

**KUZEYDOĞU AKDENİZ (MERSİN KÖRFEZİ) KITA
SAHANLIĞI SULARINDA VE SEDİMANLARINDA
PARTİKÜL ORGANİK MADDE DAĞILIMI,
ELEMENTAL KOMPOZİSYONU (C, N, P) VE
ÇEVRESEL FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞİMLERİ**

EMİNE ERDOĞAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MERSİN
TEMMUZ – 2014**

**KUZEYDOĞU AKDENİZ (MERSİN KÖRFEZİ) KITA
SAHANLIĞI SULARINDA VE SEDİMANLARINDA
PARTİKÜL ORGANİK MADDE DAĞILIMI,
ELEMENTAL KOMPOZİSYONU (C, N, P) VE
ÇEVRESEL FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞİMLERİ**

EMİNE ERDOĞAN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK**

**MERSİN
TEMMUZ – 2014**

Emine ERDOĞAN tarafından Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK danışmanlığında ve Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL eş danışmanlığında hazırlanan "Kuzeydoğu Akdeniz (Mersin Körfezi) Kıta Sahanelığı Sularında ve Sedimanlarında Partikül Organik Madde Dağılımı, Elemental Kompozisyonu (C, N, P) ve Çevresel Faktörlere Bağlı Değişimleri" başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK

Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL

Prof. Dr. Zahit UYSAL

Prof. Dr. Bedii CİCİK

Doç.Dr. M. Tahir ALP

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20/03/2014 tarih ve 2014-18/521 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Doç.Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü

KUZEYDOĞU AKDENİZ (MERSİN KÖRFEZİ) KİTA SAHANLIĞI SULARINDA VE SEDİMANLARINDA PARTİKÜL ORGANİK MADDE DAĞILIMI, ELEMENTAL KOMPOZİSYONU (C, N, P) VE ÇEVRESEL FAKTÖRLERE BAĞLI DEĞİŞİMLERİ

Emine ERDOĞAN

ÖZ

Kuzeydoğu Akdeniz'in (Mersin Körfezi) temel hidrofiziksel, biyokimyasal parametrelerinin ve partikül organik madde (POM) özelliklerinin bölgesel ve dönemsel değişimleri Eylül 2008- Kasım 2010 tarihleri arasında mevsimsel ölçekte incelenmiştir. Belirlenen alanlardan alınan yüzey sedimanlarında toplam karbon (TC), partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON), toplam partikül fosfor (TPP) formları ölçülmüş ve sediman tane boyları incelenerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Kıyusal sularda organik madde artışına bağlı olarak yüzey tabakasının ışık geçirgenliği azalmıştır. Orta ve dış körfez sularına kıyasla kıyı yüzey sularında toplam fosfor (TP), toplam inorganik azot (TİN) ve klorofil-a (Chl-a) derişiminde 10 katı aşan artışlar gözlenmiştir. Benzer şekilde, fotosentez kaynaklı POC, PON ve TPP derişimlerinin de arttığı saptanmıştır. Kıyusal sularda TİN/PO₄ (N/P) oranı kış döneminde 200-300 seviyesinde iken, nehir etkisinin azaldığı açık sularda bu oran 6-15 seviyesine kadar düşmüştür. Körfez kıyı yüzey sularında asılı partikül maddenin N/P oranı 10-30 aralığında iken bu oran açık bölge sularında daha yüksektir ve 20-40 aralığında değişmiştir. Körfez yüzey sularında ölçülen TP'nin % 8-40'ını PO₄, % 60-90 arasında değişen oranlarda ise TPP ile çözünmüş organik fosfor (ÇOP) bileşenlerinin toplamı oluşturmuştur. Kış-ilkbahar döneminde TPP'nin TP içindeki oranının % 20-55 aralığında değiştiği gözlenmiştir. Regresyon analizinden elde edilen POC/Chl-a oranları, üretken dönemlerde 80 iken, üretimin rejeneratif döngülerle kontrol edildiği yaz-sonbahar döneminde ise 310 seviyesine yükselmiştir. Yüzey sedimanlarında TPP derişimi içinde ana bileşeni yarı bozunmuş organik-P oluşturmuştur ve sedimanların TPP içeriği çoğunlukla kıyıdan açığa doğru artan bir eğilim göstermiştir. Bu artışın, çökelen sedimanların fosfor tutma kapasitesi ve kıyusal sularda daha etkin su-sediman ara-fazı etkileşimi ile yakından ilişkili olduğu öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Besin elementleri, ötrofikasyon, Mersin Körfezi, partikül organik madde, sediman

Danışman: Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK, Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı

Eş Danışman: Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Ana Bilim Dalı

**DISTRIBUTION OF PARTICULATE ORGANIC MATTER, ITS
ELEMENTAL COMPOSITION (C,N,P) AND VARIATION WITH
ENVIRONMENTAL FACTORS IN THE SHELFWATERS AND
SEDIMENTS IN THE NORTHEASTERN MEDITERRANEAN
(MERSİN BAY)**

Emine ERDOĞAN

ABSTRACT

In the Northeast Mediterranean (Mersin Bay), regional and seasonal variations of basic hydrophysical, hydrochemical parameters and particulate organic matter (POM) properties were studied during September 2008-November 2010 period. In surface sediments of the region, total carbon (TC), particulate organic carbon (POC), particulate organic nitrogen (PON) values were also determined and evaluated according to sediment texture. In coastal waters, light penetration depth was seen to have decreased due to the increase in organic matter production. In parallel to this change, total phosphorus (TP), total inorganic nitrogen (TIN) and Chl-a concentrations in coastal waters were observed to have increased more than 10 fold compared to mid-bay and outer bay waters. Similarly photosynthetic POC, PON and TPP values were determined to have increased in the same region. Although the TIN/PO₄ ratios (N/P) in coastal waters reached to 200-300 in winter season, they decreased 6-15 level in open waters where the effects of riverine waters were minimum. Whereas N/P ratios of suspended particulate matter were between 10-30 in coastal surface waters, these ratios varied between 20-40 in photic layer and between 10-40 in deep waters. Contribution of reactive phosphate (PO₄) to TP pool was determined as 8-40 %, that of the sum of total particulate and dissolved organic phosphorus as 60-90 %. Contribution of TPP to TP pool varied in the range of 20-55 % during winter-spring period in the surface waters of Mersin Bay. While POC/Chl-a ratios obtained by regression analysis were 80 during productive period, they increased to 310 level during regenerative production dominating in summer-autumn periods. Main components of TPP pool of surface sediments were determined as semi-decomposed organic-P form which showed an increasing trend from coastal to open waters. The main reason for this trend was evaluated as phosphorus adsorption capacity of settling sediment particles and effectiveness of water-sediment interface in coastal waters.

Key Words: Nutrients, eutrophication, Mersin Bay, particulate organic matter, sediment

Advisor: Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK, Department of Fisheries, University of Mersin

Co-advisor: Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL, Department of Chemical Oceanography, Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University.

TEŞEKKÜR

Tezimin planlanması ve yürütülmesi süresince bilimsel yardım ve desteklerinden dolayı danışman hocam sayın Prof. Dr. Özden BAŞTÜRK'e çalışmalarımın planlanması boyunca yol göstericiliği, bilimsel yardımları, tanıdığı imkanlar ve yararlandığım fikirleri için eş danışman hocam sayın Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL'a, tanıdığı imkanlar ve tezimin incelenmesinde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Bedii CİCİK'e, tezimin incelenmesi ve değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Zahit UYSAL'a ve çalışmalarına yön veren Doç. Dr. M. Tahir ALP'e çok teşekkür ederim.

Tezimi proje olarak destekleyen MEÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne [BAP-FBE-SÜ (EE)-2010-5DR], tezimin arazi çalışmalarında destek olan TÜBİTAK-SINHA Projesine (No:107 G 066) ve (Mersin Körfezi'nde (Kuzeydoğu Akdeniz) birincil üretim miktarlarının mevsimsel değişimleri (BAP-07-01-2009-01-ODTÜ) projesine, arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, ODTÜ Bilim gemisi ve tayfasına, laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne, laboratuvar çalışmalarında yardımlarından dolayı Saim CEBE, Esabil KAKAÇ, Eser KABAK, Şehmuz BAŞDUVAR, Pınar Külekçi KALEGERİ, Ramazan ÜLGER'e, ilgi ve katkılarından dolayı Ceren GÜRASLAN ve Dr. Nebil YÜCEL'e, sediman tane boyu analizi deneylerinde yardımlarından dolayı Dr. Devrim TEZCAN'a, verilerin istatistiksel değerlendirmelerinde katkılarından dolayı Öğr. Gör. Gülhan ÖREKİCİ TEMEL'e, İngilizce çevirilerimde yardımcı olan, katkı ve desteğini esirgemeyen İngilizce öğretmenim Veysel YAHŞI'ye, teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her zaman, her türlü destek ve özverisi ile yanımda olan canım annem Nurhan ERDOĞAN'a, desteklerini yardımlarını ve sevgilerini esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Çok sevdiğim ve çok özlediğim Canım Babamın anısına ve Biricik Anneme,

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	5
2.1. DOĞU AKDENİZ LEVANT HAVZASI'NIN OŞİNOGRAFİK ÖZELLİKLERİ	5
2.1.1. Hidrografik Özellikleri	5
2.1.2. Kuzey Levant Denizi Dolaşım Sisteminin Özellikleri.....	5
2.1.3. Kuzey Levant Denizi'nin Biyokimyasal Özellikleri.....	6
2.1.4. Besin Elementleri.....	9
2.2. DENİZ ORTAMINDA FOSFOR DÖNGÜSÜ	9
2.3. PARTİKÜL ORGANİK MADDENİN ÜRETİMİ VE PARÇALANMASI	12
2.4. PARTİKÜL ORGANİK BİLEŞİKLERİN KİMYASAL DÖNÜŞÜMLERİ	14
2.5. ÇÖZÜNÜMÜŞ ORGANİK MADDELER (ÇOM)	16
2.6. PARTİKÜL ORGANİK KARBON	16
2.7. DENİZ SUYUNDA KARBONAT-ORGANİK İLİŞKİLERİ	17
2.8. SEDİMAN TÜRLERİ	18
2.9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19

3.MATERYAL ve YÖNTEM	36
3.1. MATERYAL	36
3.1.1. Örnekleme İstasyonları	36
3.1.2. Fiziksel Parametrelerin Ölçümü	38
3.1.3. Biyokimyasal Parametrelerin Örnekleme	39
3.1.3.1. Çözünmüş oksijenin örnekleme	39
3.1.3.2. Çözünmüş inorganik besin elementlerinin (inorganik fosfat ve toplam fosfor) örnekleme	39
3.1.3.3. Silikat örnekleme	39
3.1.3.4. TP örnekleme	40
3.1.3.5. Partikül organik madde örnekleme	40
3.1.3.6. Klorofil-a örnekleme	40
3.1.3.7. Sediman örnekleme	40
3.2. YÖNTEM	41
3.2.1. Kimyasal Parametrelerin Ölçüm Metodları	41
3.2.1.1. Çözünmüş oksijen analizi	41
3.2.1.2. Çözünmüş inorganik besin elementleri analizi	41
Çözünmüş inorganik fosfat (o-fosfat) analizi	42
Nitrat, nitrit analizi	42
Amonyum (NH_4-N) analizi	43
Reaktif silikat ($Si(OH)_4-Si$) analizi	43
3.2.1.3. Toplam fosfor analizi	43
Su örneklerinde toplam fosfor analizi	43
3.2.1.4. Toplam partikül fosfor analizi	45
Filtre örneklerinde toplam partikül fosfor (TPP) analizi	45
3.2.1.5. Partikül organik madde analizi	45
Filtre örneklerinde POC, PON analizi	45
Sediman örneklerinde POC, PON analizi	46
3.2.1.6. Klorofil-a (Chl-a) analizi	46
3.2.1.7. Sediman örneklerinde fosfor analizi	46
Sediman örneklerinde çözünmüş P (Pex) analizi	46
Sediman örneklerinde ayrılmış P (Pdet) analizi	47
Sediman örneklerinde toplam fosfor analizi	47
3.2.1.8. Sediman örneklerinde tane boyu analizi	47
4.BULGULAR ve TARTIŞMA	48
4.1. KALİBRASYON EĞRİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	48
4.1.1 Yaş Kimyasal Oksidasyon Metodu İle Toplam Partikül Fosfor (TPP) Tayininin Değerlendirilmesi	48
4.1.2. Toplam Partikül Fosfor Analizi için Açık ve Kapalı Parçalama Metodunun Karşılaştırılması	49
4.1.3. Oksitlenmiş MQW ve Oksitlenmiş Yanmış Filtre için PO_4 Standartları	50

İle Hazırlanan Kalibrasyon Eğrileri.....	
4.1.4. Sediman Örneklerinde Fosfor Türlerinin Tayininde Kullanılan Eğrilerin Değerlendirilmesi.....	52
4.2. HİDROGRAFIK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	54
4.2.1. Hidrofiziksel ve Biyokimyasal Parametrelerin Yüzey Dağılımları.....	54
4.2.2. Su Kolonunda Hidrografik ve Biyokimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimleri	67
4.3. PARTİKÜL MADDE DEĞİŞİMLERİ.....	80
4.3.1. Partikül Maddenin Yüzey Dağılımı.....	80
4.3.2. Partikül Maddenin Mevsimsel Değişimleri.....	81
4.3.3. Su Kolonunda Partikül Maddenin Değişimi.....	82
4.3.4. Partikül Maddenin C/N/P Oranları.....	83
4.3.5. Partikül Maddenin POC/Chl-a Oranları	86
4.3.6. Kıta Sahaneliği Sularında Partikül Fosfor Bileşenlerinin (organik/inorganik) Türlerinin Değişimi.....	88
4.4. BAP SEFER SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	95
4.5. SEDİMANDA PARTİKÜL MADDENİN DEĞİŞİMLERİ.....	106
4.5.1. Yüzey Sedimanı-Su Arayüzeyi.....	106
4.5.2. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarının Tane Boyu Dağılımları.....	109
4.5.3. Sedimanda POC, PON değişimleri.....	110
4.5.4. Körfez Sedimanlarında Partikül Fosfor Değişimleri.....	115
4.6. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME.....	120
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	127
KAYNAKLAR	133
ÖZGEÇMİŞ	147

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Kuzeydoğu Akdeniz'in öfotik zonunda (EZ) ve diğer denizlerde ortalama POM derişimleri (μM) ve N/P oranları..	35
Çizelge 3.1. Mersin Körfezi'nde Örnekleme İstasyonlarının Koordinatları, Kimyasal Yüzey (Y) ve Profil (P) Ölçüm İstasyonları.....	38
Çizelge 4.1. Şahit (MQW) İle Örnek Şahit Filtre Değerlerinin Karşılaştırılması	51
Çizelge 4.2. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarının Tane Boyu Analiz Sonuçları	114
Çizelge 4.3. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarında TC-PON-POC derişimleri (kuru ağırlık).....	114
Çizelge 4.4. Erdemli Bölgesi BAP-1-3 nolu istasyonların yüzey sedimanı örneklerinde TC-PON-POC derişimleri (kuru ağırlık).....	115
Çizelge 4.5. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarında TARAL ve BAP Sedimanlarında Çözülmüş P- Yarı Bozunmuş Organik P - Toplam P derişimleri.....	118
Çizelge 4.6. Kıyı istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi	121
Çizelge 4.7. Kıyı istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi ..	122
Çizelge 4.8. Orta istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi	123
Çizelge 4.9. Orta istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi...	124
Çizelge 4.10. Açık istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi.....	125
Çizelge 4.11. Açık istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi..	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. 2009 Yılı Uydu Modis Aqua uydusundan elde edilen Doğu Akdeniz için ortalama yüzey klorofil derişim (mg/m^3) dağılımı	8
Şekil 2.2. Fosfat Döngüsü	11
Şekil 3.1. Mersin Körfezi'nde su kalitesi izleme istasyon haritası	37
Şekil 3.2. Karşılaştırma çalışması su kalitesi izleme istasyon haritası ..	37
Şekil 4.1. PO_4 standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri (MQW: çift distile su, SW: düşük nütrient içeren açık deniz yüzey suyu)	48
Şekil 4.2. PO_4 standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri.....	49
Şekil 4.3. MOW içerisinde PO_4 standartları (std) ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri	50
Şekil 4.4. MOW ve yanmış filtre için PO_4 Standartları ile Hazırlanan kalibrasyon eğrileri (a) Std+oksidant (b) filtre+std+ oksidant	51
Şekil 4.5. Sedimanlar için en uygun ağırlık eğrisi	52
Şekil 4.6. Sedimanda çözünmüş P analizi için PO_4 standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri.....	53
Şekil 4.7. Sedimanda ayrışmış P ve toplam P analizi için PO_4 standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri.....	53
Şekil 4.8a. Mersin Körfezi kış sezonu yüzey dağılımı	59
Şekil 4.8b. Mersin Körfezi ilkbahar sezonu yüzey dağılımı.....	61
Şekil 4.8c. Mersin Körfezi yaz sezonu yüzey dağılımı.....	63
Şekil 4.8d. Mersin Körfezi sonbahar sezonu yüzey dağılımı.....	65
Şekil 4.9a. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (22 nolu kıyı istasyon).....	71
Şekil 4.9b. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (14 nolu orta istasyon).....	73

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.9c. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (46 nolu istasyon)	75
Şekil 4.9d. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (48 nolu açık istasyon).....	77
Şekil 4.9e. Chl-a'nın derinlik profilleri.....	79
Şekil 4.9f. Biyokimyasal parametre oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon).....	79
Şekil 4.10a. Partikül organik maddelerin (POM) derinlik profilleri (kıyı-orta-açık istasyon) a) POC b) PON	92
Şekil 4.10b. Toplam Partikül Fosfor (TPP) (a) Çok üretken dönemlerde (b) az üretken dönemlerde derinlik profilleri (kıyı-orta-açık istasyon)	93
Şekil 4.10c. Partikül organik madde (POM) oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon)	94
Şekil 4.10d. Biyokimyasal parametre oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon)	95
Şekil 4.11a. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-1 istasyonu).....	100
Şekil 4.11b. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-3 istasyonu).....	102
Şekil 4.11c. Chl-a'nın derinlik profilleri.....	104
Şekil 4.12. Temmuz ve Kasım 2010 BAP istasyonlarından elde edilen POM değerleri.....	105
Şekil 4.13. Sediman-su Arayüzeyindeki Geçiş Süreci.....	109
Şekil 4.14. Kıyı, orta ve açık Mersin Körfezi sedimanlarında (a) Temmuz 2010 (b) Kasım 2010 döneminde POM derişimleri.....	119
Şekil 4.15. BAP sedimanlarında Kasım 2010 döneminde POM derişimleri	119
.	

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.16. Kıyı, orta ve açık Mersin Körfezi sedimanlarında (a) Temmuz 2010 (b) Kasım 2010 döneminde P derişimleri.....	120
Şekil 4.17. Kıyı ve açık BAP sedimanlarında Kasım 2010 döneminde TP, çözünmüş ve partikül-P derişimleri.....	120

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Chl-a	: Klorofil-a
ÇO	: Çözünmüş oksijen
ÇOC	: Çözünmüş organik karbon
ÇOM	: Çözünmüş organik madde
ÇOP	: Çözünmüş organik fosfor
DA	: Doğu Akdeniz
DCM	: Derin klorofil maksimumu
KDA	: Kuzeydoğu Akdeniz
PİP:	: Partikül inorganik fosfor
POC	: Partikül organik karbon
PON	: Partikül organik azot
POM	: Partikül organik madde
PP	: Toplam partikül fosfor
Si	: Silikat
TC	: Toplam karbon
TÇP	: Toplam çözünmüş fosfor
TİN	: Toplam inorganik azot
TP	: Toplam fosfor
TPP	: Toplam partikül fosfor

1. GİRİŞ

Denizler ve okyanuslardaki canlı yaşamın temel besin kaynağı, fotosentez ürünü planktonik canlılardır. Bunların bolluğu ve tür dağılımları, fotosentez için gerekli olan besin elementleri (azot, fosfor, silikat ve çözünmüş eser metaller) bolluğu ve bunların sudaki kullanılabilir formdaki oranları, güneş ışığı şiddeti ve su sıcaklığı gibi temel faktörlerle yakından ilişkilidir [Benitez-Nelson, 2000; Gilbert, 2009]. Planktonik canlı üretiminin okyanus sistemindeki sürekliliği ve günlük üretim artışları, su kolonunda toplam organik madde birikimi olarak gözlenir. Bu nedenle, fotosentezin sürdüğü ışıklı üst tabakada toplam (partikül + çözünmüş) organik madde derişimi yüksektir [Béthoux vd., 2002; Filippelli, 2010]; önemli bir yüzdesi heterotrof canlılarca enerji kaynağı olarak tüketilir ve besin zincirinin sağlıklı sürdürülmesinde kritik öneme sahiptir. Derin sularda organik madde üretimi olmadığından tek kaynak yüzeyden çökelen partikül organik maddelerdir ve toplam derişimi belirgin düşüktür [Libes, 1992].

Sucul ortamdaki organik madde artışı reaktif besin tuzları (N, P) girdisine bağlı olduğundan, iç ve dış kaynaklardan sürekli beslenen denizler ve kıyusal deniz alanlar göreceli olarak organik maddece zengindir [Libes, 1992]; özellikle nehir girdileri ile beslenen körfezler ve kıyı sular biyolojik çeşitliliği, organik madde bolluğu ve besin elementleri girdisince fakir oligotrofik özelliklere sahip açık denizlerden çok farklılıklar gösterir [Krom vd., 1999; Lin vd., 2012]. Kıyusal sularda üretilen organik maddelerin önemli bir kısmı, düşük çökme hızına sahip partikül organik madde (POM) ve çözünmüş organik madde (ÇOM) bileşikleri halinde açık denizlere taşınır. Kıyılardan taşınan organik maddeler açık sularda heterotrofik canlılarca parçalanarak ortama besin tuzları kaynağı oluşturur. Böylece açık denizlerde biyolojik yaşamın sürekliliğine önemli katkı sağlarlar.

Doğu Akdeniz’de Seyhan nehir sularının kirlilik yükleri yüksektir ve körfez için önemli bir kirlilik kaynağıdır. Akdeniz bölgesi nehirlerinin yıllık kirlilik yükleri karşılaştırdığında; en yüksek nitrat (18664 ton-N) ve amonyak (2650 ton-N) yüklerini Ceyhan nehir suları, en yüksek toplam fosfor (3608 ton-P) yükünü ise

Seyhan nehri taşımaktadır ve bu yük Akdeniz'e taşınan yıllık TP yükünün %70'ine yakındır. Mersin Körfezi kıyı suları, kirletilmiş Seyhan ve Berdan nehir suları ile kirletilmektedir. Seyhan, Berdan ve Göksu'da belirgin fosfor kirliliği vardır ve bunun çoğunluğu çözülmüş inorganik fosfor formundadır. [Tugrul vd., 2005].

Son 30 yılda gelişen kimyasal ölçüm teknikleri sayesinde, sudaki partikül ve çözülmüş organik madde oluşumunun kaynağı besin tuzları derişimlerini, organik madde derişimlerini ve bunları oluşturan temel bileşenlerin (C/N/P) oranlarını yaygın olarak belirlemek mümkün olmuştur. Özellikle partikül organik madde kompozisyonundaki N/P oranı ile deniz ortamındaki ve kaynaklardaki toplam inorganik azot (TİN) ve reaktif fosfat (PO_4^{-3}) ölçümleri ve bunların oranları arasında yakın ilişkiler gözlenmiştir. Karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılarak, ortamdaki besin tuzları bolluğu ve TİN/ PO_4 oranı derişimlerinin fitoplankton üretimine, partikül madde artışına ve kompozisyonuna etkileri belirlenmeye çalışılmıştır [Béthoux, 1989; Krom vd., 2003].

Benzer oşinografik çalışmalar, özellikle 1980'li yıllardan sonra doğu Akdeniz'in oligotrofik özelliklere sahip açık sularında artarak gerçekleştirilmiştir [Mayer ve Gloss, 1980; Froelich, 1988]. Elde edilen oşinografik bilgilere göre doğu Akdeniz suları, besin tuzları (nitrat, fosfat) ve buna bağlı olarak plankton üretimi, biyokütle ve toplam organik madde yönünden oldukça fakirdir [Libes, 1992]. Birincil üretim genel olarak re-jeneratif (parçalanmış organik maddeden açığa çıkan besin tuzlarının birincil üretimde tekrar tekrar kullanılması) üretime dayanmaktadır. Doğu Akdeniz açık ve kıta sahanlığı sularında POM ölçümleri ve C/N/P oranlarının ortamdaki nitrat ve fosfat bolluğuna bağlı derişimleri özellikle Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE) uzmanlarınca araştırılmaya başlanmış; belirli noktalarda yapılan ölçüm sonuçlarının oldukça derişken olduğu gözlenmiştir [Yılmaz vd., 1994; Oğuz ve Tuğrul, 1998; Ediger ve Yılmaz, 1996; Baştürk, 2000]. Ancak Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığını içine alan bölgede sistematik mevsimsel çalışma çok sınırlıdır [Doğan-Sağlamtimur, 2007, Sert, 2010]. İskenderun ve Mersin Körfezlerinde ve bu sistemleri etkileyen Doğu Akdeniz oligotrofik açık sularında fotosenteze dayalı birincil üretim ve POM derişimlerinin

zaman-mekan ölçekli değişimleri hakkında sistematik bulgu/bilgi eksikliği vardır. Doğu Akdeniz'in yüksek debili nehir (Ceyhan, Seyhan, Berdan ve Göksu) sularınca beslenen İskenderun-Mersin Körfezlerini içine alan Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığı suları insan kaynaklı baskıların altındadır. Karasal kaynaklı kirlilik yüklerinin arttığı ve N/P oranlarının değiştiği, Mersin Körfezi kıyı sularında ötrofik koşulların geliştiği plankton organik madde bolluğunun belirgin artış gösterdiği uydu klorofil dağılımlarından açıkça gözlenmektedir [Eker Develi, 2004]. Ancak, bu gözlemlerin yerinde ölçümlerle kantitatif olarak zaman-mekan ölçekli izlenmesi ve araştırılması gereksinimi vardır. Belirtilen veri ve bilgi eksikliğinin azaltılması, karasal kaynaklı baskıların oligotrofik özellikteki Doğu Akdeniz sularını nasıl ve ne derece etkilediğini belirlemek için gereklidir. Bu amaca yönelik olarak Mersin Körfezi ötrofik kıyı suları ile oligotrofik açık suları Çevre Bakanlığı Ulusal İzleme Programı kapsamında pilot araştırma alanı olarak belirlenmiştir. Kıyısız alanlarda yapılan/yapılacak izleme-araştırma çalışmaları, ülkemiz kıyısız alanların ve açık suların AB-Su Çerçeve Direktifi ve Deniz Strateji Çerçeve Direktifi Kriterlerine uygun olarak sınıflandırılması, mevcut durum, referans ve doğal özelliği kaybolan kıyı ve açık deniz alanlarında 2020 yılına kadar ulaşılması hedeflenen (threshold limit value) koşulların tanımlanmasına olanak verecektir [Johnson vd., 2013].

Bu tez çalışması Mersin Körfezi'nde karasal (doğal ve insan kaynaklı atık sular) kaynaklı girdilerle oluşan ötrofik koşulların, sudaki POM havuzunu bolluk ve kompozisyon (C/N/P oranı) olarak nasıl etkilediğini zaman-mekan ölçekli anlamaya yöneliktir. Bu amaçla, körfezde ötrofikasyon baskı kaynaklarından doğrudan etkilenen kıyısız alan ve az etkilenen açık alanlarda 2008-2010 dönemi (toplam 2 yıl) süresince mevsimsel sıklıkta, ötrofikasyon göstergesi parametrelerle (inorganik besin elementleri, toplam fosfor (TP), ışık geçirgenliği, klorofil bolluğu) birlikte partikül madde derişimi su kolonunda ve yüzey sularında eş zamanlı izlenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı değerlendirilmiştir.

Birincil üretimin fosfor girdisince kontrol edildiği Mersin Körfezi sularında karasal kaynaklı besin (N, P) tuzları girdilerinin POM havuzuna ve kompozisyonuna etkileri, körfez yüzey sularında TP havuzunu oluşturan organik/inorganik-P ve

partikül/çözünmüş-P dağılımına etkileri ve TP havuzuna göreceli katkılarına yönelik fosfor bileşenleri (reaktif fosfat, partikül fosfor ve toplam fosfor) incelenmiştir.

Genel değerlendirme kapsamında POM kompozisyonu (C/N/P oranı) ve POC/klorofil oranları veri regresyon analizleri yapılarak, karasal girdilerin POM kompozisyonuna etkileri ve plankton kaynaklı organik maddenin toplam POM havuzuna katkısı hakkında kantitatif sonuçlar ortaya konmuştur.

Su kolonundaki (askıda katı) partikül madde kompozisyonunun sediman tabakasına yansımalarını belirlemek için körfez kıyı ve açık sedimanlarında organik karbon, toplam azot ve fosfor ölçümleri yapılmış ve karşılaştırmalı değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, bölge kıyı ve kıta sahanlığı sularında ihtiyaç duyulan ötrofikasyon göstergesi (indikatörü) veri eksikliğini giderilmesinde ve bölge sularının AB-Deniz Strateji Çerçeve Direktifi kriterlerine göre sınıflanmasında kullanılabilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. DOĞU AKDENİZ LEVANT HAVZASI'NIN OŞİNOGRAFIK ÖZELLİKLERİ

2.1.1. Hidrografik Özellikleri

Genelde buharlaşmanın tatlı su girdisinden daha fazla olduğu bir basen olan Akdeniz'de, su bütçesi Cebelitarık Boğazı yoluyla olan su alışverişi ile dengelenmektedir. Basende, fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı üç temel su kütlesi bulunmaktadır. Yüzeyledeki 25-30 metrelik bir tabaka içinde yaz aylarındaki ısınma ve buharlaşmaya bağlı olarak ortaya çıkan daha tuzlu (‰ 39.1-‰ 39.3) ve daha sıcak (15 °C -25 °C) bir su kütlesi yer almaktadır [Oğuz ve Tuğrul, 1998]. Az tuzlu ve kısmen soğuk Atlantik suyunun altında yaklaşık 200 ile 600 metreler arasında ise göreceli olarak daha tuzlu (‰ 38.5) ve daha sıcak Levant Arasuyu (LAS) bulunmaktadır. Bu su kütlesi siklonik döngülü alanlarda bulunmamaktadır. Daha derinlerde ise daha az tuzlu fakat daha soğuk Akdeniz dip suları bulunmaktadır. Akdeniz dip sularının yer aldığı 700 metrenin altında sıcaklık sadece 13.4 °C-13.8 °C aralığında değişmekte, tuzluluk değerleri ise ‰ 38.74 veya daha az tuzluluktur [Oğuz ve Tuğrul, 1998].

2.1.2. Kuzey Levant Denizi Dolaşım Sisteminin Özellikleri

Yaklaşık 1980'li yılların ortasından başlayarak günümüze kadar devam eden oşinografik çalışmalar neticesinde, Doğu Akdeniz dolaşım sisteminin bir seri kararlı, büyüklükleri birkaç 100 km'yi bulan hücreler ile bu hücrelerin aralarından geçerek Levant Denizi'nin içinde farklı yönlerde dağılan akıntılar ve bunların etrafındaki küçük döngülerden oluştuğu ortaya çıkmıştır [POEM Group, 1992].

Büyük hücrelerin en önemli iki tanesi Rodos Baseni'ni dolduran Rodos siklonik döngüsü ile bunun güney tarafında bulunan Mersa matruh antisiklonik döngüsüdür. Bunların doğusunda, Kıbrıs'ın güney tarafındaki bölge ise Shikmona antisiklonik döngüsü tarafından işgal edilmiştir. Bu döngüler arasından doğuya doğru

ilerleyen akıntılar Kıbrıs Adası'nın doğu tarafından kuzeye doğru dönerek Kilikya Havzası'na girmekte ve daha sonra kıyılarımız boyunca kıvrımlar halinde batıya doğru akmaktadır. Bu kıyusal akıntı sistemine Küçük Asya (Asia Minor) akıntı sistemi adı verilmektedir [Oğuz ve Tuğrul, 1998].

2.1.3. Kuzey Levant Denizi'nin Biyokimyasal Özellikleri

Kuzey Levant Denizi'ndeki oksijenin su kolundaki düşey dağılımı genel olarak tuzluluk ile benzer bir yapı göstermektedir. Yüzeyden 100 m derinliğe kadar ulaşan üst tabaka sularında oksijen derişimi genelde 250-300 μM civarında olup suyun doygunluk değerine yakındır. Öfotik tabakanın kalınlığı (%1 ışık derinliği) siklonik alanlarda, antisiklonik alanlara göre daha sığ olup, genellikle 75-85 m civarındadır [Ediger ve Yılmaz, 1996]. Antisiklonik yörelerde ise bu sınır 110-120 metre derinliğe kadar uzanmaktadır. Bu ışıklı tabakanın altında oksijen değerleri genellikle azalan bir değişim göstermektedir. Levant ara suyunun altında 180-200 μM civarındaki sabit dip suyu derişimlerine ulaşmaktadır. Siklonik döngü alanlarında Levant arasuyu olmadığından, piknoklin tabakasının inceliğine bağlı olarak oksijen düşüşü bu alanda daha keskin olmaktadır [Oğuz ve Tuğrul, 1998].

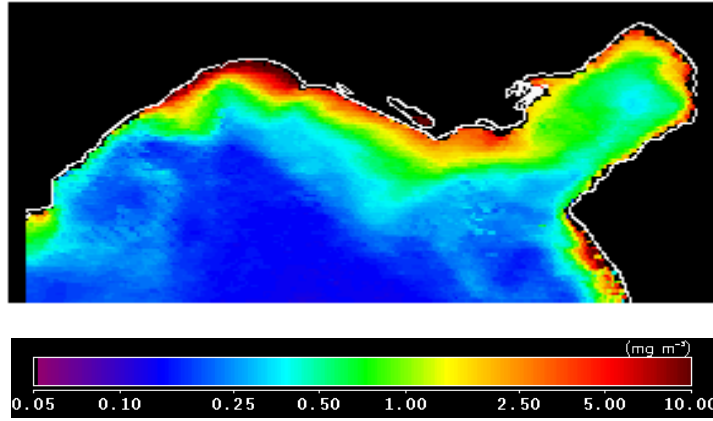
Akdeniz'in tamamı genelde besin tuzları yönünden oldukça fakirdir. Yüzey akıntıları yoluyla Akdeniz'e giren Atlantik sularının besin elementleri yönünden başlangıçta fakirleşmiş olması, bu suların doğuya doğru hareketi esnasında planktonik canlılarca kullanımları sonucu daha da fakirleşmektedir. Bu nedenle, Doğu Akdeniz'de biyolojik yaşam büyük bir oranda nehir deşarjlarıyla gelen besin elementlerine dayanmakta, buna bağlı olarakta daha çok kıyusal alanlara sıkışmaktadır. Buna karşılık, Cebelitarık Boğazı'ndan alt akıntılar yoluyla, Akdeniz derin sularında yeniden oluşmuş besin tuzları sürekli olarak Atlantik Okyanusu'na aktarılmaktadır. Bu nedenle, Akdeniz'in orta tabaka ve dip sularında besin elementlerinin, Marmara Denizi ve Karadeniz'de olduğu gibi birikmesi söz konusu değildir. Ayrıca, Rodos Döngüsü hariç, besin elementlerince nispeten zengin dip suları dikey karışımlarla yüzey sularına çıkamamaktadır. Sonuçta, Akdeniz ve

özellikle Doğu Akdeniz ara tabaka suları besin tuzları için bir tuzak görevi görmektedir [Baştürk, 2000].

Doğu Akdeniz derin suları ~ 28/1 N/P oranına sahip tartışmasız en büyük global okyanus denizi olup [Krom vd., 1992] ultra-oligotrofik özelliktedir. Sargossa Denizi gibi diğer okyanus sularında ölçülen ortalama fitoplankton üretimi $60-80 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 'dir [Béthoux ve Gentili 1999; Krom vd., 2003]. Doğu Akdeniz için fitoplankton popülasyonu kıta sahanlığı (200 m'den az) yüzey sularında en düşük 2.02×10^4 ve en yüksek 2.28×10^6 hücre/litre arasında, 200 m'den derin açık yüzey sularında ise 2.38×10^4 ile 5.6×10^5 hücre/litre aralığında değişmiştir [Tuğrul vd., 2011]. Çok düşük üretimin asıl nedeni, daha tuzlu Levantin ara sularının çözünmüş besin elementlerini (nitrat ve fosfat) taşıyan orta derinlikteki (200-500 m) sulara akarken, Sicilya Boğazından geçen yüzey suyunun besin elementlerini azaltarak basende alıılmamış anti nehir ağzı sirkülasyonu oluşturmasıdır [Krom vd., 2010]. Besin tuzları girdilerine ve birincil üretim hızlarına bağlı olarak uydulardan elde edilen yüzey klorofil dağılımları çarpıcı değişimler göstermektedir (Şekil 2.1).

Doğu baseninde partikül fosfor (PP), birincil üretim özellikle kış mevsiminde hakim olan düşey karışımlar nedeniyle oluşan daha derin katmanlardan gelen besin tuzu girdilerinin kontrolündedir [Krom vd., 1993]. Siklonik bölgelerde fitoplankton biyokütlesi ve birincil üretim, öfotik bölgenin tabanında gözlenen nütriklinin olduğu yerde oldukça yüksektir. (Salihoglu vd., 1990; Yılmaz vd., 1994; Ediger ve Yılmaz, 1996). Antisiklonik bölgelerde nütriklin tabakası daha derinlerde (400-500 m) bulunmakta [Salihoglu vd., 1990; Yılmaz vd., 1994] ve kış karışımı sırasında yüzey sularına giren besin akışını sınırlamaktadır. Doğu Akdeniz baseni için direkt ölçümlerde elde edilen birincil üretim $<20 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 'dir ve bu değerler antisiklonik döngülerin üst katman sularındaki besin elementleri derişimlerinin mevsimsel değişimleri için yapılan tahminlerden daha azdır [Ediger, 1995]. Sınırlı kış verileri, sert geçen kış aylarında alt havza kesitindeki dip su karışım ve yoğunlaşma süreçlerinin, özellikle üst su kolonundan 1000 m derinliğe kadar suyun kimyasını değiştirdiğini göstermiştir. Bu nedenle, tüm siklonik Rodos döngüsünün yüzey tabakası, 1987 ve 1993'de [Gertman vd., 1990 ; Sur vd., 1993] uzun süren

olumsuz kış koşulları altında oldukça zengin Levantin dip suları tarafından işgal edilmiştir. Kıyı bölgelerde sığ hale gelmesine rağmen, 400-500 m derinliklerde, öfotik bölgenin çok aşağısındaki sürekli nütriklin oluşumu yüzünden, antisiklonik döngülerde alt tabakadan fotik bölgenin verimli üst tabaka sularına düşey karışımla sağlanan besin tuzu girişi sınırlı kalmaktadır [Salihoğlu vd., 1990; Krom vd., 1991, 1992, 1993; Yılmaz vd., 1994; Ediger ve Yılmaz, 1996]. Buna göre, Rodos döngüsünde yıl boyunca nütriklin ve Levantin dip suları yükselerek öfotik zona karışmakta hatta sert kışlarda Levantin dip suları yüzeye kadar çıkararak nütriklin tabakasını bozabilmektedir. Bu Levantin Baseni için en önemli besin elementi kaynağı olarak bilinmektedir [Yılmaz ve Tuğrul, 1998].



Şekil 2.1. 2009 Yılı Uydu Modis Aqua uydusundan elde edilen Doğu Akdeniz için ortalama yüzey klorofil derişim (mg/m^3) dağılımı

2.1.4. Besin Elementleri

Denizlerde canlı yaşamın oluşmasını ışıkla birlikte sağlayan temel parametrelerden biri de besin elementleridir. Ekolojik sistemin önemli bir parçası olan fitoplankton inorganik besin elementlerini belli oranlarda alarak büyüme ve çoğalma faaliyetleri için kullanırlar. Planktonik organizmaların ölümleri halinde aynı oranlarda ortama geri verilen azot, fosfat ve silikat bu besin maddelerinin en önemlilerindedir. Bunların su kolonundaki dağılımı fotosentez ve solunum (organik maddenin parçalanması) reaksiyonları ile uyum gösterir. Fotosentez yoluyla çoğalan fitoplanktonlar fotik bölgedeki mevcut besin elementlerini kullandığından üst sulara besin elementlerinin derişimleri azalmaktadır. % 1 ışık şiddeti derinliğinin altında kalan sulara ise solunum hızı fotosentezden yüksek olduğundan, alt sulara fiziksel olaylarla (gravite ve karışım) inen biyolojik içerikli organik madde zooplankton ve bakteriler tarafından enerji kaynağı olarak kullanılır. Fotosentezin tersi yönünde gelişen bu reaksiyon sonucu suya inorganik besin elementleri girer ve alt sulara inorganik besin elementleri birikimi gözlenir [Morkoç, 1991].

Doğal ortamlarda alg büyümesini sınırlayan besin maddeleri genellikle azot ve fosfattır. Azot alımı genel olarak $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ ve $\text{NH}_4\text{-N}$; fosfat kullanımı ise o-PO_4 şeklindedir. Organik fosfat bileşikleri fosfat kaynağı olarak çok az bir önem taşımaktadır.

2.2. DENİZ ORTAMINDA FOSFOR DÖNGÜSÜ

Bitki ve hayvanların organik dokularında önemli bir bağlayıcı olan fosfat iyonu (PO_4^{-3}) fosfat minerali olarak kayalarda ve toprakta büyük miktarlarda bulunmaktadır. Fosfor elementi deniz suyunda çözünmüş veya asılı katı formunda organik ve inorganik bileşikler ve çözünmüş formda inorganik fosfat olarak bulunur (orto fosfat = o-PO_4^{-3}). Organik bileşiklerinin çoğunda fosfor elementi fosfat iyonu (PO_4^{-3}) şeklinde bulunur. Yani, deniz suyundan canlıların bünyelerine aldığı kimyasal yapıda, hiç bir yapısal değişiklik göstermeden alınır. Hücre içerisinde, fosfat iyonları yüksek enerjili fosfat bağları halinde ATP molekülü yapısında

bulunur (Şekil 2.2). Hücre metabolizmasında enerji deposu olarak kullanılan bu molekül, metabolik faaliyetlerin yürütülmesi için gereken enerjiyi sağlar.

Karasal ortamdaki fosfatlı kayalarındaki fosforun bir bölümü aşınma yoluyla suda çözülmüş hale gelebilir. Bu inorganik fosfat iyonu bitkiler tarafından genellikle suda çözülmüş orto-fosfat ($H_2PO_4^-$) şeklinde alınır ve fotosentez yoluyla ATP molekülü yapısı içinde yüksek enerjili fosfat bağları halinde organik fosfata çevrilir. Daha sonra besin zinciri yoluyla otçul ve etçil hayvanlara taşınır. Bitki ve hayvanların günlük metabolik atıkları ile ölüm sonrası atıkları mikroorganizmalar tarafından yeniden Detrital Döngü (Mikrobiyal Döngü) yoluyla inorganik şekline tekrar dönüştürülür. Bu formdaki inorganik fosfat iyonu bitkiler tarafından tekrar kullanılabilir veya sediman yapısında veya karasal ekosistemler içinde tutulabilir. Görüleceği gibi fosforun organik döngüsü oldukça basit olmakla beraber, sediman içindeki davranışı daha karmaşıktır. Eğer fosfat içeren bir toprağı yıkarsak, suya geçen fosfat miktarı topraktaki miktara oranla oldukça düşük olacaktır. Bunun nedeni, fosfatın toprak bileşenlerinin bazı iyonları (Ca^{+2} , Fe^{+3} gibi) ile suda çok az çözünebilir tuzlar oluşturmasıdır.

Karalarda aşınma sonucu denizlere ulaşan fosfatın bir bölümü bitkiler tarafından kullanılır ve besin zinciriyle diğer hayvanlara aktarılır. Ancak bu organizmaların ölmesi sonucu fosfatın bir bölümü sucul ortam dip çökellerinde birikime uğramaktadır. Uzun zaman periyotlarında gelişen jeolojik hareketlerle bu fosfat içeren kayalar tekrar karalara geçer. Buna göre fosforun karalardan denizlere dönüşü hızlı, dağların oluşumuyla denizlerden karalara dönüşü ise çok daha yavaş bir süreçte olmaktadır.

Fosforun denizlerden karalara dönüşü sadece jeolojik hareketlerle olmaz. Balıklarla beslenen balıkçıl kuşların dokularıyla da taşınabilmektedir. Örneğin, guano olarak adlandırılan ve fosfat miktarı çok yüksek olan bu atıklar önemli fosfat kaynağını oluşturur.

Nehir girişleri P için önemli bir kaynak oluşturduğundan, çözünmüş inorganik fosfat (PO_4) derişimleri kıydan uzaklaştıkça azalma eğilimindedir. PO_4 derişimleri yaz dönemi tabakalaşması sonucu üst tabaka sularında azalır ve güçlü kış karışımı ile artar. Nehirler yoluyla yüksek besin elementleri girişi P derişimlerini kıyusal sularda artırabilmekte ve biyolojik olarak kullanılabilir P derişimini azaltan plankton çoğalmasını artırmaktadır. PO_4 ve nitrat maksimumu dip sularda O_2 minimumu ile aynı derinliklerde oluşmaktadır.

Denizel partikül madde bileşenlerinde P'un dağılımı hakkında az şey bilinmesine rağmen [Faul vd., 2005], çok sayıda çalışma partikül fosforun biyolojik maddelerden elde edilen organik olarak bağlı bileşiklerden oluştuğunu açıklamaktadır. Faul vd. [2005], yapmış oldukları çalışmada TPP içeriğini analiz etmiş, P'un çözünmez organik P (%~40), otojenik P (%~25) ve okside olmuş ve/veya kararsız P (%21) bileşenleride dahil bölgeye bağlı olarak değişen reaktif olmayan fosfordan (%~13) oluştuğunu rapor etmişlerdir. Bütün PP çeşitlerinin akısının sığ sediman tuzakları ile derin sediman tuzakları arasında azalmasının reaktif P bileşenlerinin bazı rejenerasyon süreçlerine maruz kaldığının göstergesi olduğunu saptamışlardır.

2.3. PARTİKÜL ORGANİK MADDENİN ÜRETİMİ VE PARÇALANMASI

Denizlerdeki partikül maddeler canlı organizmalar, organik parçalar, kil ve karbonatlar gibi cansız materyalden oluşur ve bunların üzerinde organik maddeler, kolloidler ve metaller sabitlenmiş ya da absorbe olmuş olabilir [Giani 2003]. Karada üretilen ve nehirlerle taşınan POM, denizde birincil üretimle (yani fotosentezle) üretilenin yanında çok küçük miktarlardadır. Dış ortam kaynaklı POM miktarı 4.2×10^9 gCy⁻¹ iken, denizel ortamda birincil üretim yoluyla üretilen POM miktarı 4×10^{16} gCy⁻¹ seviyesindedir [Libes, 1992]. Rüzgarla taşınan POM miktarı ise daha düşüktür. Dolayısıyla, çoğunlukla denizlerde POM birincil üreticiler (fitoplankton, makroalg, kemo-otolitotrofik bakteri) tarafından üretilir. Çoğu birincil üretim fotototrofik nanoplankton (2.0-20.0µm çaplı), pikoplankterler (0.2-2.0µm çaplı) tarafından gerçekleştirilir. Karbon, bu denizel ototroflar tarafından çeşitli şekillerde

sabitlenir. Karbonun yaklaşık olarak %10'luk bir kısmı, deniz bitkileri tarafından düşük molekül ağırlıklı serbest aminoasitler, trikarboksilik asitler halinde ortama verilir. Bu atıklar da bakteriler tarafından anında tüketilir.

