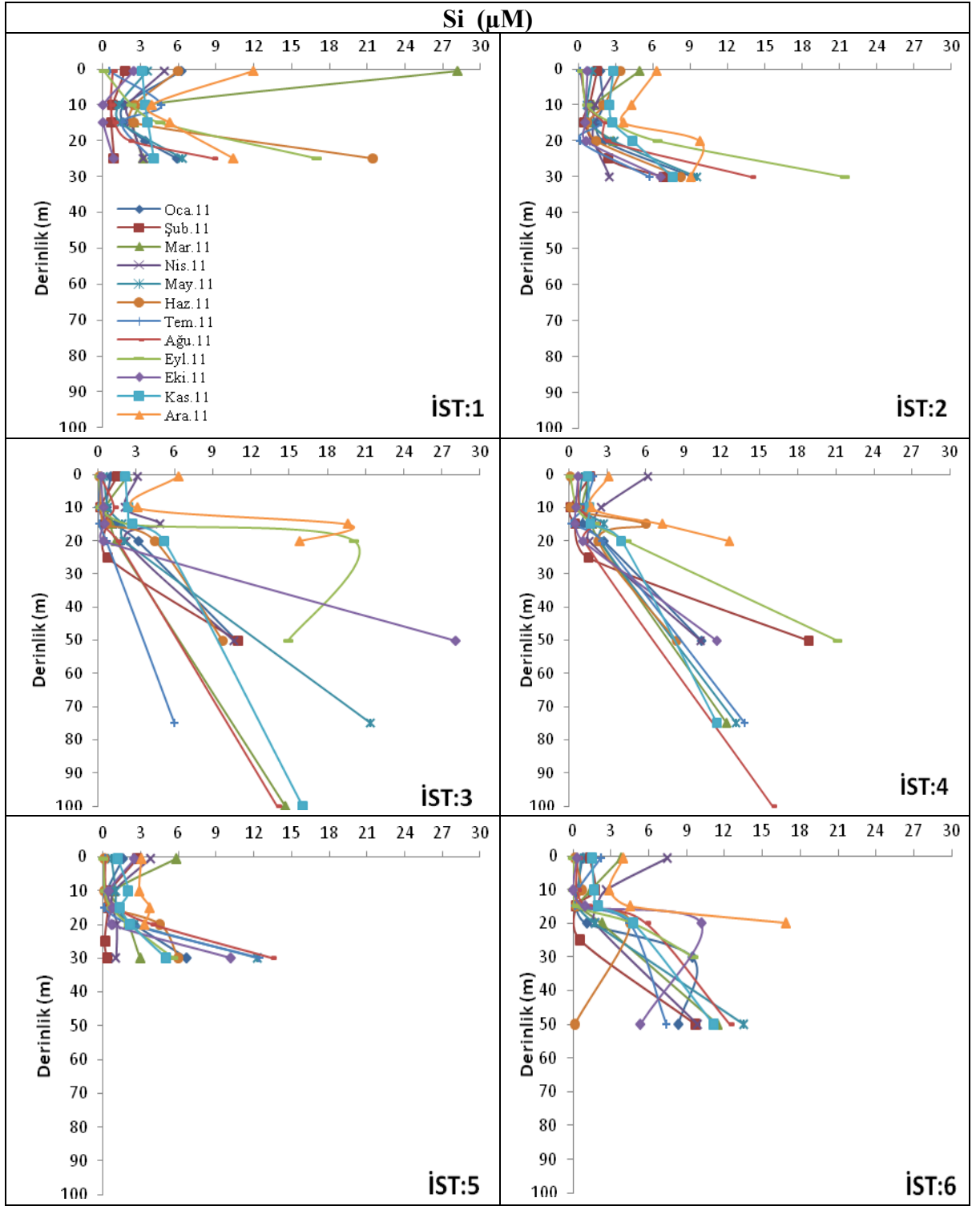


Şekil 26. Silikat (Si) derişimlerinin yüzey suyunda dağılımı

Silisyum değerleri yüzeyde 0,03µM- 28,12 µM arasında değişim göstermektedir (Şekil 26). En yüksek değer Mart ayında 1. ist.'da ölçülmüştür. Silisyum ölçümleri 2011 yılı süresince aylık olarak su kolonu boyunca belirli derinliklerden örnekleme yapılmış olup elde edilen sonuçlar Şekil 27' de grafik olarak sunulmuştur.

Silisyum da diğer besleyici elementler gibi mevsimlere bağlı değişmektedir. Bu değişimler özellikle yüzey sularında gelişmekte olup, yağışların artmasına paralel olarak yüzey akış sularıyla karalardan sürüklenerek gelen toprak kökenli silisli bileşiklerin çözünmesiyle silikat derişimlerinin fazla olduğu iç körfezde (1. ist. ve 2. ist.) etkisini göstermektedir (Şekil 26).

Diğer besleyici iki elementte olduğu gibi (Azot ve fosfor) silisyum da derinliğe paralel olarak artar (Şekil 27). Genellikle İzmit Körfezinin alt tabakasında, yüzey ve ara tabakalara göre daha yüksek değerler ölçülmüştür. Sadece Eylül ve Aralık aylarının ara tabakasında, alt tabakaya göre yüksek silisyum değerleri elde edilmiştir.

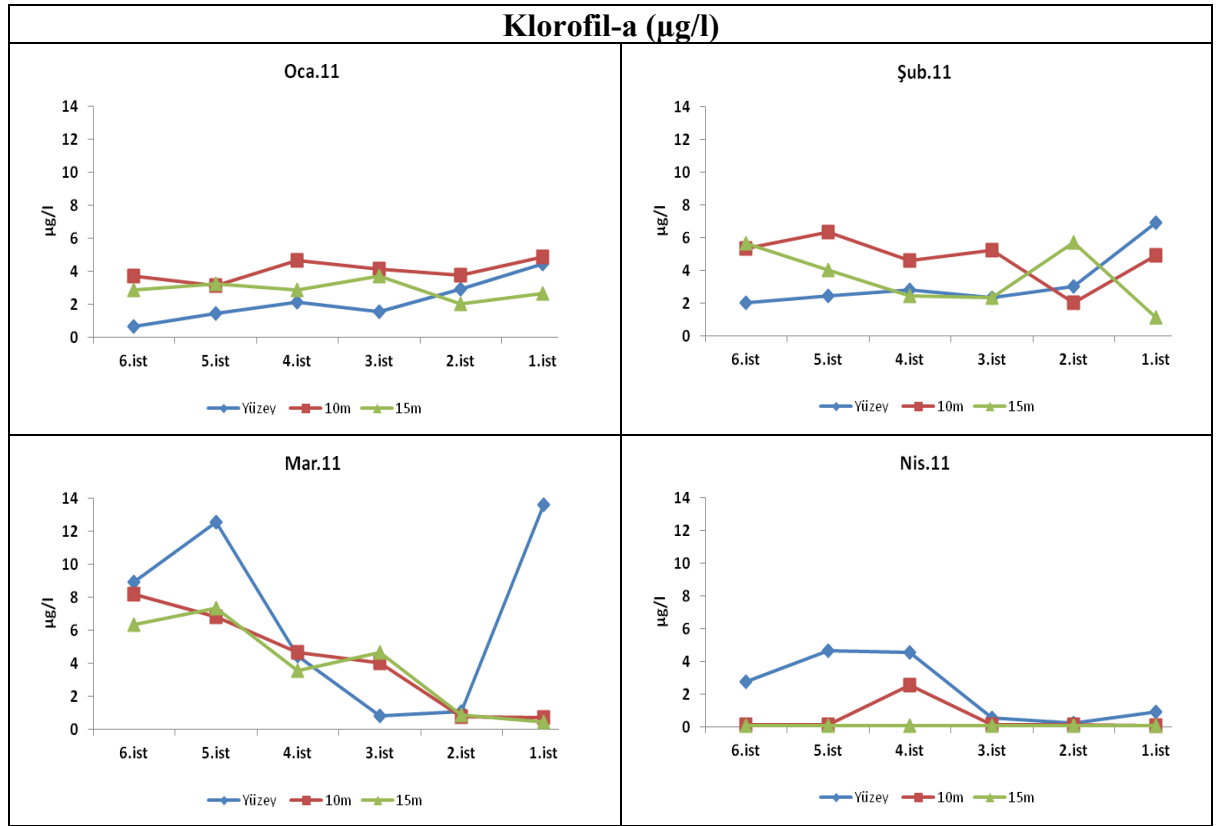


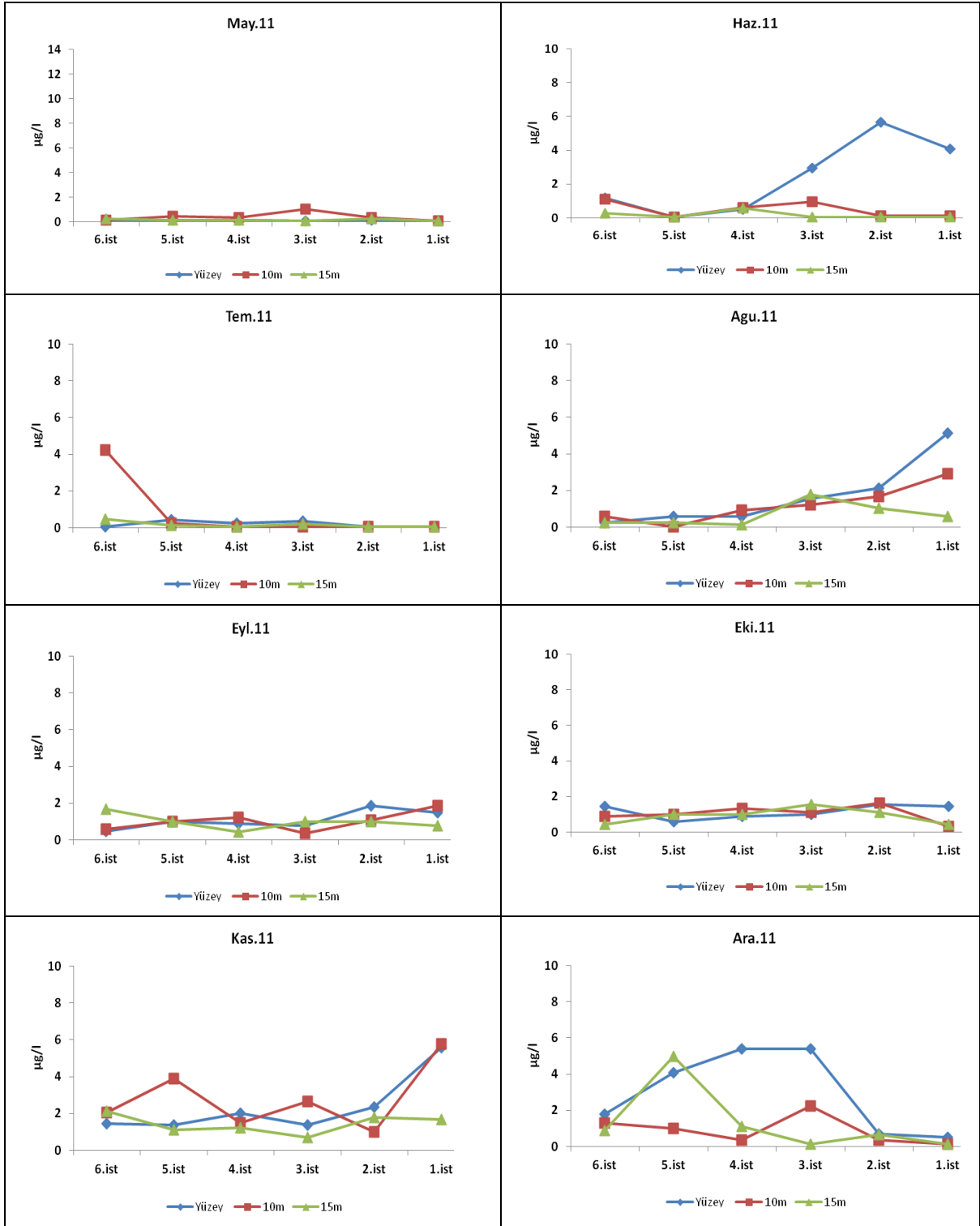
Şekil 27. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında derinliğe bağlı Silisyum (Si) değişimleri

### 3.2.3. Biyolojik Ölçümler

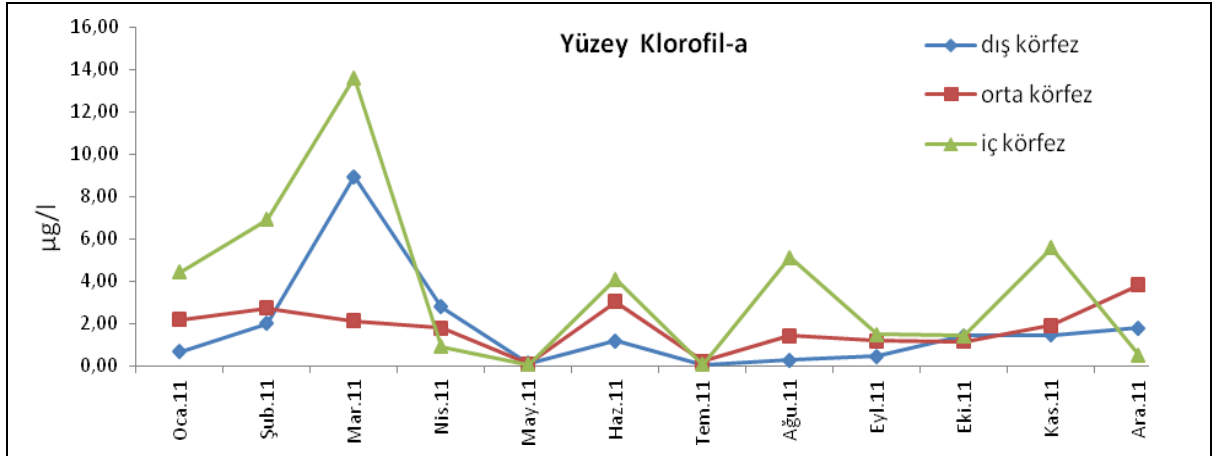
Kara ve deniz ortamında fotosentez yapan bitkilerde bulunan klorofil-a, ana fotosentetik pigmenttir. Klorofil-a yarım asırdan beri fotosentetik fonksiyonu nedeniyle bitki biyokütle göstergesi olarak kullanılmaktadır (Ryther ve Yentsch, 1957; Millie v.d.,1993; Ediger v.d., 2004; Çoban-Yıldız v.d., 2000).