Çoğu bitkisel hücre, özellikle de fitoplankton, filtre-beslenmesi yapan mikro-zooplankton (20-200 µm) tarafından tüketilir. Mikro-zooplankton grubunu başlıca foraminifera, radyolarya, ve tintinids gibi protozoalar oluşturmaktadır. Yenilmemiş fitoplanktonlar öldüğünde, onların hücre duvarları hızla yok olmakta ve böylelikle ortaya çıkan çözülmüş organik madde (ÇOM), bitki artıkları gibi anında tüketilmektedir. Bu işlem, fotosentezle sabitlenmiş karbonun %10-50'sinin kullanılmasından sorumludur. Karbonun bir kısmı çözülmüş organik karbon (ÇOC) ve çözülmüş inorganik karbon (ÇİC) olarak deniz suyuna geri döner. Fakat çoğu mikrobiyal biyokütleyle dahil olur.

Kopepodlar ve larvalar, küçük fitoplankton ve bakteriyi sindiremeyecek kadar büyük zoo-planktonu oluştururlar. Fakat protozoaların boyutları daha küçük olduğundan bakteri ve küçük fitoplankterleri tüketebilecek niteliktedir. Bu nedenle protozoalar fotosentezle üretilen karbonun %25-50'sinin tüketiminden sorumludur. Fotozentezle sabitlenmiş karbonun bir kısmı ise daha yüksek trofik seviyelere geçerler. Bu da tek hücreli canlıların deniz besin zincirinde ne kadar önemli bir bağlantı teşkil ettiğini gösterir, çünkü onlar olmasaydı, çoğu bakteriyel ve ototrofik üretim besin zincirinden silinecekti.

Tek hücreli canlılar (protozoalar) tarafından tüketilen organik maddenin hepsi daha yüksek trofik seviyelere geçemez ve çoğu POM olarak ortama bırakılır. Bu işlemde azot ve fosfor yeniden çözüldürülerek besin elementi geri dönüşüm hızları artar. Daha büyük boyutlardaki zooplankterler amonyum ve düşük molekül ağırlıklı ÇOM'u atık madde olarak atsalar da, bu salınım sadece yüksek besin derişimlerinin olduğu ekosistemlerde geçerlidir. Bu gibi durumlarda, büyük hücreli bitkiler yani diatomeler tarafından kullanılan besin elementleri sonucunda ortaya çıkan birincil üretimin ürünleri daha büyük zooplankterlerce kullanılır. Büyük zooplankterlerin bu üretimi tortul POM'un önemli bir kaynağını oluşturmaktadır.

Tortul POM havuzu ölü bitki ve hayvan dokularını içermekte, bu partiküllerden bazıları bir araya gelerek, “deniz karı” olarak tanımlanan ince bir tabaka halinde dökülmektedir [Dafner ve Wangersky, 2002; Suratman vd., 2009]. Bazı “Deniz karlarının” içindeki tortul POM batarken, parçalamak üzere biyojeokimyasal aktiviteler yapacak tek hücreli bakterileri ihtiva ettiği görülmüştür [Libes, 1992].

POM canlı ve ölü fitoplankton, zooplankton ve bunların bozulma ürünlerinden oluşan ve sıklıkla deniz karı olarak adlandırılan organik makroskopik birikimlerdir, plankton patlamalarında, diyatomelerin biyo-flokülasyon geçirmeleri sonucu meydana gelen partiküllerin bir kısmını içermektedir [Suratman vd., 2009]. POM ayrıca deniz suyunda ÇOM’ un kümelenmesi ve çökmesiyle de oluşabilir. Bu olay ‘kabarıkçık çıkarma’ adındaki su hareketiyle iyice pekişebildiği gibi, çevresel şartlar da çökmenin başlamasına sebep olabilir. Örneğin, ÇOM, tuzluluğun artmasıyla kolloid stabilitesinin bozulması sonucu, tatlı suların deniz suyuyla karıştığı kıyusal bölge sularında çökebilir. ÇOM ayrıca, sediman-su ya da hava-su ara yüzeylerinde, yani sınırlarda, artma eğilimindedir. Bu süreçler POM’un bakteriler tarafından zenginleştirilmesine bir örnektir.

2.4. PARTİKÜL ORGANİK BİLEŞİKLERİN KİMYASAL DÖNÜŞÜMLERİ

Canlı organizmalar ve özellikler fitoplankterler, yüzey-suyu partiküllerinin önemli bir kısmını teşkil ederler. Kimyasal yapıları genellikle türe özgü olmakla birlikte canlıların fizyolojik durumuyla da ilişkilidir. Genellikle, karbonun % 40-60’lık kısmı, fitoplankton içinde protein formundadır. Karbonhidratlar ve yağlar fitoplanktonun kimyasal yapısının % 20-40’ını oluşturur, %5-20’si de hücresel karbondur [Libes, 1992].

Canlı POM’un büyük bir bölümü öfotik zonda yoğunlaştığından, tortul POM’a katkı su derinliği arttıkça artar. C/N oranı cansız POM’da derinlikle birlikte artar, çünkü azotça zengin bileşikler (proteinler), azotça fakir bileşiklerden (karbonhidrat ve yağ) daha hızlı bozunmaya uğrar. Bu yüzden proteinlerin miktarları

derinlikle beraber göreceli olarak azalırken, karbonhidrat ve yağların profilleri derinlikle birlikte göreceli olarak artacaktır.

Cansız POM'da büyük polimer yapıları bileşikler monomerik üniteleri bir arada tutan bağların kopması nedeniyle ilk sırada bozunurlar. Örneğin, proteinler bozunarak polipeptidleri oluşturur, polipeptidler parçalanarak serbest aminoasitlere dönüşür. Bu aminoasitler sonradan yağ asitlerine ve daha küçük moleküllere CO₂, CH₄, NH₄⁺, HPO₄⁻², HS⁻, fenol ve üreye dönüşür. RNA, DNA, ATP gibi nükleotidler yapıtaşları olan nükleik asitlere dönüşür, bu ürünlerin katabolizmasını aminoasitleri oluşturan süreçler takip eder. Lipidlerin parçalanması ise hidrokarbona, karbonhidrata ve küçük karboksilik asitlere dönüşmeleriyle, son metabolik ürünler olarak CO₂ ve CH₄'e dönüşmeleriyle döngüden çıkarlar. Selüloz ve nişasta gibi polisakkaritler ise öncelikle oligosakkaritlere ve sonrasında monosakkaritlere dönüşür.

Bu katabolizmik reaksiyonlar mikrobiyal bozunmanın bir sonucu olup, ayrıca yüksek zooplanktonik organizmalar tarafından filtre-beslenmesi ile yenilmenin de bir sonucudur. POM'un deniz tabanına doğru batması esnasında oluşan dönüşümlerin süresi ve tipi,

1-) Derin su heteretrofların tip ve görece yoğunluklarına

2-) Partiküllerin kimyasal bileşimine

3-) Partiküllerin fiziksel flokülasyon dolayısıyla batma hızlarıyla yakından ilişkilidir.

Derin-su partikülleri genellikle küçük (<20 µm) olduğundan daha yavaş (≤1m/gün) batmakta, buna bağlı olarak mikrobiyal saldırılara maruz kalma süreleri uzamaktadır. Sonuç olarak bu partikül maddelerin çoğu küçük haldeki fitoplankton hücre duvarları, zooplankton dış iskeletleri ve çökelmiş humuslu maddeler gibi dayanıklı materyallerden oluşmaktadır. Bu dayanıklı maddelerin C/N oranı oldukça yüksektir.

Toplam POM akısı artan derinlikle düşmesine rağmen, belirli sınıflarda ve belirli organik maddelerden oluşan bileşiklerin akısında gözle görülebilir değişimler olduğu açıktır. Hızlı düşüşler, kimyasal olarak kararsız molekülleri ifade ederken; 'yerinde' üretim su kolonunun yarısında maksimum değerlere işaret edebilir. POM akısının gösterdiklerinin türe özgü olduğu durumlarda, farklı türlerin varlığı o bölgedeki aktif deniz organizmalarının varlığına da işaret eder.

Partikül maddeler, canlı organizmalardan ya da kolloidlerden, veya bazı fizikokimyasal süreçlerin son ürünü olan otokton kökenli [Chin vd., 1998] maddelerden veya nehir ya da atmosferik giriş gibi dış kaynaklı allakton maddelerden oluşabilir. Sığ, kıyısal bölge sularındaki partikül organik maddeler hem çökme hem de su-sediman arayüzeyinde besin elementi yenilenmesine ve oksijen tüketimine yol açan geçişlere ve bozulmalara maruz kalabilir.

2.5. ÇÖZÜNMÜŞ ORGANİK MADDELER (ÇOM)

Çözünmüş organik maddelerin tamamı canlıların metabolik artıklarından, alglerin fotosentez ile ürettikleri bileşiklerin bir kısmını suya bırakmalarından, fitoplanktonun hücre dışına bıraktığı metabolizma ürünlerinden, zooplankton ve sudaki diğer canlıların boşaltım maddelerinin suda çözünmesinden kaynaklanır. Bunların başlıcaları organik azot, organik karbon, karbonhidrat vb'dir. Bunun yanı sıra, karasal ortamda bulunan ve suda çözünebilen organik maddeler rüzgar ve nehirler yolu ile sucul ortama ulaşabilmektedir. Ayrıca bölgedeki insan aktivitelerinden kaynaklanan karasal kökenli girdilerin, rüzgar ve su hareketleri nedeniyle sedimanda yoğun birikime neden olduğu düşünülmektedir [Anonymous, 1997].

2.6. PARTİKÜL ORGANİK KARBON

Partikül Organik Karbon (POC) terimi, denizde bulunan hem canlı hem de canlı olmayan ve genellikle çapları 0.5-1.0 µm'den daha büyük asılı partikülleri işaret eder. POC içerisinde canlı organizmaların oranları; klorofil-a (chl-a) faktör

olarak kullanıldığında canlı materyallerin en büyük bileşeninin fitoplankton ve canlı organik karbon olduğu tahmin edilmektedir ve bu ürün toplam POC'dan çıkarıldığında cansız POC'u vermektedir.

$$\text{POC (toplam)} - \text{Chl-a} * f (\text{Fitoplankton POC}) = \text{Cansız POC} \quad (2.1)$$

Burada f faktörü mevsimsel olarak 25-250 arasında değişmektedir. POC'un canlı bileşenlerini tahmin etmenin en iyi yolu POC'daki ATP'nin miktarını tanımlamaktır. Organizmanın ölümü ile ATP hızlı bir şekilde yıkıma uğrar, bu ATP, POC'daki canlı organik karbonun oranıdır. Bu dönüşümde ortalama oran sabiti 250'dir.

Çözünmüş karbon ve/veya oksijen tüketimi batan partiküllerin yoğunluğuna bağlıdır. Hafif dağılmış partiküllerin ve partikülat karbonun derişimlerdeki dikey karışımın su kütleleri veya su sirkülasyonu ile bağlantılı olduğu bulunmuştur. Bu dağılım şekli, ya taşınan nötr parçacıkların uzak mesafelere yatay olarak gitmesini geciktirir ya da su kütleleri arayüzeyindeki yoğunluğun azalması birikmeyi destekler.

2.7. DENİZ SUYUNDA KARBONAT-ORGANİK İLİŞKİLERİ

Deniz suyu sisteminde kalsiyum karbonatın (CaCO_3) üç özelliği yıllardır deniz jeokimyasında karışık bir özellik taşımaktadır. Bu özellikler:

- 1- CaCO_3 'ün yüzey ve kıyıya yakın yüzey sularının çoğunda süper doygunluğu
- 2- Kıyı karbonat sedimanlarının karmaşık minerolojisi
- 3- Okyanusun bütün derinliklerinin pelajik sedimanlarında CaCO_3 'ün oluşumudur.

Karbonat-deniz suyu sisteminin bu özellikleri dengesizliğin indikatörleridir. Dip okyanus suları CaCO_3 açısından kıyaslandığında doygunluk seviyesinin altındadır ve karbonatlar bu yüzden dip pelajik sedimanlarında bulunmazlar.

2.8. SEDİMAN TÜRLERİ

Sediman, genel olarak karasal ortamın aşınarak nehirler yoluyla deniz ortamına taşınması ve askıda katı taneciklerin dipteki birikimi sonucu oluşur. Organik maddeler partikül ve çözülmüş halde denizel ortamda bulunmakta, karasal kökenli doğal ve kirletici (evsel ve endüstriyel atıklar) girdileri denizel ortam için kaynak oluşturmaktadır. Bunlara ilaveten, suda birincil üretimle partikül organik karbon oluşmakta, bunların parçalanması ile çözülmüş organik bileşenler açığa çıkmaktadır.

Kuzeydoğu Akdeniz'de tane çaplarına göre çakıllı kum, çamurlu kum, kumlu çamur ve çamur olan sediman türlerine rastlanılmıştır [Malovitsky vd., 1975; Shaw ve Bush, 1978]. Burada kullanılan 'çamur' terimi kil+silt'ten oluşan (Çapı 63 μm 'den küçük tanecikler) gevşek veya taşlaşmamış sediman türü, 'kum' çapları 63 μm 'den küçük 2 mm'den büyük olan taneler, 'çakıllar' ise çapları 2 mm'den büyük olan tanelerdir [Bodur, 1987; Tunç, 2008].

Mersin Körfezi kıyılarında, çakıllı ve kumlu çamurlar başlıca granülometrik sediman tipleridir. Mersin Körfezi'nin diğer kıyı bölgelerinde, örneğin Lamas çayı'nın ağzında [Ebren, 1982; Ergincan, 1985; Tunç, 2008] ve Erdemli kıyılarında [Gülümser, 1978; Diren, 1985] yapılan sedimentoloji çalışmalarında da çakıllı ve kumlu çamurlara rastlanmıştır. Kilikya havzasının kuzey ve güney kıta kenarlarında (Akkuyu, Anamur ve Tekneçik, Kıbrıs) yapılan jeolojik-oşinografik araştırmalar bölgede çakıllı kum, kumlu çamur ve çamurlardan oluşan güncel sedimanların çökeldiğini göstermiştir [DBE-ODTÜ, 1984, 1985; Ediger, 1987].

2.9. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Krom vd. [1991], Doğu Akdeniz’de birincil üretimin fosfor bakımından sınırlılığı üzerine yapmış oldukları çalışmada, nitratın (NO_3^-) genel olarak okyanusların çoğunda birincil üretimi kontrol ettiğinin düşünülmesine rağmen, Kuzeydoğu Akdeniz ile ilgili bu araştırmada orta kesimlerde ve ılık-sıcak su katmanının sınırlarında kış aylarında fitoplankton çoğalması yüzünden ölçülebilir miktarda ($0.3-0.6 \mu\text{M}$) nitrat kalmasına rağmen daha üst su kütlesinde fosfatın (PO_4^{3-}) bulunmadığını açıklamışlardır. Kuzey Levantin havzasında N’nin P’ye karşı dağılımı grafiğinde N/P oranı (28-29), eğim (21-23) ve kesişimin (0.9-1.1) olduğunu belirtmişler ($\text{N}=22.9 \text{ P}$) ve bu verilerden yola çıkarak Kuzeydoğu Akdeniz’de fosforun sınırlayıcı element olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kuzey Levantin Baseni’nde birincil üretim ve klorofilin çevresel koşullarla ilişkisi incelenmiştir [Ediger, 1995]. Rodos baseni, Kilikya baseni ve Antalya Körfezi’nde 1988 ve 1994 yılları arasında yapılan uzun süreli ve mevsimsel bazdaki araştırmalarda, ışıklı tabakada Chl-a, floresans, çözünmüş besin tuzları, POM, ışık ve birincil üretim gibi parametreler ölçülmüştür. Sonuç olarak Kuzey Levant Denizi’nde birincil üretimi, su kolonunun ışık geçirgenliğinin, nütriklin derinliğin basende farklı olması nedeniyle ışıklı tabakaya besin tuzu sağlanmasındaki değişik işlemlerin ve bu süreçleri etkileyen döngü sistemlerinin ve dolaşım özelliklerinin belirlediği varsayılmıştır. Tabakalaşmanın görüldüğü yaz aylarında maksimum POM derişiminin derin klorofil maksimumunda (DCM) gözleendiği ve fitoplankton biyokütlesini temsil ettiği belirtilmiştir. Partikül maddedeki C/N, C/P ve N/P oranları farklı kış koşullarında ışıklı tabakada incelenmiştir ve bu oranların su kolonunda kuvvetli karışımın olduğu 1992 ve 1993 kışlarında normal Redfield oranından saptığını gözlemlenmiştir (örneğin C/N oranı 8’e yükselmiş ve N/P oranı 10’a düşmüştür). Bölgede besin tuzlarınca bağıl olarak zengin derin suların kış karışımı ile ışıklı tabakaya taşınması sonucu oluşan yeni üretim hesaplamalarının bölgenin daha önce tanımlanan oligotrofik özelliğinin aksine daha üretken ve dinamik bir yapıyı yansıttığı belirtilmiştir.

Kuzeydoğu Akdeniz’de çözünmüş besin elementleri dağılımı ve stokiyometrisi üzerinde soğuk ve sıcak su katmanlarının etkisi üzerine yapılmış olan çalışmada Yılmaz ve Tuğrul [1998], Doğu Akdeniz’in Levantin baseninde besin elementleri dağılımını ve fitoplankton üretimini, siklonik ve antisiklonik katmanlarda dip su karışımı yoğunluğu ve süresiyle belirlemişlerdir. 1992’ nin ciddi kış koşullarında, siklonik Rodos döngüsünün öfotik zonunun yüksek besin elementleri derişimleri ($\text{NO}_3^- = 3.8-4.7 \mu\text{M}$; $\text{PO}_4^{3-} = 0.14-0.16 \mu\text{M}$ ve $\text{Si} = 7.3-7.8 \mu\text{M}$) nedeniyle Levantin dip suları tarafından işgal edildiğini belirtmişlerdir. Antisiklonik bölgenin yüzey suyu besin tuzu derişimleri $0.02 \mu\text{M}$ ’dan küçük yaz-sonbahar değerinden, fosfat ve nitrat için sırasıyla $0.2 \mu\text{M}$ ve $0.8 \mu\text{M}$ seviyelerine nadiren ulaşmaktadır. Öfotik su kolonunda N/P oranının 5-20 arasında değiştiğini nütriklinin üstünde bu oranın 40-120, nütriklinin aşağısında N/P oranının daima sabit bir değerde (28) bulunduğunu belirtmişlerdir. Mart 1991-Mart 1994 döneminde fosfat ve nitrat havuzunu lineer regresyon analizlerinde ortalama olarak 23.6 bulmuşlar ve bu değer büyük ölçüde dip okyanus suyu değerlerinden daha yüksek olduğunu söylemişlerdir. Redfield oranına kıyasla Levantin yüzey sularında biyojenik partiküllerden (POM) elde edilen oldukça düşük N/P oranlarının söz konusu olduğunu ve Levantin dip sularında görülen yüksek N/P’nin dibe batan suyun çözünmüş organik ve inorganik azot bileşenlerince zengin olması yüzünden olabileceğini ifade etmişlerdir.

Ediger vd. [1999], besince fakir öfotik tabaka içerisindeki döngü sonucu asılı partikül organik madde (SPOM) derişiminin yılın çoğu zamanında düşük derişimlerde kaldığını belirtmişlerdir (POC, PON ve PP için sırasıyla yaklaşık olarak $1.5 \mu\text{M}$, $0.15 \mu\text{M}$ ve $0.015 \mu\text{M}$). Ancak, öfotik tabakanın tabanı ile nütriklinin çakışmasına bağlı olarak, partikül madde ve chl-a profillerinde yüzey-altı maksimum değerinin gözlenebileceğini söylemişlerdir. Yeni üretim ve seçici besin alımının dipten yukarıya çıkan suyun fosfat oranına göre her zaman yüksek nitrat oranına sahip olmasına rağmen oldukça düşük N/P’e yol açtığını vurgulamışlardır. Yeniden üretim sürelerinde alg biyokütlesinin pikoplankton tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir.

Kuzeydoğu Akdeniz’de Mart-Haziran 1999 ve Aralık 2000-Nisan 2002 dönemleri içinde biri derin diğeri sığ istasyonda olmak üzere atmosferik besin elementi girdilerinin fitoplankton dinamiği üzerine etkisi incelenmiş uydu görüntülerinin yanı sıra sık aralıklarla fitoplankton, fiziksel ve kimyasal parametrelerin örneklemeleri yapılmıştır [Eker Develi, 2004]. Yağış ve kuvvetli dikey karışımın, toplam fitoplanktonun (temel olarak diyatomlardan oluşan) bolluk ve biyokütlesi ile pozitif olarak ilişkili olduğu ayrıca laboratuvar kültürlerinde de fitoplankton bolluğunu artırdığı belirtilmiştir.

Doğu Akdeniz’deki fosfor, Kıbrıs adası açıklarında CYCLOPS projesi yapılmıştır. Sistemi ve ekosistem dinamiğini baskılayan durumda P sınırlandırılmasının olası nedenlerini deneylerin ve hipotezlerin sonuçlarını açıklayan bir seri makale yayımlanmıştır. Krom [2005], Doğu Akdenizde çözünmüş ve partikül besin elementlerinin (C, N, P) veri serisini sunmuştur. CYCLOPS programı sırasında yapılan çalışmanın bir sonucu olarak, Doğu Akdeniz’in P yoksunu durumunu açıklamak için yeni bir hipotez sunulmuştur [Krom vd., 2004, 2005].

Düşük besin elementli düşük klorofil sisteminin nanomolar besin ölçümleri nitrat’ın 10 nM’den daha az olduğu durumlarda bile yüzey sularında 50-80 nM serbest amonyak bulunduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, besin döngüsünün bu tür sistemlerde baskın bir süreç olduğunu gösteren başka yerlerde yapılmış CYCLOPS katkılı deney sonuçlarını doğrulamaktadır. Krom vd. [2005], maksimum klorofilin üzerindeki besin elementlerinin azaldığı sularda toplam N/P oranının çoğunlukla 16/1’den daha büyük olduğunu, ve bu sistemin N tarafından sınırlandırılmadığına işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Doğu Akdeniz için toplam besin kapasitesinin çıkarıldığı bir çalışmada fosfor sınırlaması için çıkarımlarda bulunulmuş ve sisteme sağlanan besinlerin N/P oranının (~50/1) Redfield oranından daha fazla olduğu belirtilmiştir [Krom vd., 2004]. Doğu Akdeniz’in derin sularının fosfata göre yüksek bir N/P oranına (~28/1) ve birincil üretimde alışılmamış yüksek bir P kısıtlılığına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek N/P oranının (117/1) atmosferik kaynaklı olabileceğini ayrıca

yüksek N/P oranının ya sahil sedimanlarında ya da orta sularda önemli denitrifikasyon olmadığı için sistem içinde devam ettiğini açıklamışlardır. Bunun Sicilya Boğazı'ndaki nehir ağızına doğru alımlanmamış karşı akıntının neden olduğu sistemin aşırı oligotrofik doğası yüzünden olabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuca destek olarak derin sularda N/P oranının ~16/1 olduğu Doğu Akdeniz'in tek bölgesinin Kuzey Adriyatik olduğunu -ki bu bölge aynı zamanda önemli denitrifikasyonun olduğu tek bölgedir- saptayan gözlemlerden geldiğini belirtmişlerdir. Azot sabitlenmesinin fosfor sisteminde önemli bir süreç olduğunu ve bu süreçlerin basende önemli denitrifikasyon yokluğu içerdiğini ve fosforca sınırlı plankton artışı sırasında yüzey sularından taşınan POM yoluyla olduğunu belirtmişlerdir. Mikrobiyal denitrifikasyonun sistemi 16/1'lik Redfield oranına çekip rahatlatmasını sağlayan önemli bir işlem olduğunun global olarak bilinmesine rağmen, bunun Doğu Akdeniz'de olmadığını rapor etmişlerdir.

Denitrifikasyon, yarı-oksikten anoksik şartlara dönüşen koşulları gerektirmektedir. Çok düşük birincil üretim seviyeleri ile Doğu Akdeniz sularının ultra oligotrofik olduğu belirtilmiştir. Bunun temel nedeni, anti haliç dolaşım sistemi yoluyla besin elementlerinin Levantin Ara Suları (LIW) içinde Sicilya boğazı yoluyla net bir şekilde basenden dışarı çıkarılmasıdır. Bu durum çok az organik maddenin üretileceği ve birikime uğrayacağı anlamına gelmektedir. Organik madde, sistemi nitrat indirgenmesini zorunlu kılan sub-oksikten anoksik sisteme dönüştürmek ve mikrobiyal süreçlerin enerji ihtiyacını karşılamak için gerekmektedir. Denitrifikasyon olayı çok sınırlı bir şekilde olduğundan, N/P oranları Redfield oranına dönememekte ve sistem P yoksunu olarak kalmaktadır [Krom vd., 2005].

Doğu Akdeniz'in güney Doğu Levantin havzasında besin döngüsünün ve fosfordan yoksun olan sistemlerden çıkarılan sonuçların incelendiği çalışmada derin sularının 25-28/1'lik NO_3/PO_4 oranı ve ~100/1'lik bir $ÇON/ÇOP_{uv}$ oranı ile fosforca fakir eşsiz bir sistem olduğundan bahsedilmiştir [Krom vd., 2005]. Derin sularda çözünmüş organik maddelerden biriken C/N/P oranlarını, çözünmüş ve partikül organik maddeler için ölçülen oranlara benzer biçimde, 106/8.5-10.8/0.34-0.43

bulduklarını ve Redfield oranlarından çok daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir. Doğu Akdeniz’de P sınırlamasının sistemde P’un N’a kıyasla öncelikli olarak taşınması yüzünden değil, sistem içinde P’un yokluğu yüzünden olduğu sonucunu çıkarmışlardır.

Klorofil maksimumun üzerinde bulunan besinlerin azaldığı sularda, toplam N/P oranının çoğunlukla 16/1’den daha büyük olduğu ve bu sistemin azot tarafından sınırlandırılmadığına işaret etmişlerdir [Krom vd., 2005]. Nütriklin tabakasının üstündeki maksimum klorofilin hemen altındaki sularda daha önce oligotrofik okyanuslarda bulunanlara benzer önemli oranda nitrit maksimumu gözlemişler, fosfoklin tabakasının nütriklin ile aynı derinlikte başladığını bulmuşlardır. Besin süreçlerinin döngülü karşılaştırması için 20 nM (PO₄) ve 400 nM (nitrat ve nitrit)’in üzerinde derişime sahip örnekler için dondurucuda saklanmış örneklerin kabul edilebilir olduğunu ve bunların Levantin havzasının orta ve derin sularından alınan daha önce yayınlanmış verilerin çoğunu temsil ettiğini belirtmişlerdir [Krom vd., 2005].

Oligotrofik Kuzeydoğu Akdeniz’de üretimin az olduğu mevsimler ve kış sonu-ilkbahar başlangıcı sırasında fitoplankton gelişiminin hangi parametreler tarafından kontrol edildiği ve öfotik zonun altına çöken POM kompozisyonunu değerlendirmek için yapılmış olan çalışmada, MAGIC yöntemi kullanılarak oldukça düşük derişimlerde olan reaktif fosfat ve POM element kompozisyonu (C/N/P oranı) incelenmiştir [Doğan-Sağlamtimur, 2007]. Sistematik verilerden elde edilen sonuçlar yüksek NO₃/PO₄ (N/P: 70-3000) molar oranına sahip nehir girdisiyle beslenen, kıyı istasyonda POM kompozisyonu ve besin maddesi derişimlerinin oldukça değişken olduğunu göstermiştir. Kıta sahanlığında ölçülen toplam fosforun ana bileşeninde çözünmüş-P fraksiyonunun (TÇP: %56-97) baskın ve su kolonunda TÇP’un ana bileşeninin organik-P (ÇOP) olduğu açıkça ortaya konulmuştur. Bu çalışma, PON/POP (N/P) molar oranının, Redfield oranının (16/1) üstüne çıkarak, kıta sahanlığında genellikle 20-50 aralığında değiştiğini ve Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığı sularında birincil üretimin fosfor tarafından kontrol edildiğini ortaya koymuştur.

Krom vd. [2010], Doğu Akdeniz'in P bakımından neden sınırlı olduğu sorusuna vermiş olduğu cevapta Doğu Akdeniz'e dışarıdan giren besin elementlerinin yüksek N/P oranına neden olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca Akdeniz'deki P azlığının bölgesel olarak yüksek oranda diazotofik N₂ sabitlenmesi yüzünden olduğunu ve Doğu Akdenizde birincil üretimin fosforca sınırlandırıldığını belirtmişlerdir.

Kilikya Baseninde 2008 ile 2010 yılları arasında yapılmış olan çalışmada nehir girdilerinin etkisinin ve sınırlayıcı besin elementlerinin belirlenmesi için, Delft3D bağlı hidrodinamik ve ekosistem modeli kullanılmıştır [Yumruktepe, 2011]. Kıyı sularının büyük ölçüde nehir girdilerinden ve açık suların ise Kilikya Baseni genel akıntısından etkilendiği belirtilmiştir. Böylelikle kıyı sularının açık bölge su akımları tarafından kıyıda hapsedildiği, hassasiyet analizleri sonuçlarından fosfor elementinin sınırlayıcı besin elementi olduğu, tabakalaşmanın yoğun olduğu ve mevsimsel termoklinin altından fosfor beslenmesinin azaldığı dönemlerde, birincil üretime atmosfer girdilerinin de katkısının olduğu belirtilmiştir.

Wetz vd. [2008], kıyı ekosisteminde karbon ve azot biyojeokimyası için fitoplanktondan elde edilen organik maddenin bozunma sürecini, planktondan elde edilen partikül organik maddenin ve ÇOM'un doğal mikrobiyal topluluk tarafından bozunması şeklinde ve inorganik besin elementlerinin yada beslenen flagellatların ÇOM'a karşı bakteriyel tepkiyi sınırlandırıp sınırlandırmadığı şeklinde incelemişler ve fitoplanktonun bir kısmından elde edilen ÇOM ve POM'un dayanıksız olduğu ve kolayca bozunduğu halde diğer bir kısmının kolayca bozunamayabileceğini ve bozulan POM'un dip kıyı sularında solunum işlemine katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Kuzeydoğu Akdeniz'in (Burçlar Körfezi, Erdemli) deniz suyu ve yüzey sedimanlarında fosforun inorganik ve organik formlarının araştırıldığı çalışmada, fosfor formlarını tespit etmek için sırasıyla ekstraksiyon metodu (SEDEX) kullanılmıştır [Aydın vd. 2009]. Deniz suyu ve yüzey sedimanlarındaki inorganik fosforun en yaygın şeklinin kalsiyuma bağlı fosfor olduğunu, sedimanda kalan

fosforun bolluk sırasının P–Al > P–Fe > gevşek bağlı P; deniz suyundaki fosforun ise P–Fe > P–Al > gevşek bağlı P sırasını takip ettiğini belirtmişlerdir.

Sahara tozu Doğu Akdeniz yüzey sularına eklenince küçük miktarda P serbest kalmış (~1 µmol P/g toz), aynı toz Doğu Akdeniz'in derin sularına katıldığında bütün fosfor 8 saat içinde su kolonundan süpürülmüştür [Eijsink vd., 1997]. Akdenizdeki fosfor döngüsü ve jeolojik dönem öncesinin günümüze etkisini anlamak için Doğu Akdeniz sedimanlarında fosfor davranışının daha iyi anlaşılması önem taşımaktadır. Sapropelik katmanda (organik karbon bakımından zengin) (S1) üretilen fosforun hem yukarı hem de aşağıya doğru dağıldığı ve fosforun yer değiştirebilir+zayıfça bağlı P şeklinde ve oksik sediman içerisinde demir oksite bağlı P olarak bulunduğu belirtilmiştir [Eijsink vd., 1997]. Sülfidlerin oksitlenmesiyle etkilenen yanma bölgesinde kalsiyum karbonata (CaCO₃) bağlı P serbest kalmaktadır. Oksik tabakada belirlenemediği halde sapropelde C/P molar oranı ~400/1'dir.

Faul vd. [2005], çöken partikül maddedeki fosfor dağılımlarını incelemişler, asitte çözünmeyen organik P'un partikül maddedeki toplam P'un büyük bir kısmını (% 40) oluşturduğunu, serbest fosforun partikül madde içindeki toplam P'un %60'lık kısmını oluşturduğunu saptamışlar ve toplam P'un büyük bir kısmının (% 25) üst okyanus tabakasından sedimanlara otijenik P şeklinde taşındığını belirtmişlerdir.

Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığından alınan sedimanların kimyasal yapısının fiziksel, biyolojik ve jeolojik koşullar altında incelendiği çalışmada Tunç [2008], sedimanların kökenlerini ve dağılımlarını belirlemiş bu kapsamda, yüzey sedimanlarında tane boyu kompozisyonları, karbonat, organik karbon ve ağır metal (Fe, Mn, Cr, Ni, Zn, Cu, Co) içeriklerini belirlemiş, sedimanların %20-30 dolaylarında CaCO₃ içerdiğini, en yüksek CaCO₃ içeriğinin İskenderun Körfezi'nin güney kısmı ve Mersin Körfezinin güney doğusunda yüksek organizma kabuklarının birikiminden kaynaklandığını belirtmiştir.

Çoban [1997], Karadeniz, Marmara Denizi ve Doğu Akdeniz’de POM’un yoğunluğunu ve elemental kompozisyonunu incelemiştir. POM döngüsü hakkında Güney Karadeniz’deki bilgilere katkıda bulunmak amacıyla yapmış olduğu çalışmada, 1995-1996 yıllarında ölçülen askıda organik madde ve Chl-a, toplam organik karbon (TOC), besin tuzları, ışık gibi parametreleri nicelik ve nitelik açısından Karadeniz ile karşılaştırma yapmak amacıyla Marmara Denizi ve Akdeniz’den elde edilen verileri değerlendirmiştir. Işıklı tabakanın kalınlığının oligotrofik Akdeniz’de fazlayken (60-100 m), Marmara Denizi’nde çoğunlukla üst tabakada sınırlı kaldığını, Karadeniz’de ise 30-40 metreye kadar uzandığını ve Karadeniz’in ışıklı tabakasındaki POM’un nicelik olarak mevsimsel ve bölgesel değişimler gösterdiğini belirtmiştir. POC, PON ve PP derişimlerini sırasıyla 3.8-28.6 μM ; 0.48-3.1 μM ve 0.024-0.115 μM olarak hesaplamıştır. Derişimlerin beklendiği gibi, ışıklı tabakanın altında belirgin olarak düştüğünü ve Chl-a derişiminin de POM ile benzer bölgesel ve mevsimsel değişim gösterdiğini belirtmiştir. Partikül derişimlerinin, özellikle kıyısal bölgedeki oksijensiz tabaka sınırında yükselme gösterdiğini, ince partikül katmanıyla çakışan bu tabakadaki artışın partiküllere bağlanan fosfor nedeniyle PP’da POC ve PON’a göre çok daha belirgin olduğunu ortaya koymuştur. 1995-1996 yılında Marmara Denizi’nde ölçülen POM’un derişiminin ve elemental yapısının Karadeniz’le benzerlik gösterirken, beklenildiği gibi Kuzeydoğu Akdeniz’de göreceli olarak düşük olduğu belirtilmiştir. POM’un elemental yapısındaki değişimin, özellikle N/P oranı göz önünde bulundurulduğunda, Akdeniz’in besin tuzlarınca fakir ışıklı tabakasından çok daha belirgin olduğu ifade edilmiş, Akdeniz’de gözlemlenen derin klorofil maksimumun, Karadeniz’in tersine genellikle klorofil derişimindeki artışla birlikte biyokütledeki artışı da temsil ettiği belirtilmiştir.

Deniz suyunda çözülmüş organik karbon, azot ve fosforun eş zamanlı saptanması için sulu oksidasyon ve kolorimetrik ölçüm yöntemi kullanılan bir çalışmada Raimbault vd. [1999], bu yöntemin deniz suyunda çözülmüş organik maddelerin eş zamanlı saptanmasını sağlayan basit ve güvenilir bir metot olduğunu vurgulamışlardır. ÇOM’un inorganik ürünlere (karbondioksit, nitrat+nitrat ve çözülmüş reaktif fosfat) dönüşümünün düşük alkalın koşullarda persülfatlı

oksidasyon metoduyla yapıldığını ve oksidasyondan sonra örnekteki inorganik ürünlerin derişimlerini 3-kanallı Technicon otoanalizör sistemi kullanılarak kalorimetrik yoldan ölçtüklerini belirtmişlerdir. ÇOC, ÇON ve ÇOP'un ayrı ayrı saptamalarında kullanılan alışılmış metotlarla karşılaştırıldığında bu yöntemin yüksek yeterlilikte bir işlem olduğunu belirtmişlerdir. Tekrarlanabilirlik testlerinin lagün sahil suları için çok iyi mükemmellik gösterdiğini (%5 civarında), diğer yandan özellikle ÇOP bakımından değerlerin fosfat saptama sınırlarına yaklaştığını, oligotrofik okyanus sularında %10-12 seviyesinde mükemmellik gösterdiğini saptamışlardır. Bu metodun rutin analizler ve özellikle gemide yapılan çalışmalar için uygun bir metot olduğunu belirtmişler; ayrıca basit, ucuz ve çok sayıdaki örnekler için uygun olması nedeniyle tercih edilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Akdeniz ve Karadeniz'de asılı partikül organik maddenin (SPOM) elemental bileşiminin bölgesel ve mevsimsel değişimler gösterdiği belirtilen bir çalışmada Çoban-Yıldız vd. [2000a], Akdeniz ve daha üretken olan Karadeniz'de piroliz ürünlerinin bolluğunu karşılaştırmışlardır. Lignin ya da bitki waxları gibi hiçbir karasal indikatöre rastlamamışlar, yüzeyden sülfidik su katmanına kadar olan su kütlesindeki kimyasal POM bileşiminde önemli değişiklikler bulmuşlardır. Yüzey karışım tabakasında, hem POC/Chl-a hem de karbonhidrat indikatörlerinin oldukça yüksek olduğunu, askıda POM'un temel olarak ölü organik maddelerden oluştuğuna işaret etmişlerdir. Hem klorofil hem de protein indikatörlerinin öfotik zonun tabanında maksimuma ulaştığını, siklonik döngünün merkezinde nütriklin ile çakıştığını, bu bölgenin POM'un düşük C/N oranına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Öfotik zondan oksikline doğru lipid indikatörlerinin önemli oranda arttığını ve suboksik sularda neredeyse sabit kaldığını, sülfidik arayüzeyde ise muhtemelen anaerobik bakterilerin neden olduğu lipid tüketimi yüzünden azaldığını belirtmişlerdir.

Hem oligotrofik Akdeniz'de hem de daha üretken olan Karadeniz'de piroliz-gaz kromatografi/kütle spektrometresi (Py-GC/MS) ile SPOM analiz edilmiş ve moleküler seviyede partikül maddelerinin özelliklerini saptamak için kullanılmıştır [Çoban-Yıldız vd. 2000b]. SPOM derişiminin Karadeniz'in oksiklin

tabakasında hızlıca arttığını ve suboksik zonda ise en yüksek düzeye ulaştığını belirtmişlerdir. SPOM'un planktonik ve bakteriyel kökenli canlı ve cansız partiküllerden oluştuğunu, yüzey sularında SPOM'un elemental bileşiminin (C/N/P) Chl-a ve çözülmüş besin maddeleri ile birlikte denizin trofik statusünü tanımladığını bildirmişlerdir. Karadeniz'in -besin maddeleri taşıyan büyük nehirler boşaldığı için- oldukça üretken olması nedeniyle yüzey sularındaki SPOM'un kıyılarda azaldığını belirtmişlerdir. Doğu Akdeniz yüzey sularına ise besin maddesi girişinin az olduğunu, bu nedenle oligotrofik deniz tipine girdiğini, ancak basenin siklonik bölgelerinde yüzey sularının SPOM içeriğinin ilkbaharın başında besin maddesince zengin dip suyun karışması (upwelling) sonucu üst değerlere ulaştığını belirtmişlerdir.

1990-1998 yılları arasında; farklı ekosistemlere sahip Karadeniz, Marmara ve Akdeniz'de SPOM'un elemental bileşimi ve karşılaştırmalı sonuçları incelenmiştir [Çoban-Yıldız vd. 2000c]. Sestonun C/N/P oranları kıyı ve açık sular için araştırılmış, bölgesel ve mevsimsel olarak Marmara Denizi'nde öfotik zonda ortalama POC, PON ve PP derişimi sırasıyla 10-35 μM ; 0.4-4.5 μM ve 0.05-0.45 μM olarak ölçülmüştür. Bu değerlerin Karadeniz'in açık bölgelerinde ölçülen değerlerin üzerinde, ancak Kuzeydoğu Akdeniz'in açık sularında bulunan değerlerin oldukça üzerinde olduğunu söylemişlerdir. Bu durumu Karadeniz'in derin sularında var olan seston bileşimi ile ilişkilendirmişlerdir. Kuzeydoğu Akdeniz'de kıyı sularında N/P oranını 7-9 olarak ölçerken açık sularda bu değer 10-15'e kadar ulaştığını belirtmişlerdir. Marmara Denizi'nde N/P oranını 7-12 aralığında ölçmüşlerdir. Karadenizde seston içeriğini karbon bakımından oldukça zengin bulmuşlar ve N/P oranının açık denizde 15-17, nehir deşarjının sestonun bileşimine etkisinin büyük olduğu kıyı sularda ise 9-27 aralığında ölçmüşlerdir.

Marmara Denizi'nin besin tuzu ve organik karbon kapasitesi hakkında karbon, azot ve fosforun biyojeokimyasal çevrimleri üzerine yapılmış olan çalışmada 1986-1994 döneminde Marmara Denizi ve boğazlardan elde edilen çözülmüş ve partikül haldeki besin tuzu ve organik karbon verileri değerlendirilmiştir [Polat, 1995]. Marmara'nın haloklin altı Ege kökenli sularındaki dış kaynaklı besin tuzu

derişimlerinin yıllık ortalama değerlerini fosfat için 0.05 μM ve nitrat için 1.03 μM olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin Karadeniz yüzey girdisinde hesaplanan değerlerden yaklaşık 2 kat daha az olduğu belirtilmiştir. Marmara yüzey sularında askıdaki partikül maddelerin yıl boyunca 3 ve 30 arasında, oldukça değişken PON/PP oranları gösterdiği vurgulanmıştır. Ancak, verileri gruplayarak ve bu gruplara regresyon tekniğini uygulayarak “çok üretken” ve “az üretken” mevsimler için PON/POP oranları sırasıyla 10 ve 5 olarak bulunmuştur. “Çok üretken” mevsimler için POC/PP ve POC/PON oranları sırasıyla 117 ve 7 olarak hesaplanmıştır. Marmara Denizi'nin haloklin altı sularında bulunan N/P oranının (9-10) okyanusların derin suları için verilen Redfield oranından (16) oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada Marmara Denizi, yüzey sularında azotun sınırlayıcı element olduğu sonucuna varılmıştır.

Kuzeydoğu Akdeniz kıyı ve açık sularında ve Marmara Denizi ve Karadeniz'in POM verilerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Levantin Denizi ve Kilikya'nın açık sularında öfotik zonda POM derişimleri oldukça düşük ölçülmüştür. 1990-2010 yılları arasında POC derişimi ve PON derişimi karasal girdilerin etkisindeki kıyı sularda açık sulara göre 10 kat artış göstermiştir [Çoban-Yıldız vd. 2000a; Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004; Ediger vd., 2005]. İç körfezdeki POM derişimleri, Marmara ve Karadeniz'in ötrofik yüzey sularında ölçülen POM derişimleri ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir (Çizelge 2.1).

Küçüksezgin vd. [2005], Mart 2000-Ocak 2001 döneminde gerçekleştirmiş oldukları bir çalışmada, İzmir Körfezi'nde partikül madde, besin maddesi, Chl-a dinamiklerini fiziksel parametreler ile birlikte incelemişler, zamansal, bölgesel ve mevsimsel değişimini ortaya koymuşlardır. Besin maddesi seviyelerini -körfezin dış bölgelerinde kıyı ve orta kesimlere göre- düşük bulmuşlardır. Atmosferik ve karasal girdiler yüzünden, açık sularda POC, PON ve PP derişimlerini sırasıyla 3.2-23 μM ; 0.32-2.1 μM ve 0.02-0.21 μM olarak ölçmüş, orta ve iç kesimlerde ise POC, PON ve PP derişimlerini sırasıyla 12-197 μM ; 1.7-30 μM ve 0.11-1.99 μM olarak bulmuşlardır. POC/PON/PP oranlarının körfezin dış bölgelerinde 166/16/1, orta-iç kesimlerde ise 127/17/11 olduğunu belirtmişlerdir. Lineer regresyondan elde edilen

bu sonuçların önceden oluşturulmuş besin maddesi verilerinden elde edilen sonuçlarla kıyaslanabilir durumda olduğunu ifade etmişlerdir. Körfezin dış kesimlerinde partikül madde oranlarını Akdeniz'in açık bölgelerine benzer ve Karadeniz kıyısındaki oranlardan daha düşük olarak bulmuşlardır. Orta ve iç körfezde POC/PON/PP oranlarının Karadeniz'deki oranlara göre daha büyük olduğu sonucuna varmışlardır. Su kolonundaki ortalama N/P oranını dış ve orta iç körfezde sırasıyla 14 ve 3.5 olarak Redfield oranından daha düşük olarak ölçmüşlerdir.

Burlakova vd. [1997], asılı ya da partikül organik maddenin herhangi bir deniz ekosisteminin temel özelliklerinden biri olduğunu ve denizde canlı ve cansız maddeler arasında köprü görevi gördüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca nehir girdileri ve insan kaynaklı kirlilik etkisi altında olan kıyıya yakın bölgeler hariç, POM'un denizdeki temel biyolojik süreçlerin bir sonucu olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada Karadeniz'in öfotik tabakasında 1985-1994 dönemi için bölgeye göre mevsimsel POM dağılımı ve bileşimi incelenmiştir. Bu amaçla Karadeniz ekosistemi için temel olan Mart ayı ve farklı mevsimler seçilmiş ve yılın beş farklı döneminde Karadeniz'in öfotik tabakasının POM dağılımının yıllık döngüsü incelenmiştir. Karadeniz'in iki farklı ekosisteme sahip olması nedeniyle fitoplankton patlamasının denizin dip kısmında ilkbahar başında olurken kıta sahanlığında ilkbahar sonunda gerçekleştiği ortaya konmuştur. Ayrıca dinamiklerin olduğu denizin derin kısmında dikey karışımın yoğun olduğu ve ışık geçirgenliği ve sıcaklığın POM'un ana belirleyicileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kıta sahanlığındaki POM bileşimi ve dağılımının nehir deşarjı, suyun sıcaklığı, yansıması, saydamlığı ve bölgesel rüzgarlara bağlı olduğu belirtilmiştir. Denizin dip kısımlarının aksine, kıta sahanlığının ilkbahardan sonbahara kadar yoğun POM üretimi sağlayan Çanakkale Boğazı akıntısı yoluyla besin maddesinin deşarj olduğu bir bölge olduğu da ifade edilmiştir.