Birincil üretimin en önemli göstergelerinden biri olan Klorofil-a'nın İzmit Körfezindeki dağılımı bölgesel ve zamana bağlı olarak değişimler göstermektedir. 2011 yılında 6 istasyonda üç farklı derinlikten (yüze, 10 m ve 15 m) aylık olarak klorofil-a ölçümleri yapılmıştır. İzmit Körfezinde ölçülen klorofil-a derişimleri Şekil 28' de sunulmuştur. Ayrıca iç körfezi temsilen 1. ve 2. istasyon, orta körfezi temsilen 3. ve 4. istasyon, dış körfezi temsilen 5. ve 6. istasyon seçilmiş, ölçülen yüze klorofil-a sonuçları Şekil 29' da sunulmuştur.





Şekil 28. Ocak-Aralık 2011 tarihleri arasında Klorofil-a değişimleri



Şekil 29. İzmit Körfezi yüzey suyunda klorofil-a değişimleri

Klorofil-a yüzey ölçüm aralığı 2011 yılı içerisinde yapılan aylık örnekleme sonuçları 0,05 µg/l ile 13,6 µg/l arasında değişim göstermektedir. En yüksek yüzey Klorofil-a derişimleri Mart ayında 1 (13,6 µg/l), 5 (12,5 µg/l) ve 6 nolu (8,9 µg/l) istasyonlarda, en düşük derişimler ise Mayıs, Temmuz, Eylül ve Ekim aylarının tüm istasyonlarında elde edilmiştir. Su kolonununun 10 ve 15. m. derinliklerinden alınan örneklerin klorofil-a derişimleri 0,05 µg/l ile 8 µg/l arasında olduğu ve Nisan 2011-Aralık 2011 arasında derişimlerin düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 28).

2011 yılı içerisinde İzmit Körfezinde ölçülen yüzey Klorofil-a değerleri Hakanson (2007) tarafından yapılan sınıflamaya göre değerlendirildiğinde zaman zaman mezotrofik ve ötrofik durumlarda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8 ve Şekil 29). Nisan, Mayıs Temmuz, Eylül, Ekim ve Aralık aylarında ölçülen klorofil-a değerleri ise oligotrofik seviyededir (Şekil 29).

Tablo 8. Farklı trofik durumlar için kıyı deniz suyu ortalama klorofil-a derişimleri (Hakanson v.d., 2007)

Trofik Seviye	Klorofil-a (µg/l)
Oligotrofik	< 2
Mezotrofik	2-6
Ötrofik	6-20
Hipertrofik	> 20

## VI. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

### 4.1. TRIX İndeksi ve Ötrofikasyon Riski

Su kalitesiyle ilgili dört durum değişkeninin (Klorofil-a, Oksijen doygunluğu, mineral azot ve toplam fosfor) logaritmalarının lineer bileşimi olarak tanımlanan TRIX indeksi ötrofikasyon riskini değerlendirmek açısından kullanılmaktadır (Vollenweider 1998).

İzmit Körfezi için TRIX indeksi aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır. Bunun için her örnekleme noktasından, yüzey suyundan alınan örneklere ait sonuçlar kullanılmıştır.

$$\text{TRIX İndeksi} = (\text{Log (klorofil-a} \times \% \text{ÇO} \times \text{TIN} \times \text{TF}) + 1,5) \times 0,833$$

Klorofil-a: Sudaki klorofil-a konsantrasyonu ( $\mu\text{g/L}$ ),

%ÇO: Doymun miktardan sapan mutlak oksijen yüzdesi =  $|\% \text{ÇO} - 100|$ ,

TIN: Toplam çözünmüş inorganik azot,  $\text{N}-(\text{NO}_3 + \text{NO}_2 + \text{NH}_4)$ , ( $\mu\text{g/L}$ ),

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

Formülde kullanılan klorofil-a ve oksijen yüzdesi (%ÇO) bileşenleri üretimle, yani fitoplankton biyo-kütlesiyle ve üretim dinamiğiyle, doğrudan ilişkili indikatörlerdir. Ötrofikasyon Riski Skalası “TRIX İndeksi” (Tİ), 0-10 arasında değişen katsayılarla ifade edilmektedir. Bu indekse göre:

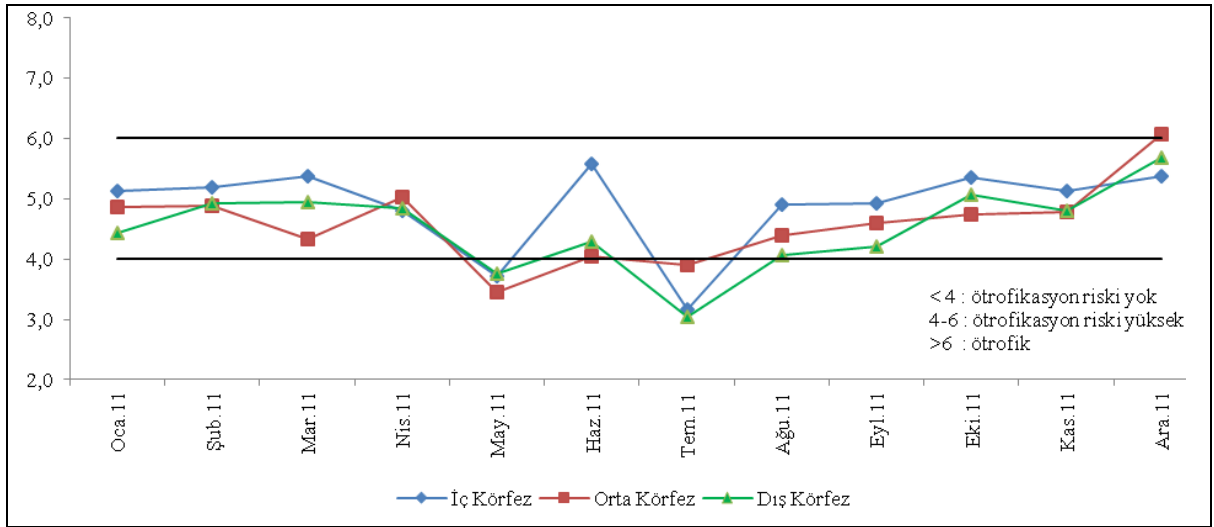
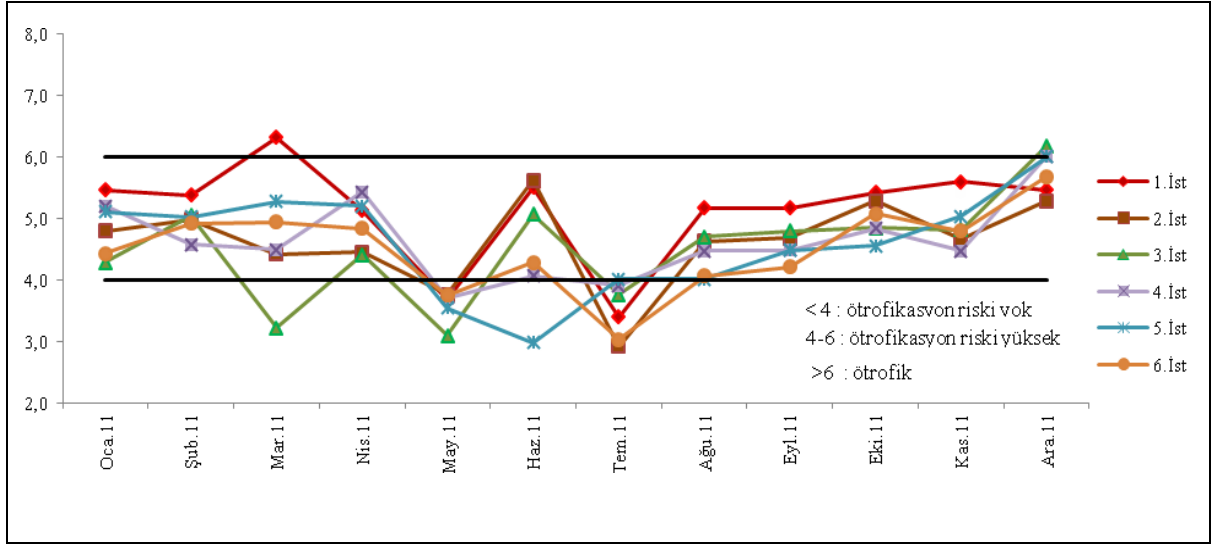
$Tİ < 4$  Ötrofikasyon Riski Yok,

$4 \leq Tİ \leq 6$  Ötrofikasyon Riski Yüksek,

$Tİ > 6$  Ötrofik olarak sınıflandırılır.

İzmit Körfezinin 2011 yılı içinde aylık olarak, belirlenen istasyonlar için hesaplanmış TRIX değerleri Tablo 9’da sunulmuştur. Ayrıca TRIX değerleri istasyon bazında ve körfezin farklı kesimi için ayrı ayrı Şekil 30’da sunulmuştur. Örnekleme süresince yapılan ölçümlerde elde edilen en yüksek değerler Mart ayında 1.istasyon, Aralık ayında 3,4 ve 5. istasyon da gözlenmiştir ve bu istasyonlar Mart ve Aralık aylarında ötrofik olarak değerlendirilmiştir.

Mayıs ve Temmuz aylarında genel olarak tüm istasyonlarda düşük TRIX değerlerine ( $TI < 4$ ) ulaşılmış ve ötrofikasyon riski yok olarak değerlendirilmiştir. Yine Mart ayında 3. istasyon ve Haziran ayında 5. istasyonda da düşük TRIX değerleri bulunmuştur. Ağustos ayı itibariyle TRIX değerleri yükselmeye başlamıştır.



Şekil 30. İzmit Körfezi ötrofikasyon risk sınıflandırılması

Genel olarak Tablo 9 incelendiğinde İzmit Körfezinin TRIX değerlerinin 4-6 aralığında olduğu gözlenmiştir. İzmit Körfezi, TRIX indeksi skalasına göre ötrofikasyon riski yüksek kategorisinde değerlendirilebilir.

Tablo 9. İzmit Körfezi TRIX İndeksi değerleri

Oca.11	İstasyon No	TRIX	Şub.11	İstasyon No	TRIX	Mar.11	İstasyon No	TRIX
Doğu	1	5,47	Doğu	1	5,38	Doğu	1	6,33
Doğu	2	4,79	Doğu	2	4,98	Doğu	2	4,42
Orta	3	4,29	Orta	3	5,04	Orta	3	3,23
Orta	4	5,20	Orta	4	4,58	Orta	4	4,50
Batı	5	5,11	Batı	5	5,03	Batı	5	5,28
Batı	6	4,44	Batı	6	4,93	Batı	6	4,94

Nis.11	İstasyon No	TRIX	May.11	İstasyon No	TRIX	Haz.11	İstasyon No	TRIX
Doğu	1	5,14	Doğu	1	3,69	Doğu	1	5,52
Doğu	2	4,45	Doğu	2	3,76	Doğu	2	5,62
Orta	3	4,42	Orta	3	3,10	Orta	3	5,07
Orta	4	5,43	Orta	4	3,71	Orta	4	4,07
Batı	5	5,20	Batı	5	3,55	Batı	5	2,99
Batı	6	4,84	Batı	6	3,75	Batı	6	4,29

Tem.11	İstasyon No	TRIX	Ağu.11	İstasyon No	TRIX	Eyl.11	İstasyon No	TRIX
Doğu	1	3,40	Doğu	1	5,18	Doğu	1	5,17
Doğu	2	2,92	Doğu	2	4,63	Doğu	2	4,69
Orta	3	3,77	Orta	3	4,70	Orta	3	4,80
Orta	4	3,91	Orta	4	4,48	Orta	4	4,49
Batı	5	4,02	Batı	5	4,02	Batı	5	4,48
Batı	6	3,03	Batı	6	4,07	Batı	6	4,21

Eki.11	İstasyon No	TRIX	Kas.11	İstasyon No	TRIX	Ara.11	İstasyon No	TRIX
Doğu	1	5,43	Doğu	1	5,61	Doğu	1	5,48
Doğu	2	5,28	Doğu	2	4,67	Doğu	2	5,29
Orta	3	4,85	Orta	3	4,82	Orta	3	6,19
Orta	4	4,84	Orta	4	4,48	Orta	4	6,02
Batı	5	4,56	Batı	5	5,03	Batı	5	6,01
Batı	6	5,08	Batı	6	4,80	Batı	6	5,69

## 4.2. Parametreler Arasındaki İlişki

İzmit Körfezinde 2011 yılında belirlenen 6 istasyonda aylık olarak örnekleme yapılan besin elementleri, çözünmüş oksijen ve fiziksel parametrelerin kendi aralarında istatistiksel olarak korelasyonları ‘’ Windows SPSS 17.0’’ programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu korelasyon hesaplamaları üç şekilde değerlendirilmiştir.

İlk olarak tüm istasyonların 2011 yılı içerisinde su kolonu boyunca elde edilen tüm verileri kendi aralarında değerlendirilmiş ve sonuçları tablo 10’da sunulmuştur. Özellikle toplam inorganik azot (TIN:NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N+NH<sub>4</sub>-N), o-PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, Si parametreleri arasında ve toplam fosfor (TF) ile o-PO<sub>4</sub> arasında güçlü pozitif ve doğrusal bir ilişki (p<0,001) belirlenmiştir. Aynı zamanda çözünmüş oksijen, pH ve tuzluluk parametreleri arasında da güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ancak tuzluluk ile çözünmüş oksijen ve pH arasında negatif bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

İkinci olarak 2011 yılı içerisinde mevsimsel olarak tüm istasyonların su kolonu incelenmiştir (Tablo 11). Sonbaharda TIN ile NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ve NH<sub>4</sub>-N arasında, TF ile o-PO<sub>4</sub> arasında, tuzluluk ile NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, Si ve ÇO arasında, pH ile Si ve ÇO arasında güçlü doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kışın ise, TIN ile NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, o-PO<sub>4</sub> ve Si arasında, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ile o-PO<sub>4</sub>, Si, tuzluluk arasında pozitif, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ‘un ÇO ve PH arasında ise negatif doğrusal güçlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. o-PO<sub>4</sub> ise kış mevsiminde NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, TIN, TF ve Si ile pozitif, doğrusal bir ilişki içerisinde olduğu gözlenmiştir. ÇO ile NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, Si ve tuzluluk arasında ise negatif, doğrusal bir ilişki söz konusudur. İlkbahar mevsiminde NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ile TIN, o-PO<sub>4</sub> ve tuzluluk arasında; o-PO<sub>4</sub>, TF ve Si parametreleri de kendi aralarında pozitif, doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise, NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N ile TIN, o-PO<sub>4</sub>, Si, Tuzluluk arasında pozitif, doğrusal bir ilişki gözlenmiştir. ÇO ile NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, TIN, o-PO<sub>4</sub>, TF, Si ve tuzluluk arasında ise negatif, doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

Son olarak 2011 yılı içerisinde İzmit Körfezi iç (1.ist. ve 2.ist.), orta (3.ist ve 4.ist) ve dış körfez (5.ist ve 6.ist) olarak üç ayrı bölgede ayrı ayrı incelenmiştir (Tablo 12). İç körfezde NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N, TIN ve o-PO<sub>4</sub> parametreleri kendi aralarında, o-PO<sub>4</sub>, TF ve Si parametreleri ise

kendi aralarında pozitif, doğrusal ilişkide olduğu tespit edilmiştir. Tuzluluk ile ÇO ve PH arasında ise negatif, doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Orta körfezde de iç körfezdeki ilişki devam etmek ile birlikte ek olarak Si parametresinin  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ , TIN,  $\text{o-PO}_4$ , tuzluluk ile pozitif, ÇO ile negatif, doğrusal bir ilişki de olduğu bulunmuştur. Dış körfezde de orta körfezdekine yakın ilişkiler söz konusudur.

Sonuç olarak  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ , TIN,  $\text{o-PO}_4$ , TF ve Si parametrelerinin istasyonlarda su kolonu incelendiğinde derinlik attıkça değerlerin yükselmesi korelasyon hesaplarında da pozitif, doğrusal ilişki ile desteklenmektedir. Aynı zamanda ÇO değerlerinin ise derin sulara inildikçe azalıyor olması diğer parametrelerle negatif, doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 10. İzmit Körfezinde ölçümü yapılan parametreler arasındaki korelasyon değerleri

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,261**	1										
TIN	<b>,904**</b>	,649**	1									
TN	,112*	,240**	,195**	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,786**</b>	,424**	<b>,808**</b>	,196**	1							
TF	,563**	,442**	,639**	,321**	<b>,802**</b>	1						
N/P	-,100*	,102*	ns	ns	-,255**	-,158**	1					
Si	<b>,736**</b>	,348**	<b>,735**</b>	,184**	<b>,816**</b>	,662**	Ns	1				
Sıcaklık	ns	ns	ns	,095*	,211**	,150**	-,237**	ns	1			
Tuzluluk	,696**	,230**	,651**	ns	,638**	,502**	ns	,671**	ns	1		
ÇO	-,643**	-,102*	-,552**	ns	-,618**	-,388**	ns	-,633**	ns	-,730**	1	
pH	-,597**	-,240**	-,577**	-,112*	-,579**	-,451**	,146**	-,561**	ns	-,709**	,651**	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

Tablo 11. İzmit Körfezinde mevsimlere göre parametreler arasındaki korelasyon değerleri

a-) Sonbahar,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,266**	1										
TIN	<b>,868**</b>	<b>,710**</b>	1									
TN	ns	ns	ns	1								
o-PO <sub>4</sub>	,625**	,458**	,693**	-,209*	1							
TF	,412**	,303**	,457**	ns	<b>,722**</b>	1						
N/P	ns	ns	ns	ns	-,362**	-,224*	1					
Si	,618**	,318**	,615**	,ns	,648**	,574**	ns	1				
Sıcaklık	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-,396**	ns	1			
Tuzluluk	<b>,736**</b>	,246*	,664**	ns	,584**	,505**	ns	<b>,772**</b>	-,392**	1		
ÇO	-,618**	ns	-,516**	ns	-,605**	-,514**	ns	<b>-,794**</b>	,225*	<b>-,834**</b>	1	
pH	-,419**	-,327**	-,475**	ns	-,599**	-,504**	,212*	<b>-,718**</b>	ns	-,644**	<b>,735**</b>	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

b-) Kış,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> - N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,499**	1										
TIN	<b>,915**</b>	<b>,806**</b>	1									
TN	,354**	,619**	,530**	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,904**</b>	,671**	<b>,929**</b>	,458**	1							
TF	,541**	,636**	,665**	,593**	<b>,778**</b>	1						
N/P	-,193*	ns	ns	ns	-,332**	-,389**	1					
Si	<b>,946**</b>	,528**	<b>,892**</b>	,409**	<b>,921**</b>	-,579**	-,250*	1				
Sıcaklık	,443**	ns	,326**	ns	,409**	,294**	-,261**	,421**	1			
Tuzluluk	<b>,700**</b>	,ns	,538**	ns	,630**	,358**	-,295**	,666**	<b>,738**</b>	1		
ÇO	<b>-,792**</b>	ns	-,604**	ns	-,684**	-,387**	,251*	<b>-,748**</b>	-,619**	<b>-,849**</b>	1	
pH	<b>-,713**</b>	-,432**	-,688**	-,398*	-,695**	-,569**	,205*	-,663**	-,568**	<b>-,772**</b>	,731**	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

c-) İlkbahar,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	ns	1										
TIN	<b>,945**</b>	<b>,398**</b>	1									
TN	ns	ns	ns	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,887**</b>	ns	<b>,835**</b>	ns	1							
TF	<b>,697**</b>	ns	<b>,680**</b>	<b>,322**</b>	<b>,893**</b>	1						
N/P	<b>-,197*</b>	<b>,357**</b>	ns	ns	<b>-,327**</b>	ns	1					
Si	<b>,699**</b>	ns	<b>,679**</b>	<b>,346**</b>	<b>,852**</b>	<b>,901**</b>	<b>-,227*</b>	1				
Sıcaklık	<b>,476**</b>	ns	<b>,493**</b>	<b>-,221*</b>	<b>,562**</b>	<b>,503**</b>	<b>-,190*</b>	<b>,433**</b>	1			
Tuzluluk	<b>,774**</b>	ns	<b>,701**</b>	ns	<b>,638**</b>	<b>,447**</b>	ns	<b>,491**</b>	<b>,408**</b>	1		
ÇO	<b>-,655**</b>	ns	<b>-,554**</b>	ns	<b>-,574**</b>	<b>-,272**</b>	<b>,376**</b>	<b>-,257**</b>	<b>-,276**</b>	<b>-,596**</b>	1	
pH	<b>-,620**</b>	ns	<b>-,571**</b>	<b>,185*</b>	<b>-,535**</b>	<b>-,326**</b>	<b>,231**</b>	<b>-,298**</b>	<b>-,490**</b>	<b>-,664**</b>	<b>,477**</b>	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

d-) Yaz,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> - N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,298**	1										
TIN	<b>,969**</b>	,525**	1									
TN	,220*	,193*	,246*	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,727**</b>	,469**	<b>,770**</b>	,208*	1							
TF	,632**	,363**	,658**	,221*	<b>,905**</b>	1						
N/P	,299**	,357**	,359**	ns	ns	-,215*	1					
Si	<b>,780**</b>	,499**	<b>,825**</b>	,198*	<b>,933**</b>	<b>,839**</b>	ns	1				
Sıcaklık	,269**	-,194*	-,290**	ns	ns	ns	-,412**	-,192*	1			
Tuzluluk	<b>,743**</b>	,388**	<b>,763**</b>	ns	<b>,700**</b>	,680**	,209*	<b>,795**</b>	-,391**	1		
ÇO	<b>-,754**</b>	-,348**	<b>-,762**</b>	ns	<b>-,772**</b>	<b>-,737**</b>	ns	<b>-,841**</b>	,408**	<b>-,883**</b>	1	
pH	-,614**	-,470**	-,669**	ns	-,539**	-,503**	-,370**	-,644**	,584**	<b>-,858**</b>	<b>,807**</b>	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

Tablo 12. İzmit Körfezinde bölgelere göre parametreler arasındaki korelasyon değerleri

a-) İç Körfez,

	NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,225**	1										
TIN	<b>,866**</b>	,682**	1									
TN	,172*	,439**	,354**	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,740**</b>	,363**	<b>,742**</b>	,342*	1							
TF	,507**	,346**	,559**	,473**	<b>,829**</b>	1						
N/P	ns	ns	ns	ns	-,286**	ns	1					
Si	,501**	,290**	,525**	,356**	<b>,744**</b>	<b>,749**</b>	ns	1				
Sıcaklık	ns	ns	ns	ns	,167*	ns	-,221*	ns	1			
Tuzluluk	,644**	ns	,524**	ns	,515**	,431**	ns	,501**	ns	1		
ÇO	-,541**	ns	-,403**	ns	-,451**	-,293**	ns	-,374**	ns	<b>-,768**</b>	1	
pH	-,617**	-,358**	-,647**	ns	-,548**	-,433**	ns	-,425**	ns	<b>-,713**</b>	,683**	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

b-) Orta Körfez,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> - N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,406**	1										
TIN	<b>,942**</b>	,689**	1									
TN	ns	,152*	ns	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,778**</b>	,522**	<b>,808**</b>	,173*	1							
TF	,622**	,565**	<b>,701**</b>	,326**	<b>,831**</b>	1						
N/P	ns	ns	ns	-,274**	-,362**	-,286**	1					
Si	<b>,805**</b>	,498**	<b>,821**</b>	ns	<b>,836**</b>	,659**	-,163*	1				
Sıcaklık	ns	ns	ns	ns	,240**	ns	-,393**	ns	1			
Tuzluluk	<b>,721**</b>	,326**	,692**	ns	<b>,709**</b>	,543**	-,166*	<b>,780**</b>	ns	1		
ÇO	-,668**	-,194*	-,601**	ns	-,685**	-,476**	,219**	<b>-,766**</b>	ns	<b>-,840**</b>	1	
pH	-,583**	-,256**	-,557**	ns	-,639**	-,477**	,256**	-,658**	ns	<b>-,716**</b>	,679**	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

c-)Dış Körfez,

	NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TIN	TN	o-PO <sub>4</sub>	TF	N/P	Si	Sıcaklık	Tuzluluk	ÇO	pH
NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> -N	1											
NH <sub>4</sub> -N	,174*	1										
TIN	<b>,887**</b>	,608**	1									
TN	ns	ns	,163*	1								
o-PO <sub>4</sub>	<b>,844**</b>	,434**	<b>,883**</b>	ns	1							
TF	,530**	,438**	,632**	,193*	<b>,749**</b>	1						
N/P	ns	,155*	ns	ns	-,226**	ns*	1					
Si	<b>,890**</b>	,296**	<b>,855**</b>	ns	<b>,871**</b>	,596**	ns	1				
Sıcaklık	ns	ns	ns	ns	,224**	,166*	-,221**	ns	1			
Tuzluluk	<b>,708**</b>	,279**	<b>,701**</b>	ns	,659**	,514**	ns	<b>,739**</b>	ns	1		
ÇO	<b>-,712**</b>	-,158**	-,649**	ns	-,672**	-,361**	,159*	<b>-,725**</b>	ns	-,590**	1	
pH	-,619**	ns	-,553**	ns	-,560**	-,442**	,192*	-,598**	ns	<b>-,726**</b>	,623**	1