Pujo-Pay ve Raimbault [1994], Tropik Atlantik Okyanusu'ndaki PON/POP, PON ve POP'un düşey dağılımını tanımlamak ve nitrat ve fosfatta gelişen çeşitli fitoplankton kültürlerindeki PON, POP birikmesini takip etmek için geliştirdikleri sulu-oksidadasyon yöntemini kullanmışlardır. Doğal sularda aynı filtre üzerinde

toplanan PON ve POP'u persülfat oksidasyonu parçalama yöntemiyle 120 °C'de analiz etmişlerdir. Kuru yakma metodu için 1-2 litre örnek gerekirken, sulu oksidasyon metodu için 150-250 ml örneğin yeterli olduğunu ve eğer analizler hemen yapılmayacaksa; filtrelerin ya 60 °C'de 24 saat kurutulması ve desikatörde saklanması gerektiğini ya da analize kadar derin dondurucuda tutulması gerektiğini bildirmişlerdir. PON ve POP'un aynı anda belirlenmesi ile ilgili ana problemin fosfor analizi için asitlendirilmiş örnekler gerekirken, azot oksidasyon işlemi için bazik ortam gerekmesi olduğunu vurgulamışlardır. Kültürlere veya doğal deniz suyu örneklerine uygulanan eşzamanlı analiz metodunun PON ve POP saptamaları için daha önceki metodlarla karşılaştırıldığında mükemmel bir uyum gösterdiğini belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçların düşük bir standart sapma (% 95'lik bir güvenilirlik) ile %100'e yakın sonuç verdiğini saptamışlar; özellikle gemide yapılan çalışmalar için oldukça uygun bir işlem olduğuna değinmişlerdir. Ayrıca partikül azot ve fosforun dağılımının klorofil biyokütlesi ile ilişkili olduğunu, PON/POP oranlarının yüzey sularında Redfield oranına (15) çok yakın olduğunu fakat derinliğin artması ile azaldığını belirtmişlerdir. Klorofil derişiminin düşmesiyle (<0.02 µg/L) bu değerin 10'un altına düştüğünü tespit etmişlerdir.

Kuzey Adriyatik Denizi kıyı ve açık su kolonunda partikül organik karbon, azot ve fosforun hidrodinamik koşullara ve biyolojik süreçlere göre dikey dağılımı zamana bağlı olarak incelenmiştir. Giani vd. [2003], Po ve Adige nehirlerinden tatlı su girişlerinin birincil üretimi arttırarak yüzey sularında yüksek POC, partikül azot (PN) ve PP derişimlerine neden olduğunu, kıyı sulardaki PP derişimlerinin açık sulara göre 10 kat, POC ve PN derişimlerinin ise 3-4 kat daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Dip sularda güçlenen bozulma süreçleri ile dip suları ayıran yoğunluk tabakalaşması yüzünden POC içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.

Güney Çin Denizinin kuzey kesiminde POC ve ÇOC'un akışı ve dağılımının biyojeokimyasal kontrolü üzerine yapılmış olan bir çalışmada Kuroshio kanalizasyonunun ve akıntılarının karışmasıyla önemli biçimde etkilenen ÇOC'un TOC'un (%80-95) önemli bir kısmını oluşturduğu, ÇOM ve POM'un dip taban

sularında derinlikle stokiyometrik (C/N ya da C/P) artışının C' a kıyasla fosforun (ve azot) öncelikli bozunması yüzünden olduğu belirtilmiştir [Hung vd., 2007].

Slomp [1998] organik fosforu, toplam fosfor ve inorganik fosfor farkı olarak tanımlamıştır. Ayrıca, organik fosfor, mineralizasyon sırasında sedimandan suya geçmeyen ve sediman partiküllerine tutunan fosfor türleri olarak tanımlanmıştır [Boston vd., 2000; Krogerus ve Ekholm, 2003]. Organik karbon bileşiklerinin çoğu kolay biyodegradasyona uğramalarına rağmen organik fosforun biyodegradasyona uğramadan sedimanda birikmesi humik bağlı fosfatların bulunması ile açıklanabilir. Bu komplekslerin tüm bileşikleri bakterilerin saldırılarına karşı bir hayli dirençlidirler [Golterman, 2004].

Denizel çökeltiler içinde gömülü fosfor tortullarının oluşumunu anlamak için katı haldeki çeşitli P çökelti rezervlerinin teşhis edilmesi, ayrıştırılması ve ölçümlerinin yapılması gereklidir ki bunu yapmak çoğu deniz çökeltilerinin düşük yoğunlukları ve çok ince taneli doğası yüzünden zordur [Ruttenberg vd., 1992].

Çökelti haldeki organik maddeler için ideal bir analog/kıyas olmamasına rağmen, deniz çökeltilerinde her zaman her yerde bulunması ve ayrılmış deniz ve karasal organik maddeler bakımından değişkenliği/labilesi yüzünden en muhafazakar değerlendirme yöntemini sağlayacağı için, yeni oluşmuş planktonun organik P için analog olarak var olan en iyi seçenek olarak düşünülmüştür [Ruttenberg vd., 1992].

Kilikya havzasının kuzeydoğusundaki ve Türkiye'nin güney kıyılarını oluşturan bölgelerde karbonatça zengin çamur ve kumlardan oluşan sedimanlarda %80'e kadar varan toplam CaCO₃ bulunmuştur [Shaw ve Bush, 1978]. Mersin Körfezi'nin kıyı bölgesi sedimanlarında ölçülen CaCO₃ miktarı %20 - 55 arasındadır [Bodur, 1987; Tunç, 2008]. Antalya ve Rodos havzalarında ise CaCO₃ ölçümleri %50'ye kadar ulaşmaktadır [Venkatarathnam vd., 1972].

Ruttenberg vd. [1992], deniz sedimanlarında P tayini için sırasıyla ekstraksiyon metodunu (SEDEX) kullanmışlardır. Eijsink vd. [1997], bu metodu Doğu Akdeniz sedimanlarında uygulamış ve elde ettikleri sonuçları tartışmışlardır. Sedimanlarda P fazlarının ekstraksiyonu için kullanılan SEDEX methodu 5 ekstraksiyon basamağı içermektedir. Bunlar sırasıyla

1-) Değişebilir + gevşek bağlı P (P_{ex}) ekstraksiyonu

2-) Demir bağlı P (P_{Fe}) ekstraksiyonu

3-) Otojenik (yerinde oluşan)+biyojenik apatit+kalsiyum karbonat bağlı P (P_{aut}) ekstraksiyonu

4-) Detrital apatit (aşınmış) +diğer kalan inorganik P fazları (P_{det}) ekstraksiyonu

5-) Organik P (P_{org}) ekstraksiyonundan oluşmaktadır.

Eijsink vd. [1997], SEDEX metoduna ek olarak De Lange [1992] tarafından geliştirilen ekstraksiyon tekniklerinin iki basamağını kullanmışlardır. Değişirilebilir+ $CaCO_3$ bağlı P'u (P_{car}) ekstrakte etmek için kullandıkları metodu 12 saat 2 M amonyum klorür (NH_4Cl) ile ekstraksiyon ve Fe bağlı P'u (P_{OH}) ekstrakte etmek için 0.1 M sodyum hidroksit ($NaOH$) kullanarak ekstraksiyon yapma metodu olarak açıklamışlardır. Ayrıca Doğu Akdeniz sedimanlarının % 60' kadar $CaCO_3$ içerebileceğini ve bu yüzden NH_4Cl içerisinde 12 saatlik üç sıralı ekstraksiyon geliştirdiklerini belirtmişlerdir. Toplam P tayininde ise 550 °C'de kuru oksidasyon+ 1M hidroklorik asit (HCl) ekstraksiyon işlemi uygulamışlardır.

Fosfor su kolonunda ve sedimanlarda diyajeniz (yeni oluşum) sırasında serbest bırakıldığı için deniz sedimanlarında organik C/P oranlarının deniz planktonu bakımından hesaplanan Redfield oranından daha yüksek (106:1) olduğu gözlemlenmiştir [Redfield vd., 1963; Krom ve Berner, 1981; Mach vd., 1987; Ingall ve Van Cappellen, 1990]. Benzer bir oluşum sapropelik katmanda (oksijensiz

koşullarda derin suda oluşan çökelti katmanı) 440/1 oranında bulunmuş, oksik zondaki organik C/P oranının 90'dan daha az olduğu belirtilmiştir [Eijsink vd., 1997].

Gökova-Akyaka halk plajında ölçülen inorganik fosfor bileşiğinin toplam fosfor değerlerinin %60-88 aralığında değişim gösterdiği, sedimanların fosforu adsorplamasının bir çok faktörün yanında sedimanın yüzey alanı yani partiküllerin yapısına ve büyüklüğüne bağlı olduğu bu yüzden farklı sedimanlarda ölçülen değerlerin aynı olamayacağı açıklanmıştır [Fang vd., 2007]. Toplam fosforun %15'inin organik fosfor olduğu, sonbahar aylarında ise bu yüzdenin %30'un üzerinde olduğu saptanmıştır. Bu durumu su ve sediman arasında denge kurulurken diğer fosfor bileşenlerinin desorpsiyona uğraması, humik yapıya bağlanan fosforun ise desorplanmayarak sedimanda birikmesi şeklinde açıklamışlardır.

Kuzey Denizinde partikül ve çözünmüş organik karbonun zamansal ve bölgesel değişiminin incelendiği çalışmada Suratman vd. [2009], sonbahar 2004 - yaz 2005 döneminde kıyı ve açık yüzey sularından almış oldukları örneklerde ÇOC ve POC derişimlerini yüksek sıcaklıkta katalitik oksidasyon metodu uygulayarak ölçmüşler, kıyı ve açık suların ÇOC ve POC derişimlerinde sadece kış ve yaz aylarında belirgin farklılık bulunurken sonbahar ve ilkbahar aylarında belirgin bir eğilime rastlamadıklarını belirtmişlerdir. Yüzey sularındaki ÇOM'un C/N oranlarının mevsimsel değişimini ilkbaharda daha yüksek kışın ise daha düşük bulmuşlardır ve bu yüksek oranların ilkbahar alg patlamasından hemen sonra ortaya çıkan heterotrof alımın, besin elementlerince kontrol edildiğine işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Meksika'nın Kuzey körfezinde fosforun türleri ve dönüşümleri için yapılmış olan çalışmada, toplam çözünmüş fosforun (TÇP) %75'ini içeren orta tuzlulukta bölgede çözünmüş inorganik fosforun baskın iken; çözünmüş organik fosforun (ÇOP) hem düşük hem de yüksek tuzlulukta TÇP havuzunun baskın türü olduğu belirtilmiştir [Lin vd., 2012]. Ayrıca toplam partikül fosforun (TPP) düşük tuzlulukta yerlerde toplam fosforun (TP) %85' iken (TP= TÇP+TPP), daha yüksek tuzlulukta bölgelerde bu oranın yaklaşık olarak %38'e düştüğünü saptamışlardır.

Çizelge 2.1. Kuzeydoğu Akdeniz'in öfotik zonunda (EZ) ve diğer denizlerde ortalama POM derişimleri (μM) ve N/P oranları

BÖLGE		POC (μM)	PON (μM)	(POC/PON)	N/P	Kaynak
Mersin Körfezi (Kıyı yüzey suyu)		22.6-63.0	3.37-7.72	6.68-8.45	23.9-317	(1)
Mersin Körfezi (Açık yüzey suyu)		2.33-5.24	0.29-0.59	7.09-10.1	2.67-9	(1)
Kilikya Baseni-Kıyı suları		3.47-114	0.57-10.5	7-13	3.1-102	(2)
Kilikya Baseni-Derin suların üst tabakası (0-50 m)	Ort	2.7-12.1	0.32-1.2	7-13	25-28	(2)
Levantin Denizi (Ekim, 1991)- Antisiklonik Kilikya Baseni	EZ Ort	2.7 \pm 1.61	0.20 \pm 0.03	14 \pm 8.0	7.5	(3)
Levantin Denizi (Ekim, 1991)- Rodos Siklonik Bölgesi	EZ Ort	2.1 \pm 0.8	0.21 \pm 0.06	10.3 \pm 3.0	9.3	(3)
Kasım, 1996 Akdeniz, kıyı suları	EZ	2.06	0.25	8.2	13	(4)
Kasım, 1996 Akdeniz, açık suları		2.10	0.23	9	3.2	(4)

- (1) Bu çalışma
- (2) Doğan-Sağlamtimur ve Tugrul, 2004
- (3) Ediger vd., 2005
- (4) Çoban-Yıldız vd., 2000a

3. MATERYAL VE YÖNTEM

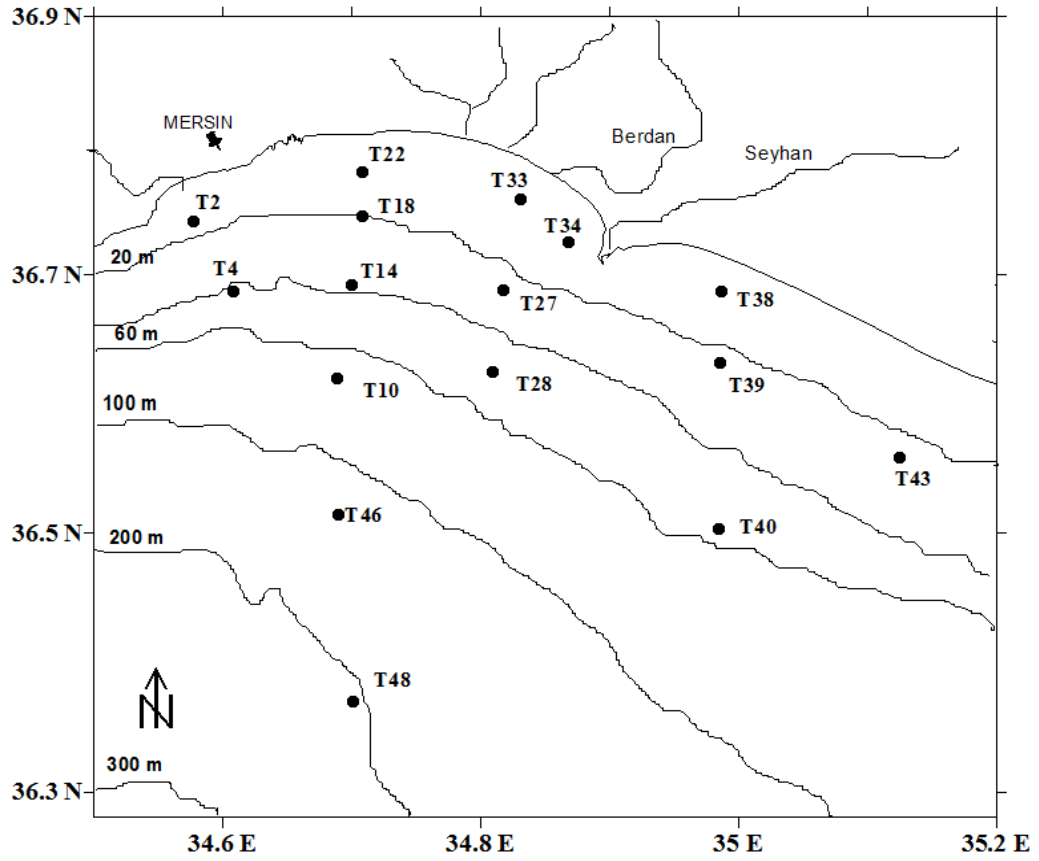
3.1. MATERYAL

3.1.1.Örnekleme İstasyonları

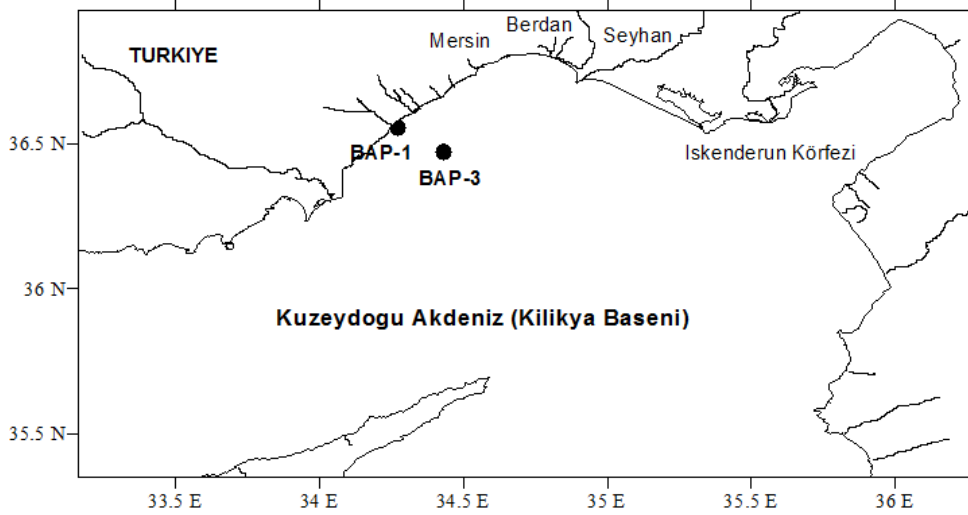
Mersin kenti önünden Seyhan deltası doğusuna kadar uzanan sığ sulardan Mersin Körfezi kıta sahanlığı yamacına kadar uzanan alanda ve sedimanlarında POM dağılımı, bileşimi ve çevresel faktörlere bağlı değişiminin belirlenmesi amacıyla TÜBİTAK-SINHA Project (No:107 G 066) kapsamında Eylül 2008- Kasım 2010 tarihleri arasında mevsimsel sıklıkta kıyı ve açık bölgeleri kapsayacak şekilde 15 istasyonda (profil çalışması) (Şekil 3.1.) toplam 11 adet (Çizelge 3.1), karşılaştırma çalışması için de BAP projesi kapsamında (Mersin Körfezi'nde; Kuzeydoğu Akdeniz) birincil üretim miktarlarının mevsimsel değişimleri (BAP-07-01-2009-01-ODTÜ) Temmuz ve Kasım 2010 döneminde (Çizelge 3.2) iki istasyonda (Şekil 3.2) saha çalışması ve örnekleme yapılmıştır.

Deniz suyu örneklerinde, çözülmüş oksijen (ÇO), besin elementleri (toplam fosfor (TP), o-fosfat (PO_4^{-3}), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), amonyum (NH_4^+), silikat (Si)), klorofil-a (Chl-a) ve partikül organik madde (POM), (partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON), toplam partikül fosfor (TPP)) ölçümleri yapılmıştır.

Ayrıca sedimanlardan elde edilen toplam karbon, partikül organik karbon, partikül organik azot değerleri belirlenmiş, tane boyları incelenerek, fosfor formlarından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. Mersin Körfezi'nde su kalitesi izleme istasyon haritası



Şekil 3.2. Karşılaştırma çalışması su kalitesi izleme istasyon haritası

Çizelge 3.1. Mersin Körfezi'nde Örnekleme İstasyonlarının Koordinatları, Kimyasal Yüzey (Y) ve Profil (P) Ölçüm İstasyonları

İst. No	Derece, dakika, saniye		Kimya Profil
	Enlem	Boylam	
2	36° 73' 83.3" N	34° 57' 65" E	P
4	36° 68' 50" N	34° 60' 81.7" E	P
10	36° 61' 93.3" N	34° 68' 90" E	P
14	36° 68' 96.7" N	34° 70' 00" E	P
18	36° 74' 21.7" N	34° 70' 80" E	P
22	36° 77' 55" N	34° 70' 78.3" E	P
27	36° 68' 61.7" N	34° 81' 86.7" E	P
28	36° 62' 41.7" N	34° 80' 98.3" E	P
33	36° 75' 50" N	34° 83' 16.7" E	P
34	36° 72' 21.7" N	34° 86' 85" E	P
38	36° 68' 56.7" N	34° 98' 80" E	P
39	36° 63' 16.7" N	34° 98' 68.3" E	P
40	36° 50' 60" N	34° 98' 65" E	P
43	36° 55' 99.7" N	35° 12' 66.2" E	P
46	36° 51' 67.1" N	34° 69' 44.9" E	P
48	36° 37' 59" N	34° 70' 0.6" E	P
BAP-1	36° 55' 55" N	34° 27' 30.5" N	P
BAP-3	36° 47' 47.5" N	34° 43' 27.3" E	P

3.1.2. Fiziksel Parametrelerin Ölçümü

Hidrografik parametre (tuzluluk, sıcaklık ve yoğunluk) ölçümleri 12'li şişe Rozet sistemi bağlı Sea-Bird model CTD probu kullanılarak doğrudan ve kesintisiz (yerinde ölçüm metodu) yapılmıştır. Tuzluluk ve sıcaklık ölçümlerinin hassasiyeti sırasıyla 0,001 psu ve 0,0005 °C'dir.

3.1.3. Biyokimyasal Parametrelerin Örneklenmesi

3.1.3.1. Çözünmüş oksijenin örneklenmesi

Alınan deniz suyu örneklerinin atmosferle temasını en az seviyeye indirmek için en kısa sürede ağzı kapalı 100 mL'lik Pyrex şişelere hortumla aktarılmıştır. Büyük şişelere alınan örnekler, oksijen probu kullanılarak, 0.1 mg/L hassasiyetle okunmuştur. Örneğe 0.5 mL Mangan (II) klorür çözeltisi ve 0.5 mL, 0.01 M alkali iyodür çözeltileri özel pipet veya dispenser ile pipet uçları oksijen şişesinin dip kısmına yaklaştırılarak ilave edilmiştir. Hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek şişe kapağı kapatılmıştır. Şişeler yaklaşık 1 dakika çalkalanmıştır ve çökmenin ($Mn(OH)_2$ çökeltisi) tamamlanması için, 30 dakika beklenmiştir [APHA, 2005].

3.1.3.2. Çözünmüş inorganik besin elementlerinin (inorganik fosfat ve toplam fosfor) örneklenmesi

İnorganik nütrient analizi için alınan denizsuyu örnekleri 100 mL kapasiteli yüksek yoğunluklu polietilen, (HDPE) şişelere alınmıştır. Örnek şişeleri kullanılmadan önce %10'luk HCl ile yıkanmış ve ardından çift destile su (DDW) ile yıkama işlemi tamamlanmıştır. Şişeler doldurulmadan önce su örneği ile birkaç kez çalkalanmıştır. Örnekler 2 saat içerisinde analiz edilmiş; ancak bu mümkün değilse örnekler toplanır toplanmaz herhangi bir kimyasal ilave etmeden bir ay süre derin dondurucuda dondurulmuştur [Strickland ve Parsons, 1972; Grasshoff vd., 1983; Dore vd., 1996].

3.1.3.3. Silikat örneklenmesi

Silikat analizi yapılacak su örnekleri 100-250 mL kapasiteli plastik şişelere alınmıştır. Örnekler 2 saat içerisinde analiz edilmiş; analiz edilemeyen örnekler karanlıkta ve laboratuvar koşullarında bir gün veya derin dondurucuda bir ay saklanmıştır.

3.1.3.4. TP örnekleme

Örnekleme yapılacak olan Schot şişeler kullanım öncesi çift destile su (DDW) ve oksidasyon belirteci ile parçalama işlemine tutulmuş ve seyreltik asit ile temizlenmiştir. Saklama ve otoklavlama sırasında teflon kapaklar kullanılmıştır. Alınan deniz suyu örnekleriyle şişeler çalkalanmış ve boyun kısmına kadar doldurulmuştur. Koruma için hiçbir kimyasal eklemenden analiz edilinceye kadar -18 C°'de derin dondurucuda saklanmıştır. Genellikle seçilmiş derinliklerden paralel örnekler alınmıştır.

3.1.3.5. Partikül organik madde örnekleme

Deniz suyunda partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON) ve toplam partikül fosfor (TPP) örnekleme Whatman GF/F marka 25 mm'lik filtre kullanılarak gemide yapılmıştır. Deniz suyundaki partikül içeriğine bağlı olarak, en azından 1-10 litre deniz suyu 2 litrelik nalgen kullanılarak önceden kül fırınında yakılmış olan (450°C'de 4 saat) ve önceden temizlenmiş olan (%10'luk HCl ve DDW) filtreler kullanılarak süzümüştür. Süzümüş örnekler petri kabına yerleştirilip 30 C°'i geçmeyecek şekilde ağzı açık bir şekilde etüvde kurutulduktan sonra derin dondurucuda analize kadar bekletilmiştir. Ölçümlerin doğruluk oranını artırmak için 3 paralel örnekleme yapılmıştır.

3.1.3.6. Klorofil-a örnekleme

Klorofil-a örnekleme klorofil a koyu renkte nalgen şişeler kullanılmıştır. Yeterli miktarda su 47 mm'lik GF/F filtreler kullanılarak süzümüş ve derin dondurucuda analize kadar saklanmıştır.

3.1.3.7. Sediman örnekleme

Sediman örnekleme ağırlıklı kepçe (grab sampler) örnekleme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alınan örneğin en üst (yaklaşık 0.5-2 santimetrelik)

bölümü sıyrılıp daha önceden 450 C° de 4-5 saat yakılmış olan alüminyum folyalara yerleştirilerek önceden asitle temizlenmiş naylon torbalara konulup analiz edilinceye kadar derin dondurucuda (-20 C°) saklanmıştır. POC, PON, fosfor analizi için sediman örnekleri Labconco freze dry system de kurutularak homojenizatörle (Model A 11 B IKA) homojen hale getirilmiş, analize kadar vakum desikatörde saklanmıştır. Tane boyu analizi için yaş örnekler 500 mm'lik elekten geçirilmiş ve eleğin altında kalan kısım analize kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Kimyasal Parametrelerin Ölçüm Metodları

3.2.1.1. Çözünmüş oksijen analizi

Deniz suyunda çözünmüş oksijen ölçümleri ilk olarak Winkler [1888] tarafından kimyasal yolla saptanmıştır. Winkler metodu deniz suyundaki çözünmüş oksijenin mangan iyonu kullanılarak çok basamaklı oksidasyon metoduyla iyodür iyonunu iyota yükselttiği iyodometrik titrasyon metodudur. Serbest duruma düşen iyot 0.0125 N sodyumtiyosülfat ile titre edilmiştir. Toplanmış çözünmüş oksijen örneklerinde otomatikleştirilmiş potansiyometrik titrasyon metodu uygulanmıştır.

3.2.1.2. Çözünmüş inorganik besin elementleri analizi

Deniz suyu örneklerindeki çözünmüş inorganik nütrientleri saptamak için AACE 6.04 yazılımına sahip 4 kanallı tip Bran Luebbe otoanalizör sistem kullanılmıştır. Analizler örneklemeden hemen sonra çoğunlukla gemide yapılmıştır. Bran Luebbe otoanalizör uygulamalar kitapçığında önerilen standart metodlar fosfat (metod no: G-175-96, MT18), nitrat (metod no: G-172-96, MT19), amonyak (metod no: G-171-96, MT19) ve silikat için (metod no: G-177-96, MT19) kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan kalibrasyon eğrisi, düşük besin elementli deniz suyu matrisinde hazırlanmıştır.

Çözünmüş inorganik fosfat (o-fosfat) analizi

Deniz suyundaki ortofosfat asidik ortamda amonyummolibdat, askorbik asit ve antimonla reaksiyona girerek mavi fosfomolibdenyum kompleksi oluşur. Renk değişimi ortofosfat derişimi ile orantılı olduğundan spektrofotometrik olarak 880 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Fosfat ölçümlerinde örnekte yüksek derişimlerde silikatın varlığı interferans yapmaktadır. Bunu önlemek için reaksiyon ortamının pH'sını 0.8-1.0 aralığında tutmak gerekmektedir. Ortofosfat derişimlerinin hesaplanabilmesi için aynı aletsel koşullarda standart kalibrasyonu yapılır. Duyarlılık limiti 0.015 µM'dır [Strickland ve Parsons, 1972; Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

Nitrat, nitrit analizi

Otomasyon sistemi ile nitrit analizinde prensip olarak ortamdaki nitrit iyonu asidik koşullarda sülfanilamidle reaksiyona girerek diazo bileşimini oluşturur. Bu da N-1- Naftiletilediamindihidroklörür ile reaksiyona girerek pembe azo bileşimini oluşturur. Burada NH₄Cl aktifleyici olarak kullanılır. Kolorimetrik ölçümlerde absorbans 540 nm'de kaydedilir ve kaydedicide nitritin orijinal derişimi ile orantılı olarak pikler elde edilir.

Nitrat analizlerinde ise nitrit analizi yapıldıktan sonra su örneği kadmiyum-bakır indirgeme kolonundan geçirilerek nitratın nitrite indirgenmesi sağlanır ve nitrit analizlerinde kullanılan yöntem aynen uygulanır. Sonuçta elde edilen değer toplam nitrit ve nitrat derişimini vermektedir. Nitrit ve Nitrat derişimlerinin hesaplanabilmesi için aynı optimum aletsel koşullarda standart kalibrasyonu yapılır. Nitrit ve nitrat için duyarlılık limiti sırasıyla 0.01 µM ve 0.05 µM'dır [Grasshoff vd., 1983].

Amonyum (NH_4-N) analizi

Amonyak ölçümü bazik ortamda yapılır (pH=9-11.5). Amonyum analizi için fenol ilave edilen örneklerin sodyum nitroprusiyat ve oksitleme çözeltisi ile reaksiyonu gerçekleştirilerek 20-27 °C 'de bir saat bekletilip spektrofotometrede okunması yöntemin esasını oluşturmaktadır. Deney sırasında kalsiyum ve magnezyum çökmesini önlemek için sitrat tamponu kullanılır. Reaktiflerin hazırlanmasında kullanılan saf suyun çok temiz olması gerekir. Amonyum için duyarlılık limiti 0.05 $\mu M/L$ 'dir [Strickland ve Parsons, 1972; Methods Grasshoff vd., 1983].

Reaktif silikat ($Si(OH)_4-Si$) analizi

Otomasyon sistemi ile reaktif silikat analizinde ortamdaki silikat, asidik ortamda molibdat ile reaksiyona girerek silikomolibdik asit oluşur. İkinci basamakta askorbik asit ile indirgenerek mavi renkte molibden kompleksine dönüşür. Burada okzalik asit ortamdaki fosfattan kaynaklanabilecek interferansı engellemek için kullanılmaktadır. Dalga boyu, $\lambda=660$ nm'de spektrofotometrik olarak ölçülen reaktif silikatın derişimlerinin hesaplanabilmesi için standart kalibrasyonu yapılır. Duyarlılık limiti 0.20 μM 'dir [Grasshoff vd., 1983].

3.2.1.3. Toplam fosfor analizi

Su örneklerinde toplam fosfor analizi

Sulu kimyasal oksidasyon (Wet Chemical Oxidation (WCO)) metodunda uygulanan parçalama işlemi, bütün fosfor formlarını fosfat iyonuna dönüştürme temeline dayanır [Raimbault vd., 1999].

A) Parçalama İşlemi:

- a. 45 mL örnekler önceden parçalama işlemine tabi tutulmuş teflon kapaklı şişelere eklenir.
- b. 5 mL oksidasyon belirteci eklenir (50 mL'lik oksidasyon belirteci hazırlamak için 3 g potasyum peroksidisülfat ve 6 g sodyum tetraborat 50 mL suda (DDW) çözülür).
- c. Örnekler otoklava yerleştirilir ve yaklaşık olarak 40 dakika süren 120 °C ve 2 atm basınca ulaşmaya kadar ısıtılır, birkaç saat soğuması için bekletilir. Soğuma sonrası otoklavın iç basıncı boşaltma valfiyle sabitlenir.
- d. Parçalama işlemine tabi tutulmuş örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur.

Akdeniz'in oligotrofik açık sularında TP'nin düşük derişimleri kesin olarak gözlemlenemediği için bu çalışmada, otoanalizör yoluyla fosfor analizi için yaygın tanımlama metodu olan otomatik analiz yerine spektrofotometre kullanılan manuel (elle) analiz yöntemi uygulanmıştır [Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

B) Manuel method için yöntem:

- a. Askorbik asit çözeltisi: 50 mL suda (çift destile su) çözünmüş olan 10 g askorbik asit 4.5 M sülfürik asit çözeltisi ile 100 mL'e seyreltilir. Sonuçta hafifçe sarı renkli bir çözelti elde edilir. Koyu renkli şişelerde çözelti birkaç günlüğüne saklanabilir.
- b. Mix reagent çözeltisi: 125 mL suda (çift destile su) çözünmüş ve 350 ml 4.5 M sülfürik asit çözeltisine eklenmiş 12.5 g amonyum molibdat ile 20 mL suda (çift destile su) çözünmüş 0.5 g'lık potastum tartarat iyice karıştırılır, elde edilen çözelti iki ay bozunmadan kalabilir.
- c. Fosfat derişimlerinin hesaplanması için çalışma standartları aralığı olan fosfat standartları ve blank hazırlanır.
- d. Standartlara ve su örneklerine 1 mL askorbik asit çözeltisi ve bir kaç dakika sonra 1 mL mix çözeltisi ilave edilir. 10 dakika sonra reaksiyon oluşumu gerçekleşir.
- e. Standartlar ve örnekler 5 cm'lik kuartz küvette 880 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülür. Sediman örneklerinde çözünmüş P analizinde 0.04 g

sediman en uygun ağırlık olarak belirlenmiş olup standart ve örnekler 5 cm'lik kuartz küvette ölçülürken, ayrılmış P ve toplam P analizinde ise 0.02 g sediman en uygun ağırlık olarak belirlenmiş olup standart ve örnekler 1 cm'lik kuartz küvette ölçülmüştür.

3.2.1.4. Toplam partikül fosfor analizi

Filtre örneklerinde toplam partikül fosfor (TPP) analizi

Belirli miktarlarda deniz suyu süzölmüş olan filtre örneklerine sulu kimyasal oksidasyon yöntemi uygulanmıştır. Parçalama işlemi su örneklerinde toplam fosfor analizinde olduğu gibi bütün fosfor formlarını fosfat iyonuna dönüştürme temeline dayanır [Raimboultd vd., 1999]

A) Parçalama İşlemi :

Süzölmüş olan filtre örnekleri 450 C°'de 3 saat boyunca yakılır. Filtre örnekleri önceden parçalama işlemine tabi tutulmuş teflon kapaklı şişelere eklendikten sonra üzerlerine 45 mL çift destile su ilave edilir ve 3.2.1.4'deki parçalama işleminde açıklanmış olan işlemler (b,c,d) aynen uygulanır. Soğutulmuş olan örnekler tek kullanımlık 25 mm 0.45 µm naylon membrane North American marka şırınga filtresi takılarak hazırlanmış olan steril, tek kullanımlık şırınga ile çekilerek balonjojelere aktarılır. 3.2.1.4'de belirtilmiş olan manuel yöntem (a,b,c,d,e) uygulanır [Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

3.2.1.5. Partikül organik madde analizi

Filtre örneklerinde POC, PON analizi

Filtre örneklerinde POC ve PON analizleri yüksek sıcaklıkta yakma tekniği uygulanarak, CHN Elementar Vario El Cube analiz cihazı ile ölçölmüştür [Grasshoff vd., 1983; Ediger vd., 2005]. POC ve PON analizi için filtreler 50-60 °C'de bir gece

kurutulmuş ve inorganik karbonatları çıkarmak için derişik HCl ile muamele edilmiştir. Yaklaşık 40-45 dk beklenip 60 C°'ye ayarlanmış etüvde 90 dk tutulmuştur. Etüvden çıkarıldıktan sonra presleme işlemine geçilmiştir. Karbon sonuçları toplam partikül organik karbon olarak, toplam partikül azot değerleri ise partikül organik azot olarak verilmiştir.

Sediman örneklerinde POC, PON analizi

Sediman örneklerinde POC ve PON analizleri filtre örneklerinde olduğu gibi yüksek sıcaklıkta yakma tekniği uygulanarak, CHN Elementar Vario El Cube analiz cihazı ile ölçülmüştür [Grasshoff vd., 1983; Ediger vd., 2005]. Ölçülecek istasyonlara ait sedimanlar gümüş kapsüllerde nemlendirildikten sonra %20' lik HCl çözeltisi ile muamele edilmiştir. Kapsüller 60 C°'e ayarlanmış hot plate kademeli olarak 120 C°'ye çıkartılarak tamamen kuruyana kadar bekletilmiş ve presleme işlemine geçilmiştir. Cihaza verilen örnekler yaklaşık 1000-1200 C° civarında oksijen takviyesiyle yakılarak TCD dedektör yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.1.6. Klorofil-a (Chl-a) analizi

Klorofil-a ölçümleri “Denizlerde Ölçüm ve İzleme Standart Yöntemler El Kitabı TÜBİTAK K.K.1”de ve “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 14. Baskı”da verilen ölçüm tekniği ile ölçülmüştür [Grasshoff vd., 1983] Dondurulmuş filtre örnekleri %90' lık aseton ile ekstrakte edilip F-2500 type Hitachi spektrofloreometrede 665 ve 440 nm'de okunarak analiz edilmiştir (Duyarlılık: 0.01 µg/L) [Strickland ve Parsons, 1972].

3.2.1.7. Sediman örneklerinde fosfor analizi

Sediman örneklerinde çözünmüş P (Pex) analizi

Deniz sedimanlarında P tayini için sırasıyla ekstraksiyon metodu (SEDEX) uygulanmıştır [Ruttenberg vd., 1992; Eijsink vd., 1997; Aydın vd., 2009]. Deniz

yüzey sedimanlarından çözülmüş P'un (Pex) saptanması için 3.1.3.7'de belirtildiği gibi hazırlanan sediman örneklerine 1 M NH₄Cl çözeltisi eklenmiş, 30 dakika çalkalama kabında çalkalandıktan sonra [Ruttenberg vd., 1992; Aydın vd., 2009; Rydin vd., 2011] tek kullanımlık 25 mm 0.45 µm naylon membrane şırınga filtresi takılarak hazırlanmış olan steril, tek kullanımlık şırınga ile çekilerek 3.2.1.3'de belirtilmiş olan manuel yöntem (a,b,c,d,e) uygulanmıştır [Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

Sediman örneklerinde ayrılmış P (Pdet) analizi

Ayrılmış apatit+diğer inorganik P fazlarının (Pdet) saptanması için 3.1.3.7'de belirtildiği gibi hazırlanan sediman örneklerine 1 M HCl eklenmiş, 16 saat bekledikten sonra [Ruttenberg vd., 1992; Eijsink vd., 1997] tek kullanımlık 25 mm 0.45 µm naylon membrane şırınga filtresi takılarak hazırlanmış olan steril, tek kullanımlık şırınga ile çekilmiştir. Çözeltinin pH'ı seyreltik NaOH ile 8'e ayarlandıktan sonra çözelti son hacmi ayarlanır. 3.2.1.3'de belirtilmiş olan manuel yöntem (a,b,c,d,e) uygulanmıştır [Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

Sediman örneklerinde toplam fosfor analizi

Deniz yüzey sedimanlarından toplam P'un (biyojenik içerikli fosfor) saptanması için 3.1.3.7'de belirtildiği gibi hazırlanan sediman örnekleri kül fırınında 550 C^o'de 2 saat boyunca yakıldıktan sonra 3.2.1.7'de *Pdet analizi* için belirtilmiş olan yöntem uygulanmıştır [Grasshoff vd., 1983; Koroleff, 1983].

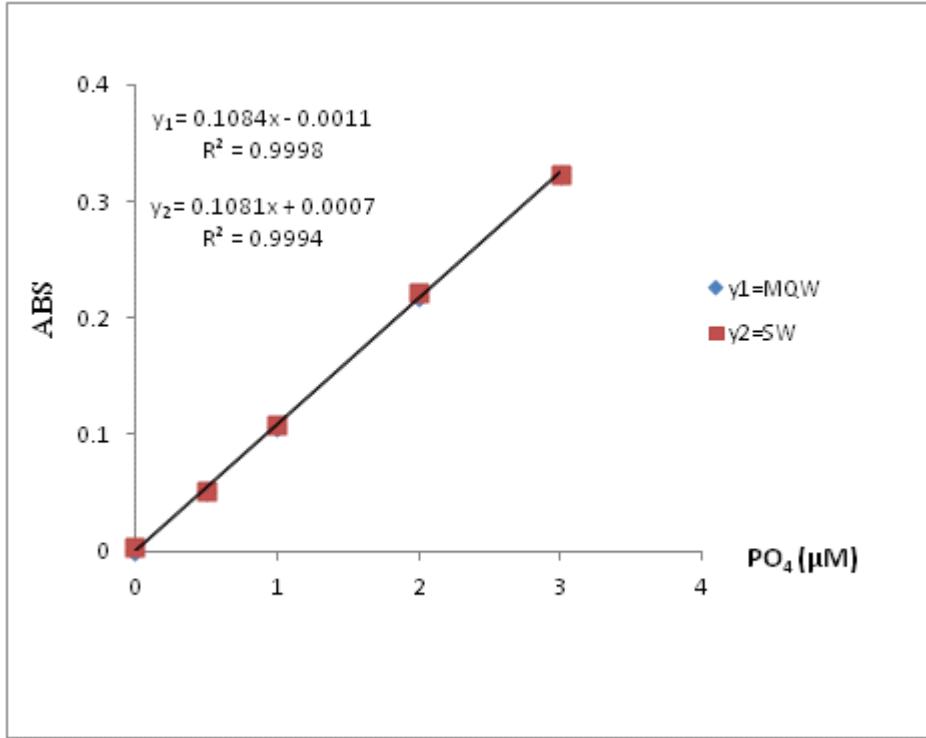
3.2.1.8. Sediman örneklerinde tane boyu analizi

Sedimanın yapısını karakterize eden sediman tane boyları (çakıl, kum, çamur, kil miktarları), Mastersizer marka cihaz kullanılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. KALİBRASYON EĞRİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

TPP analizi için MQW (çift distile su) ve açık deniz yüzey suyu (SW) ile hazırlanmış standartlar kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrileri Şekil 4.1'de verilmiştir. Elde edilen eğriler arasında yüksek uyum bulunmuştur.

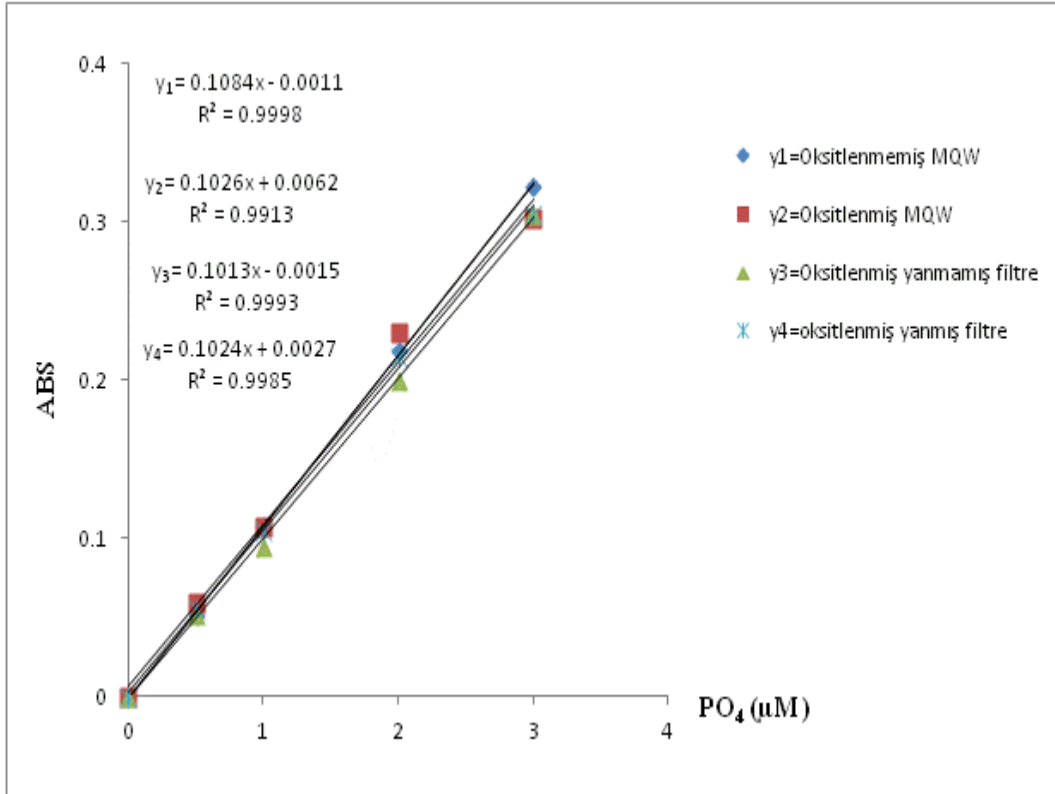


Şekil 4.1. PO₄ standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri (MQW: çift distile su, SW: düşük nütrient içeren açık deniz yüzey suyu)

4.1.1. Yaş Kimyasal Oksidasyon Metodu İle Toplam Partikül Fosfor (TPP) Tayininin Değerlendirilmesi

Deniz suyunda TPP analizlerinde yaş oksidasyon metodu uygulanmıştır [Pujo-Pay ve Raimbault, 1994; Raimbault vd., 1999]. Yaş oksidasyon yöntemiyle TPP tayini için MQW içerisinde hazırlanan farklı derişimlerdeki fosfat standartlarından elde edilen kalibrasyon eğrileri incelenmiştir. Otoklavda oksidasyon işlemine tabi tutulmuş su örnekleri ile oksidasyon işlemine tabi tutulmuş filtre

örneklerinde geri kazanma testi gerçekleştirilmiştir. Filtreler yakılmadan elde edilen şahit (blank) filtre örnekleri ve 450 C^o'de 4.5 saat kül fırınında yakılıp bu yanmış filtreden az miktarda MQW süzülerek elde edilen şahit filtre örnekleri ayrı ayrı incelenmiş ve eğrilerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.2'de verilmiştir. Kül fırınlanmış şahit filtre değerleri (b=0.005) kül fırınlanmamış şahit filtre değerleri ile kıyaslandığında (b=0.020) daha düşük değerler bulunmuş ve filtre örnekleri kül fırınında yakılma işlemine tabi tutulmuştur.

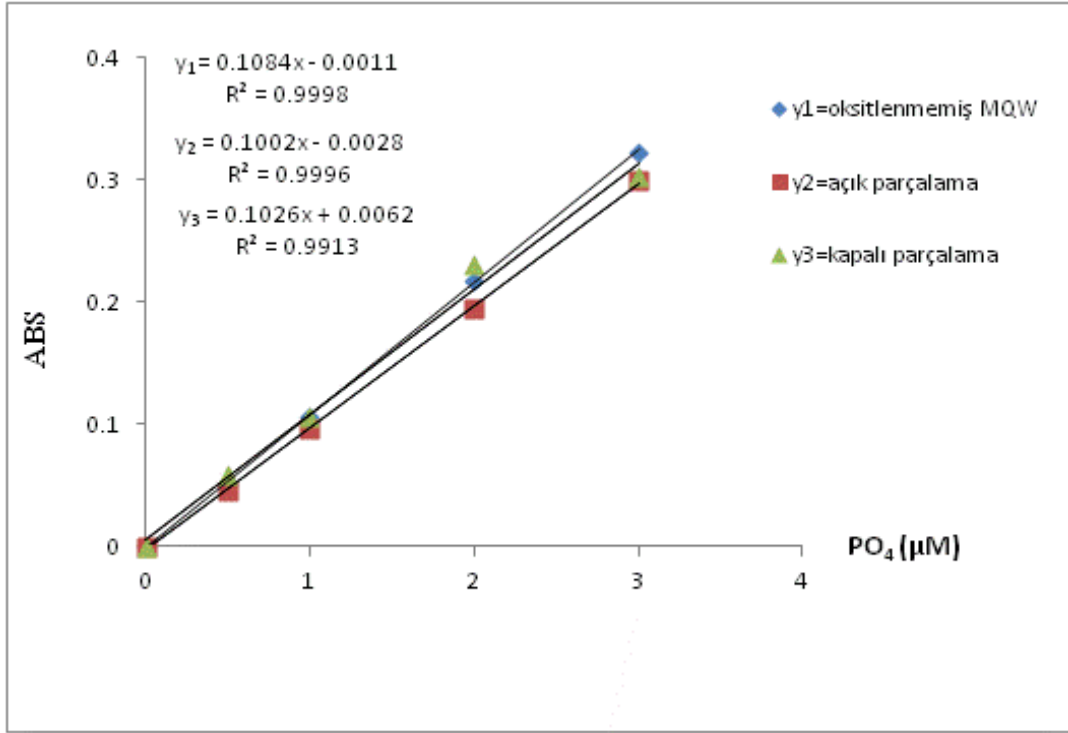


Şekil 4.2. PO₄ standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri

4.1.2. Toplam Partikül Fosfor Analizi için Açık ve Kapalı Parçalama Metodunun Karşılaştırılması

Açık parçalama işlemi yoluyla fosforun saptanması işleminde manuel analiz yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır [Koroleff, 1983; Murphy ve Riley, 1962]. Ancak bu metod güvenilir sonuçlar elde etmek için daha fazla çaba ve zaman gerektirmekte ayrıca açık kaplarda yapılmak zorunda olması örnek kayıplarına yol

açabilmektedir [Sert, 2010]. Kapalı parçalama yöntemi hem zaman hem de güvenilirlik açısından açık parçalama yöntemine göre daha güvenilir bulunmuştur. Açık ve kapalı parçalama işleminden elde edilen oksitlenmiş ve oksitlenmemiş fosfat standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri Şekil 4.3'te verilmiştir. Kapalı parçalama metodundan elde edilen sonuçlar ($r = 0.102$), açık parçalama işleminde muhtemelen tam olmayan oksidasyon işlemi yüzünden ($r=0.100$) oksitlenmemiş standartlardan elde edilen eğri sonuçlarına ($r = 0.108$) daha yakın bulunmuştur.