\*\* P<0,001, \* P<0,005, ns= ilişki bulunamadı

### 4.3. Toplam İnorganik Azot / İnorganik Fosfor Oranları

Deniz suyunun bileşimi karbon, azot ve fosfor için genellikle 106:16:1 (atomik ağırlık) Redfield oranı olarak (Redfield, 1963) bilinmektedir. Doğal olarak, bu genellemelerin dışında kalan pek çok duruma da rastlanır. Örneğin öfotik bölgede fosfor azottan daha hızlı döngüsünü tamamlar. Bu nedenle de azot ortamda bulunmazken, fosforun düşük konsantrasyonlarına rastlanabilir (Tüfekçi, 2000). Fitoplankton çoğalmasında sulardaki besin elementleri bu oranlarda kullanılır. Alıcı ortama giren azot, fosfor ve karbon bileşiklerinin ne kadarının fitoplankton gelişiminde rol oynayacağı ve buna bağlı olarak ötrofikasyon probleminin önlenmesi sınırlayıcı besin elementinin tespiti ile mümkündür. Sucul ortamlarda azot ve fosforun hangisinin sınırlayıcı olduğu hakkında kesin bir sayı olmamakla birlikte N/P 5 olduğunda N ve P birlikte sınırlayıcı, N/P<5 olduğu durumlarda N'in sınırlayıcı besin elementi olduğu yani azot kontrollü sistemleri yansıttığı, N/P >16 olduğunda ise P' un sınırlayıcı besin elementi olduğu yani P kontrollü sistemleri yansıttığı bilinmektedir (Coveney v.d., 1995).

2011 yılında örnekleme yapılan tarihler arasında İzmit Körfezi'nde toplam inorganik azot ile inorganik fosfor oranları incelendiğinde, 1.İstasyonda 3,3-58,5, 2.İstasyonda 3,7-22,1, 3.istasyonda 2,1-30,5, 4.istasyonda 2,9-27,2 , 5.istasyonda 3,3-27,4 , 6.istasyonda 6,0-28,0 aralığında sonuçların elde edildiği görülmektedir (Tablo 13, Şekil 31).

1.istasyonda yaz aylarında TIN/P oranları incelendiğinde N ve P birlikte sınırlayıcı olduğu gözlenirken, Mart ayında N'un, yağışların olduğu dönemlerde (sonbahar, kış aylarında ve özellikle Nisan ayında) toplam inorganik azot girdisinin artmasıyla P'un sınırlayıcı olduğu gözlenmektedir (Tablo 13, Şekil 31).

2.istasyonda TIN/P oranlarının yaz aylarında düşük olduğu gözlenmekte ve bu mevsimde N'un sınırlayıcı olduğu tespit edilmiştir. Sonbaharda N ve P'un birlikte sınırlayıcı olduğu, Kış ve ilkbahar aylarında ise TIN/P oranlarının artmasıyla P sınırlayıcı besin elementi olmuştur (Tablo 13, Şekil 31).

3.istasyonda Nisan ayından sonra TIN/P oranlarının Ekim ayına kadar düşük olduğu tespit edilmiş olup, bu zaman içerisinde N'un sınırlayıcı olduğu gözlenmiştir. Ekim ayından sonra TIN/P oranlarındaki artış ile P sınırlayıcı olmuştur. Kış mevsiminde genel olarak P

sınırlayıcı olmasına rağmen Ocak ve Mart aylarında düşük TIN/P oranları N’u sınırlayıcı hale getirmiştir (Tablo 13, Şekil 31).

4.istasyonda ise, Ocak,Şubat,Nisan ve Mayıs aylarında P sınırlayıcı, Mart ve Haziran aylarında N sınırlayıcı, diğer aylarda ise N ve P birlikte sınırlayıcı besin elementi olmuştur (Tablo 13, Şekil 31).

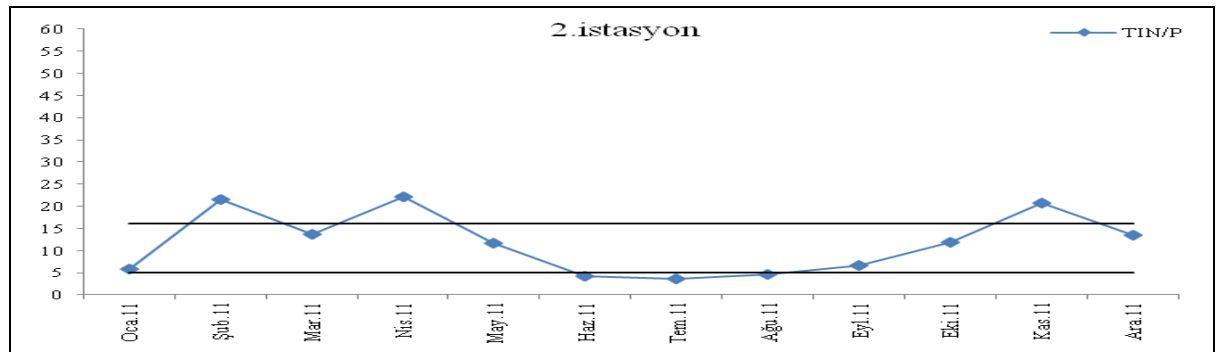
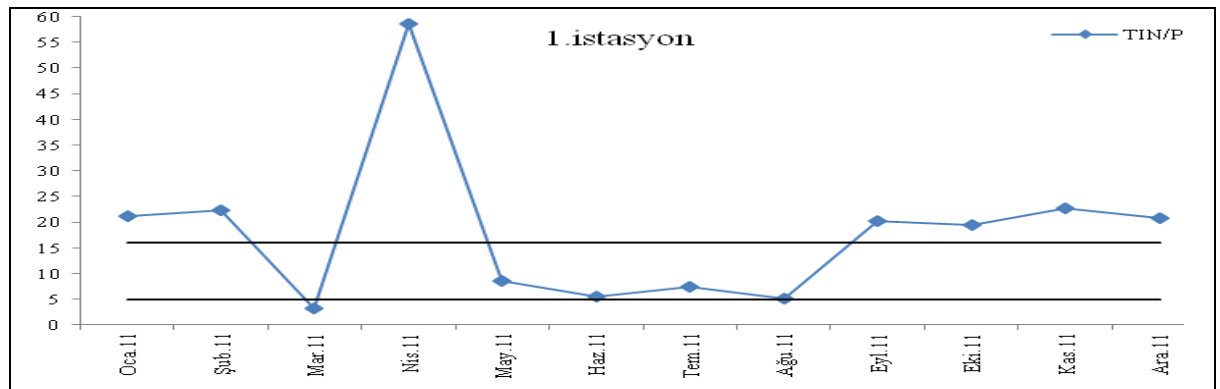
5.istasyonda yaz aylarında TIN/P oranlarının düşük olduğu ve bu dönemde N’un sınırlayıcı olduğu tespit edilmiştir. Sonbaharın gelmesiyle artan TIN/P oranları kış mevsimi boyunca devam etmekte olup, P sınırlayıcı besin elementi olmuştur. İlkbaharda ise Mart ayında N’un, Nisan ve Mayıs aylarında P’un sınırlayıcı besin elementi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 13, Şekil 31).

Son olarak 6.istasyonda, Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında N, diğer aylarda ise genel olarak P sınırlayıcı besin elementi olduğu bulunmuştur (Tablo 13, Şekil 31).

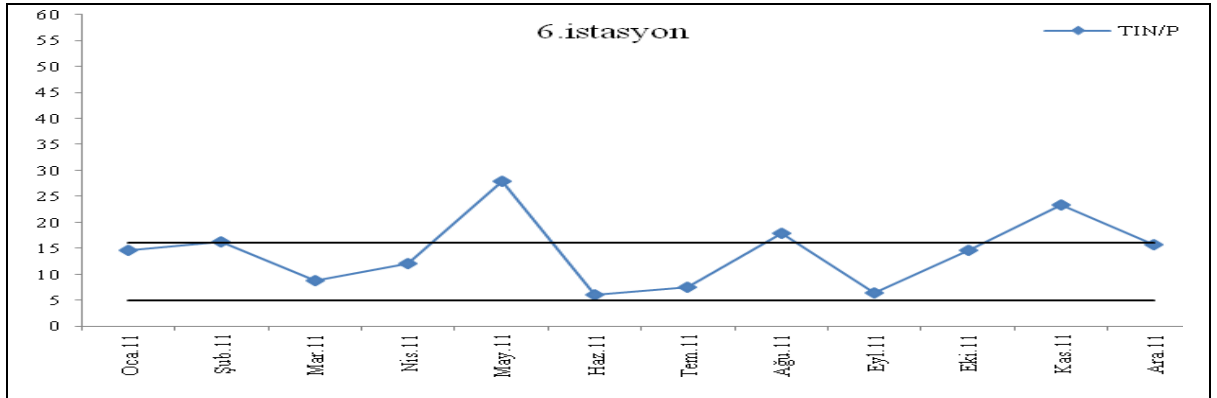
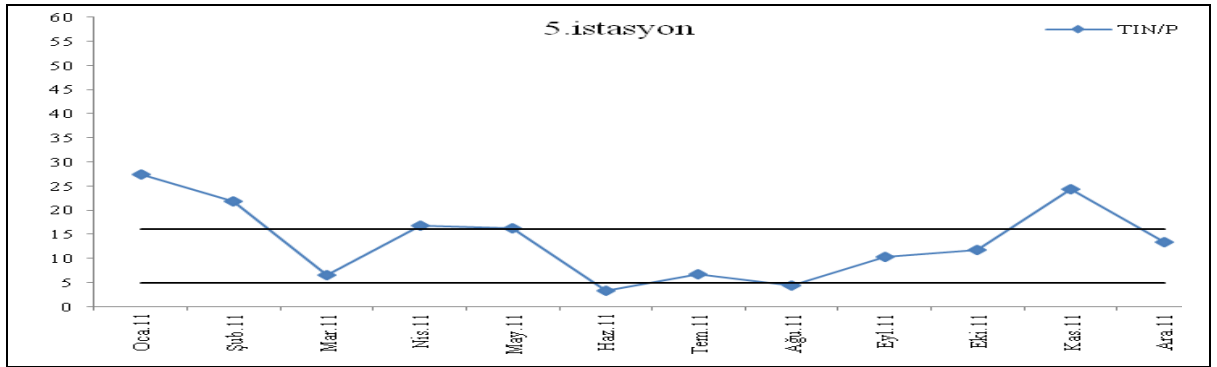
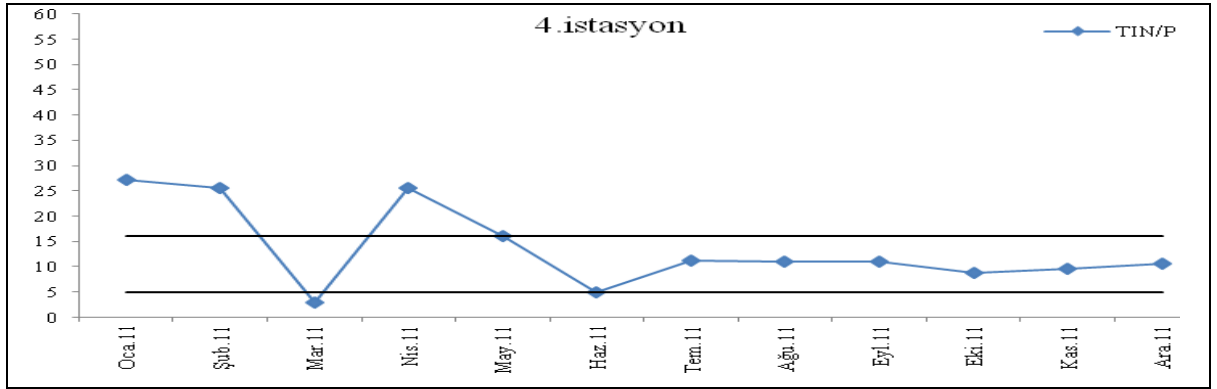
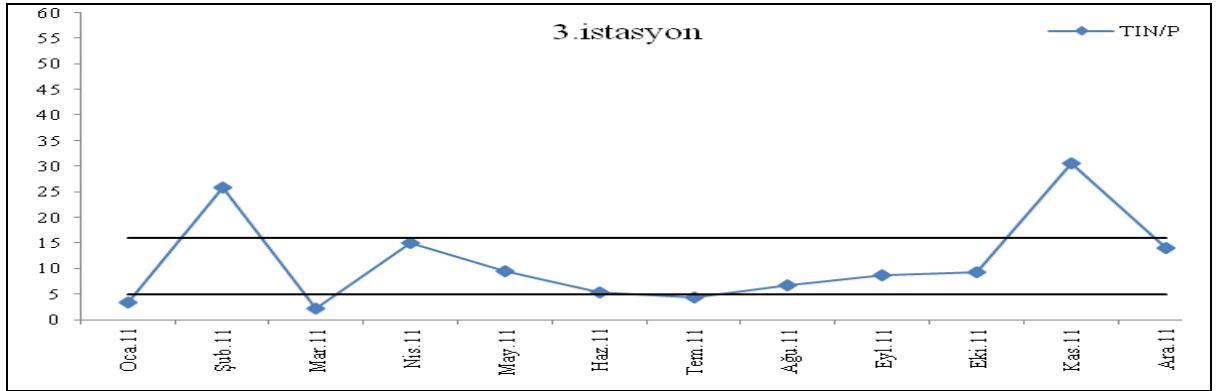
Eylül 2008-Aralık 2010 arasında dış Körfez’de Polat-Beken vd. 2010 tarafından yapılan çalışmada TIN/P oranının 2-37 arasında değişim gösterdiği ve yaz mevsimi hariç genelde oranların yüksek olması nedeniyle P’in sınırlayıcı element olduğunu yapılan biyodeneysel sonuçlarıyla da desteklemiştir. Biyodeneysel çalışmaları sonucunda dış ve orta körfezde Eylül-Ekim aylarında genellikle P, yaz aylarında ise N’un bazı durumlarda N ve P’in birlikte ilavelerinde sınırlayıcı olduğu tespit edilmiştir (Polat-Beken v.d., 2010).

Tablo 13. İzmit Körfezinde ölçülen toplam inorganik azot/inorganic fosfor oranları

	1.İst	2.İst	3.İst	4.İst	5.İst	6.İst
Ocak 2011	21,2	5,9	3,4	27,2	27,4	14,6
Şubat2011	22,3	21,6	25,7	25,5	21,8	16,3
Mart 2011	3,3	13,7	2,1	2,9	6,5	8,7
Nisan 2011	58,5	22,1	14,9	25,6	16,9	12,0
Mayıs 2011	8,7	11,7	9,5	16,1	16,3	28,0
Haziran 2011	5,5	4,1	5,4	4,9	3,3	6,0
Temmuz 2011	7,4	3,7	4,4	11,2	6,6	7,5
Ağustos 2011	5,2	4,7	6,7	11,1	4,5	17,8
Eylül 2011	20,2	6,7	8,7	11,1	10,2	6,5
Ekim 2011	19,5	11,9	9,3	8,7	11,7	14,7
Kasım 2011	22,8	20,8	30,5	9,6	24,4	23,4
Aralık 2011	20,8	13,4	13,9	10,6	13,3	15,6



Şekil 31. İzmit Körfezinde ölçülen toplam inorganik azot/inorganic fosfor oranları



Şekil 31 devamı. İzmit Körfezinde ölçülen toplam inorganik azot/inorganik fosfor oranları

#### 4.4. Kıyı ve Açık İstasyonların Karşılaştırılması

Tablo 14, Tablo 15, Tablo 16, Tablo 17 ve Tablo 18’de İzmit Körfezindeki açık istasyonlar ile yakınlarında bulunan kıyı istasyonlarının yüzey sularına ait sırasıyla, Klorofil-a,  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{o-PO}_4$  ve Si değerleri yer almaktadır.

İzmit Körfezindeki açık ve kıyı istasyonları arasındaki değerler incelendiğinde, karasal kaynaklardan taşınan besin elementlerinin yoğunluğu kıyı istasyonlarda belirgin olarak gözlenmektedir. Bu değerlerin açık istasyonlara doğru azaldığı tespit edilmiştir. Körfez boyunca örnekleme yapılan 6 istasyon kendi aralarında incelendiğinde (Tablo 14, Tablo 15, Tablo 16, Tablo 17, Tablo 18), dış körfezden iç körfeze doğru besin elementleri ve klorofil-a derişimlerinin arttığı gözlenmektedir.

Tablo 14. Kıyı ve açık istasyonlar arasında Klorofil-a ( $\mu\text{g/l}$ ) karşılaştırılması

	1.ist	K2	K3	K5	K6	K7		
Ocak 2011	4,4	5,2	2,7	3,3	4,7	4,7		
Mayıs 2011	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2	0,9		
Temmuz 2011	0,1	2,7	0,1	0,3	1,1	0,1		
Kasım 2011	5,6	7,6	4,4	4,4	22,7	8,0		
	2.ist	K8		3.ist	K9		4.ist	K12
Ocak 2011	2,9	4,3		1,6	7,5		2,1	3,1
Mayıs 2011	0,1	0,1		0,1	0,5		0,1	0,1
Temmuz 2011	0,1	0,1		0,3	0,5		0,2	0,4
Kasım 2011	2,3	3,0		1,4	2,3		2,0	2,3
	5.ist	K10	K11		6.ist	K13	K14	
Ocak 2011	1,4	1,2	0,7		0,7	2,5	1,5	
Mayıs 2011	0,1	0,1	0,1		0,1	0,8	0,3	
Temmuz 2011	0,4	0,7	0,5		0,1	0,7	16,6	
Kasım 2011	1,4	1,2	0,8		1,4	1,6	1,9	

Tablo 15. Kıyı ve açık istasyonlar arasında NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N (µM) karşılaştırılması

	1.ist	K2	K3	K5	K6	K7		
Ocak 2011	0,85	3,52	5,23	0,88	4,62	3,54		
Mayıs 2011	0,18	2,89	1,08	0,32	5,98	1,93		
Temmuz 2011	0,17	0,21	0,86	1,09	0,39	0,17		
Kasım 2011	0,28	3,12	0,59	2,63	0,94	0,27		
	2.ist	K8		3.ist	K9		4.ist	K12
Ocak 2011	0,24	19,14		0,17	0,67		0,41	28,60
Mayıs 2011	0,17	0,81		0,17	0,19		0,17	9,03
Temmuz 2011	0,17	31,31		0,17	1,19		0,33	10,46
Kasım 2011	0,17	5,75		0,23	0,50		0,26	41,18
	5.ist	K10	K11		6.ist	K13	K14	
Ocak 2011	0,50	18,53	5,32		0,17	1,67	0,49	
Mayıs 2011	0,17	1,07	2,10		0,17	0,21	0,21	
Temmuz 2011	0,22	0,49	0,42		0,33	0,24	6,81	
Kasım 2011	0,28	1,28	4,55		0,17	1,11	0,90	

Tablo 16. Kıyı ve açık istasyonlar arasında NH<sub>4</sub>-N (µM) karşılaştırılması

	1.ist	K2	K3	K5	K6	K7		
Ocak 2011	0,85	14,45	2,06	1,33	5,38	7,24		
Mayıs 2011	0,87	3,14	1,19	1,08	2,94	1,38		
Temmuz 2011	0,74	0,82	1,58	0,48	0,72	0,14		
Kasım 2011	1,54	29,59	2,56	2,58	4,23	5,08		
	2.ist	K8		3.ist	K9		4.ist	K12
Ocak 2011	0,39	15,05		0,19	0,95		1,76	3,61
Mayıs 2011	0,86	1,18		0,72	1,03		1,12	1,29
Temmuz 2011	0,25	12,44		0,27	0,95		0,60	2,36
Kasım 2011	1,57	7,95		2,20	3,55		0,51	1,72
	5.ist	K10	K11		6.ist	K13	K14	
Ocak 2011	2,19	3,09	47,31		1,07	38,54	1,88	
Mayıs 2011	1,23	1,42	14,83		2,11	0,96	0,60	
Temmuz 2011	0,38	0,93	1,19		0,26	1,03	1,78	
Kasım 2011	1,67	3,11	10,26		1,72	9,01	1,15	

Tablo 17. Kıyı ve açık istasyonlar arasında o-PO<sub>4</sub> (µM) karşılaştırılması

	1.ist	K2	K3	K5	K6	K7		
Ocak 2011	0,08	0,40	0,13	0,13	0,24	0,13		
Mayıs 2011	0,12	0,21	0,08	0,19	0,73	0,24		
Temmuz 2011	0,10	0,14	0,10	0,28	0,44	0,14		
Kasım 2011	0,08	0,66	0,38	0,23	0,43	0,60		
	2.ist	K8			3.ist	K9		
Ocak 2011	0,11	2,25			0,08	0,38		
Mayıs 2011	0,08	0,08			0,08	0,08		
Temmuz 2011	0,08	5,10			0,08	0,16		
Kasım 2011	0,08	0,50			0,08	0,48		
	5.ist	K10	K11			6.ist	K13	K14
Ocak 2011	0,10	0,13	1,37			0,08	4,77	0,17
Mayıs 2011	0,08	0,08	0,19			0,08	0,08	0,08
Temmuz 2011	0,09	0,13	0,12			0,08	0,13	0,87
Kasım 2011	0,08	0,14	0,47			0,08	0,48	0,31

Tablo 18. Kıyı ve açık istasyonlar arasında Si (µM) karşılaştırılması

	1.ist	K2	K3	K5	K6	K7		
Ocak 2011	6,27	11,37	36,76	6,30	11,53	8,26		
Mayıs 2011	3,51	7,92	6,65	2,02	8,53	3,82		
Temmuz 2011	0,50	0,25	2,82	2,69	2,37	0,19		
Kasım 2011	3,09	11,36	4,36	5,19	3,72	3,93		
	2.ist	K8			3.ist	K9		
Ocak 2011	1,77	26,35			1,00	3,35		
Mayıs 2011	1,15	0,42			0,43	0,23		
Temmuz 2011	0,19	18,53			0,19	0,19		
Kasım 2011	2,80	4,98			2,12	2,17		
	5.ist	K10	K11			6.ist	K13	K14
Ocak 2011	1,57	16,88	8,74			0,76	7,59	0,96
Mayıs 2011	0,63	0,81	4,90			0,63	0,32	0,46
Temmuz 2011	0,19	1,65	2,64			2,20	0,19	2,61
Kasım 2011	1,11	2,35	5,71			1,50	1,38	0,63

#### 4.5. İzmit Körfezinde Geçmiş Dönemlerde Yapılan Çalışmalar ve İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması

##### 4.5.1. İzmit Körfezinde Geçmiş Dönemlerde Yapılan Çalışmalar ile Karşılaştırılması

TÜBİTAK MAM Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü Deniz Kirliliği ve Ekotoksikoloji grubunun İzmit Körfezi iyileştirilmesi projesi (Morkoç v.d., 2001) ve Çevre Enstitüsü İzmit Körfezi su kalitesinin ve karasal girdilerin izlenmesi ve kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi (Ediger v.d., 2009) projesi kapsamında iç körfezde yüzey sularından elde edilen veriler kullanılarak tez çalışmasında elde edilen veriler ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 19'daki veriler incelendiğinde 2011 yılında  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$  değişiminin arttığı, Klorofil-a ve  $\text{o-PO}_4$  değişiminin azaldığı, Si değişiminde ise 2008'deki değeriyle yakın değerlerin elde edildiği gözlenmektedir.

Tablo 19. İzmit Körfezi'nde geçmiş dönemde ölçülen besin elementleri ve klorofil-a ölçümlerinin tez çalışması ile karşılaştırılması

<b><math>\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}</math> (<math>\mu\text{M}</math>)</b>			
1999 (Morkoç vd.2001)	2000 (Morkoç vd.2001)	2008 (Ediger vd. 2009)	2011
0,2-2,3	0,3-5,9	0,07-2,87	0,02-3,76
<b><math>\text{o-PO}_4</math> (<math>\mu\text{M}</math>)</b>			
1999 (Morkoç vd.2001)	2000 (Morkoç vd.2001)	2008 (Ediger vd. 2009)	2011
0,28-1,23	0,06-0,35	0,17-2,27	0,05-0,49
<b>Si (<math>\mu\text{M}</math>)</b>			
1999 (Morkoç vd.2001)	2000 (Morkoç vd.2001)	2008 (Ediger vd. 2009)	2011
3,4-52,0	1,6-8,2	0,20-30,70	0,10-28,12
<b>Klorofil-a (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>			
1999 (Morkoç vd.2001)	2000 (Morkoç vd.2001)	2008 (Ediger vd. 2009)	2011
0,5-47,0	5,4-58,9	3,2-22,0	0,1-13,6

#### 4.5.2. İzmit Körfezinin İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması

İzmit Körfezinde 2011 yılında yapılan tez çalışmasında elde edilen besin elementleri ve TRİX değerleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü'nün yürüttüğü Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi (SINHA) (Avaz v.d., 2011) ve İzmit Körfezi su kalitesinin ve karasal girdilerin izlenmesi ve kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi (Ediger v.d., 2010) projelerinden elde edilen değerler (iç körfezde yüzeyde ölçülen değerler) Tablo 19, Tablo 20 ve Tablo 21 de sunulmuştur. Aşağıda yer alan değerler incelendiğinde, Mersin Körfezinde  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$  ve Si ölçümlerinin, İzmir Körfezinde o- $\text{PO}_4$ , TP ve Si ölçümlerinin, İzmit Körfezinde ise  $\text{NH}_4\text{-N}$  ölçümlerinin diğer körfezlere göre yüksek derişimlerde olduğu gözlenmektedir (Tablo 19, Tablo 20, Tablo 21). TRİX değerleri incelendiğinde genel olarak İzmit Körfezi değerlerinin Mersin ve İzmir Körfezlerine göre daha yüksek çıktığı belirlenmiştir (Tablo 19, Tablo 20, Tablo 21).