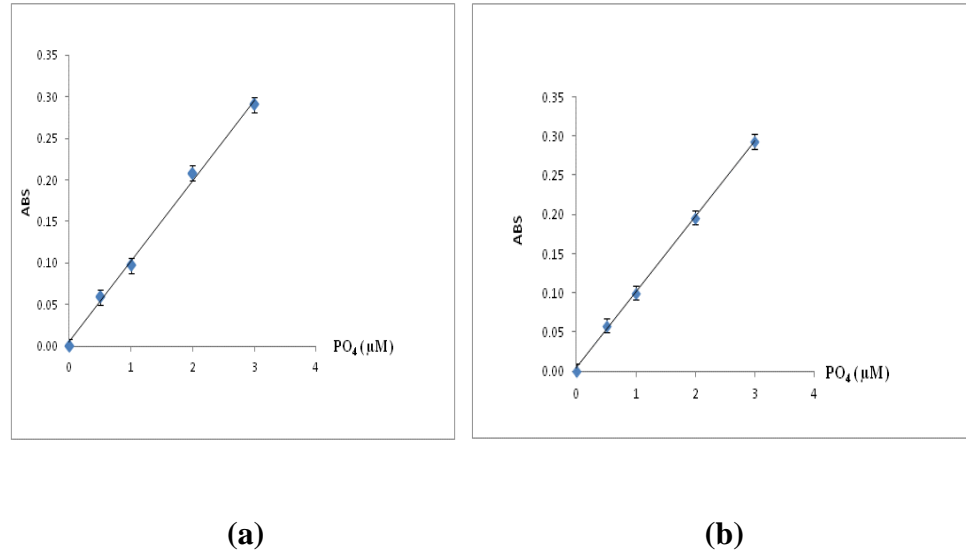


Şekil 4.3. MOW içerisinde PO₄ standartları (std) ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri

4.1.3. Oksitlenmiş MQW ve Oksitlenmiş Yanmış Filtre için PO₄ Standartları İle Hazırlanan Kalibrasyon Eğrileri

Farklı zamanlarda MOW ve yanmış filtre için PO₄ standartları ile hazırlanmış kalibrasyon eğrilerinden elde edilen değerler ve standart sapmaları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Filtre şahit değerlerinin farklı çıkmasından dolayı her istasyon için şahit filtre değerleri yapılmış olup şahit absorbans (Abs) değerleri (MQ ile şahit cam malzeme) ile örneklerin Abs değerleri kıyaslanmıştır. Şahit (MQW) ile örnek

şahit filtre değerleri Çizelge 4.1’de karşılaştırılmıştır. Kıyı sularda filtre üzerinde partikül birikimi az miktarda suyun filtrasyonu ile gerçekleşmekte ve dolayısıyla kıyı sularda örnek absorbans değeri, şahit filtrenin absorbans değerinden yeteri kadar yüksek olmakta ve örnek filtre ile şahit filtre arasında kayda değer fark görülmektedir. Açık deniz suyu örnekleme sırasında ise filtre üzerinde partikül birikimi çok miktarda suyun filtrasyonu ile gerçekleşmektedir; ancak bu durum bile bazen filtrelerde yeterli birikimi sağlayamamaktadır. Saha çalışması sırasında özellikle açık sularda profil çalışmaları sırasında çok sayıda derinlikten örnek alınıp üç paralel yapılmakta ve anında süzmeler gerçekleştirilmektedir. Bazı koşullarda - zaman açısından ve çalışmaları geciktirmemek için- ayrıca filtrenin şişmemesi için yeterli miktarda süzme gerçekleştirilememiş ve şahit filtre değeri ile örnek filtre değeri arasında kaydadeğer fark gözlenememiştir.



Şekil 4.4. MOW ve yanmış filtre için PO₄ Standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri (a) Std+oksidant (b) filtre+std+ oksidant

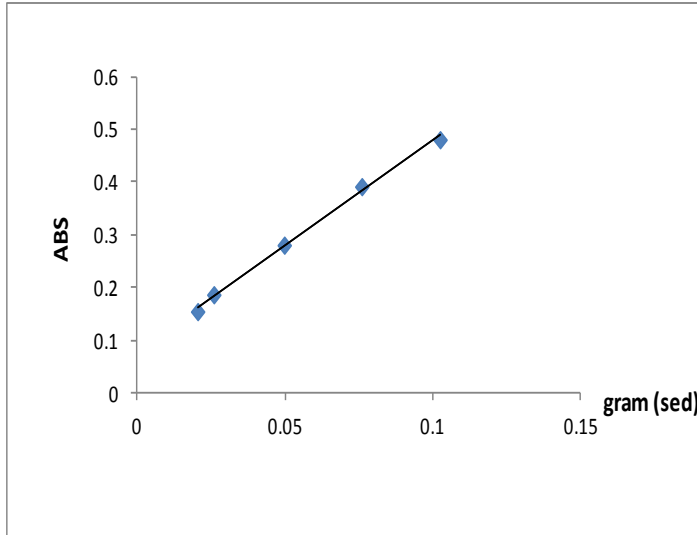
Çizelge 4.1. Şahit (MQW) İle Örnek Şahit Filtre Değerlerinin Karşılaştırılması

PO ₄ (µM)	MQW için Abs		Yanmış filtre için Abs değerleri	
	Oksitlenmemiş	Oksitlenmiş	Oksitlenmiş	Külfırını+oksitlenmiş
Blank (µM)	0.000	0.010	0.018	0.012
		0.010	0.020	0.008
		0.005	0.017	0.010
		0.008	0.016	0.018
		0.012	0.012	0.011

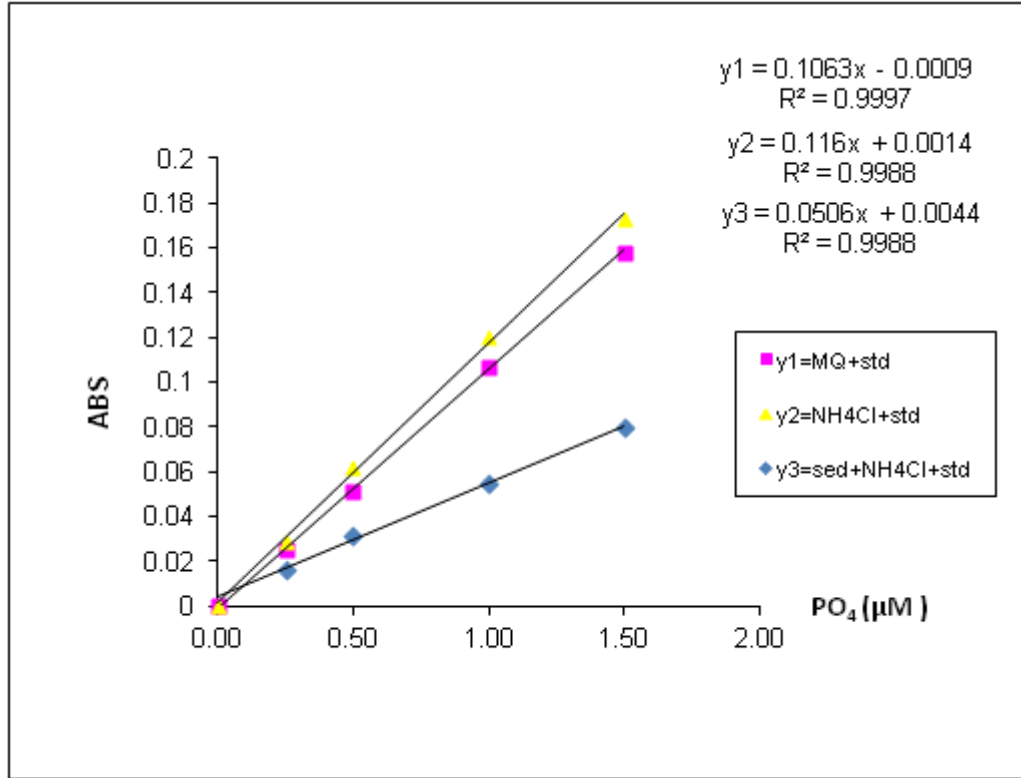
4.1.4. Sediman Örneklerinde Fosfor Türlerinin Tayininde Kullanılan Eğrilerin Değerlendirilmesi

Sediman örneklerinde çözülmüş P analizi için örnekler 1M NH₄Cl ile, ayrılmış P (Pdet) analizi ve toplam fosfor analizi için ise 1 M HCl ile ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Sedimanda P türlerinin analizi için kullanılan yöntemler ayrıntılı olarak tezin Materyal ve Yöntem kısmında 3.2.1.7'de ele alınmıştır. Sedimanda fosfor türlerinin analizi için ilk olarak sedimanlar için kullanılacak uygun ağırlık belirlenmiş olup Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuş sediman örnekleri ile aynı koşullarda hazırlanan analit çözeltilerinde geri kazanma testi gerçekleştirilmiştir. Çözülmüş P analizi için NH₄Cl çözeltisinin analit olarak kullanıldığı ve ekstraksiyon işlemine tabi tutulan sediman içeren (r = 0.052) sonuçlar, sediman içermeyen (r = 0.116) standartlardan elde edilen sonuçlara göre düzgün bir artış göstermektedir (Şekil 4.6).

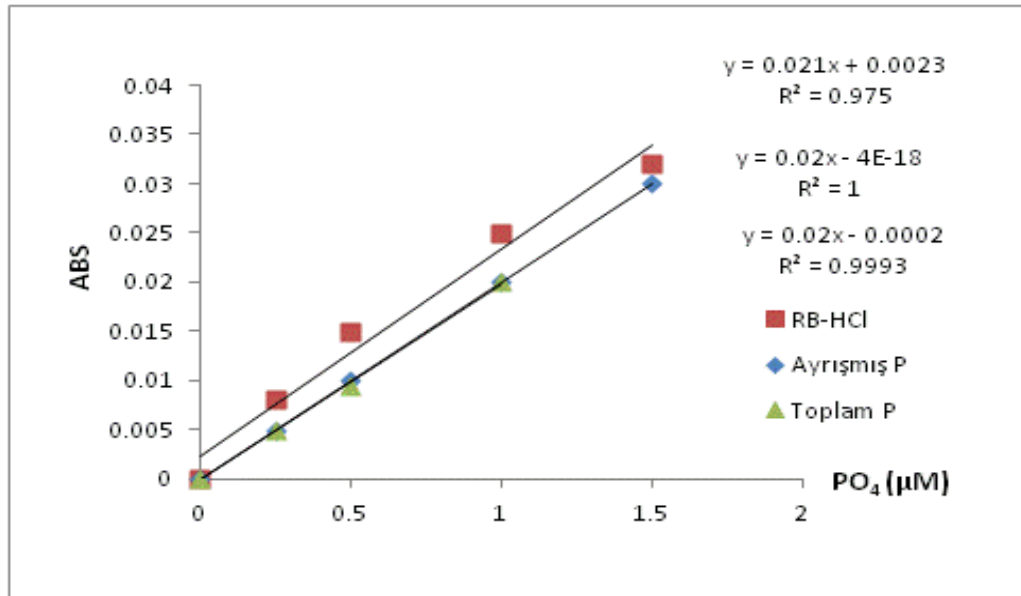
Ayrılmış P ve toplam P analizi için 1M HCl çözeltisi analit olarak kullanılmış ve geri kazanma testi gerçekleştirilmiştir. HCl ile muamele edilen örneklerde yüksek miktarda fosfor tespit edilmiş olup kullanılan sediman miktarları düşürülmüş ve örnekler 1 cm'lik kuartz küvette ölçülmüştür. Toplam P analizi için kül fırınında yakma işlemine tabi tutulan örneklerden elde edilen sonuçlar (r =0.02) ve ayrılmış P analizi için elde edilen sonuçlar (r=0.02) Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Sedimanlar için en uygun ağırlık eğrisi



Şekil 4.6. Sedimanda çözülmüş P analizi için PO₄ standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri



Şekil 4.7. Sedimanda ayrılmış P ve toplam P analizi için PO₄ standartları ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri

4.2. HİDROGRAFİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mersin kenti önünden Seyhan deltası doğusuna kadar uzanan sığ sulardan Mersin Körfezi kıta sahanlığı yamacına kadar uzanan alanda ve sedimanlarında POM dağılımı, bileşimi ve çevresel faktörlere bağlı değişiminin belirlenmesi amacıyla Eylül 2008-Kasım 2010 tarihleri arasında mevsimsel sıklıkta kıyı ve açık bölgeleri kapsayacak şekilde 15 istasyonda toplam 11 adet, karşılaştırma çalışması için de Temmuz ve Kasım 2010 döneminde biri kıyı etkisinde diğeri kıyı etkisinden uzak açık sularda yer alan 2 istasyonda saha çalışması ve örnekleme yapılmıştır. Kış sezonu; Ocak, Şubat, Mart 2009 ve Şubat 2010, ilkbahar sezonu; Nisan 2009 ve Nisan 2010, yaz sezonu; Eylül 2008, Ağustos 2009 ve Temmuz 2010, sonbahar sezonu ise Ekim 2009 ve Kasım 2010 olarak belirlenmiştir.

Deniz suyu örneklerinde, ortamın fiziksel özellikleri ile çözülmüş oksijen (ÇO), besin elementleri (TP, PO₄, NO₃, NO₂, NH₄, Si), Chl-a çalışılmış olup bu veriler 107G066 sayılı TÜBİTAK (SINHA) projesinden elde edilmiş olup elde edilen sonuçlar özetlenerek verilmiştir.

Deniz suyu örneklerinde partikül organik madde (POM) dağılımı ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Ayrıca sedimandan elde edilen toplam karbon, organik karbon, organik azot değerleri belirlenmiş, tane boyları incelenerek, fosfor türlerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bu sahalardan alınan örneklerde POM ve diğer hidrokimyasal parametreler karşılıklı incelenerek su ve sedimanda POM'a neden olan faktörler ve etkileri hakkında yorum yapılmıştır.

4.2.1. Hidrofiziksel ve Biyokimyasal Parametrelerin Yüzey Dağılımları

Mersin Körfezi ekosistemi üzerine karasal girdilerin etkilerini anlayabilmek için Mersin Körfezi yüzey sularında kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarını temsilen incelenen parametrelerin (besin elementleri (TP, PO₄⁻³, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Si), Chl-a,

ÇO, POM ve fiziksel parametreler) yüzey dağılımları Şekil 4.8a-d'de verilmektedir. Yüzey dağılımı çizimlerinde her bir istasyon için ortalama mevsimsel değerler kullanılmıştır. Çalışma boyunca açık sulardan kıyı sulara doğru 10 kat azalma görülmektedir. Fiziksel parametrelerin kıyı istasyonda (<20 m) (22 nolu), orta istasyonda (20-50 m) (14 nolu ist), açık su istasyonda (46 nolu, ~120 m) ve (48 nolu, 200m) mevsimsel olarak derinlik profilleri Şekil 4.9a-d' da verilmektedir.

Kuzeydoğu Akdeniz'in oligotrofik sularına antropojenik ve tatlı su kaynaklarından sınırlı girişler yüzünden Mersin Körfezi'nin açık sularında düşük derişimlerde besin elementleri gözlenmektedir.

Ocak, Şubat, Mart 2009 ve Şubat 2010 dönemlerinde elde edilen ortalama değerler kışın kıyısularda (<20 m) artan nehir girdisi ve etkili kış karışımı nedeniyle oldukça yüksektir (Şekil 4.8a). Kışın soğuma döneminde denize dökülen nehir deşarjı ve eriyen kar suları körfezin sahil bölgesinde yüzey ısını ve tuzluluğunu önemli oranda azaltmaktadır. Kıyı suları kış sezonunda yüksek nehir girişi yüzünden daha az tuzludur ve daha soğuktur. Kış döneminde körfezin yüzey suyu sıcaklığı 15.7-18.9 C° arasında değişim göstermektedir. Nehir girdisi yüzünden kıyı su sıcaklığı 1-2 derece azalarak kıyısularda 15.7 C°'ye yüzey suyu tuzluluk değerleri ise 37.5 psu'ya kadar düşmektedir.

Yüzey suyu yoğunluğu (sigma-t birimi cinsinden) dağılımı Şekil 4.8a-d'de verilmiştir. Buna göre yoğunluk deniz yüzeyinde ortalama 24 - 29 değerleri arasında değişim göstermiştir. Tuzluluğun ve sıcaklığın nispeten daha yüksek olduğu yaz ve sonbahar aylarında deniz yüzey suyu yoğunluğu en düşük seviyelerdeyken, sıcaklığın daha düşük olduğu ve düşey karışımın gerçekleştiği kış ve ilkbahar aylarında yoğunluk daha yüksektir.

Çözünmüş reaktif fosfat (PO₄) derişimleri kıyı sahil bölgelerinde 0.04 µM ve 0.1 µM arasında iken körfezin açık sularında 0.02 µM seviyesine düşmektedir. Nitrat; (NO₃⁻ + NO₂⁻) bölgesel olarak körfezde 0.14 -7.92 µM aralığındadır (Şekil 4.8a). Amonyum (NH₄⁺) derişimi ise 0.14 µM ve 7.9 µM arasındadır. Kış ayları

yüzey ortalamalarından elde edilen yüzey TP; bölgesel olarak 0.08-0.28 μM arasındadır. TP derişiminin nehir etkisinde olan bölgelerde yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek toplam inorganik azot (TİN) derişimi; NH_4^+ (2.28 μM) ve NO_3^- (7.29 μM) derişiminin en yüksek olduğu 22 nolu istasyonda 10.2 μM kadar yüksek bir değer bulunmuştur. TİN/ PO_4^{-3} oranı körfezde 11-195 aralığındadır. Şubat 2010 da NO_3^- değerinin 9.48 μM olması TİN/ PO_4^{-3} oranının 530'a kadar artışına neden olmaktadır. Silikat derişimi bölgesel olarak açık sularda 0.87 μM iken nehirle beslenen kıyısız zonda 6.23 μM kadar yüksek bir değerdir.

Deniz suyunda çözünmüş oksijen (ÇO) derişimi; karasal organik madde girişi, oksijenin atmosferik girişi, tuzluluk, sıcaklık ve fotosentetik üretimi etkileyen besinler gibi ilgili faktörlerin yanı sıra etkileşim içinde olan fiziksel ve biyojeokimyasal prosesler tarafından kontrol edilmektedir [Grasshoff vd., 1983]. Kış döneminde öfotik zonda dış ve iç kaynaklardan gelen besin kaynaklarının azlığı ve ışık yetersizliğinin sonucu olarak birincil üretim azalmakta [Yılmaz ve Tuğrul, 1998] ve bu durum öfotik zonda, ÇO derişiminin artışına yol açmaktadır. Kışın ÇO derişimi nehirlerle beslenen kıyı sularda yüksek, 7.84-8.56 mg/L seviyesinde, körfezin açık sularında ise 7.40-7.83 mg/L seviyesine düşmektedir. Chl-a derişimi ÇO ile benzer özellikler göstermekte, kış döneminde Chl-a kıyısız sularda 1.89 $\mu\text{g/L}$ seviyesinde; açık sularda ise 0.14 $\mu\text{g/L}$ seviyesindedir.(Şekil 4.8a). Karasal kaynaklı girdiler yüzünden Chl-a kıyı sularda açık sulara göre 10 kat artış göstermektedir.

İlkbahar döneminde besin elementleri derişimleri Mersin Limanı-Seyhan Deltası arasında kalan kıyısız sularda oldukça yüksektir ve kış aylarında gözlenen dağılımlara benzer dağılımlar sergilemektedir (Şekil 4.8b). Özellikle bahar döneminde bahar yağmurları ve artan nehir girdileri, besin elementleri yüzey suyu dağılımlarının artışına neden olmaktadır. İlkbahar aylarında nehir girdisi yüzünden yüzey suyu tuzluluk değerleri düşüktür. İlkbahar döneminde hava sıcaklığının yükselmesi Kilikya baseni boyunca yüzey suyu sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Şekil 4.8b).

Yüzey TP derişimleri açık sularda 0.06 µM seviyesinin altında iken kıyı sularda (~20m) 0.6 µM'ı aşmaktadır. Yüzey nitrat derişimi kıyı sularda 2.5 µM seviyesinde iken açık sularda 0.10 µM seviyesine azalmaktadır. PO₄⁻³, TP ile benzer özellikler sergilemekte, kıyı sularda 0.15 µM'ı aşarken açık yüzey sularında 0.03 µM seviyesindedir. TP, kıyı sularda 0.63 µM seviyesinde iken açık sularda 0.06 µM seviyesine düşmektedir. TİN derişimi açık sularda 0.27 µM iken kıyı sularda 3.17 seviyesine yükselmektedir.

Amonyum, bölgesel olarak 0.16-0.81 µM aralığında değişmektedir. İlkbahar N/P (TİN/ PO₄⁻³) oranları kıyı sularda (22 nolu istasyon) 35.9 açık sularda 7.97 (48 nolu istasyon) olarak bulunmuştur. İlkbahar oranları bölgesel olarak kışa göre daha düşüktür. Yüzey Si derişimi, 0.9-7.1 µM aralığındadır.

İlkbaharda ÇO derişimi nehirlerle beslenen kıyı sularda 8.30-8.46 mg/L seviyesinde açık sularda ise 7.6-7.9 mg/L seviyesine düşmektedir. Yüzey Chl-a değerleri bölgesel olarak 0.06 µg/L ve 1.12 µg/L arasındadır ve Kilikya basenindeki yüzey besin elementleri dağılımı ile benzer özellik göstermektedir, istatistiksel olarak aralarında genelde pozitif ilişki vardır (Çizelge 4.6 - 4.11). Yüksek değerler besin elementlerince zengin kıyı sularda kaydedilmiştir.

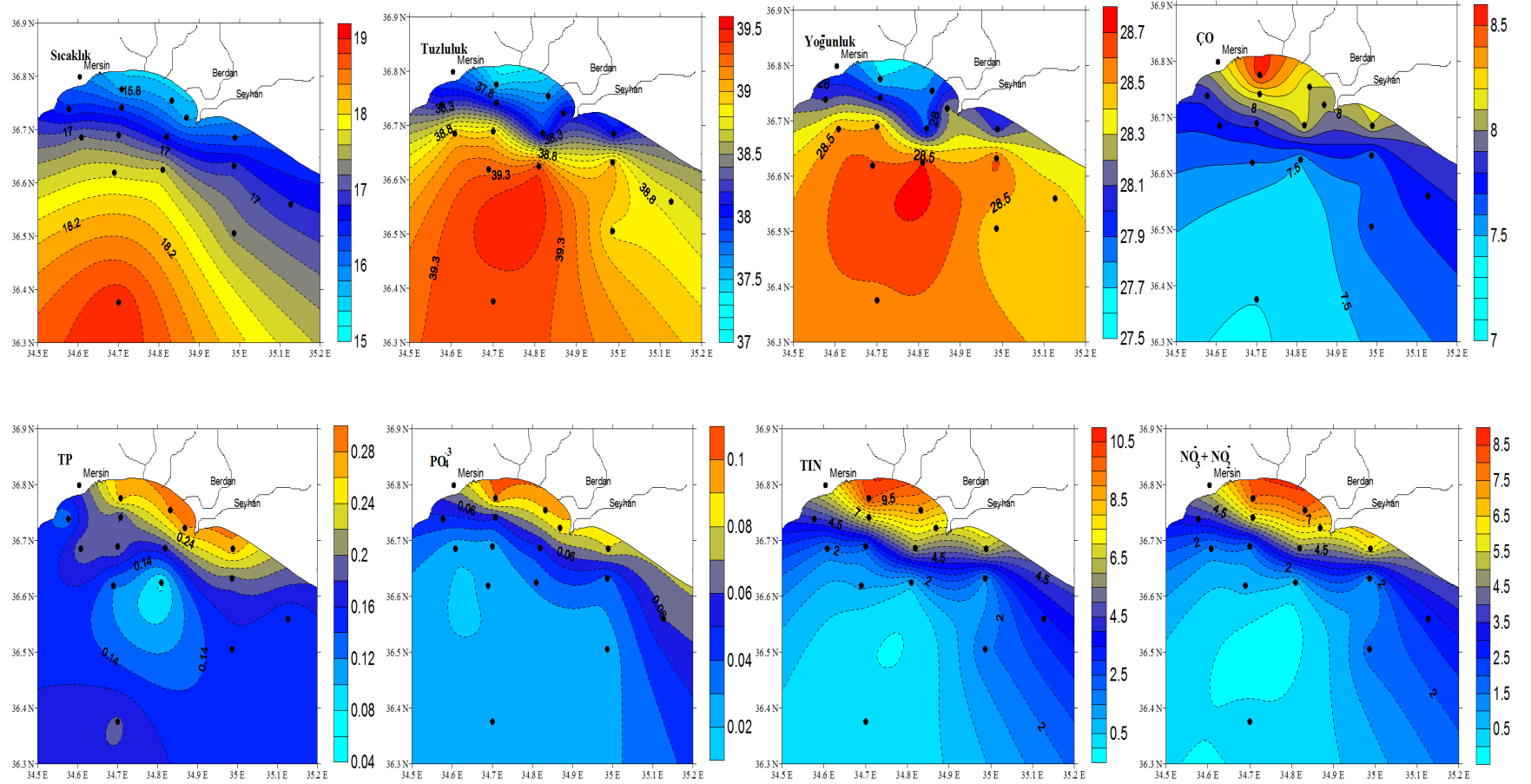
Yaz alanı çalışması Eylül 2008, Ağustos 2009 ve Temmuz 2010 döneminde yapılmıştır; besin elementlerinin yüzey dağılımı 4.8c'de verilmektedir. Yaz dönemi çalışmaları körfez yüzey sularında mevsimsel sıcaklık tabakalaşmasının sürekli geliştiği dönemi temsil etmektedir. Nehir girdilerinin azaldığı, sıcaklık tabakalaşmasının yoğun olduğu bu dönem karasal kaynaklı kirleticilerin kıyı sularda neden olduğu ötrofik koşulların en fazla geliştiği dönemdir. Yaz aylarında yüzey sularında kıyından açığa gözlenen sıcaklık düşüşü Ekim ayından itibaren tersine dönmekte ve yüzey sularında soğuktan sığa bir geçiş görülmektedir. Yüzey suyu sıcaklığı 26.1–30.0 C° aralığındadır (Şekil 4.8c). Kurak mevsimde yüksek buharlaşma nedeniyle yüzey suyu tuzluluğu 39.5 psu'ya ulaşmaktadır.

Yazın kıyı zondaki amonyak hariç yüzey besin elementleri oldukça düşüktür. Yazın TP derişimi 0.06 μM ve 0.52 μM arasında değişmekte, nehirle beslenen kıyı sularda yüksek NH_4^+ değerlerine ulaşmaktadır. PO_4^{-3} ve TİN değerleri karasal girişler tarafından beslenen kıyı sularda sırasıyla 0.10-0.13 μM ve 1.42-2.39 μM 'dır. Besin elementlerince fakir açık yüzey sularında derişimler PO_4^{-3} için 0.02-0.03 μM ve TİN için 0.2-0.35 μM 'dır. N/P molar oranları kıyı sularda 7.6-14.0 açık sularda ise 7.8-31.7 arasındadır. Si değeri nehirlerle beslenen kıyı sularda 4.8 μM ' a ulaşmakta ve açık sularda 1 μM seviyesine azalmaktadır.

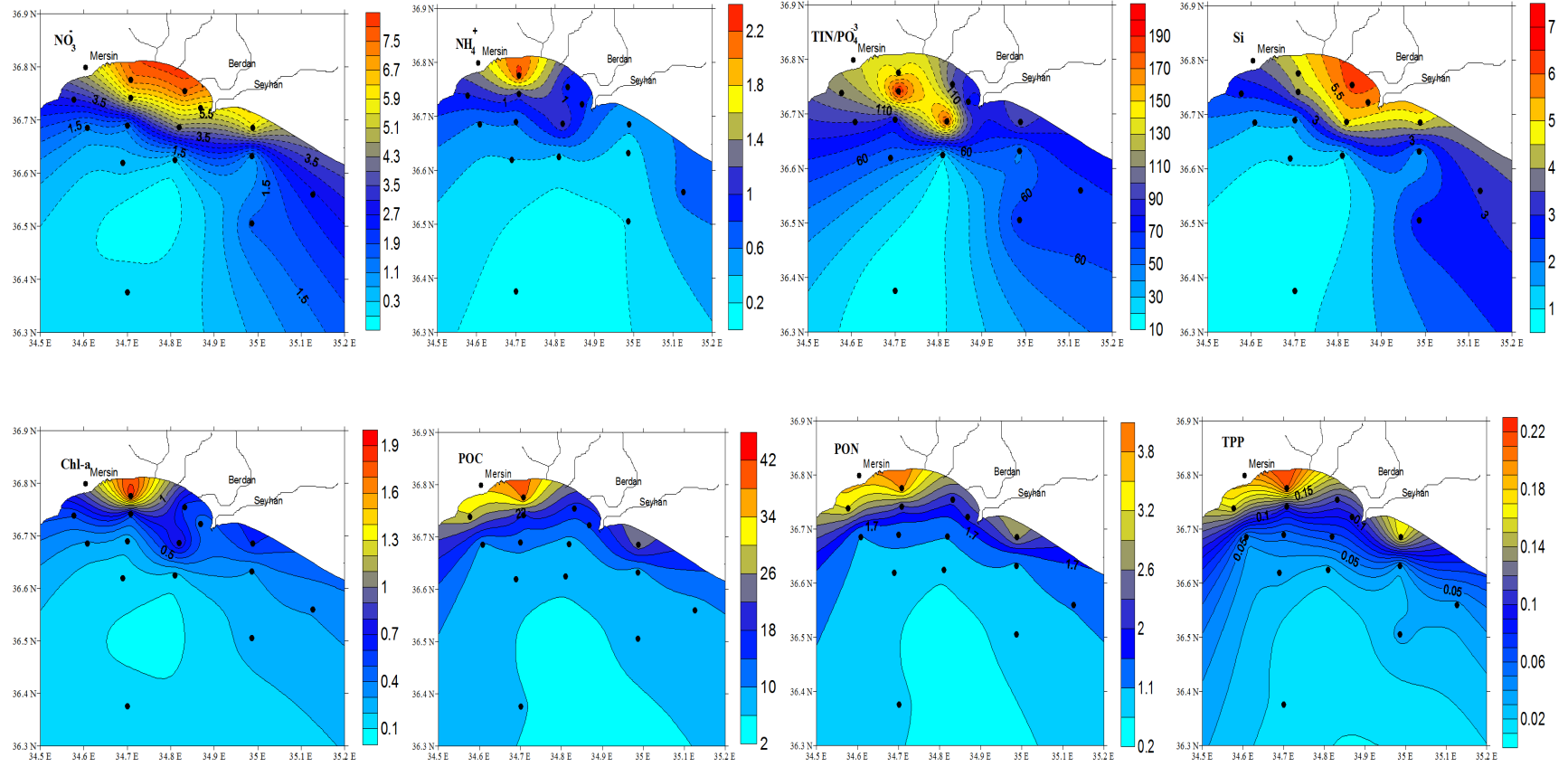
Körfezin yüzey sularında ÇO derişimi 6.3- 7.6 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4.8c). Yazın ÇO; TİN ile yüklü kıyısal zonda oldukça yüksek iken (7.14-7.63 mg/L) daha tuzlu açık yüzey sularında 6.3-6.4 mg/L seviyesine düşmektedir. Yüzey Chl-a değerleri bölgesel olarak 0.05 $\mu\text{g/L}$ ve 1.7 $\mu\text{g/L}$ arasındadır, yüksek değerler nehirlerle beslenen kıyı sularda gözlenmektedir.

Sonbahar döneminde yüzey suların soğumaya başlaması ile düşey karışımların körfez su kalitesi üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Sonbaharda Ekim 2009 ve Kasım 2010'da (Şekil 4.8d) iki alan çalışması yapılmıştır. Sonbahar döneminde körfezin yüzey suyu sıcaklığı 22.7-25.3 C° arasında değişim göstermektedir. Nehir girdisi yüzünden kıyı su sıcaklığı ve tuzluluk değeri azalmakta, yüzey suyu tuzluluk değerleri 38.7 psu'ya kadar düşmektedir.

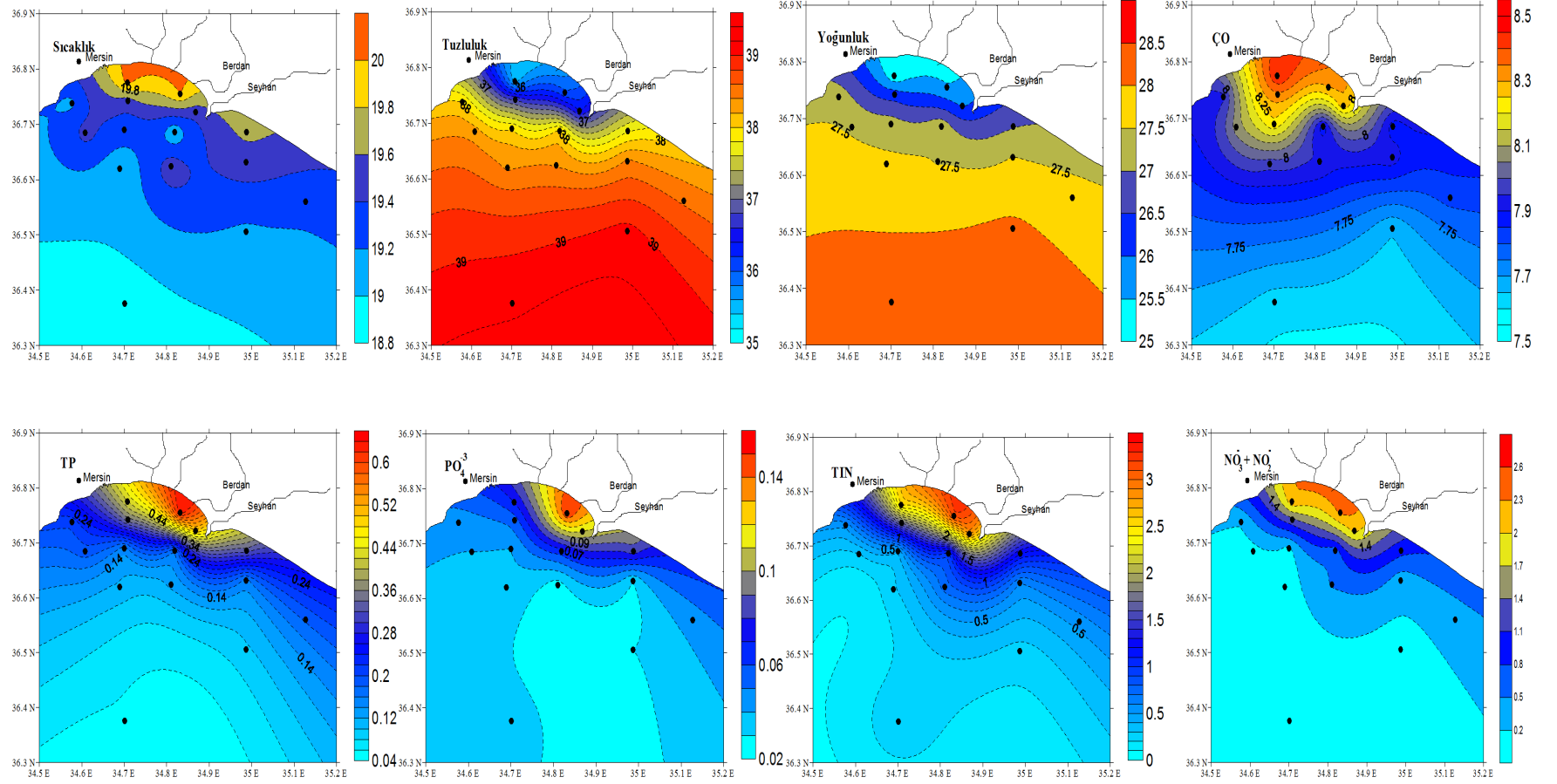
Körfezde oldukça düşük besin elementleri derişimleri gözlenmektedir. Yüzey PO_4^{-3} derişimi kıyı sularda (~20m), 0.06-0.12 μM arasında iken açık sularda 0.03-0.04 μM seviyesine düşmüştür. Nitrat, tuzlu açık sularda 0.07-0.12 μM iken kıyı sularda 0.31-0.95 μM 'dır. Amonyum değeri açık sularda 0.12 μM 'dan kirli kıyı sularda 1.5 μM seviyesine değişim göstermektedir. TİN derişimi açıktan kıyıya doğru sırasıyla 0.24 μM ve 2.40 μM olarak değişmiştir. En yüksek N/P oranı 22 nolu kıyı istasyonda 40 olarak bulunmuştur. En düşük oranlar körfezin açık sularında bulunmuştur. Reaktif Si derişimi, yüzey sularında 1.02-3.37 aralığında değişmektedir.



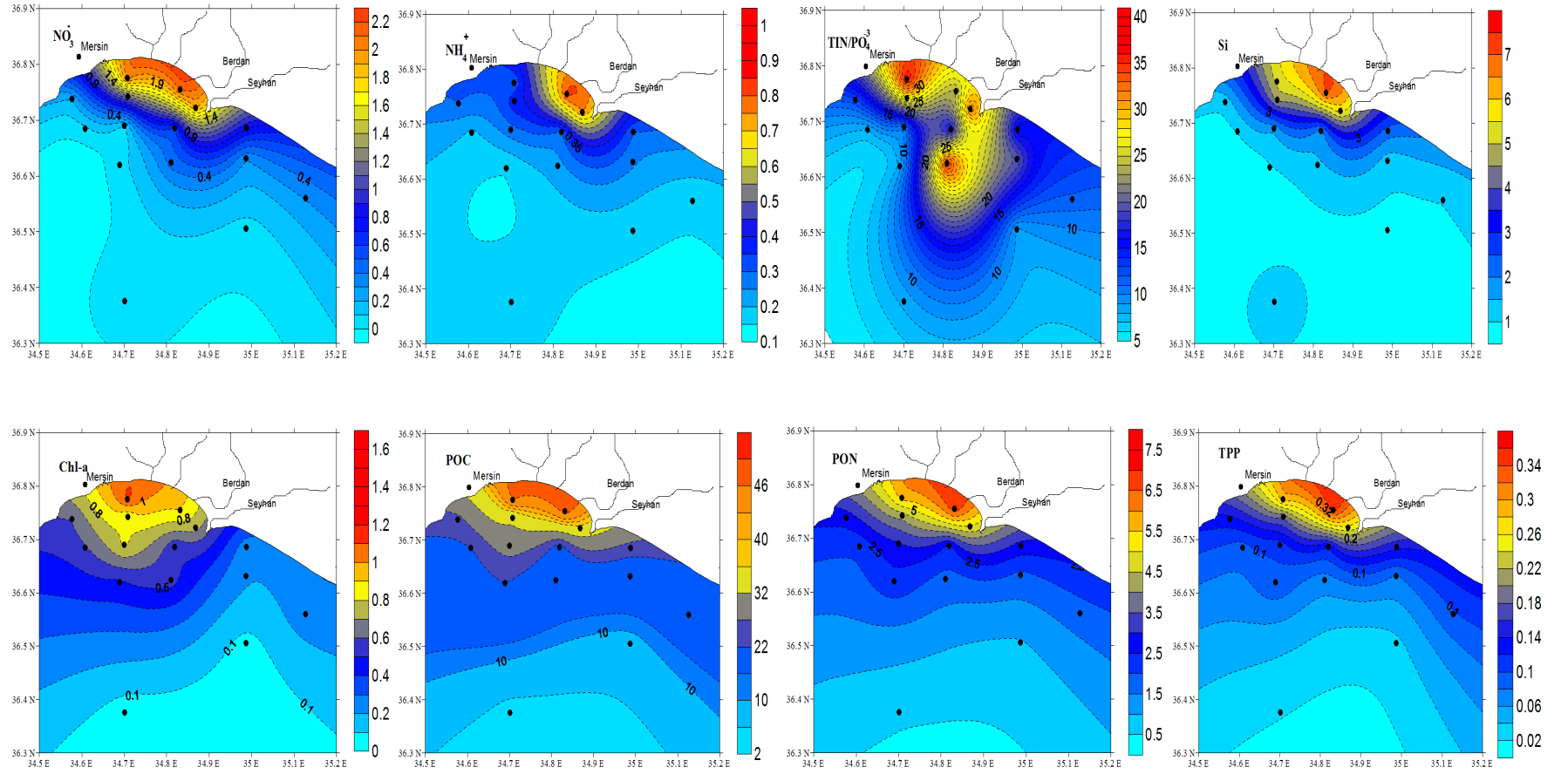
Şekil 4.8a. Mersin Körfezi kış sezonu yüzey dağılımı



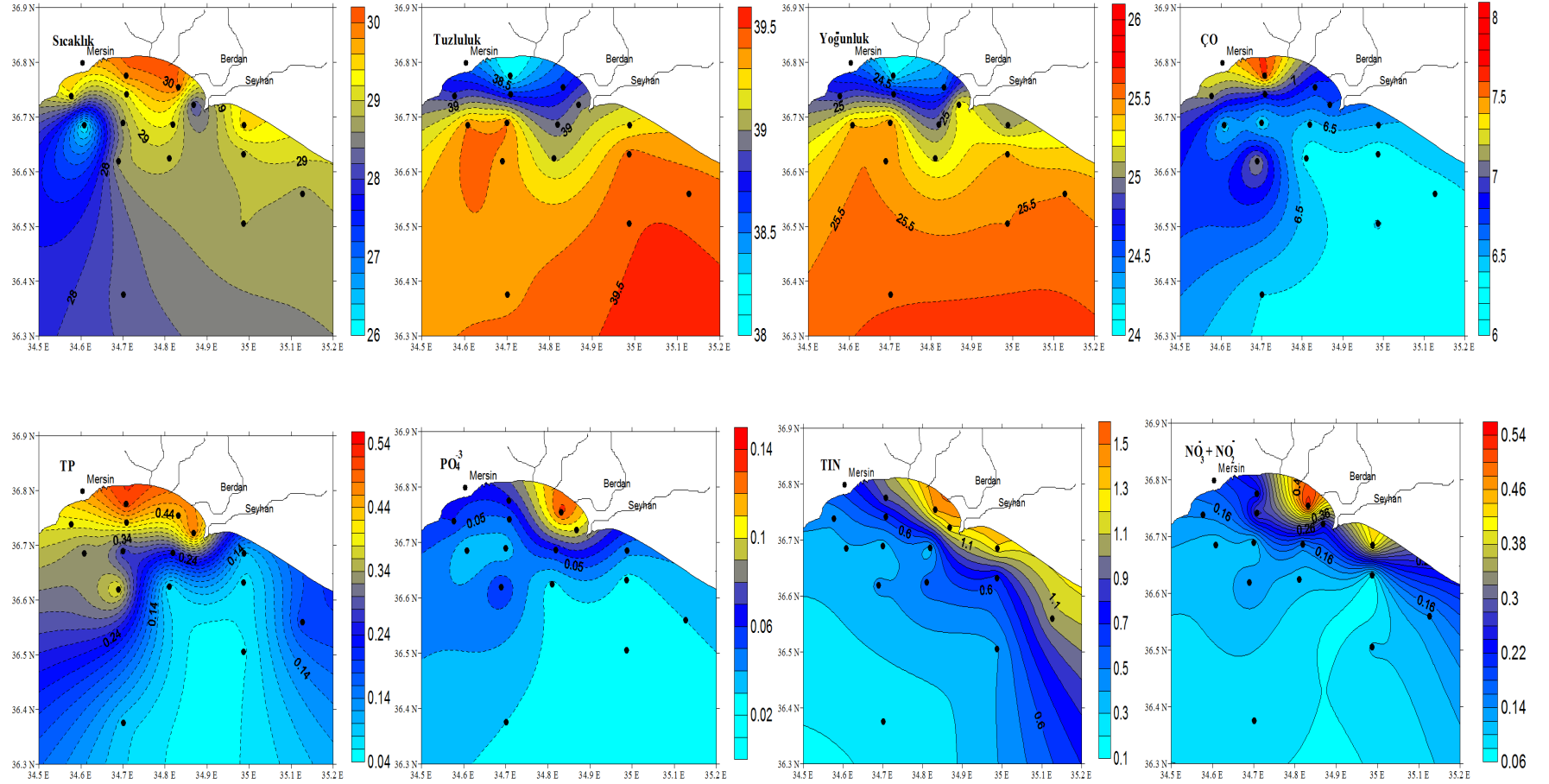
Şekil 4.8a devamı. Mersin Körfezi kış sezonu yüzey dağılımı