Tablo 20. İzmit Körfezi yüzey sularının besin elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRİX değerlerinin Mayıs 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle karşılaştırılması

	$\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	o- $\text{PO}_4$	TP	Si	TRİX
İzmir Körfezi (Mayıs 2009)(iç körfez)	0,09	0,16	0,83	2,20	4,46	4,55
Mersin Körfezi (Mayıs 2009) (iç körfez)	2,75	1,16	0,28	0,61	3,80	4,55
İzmit Körfezi (Nisan 2009)	0,97	1,23	0,17	0,90	1,08	5,51
İzmit Körfezi (Mayıs 2011)	0,18	0,87	0,12	0,36	3,51	3,69

Tablo 21. İzmit Körfezi Besin Elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRİX değerlerinin Ağustos 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması

	$\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	o- $\text{PO}_4$	TP	Si	TRİX
İzmir Körfezi (Ağustos 2009)(iç körfez)	0,09	0,10	0,67	1,15	1,91	2,79
Mersin Körfezi (Ağustos 2009) (iç körfez)	2,26	0,36	0,04	0,42	5,33	3,84
İzmit Körfezi (Ağustos 2009)	0,12	2,27	0,12	0,50	1,66	4,95
İzmit Körfezi (Ağustos 2011)	0,26	0,36	0,12	0,33	0,75	5,18

Tablo 22. İzmit Körfezi Besin Elementlerinin ( $\mu\text{M}$ ) ve TRIX değerlerinin Ekim 2009 döneminde İzmir ve Mersin Körfezleriyle Karşılaştırılması

	$\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{O-PO}_4$	TP	Si	TRIX
İzmir Körfezi (Ekim 2009)(iç körfez)	1,30	0,25	0,48	0,82	4,60	3,73
Mersin Körfezi (Ekim 2009) (iç körfez)	1,10	0,20	0,03	0,21	3,08	2,75
İzmit Körfezi (Ekim 2009)	0,25	3,45	0,11	0,50	0,52	5,32
İzmit Körfezi (Ekim 2011)	1,20	4,23	0,28	0,38	2,42	5,43

#### 4.6. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler

2011 yılı içerisinde İzmit Körfezinde belirlenen istasyonlarda ve körfeze dökülen derelerin kıyı alanlarının oşinografik özellikleri, besin elementlerinin ve klorofil-a'nın zamana ve mekana göre değişimi incelenmiştir. Ölçülen bu parametreler sonrasında elde edilen sonuçlara göre;

- 1- Kıyı bölgelerde ölçümü yapılan parametreler genelde açık bölgelere göre daha fazla değişimlerde gözlenmiştir.
- 2- Körfezde gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirildiğinde körfezin tamamında ötrofikasyon riskini gösteren TRIX değerleri genel olarak 4-6 aralığında belirlenmiştir. Körfez, TRIX İndeksi skalasına göre ötrofikasyon riski yüksek kategorisinde değerlendirilebilir. Körfezin iç kısmı zaman zaman ötrofik duruma gelebilmektedir.
- 3- Denizlerdeki biyolojik yaşam ve ekosistem dengesi açısından gerekli olan minimum oksijen derişimi (teorik olarak) 5 mg/l olup bu değer altındaki derişimler genelde körfezin 20 m'den daha derin sularında yer almaktadır. Tüm istasyonlarda yüzey ve ara tabakadaki ÇO değerlerinin Ocak ve Şubat aylarında yüksek olması, bu dönemde su sıcaklığının düşük seviyede olması ve tüketimin az olması ile ilişkilendirilebilir.
- 4- Besin elementlerinin 2011 yılı içerisinde elde edilen verileri incelendiğinde en yüksek derişimlerin Aralık ayında ölçüldüğü gözlenmiştir. İstasyonlar arasında bir

karşılaştırma yapıldığında genel olarak iç körfezi temsilen seçilen 1 ve 2. istasyonlara ait derişimlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler dış körfeze gidildikçe azaldığı gözlenmiştir. İstasyonlardaki su kolonları incelendiğinde, derinliğin artmasına paralel olarak  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{o-PO}_4$  ve Si derişimlerinin de arttığı tespit edilmiştir.  $\text{NH}_4\text{-N}$  derişimleri ise su kolonu boyunca salınımlar göstermiş olup ara derinliklerde yer yer maksimum seviyelere ulaşmıştır.

- 5- İzmit Körfezinde genel olarak TIN/P oranları incelendiğinde yaz aylarında N'un, yağışların arttığı dönemlerde (sonbahar ve kış aylarında, ayrıca Nisan ayında) P'un, zaman zaman ise N ve P'ın birlikte sınırlayıcı besin elementi olduğu tespit edilmiştir
- 6- 2011 yılı içerisinde elde edilen değerler sonucunda parametreler arasında korelasyon hesapları yapılmıştır.  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$ , TIN,  $\text{o-PO}_4$ , TF, Si parametreleri arasında güçlü pozitif ve doğrusal bir ilişki ( $p<0,001$ ) belirlenmiştir. ÇO ile besin elementleri arasında ise genel olarak güçlü negatif ve doğrusal bir ilişki gözlenmiştir ( $p<0,001$ ).

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 2007 yılından itibaren TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü'nün yürüttüğü "İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi" çalışması ile İzmit Körfezi'nin oşinografik durumu ve kirletici parametreler hakkında bilgi edinmektedir. Bu bilgiler sonucunda Büyükşehir Belediyesi gerekli önlemlerini almaktadır. Bu kapsamda körfezin çevresinde bulunan sanayi kuruluşlarının atıksu deşarj değerlerinin yönetmeliklere uygunluğunu denetlemektedir. İzmit körfezinin su kalitesinin korunması amacıyla gemilerin balast suyu, sintine ve slaç atıklarını denize kaçak deşarj yapmasını önleme amacıyla havadan düzenli kontrol yapılmaktadır. Belirlenen kaçak deşarjlarda Büyükşehir Belediyesi tarafından cezai işlem uygulanmaktadır. İzmit körfezine önemli bir girdisi olan kentsel atıksu arıtma tesisleri çıkış değerleri düzenli olarak kontrol edilmekte ve gerekli proses iyileştirmeleri yapılmaktadır. Bununla ilgili olarak 2011 yılı içerisinde Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından Gebze ilçesinde evsel ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi faaliyete geçmiştir. Böylece ötrofikasyona sebep olan azot ve fosfor deşarj değerleri azaltılarak körfezin su kalitesinin korunması sağlanmaya çalışılmaktadır.

## KAYNAKLAR

ALTIOK, H., LEGOVICH, T. ve KURTER, A. (1996): A case study of circulation and mixing processes in two-layered water system: Izmit Bay. Eight International Biennial Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas, Extended Abstracts, 8–12 September 1996, Netherlands Centre for Coastal Research, 92–96.

ALGAN, O., ALTIOK, H. ve YÜCE, H. (1999): Seasonal variation of suspended particulate matter in two-layered Izmit Bay, Turkey. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 49, 235–250.

ARTÜZ, İ. ve KOR, N. (1970): İzmit Körfezi kirlenmesinin kontrolü yönünde ön çalışma projesi. İst.Üni. Hidrobiyoloji Araş. Enst. Yayını, İstanbul.

AVAZ, G., TUĞRUL, S. ve KÜÇÜKSEZGİN, F. (2011): Türkiye kıyılarında kentsel atıksu yönetimi sıcak nokta ve hassas alanların yeniden tanımlanması atık özümleme kapasitelerinin izleme-modelleme yöntemleriyle belirlenmesi sürdürülebilir kentsel atıksu arıtma tesislerinin yatırım planlarının geliştirilmesi. SINHA projesi sonuç raporu.

BALKIS, N. (2003): The effect of Marmara (İzmit) Earthquake on the chemical oceanography on İzmit Bay, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*. 46, 865-878.

BALKIS, N., ŞENOL, E. ve AKSU, A. (2007): Trace metal distributions in water column and surface sediments of İzmit Bay (Turkey) after Marmara (İzmit) Earthquake. *Fresenius Environmental Bulletin*, 16, 8, 910-916.

BEŞİKTEPE, Ş.T., SUR, H.İ., ÖZSOY, E., LATİF, M.A., OĞUZ, T. ve ÜNLÜATA, Ü. (1994): The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progress in Oceanography*, 34, 285-334.

COVENEY, M.F., ve WETZEL, R.G. (1995): Biomass, production, and specific growth rate of bacterioplankton and coupling to phytoplankton in an oligotrophic lake. *Limnol. Oceanogr.*, 40(7), 1187-1200.

ÇOBAN-YILDIZ, Y., TUĞRUL, S., EDİGER, D., YILMAZ, A. ve POLAT, S.Ç. (2000): A comparative study on the abundance and elemental composition of POM in three interconnected basins: the Black, the Marmara and the Mediterranean Seas, *Mediterranean Marine Science*, 11, 51-63.

EDİGER, D., BEKEN, S.Ç., TÜFEKÇİ, V., TOLUN, L., TÜFEKÇİ, H., MANTIKÇI, M. ve ATABAY, H. (2009): İzmit Körfezi su kalitesinin ve karasal girdilerin izlenmesi ve kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi. Sonuç Raporu. ÇE.02.02. TÜBİTAK-MAM, Çevre Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.

EDİGER, D., BEKEN, S.Ç., TÜFEKÇİ, V., TOLUN, L., TÜFEKÇİ, H., MANTIKÇI, M. ve ATABAY, H. (2010): İzmit Körfezi su kalitesinin ve karasal girdilerin izlenmesi ve kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi. Sonuç Raporu. ÇE.02.02. TÜBİTAK-MAM, Çevre Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.

EDIGER, D., TUGRUL, S. ve YILMAZ A. (2004): Vertical profiles of particulate organic matter and its relationship with chlorophyll-a in the upper layer of the NE Mediterranean Sea, *J.Mar. Sys.* 55, 311-326.

HAKANSON, L., BRYHN, A.C. ve HYTTEBORN, J.K. (2007): On the issue of limiting nutrient and predictions of cyanobacteria in aquatic systems. *Science of the Total Environment* 379 (2007) 89-108.

JACKSON, G.A. ve WILLIAMS, P.M. (1985): Importance of dissolved organic nitrogen and phosphorus to biological nutrient cycling *Deep Sea Res.* 32(2), 223-235.

KINNEY, E.H. ve ROMAN, C.T. (1998): Response of primary producers to nutrient enrichment in a shallow estuary. *Marine Ecology Progress Series* 163, 89-98.

KOCATAŞ, A. (2002): Oseanoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Kitaplar Serisi, 60, 109-119, Bornova-İzmir.

MILLIE, D.F., PAERL, H.W. ve HURLEY, J.P. (1993): Microalgal pigment assessments using high performance liquid chromatography: a synopsis of organismal and ecological applications. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 50, 2513-2527.

MORKOÇ, E., OKAY, S.O. ve GEVECİ, A. (1995): Towards a Clean İzmit Bay. Technical Report. TÜBİTAK-MRC Publications, Kocaeli, Turkey.

MORKOÇ, E., TÜFEKÇİ, H., TOLUN, L., TÜFEKÇİ, V., TELLİ-KARAKOÇ, F., OKAY, O., AKTAN, Y. ve TARKAN, A.N. (2001): İzmit Körfezinin İyileştirilmesi Projesi. Sonuç Raporu. TÜBİTAK-MAM, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Deniz Kirliliği ve Ekotoksikoloji Grubu, Gebze, Kocaeli.

MORKOÇ, E., OKAY, S.O., TOLUN, L., TÜFEKÇİ, V., TÜFEKÇİ, H. ve LEGOVİÇ, T. (2001): Towards a clean İzmit Bay. *Environmental International* 26, 157-161.