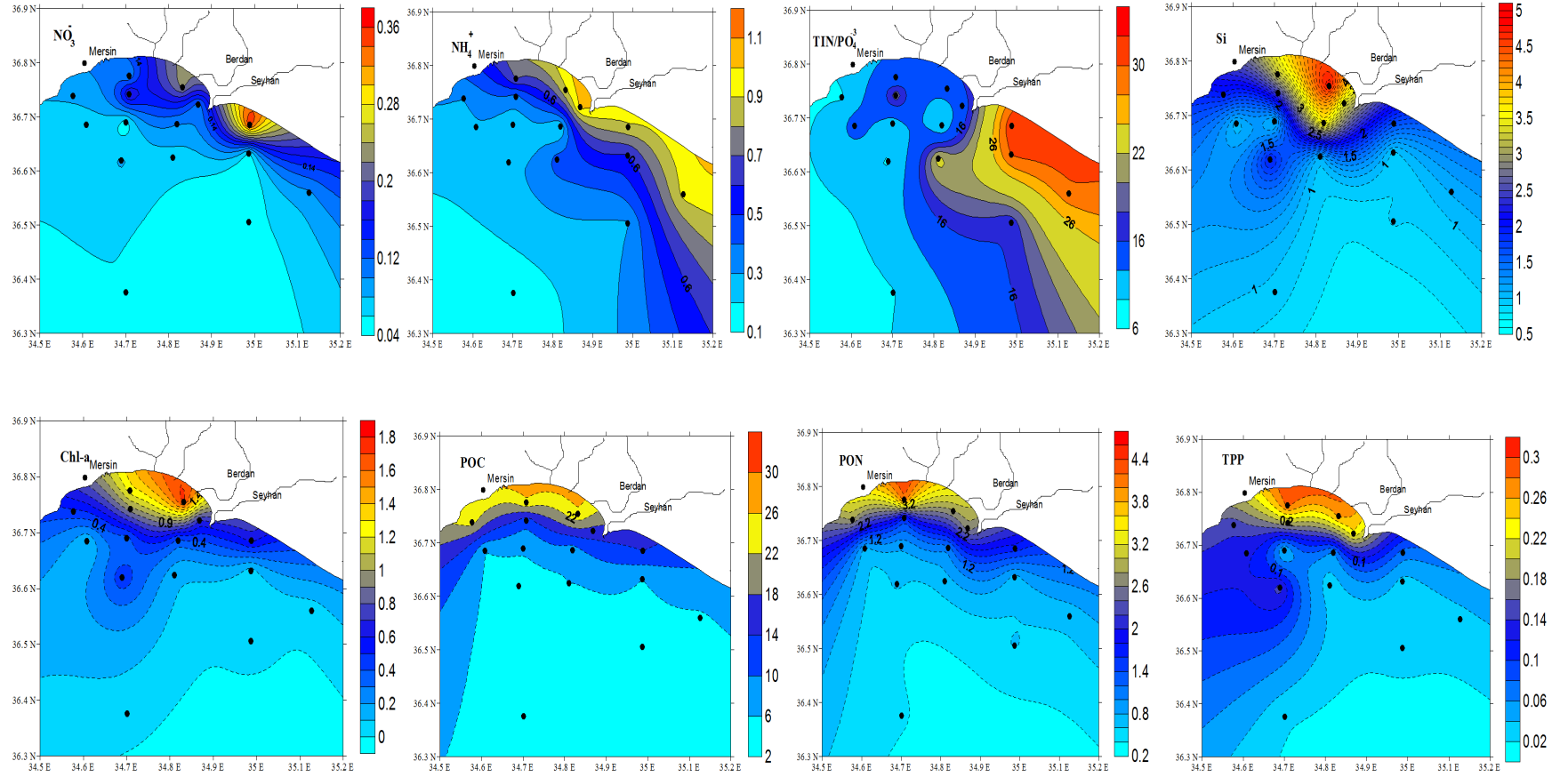
Şekil 4.8b. Mersin Körfezi ilkbahar sezonu yüzey dağılımı



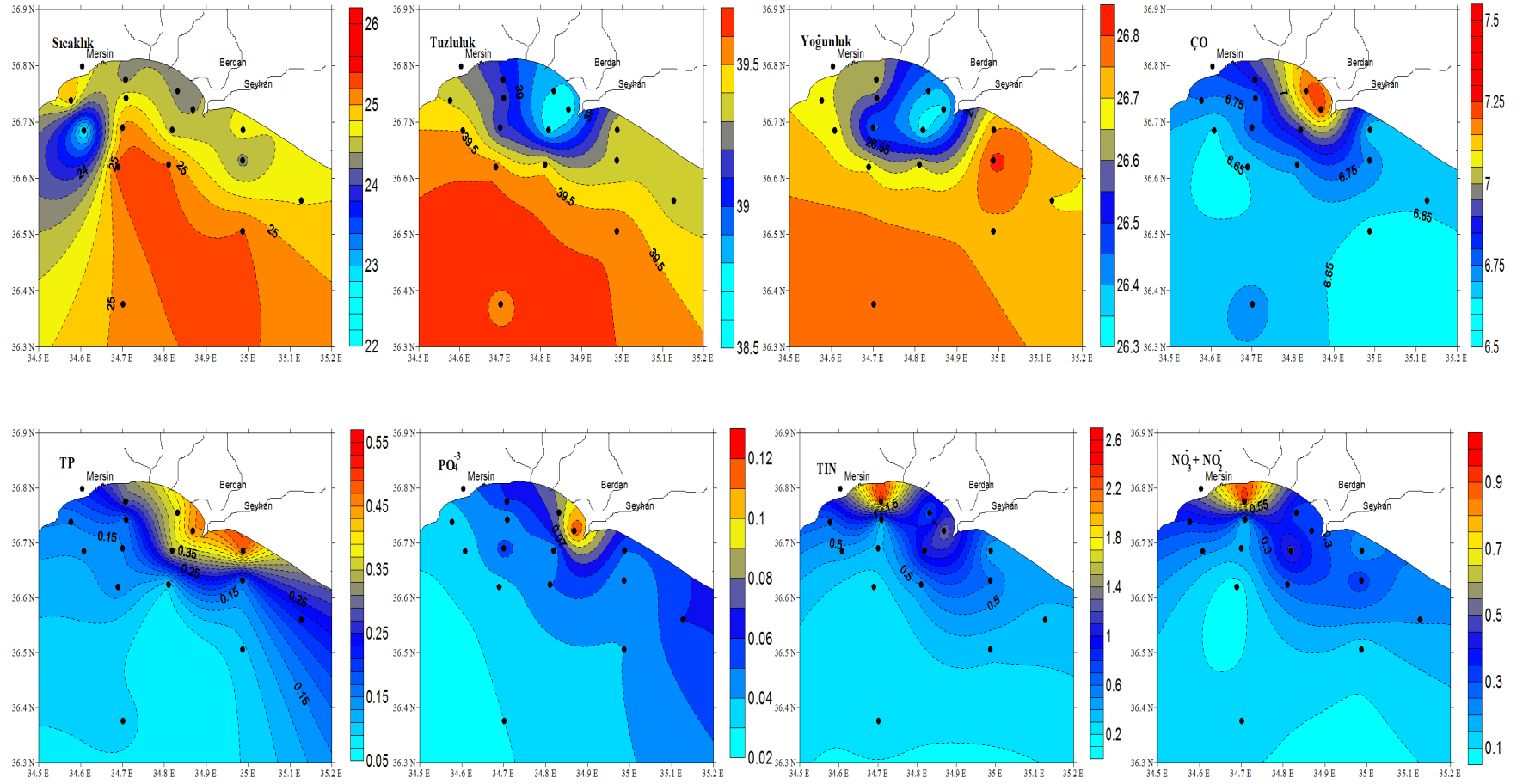
Şekil 4.8b devamı. Mersin Körfezi ilkbahar sezonu yüzey dağılımı



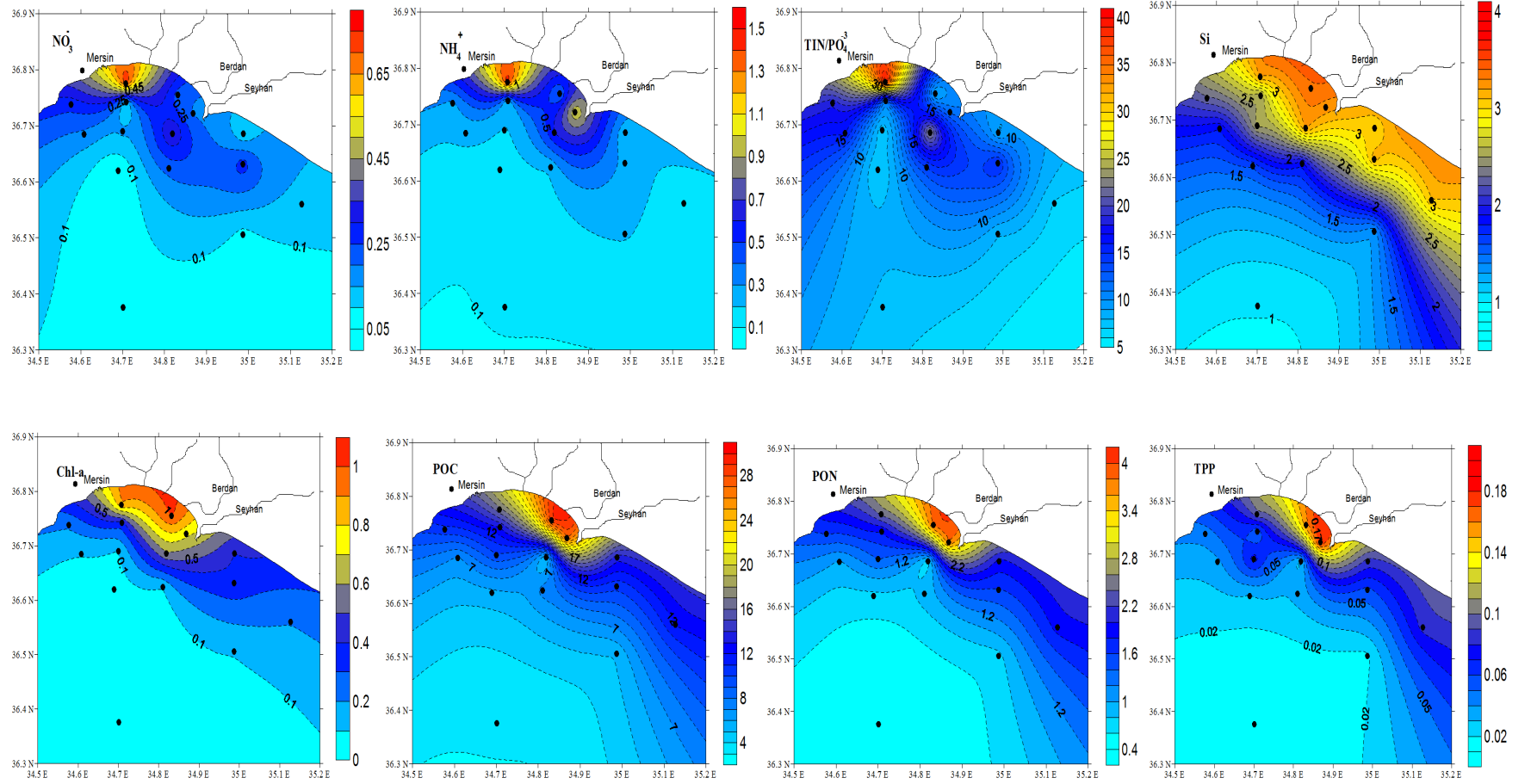
Şekil 4.8c. Mersin Körfezi yaz sezonu yüzey dağılımı



Şekil 4.8c devamı. Mersin Körfezi yaz sezonu yüzey dağılımı



Şekil 4.8d. Mersin Körfezi sonbahar sezonu yüzey dağılımı



Şekil 4.8d devamı. Mersin Körfezi sonbahar sezonu yüzey dağılımı

4.2.2. Su Kolonunda Hidrografik ve Biyokimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişimleri

Şubat, Nisan, Temmuz, Kasım 2010 dönemlerinde fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlikle değişimi kıyı su istasyonu 22 no'lu istasyon (20 m), orta derinlik istasyonu 14 no'lu istasyon (45 m), açık su istasyonu (46 no'lu) (~120 m) ve (48 no'lu) (200m) olarak incelenmiş ve Şekil 4.9a-f'de gösterilmiştir.

Kış dönemi ölçümlerle, su kolonundaki düşey karışımların etkisi ile birlikte artan tatlı su girdileri ve kıyı - açık su etkileşiminin körfez su kalitesi üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yağışlı geçen ve nehir girdisinin arttığı kış döneminde (Şubat 2010) tuzluluk yüzey sularında düşüktür; su kolonunda su sıcaklığı homojen dağılmıştır ve tuzluluğa bağlı yoğunluk tabakalaşması vardır (Şekil 4.9a). Daha derine doğru gidildikçe su kolonundaki sıcaklık tabakalaşması Kasım 2010'da belirgin olmuş (Şekil 4.9b-d); Şubat 2010'da kış karışımı ile mevsimsel termoklin, haloklin ve piknoklin tamamen yok olmuş, homojen hale gelmiştir ve bu durum Nisan 2010'a kadar sürmüştür (Şekil 4.9d). Nehir girdilerinin iç körfezde 50 m derinliğe kadar uzanan alanda etkili olduğu ve yüzey suyu tuzluluğunu düşürdüğü gözlenmiştir. Daha derin alana gidildikçe nehir etkisi çok zayıftır ve bu bölgelerde 40 metrenin altında az tuzlu ve daha soğuk sular vardır. Bu tuzluluk tabakalaşması kış döneminde düşey karışımlar sonucu kaybolmaktadır. Kışın 150 m'e kadar olan katman iyi karışmıştır.

150-200 m'lik katmanda kış aylarındaki sıcaklık 16-18 °C civarında olup tuzluluk binde 37.5-39.0 psu arasında değişmektedir. İlkbahar aylarında havaların ısınmasıyla yüzey tabakası sıcaklığı 20 C° civarına çıkmaktadır. Buna paralel olarak tuzluluk da binde 39.1-39.2'ye kadar çıkmaktadır. Yaz ve sonbahar döneminde mevsimsel termoklinin altında sıcaklık hızlı bir düşüş göstererek 150-200 m'lerde yaklaşık 17 C°'ye inmektedir. Sonbaharda havaların soğuması yüzey sıcaklıklarının azalmasına ve tekrar kış şartlarının oluşmasına yol açmaktadır [Özsoy vd. 1989,1991,1993].

Kış ayında yüksek biyokimyasal aktivite vardır ve yüksek nitrat, nitrit ve silikat değerleri görülmüş ayrıca kıyı sulara nehirler yoluyla nitrat taşınımı olduğundan oldukça yüksek N/P oranları gözlenmiştir (Şekil 4.9a). Derinliğin 45 m'ye vardığı orta derinlik istasyonunda ise mevsimsel termoklin görülmemiştir. Kış ve ilkbahar aylarında nehir girdisi yüzünden yüzey suyu tuzluluk değerleri düşüktür (Şekil 4.9b).

Kış, ilkbahar ve sonbahar döneminde kıyı yüzey sularında TP derişimi 0.30 μM -0.41 μM aralığına kadar değişmekte ve yaz döneminde ise 0.61 μM değerine ulaşmaktadır. Reaktif silikat, tatlı su girdisinin olduğu kıyı sularda 1.0 μM - 9.2 μM seviyesindedir en yüksek değer kış döneminde 9.2 μM olarak bulunmuştur, silikat değerleri ise derin bölge yüzey sularında azalmış ve tabana doğru artan değişim göstermiştir (Şekil 4.9a-d). Bu durum kış ayında açık sularda yeni bir su kütesinin olduğunun işaretidir.

Şubat 2010 döneminde kıyı istasyonda 360 değerine ulaşan N/P oranı bulunmuştur. NH_4^+ ve NO_3^- derişimlerinin katkı sağladığı TİN değerlerinin yüksek olması, körfez kıyı ve açık sularında bu dönemde PO_4 derişiminin düşük ve dar aralıkta değişmesi, TİN artışı olan sularda N/P oranında ani yükselmelere neden olmuştur. 14 nolu istasyonda kış döneminde bu değer 160 iken, açık istasyonun dip sularında 65 değerine ulaşmıştır (Şekil 4.9a-d). Nehir debilerinin azaldığı yaz-sonbahar döneminde kıyusal bölgenin yüzey sularında N/P oranı 10-60 aralığında değişmiştir. Kış döneminde kıyusal bölgenin yüzey sularında 360 seviyesine kadar ulaşan N/P oranının, derin bölgelerde 20'nin altına düştüğü görülmüştür. Kış döneminde yükselen N/P oranı, bahar döneminde artan fotosentez sonucu azalma eğilimine girer. Buna bağlı olarak yüksek N/P oranının hesaplanması da yüzey sularında birincil üretimin özellikle kış-ilkbahar döneminde PO_4 tarafından kontrol edildiğinin bir göstergesidir. En yüksek TİN derişimi Şubat ayında yüzey sularında görülür. İlkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde dibe yakın sularda çözülmüş inorganik azot (ÇİN) derişimi çok az oranda artmıştır (Şekil 4.9a-d). Kış ayında artan nitrit değerleri nütriklin tabakasında yüksek biyo-kimyasal aktivitenin olduğuna işaret eder. Tüm mevsimlerde su kolonunda çok düşük PO_4 değerleri

gözlenmektedir, en yüksek PO₄ değeri 22 nolu istasyonda kış sezonunda 10m'de 0.11 µM olarak bulunmuştur (Şekil 4.9a).

Yaz ve sonbahar boyunca ÇO değerleri 6.5-8.7 mg/L seviyesinde iken kış-ilkbahar döneminde tatlı su girişleri iyi karışmış su kolonunda yüksek ÇO değerlerine (7.5-9.6 mg/L) neden olmuştur.

Körfez yüzey sularında en yüksek Chl-a değerleri Berdan nehri ağız ile Mersin kenti arasında kalan kıyısız bölge sularında 0.68-2.61 µg/L aralığında ölçülmüştür. Aşırı karasal girdinin olduğu Şubat 2010 döneminde Chl-a değerleri 2.8 µg/L seviyesine kadar yükselmiştir.

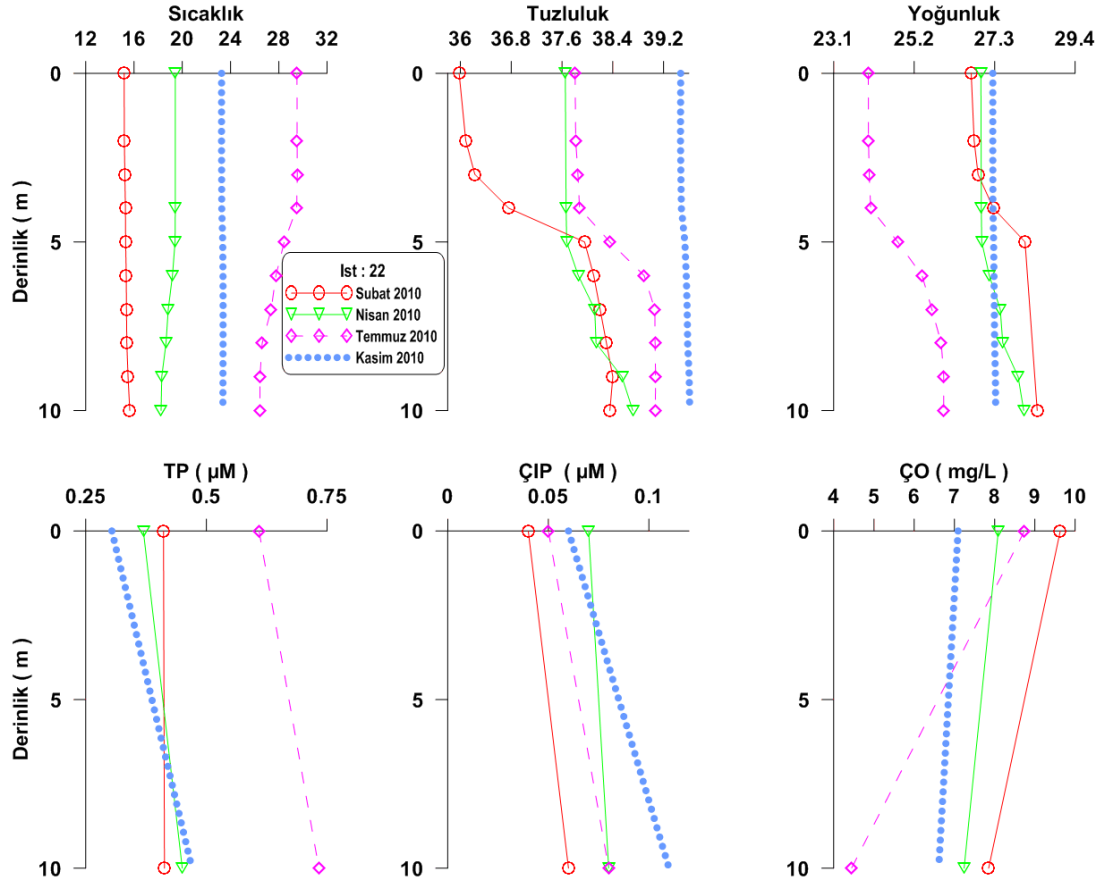
Chl-a derişimi açık sularda 0.02 µg/L seviyesine düşmekte ve öfotik tabaka içinde derinlikle belirgin değişim göstermemektedir. Derinliğin düşük olduğu sığ sularda tabana kadar Chl-a dağılımı gözlenmesinden, fotosentez için yeterli ışığın tabana kadar ulaşabildiği anlaşılmaktadır (Şekil 4.9e). Karasal kaynaklı girdiler yüzünden Chl-a kıyı sularda açık sulara göre 10 kat artış gösterir.

Yüzey suyu dağılımları incelendiğinde, en yüksek değerler doğrudan dere etkisinde kalan kıyı sularında görülmektedir. Kış döneminde elde edilen POC derişimleri kıyı sularda 29.3-31.9 µM aralığında olup, açık sularda azalarak 4.31-5.02 µM derişimine düşmektedir. Kıyı sularda bulunan yüksek sonuçlar bu alandaki yüksek besin tuzları ve Chl-a değerleri ile uyumludur. Kirliliğin azaldığı orta ve açık sularda POC değerlerinde çok belirgin düşüş olur. PON değerleri kıyı sularda 3.23-3.90 µM aralığında iken açık istasyonda bu değer 0.56-0.57 µM seviyesine kadar düşmektedir (Şekil 4.10a).

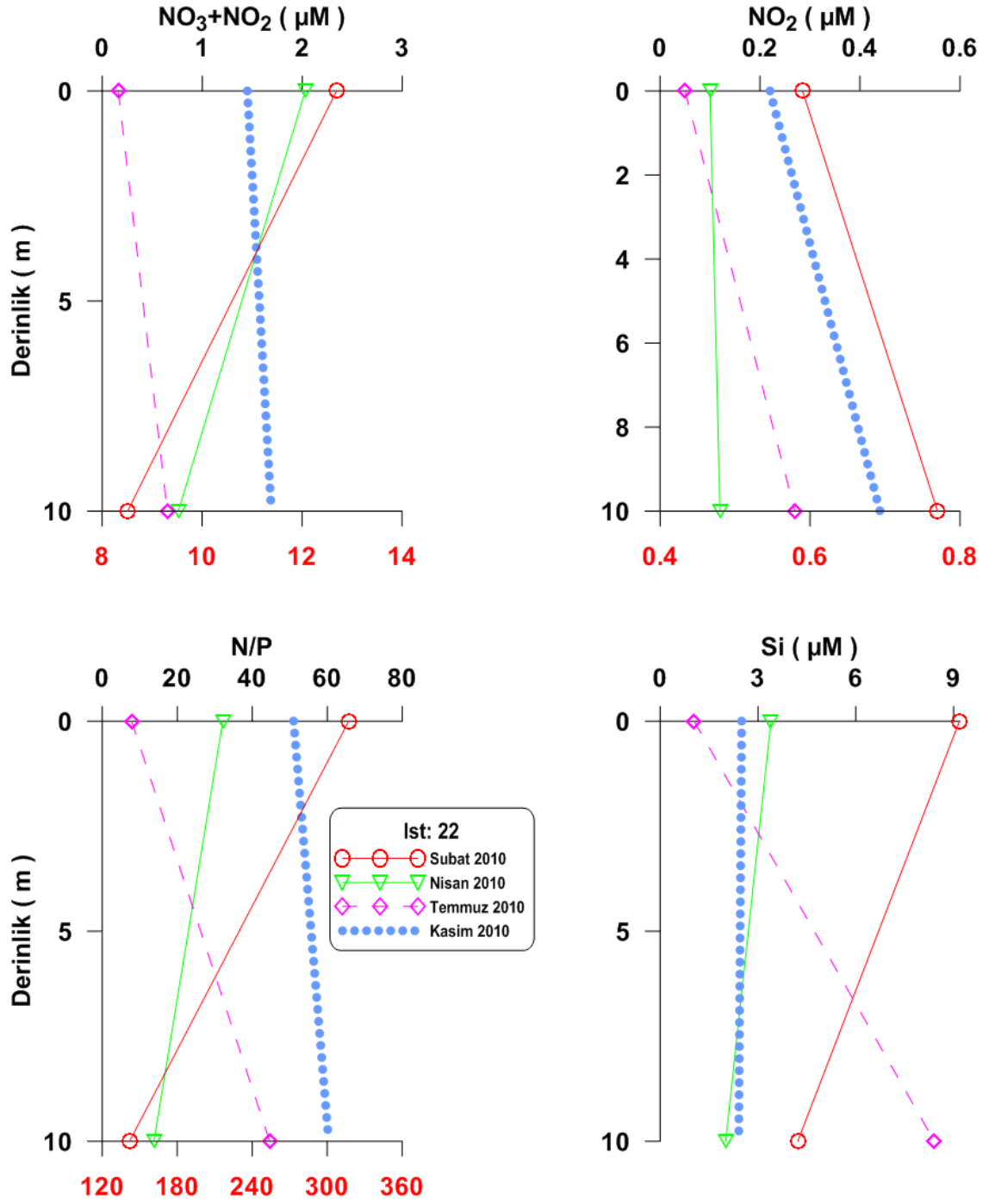
Farklı sıcaklık ve düşey karışım koşullarında körfezdeki su kalitesi değişimini izlemek, kıyı-açık su değişimi ve buna bağlı olarak kıyı sulardaki ötrofik koşulların değişim seviyesini anlamak için farklı mevsimlerde örneklemeler yapılmıştır.

Mersin Körfezi genel hidrografik yapı incelendiğinde; kışın ve erken bahar aylarında en soğuk seviyelere ulaşan körfez suları, nisan ayları itibariyle ısınmaya başlayıp en sıcak seviyelerine ağustos ayında ulaşmaktadır. Bu ısınma havanın soğumasına bağlı olarak sonbaharda azalmaktadır; ekim ve kasım aylarında geçiş dönemi yaşayan körfez suları kış aylarında en soğuk seviyelerine ulaşmaktadır. Özellikle yaz aylarında yüzey sularında kıyıda açığa gözlenen sıcaklık düşüşü ekim ayından itibaren tersine dönmektedir. Yüzey suyu tuzluluk değerleri nehir girdilerine bağlı olarak kıyıda açığa doğru değişim gösterir.

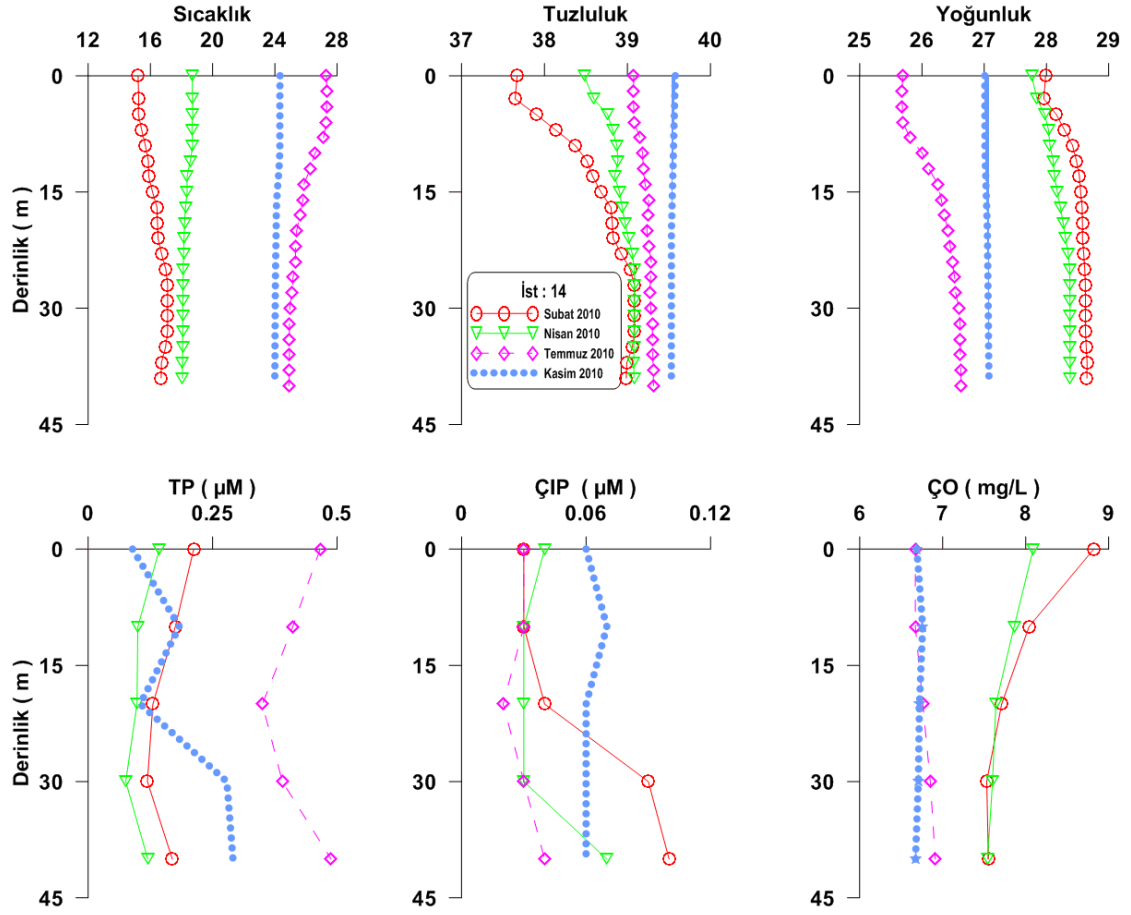
Soğuk kış aylarında su kolonundaki karışım belirgin seviyelerde olup, nisan ayından itibaren tabakalaşmaya başlamaktadır. Temmuz ayında en yüksek seviyelere ulaşan tabakalaşma, kasım ayında da gözlenmektedir. Oligotrofik sularda üretime katkısından dolayı çok önemli olan kış karışımı Mersin Körfezi için de büyük önem taşımaktadır.



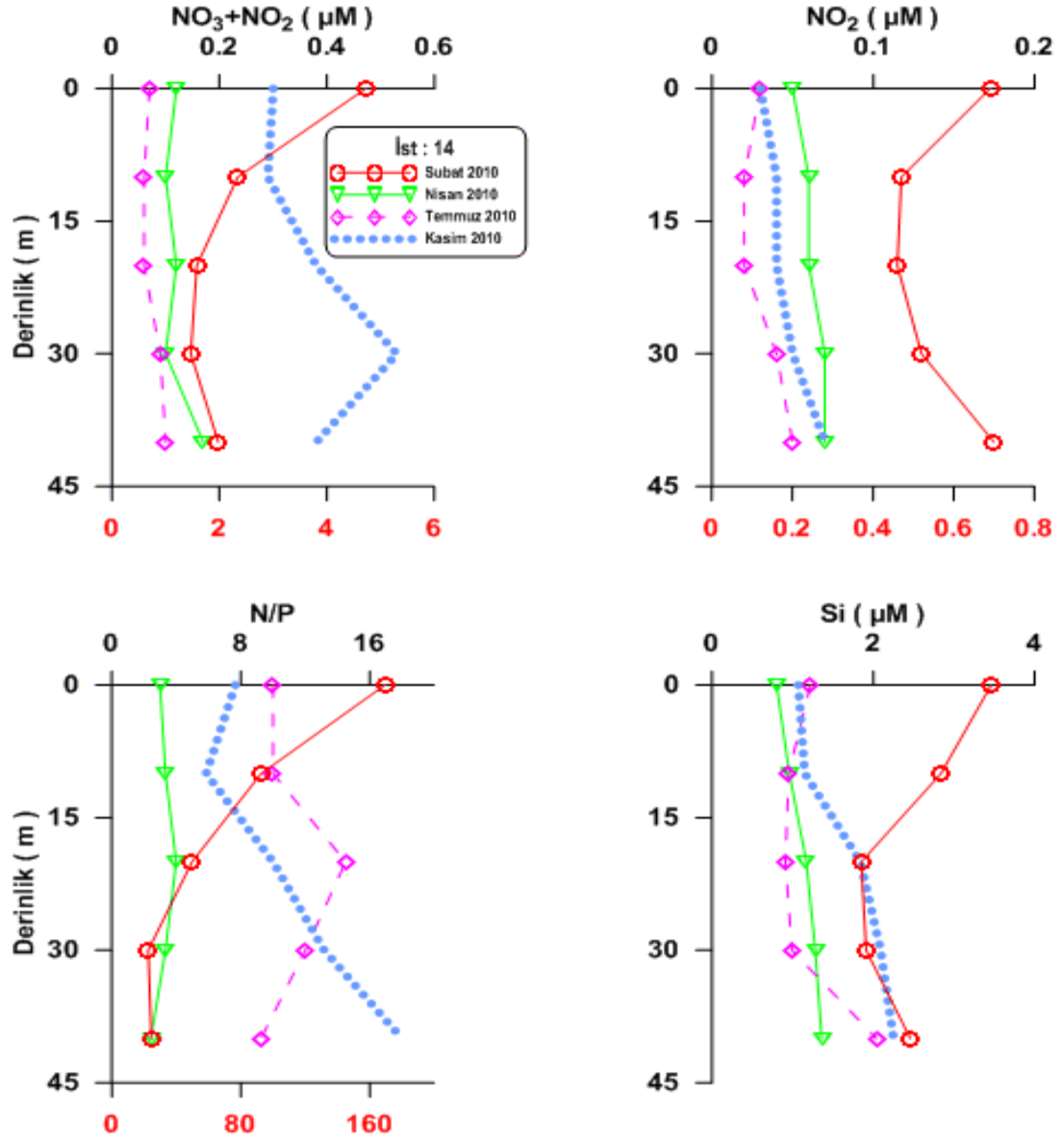
Şekil 4.9a. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (22 nolu kıyı istasyon)



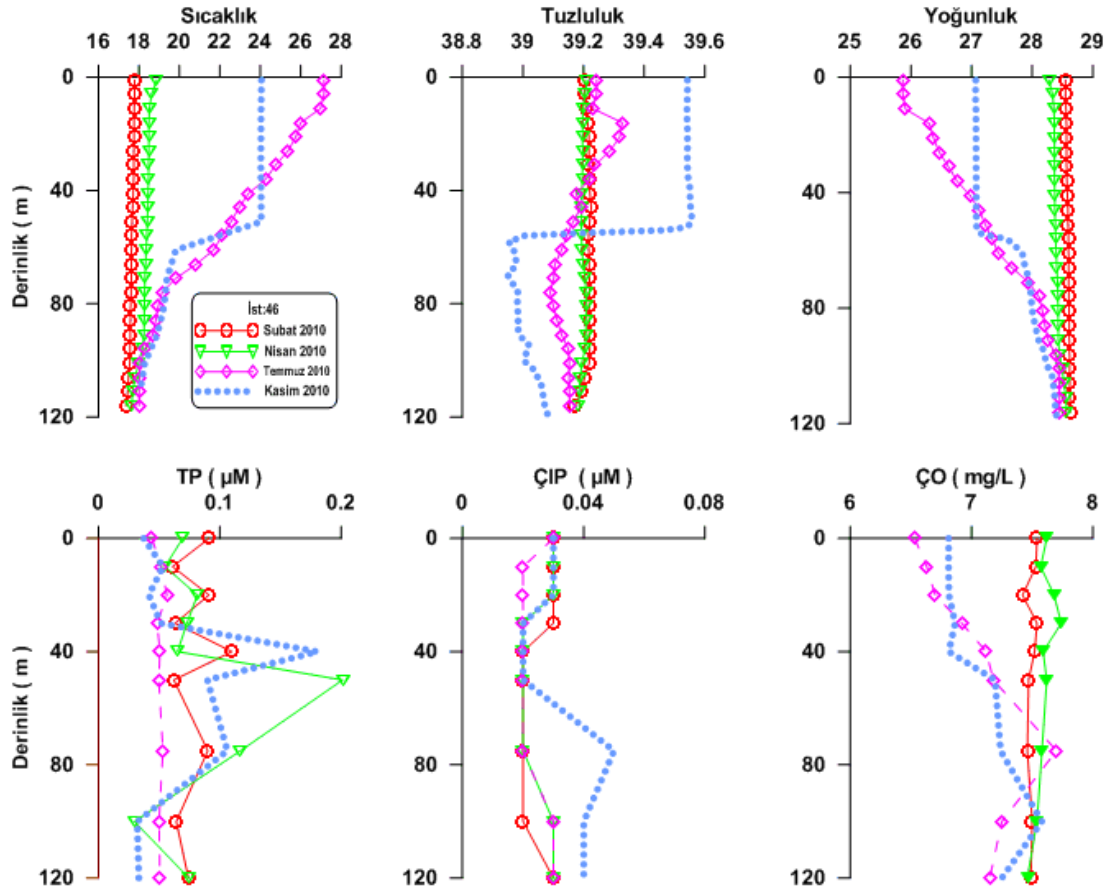
Şekil 4.9a devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (22 nolu kıyı istasyon)



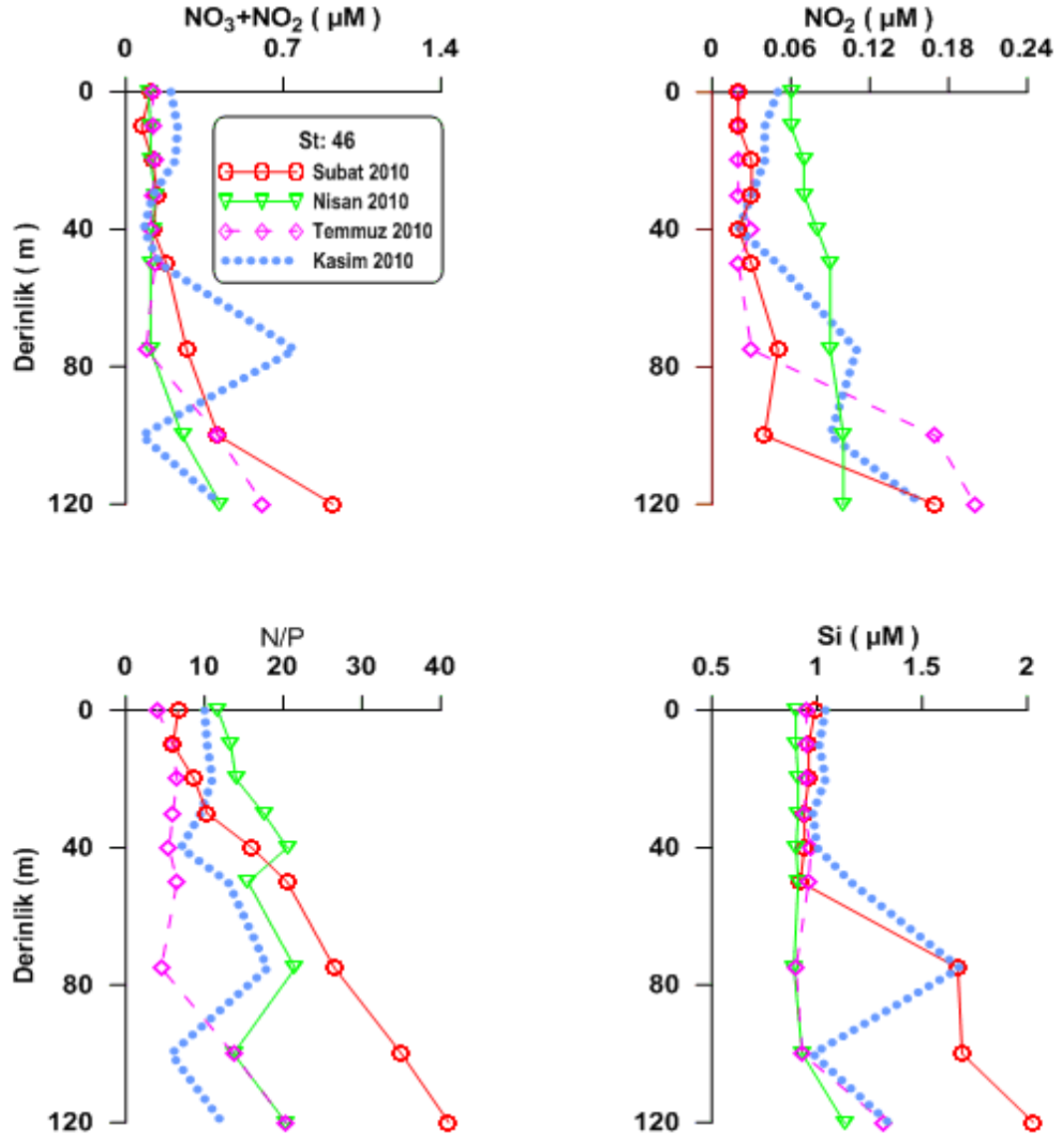
Şekil 4.9b. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (14 nolu orta istasyon)



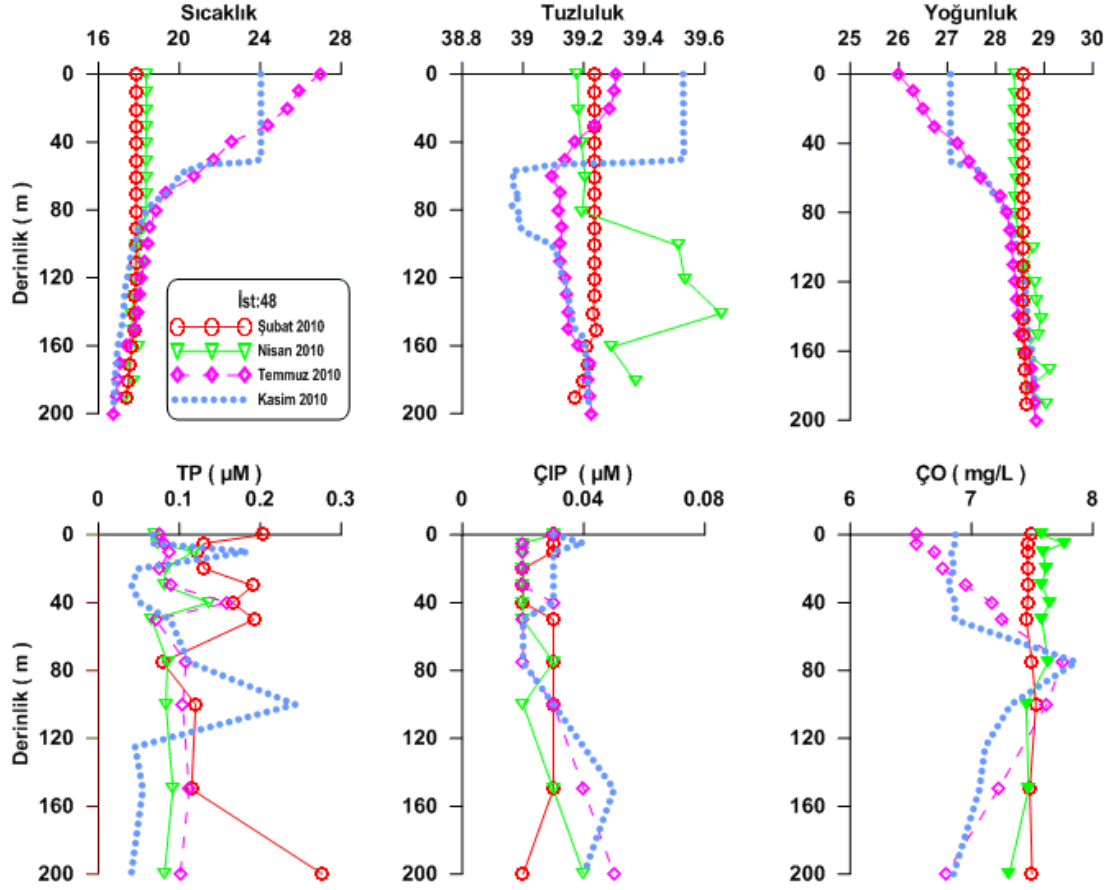
Şekil 4.9b devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (14 nolu orta istasyon)



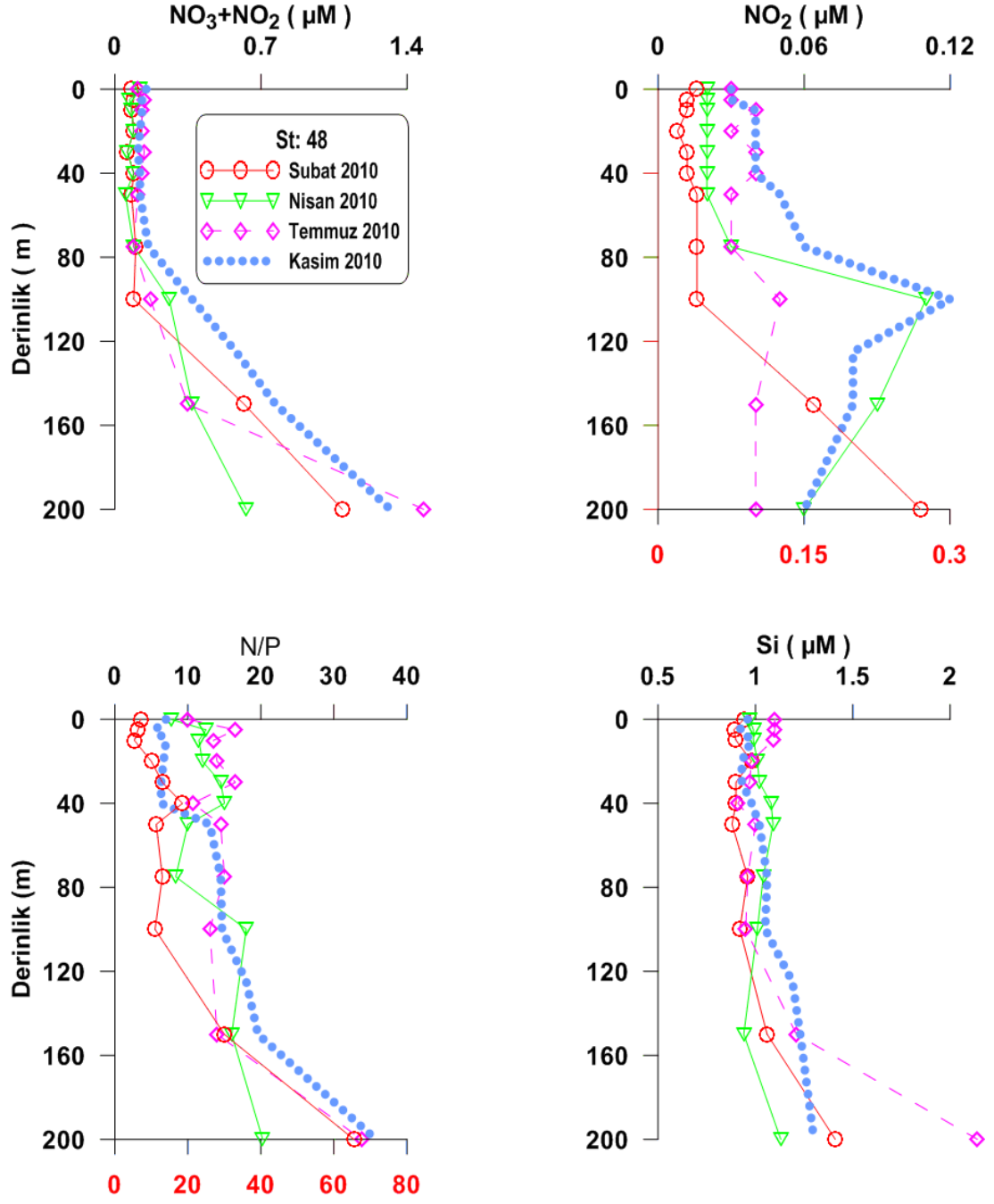
Şekil 4.9c. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (46 nolu istasyon)



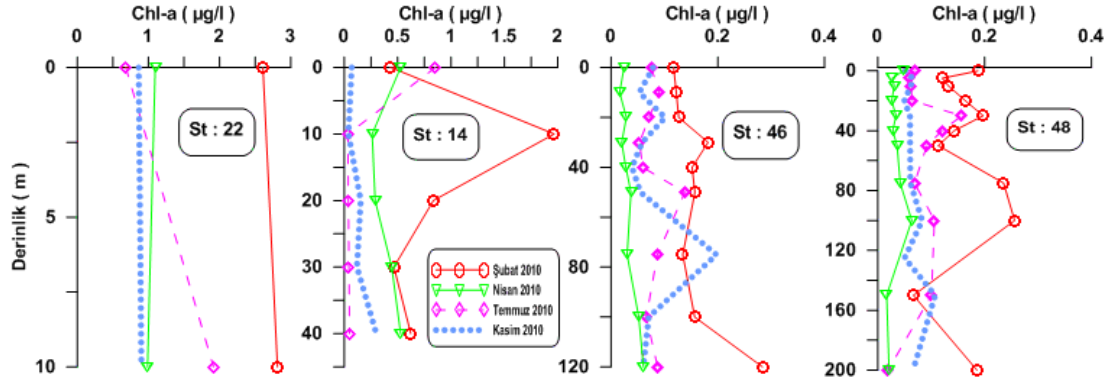
Şekil 4.9c devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (46 nolu istasyon)



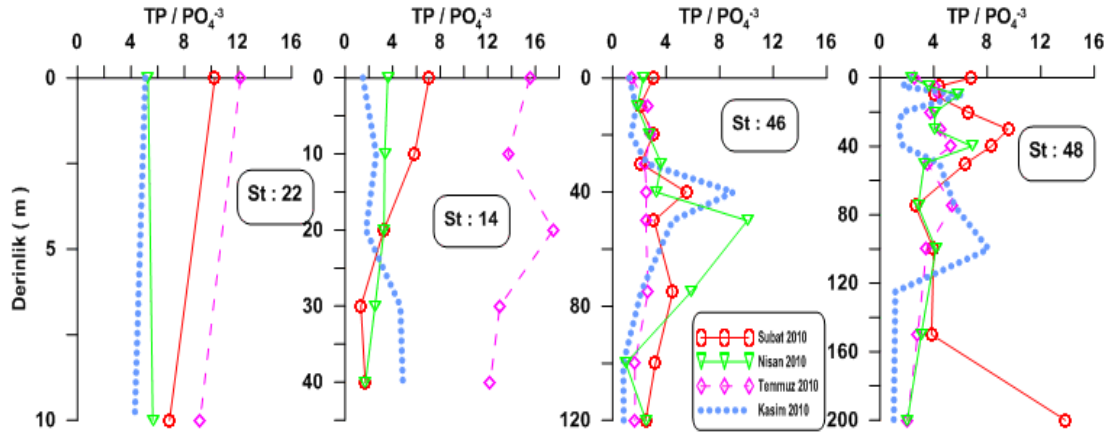
Şekil 4.9d. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (48 nolu açık istasyon)



Şekil 4.9d devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (48 nolu açık istasyon)



Şekil 4.9e. Chl-a'nın derinlik profilleri



Şekil 4.9f. Biyokimyasal parametre oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon)

4.3. PARTİKÜL MADDE DEĞİŞİMLERİ

Kıyı bölgesinde iyi oksitlenmiş çözünmüş inorganik besin havuzu atmosfer, nehir, biyojeokimyasal süreçler tarafından beslenir. Su kolonu içindeki çözünmüş inorganik besinler ototrofik ve heterotrofik prosesler içinde POM üretmek için kullanılırlar [Redfield vd., 1963; Libes, 1992; Scanlan ve Wilson, 1999; Çoban-Yıldız vd., 2000b, Geider ve La Roche, 2002]. Çökelme hızı yüksek olan POM türleri sediman tabakasına ulaşır ve bir kısmı orada parçalanmadan kalır; sedimanda ve su koloununda ölçülen POM kompozisyonu ve bolluğu yüzey sularındaki POM oluşumu ile yakından ilişkilidir [Benitez-Nelson, 2000; Giani vd., 2003; Durrieu de Madron vd., 2003].

POM kompozisyonu aynı deniz ortamının kıyı ve açık suların doğal ve antropojenik kaynaklara yakınlığına ve baskılarına bağlı olarak farklılık gösterebilir [Kress vd., 2005]. Körfez içinde Mersin önünde kıyından açığa doğru ve kıyı boyunca kuzey güney yönünde, körfezdeki farklı su kütlelerinin biyokimyasal özelliklerinin zaman-mekan ölçekli değişimlerini belirlemek için, partikül madde örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerde partikül organik karbon (POC), partikül organik azot (PON) ve toplam partikül fosfor (TPP) ölçümleri yapılmıştır; elde edilen sonuçlar mevsimsel olarak incelenmiştir (Şekil 4.8a-d). Kıyı, orta ve açık istasyonlardan elde edilen derinlik profilleri Şekil 4.10a-b'de, partikül organik madde oranlarının derinlikle değişimi ise Şekil 4.10c' de verilmiştir.

4.3.1. Partikül Maddenin Yüzey Dağılımı

Körfezin sığ kıyı sularında 40-50 μM seviyesine ulaşan POC değerleri ölçülmüştür ve sulardaki yüksek besin tuzları ve Chl-a değerleri ile uyumludur (Şekil 4.10a). Genel yüzey dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.8a-d); Mersin Körfezi kıyı yüzey sularını besleyen nehir girdileri, kentsel atıklar ve karışımla dipten taşınan besin tuzları sayesinde POC ve Chl-a derişimleri kıyısal alanda yüksektir; plankton kaynaklı POM bolluğunun olduğu ortamda daha fazla miktarda bakteri ve zooplankton biyokütlesi oluşumu ve birikimi için uygun koşullar oluşmuştur.

Kirliliğin azaldığı orta ve açık sularda POC değerleri düşüş göstermiştir. Orta körfezde 5-30 μM seviyesine azalan POC derişimleri, dış körfez sularında 2-5 μM seviyesine kadar düşmüştür. POC değerleri çok fazla bölgesel ve mevsimsel değişimler göstermiştir (Şekil 4.8a-d).

TPP değerleri kıyı sularda 0.2-0.4 μM açık sularda ise 10 kata kadar azalış göstererek 0.02-0.04 μM değerine düşmüştür. POC, PON ve TPP değerlerinde açıktan kıyıya doğru 20 kata varan bölgesel artışlar olmaktadır. Bu değişimin derecesi karasal kaynaklı besin tuzları yükü ile yakından ilişkilidir.

4.3.2. Partikül Maddenin Mevsimsel Değişimleri

Kış döneminde, yüzey POC değerleri kıyı sularda 40 μM 'a ulaşırken açık sularda 4 μM seviyesine kadar düşmüştür. PON değerleri kıyı sularda 3.90 μM açık sularda ise 0.4 μM seviyesindedir (Şekil 4.8a). TPP değerleri ise kıyı sularda 0.22 μM iken açık sularda 0.02 μM değerine kadar düşmüştür. Nehir debilerinin yüksek olduğu kış döneminde daha fazla partikül madde değeri gözlenmiştir.

İlkbahar döneminde yüzey sularında POC değerleri açık sularda 4.8 μM iken karasal kirleticilerin etkisindeki 33 nolu kıyı istasyonda 47.9 μM değerine ulaşmıştır. PON değerleri kıyı sularda 6.85 μM açık sularda ise 0.6 μM değerine kadar düşerken TPP değerleri 33 nolu kıyı sularda 0.35 μM , açık sularda ise 0.022 μM değerine düşmüştür (Şekil 4.8b).

Yaz döneminde yüzey sularında POC değerleri açık sularda 4.3 μM iken 22 nolu kıyı istasyonda yaz döneminde 25.2 μM değerine ulaşmıştır. PON değerleri kıyı sularda 4.0 μM açık sularda ise 0.4 μM değerine kadar düşerken, (Şekil 4.8c) TPP değerleri 22 nolu kıyı istasyonda 0.29 μM olarak bulunmuş, açık sularda ise kış ve ilkbahar dönemindeki gibi 0.024 μM değerine düşmüştür.

Sonbahar döneminde yüzey sularında POC değerleri açık sularda 3.4 μM iken 33 nolu kıyı istasyonda 28.7 μM değerine ulaşmıştır (Şekil 4.8d). PON değerleri

kıyı sularda 3.8 μM açık sularda ise 0.4 μM değerine düşerken (Şekil 4.8d), TPP değerleri 34 nolu kıyı istasyonda 0.18 μM olarak bulunmuş, açık sularda ise kış ve ilkbahar dönemindeki gibi 0.017 değerine düşmüştür (Şekil 4.8d).

4.3.3. Su Kolonunda Partikül Maddenin Değişimi

POC derişimi kıyı sularda üst su kolonunda 10.9- 40.0 μM aralığında iken 10 m derinlikte 9.7-30.0 μM aralığında değişmiştir. Orta derinlik istasyonunda (40-45 m) üst su kolonunda yüksek olan POC derişimleri (7.5-26.6 μM) derinlere doğru 7.3-11.1 μM seviyesine düşmüştür. Açık su istasyonunda ise yüzeyde 2.3-4.7 μM olan POC derişimi öfotik tabakada 6.7 μM seviyesine çıkmıştır. Dip sularda ise 3.4-4.0 μM aralığında değişmiştir (Şekil 4.10a).

PON derişimi kıyı sularda yüzeyde 1.53-4.65 μM olup 10 m derinlikte 0.9-3.8 μM aralığında değişmiştir. Orta su istasyonunda ise POC derişimlerine benzer şekilde üst su kolonunda yüksek olan PON derişimi (0.79-2.52 μM) alt su derinliğinde 0.91-1.15 μM seviyesine azalmıştır. Açık su istasyonunda yüzeyde 0.29-0.65 μM olan PON derişimi alt derinliklerde 0.3-0.6 μM 'dır (Şekil 4.10a).

TPP derişimlerinin çok ve az üretken mevsimlerdeki değişimleri olarak ayrı ayrı ele alınmış ve Şekil 4.10b'de gösterilmiştir. Nisan 2009 döneminde kıyı sularda TPP değeri \sim 0.4 μM 'ya ulaşılırken; en düşük TPP değerleri (<0.02 μM) açık sularda Kasım 2010 döneminde ölçülmüştür. Çok üretken kış ilkbahar dönemlerinde TPP derişimi kıyı sularda 0.2-0.4 μM aralığında; açık sularda ise 0.006-0.052 μM aralığında değişmiştir. Birincil üretimin azaldığı yaz-sonbahar döneminde ise TPP derişimi kıyı sularda 0.06-0.34 μM açık sularda ise 0.007-0.008 μM seviyesine düşmüştür (Şekil 4.10b). Kıyıdan açığa doğru POM derişimlerinde 20 kata varan azalmalar gözlenmiştir ve besin elementleri değişimleri ile uyumludur.

Derin dip sularında, POC yüzeyde zengin olduğu ve klorofil-a ile önemli derecede bağlantılı olduğu için asıl olarak biyolojik üretimlerden elde edildiği görülür [Hung vd., 2007].

Aynı bölgede daha önce yapılan POC ölçümlerinde Kasım 2005'te Kilikya yüzey suyunda POC derişimi 1.28-13.6 μM aralığında değişmiştir. En yüksek POC değerleri Mersin Körfezi'nde kıyıya yakın istasyonda ölçülmüştür. Mersin Körfezi batısında 2002-2003 döneminde yapılmış olan çalışmada kıyı yüzey suyunda kış-ilkbahar döneminde POC derişimi 20-114 μM , PON derişimi 4-10.0 μM ve TPP derişimi ise 0.06-0.153 μM aralığında bulunmuştur. Kurak yaz-sonbahar döneminde benzer olarak düşük ölçülmüştür; POC derişimi 2.5-10 μM aralığında, PON derişimi 0.4-1.0 μM ve TPP derişimi 0.026-0.04 μM aralığında değişmiştir. Kıyıdan açığa doğru gittikçe (~100m) yüzey sularında POM derişimleri azalmış; POC, PON ve TPP derişimleri mevsimsel olarak sırasıyla 1.40-24.41 μM , 0.16-1.85 μM ve 0.013-0.072 μM aralığında değişim göstermiştir [Doğan-Sağlamtimur, 2004].

Daha önce yapılan körfez ve Kilikya baseni ölçümlerinde POC düzey dağılımı genellikle yüzeyde yüksek ölçümlü; öfotik tabakada 0.4-1.8 μM aralığında değişmiştir. Kış döneminde üst tabaka su kolonunda homojen dağılımlı POC değerleri ölçülmüştür [Uysal vd., 2008]. Mersin Körfezinde 2002-2003 döneminde açık su kolonunda yapılmış olan çalışmada POC derişimi 1.0-20.5 μM , PON derişimi 0.11-1.83 μM ve TPP derişimi ise 0.007-0.065 μM aralığında değişmiştir [Doğan-Sağlamtimur, 2004]. Ancak, sudaki çökelme hızı düşük POM ölçüm sonuçları ile klorofil-a ölçümleri arasında yakın ilişki gözlenememiştir [Uysal vd., 2008]. Benzer sonuçlar Doğu Akdeniz açık sularında geçmiş yıllarda yapılan POM analizlerinde elde edilmiş, upwelling bölgesi ve klorofil maksimum derinliği dışındaki bölge ve derinliklerde POM ile klorofil-a (fitoplankton biyo-kütle göstergesi) arasında yakın ilişki bulunmamıştır (Ediger vd., 1999; 2005; Çoban-Yıldız vd., 2000a; Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004; Tuğrul vd., 2005).

4.3.4. Partikül Maddenin C/N/P Oranları

Besin elementleri girdilerinin yeterli olduğu mezotrofik-ötrofik özelliklere sahip yüzey sularındaki POM'da, C/N oranları 5-7 arasında değişmektedir ve okyanus sistemi için hesaplanan klasik Redfield-Richards oranına çok yakındır (C/N=6.7). Çökelme hızı düşük POM kompozisyonunda düşük C/N oranı bulunması

ortamdaki POM dağılımının fitoplankton popülasyonu ile yakından ilişkili olduğunu işaret eder. Mersin körfezinde yapılan POC, PON ölçümlerinden hesaplanan C/N oranları bölgesel ve mevsimsel olarak 7-10 aralığında değişmiştir. Yağışlı dönemlerde kıyı sularda daha yüksek C/N oranı, karbon içeriği göreceli yüksek karasal kaynaklı POM girdisinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.10c). Nehircil kaynakların taşıdığı POM kompozisyonu 15-400 aralığında değişebilen yüksek C/N oranları göstermektedir [Suratman vd., 2009].

Yaz döneminde kıyı sularında 7.3-10.5 aralığında olan C/N oranları açık sularda (>40 m) 7.8-10 seviyesindedir ve Redfield oranına yakındır. Sonbahar döneminde görülen düşük oranlar POM havuzuna karasal girdilerin girişinin sınırlı olduğuna ve ortamdaki POM üretiminin normal (yaklaşık 7) C/N oranı ile sentezlendiğine işaret eder. Kıyı sularda yüksek C/N değerleri karasal organik maddelerin ya da vasküler bitki atıkları gibi organik karbon bakımından zengin nehir kaynaklı partikül organik maddelerin girişi yüzünden olabilir. Nehir sularının taşıdığı POM girdilerin katkısı dikkate alındığında; körfez sularında sentezlenen POM kompozisyonunda belirgin azot eksikliği veya yıkımı gözlenmemiştir. PON'daki bölgesel ve mevsimsel değişimler POC ile çok uyumludur ve bu uyum hesaplanan C/N oranının çok az değişken olmasını sağlamıştır (Şekil 4.10c). Sonuç olarak, körfez POM özellikleri, nehir etkisi altındaki kıyı sularında yüksek birincil üretimin gözlendiği POM kompozisyonu ile benzerdir ve kısmen yüksek C/N oranları bulunmuştur [Giani vd., 1999; Giani vd., 2003]. Bu oran, kıyı sularda fotosentez ürünü POM'un içindeki katkısının artması (yüksek klorofil derişimi ölçülmesi) ile azalma eğilimi göstermiş ve klasik Redfield oranına yaklaşan oranlar bulunmuştur.

Ediger [1995], Doğu Akdeniz açık sularında partikül maddedeki C/N, C/P ve N/P oranlarını farklı kış koşullarında, ışıklı tabakada incelemiştir. Tabakalaşmanın görüldüğü yaz aylarında maksimum partikül organik madde derişimi derin klorofil maksimumunda yüksek, C/N oranı düşük bulunmuştur.

Sığ sularda, fiziksel karışımların etkin olduğu kış döneminde sediman tabakasından organik madde girişi olduğu, dip sularda yüksek POM ve organik N, P

bileşikleri ölçülmesinden anlaşılmaktadır [Giani vd., 2003]. Durağan/tabakalaşmış sediman-su etkileşiminin zayıf olduğu su kolonunda yaz-sonbahar döneminde partikül-P bağlarının daha kolay remineralizasyonu sonucu filtre üzerinde toplanan POM örneklerinde TPP derişimi göreceli azalmış ve Redfield oranından daha yüksek Corg/P ve N/P oranları bulunmuştur [Giani vd., 2001, Giani vd., 2003].

Körfezin açık sularında sestonun (POM) POC/PON ve POC/PP oranları çoğunlukla Redfield oranından daha büyüktür (Şekil 4.10c). Kıyıya yakın ve açık sularda tüm sestonun derinliğe bağlı olarak alınmış POC/PON oranları yıl boyunca hemen hemen sabittir. Bu bulgular kıyı sularda öfotik zondaki POC/PON oranlarının neredeyse sabit ama ilkbaharda küçük oranlarda arttığını göstermektedir (Şekil 4.10c) [Çoban-Yıldız vd., 2000a].

PON/TPP oranları hem nehir girişinin hem de sedimanların asılı kalması yüzünden partikül fosforun artmasının sonucu olarak genellikle kış döneminde azalma göstermiştir (Şekil 4.10c). TPP'yi oluşturan partikül, organik ve inorganik-P bileşenlerinden inorganik-P'nin POM bileşenine kıyasla selektif çökmesi sonucu PON/TPP oranı yaz-sonbahar döneminde karasal baskıların altındaki kıyı ve körfez sularında artış gösterir. Mersin Körfezi açık sularında partikül fosforun sonbahar-yaz dönemlerinde göreceli düşük olması sonucu; PON/TPP oranı 10-50 aralığında bulunmuştur (Şekil 4.10c). Kış-ilkbahar döneminde yüksek PON/TPP oranları 26-46 aralığında değişmiştir.

Kasım ayında PON/PP derişiminde orta istasyonda yüzey sularında görülen düşük oranlar, çökme hızı düşük, P içeriği yüksek atmosferik tozlarının toplam POM havuzunu etkilemesi ve filtre örneklerinin PON/PP oranlarını azaltmış olmasından ileri gelebilir (Şekil 4.10c).

Körfezin açık suları öfotik zonundaki POM artışlarının olduğu dönemde (Şekil 4.10a-b) daha düşük N/P oranlarının bulunması Kuzeydoğu Akdeniz'in POM havuzunda planktonik orjinli kompozisyonu, Redfield oranına yakın POM'un

katkısının belirgin olduğunu işaret eder ve körfezin batı bölgesinde yapılan ölçümler ve oranlarla uyumludur [Doğan-Sağlamtimur, 2007].

Kısaca vurgulamak gerekirse; POM kompozisyonunda düşük C/N oranı fakat yüksek N/P oranı bulunması, nehir ve yağmur sularının bölgeyi yüksek N/P molar oranı ile beslemesi, Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığı sularında biyokimyasal olarak reaktif fosfat iyonlarının fotosentez kaynaklı POM üretimi için sınırlayıcı besin elementi olduğunu işaret eder ve biyodeny sonuçları bu görüşü desteklenmektedir (Tuğrul vd., 2004).

4.3.5. Partikül Maddenin POC/Chl-a Oranları

POC-Chl-a regresyon analizi eğiminden hesaplanan POC/Chl-a oranları, Kuzeydoğu Akdeniz'de çoğunlukla 45-300 aralığındadır; öfotik tabakanın tabanına yakın ve zayıf ışık alan kesiminde POC artışının ve bu sulardaki düşük oranın ortamda üretilen alg biyokütlesince belirlendiğini işaret eder. [Çoban-Yıldız vd., 2000a].

POC/Chl-a değerleri tüm mevsimler için incelenerek gösterilmiştir (Şekil 4.10d). Regresyon analizlerinden hesaplanan POC/Chl-a oranları kış-ilkbahar döneminde 80, daha az üretken yaz-sonbahar döneminde 310 seviyesine yükselmiştir. Bu regresyon eğiminin (POC/Chl-a oranı) yaz-sonbahar döneminde yüksek olması klorofil-a'ya göre POC değerlerinin daha yüksek olmasındandır ve artışın klorofil (canlı alg hücresi) artışına yakından bağlı olmamasının sonucudur.

Ancak her örnek için hesaplanan t-POC/Chl-a oranları, üretimin arttığı ve canlı-POC derişiminin toplam POC içinde katkısının arttığı dönemlerde kıyusal bölgelerde nehir sularının taşıdığı karasal kaynaklı POC nedeniyle yüksektir. Kıyı bölgelerde bulunan yüksek POC/Chl-a değerleri karasal girdinin ve heteretrofik aktivitenin POC derişimini artırdığının göstergesidir. Açık sularda düşük üretim ve düşük klorofil-a dönemlerinde hesaplanan yüksek POC/Chl-a değerleri, gerek yaz-sonbahar döneminde alg-C/Chl-a oranının artması gerekse heteretrofik aktivitenin

klorofilli planktonik canlılar üzerindeki aşırı baskısından ve suda ölü partikül madde fazlalığından kaynaklanabilir.

POM artışı ile birincil üretim arasındaki bağlantı, değişik denizlerde ilkbahar, yaz ve sonbaharda POC ile Chl-a değişimlerinin güçlü korelasyonu gösterilmiştir. Suratman vd. [2009], ÇOC, POC ve klorofil-a'nın sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarında pozitif korelasyon gösterirken, kış ayında negatif korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonbahar ve ilkbaharda daha yüksek ortalama POC derişimlerine sahip Chl-a, Kuzey Denizi'nde yapılan diğer çalışmalarla uyum içerisinde [Saliot vd., 2005; Van der Zee ve Chou, 2005]. Kışın sıklıkla POC değeri yazı göre daha yüksektir ve bu büyük bir olasılıkla kış karışımına bağlı olarak asılı halde POC bakımından zengin sedimanların varlığı yüzündendir [Basford vd.,1993; Suratman vd., 2009].

Chl-a ve POC arasındaki ilişki, incelenen bölgede diyatomların baskın grup olduğu yüksek deşarjlar esnasında daha da belirginleşirken diğer fitoplankton gruplarının önemli oranda arttığı düşük deşarj dönemlerinde bu ilişkinin zayıflaması, diyatomların önemine işaret etmektedir [Wysocki vd., 2006].

Tabakalaşmanın olduğu yaz-sonbahar mevsimlerinde görülen yüksek POC/Chl-a oranları, birincil üretimin yenilenen besin tuzlarına bağlı olarak gerçekleştiğini ve besin tuzlarınca fakir ışıklı tabakada ölü parçacıkların baskın olduğunu işaret eder. Mersin Körfezinde yapılan çalışmada kıyı bölgesinde yaz ayları dışında kalan mevsimlerde su kolonunda diyatomun baskın grup olduğu fitoplankton boyar madde ölçüm sonuçlarından bulunmuştur [TÜBİTAK-SINHA proje raporu, 2011].

Örnekleme dönemleri arasındaki besin elementleri koşullarındaki ve tür bileşenlerindeki farklılıklar POC/Chl-a oranlarını etkileyebilir. C/Chl-a oranı 20-200 arasında değiştiği zaman Chl-a derişiminin herbivor kopepodların tüketim hızı ile ilgili olduğu görünür [Cullen and Eppley, 1981]. Toplam alg biyokütlesindeki diyatomların C hücre miktarı diğer mikroalglerden daha büyüktür. Açık istasyon için

fito-C'nun Chl-a oranı (58) kıyı istasyon için hesaplanandan (29) daha büyüktür, bu değerler sağlıklı popülasyon büyümesine işaret etmektedir [Yılmaz, 2006].

Yaz-sonbahar döneminde POC/Chl-a oranındaki artışlar henüz çökme olayı gerçekleşmemiş ve çökme hızı düşük asılı POC yüzünden olabilir (Şekil 4.10d). Derin klorofil maksimumdaki (DCM) ortalama C/Chl oranları Kuzey Levantin Baseni'nin üst ve alt katmanlarında gözlemlenenlerden önemli seviyede düşüktür. Eğer klorofil maksimumun üzerindeki fitoplankton ışıkca doymuş ve muhtemelen besin kısıtlılığı yaşıyorsa C/Chl-a oranı yükselecek ve fitoplankton biyokütlesini temsil etmeyecektir. DCM'de düşük oran bulunması; bu tabakanın ölü POM bakımından fakirliğine, yüksek rejenerasyon hızı ve zayıf ışık şiddeti ve yeterli besin ortamında düşük alg-C/Chl-a oranının varlığına işaret eder [Ediger, 1995]. Heteretrofik bakteriler su kolonunda ve sedimandaki besin tuzu döngüsünün merkezinde yer almaktadır [Azam vd., 1983; Caron vd., 1988) ve oligotrofik deniz ortamlarında canlı biyomasının büyük kısmını oluşturmaktadırlar [Cho ve Azam, 1990; Gasol vd., 1997]. Bütün dönemler göz önüne alındığında yüksek besin tuzu ve organik madde içeriğine sahip olan alanlarda heterotrofik bakteriler yüksek bolluk ve biyokütle değerlerine ulaşmışlardır [TÜBİTAK-SINHA proje raporu, 2011].

4.3.6. Kıta Sahanlığı Sularında Partikül Fosfor Bileşenlerinin (organik/inorganik) Türlerinin Değişimi

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri; partikül fosforun Kuzeydoğu Akdeniz sahanlık ekosistemine katkısını belirlemektir. Bu amaçla 2008-2010 döneminde saha sularında P bileşenleri zamansal ve bölgesel olarak incelenmiş ve partikül P'nin toplam fosfor havuzuna katkısı belirlenmiştir.

Nehirler, kıyı sularda P'un ana kaynağı iken [Turner vd., 2003] fizikokimyasal ve biyojeokimyasal işlemlerin kilit nokta olduğu haliçlerde nehirlerden denize besin elementlerinin geçişi P'un türlerini ve değişimlerini ortaya çıkarır. Carritt ve Goodgal, [1954] Fosfatın tatlı sularda partiküller üzerinde absorplanabileceğini ve deniz suyu ile haliç karışımı boyunca partiküllerden fosfatın

serbest bırakılmasıyla haliçlere geçebildiğini belirtmişlerdir. Sucul ortamda P daha çok fitoplankton ve diğer akuatik mikroorganizmalar tarafından kullanılır [Karl ve Craven, 1980; Björkman ve Karl, 1994]. Buna ilaveten, partikül fosfor reaktiftir [Froelich vd., 1982; Ruttenberg ve Sulak, 2011] ve hem organik hem de inorganik fazda çeşitlilik kontrolünde ve sucul ortamda akuatik çevrede P'un biyojeokimyasal davranışında önemli rol oynar [Mayer ve Gloss, 1980; Froelich, 1988; Jensen vd.,2006; Lin vd.,2012].

Toplam partikül fosfor (TPP), partikül inorganik fosfor (P_iP) ve partikül organik fosfor (POP) toplamından oluşmaktadır. P_iP derişimi nehir sularının deniz suyuyla karıştığı daha düşük tuzluluktaki yerlerde dinamik sığ sularda artarken, potansiyel kaynakları ya çökelme ya da asılı haldeki sediman yüzüne absorbe olmuş fosfat iyonlarının su fazına geçmesidir [Lin vd., 2012].

Haliç karışımı boyunca farklı P türlerinin varlığı, dağılımı ve biyojeokimyasal döngüleri önemli bir şekilde çözünmüş, kolloid ve partikül fazlar arasında aktif yer değiştirme/ yeniden bölme, biyolojik alım ve yenilenme yoluyla geçişler ve sedimentasyon, kümelenme, çökelme [Conley vd., 1995; Fang, 2000] gibi fizikokimyasal işlemler yoluyla değişir. Çalışılan alandan elde edilen sonuçlar P'un biyojeokimyasal proseslere karşı fizikokimyasal rolünün önemine işaret etmektedir [Lin vd., 2012].

Toplam çözünmüş fosfor (TÇP), yüzey sularında TP nin ana bileşenidir. Üst tabakada oldukça uzun tutulma zamanına sahip ÇOP, Kuzeydoğu Akdeniz saha sularında TP havuzuna hakimdir [Scanlan ve Wilson, 1999]. Açık suların çözünmüş ve partikül fosfor içeriği su kolonunda çok yüksek derişime sahip değildir. Fosfat bakımından yoksun düşük POM değerine sahip kıyı sularının yaz sonbahar aylarında nitrat ve silikat değerlerindeki artışlar saha boyunca sınırlı organik madde üretimini ve alg biyomasını işaret etmektedir [Eker -Develi, 2004; Yılmaz, 2006].

Çözünmüş organik fosfor, denizlerin öfotik tabakası sularındaki TÇP'nin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir [Doğan-Sağlamtimur, 2008; Lin vd.,

2012]. Kıyı sularda yüksek derişimlerde TPP ve TÇP sözkonusudur; ancak mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir (Şekil 4.10b).

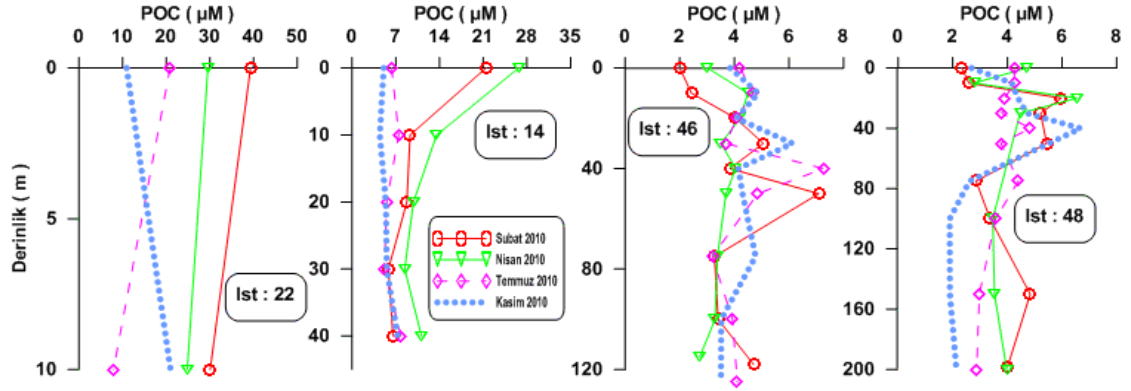
Heterojen doğası ve çökelti-su ara yüzeyine geçişte ve gömülme sırasında ayrışması/bozulması yüzünden, deniz tabanındaki sedimanlar, oksijenli ortamda suya P salınımı zayıf doğal bir kaynaktır. Oksijensiz ortamda ise, demir ve mangan oksitlerin indirgenmesi ile su fazına fosfor salınımı artar. Bu durum kirli kıyısal ortamların su kolonu için potansiyel P kirlilik kaynağı oluşturur [Ruttenberg, 1992].

Bu çalışmada Mersin Körfezi sularında ölçülen toplam fosforun ana bileşenini organik kaynaklı fosfor (partikül+çözünmüş) bileşikleri oluşturmuştur. Ölçüm sonuçlarından hesaplanan oranlara göre; körfez sularındaki TP'nin % 8-40'ini PO₄, geri kalan yaklaşık % 60-90'ını da partikül fosfor (TPP) ve çözünmüş organik fosfor bileşenlerinin toplamı oluşturmuştur. Kirli kıyı sularda TP'ye PO₄ katkısı % 15-35 aralığında değişmiştir. TP'nin azaldığı açık sularda ise % 10-15 seviyesine kadar düşmüş ve TP'nin ana bileşenini (% 70-85) çözünmüş organik fosfor oluşturmuştur. Birincil üretimin ve TP'nin artış gösterdiği dönemlerde ve alanlarda TPP'nin TP içindeki payı da artış göstermiştir. % 20-55 seviyesine kadar yükselmiştir.

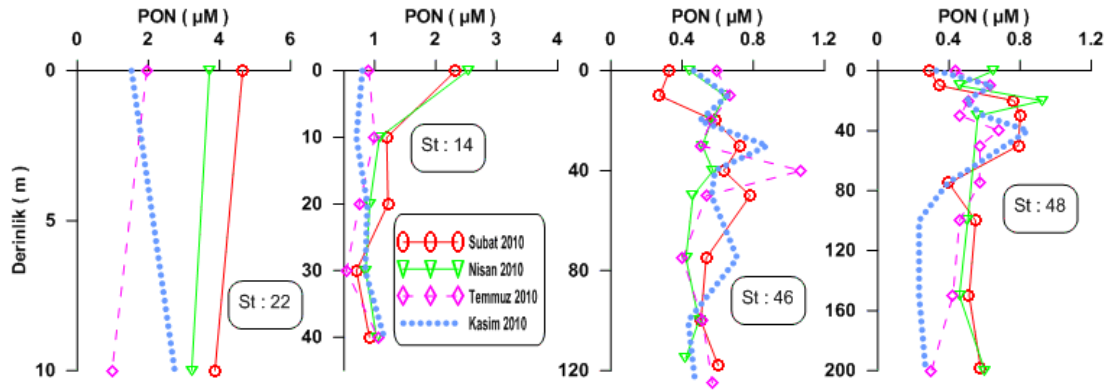
Körfez kıta sahanlığında TPP derişimi, TÇP'den daima daha düşüktür. TPP derişimi ve TP içindeki oranı açık sularda belirgin azalma eğilimi gösterir. Kıyısal bölgede yüksek üretim (kış-ilkbahar) döneminde TP'nin % 35-45'ini, açık zonda ise % 15-38'ine kadar değişen oranını TPP oluşturur. Bu oranlar üretimin düştüğü dönemlerde azalmış ve % 10-25 seviyesinde hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, körfezdeki önceki dönem bulgularıyla oldukça benzerdir [Doğan Sağlamtimur, 2007]. Suzumura ve Ingall, (2004), Pasifik Okyanusunda TPP nin öfotik zonda TP'nin önemsiz bileşeni olduğunu (%3-11) bildirmişlerdir. Sonuç olarak, nehir girişinin sınırlı olduğu derin açık sularda TP havuzunda TÇP hakimdir ve organik kökenli fosfor bileşikleridir.

Eylül 2008- Kasım 2010 döneminde yapmış olduğumuz çalışmada TP'nin büyük bir kısmını oluşturan TÇP'nin TP'e katkısı yüzde olarak belirlenmiştir. Mersin Körfezi kıyı sularında TÇP'nin TP'e katkısı % 40-70 aralığında değişim göstermiştir. Üretimin arttığı kış-ilkbahar döneminde kıyı sularda TÇP'nin TP'e katkısı % 30-60 aralığında değişirken, yaz sonbahar döneminde bu değer % 40-50 aralığında değişmiştir. Mersin Körfezi açık sularında ise TÇP'nin TP'e katkısı % 60-90 seviyesine artmıştır. Kış-ilkbahar döneminde TÇP, TP'nin % 70-90'ını oluştururken, yaz sonbahar döneminde % 60-80'ini oluşturmuştur. Bulunan bu değerler geçmiş senelerde yapılan çalışmalarla uyum içerisinde [Doğan Sağlamtimur, 2007; Suzumura ve Ingall 2004].

Körfezde yüzey tuzluluğunun azaldığı Mayıs- Haziran 2002 döneminde Mersin Körfezi batısında TÇP'nin TP içindeki yüzdesi % 56-68 olarak bulunmuştur [Doğan Sağlamtimur, 2007]. Yüzey tuzluluğu oldukça yüksek olduğunda ise Şubat ve Aralık 2002 döneminde; % 85'den % 91 seviyesine artmış, yaz-sonbahar 2003 döneminde TP'nin % 67'den % 75'ini TÇP oluşturmuştur [Doğan Sağlamtimur, 2007]. Suzumura ve Ingall (2004), Pasifik Okyanusunun oligotrofik yüzey öfotik zonunda TP'nin %70-98 ya da %60-90'luk kısmını TÇP'nin oluşturduğunu varsaymışlardır.

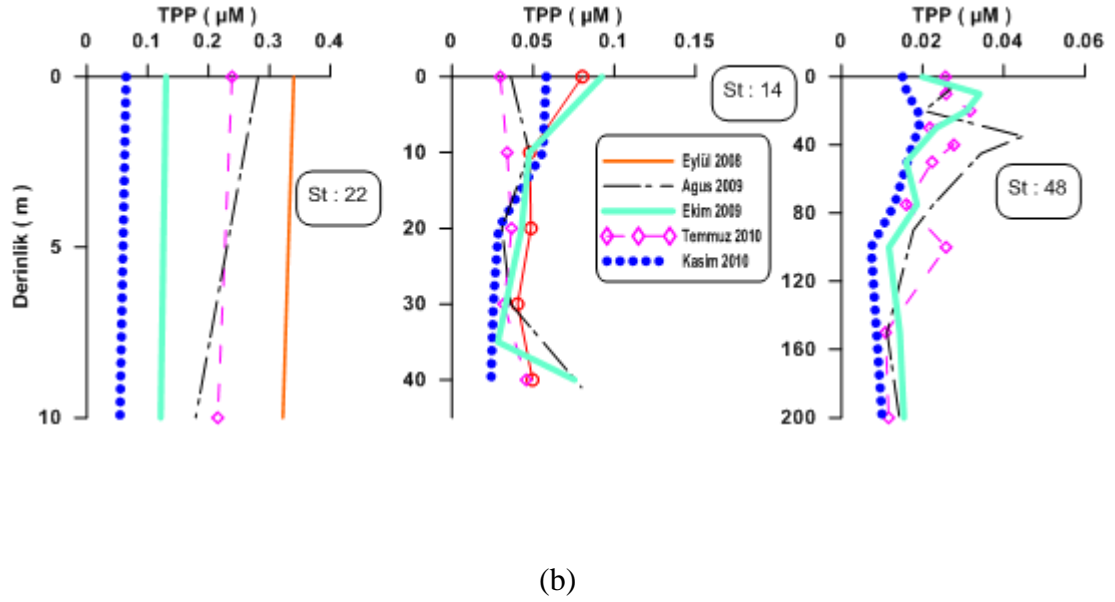
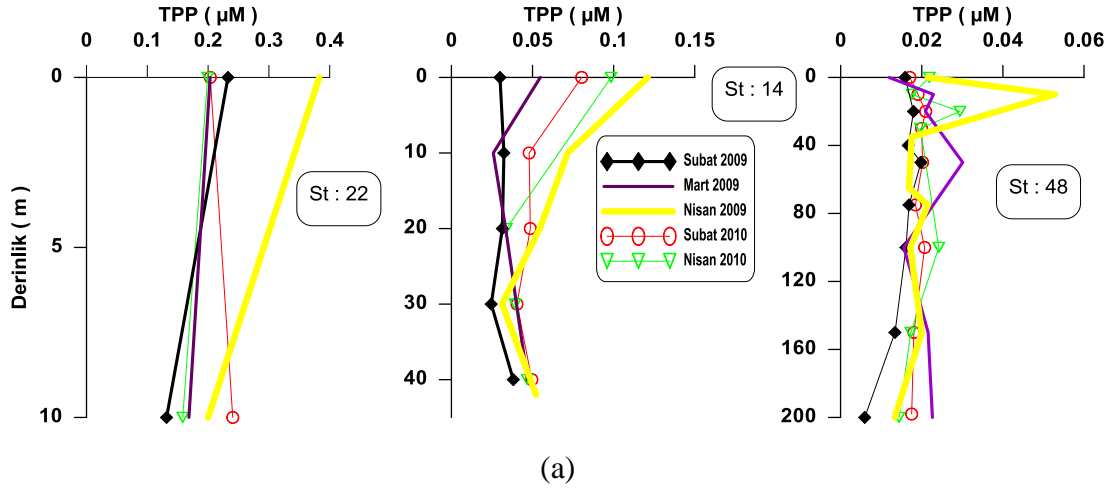


(a)

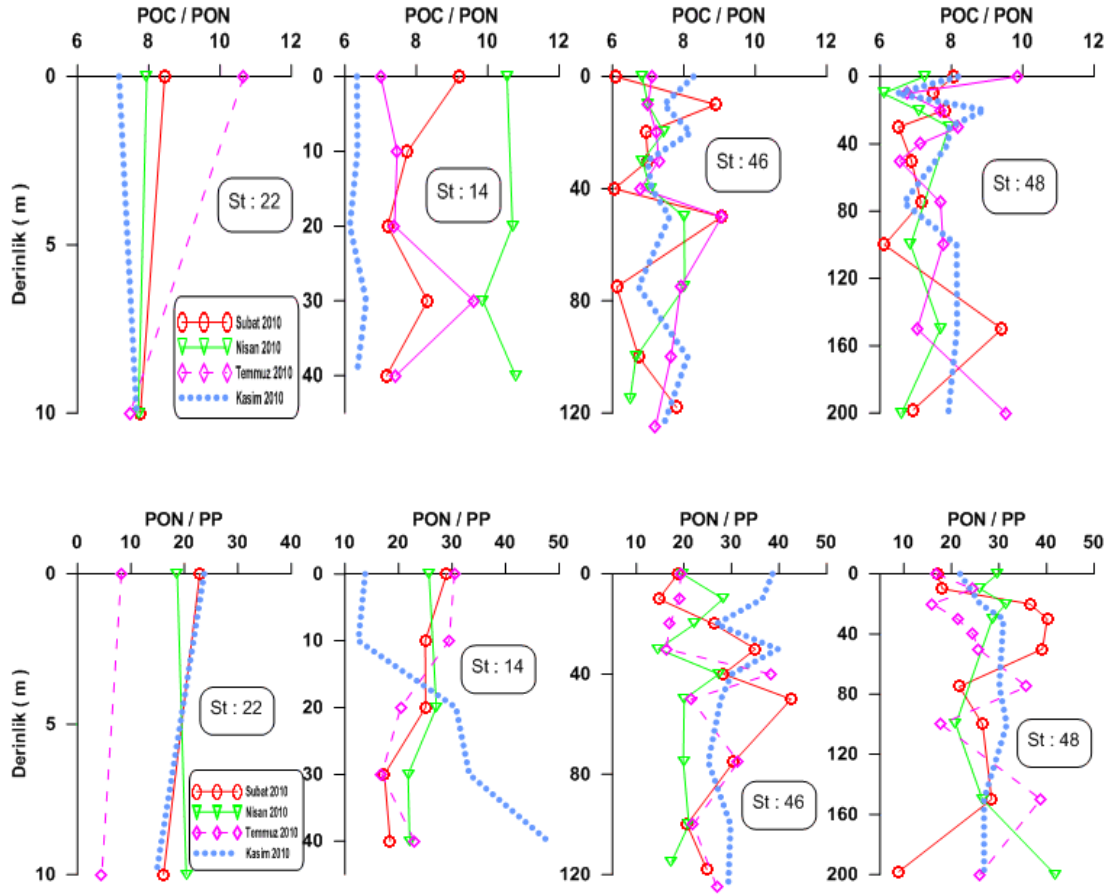


(b)

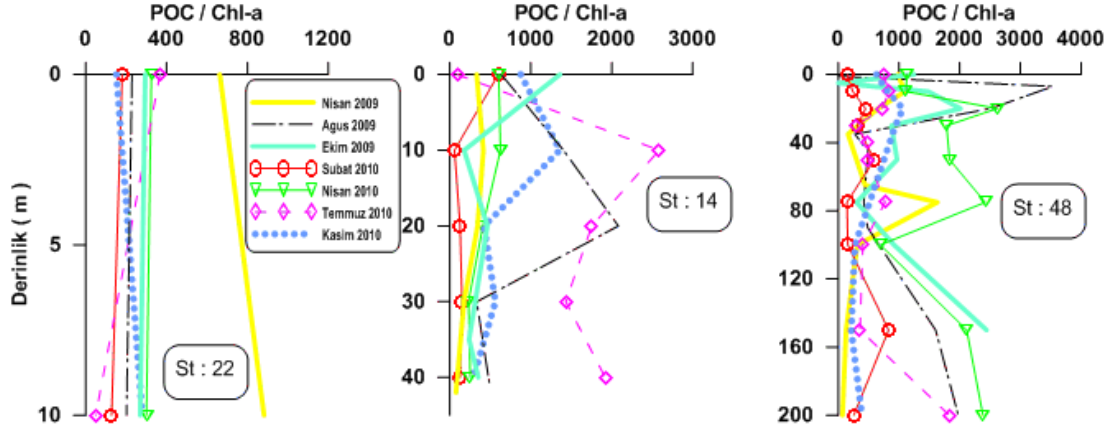
Şekil 4.10a. Partikül organik maddelerin (POM) derinlik profilleri (kıyı-orta-açık istasyon) a) POC b) PON



Şekil 4.10b. Toplam Partikül Fosfor (TPP) (a) Çok üretken dönemlerde (b) az üretken dönemlerde derinlik profilleri (kıyı-orta-açık istasyon)



Şekil 4.10c. Partikül organik madde (POM) oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon)



Şekil 4.10d. Biyokimyasal parametre oranlarının derinlikle değişimi (kıyı-orta-açık istasyon)

4.4. BAP SEFER SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Mersin Körfezi izleme çalışmasının 2010 yılı yaz dönemi saha çalışması 5-6 Temmuz 2010 tarihleri arasında yapılmış; hidrografik ölçümler ve biyo-kimyasal örneklemeler gerçekleştirilmiştir.

Deniz suyu örneklerinde, ortamın fiziksel özellikleri ile çözülmüş oksijen (ÇO), besin elementleri (TP, PO₄, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, Si), Chl-a çalışılmış olup bu veriler BAP projesi kapsamında (BAP-07-01-2009-01-ODTÜ) elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar özetlenerek verilmiştir, kimyasal ve fiziksel veriler proje kapsamında ortaklaşa kullanılmaktadır.

Kıyı istasyonu ve açık istasyon olmak üzere iki istasyon seçilmiş ve biyo-kimyasal parametrelerin derinlik profilleri Şekil 4.11a-c'de verilmiştir. POM ölçümlerinden elde edilen sonuçlar 4.12'de verilmiştir. Yüzey suyu ÇO derişimleri kıyısal bölge yüzey sularında 6.5-6.7 mg/L seviyesindedir. Yüzey sularının ısındığı ve su sıcaklığının yükseldiği Temmuz 2010 döneminde açık bölge sularında ise ÇO derişimi 6.5-7.0 mg/L seviyelerindedir.

Yaz döneminde kıyı yüzey sularında 0.09-0.27 μM aralığında değişim gösteren nitrat değerleri, nehir etkisi dışında kalan körfez açık sularında 0.2 μM seviyesinin altındadır. Kıyısal sularının $\text{NH}_4\text{-N}$ iyon seviyeleri 0.15–0.22 μM aralığında değişirken, açık sularda 0.15-0.27 μM seviyesindedir. Temmuz 2010 döneminde ölçülen PO_4 , BAP-1 istasyonunda (ODTU DBE önü) 0.02-0.05 μM , BAP-3 (ODTU DBE açıklarında) istasyonunda 0.02-0.04 μM seviyesindedir. Temmuz 2010 dönemi kıyısal bölge sularında reaktif silikat, 1.05–1.45 μM arasında değişim gösterirken, açık bölge yüzey sularının silikat iyon derişimi 0.98 μM değerinde ölçülmüştür (Şekil 4.11a). Chl-a derişimi kıyı bölgelerin yüzey sularında 0.21-0.4 $\mu\text{g/L}$ aralığında iken, açık bölge yüzey sularında bu değer 0.03 $\mu\text{g/L}$ seviyelerine kadar düşmektedir (Şekil 4.11b).