OĞUZ, T. ve SUR, H.İ. (1986): A numerical modelling study of circulation in the Bay of İzmit: Final Report. TÜBİTAK-MRC, Chemistry Department Publication, Kocaeli, Turkey, 187. 97

OKAY, S.O., LEGOVİÇ, T., TÜFEKÇİ, V., EGESEL, L. ve MORKOÇ, E. (1996): Environmental impact of land-based pollutants on İzmit Bay (Turkey): short-term algal bioassays and simulation of toxicity distribution in the marine environment. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 31, 459-465.

OKAY, S.O., TOLUN, L., TELLİ KARAKOÇ, F., TÜFEKÇİ, V., TÜFEKÇİ, H. ve MORKOÇ, E. (2001): İzmit Bay (Turkey) Ecosystem after Marmara Earthquake and Subsequent Refinery Fire: the Long-term Data. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 361-369.

- OKAY, O. S., EGESEL, L., TÜFEKÇİ, V., MORKOÇ, E. ve GAINES, A.F. (1998): Investigation of Three Wastewaters Entering İzmit Bay (Turkey) by Means of Batch and Chemostat Culture Algal Bioassays. *Marine Environmental Research*, 46, 1-5, 283-288.
- ORHON, D., GÖNENÇ, E., TÜNAY, O. ve AKKAYA, M. (1984): The prevention and removal of water pollution in the İzmit Bay : determination of technological aspects. Technical Report. İstanbul, Turkey, İTU-Civil Eng. Publ. (1984).
- PEKEY, B., KARAKAŞ, D. ve AYBERK, S. (2007): Atmospheric deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons to İzmit Bay, Turkey. *Chemosphere*, 67, 537–547.
- POLAT-BEKEN, S.Ç., TUFEKCI, V., SOZER, B., YILDIZ, E., MANTIKCI, M., ATABAY, H., TELLİ-KARAKOC, F., HOCAOGLU, S., EDIGER, D., TOLUN, L. ve OLGUN, A. (2011): Deniz Ortamında musilaj/mukus Oluşumunu Denetleyen Faktörlerin Laboratuar Koşullarında İncelenmesi, TÜBİTAK (1001-108Y083), Final Raporu, Gebze-Kocaeli, Şubat 2011.
- RAYMONT, J.E.G. (1980): *Plankton and Productivity in the Oceans*, Vol. 1, -Phytoplankton, 2nd edn, Pergamon Press, Great Britain.
- REDFIELD, A.C., KETCHUM, B.H. ve RICHARDS, F.A. (1963): The influence of organisms on the composition of the seawater. In “ The sea ideas and conservations on progress in the study of the seas. Vol.2. The compositions of seawater. Comparative and descriptive oceanography” (Hill, M.N., eds), 26-77. Interscience, N.Y.
- RHEINHEIMER, G. (1991): *Aquatic Microbiology*, 4th edn, John Wiley & Sons, UK, 410
- RYTHER, J.H. ve YENTSCH, C.S. (1957): The estimation of phytoplankton in the ocean from chlorophyll and light data. *Limnol. Oceanog.*, 2, 281-286.
- STANDARD METHODS (2005): *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters*.
- SWECO-BMB (1976): İzmit Kanalizasyon master planı. Cilt 1, İller Bankası Genel Müd., Ankara.
- TİMUR, A., KINAYYİĞİT, G., DUMLU, G., İLHAN, R. ve ÇİLER, M. (1982): İzmit Körfezinde kirlenmenin önlenmesi ve giderilmesi projesi, teknolojik esasların saptanması. TÜBİTAK-MAM Yayını.
- TOLUN, L., MARTENS, D., OKAY, O.S. ve SCHRAMM, K.W. (2006): Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in coastal sediments of the İzmit Bay (Marmara Sea): Case studies before and after the İzmit Earthquake. *Environment International*, 32, 758–765.
- TOLUN, L., OKAY, O.S., GAINES, A.F., TOLAY, M., TÜFEKÇİ, H. ve KIRATLI, N. (2001): The pollution status and the toxicity of surface sediments in İzmit Bay (Marmara Sea), Turkey. *Environment International*, 26, 163±168.

TUĞRUL, S., SUNAY, M., BAŞTÜRK, Ö. ve BALKAŞ, T.I. (1986): The İzmit Bay case study. In, G. Kullenberg (Ed.), The Role of Oceans as a Waste Disposal Option., 243-275. Reidel, Dordrecht.

TUĞRUL S., MORKOÇ E. ve OKAY, O.S. (1989). Determination of oceanographic characteristics and assimilation capacity of İzmit Bay. In wastewater treatment and disposal. Ed. By Kalafatoğlu E., NATO TU-WATERS, TÜBİTAK-MRC Publ. Gebze.

TÜFEKÇİ, V. (2000): İstanbul Boğazı ile boğazın Marmara Denizi ve Karadeniz girişlerindeki fitoplankton dağılımı. Doktora Tezi.

ÜNLÜATA, Ü., OĞUZ, T., LATİF, M.A. ve ÖZSOY, E. (1990): On the Physical Oceanography of the Turkish Straits. In: Pratt, L. J., (Ed.), The Physical Oceanography of Sea Straits. Kluwer Academic Publishers, Netherland, 25-60.

VOLLENWEIDER, R.A., GIAVANARDI, F., MONTANARI, G. ve RİNALDİ, A. (1998): Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics 9, 329-357.

WINKLER, L.W. (1988): The determination of dissolved oxygen in water. Berlin. Deut. Chem. Ges. 21: 2843

## **ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi : 14.07.1980

Doğum Yeri : Üsküdar - İstanbul

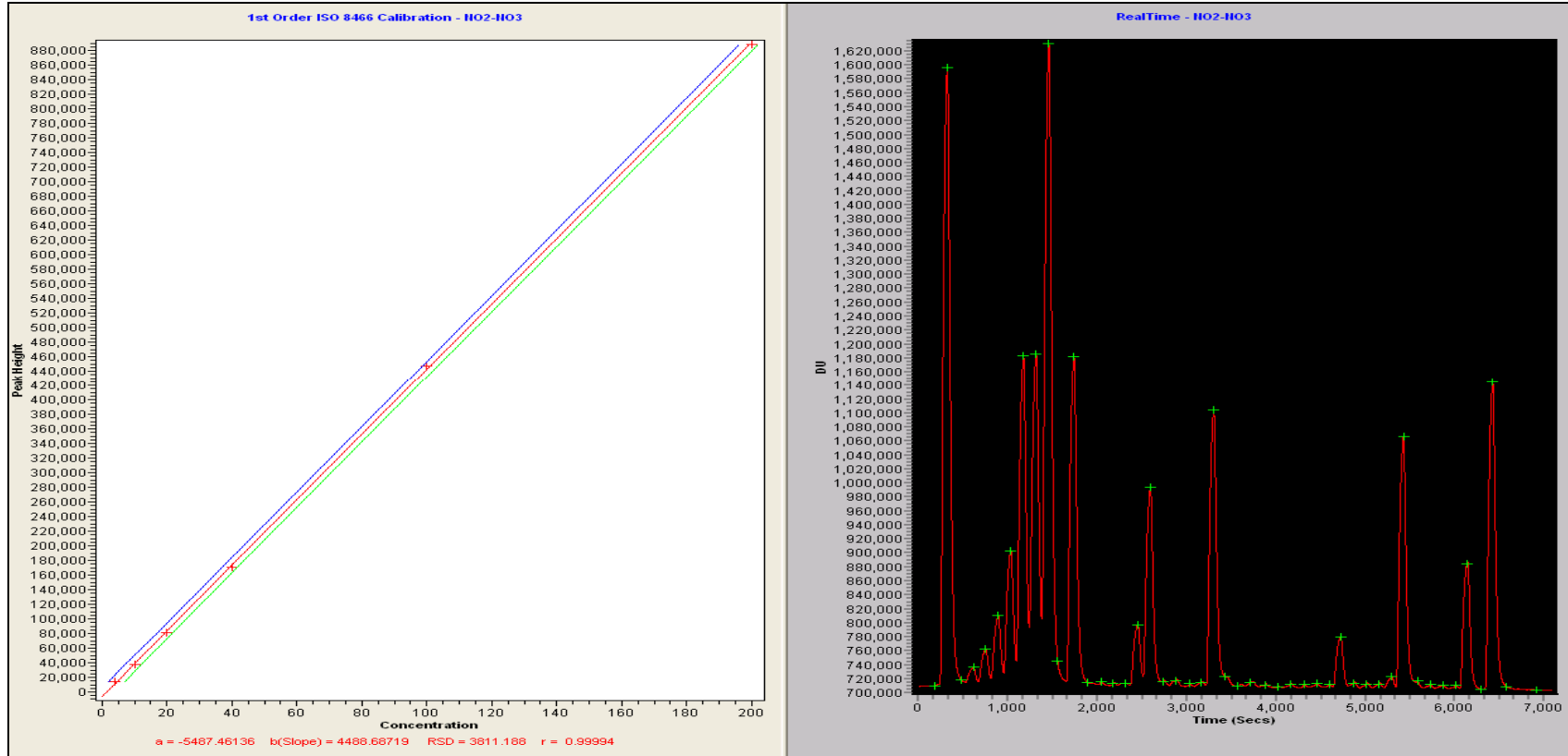
Lise : (1994-1997) Mehmetçik Lisesi

Lisans : (1997-2001) Atatürk Üniversitesi Kimya Mühendisliği

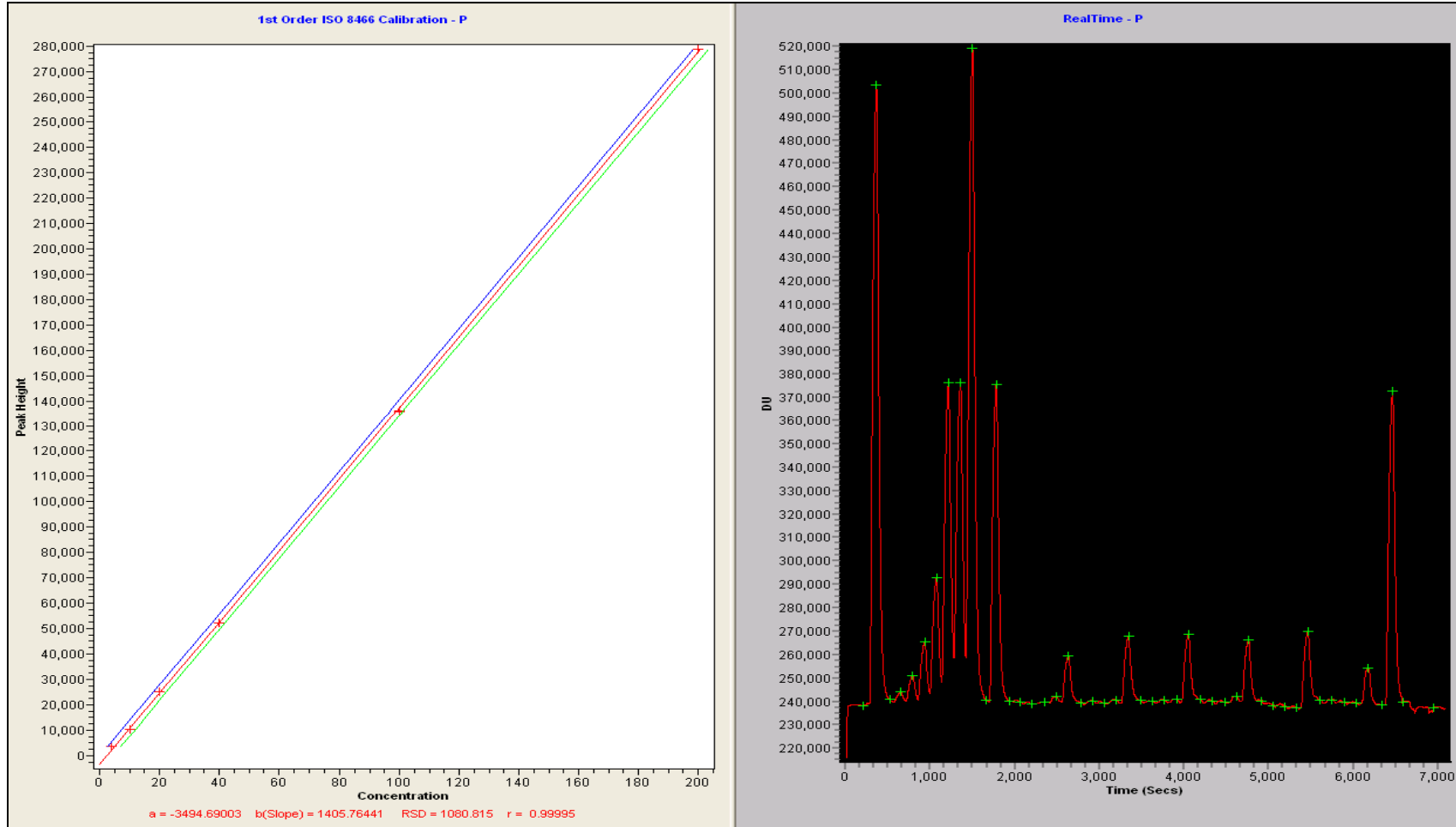
Çalıştığı Kurumlar : (2006- devam ediyor TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü)  
(2004-2006 Biofarma İlaç San. Tic. A.Ş.)