Mersin Körfezi izlemesinin sonbahar dönemi çalışması, 11- 12 Kasım 2010 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Kasım ayında kıyı sularda iyi bir karışım olduğu ve fiziksel parametrelerin profillerin de homojenlik söz konusu olduğu söylenebilir (Şekil 4.11a-b). Temmuz ayında yüzeyden derinlere inildikçe sıcaklıkta bir azalma söz konusudur (Şekil 4.11b). Temmuz ayı sıcaklık profilinden görüleceği üzere tabakalaşma başlamıştır. Karışımından dolayı su ısındıkça batmış ve rüzgar nedeniyle karışım olmuştur. Deniz suyu ve hava etkileşimlerinin yanında, kıyı bölgelerde soğuk nehir sularının su sıcaklığına etkisi açıkça görülmektedir. Bu etki tuzluluk değerlerinde de gözlenmektedir. Kasım ayında termoklin 60 m’de görülmektedir ve dip sularda nitrat artışı söz konusudur (Şekil 4.11b). Yüzey sularında ise açık sulara nispeten fosfor kirliliği yüzünden N/P oranı daha düşüktür.

Kasım 2010’da derine doğru gidildikçe su kolonundaki sıcaklık tabakalaşması belirgin olmuş, mevsimsel termoklin su kolonunda 40-45 m’nin altında meydana gelmiştir. ÇO için su kolonundaki değişimler incelediğinde sub-surface maksimumun termoklinin tam altında olduğu görülmektedir (Şekil 4.11b).

Açık istasyonda yüzey derişimleri düşük olan, besin tuzları (reaktif fosfat, nitrat ve silikat) dağılımları fotosentezin sürdüğü ve su kolonunun kısmen karıştığı 100 m’ye kadar derinlikle az değişmektedir. NO_3+NO_2 için su kolonu incelendiğinde

120 m'nin aşağısında nütriklin tabakası görülmekte ve bu durum sonbaharda daha belirgindir. Derin sularında ise tabana yakın sularda nitrat, PO₄ ve silikat değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Su kolonunda hesaplanan N/P molar oranı nitrat değerlerinin yüksek olduğu derin suların tabana yakın olan derinliklerinde 15-40 arasındadır (Şekil 4.11b). Alt derinliklerdeki nitrat+nitrit artış partikül maddenin parçalanması sırasında ortaya çıkan nitrat'dır. Dip sularda hesaplanan N/P oranının, Redfield oranı olarak bilinen klasik N/P oranından (16) yüksek olması, Doğu Akdeniz yüzey sularındaki birincil üretimin ortamdaki reaktif fosfat iyonlarınca öncelikle kontrol edildiğini işaret etmektedir.

Kasım 2010 döneminde Chl-a kıyusal sularda 0.5-1.0 µg/L seviyesindedir; açık sularda 0.02 µg/L seviyesine düşer ve öfotik tabaka içinde derinlikle belirgin değişim göstermez. Derinliğin düşük olduğu sığ sularda tabana kadar Chl-a dağılımı gözlenmesinden, fotosentez için yeterli ışığın tabana kadar ulaşabildiği anlaşılmaktadır. Karasal kaynaklı girdiler yüzünden Chl-a derişimi kıyı sularda açık sulara göre 10 kat artış gösterir. BAP-1 ve BAP-3 istasyonları incelendiğinde 80 m derinlikte klorofil maksimumu görülmektedir (Şekil 4.11c).

POM çoğunlukla fitoplanktondan ve zayıf bir şekilde ölü planktonun bozulmuş hücrelerinden, bakterilerden ve ölü zooplanktondan (çoğunlukla proteinler, karbonhidrat ve yağlardan) oluşmaktadır [Copin-Montégut ve Copin-Montégut, 1983; Ediger vd., 1999; Çoban-Yıldız vd., 2000a; Giani vd., 2003]. POM'un bolluğu ve elemental kompozisyonu çeşitli kaynaklardan sağlanan besinlerin yanı sıra üst katmanda birbirleriyle etkileşim içindeki karmaşık fiziksel ve biyokimyasal süreçler tarafından kontrol edilir.

Temmuz 2010 döneminde kıyı sularda 8.6 -9.7 µM seviyesine ulaşan POC değerleri ölçülmüştür. Açık sularda ise POC değerleri 1.9-4.2 µM seviyelerine düşmüştür (Şekil 4.12a). Açıktan kıyıya doğru 10 kata varan bölgesel artışlar olmaktadır. Kasım 2010 döneminde ise POC derişimi BAP-1 istasyonunda 40 m derinlikte 17.8 µM seviyesine çıkmıştır. Açık sularda (BAP-3 istasyonunda) ise POC değeri dip sularda 1.65 µM seviyesindedir (Şekil 4.12b). POC/PON oranı kıyı

istasyonlarda 9.20-11.5 seviyesine çıkarken açık sularda genellikle 6-8 aralığında değişmiştir ve çok az bölgesel ve mevsimsel değişim gösterir. Bu C/N oranı Redfield değerine (C/N=6.7) yakındır. PON değerleri kıyı istasyonda 1-2 μM seviyesinde iken açık istasyonda bu değer 0.2 μM seviyesine kadar düşmektedir (Şekil 4.12). Batı Akdenizde Socal vd., [1999] ve Doval vd., [1999] bulduğu gibi 0.1- 4.5 μM aralığında PON değerleri ve Doğu Akdeniz’de Ediger vd., [1999] ve Çoban-Yıldız vd., [2000b] bulduğu gibi 0.06 μM and 0.68 μM aralığına sahip PON değerleri ölçülmüştür.

PON’daki bölgesel ve mevsimsel değişimler POC ile çok uyumludur ve bu uyum hesaplanan C/N oranının çok az değişken olmasını sağlamıştır. PP derişimleri kıyı sularda 0.03-0.05 μM aralığında salınırken, açık sularda 0.009-0.019 μM aralığına gerilemiştir (Şekil 4.12). Hesaplanan PON/PP oranı kıyı sularda yüksektir ve genellikle 20-60 aralığındadır ve çoğunlukla klasik Redfield oranından (N/P:16) yüksektir. Bu artışlar karasal kaynaklı besin tuzlarının artışı ile ilişkilidir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere partikül madde değerlerinde kıyı sulara yüksek miktarda besin elementi girişi olduğu için açık istasyonlara göre 10 kat artış göze çarpmaktadır. POC/PON değerleri incelendiğinde kıyı sularda yüksek C/N oranları, açık sularda ise 40 m’nin aşağısında Redfield oranına yakın oranlar görülmektedir. Kıyı sularda ve açık sulardaki C/N oranları benzerlik gösterir. Yazın görülen düşük oranlar POM havuzuna karasal girdilerin girişinin sınırlı olduğuna, POM havuzuna besin elementleri tarafından beslenen ototrofik üretimin hakim olduğuna ve POM’un temelde canlı organizmalardan gelen yada Frascari vd., [2002] tarafından önerildiği gibi kolloid gerektiren fizikokimyasal dönüşümler gerektiren otoktonus kökenli olduğuna işaret eder. Üretken okyanuslar için C/N oranları yaklaşık olarak Redfield oranıyla (6.7) uyumludur.

Geider ve La Roche [2002] oligotrofik bölgelerden izole olan fitoplankton hücrelerin C/N oranlarının Redfield oranını hafifçe geçme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Karasal organik madde girişi, nehir akışı yoluyla karbonca zengin POM’un katkısı, yüksek C/N oranlarda POM’un ototrofik üretimi ve su kolonunda bozunmuş POM’un birikimi yüzünden yüksek C/N oranları bulmuşlardır.

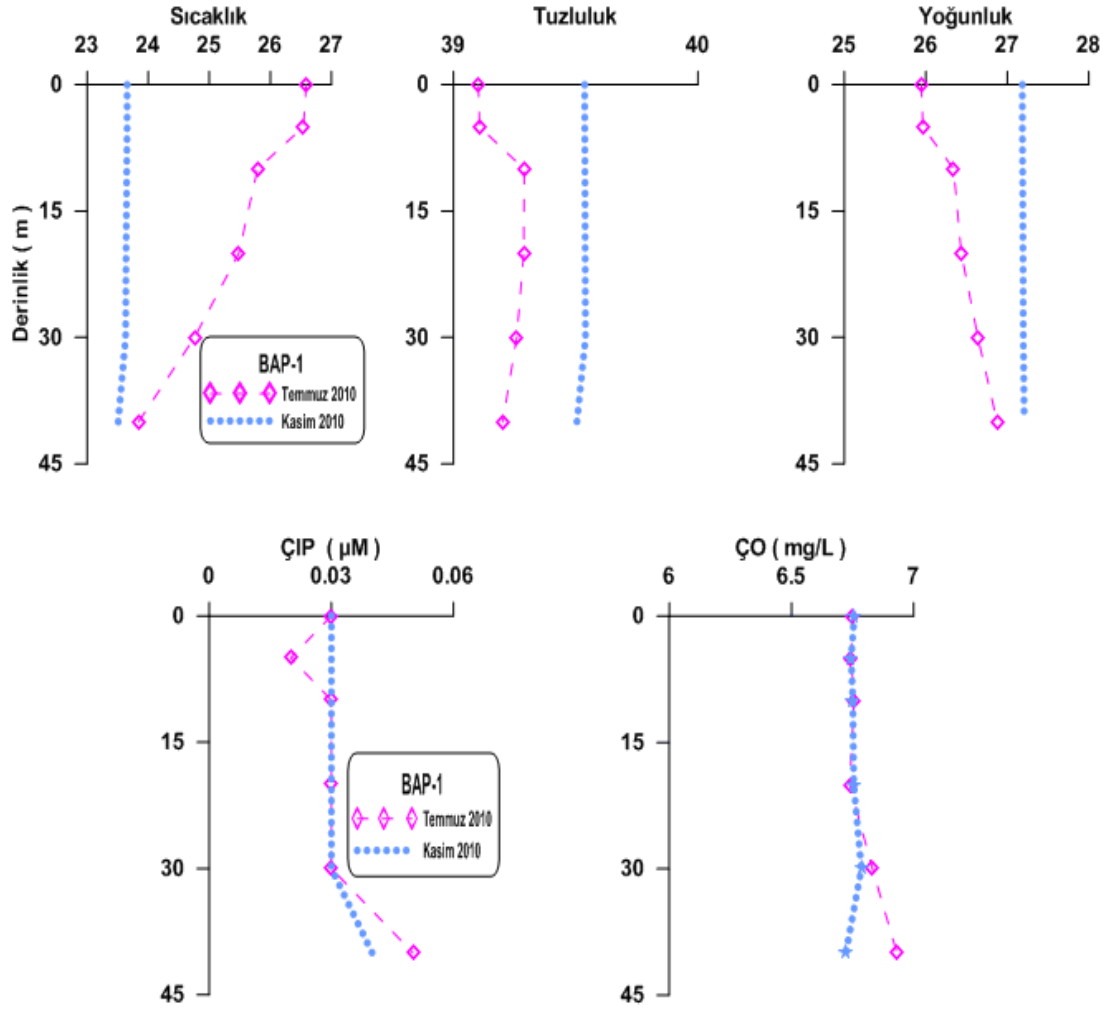
Çökeltme hızı düşük POM bileşeninde PP derişiminin Redfield oranına kıyasla düşük olması, körfezdeki biyo-kimyasal POM sentezinde reaktif fosforun üretimi sınırlayıcı rol oynadığına işaret etmektedir.

Su kolonunda POM'un yenilenmesi çözünmüş inorganik besin elementleri havuzu için devamlı bir kaynaktır. Sonuçta bu çökeltinin küçük bir bileşeni sediman tabakasına geçmektedir. Diğer yandan POM'un N ve P bileşenlerinin remineralizasyonu partiküller derin su kolonu boyunca çöktüğü için POC remineralizasyonundan daha hızlı meydana gelir ve bu öfotik zonun aşağısındaki derinliklerde POM'un C/N ve C/P oranlarında artışa neden olur [Copin -Montégut ve Copin-Montégut, 1983; Karafistan vd., 2002].

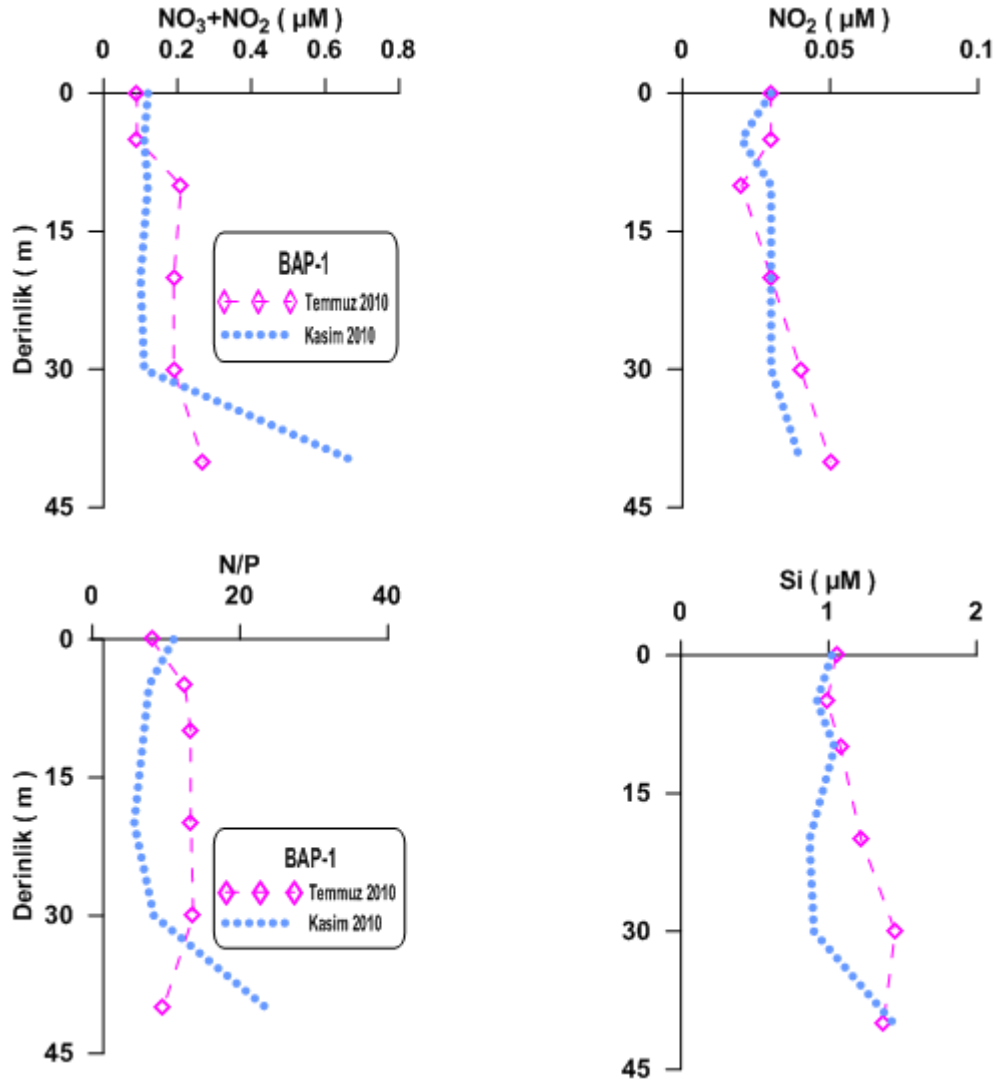
Yüzey sularında POM'un incelenmesi sonucu kışın 2002'de PON/TPP: 26-46, PON/POP: 45-90 olarak bulunmuştur [Doğan-Sağlamtimur, 2007]. Bu özellik POM'ca zengin kıyı sularında değişmeden kalmıştır. Birincil üretimin olduğu ışıklı tabakada (EZ) düşük N/P oranları hesaplanmıştır; fosforca fakir sularda, organik-inorganik fosfor döngüsünün besin elementlerince zengin deniz ekosistemine göre daha hızlı olduğu belirtilmiştir [Krom vd., 1991; Karafistan vd., 2002; Ediger vd., 2005; Doğan-Sağlamtimur, 2007].

Doğan-Sağlamtimur [2007], Kuzeydoğu Akdeniz kıyı sularının denize nehirler ve yağmurlar yoluyla daha fazla nitrat sağlandığı için ve kıyı sularda POM'un N bakımından zengin olması yüzünden açık sulardan daha yüksek partikül N/P oranlarına sahip olduğunu belirtmiştir [Doğan-Sağlamtimur, 2007].

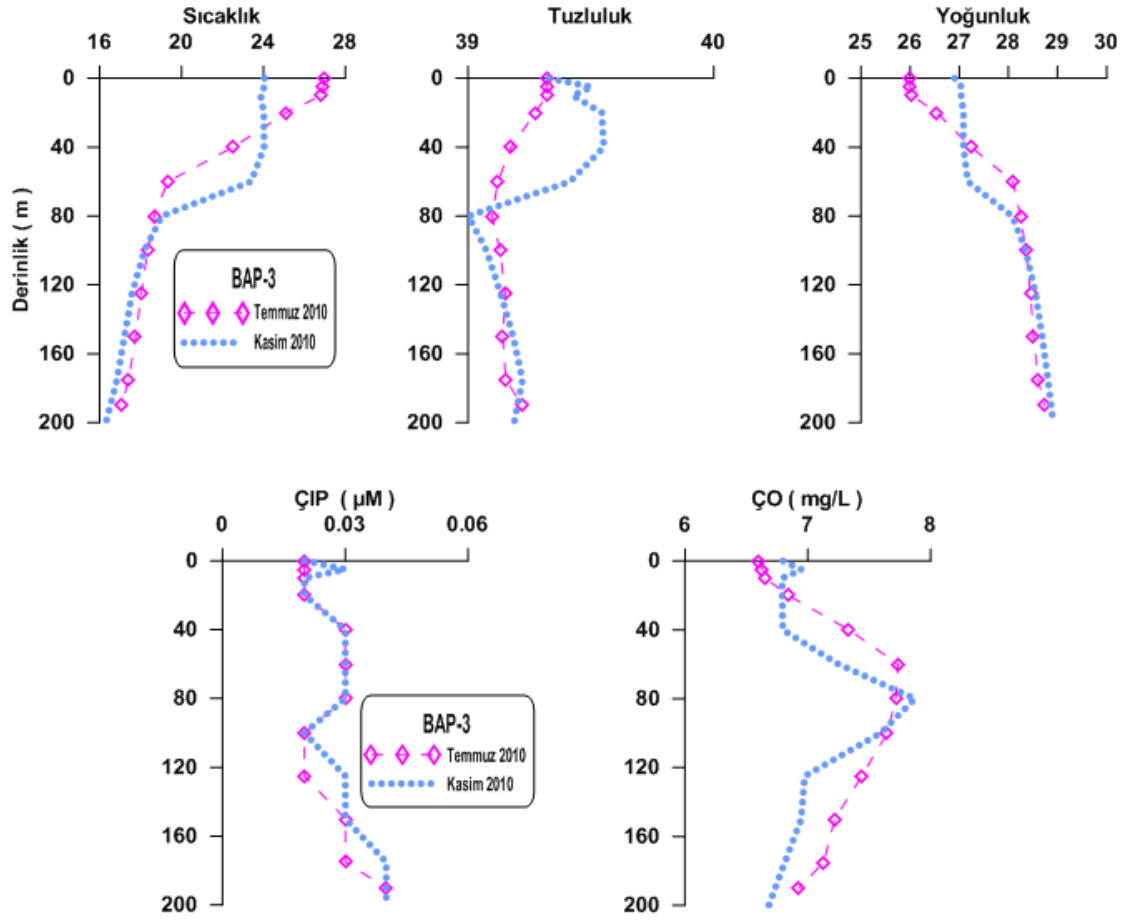
Açık sularında POM fosforca fakirdir ve planktonik organik maddeler için hesaplanan Redfield oranıyla (16) kıyaslandığında daha yüksek N/P oranına sahiptir. PON/TPP ve NO₃/PO₄ molar oranları Doğu Akdeniz için literatürde sunulan oranlarla benzerdir [Krom vd., 1991; Béthoux vd., 1992; Ediger vd., 1999; Çoban-Yıldız vd., 2000b; Karafistan vd., 2002].



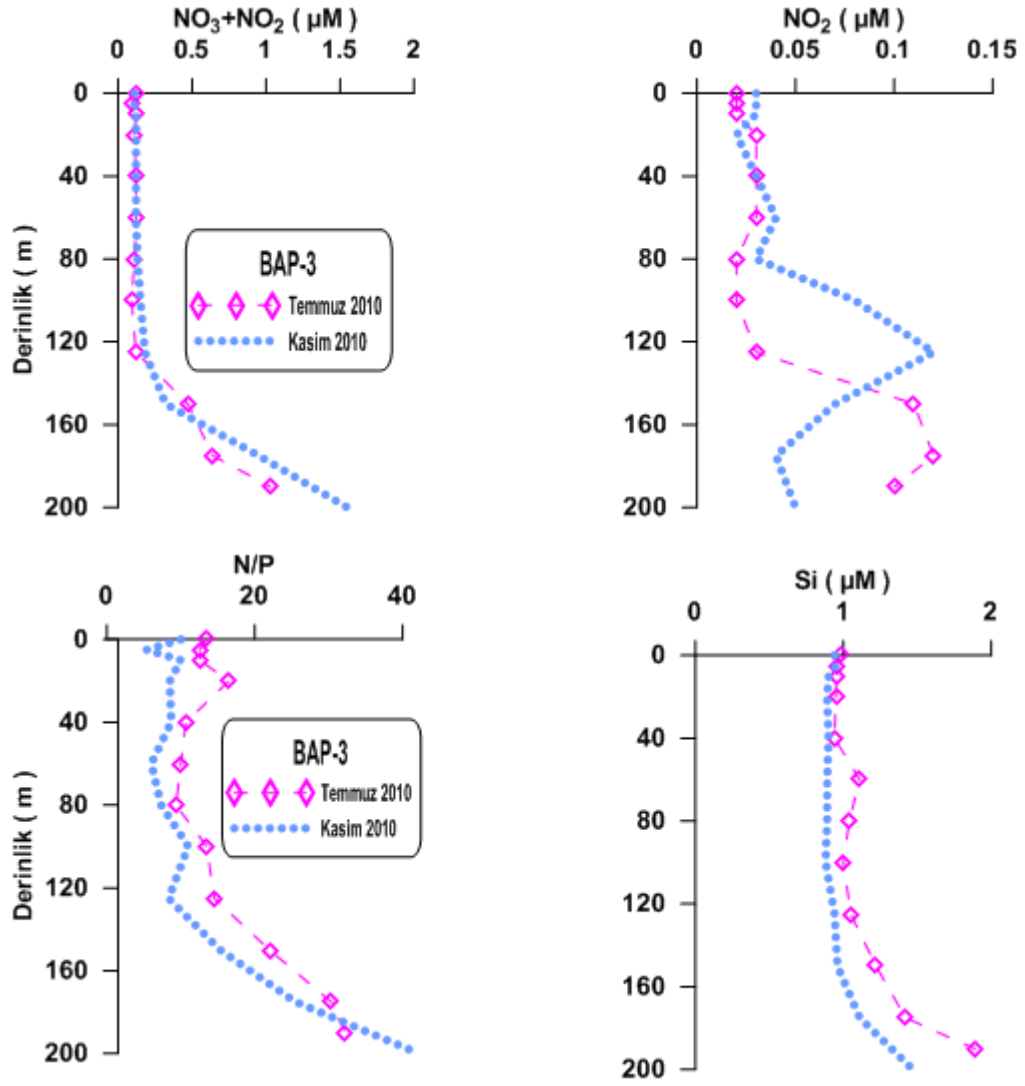
Şekil 4.11a. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-1 istasyonu)



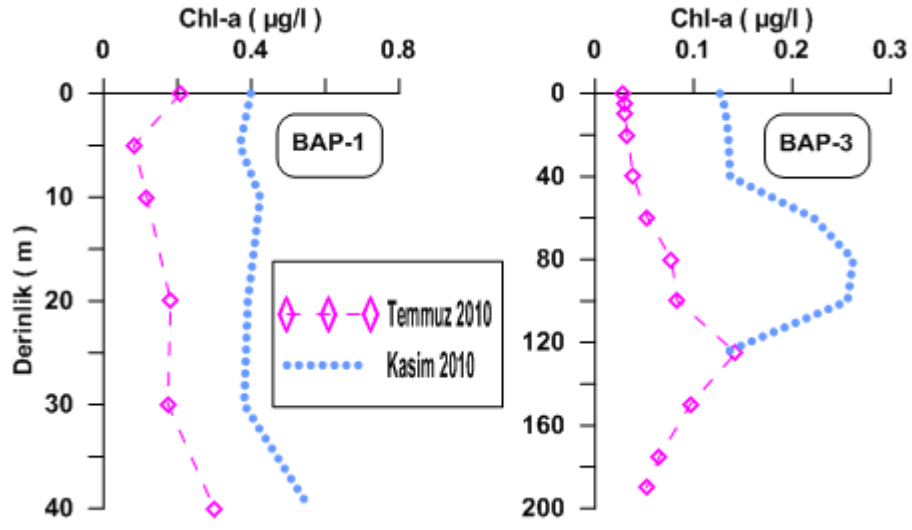
Şekil 4.11a devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-1 istasyonu)



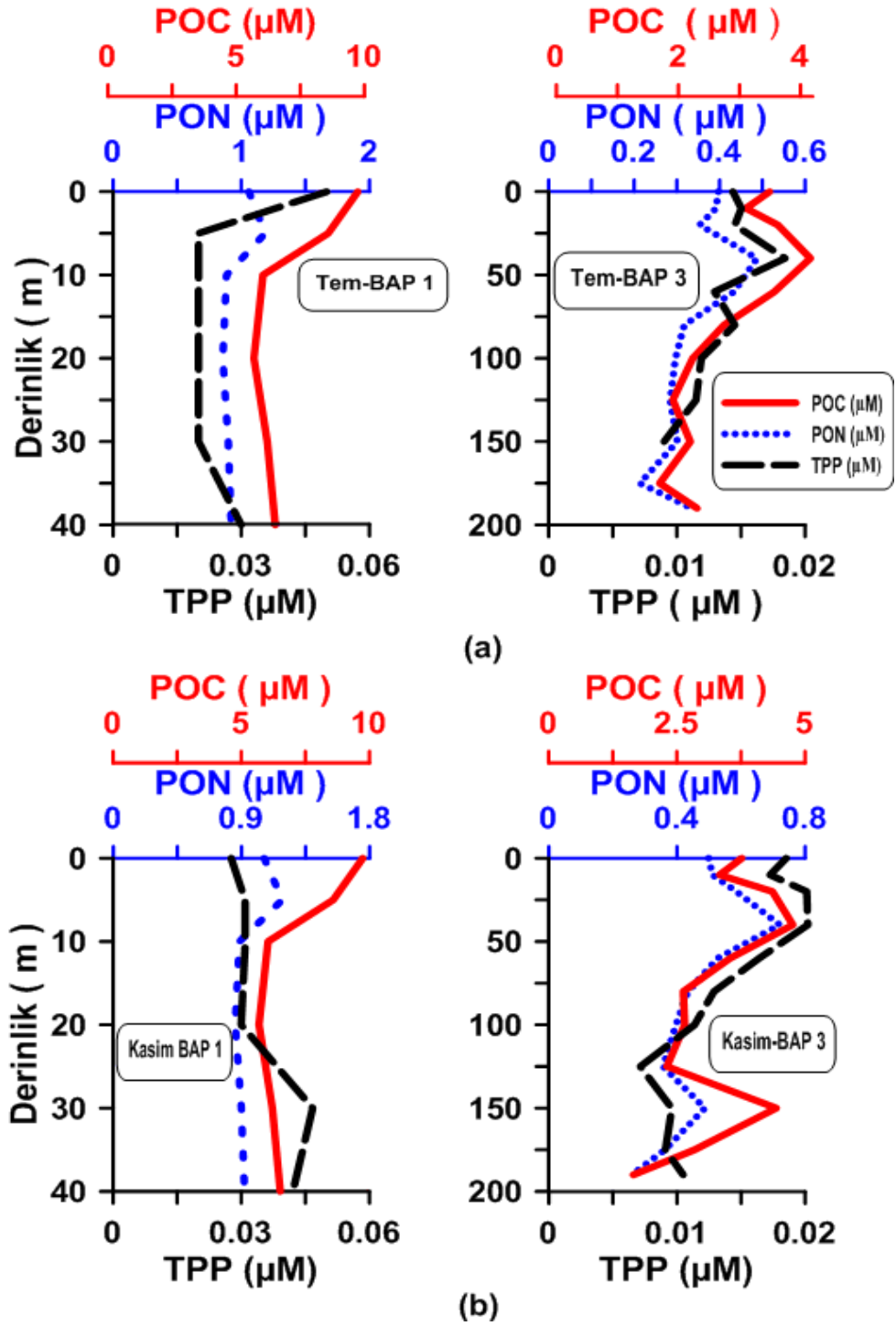
Şekil 4.11b. Fiziksel ve biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-3 istasyonu)



Şekil 4.11b devamı. Biyokimyasal parametrelerin derinlik profilleri (BAP-3 istasyonu)



Şekil 4.11c. Chl-a'nın derinlik profilleri



Şekil 4.12. Temmuz ve Kasım 2010 BAP istasyonlarından elde edilen POM değerleri

4.5. SEDİMANDA PARTİKÜL MADDENİN DEĞİŞİMLERİ

4.5.1. Yüzey Sedimanı-Su Arayüzeyi

Yavaş çökelen gruba giren küçük boyutlu canlı-ölü POM'lar genellikle su kolonunda bakteriler ve zooplankton tarafından tüketilir. Büyük taneli olan ve çoğunlukla zooplankton kalıntıları olan POM'lar tabana ulaşır. Burada bir kısmı parçalanır ve geri kalanı inorganik sedimana karışarak tabanda birikir. Derin sulara çökelen sedimanlar farklı boydadır; kil ve çamur içekli olanlar baskındır. Kalkerli drenaj havzası olan bölgede karbonat yüzdesi yüksektir [Libes, 1992]. Sediman içinde düşük bir yüzdesi biriken POM'un tane büyüklüğü genellikle 20 µm'den küçüktür ve yavaş çökler (≤ 1 m/gün). POM'un daha az bir kısmının ise tane büyüklüğü 20 µm'den büyüktür ve hızlı çökelen gruba girer (10-100 m/gün) [Libes, 1992].

Sediman tabakası içerisinde biriken POC derişimi genellikle sediman ağırlığının yaklaşık % 0.5-10'unu oluşturur. Bu oran, bölgenin sedimantasyon ve birincil üretim hızı ile bağlantılı olup; açık sularda derinlere doğru gidildikçe azalan eğilim gösterir. Deniz tabanına bozunmadan ulaşan POM, oksijenli ortamdaki bentik yaşam için başlıca enerji kaynağıdır [Libes, 1992].

Denizin üst tabakasının fosfor derişimini belirleyen en önemli faktörlerden biri sedimandan serbest kalan fosfor bileşikleridir. Sığ sularda, sedimandan üst sulara ulaşan fosfat iyonlarının, kıyı bölge su kalitesi üzerinde önemli etkisi vardır ve organik madde birikiminin fazla olduğu bölgelerin yüzey sularında ötrofikasyonu tetikleyen faktörler arasındadır. Fosforun su yoluyla deniz ortamına taşınması, deniz ekosistemini ve su kalitesini belirleyen temel faktörlerden biridir. Oksijensiz dip sularda fosfor tutucu demir ve mangan oksitlerin indirgenmesinden dolayı fosfor bileşenlerinin sedimandan suya geçişi daha hızlı ve fazladır [Faul vd., 2005]. Bu yüzden akuatik sistemlerde kirlilik riskini değerlendirmek için sadece sedimanlardaki toplam fosfor içeriğini değil aynı zamanda su-sediman katmanındaki oksijenin varlığı, derişimi ve buna bağlı olan redoks potansiyeli en kritik faktörlerin başında

gelir. Oksijenli ortamda fosfat iyonları partikül madde üzerinde tutunurlar ve tabanda birikirler. Oksijensiz ortamda metal oksitlerin indirgenmesiyle partikül maddelere tutunan fosfat iyonları çözünerek suya geçer. Bu nedenle, fosforun olduğu bir çok farklı oluşumu tanımlamak için farklı kimyasal ekstraksiyon metodları uygulanır ve tabandaki toplam fosforu oluşturan bileşenlerin tanımlanması, su kolonunda fosfor döngüsü için önemlidir [Aydin vd., 2009].

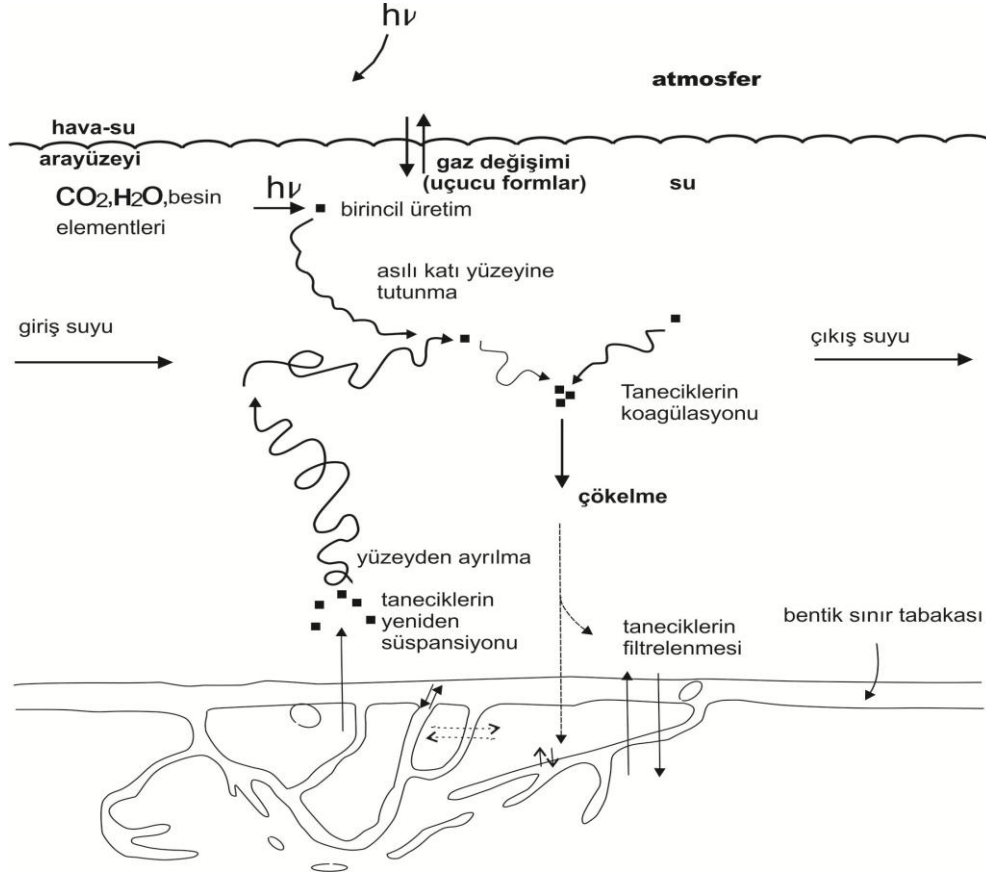
Sediman su arayüzeyi su ve sediman arasındaki sınırı oluşturmaktadır. Sediman-su arayüzeyleri birçok element ve biyolojik sistemin jeokimyasal döngüleri arasında birleşme yeridir. Bu durum okyanusların yanı sıra denizler için de doğrudur. Sediman-su arayüzeyindeki tipik koşullar Şekil 4.13'te verilmiştir. Partikül ya da su fazları arayüzeydeki kimyasal süreçleri fiziksel ya da biyolojik işlemler yoluyla farklı yönere taşınır. Organizmalar yoluyla atma yada hidrodinamik güçler yoluyla su içinde asılı partikül durumu, yer altı sularının filtrelenmesi veya organizmaların pompalaması yoluyla sediman içerisindeki yatay hareketler, makro ya da mikro organizmaların büyümesi gibi işlemler sediman arayüzeyinin geometrisini değiştirir ve sediman yüzeyini durağan su tabakasıyla sınırlandırır. Geçişli besin elementleri depolaması veya ortama geri verilmesini sağlayan ototrofik ve heterotrofik mikroorganizmalar sıklıkla arayüzeyde (sediman-su arayüzeyi) parça parça bulunurlar ve organizmalar, pH gradientini, redox potansiyelini ve doğal organik karbonun oksidasyonunu kolaylaştırırlar. Elektron alıcı bu maddeler O_2 , NO_3^- , MnO_2 , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , ve CO_2 'dir [Santchi vd., 1990].

Sediman-su arayüzeyinde depolanan partiküller her yıl nehir delta bölgelerinde birkaç santimetre derinlere sürekli olarak gömülür. Göl ve okyanus sedimanlarında üst 1-10 cm'de (bazı sahil sedimanlarında 100 cm'e kadar) bentik organizmaların varlığının sonucu olarak, sedimanlar fekal peletlerin bentik süspansiyon besleyiciler yoluyla dışarı atılması yoluyla suda asılı kalırlar. Su kolonundan bentik filtre besleyici filtre yoluyla filtre edilir ya da makrofauna yoluyla sediman içine karışırlar.

Deniz çökeltisi organik maddeler çökelti ortamlarına bağlı olarak içlerinde çeşitli oranlarda deniz ve karasal organik maddeleri barındırırlar. Deniz organik maddeleri baskın biçimde planktonik, deniz makrofitleri ile önem taşımaktadır [Tissot ve Welte 1984]. Karasal organik maddeler en çok kara kütleleri ya da nehir akıntılarında etkilenen yerlere yakın çökelti ortamlarında önemlidir [Tissot ve Welte 1984]. Bu da kıyı istasyonlarda ölçülen yüksek POC nedenlerindedir.

Sediman-su arayüzeyi biyolojik aktivitenin yoğun olduğu yerlerdendir. Deniz tabanına ulaşan POM gömülmeden önce geniş çaplı bir bozunmaya maruz kalmaktadır. Sediman-su arayüzeyi bir geçiş tabakasıdır. Organik maddelerin yüksek hızda bozunma/ayrışmalarına bağlı olarak, bu partiküllerin organik karbon ve azot içeriği, gömülmelerinden sonra büyük oranda düşmektedir. Bozunma gömülmelerinden sonra da daha yavaş hızlarla devam eder.

Bu tez çalışması kapsamında, Mersin körfezi doğusu ve batısından alınan yüzey sedimanlarında elde edilen TC-PON-POC değerleri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Sedimanda POC değerinin yüksek olması biyolojik aktivitenin yüksek olması şeklinde açıklanabilir. Ayrıca kıyı istasyonda besin elementlerinin fazla oluşu sedimanda kıyı istasyonda yüksek C değerleri ile uyum göstermektedir.



Şekil 4.13. Sediman-su Arayüzeyindeki Geçiş Süreci [Santchi vd., 1990].

4.5.2. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarının Tane Boyu Dağılımları

Sedimanların çakıl, kum ve çamur (silt + kil) içeriklerinin birbirlerine oranlarına göre sediman tipleri belirlenmiştir. Sedimanların tane boyu analizlerinden elde edilen sonuçlar, sedimanların TC ve TOC içerikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Kıyı bölgelerdeki kum tanesinin büyüklüğü orta sularda 20-30 m’de ortaya çıkan çamurla birlikte açıklara doğru azalır. Aslında açıklara doğru tane büyüklüğü ve dalga hareketinin zayıf etkisi arasında korelasyon vardır [Jago ve Barousseau, 1981]. Nehir ağzında delta önünde ağırlıklı olarak siltli çamurun oluşumu bu durumun tek istisnasıdır. Bu sediman birikimleri ise yağmurun kıyı deniz ortamında karasal sedimanların önemli akışına neden olan büyük miktarda sonbahar ve ilkbahardaki yağmur yüzündendir [Pınardi vd., 2005]. Sedimentasyon oranı ve sediman bileşimi bütün bu çevresel faktörlere bağlıdır.

Alınmış olan sediman örneklerin neredeyse tamamı silt ve kil boyutundaki malzemeden oluşmaktadır. Buna karşılık kıyıya yakın istasyonlarda kum boyutundaki malzeme miktarı açık istasyonlara göre artış göstermiştir. Özellikle, nehirlerin önemli miktarda kırıntılı malzeme taşınması kıyı istasyonlarda kum boyutundaki malzeme miktarında artışa neden olmaktadır. Bu bölgedeki kaba taneli malzemelerin diğer bir artış sebebi, bölgedeki biyojenik kavkı miktarındaki artış olarak gösterilebilir.

Körfez sedimanlarında %19 ile %58 arasında değişen CaCO_3 içeriği, daha önce bölgede incelenmiş olan Kuzeydoğu Akdeniz yüzey sedimanlarında belirlenen karbonat içeriklerini yansıtmaktadır. Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığında sedimanlar üzerine yapılan bir başka çalışmada alınan sediman örneklerinin %20-30 dolaylarında CaCO_3 içerdiği belirlenmiştir ve en yüksek CaCO_3 içeriğinin İskenderun Körfezi'nin güney kısmı ve Mersin Körfezinin güney doğusunda yüksek organizma kabuklarının birikiminden kaynaklandığı belirtilmiştir [Tunç, 2008]. Yüksek karbonat değerleri, sedimanları oluşturan yüksek biyojenik kökenli malzeme miktarına bağlıdır.

4.5.3. Sedimanda POC, PON değişimleri

Sediman-su arayüzeyinde oluşan elektron, proton ve ligand transfer reaksiyonlarının oranları, hem ölü hem de canlı organik karbonun akışı yoluyla sağlanır. Organik karbon akışı bentik mikro ve makrofaunanın [Rowe vd., 1991] var olan stoğunun olası büyüklüğünü belirler ve bunun sonucu olarak bentik solunumu ve karışımı ve buna bağlı olarakta redoks yoğunluğunun oranlarını belirler. Aerobik ve anaerobik geçiş yolunun olası toplam heteretrofik metabolizmaya katkısı organik karbonun biyolojik reaktivitesi gibi diğer faktörlere bağlıdır.

Organik kalıntı; boşaltım, salgı, ölüm ya da lizisin sonucu gibi bütün trofik seviyelerdeki organizmalardan elde edilir [Nedwell, 1984]. Yaygın olarak POM olarak ya da ÇOM olarak ölçülür. Si, O, H, N, P, S ve bazı iz elementler gibi diğer

elementler organik karbonun stokiyometrik ilgisinden meydana gelir [Redfield vd, 1963; Morel ve Hudson, 1985].

Tez çalışması kapsamında; Temmuz 2010 döneminde Mersin Körfezi doğu bölgesinde kıyıdan açığa doğru belirlenen istasyonlarda sediman örneklemeleri yapılmıştır. Kıyı istasyondan alınan (T22, 10 m derinlik) yüzey sedimanında 3.16 mg POC/g-kuru ağırlık, T18 (20 m derinlik) ve T46 (125 m derinlik) nolu istasyonlarda ise sırasıyla 2.90 ve 2.95 mg POC/g -kuru ağırlık bulunmuştur. T22 nolu istasyonda 0.26 mg PON/g-kuru ağırlık, T18 ve T46 nolu istasyonlarda ise 0.69 ve 0.76 mg PON/g-kuru ağırlık bulunmuştur (Çizelge 4.3.).

Kasım 2010 döneminde aynı noktalarda tekrarlanan yüzey sediman örneklemeinde; POC değeri Temmuz ayına göre kısmen yüksek olup; kıyı orta ve açık noktalarda sırasıyla 3.71 mg POC/g-kuru ağırlık, 7.91 mg POC/g-kuru ağırlık, ve 7.27 mg POC/g-kuru ağırlık olarak ölçülmüştür. T34 (9 m derinlik), T43 (20 m derinlik) ve T27 (30 m derinlik) nolu istasyonlarda ise 4.21 mg POC/g -kuru ağırlık, 3.90 mg POC/g-kuru ağırlık ve 7.00 mg POC/g-kuru ağırlık bulunmuştur. Kasım 2010 döneminde sedimanların PON değerleri de Temmuz 2010 döneminde ölçülen sediman değerinden yüksek olup 0.56-0.91 mg PON/g-kuru ağırlık aralığında değişmiştir (Çizelge 4.3). POC ve PON değerlerin bu dönemde genelde yüksek çıkması, yüzey sedimanında mevsimsel POM birikimini işaret eder.

Kasım 2010 döneminde BAP sedimanlarında (Erdemli bölgesi kıyı ve açık bölgesi) kıyı istasyonda (BAP-1, 40m), POC değeri 7.11 mg POC/g -kuru ağırlık, PON değeri 0.71 mg PON/g-kuru ağırlık olup, açık istasyonda (BAP-3, 200m) POC değeri düşerken (5.05 mg/g-kuru ağırlık), PON değerinde belirgin düşme gözlenmemiştir (Çizelge 4.4).

Denizel ortamda sediman tabakasındaki partikül organik madde içeriği sediman tane boyu dağılımlarına, yüzey ve dip sularının biyo-kimyasal özelliklerine, yüzey sedimanı-dip su ara tabakasının redox potansiyeline (oksijen derişimi) göre zaman-mekan ölçekli değişimler gösterir. Genellikle kıyı sahanın kumlu

çökeltlerinde POC yüzdesi düşüktür (%0.25–0.5). Çamurlu kıyı çökeltlerinde (40-100 m derinliğinde) değerler düşük kalır (% 0.4–0.6) ve derin sularda % 0.3'e kadar düşer. En yüksek değerler ön deltanın çamurlu çökeltlerinde bulunur (%1–2.2) [Santchi vd., 1990]. Mersin Körfezi yüzey sedimanlarının tane boyu analiz sonuçlarında da görüleceği üzere % çamur miktarı düşük olan yüzey sedimanlarında (T22, 10m derinlik) genelde daha düşük POC değeri ölçülmüştür (Çizelge 4.3). Sediman fazında ölçülen POC değerlerinin derin bölge sediman sonuçları ile benzerlik göstermesi, kıyısal bölge sedimanlarındaki organik madde parçalanmasının etkinliğinin işaretidir.

Karasal baskılar sonucu birincil üretimin yüksek olduğu kıyısal sular yüksek POM üretiminin olduğu alanlardır ve sediman tabakasında daha yüksek POM birikimi beklenir [Giani vd., 1999]. Sedimandaki Corg/N oranının, karasal kaynaklı POM girdisine bağlı olarak açık sulara kıyasla farklılık göstermesi beklenir. Oksijenli sularda, parçalanmış organik fosfordan açığa çıkan fosfat iyonları sediman fazında tutulur ve sedimanda partikül fosfor beklendiği oranda azalmaz; oksik özelliklere sahip yüzey sedimanında C/P ve N/P oranı beklenenden düşüktür.

C/N oranı okyanus sularında deniz fitoplanktonunun kompozisyon (C/N oranı) değerine yakın (6-8) ve 5 ile 15 aralığında değişebilir [Giani vd., 2003]. Bilim adamları da bu değişkenliklerin kaynağını anlamaya çalışırlar.

Bu çalışma sonuçlarından hesaplanan C/N oranları, Temmuz 2010 döneminde Mersin Körfezi sedimanlarında kıyı istasyonunda (T22, 10 m derinlik) 9.2, T18 (20m derinlik) ve T46 (125m derinlik) nolu istasyonlarda ise sırasıyla 10.3 ve 8.5 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3., Şekil 4.14).

Kasım 2010 döneminde Mersin Körfezi sedimanlarında kıyı istasyonunda T22 (10 m derinlik), T18 (20m derinlik) ve T46 (125m derinlik) nolu istasyonlarda C/N değeri sırasıyla 6.8, 11.4 ve 9.5 olarak ölçülmüştür. T34 (9m derinlik), T43 (20m derinlik) ve T27 (30m derinlik) nolu istasyonlarda ise 6.3, 8.2 ve 9.0 bulunmuştur (Çizelge 4.3, Şekil 4.14.).

Kasım 2010 döneminde BAP sedimanlarında kıyı istasyonda BAP-1 Kıyı (40 m) C/N değeri 11.7, açık istasyonda BAP-3 (200m) ise 8.2 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4., Şekil 4.15.).