## EKLER

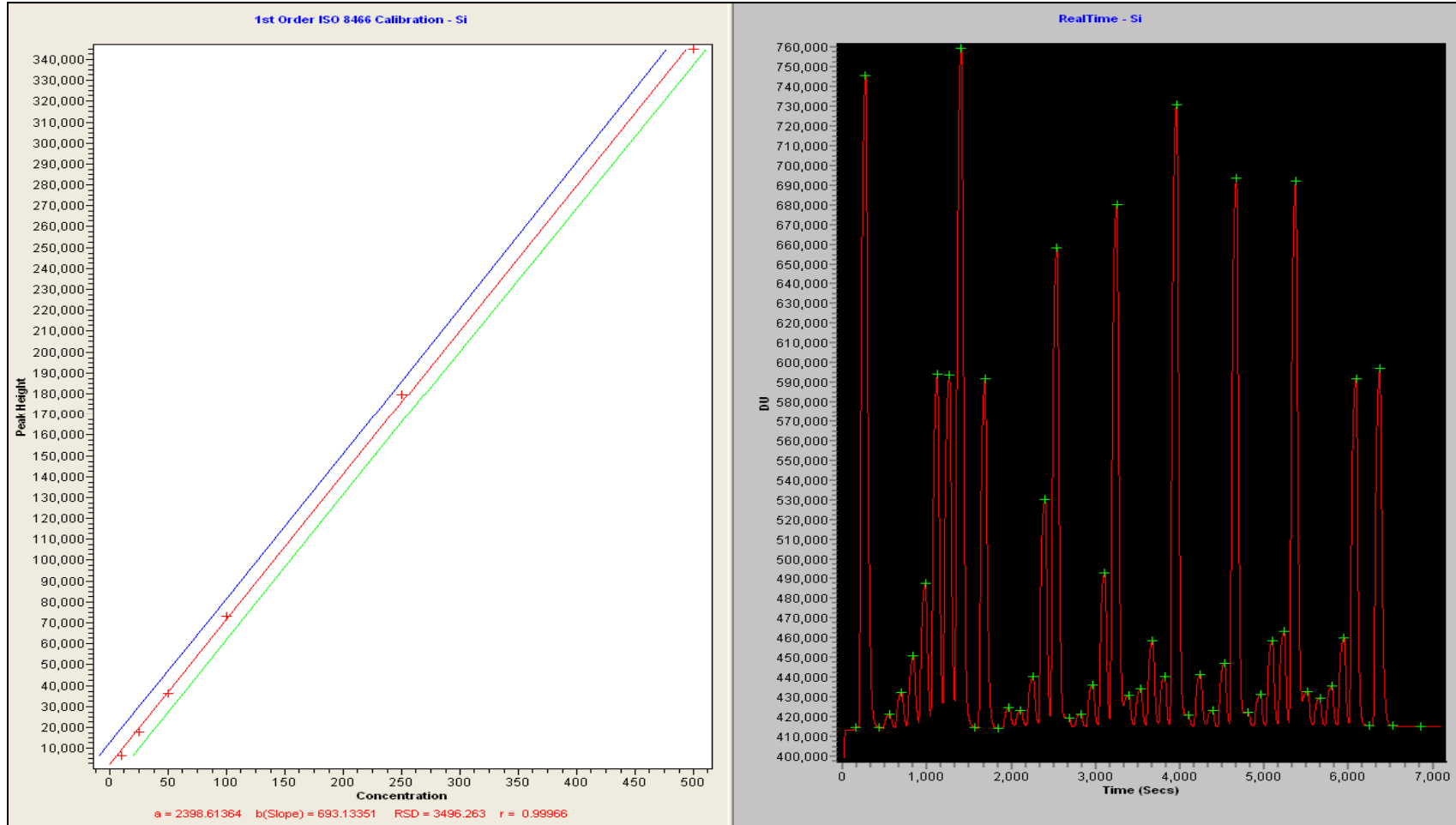
### EK-A



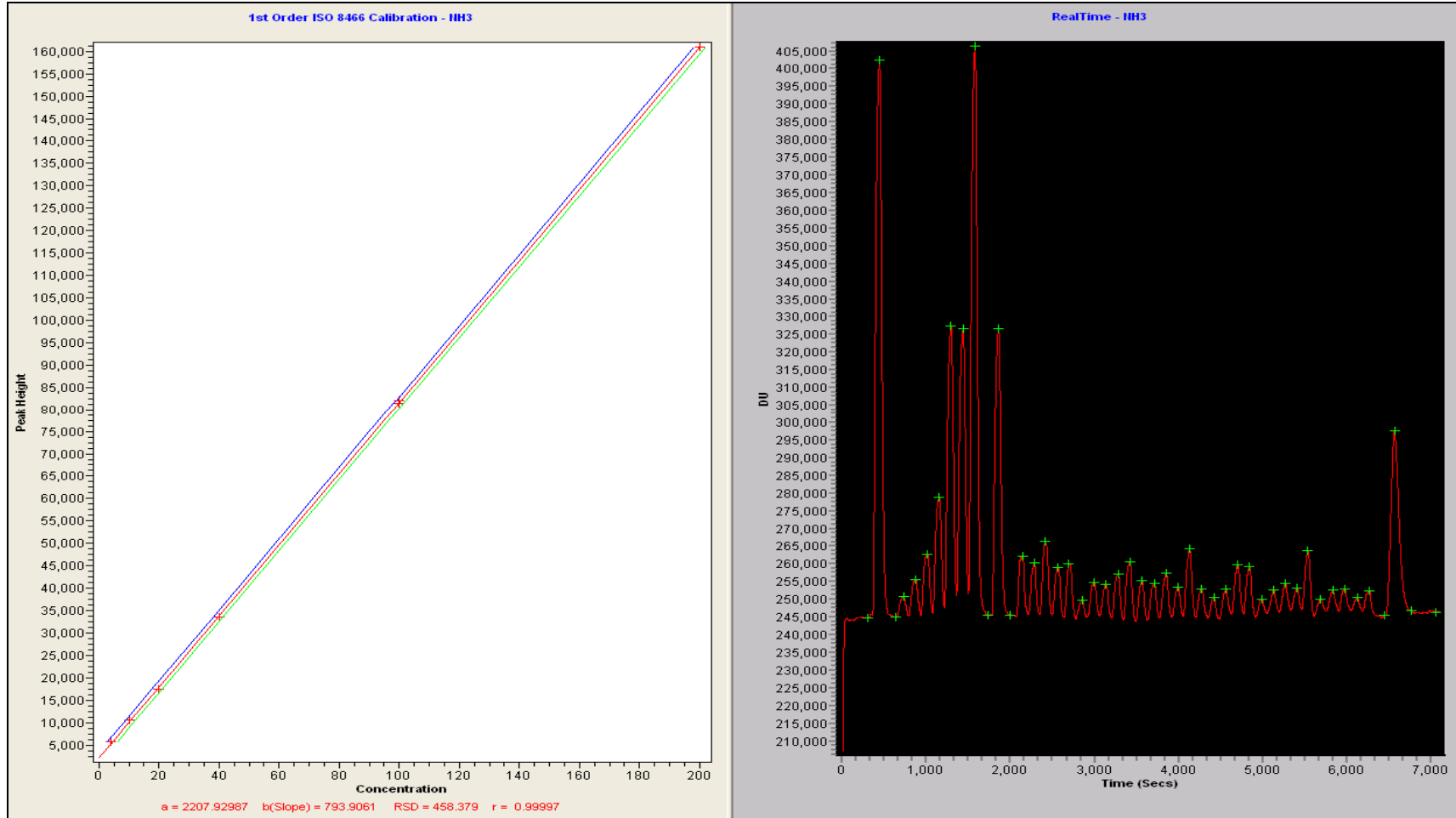
Şekil A1.  $\text{NO}_3+\text{NO}_2\text{-N}$  analizine ait kalibrasyon grafiği ve kromatogramları



Şekil A2. o-PO<sub>4</sub> analizine ait kalibrasyon grafiği ve kromotogramları



Şekil A3. Si analizine ait kalibrasyon grafiği ve kromotogramları



Şekil A4. NH<sub>4</sub>-N analizine ait kalibrasyon grafiği ve kromotogramları

**EK-B**Tablo B1. 30 µg/l ve 150 µg/l NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>-N analizi için tekrarlanabilirlik çalışması

	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> -N (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata
1	30,19	100,6	0,65	149,31	99,5	-0,46
2	29,87	99,6	-0,42	149,90	99,9	-0,07
3	30,02	100,1	0,07	149,88	99,9	-0,08
4	29,97	99,9	-0,09	149,20	99,5	-0,53
5	29,91	99,7	-0,32	149,46	99,6	-0,36
6	30,36	101,2	1,21	150,46	100,3	0,31
7	30,33	101,1	1,09	150,13	100,1	0,08
8	30,09	100,3	0,28	149,77	99,8	-0,16
9	29,95	99,8	-0,17	149,44	99,6	-0,37
10	30,43	101,4	1,42	150,38	100,3	0,25
<b>Ortalama</b>	<b>30,11</b>			<b>149,79</b>		
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,20</b>			<b>0,44</b>		
<b>%RSD</b>	<b>0,67</b>			<b>0,29</b>		

Tablo B2. 20 µg/l ve 100 µg/l o-PO<sub>4</sub> analizi için tekrarlanabilirlik çalışması

	o-PO <sub>4</sub> (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata	o-PO <sub>4</sub> (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata
1	20,82	104,1	4,09	100,00	100,0	0,00
2	20,62	103,1	3,12	99,48	99,5	-0,52
3	19,99	100,0	0,03	100,04	100,0	0,04
4	20,21	101,1	1,06	99,73	99,7	-0,27
5	20,00	100,0	0,01	98,30	98,3	-1,70
6	20,56	102,8	2,78	99,32	99,3	-0,68
7	20,37	101,9	1,87	98,84	98,8	-1,16
8	20,69	103,5	3,46	99,81	99,8	-0,19
9	20,06	100,3	0,28	99,79	99,8	-0,21
10	19,60	98,0	1,98	100,22	100,2	0,22
<b>Ortalama</b>	<b>20,29</b>			<b>99,55</b>		
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,39</b>			<b>0,59</b>		
<b>%RSD</b>	<b>1,90</b>			<b>0,60</b>		

Tablo B3. 46,66 µg/l ve 233,33 µg/l Si analizi için tekrarlanabilirlik çalışması

	Si (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata	Si (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata
1	46,81	100,3	0,31	232,00	99,4	-0,57
2	46,05	98,7	-1,32	233,42	100,0	0,04
3	46,71	100,1	0,09	233,46	100,1	0,06
4	46,70	100,1	0,08	235,28	100,8	0,83
5	46,31	99,2	-0,76	234,12	100,3	0,34
6	47,15	101,0	1,03	235,12	100,8	0,77
7	46,62	99,9	-0,11	235,26	100,8	0,83
8	46,53	99,7	-0,30	234,86	100,7	0,65
9	46,77	100,2	0,23	232,93	99,8	-0,17
10	46,69	100,1	0,05	234,26	100,4	0,40
<b>Ortalama</b>	<b>46,63</b>			<b>234,07</b>		
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,30</b>			<b>1,11</b>		
<b>%RSD</b>	<b>0,63</b>			<b>0,47</b>		

Tablo B4. 30 µg/l NH<sub>4</sub>-N analizi için tekrarlanabilirlik çalışması

	NH <sub>4</sub> -N (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata
1	30,16	100,5	0,52
2	28,42	94,7	-5,27
3	30,10	100,3	0,34
4	29,36	97,9	-2,12
5	28,84	96,1	-3,88
6	30,40	101,3	1,33
7	30,12	100,4	0,40
8	30,46	101,5	1,52
9	30,92	103,1	3,05
10	30,69	102,3	2,31
<b>Ortalama</b>	<b>29,95</b>		
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,81</b>		
<b>%RSD</b>	<b>2,72</b>		

Tablo B5. 30 µg/l ve 100 µg/l TF analizi için tekrarlanabilirlik çalışması

	TF (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata	TF (µg/l)	Geri Kazanım (%)	% Hata
1	29,04	96,8	3,21	100,26	100,3	0,26
2	30,34	101,1	1,12	97,95	97,9	2,05
3	30,39	101,3	1,30	101,33	101,3	1,33
4	30,46	101,5	1,53	99,20	99,2	0,80
5	30,40	101,3	1,35	100,24	100,2	0,24
6	30,82	102,7	2,72	99,40	99,4	0,60
7	29,30	97,7	2,33	99,75	99,7	0,25
8	30,97	103,2	3,24	100,08	100,1	0,08
9	30,56	101,9	1,87	99,16	99,2	0,84
10	30,46	101,5	1,53	99,73	99,7	0,27
<b>Ortalama</b>	<b>30,27</b>			<b>99,71</b>		
<b>Standart Sapma</b>	<b>0,62</b>			<b>0,89</b>		
<b>%RSD</b>	<b>2,05</b>			<b>0,89</b>		