Kıyı-açık yüzey sedimanlarında C/N oranları incelendiğinde kıyı istasyon (T22, 11m) ve nehir girdilerinin olduğu istasyonlarda (T34, 10 m) C/N değerleri açık yüzey sediman istasyonuna göre (T46, 125m) daha düşük bulunmuştur. BAP yüzey sedimanlarında C/N oranları incelendiğinde, BAP-1 yüzey sedimanında (52 m) C/N değeri 11.8 iken BAP-3 yüzey sedimanında (220 m) 8.1'e düşmüştür (Çizelge 4.4). Kasım 2010 döneminde sedimanların C/N değerleri kıyı yüzey sedimanı (T22, 11 m) hariç POC ve PON değerlerine benzer şekilde Temmuz 2010 döneminde ölçülen C/N oranından daha yüksektir (Çizelge 4.3). Açık yüzey sedimanlarında görülen yüksek C/N oranları su kolonunda POM'un yenilenmesi sırasında küçük bir fraksiyonunun sediman tabakasına geçmesi yüzünden olabilir. Ayrıca kış döneminde dip sulardaki C/N oranını artışı, POM'un N ve P bileşenlerinin remineralizasyonunun POC remineralizasyonundan daha hızlı meydana gelmesi yüzünden olabilir [Copin - Montégut ve Copin-Montégut, 1983; Karafistan vd., 2002].

Çizelge 4.2. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarının Tane Boyu Analiz Sonuçları

Tarih	İstasyon	%Çakıl	%Kum	%Çamur (%Silt+%Kil)	mg TC/g Sdm	mg TOC/g Sdm
10.11.2010	G37R43/T22 Derinlik (11m)	0.00	22.4	75.6	46.0	3.71
10.11.2010	G44R52/T34 Derinlik (10m)	0.00	34.0	66.0	42.4	3.90
10.11.2010	G31R42/T46 Derinlik (125m)	0.00	5.75	94.3	44.9	7.27
11.11.2010	BAP1 Derinlik (52m)	00.00	6.84	93.2	40.8	7.11
12.11.2010	BAP3 Derinlik (220m)	00.00	6.40	93.6	41.7	5.05

Çizelge 4.3. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarında TC-PON-POC derişimleri (kuru ağırlık)

Tarih	İstasyon	mmol TC/g Sdm	mmol POC/g Sdm	mmol PON/g Sdm	mol TOC/mol TON
06.07.2010	G47R43/T22	3.20	0.17	0.02	9.21
06.07.2010	G45R43/T18	2.94	0.50	0.05	10.3
06.07.2010	G31R42/T46	2.99	0.47	0.05	8.54
10.11.2010	G37R43/T22	3.83	0.31	0.05	6.84
10.11.2010	G44R52/T34	3.31	0.35	0.06	6.29
10.11.2010	G34S08/T43	3.53	0.32	0.04	8.19
10.11.2010	G45R43/T18	3.55	0.66	0.06	11.4
10.11.2010	G41R59/T27	3.30	0.58	0.06	9.01
10.11.2010	G31R42/T46	3.74	0.61	0.06	9.48

Çizelge 4.4. Erdemli Bölgesi BAP-1-3 nolu istasyonların yüzey sediman örneklerinde TC-PON-POC derişimleri (kuru ağırlık)

Tarih	İstasyon	mmol TC/g Sdm	mmol POC/g Sdm	mmol PON/g Sdm	mol TOC/mol TON
Kasım 2010	BAP-1 KIYI	3.40	0.59	0.05	11.75
Kasım 2010	BAP-3 AÇIK	3.47	0.42	0.05	8.16

4.5.4. Körfez Sedimanlarında Partikül Fosfor Değişimleri

Su kolonu ve sedimandaki toplam partikül fosforun ana bileşenleri fotosentez kaynaklı organik fosfor ve partikül madde üzerine tutunan inorganik fosfor iyonları ve inorganik yapıdaki katı fosforlu bileşiklerdir [Slomp, 1998]. Sediman analizlerinde ölçülen fotosentez kaynaklı partikül organik fosfor, mineralizasyon sırasında sedimandan suya geçmeyen ve sediman partiküllerine tutunan fosfor bileşeni olarak tanımlanmıştır [Boston vd., 2000; Krogerus ve Ekholm, 2003]. Organik madde bozunmasına bağlı olarak, organik fosfor da parçalanmaya uğrar; ancak biyolojik bozunmaya uğramadan sedimanda biriken humik madde yapısı içindeki fosforlu bileşikler sediman tabakası içinde gömülürler. Parçalanmış fosfat iyonlarının önemli bir kısmı da oksijenli tabanda metal oksitler ve dirençli organiklerle kompleks bağlar oluştururlar ve havalı ortam bakterilerinin saldırılarına karşı dirençlidir [Golterman vd., 2004]. Havasız ortamda su kolonuna geçen fosfor miktarı artar ve oksijensiz ortam sedimanında fosfor derişimi göreceli azalır [Rydin vd 2011]. Bu temel faktörler dikkate alınarak körfez sedimanında ölçülen partikül fosfor derişimleri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Doğu Akdeniz su kolonu, fosfor bakımından en fakir denizlerin başında gelir ve reaktif fosfat derişimi genellikle 0.02-0.3 μM aralığında değişir [Krom vd 1991]. Bunun nedeni sisteme giren fosfor yükünün çok sınırlı olması ve birincil üretimin düşük olmasıdır. Fosfor içerikli partikül organik/inorganik fosforun küçük bir miktarı derin suların sediman tabakasına ulaşır. Sediman yüzeyindeki oksit

bağlantılı veya organik madde yapısındaki P, bakterilerin katkısıyla çözünmüş fosfat iyonlarına dönüşür; bir kısmı yüzey sedimanındaki inorganik partikül oksitlere tutunarak sediman tabakasında tutulur. Sedimandaki mikroorganizmaların büyüme ve gelişmeleri için sedimana bağlı fosfor formları kullanılır [Eckert vd., 2003].

Mersin Körfezinde belirlenen alanlardan alınan yüzey sedimanlarında toplam partikül fosfor ve ana bileşenleri, farklı ekstraksiyon yöntemiyle ölçülmüş ve sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Genel olarak kıyıda düşük, açıkta yüksek toplam PP değerleri gözlenmiştir. Kıyı yüzey suları POM açısından daha üretken ve daha zengin olmasına rağmen kıyı yüzey sedimanlarında belirgin POM ve partikül fosfor birikimi gözlenmemiştir. Lukawska-Matuszewka ve Bolalek [2008], Gdansk Körfezinde sedimanda en yüksek P derişimini, derinliğin çok fazla olduğu yerlerin rüzgar kaynaklı erozyonu engellediği ve tuzluluk katmanlaşmasının su kütlelerinin ve kimyasal bileşiklerin alışverişini engellediği yerlerde ölçmüşlerdir. Bu değişimde gerek tane boyu dağılımı (jeokimyasal özellikler) gerekse sedimandaki biyolojik aktivitenin ve fiziksel karışımların etkisi vardır [Xu vd., 2003]. İnce sedimanlar genellikle iri tanelilere göre daha fazla P içerirler ve açık denize daha kolay taşınırlar. Maksimum P derişimi dip sularda kil ve siltli bölgede, sınırlı karışım ve oksijen eksikliği koşullarında organik maddenin yavaş ayrıştırıldığı körfezin katmanlaştığı yerde ölçülmüştür. Kumlu sedimanın baskın olduğu kıyısal zonda, (Çizelge 4.2), P derişimleri daha düşüktür, bu durum dip suların aşırı dinamik oluşu ve yoğun deniz tabanı taşınımı yüzündendir [Lukawska-Matuszewka ve Bolalek , 2008] .

Açık sularda yaz boyunca partikül maddedeki N/P oranlarının artışı, sedimandaki organik fosfor bileşiklerinin bakterinin enzim aktivitesinden daha kolay etkilenmesi ve parçalanmasının sonucudur.

Mersin Körfezi ve BAP sedimanlarından Temmuz 2010 ve Kasım 2010 döneminde ölçülen toplam fosforu (TP) oluşturan ana bileşenler (organik-P ve inorganik-P) Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de verilmiştir. Temmuz 2010 sedimanında P ölçümleri incelendiğinde, partikül maddelere bağlanmış, kompleks yapmış PO_4

iyonları (kolay çözünebilir fraksiyon), yarı bozunmuş partikül organik-P ve toplam-PP derişimleri kıyıda doğru giderek artan bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.16).

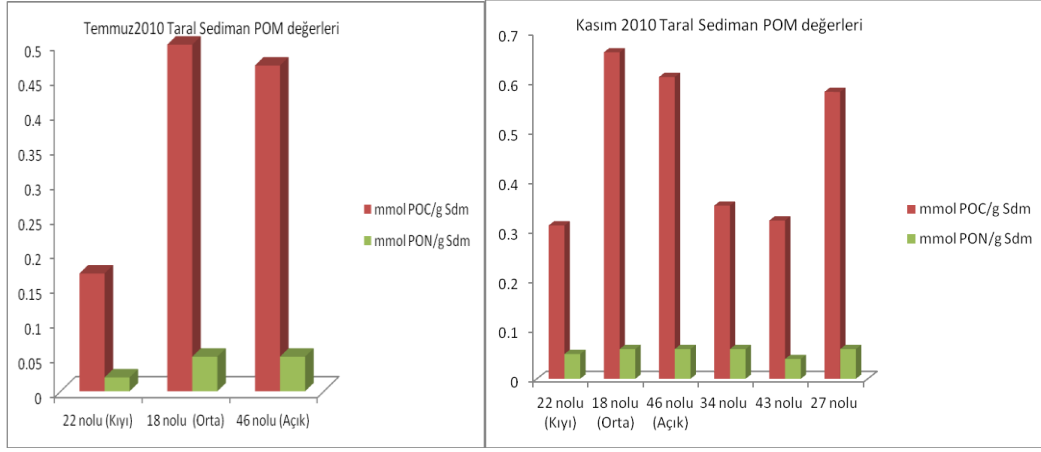
Mersin Körfezi ve BAP sedimanlarından elde edilen çözünmüş P derişimleri 0.69-1-64 $\mu\text{molP/g}$ -kuru ağırlık aralığında, yarı bozunmuş organik P derişimleri 12.4-16.8 $\mu\text{molP/g}$ -kuru ağırlık ve toplam PP derişimleri ise 14.8-19.0 $\mu\text{molP/g}$ -kuru ağırlık aralığında değişmiştir. Çözünmüş P kıyı yüzey sediman istasyonunda, toplam P'nin % 4.6-5.4'ünü, orta yüzey sediman istasyonunda % 6.5-8.5'ini oluşturan açık yüzey sediman istasyonunda artarak % 8.6-9.8'ini oluşturmuştur. Yarı bozunmuş organik-P kıyı yüzey sediman istasyonunda, toplam P'nin %96-97'sini, orta yüzey sediman istasyonunda % 95-98'ini, açık yüzey sediman istasyonunda ise % 67-75'ini oluşturmuştur. Bu sonuçlar toplam PP derişimi içinde ana bileşenin yarı bozunmuş organik P olduğunu kıyıda doğru çözünmüş P yüzdesinin artarken, yarı bozunmuş P yüzdesinin azaldığını göstermektedir. Çözünmüş P derişimi Temmuz 2010 sedimanlarında toplam P'nin % 4.6-9.8'ini oluştururken, Kasım dönemi sedimanlarında % 3.7-8.5'ini oluşturur. Yarı bozunmuş organik P, Temmuz 2010 sedimanlarında toplam P'nin % 91-97'sini, Kasım 2010 sedimanlarında ise % 75-95'ini oluşturmaktadır.

Su kolonunda TPP derişimleri üst su kolonunda yüksek olup, derinlere doğru gidildikçe azalma göstermektedir (Şekil 4.10). Sediman analizlerinde ölçülen fotosentez kaynaklı partikül organik fosfor, mineralizasyon sırasında sediman partiküllerine tutunmuş ve açık yüzey sedimanlarında toplam P derişiminin kıyı yüzey sedimanlarına göre daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir. Ve bu durum derin sularda görülen düşük TPP derişimlerini açıklayabilir. POC, PON ve TPP derişimlerinin nehirle beslenen kıyı sularından açık sulara doğru azaldığı ve seston bakımından oldukça fakir olduğu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir [Doğan-Sağlamtimur, 2004]. Ayrıca açık suların öfotik zonundaki POM artışlarının, planktonik orjinli daha az bozunmuş POM'un katkısı yüzünden olduğu ve bu durumun daha düşük C/P ve N/P oranlarına neden olduğu Kuzeydoğu Akdenizin besin elementlerince fakir açık sularında yapılmış çalışmaların sonuçlarındandır [Doğan-Sağlamtimur, 2004; Lukawska-Matuszewka ve Bolalek, 2008].

Deneysel sonucu elde edilen toplam PP, çözünebilir PP ile yarı bozunmuş organik PP toplamından elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.5) karşılaştırılmıştır. Teorik toplamlardan elde edilen toplam fosforun deneysel sonucu doğrudan ölçülen toplam fosfordan az da olsa kısmen yüksek bulunmuştur. Bunlar beklenen sonuçtur; kantitatif ölçümlerin ekstraksiyon aşamalarında bir adımdan diğerine geçişte, diğer fazdan fosfor kirlenmesinin olması ve de deneysel hatalardan dolayı, çizelgede görülen farklar ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Mersin Körfezi Yüzey Sedimanlarında Mersin Körfezi ve BAP Sedimanlarında Çözünmüş P (P_{dis})- Yarı Bozunmuş Organik P (P_{det}) - Toplam P (P_{top}) derişimleri ve oranları

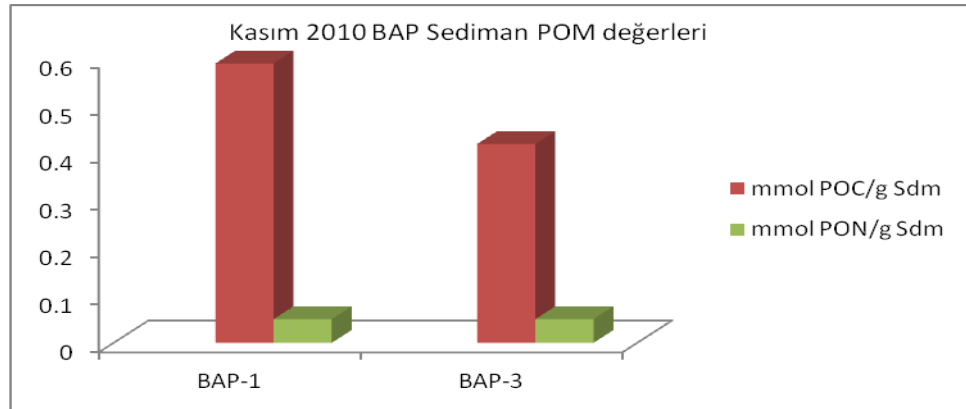
Tarih	İstasyon	P_{dis} ($\mu\text{molP/g}$)	P_{det} ($\mu\text{molP/g}$)	Deneysel (P_{top}) ($\mu\text{molP/g}$)	Teorik (P_{top}) ($\mu\text{molP/g}$)	P_{dis}/P_{top}	P_{det}/P_{top}
06.07.2010	G47R43/T22 Derinlik (11m)	0.69	14.4	14.8	15.1	0.05	0.97
06.07.2010	G45R43/T18 Derinlik (20m)	1.07	15.7	16.4	16.8	0.07	0.96
06.07.2010	G31R42/T46 Derinlik(125m)	1.57	14.6	15.9	16.2	0.10	0.92
10.11.2010	G37R43/T22 Derinlik (11m)	0.93	16.4	17.0	17.3	0.05	0.96
10.11.2010	G44R52/T34 Derinlik (10m)	0.89	14.4	15.3	15.3	0.06	0.94
10.11.2010	G34S08/T43 Derinlik (20m)	0.47	12.4	12.5	12.9	0.04	0.99
10.11.2010	G45R43/T18 Derinlik (20m)	1.46	16.7	17.0	18.2	0.09	0.98
10.11.2010	G41R59/T27 Derinlik (33m)	1.09	16.8	16.8	17.9	0.06	1.00
10.11.2010	G31R42/T46 Derinlik(125m)	1.64	12.8	19.0	14.4	0.09	0.67
11.11.2010	BAP-1 Derinlik (52m)	1.1	13.9	14.6	15.0	0.08	0.95
12.11.2010	BAP-3 Derinlik(220m)	1.48	13.9	18.4	15.4	0.08	0.76



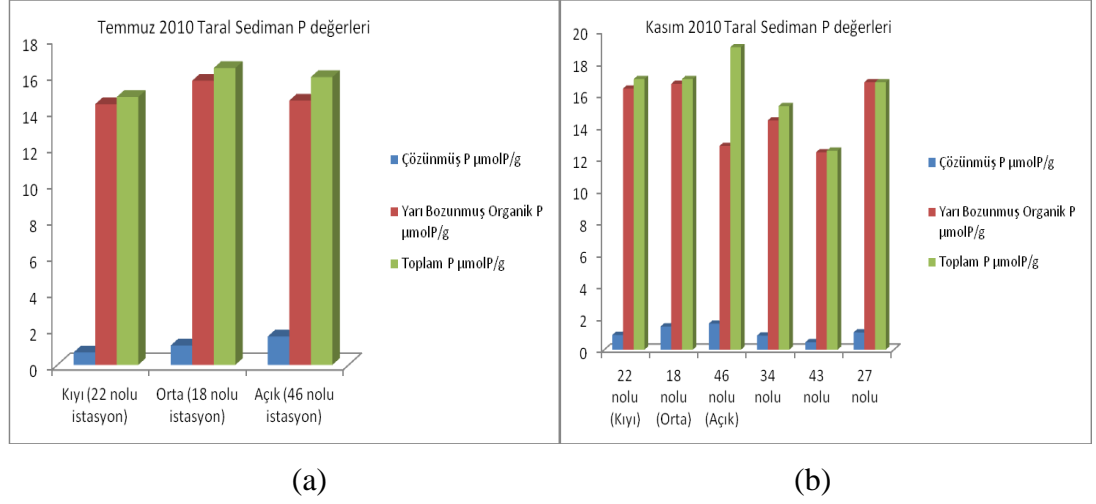
(a)

(b)

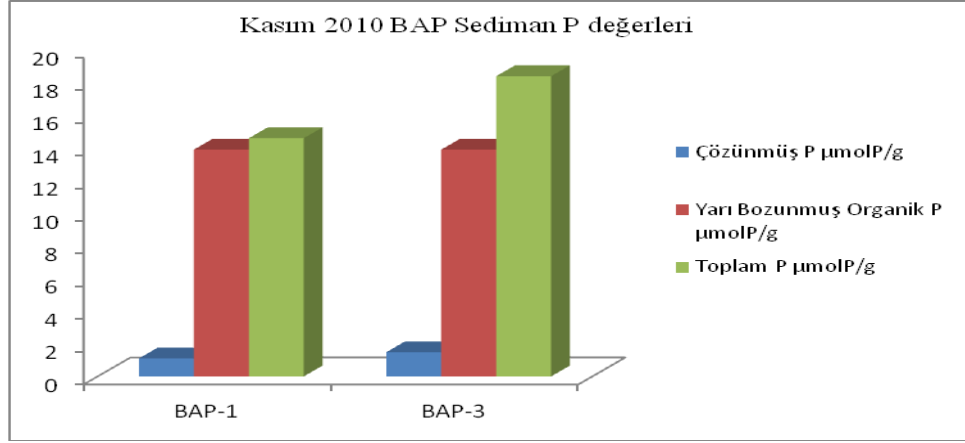
Şekil 4.14. Kıyı, orta ve açık Mersin Körfezi sedimanlarında (a) Temmuz 2010 (b) Kasım 2010 döneminde POM derişimleri



Şekil 4.15. BAP sedimanlarında Kasım 2010 döneminde POM derişimleri



Şekil 4.16. Kıyı, orta ve açık Mersin Körfezi sedimanlarında (a) Temmuz 2010 (b) Kasım 2010 döneminde P derişimleri ($\mu\text{molP/g}$)



Şekil 4.17. Kıyı ve açık BAP sedimanlarında Kasım 2010 döneminde TP, çözünmüş ve partikül-P derişimleri ($\mu\text{molP/g}$)

4.6. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Hidrografik, biyokimyasal ve P türleri değişkenleri arasındaki ilişki SPSS 16.0 kullanılarak Pearson korelasyon ile analiz edilmiştir. Böylece kıyı, orta ve açık su istasyonlarında fosfor türlerinin ve suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında ilişki olup olmadığı incelenmiştir. İstatistiksel değerlendirme için elde edilen veriler Çizelge 4.6 - 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kıyı istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi

		SIC	TUZ	YOĞ	TP	PO ₄	NO ₂ +NO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	TIN	Si	TIN/PO ₄	O ₂	Chl-a
TUZ	CC	.305(**)													
	Sig	0													
	N	256						CC	Korelasyon Katsayısı						
YOĞ	CC	-.805 (**)	.133(*)					Sig	Sig (2-tailed)						
	Sig	0.000	0.033					N	Örnek sayısı		KIYI İSTASYON				
	N	256	256												
TP	CC	.057	-.287(**)	-.235(**)				**	Korelasyon 0.01 seviyesinde önemli (2-tailed)						
	Sig	0.364	0	0				*	Korelasyon 0.05 seviyesinde önemli(2-tailed)						
	N	253.	253	253											
PO ₄	CC	.080	-.209(**)	-.168(**)	.477(**)										
	Sig	0.205	0.001	0.007	0										
	N	256	256	256	258										
NO ₂ +NO ₃	CC	-.462(**)	-.518(**)	.232(**)	.118	.200(**)									
	Sig	0	0	0	0.058	0.001									
	N	256	256	256	258	261									
NO ₃	CC	-.460(**)	-.521(**)	.228(**)	.106	.168(**)	.998(**)								
	Sig	0	0	0	0.089	0.007	0								
	N	256	256	256	258	261	261								
NO ₂	CC	-.304(**)	-.282(**)	.184(**)	.207(**)	.475(**)	.639(**)	.584(**)							
	Sig	0	0	0.003	0.001	0	0	0							
	N	256	256	256	258	261	261	261							
NH ₄	CC	-.008	-.042	-.014	.185(**)	.381(**)	.312(**)	.270(**)	.647(**)						
	Sig	0.905	0.506	0.818	0.003	0	0	0	0						
	N	256	256	256	258	261	261	261	261						
TIN	CC	-.396(**)	-.453(**)	.193(**)	.160(*)	.295(**)	.950(**)	.935(**)	.754(**)	.592(**)					
	Sig	0	0	0.002	0.010	0	0	0	0	0					
	N	256	256	256	258	261	261	261	261	261					
Si	CC	.010	-.517(**)	-.236(**)	.391(**)	.441(**)	.585(**)	.572(**)	.502(**)	.255(**)	.580(**)				
	Sig	0.878	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	N	256	256	256	258	261	261	261	261	261	261				
TIN/PO ₄	CC	-.0370 (**)	-.357(**)	.208(**)	-.040	-.162(**)	.729(**)	.721(**)	.534(**)	.292(**)	.714(**)	.395(**)			
	Sig	0	0	0.001	0.521	0.009	0	0	0	0	0	0			
	N	256	256	256	258	261	261	261	261	261	261	261			
O ₂	CC	-.790(**)	-.614(**)	.552(**)	-.017	-.109	.522(**)	.528(**)	.251(**)	-.057	.425(**)	.058	.419(**)		
	Sig	0	0	0	0.786	0.080	0.	0	0	0.359	0	0.350	0		
	N	256	256	256	258	261	261	261	261	261	261	261	261		
Chl-a	CC	-.0135(*)	-.424(**)	-.050	.365(**)	.347(**)	.514(**)	.494(**)	.532(**)	.295(**)	.533(**)	.518(**)	.447(**)	.263(**)	
	Sig	0.031	0	0.428	0	0	0	0	0	0	0.	0	0	0	
	N	253	253	253	255	258	258	258	258	258	258	258	258	258	
C/Chl-a	CC	0.289(**)	0.083	-.342(**)	.117	-.034	-.244(**)	-.235(**)	-.278(**)	-.206(**)	-.277(**)	-.181(*)	-.257(**)	-.232(**)	-.371(**)
	Sig	0	0.250	0	0.099	0.637	0	0.001	0	0.003	0	0.010	0	0.001	0
	N	195	195	195	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Çizelge 4.7. Kıyı istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi

		POC	PON	POC/PON	PP	PON/PP
PON	CC	.978(**)		CC	Korelasyon Katsayısı	
	Sig	0		Sig	Sig (2-tailed)	
	N	201		N	Örnek sayısı	
POC/PON	CC	.055	-.112		KIYI İSTASYON	
	Sig	0.436	.113			
	N	201	201			
PP	CC	.911(**)	.943(**)	-.109		
	Sig	0	0	0.129		
	N	194	194	194		
PON/PP	CC	.063	.066	-.145(*)	-.190(**)	
	Sig	0.379	0.362	0.043	0.008	
	N	194	194	194	194	
SIC	CC	.213(**)	.242(**)	-.167(*)	.171(*)	.126
	Sig	0.003	0.001	0.019	0.018	0.085
	N	196	196	196	191	189
TUZ	CC	-.493(**)	-.456(**)	-.128	-.477(**)	.062
	Sig	0	0	0.074	0	0.399
	N	196	196	196	191	189
YOĞ	CC	-.459(**)	-.466(**)	.076	-.413(**)	-.114
	Sig	0	0	0.290	0	0.117
	N	196	196	196	191	189
TP	CC	.477(**)	.508(**)	-.100	.566(**)	-.092
	Sig	0	0	0.156	0	0.201
	N	201	201	201	196	194
PO ₄	CC	.459(**)	.518(**)	-.244(**)	.579(**)	-.224(**)
	Sig	0	0	0	0	0.002
	N	201	201	201	196	194
NO ₂ +NO ₃	CC	.092	.099	-.111	.145(*)	-.063
	Sig	0.195	0.161	0.117	0.042	0.385
	N	201	201	201	196	194
NO ₃	CC	.073	.078	-.104	.125	-.056
	Sig	0.300	0.269	0.140	0.080	0.441
	N	201	201	201	196	194
NO ₂	CC	.289(**)	.324(**)	-.154(*)	.357(**)	-.130
	Sig	0	0	0.029	0	0.070
	N	201	201	201	196	194
NH ₄	CC	.215(**)	.248(**)	-.155(*)	.324(**)	-.182(*)
	Sig	0.002	0	0.028	0	0.011
	N	201	201	201	196	194
TİN	CC	.143	.159(*)	-.143(*)	.212(**)	-.103
	Sig	0.043	0.024	0.043	0.003	0.151
	N	201	201	201	196	194
Si	CC	.517(**)	.577(**)	-.274(**)	.556(**)	.032
	Sig	0	0	0	0	0.663
	N	201	201	201	196	194
TIN/PO ₄	CC	-.041	-.035	-.100	-.039	.025
	Sig	0.562	0.619	0.160	0.586	0.729
	N	201	201	201	196	194
O ₂	CC	0.114	.044	.275(**)	.071	-.068
	Sig	0.107	0.534	0	.323	0.345
	N	201	201	201	196	194
Chl-a	CC	.549(**)	.580(**)	-.117	.558(**)	-.061
	Sig	0	0	0.099	0	0.405
	N	198	198	198	193	191
C/Chl-a	CC	-.001	-.036	.171(*)	-.061	.089
	Sig	0.989	0.614	0.017	0.408	0.226
	N	195	195	195	188	188

Çizelge 4.8. Orta istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi

		SIC	TUZ	YOĞ	TP	PO ₄	NO ₂ +NO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	TIN	Si	TIN/PO ₄	O ₂	Chl-a
TUZ	CC	.327(**)													
	Sig	0													
	N	317													
YOĞ	CC	-.950(**)	-.017					CC	Korelasyon Katsayısı						
	Sig	0	0.762					Sig	Sig (2-tailed)						
	N	317	317					N	Örnek sayısı						
TP	CC	.034	-.228(**)	-.107				**	Korelasyon 0.01 seviyesinde önemli (2-tailed)						
	Sig	0.543	0	0.058				*	Korelasyon 0.05 seviyesinde önemli(2-tailed)						
	N	314	314	314											
PO ₄	CC	.058	-.170(**)	-.115(*)	.177(**)										
	Sig	0.301	0.002	0.040	0.002										
	N	317	317	317	315										
NO ₂ +NO ₃	CC	-.321(**)	-.605(**)	.124(*)	.225(**)	.152(**)									
	Sig	0	0	0.027	0	0.007									
	N	317	317	317	315	318									
NO ₃	CC	-.297(**)	-.618(**)	.095	.227(**)	.121(*)	.995(**)								
	Sig	0	0	0.093	0	0.030	0								
	N	317	317	317	315	318	318								
NO ₂	CC	-.375(**)	-.284(**)	.289(**)	.127(*)	.311(**)	.663(**)	.581(**)							
	Sig	0	0	0	0.024	0	0	0							
	N	317	317	317	315	318	318	318							
NH ₄	CC	.120(*)	.005	-.135(*)	.214(**)	.177(**)	.197(**)	.202(**)	.088						
	Sig	0.033	0.932	0.016	0	0.002	0	0	0.118						
	N	317	317	317	315	318	318	318	318						
TIN	CC	-.239(**)	-.526(**)	.062	.272(**)	.190(**)	.940(**)	.938(**)	.598(**)	.518(**)					
	Sig	0	0	0.272	0	0.001	0	0	0	0					
	N	317	317	317	315	318	318	318	318	318					
Si	CC	-.104	-.625(**)	-.102	0.323(**)	.317(**)	.833(**)	.831(**)	.536(**)	.178(**)	.786(**)				
	Sig	0.064	0	0.069	0	0	0	0	0	0.001	0				
	N	317	317	317	315	318	318	318	318	318	318				
TIN/PO ₄	CC	-.208(**)	-.453(**)	.053	.195(**)	-.126(*)	.863(**)	.876(**)	.452(**)	.389(**)	.890(**)	.683(**)			
	Sig	0	0	0.349	0	0.024	0	0	0	0	0	0			
	N	317	317	317	315	318	318	318	318	318	318	318			
O ₂	CC	-.903(**)	-.522(**)	.786(**)	.000	-.051	.375(**)	.370(**)	.273(**)	-.102	.291(**)	.193(**)	.269(**)		
	Sig	0	0	0	0.999	0.363	0	0	0	0.069	0	0.001	0		
	N	317	317	317	315	318	318	318	318	318	318	318	318		
Chl-a	CC	-.290(**)	-.616(**)	.094	.196(**)	.263(**)	.654(**)	.640(**)	.510(**)	.031	.584(**)	.664(**)	.525(**)	.370(**)	
	Sig	0	0	0.099	0.001	0	0	0	0	0.591	0	0	0	0	
	N	311	311	311	310	312	312	312	312	312	312	312	312	312	
C/Chl-a	CC	.441(**)	.313(**)	-.365(**)	-.019	-.113	-.214(**)	-.196(**)	-.246(**)	-.058	-.207(**)	-.188(**)	-.172(**)	-.349(**)	-.376(**)
	Sig	0	0	0	0.773	0.088	0.001	0.003	0	0.383	0.002	0.004	0.009	0	0
	N	227	227	227	227	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228

Çizelge 4.9. Orta istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi

		POC	PON	POC/PON	PP	PON/PP
PON	CC	.939(**)		CC	Korelasyon Katsayısı	
	Sig	0		Sig	Sig (2-tailed)	
	N	230		N	Örnek sayısı	
POC/PON	CC	.315(**)	.028		ORTA İSTASYON	
	Sig	0	0.674			
	N	230	230			
PP	CC	.762(**)	.810(**)	.121		
	Sig	0	0	0.075		
	N	217	217	217		
PON/PP	CC	.108	.103	-.105	-.317(**)	
	Sig	0.108	0.127	0.118	0	
	N	223	223	223	217	
SIC	CC	-.053	.000	-.093	-.074	-.107
	Sig	0.422	0.999	0.159	0.275	0.111
	N	229	229	229	217	222
TUZ	CC	-.482(**)	-.483(**)	-.023	-.564(**)	-.103
	Sig	0	0	0.728	0	0.126
	N	229	229	229	217	222
YOĞ	CC	-.102	-.161(*)	.092	-.083	.096
	Sig	0.124	0.015	0.167	0.225	0.153
	N	229	229	229	217	222
TP	CC	.126	.201(**)	-.110	.095	-.052
	Sig	0.056	0.002	0.097	0.162	0.441
	N	229	229	229	217	222
PO ₄	CC	.367(**)	.422(**)	-.039	.282(**)	-.089
	Sig	0	0	0.558	0	0.186
	N	230	230	230	218	223
NO ₂ +NO ₃	CC	.172(**)	.238(**)	-.140(*)	.317(**)	-.120
	Sig	0.009	0	0.034	0	0.074
	N	230	230	230	218	223
NO ₃	CC	.173(**)	.238(**)	-.139(*)	.311(**)	-.100
	Sig	0.008	0	0.035	0	0.138
	N	230	230	230	218	223
NO ₂	CC	.103	.150(*)	-.094	.233(**)	-.199(**)
	Sig	0.119	0.023	0.154	0.001	0.003
	N	230	230	230	218	223
NH ₄	CC	.091	.170(**)	-.118	.101	-.236(**)
	Sig	0.170	0.010	0.075	0.139	0
	N	230	230	230	218	223
TIN	CC	.181(**)	.264(**)	-.159(*)	.313(**)	-.176(**)
	Sig	0.006	0	0.016	0	0.009
	N	230	230	230	218	223
Si	CC	.335(**)	.464(**)	-.202(**)	.383(**)	-.103
	Sig	0	0	0.002	0	0.124
	N	230	230	230	218	223
TIN/PO ₄	CC	.074	.132(*)	-.151(*)	.272(**)	-.142(*)
	Sig	0.264	0.045	0.022	0	0.034
	N	230	230	230	218	223
O ₂	CC	.289(**)	.193(**)	.221(**)	.241(**)	.167(*)
	Sig	0	0.003	0.001	0	0.012
	N	230	230	230	218	223
Chl-a	CC	.421(**)	.434(**)	-.022	.462(**)	-.030
	Sig	0	0	0.735	0	0.658
	N	228	228	228	216	221
C/Chl-a	CC	.015	-.024	.211(**)	-.108	.157(*)
	Sig	0.823	0.725	0.002	0.120	0.022
	N	221	221	221	209	214

Çizelge 4.10. Açık istasyonda fiziksel, kimyasal ve biyolojik veriler arasındaki korelasyon listesi

		SIC	TUZ	YOĞ	TP	PO ₄	NO ₂ +NO ₃	NO ₃	NO ₂	NH ₄	TIN	Si	TIN/PO ₄	O ₂	Chl-a
TUZ	CC	-.037													
	Sig	0.604													
	N	196													
YOĞ	CC	-.167(*)	.977(**)					CC	Korelasyon Katsayısı						
	Sig	0.020	0					Sig	Sig (2-tailed)						
	N	196	196					N	Örnek sayısı		AÇIKİSTASYON				
TP	CC	.069	-.038	-.044				**	Korelasyon 0.01 seviyesinde önemli (2-tailed)						
	Sig	0.337	0.596	0.541				*	Korelasyon 0.05 seviyesinde önemli(2-tailed)						
	N	196	196	196											
PO ₄	CC	-.090	-.043	-.031	-.067										
	Sig	0.210	0.553	0.670	0.353										
	N	196	196	196	196										
NO ₂ +NO ₃	CC	-.353(**)	-.049	-.006	-.043	.056									
	Sig	0	0.493	0.936	0.549	0.433									
	N	196	196	196	196	196									
NO ₃	CC	-.329(**)	-.043	-.003	-.055	.057	.989(**)								
	Sig	0	0.551	0.968	0.443	0.433	0								
	N	195	195	195	195	195	195								
NO ₂	CC	-.336(**)	-.064	-.021	.026	.036	.592(**)	.469(**)							
	Sig	0	0.375	0.776	0.717	0.617	0	0							
	N	195	195	195	195	195	195	195							
NH ₄	CC	-.119	-.062	-.059	.041	.019	.110	.089	.165(*)						
	Sig	0.097	0.387	0.410	0.569	0.791	0.127	0.215	0.021						
	N	196	196	196	196	196	196	195	195						
TIN	CC	-.358(**)	-.062	-.021	-.064	.063	.947(**)	.934(**)	.580(**)	.412(**)					
	Sig	0	0.391	0.767	0.373	0.378	0	0	0	0					
	N	196	196	196	196	196	196	195	195	196					
Si	CC	-.203(**)	-.080	-.054	-.168(*)	.129	.674(**)	.672(**)	.374(**)	.124	.664(**)				
	Sig	0.004	0.267	0.456	0.019	0.071	0	0	0	0.082	0				
	N	196	196	196	196	196	196	195	195	196	196				
TIN/PO ₄	CC	-.317(**)	-.039	-.006	-.003	-.215(**)	.730(**)	.700(**)	.554(**)	.535(**)	.840(**)	.407(**)			
	Sig	0	0.587	0.935	0.971	0.002	0	0	0	0	0	0			
	N	196	196	196	196	196	196	195	195	196	196	196			
O ₂	CC	-.795(**)	.033	.140	-.103	0.083	-.021	-.049	.162(*)	.193(**)	.046	.020	.114		
	Sig	0	0.650	0.051	0.150	0.249	0.769	0.492	0.024	0.007	0.518	0.779	0.112		
	N	196	196	196	196	196	196	195	195	196	196	196	196		
Chl-a	CC	-.195(**)	.046	.073	-.044	-.121	.116	.072	.304(**)	.196(**)	.173(*)	.261(**)	.197(*)	.231(**)	
	Sig	0.007	0.532	0.320	0.548	0.097	0.110	0.324	0	0.007	0.017	0	0.006	0.001	
	N	190	190	190	190	190	190	189	189	190	190	190	190	190	
C/Chl-a	CC	.323(**)	.106	-.329(**)	-.128	.198(*)	-.053	-.037	-.143	0.118	-.011	-.088	-.127	-.332(**)	-.719(**)
	Sig	0	0.230	0	0.148	0.024	0.550	0.678	0.105	0.179	0.903	0.322	0.151	0	0
	N	130	130	130	130	130	130	129	129	130	130	130	130	130	130

Çizelge 4.11. Açık istasyonda POM verileri arasındaki korelasyon listesi

		POC	PON	POC/PON	PP	PON/PP
PON	CC	.922(**)		CC	Korelasyon Katsayısı	
	Sig	0		Sig	Sig (2-tailed)	
	N	134		N	Örnek sayısı	
POC/PON	CC	.036	-.328(**)		AÇIK İSTASYON	
	Sig	0.676	0			
	N	134	134			
PP	CC	.360(**)	.376(**)	-.162		
	Sig	0	0	0.072		
	N	125	125	125		
PON/PP	CC	.551(**)	.598(**)	-.139	-.373(**)	
	Sig	0	0	0.122	0	
	N	125	125	125	125	
SIC	CC	.425(**)	.304(**)	.217(*)	.383(**)	-.012
	Sig	0	0	0.012	0	0.892
	N	134	134	134	125	125
TUZ	CC	.066	.073	-.040	.064	.024
	Sig	0.447	0.403	0.644	0.477	0.790
	N	134	134	134	125	125
YOĞ	CC	-.433(**)	-.316(**)	-.192(*)	-.396(**)	.012
	Sig	0	0	0.026	0	0.890
	N	134	134	134	125	125
TP	CC	.018	.056	-.109	.131	-.033
	Sig	0.841	0.521	0.211	0.146	0.715
	N	134	134	134	125	125
PO ₄	CC	.029	.028	.002	-.002	.027
	Sig	0.737	0.751	0.981	0.980	0.769
	N	134	134	134	125	125
NO ₂ +NO ₃	CC	-.327(**)	-.265(**)	-.107	-.227(*)	-.120
	Sig	0	0.002	0.217	0.011	0.183
	N	134	134	134	125	125
NO ₃	CC	-.320(**)	-.259(**)	-.103	-.228(*)	-.109
	Sig	0	0.003	0.237	0.011	0.228
	N	133	133	133	124	124
NO ₂	CC	-.215(*)	-.185(*)	-.063	-.151	-.117
	Sig	0.013	0.033	0.470	0.095	0.197
	N	133	133	133	124	124
NH ₄	CC	.014	-.009	.025	.010	-.006
	Sig	0.870	0.914	0.772	0.915	0.944
	N	134	134	134	125	125
TIN	CC	-.299(**)	-.246(**)	-.095	-.217(*)	-.105
	Sig	0	0.004	0.276	0.015	0.243
	N	134	134	134	125	125
Si	CC	-.196(*)	-.136	-.122	-.028	-.150
	Sig	0.023	0.118	0.160	0.757	0.095
	N	134	134	134	125	125
TIN/PO ₄	CC	-.282(**)	-.251(**)	-.068	-.222(*)	-.132
	Sig	0.001	0.003	0.436	0.013	0.143
	N	134	134	134	125	125
O ₂	CC	-.237	-.137	-.201(*)	-.244(**)	.044
	Sig	0.006	0.114	0.020	0.006	0.622
	N	134	134	134	125	125
Chl-a	CC	-.097	-.076	-.020	-.085	-.019
	Sig	0.273	0.388	0.818	0.346	0.831
	N	131	131	131	124	124
C/Chl-a	CC	.448(**)	.375(**)	.080	.201(*)	.125
	Sig	0	0	0.363	0.026	0.169
	N	130	130	130	123	123

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fotosentez kaynaklı partikül/çözünmüş organik maddelerin denizler ve okyanus sistemindeki zaman-mekan ölçekli dağılımlarının, besin tuzları girdilerine ve birincil üretim hızlarına bağlı olarak çarpıcı değişimler gösterdiği uydulardan elde edilen yüzey klorofil dağılımlarından açıkça görülmektedir. Ancak, kıta sahanlığı, kıyı sular ve körfezlerdeki dağılımlar çok daha dinamiktir ve ancak yerinde ölçümlerle kantitatif değerlendirmeler yapmak mümkündür. Özellikle, açık suları oligotrofik özelliklere sahip Doğu Akdeniz kıta sahanlığı sularında besin elementleri dağılımlarının, su kolonunda ve sediman fazında partikül organik madde derişimleri dağılımlarının kantitatif belirlenmesi, sistematik bütünleşik izleme-araştırma çalışmaları gerektirmektedir. Bu çerçevede, ODTÜ-DBE tarafından yürütülen TÜBİTAK destekli araştırma projesi kapsamında Mersin Körfezi doğu ve batı bölgesi kıta sahanlığı sularında izleme çalışmaları yapılmıştır. Bu tez çalışmasını gerçekleştirmek için proje hedefleriyle uyumlu saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kıyısız alanlarda su, sediman örnekleri alınmış; ODTÜ-DBE laboratuvarlarında kimyasal analizler yapılmış ve elde edilen veriler tez danışmanlarının katkıları ile değerlendirilmiştir.

Körfezde farklı mevsimlerde izleme-örnekleme çalışmaları gerçekleştirmenin amacı, farklı fiziksel ve biyo-kimyasal koşullarda su kolonunda partikül madde dağılımlarının belirlenmesi ve değişen çevresel baskıların POM dağılımına etkilerini araştırmaktır. Özellikle, karasal girdi baskısı altındaki ötrofik kıyı suları ile doğal özellikleri yansıtan oligotrofik açık deniz suları arasındaki değişimin derecesi belirlenmiştir.

Mersin Körfezi yüzey sularında en yüksek su sıcaklığı ve tuzluluk değerlerine yaz sonunda ulaştığı; kış mevsiminde soğuyarak su sıcaklığının 15.3 - 15.7 C° seviyesine kadar azaldığı gözlenmiştir. Nehir girdilerinin etkisi dışında kalan kıta sahanlığının derin sularında (derinlik>100m) kış döneminde su kolonu karışmış; tuzluluk, sıcaklık profilleri tabana kadar homojen dağılım göstermiştir. Kıyıda,

yüzeyden tabana doğru artan tuzluluk profilleri, kurak/sıcak yaz-sonbahar döneminde açık sularda aşırı buharlaşmanın etkisiyle tersine dağılım göstermiştir.

Özellikle inorganik azot (nitrat) ve reaktif silikat bileşiklerince zengin olan Seyhan ve Berdan ırmakları ile birlikte Mersin kentinin toplam azot ve fosforca zengin/kirli evsel atık sularının iç körfeze deşarjıyla beslenen Mersin Körfezi doğu bölgesi sığ kıyı sularında aşırı plankton çoğalmasına ve yüzey sularında partikül organik madde artışına bağlı ötrofik koşullar gelişmiştir. Kısaca vurgulamak gerekirse; açık bölgede referans değerlere göre kıyısularda organik madde artışına bağlı olarak yüzey tabakasının ışık geçirgenliği (Seki Disk derinliği) çok azalmıştır; orta ve dış körfez özelliklerine göre iç sularda yüzey sularında toplam fosfor, TİN ve klorofil-a derişiminde 10 katı aşan artışlar gözlenmiştir. Yapılan mevsimsel gözlem sonuçlarına göre nehir girdileri, evsel atıksu deşarjları debilerine, fiziksel karışımlara ve kıyı-açık su etkileşimine bağlı olarak iç körfezin ötrofik koşulları ve yayıldığı alan belirgin mevsimsel değişimler göstermiştir.

Karasal baskıların artışıyla ötrofik koşulların belirgin hale geldiği körfezin kıyısularda partikül/çözünmüş madde artışına bağlı olarak yüzey suları renk değişimi belirginleşmiş, bulanıklık artmış ve suyun ışık geçirgenliğinin göstergesi olan SDD 2-4 metre aralığına kadar azalmıştır. Yağışların arttığı kış ve ilkbahar dönemlerinde karasal girdilerin etkisi ile ötrofik koşullar daha geniş alanda gözlenmiştir. Kurak geçen yaz-sonbahar döneminde ise ötrofik koşullar kıyıya yakın dar alanda sınırlanmıştır (derinlik <15m); özellikle atıksu deşarj bölgesinde (sıcak noktalar) ötrofikasyon göstergesi biyo-kimyasal parametreler yüksek ölçülmüştür. Bu ötrofik sıcak alanlarda yüzey suyu oksijen derişimi %120-130'luk doygunluk seviyesine kadar ulaşmıştır. Ancak, körfezin sığ kıyı sularında belirgin yoğunluk tabakalaşması oluşmadığından, kıyısularda dip sularında oksijen derişiminin ancak %80-85 seviyesine kadar azalması, yüzeyden fiziksel karışımlarla dip sulara yeterli oksijen girdisi olduğunu göstermektedir.

Kıyı suları besleyen akarsular ve yağmur suları nitrat iyonlarınca zengindir ve yüksek NO₃/PO₄ (N/P: 50-300) oranına sahiptir. Bölgenin akarsuları ve yağışları

körfez kıyı sularını yüksek N/P oranı ile beslediğinden, yağışlı kış döneminde körfez kıyı suların N/P oranı 200-300 seviyesine kadar ulaştığı gözlenmiştir. Nehir etkisinin azaldığı açık sularda N/P oranı kış-ilkbahar döneminde 7-15, yaz-sonbahar döneminde daha da azalarak 6-9 seviyesine kadar düşmüştür. Mersin Körfezi kıyı sularında N/P oranının yıl boyunca klasik Redfield oranından (16) oldukça yüksek olması, yüzey sularındaki fitoplankton üretiminde öncelikle “fosfor”un potansiyel sınırlayıcı parametre olduğunun göstergesidir. Bölge sularında son yıllarda yapılan yapılan biyo-deneyler bu görüşü desteklemektedir. Körfezin açık suları oligotrofik karakterde olduğundan fosfor ile birlikte diğer faktörlerin (Fe gibi) ortak sınırlayıcı faktör olabileceği öngörülmüştür.

Karasal baskıların etkisi sonucu ötrofik kıyasal sularda kış-ilkbahar döneminde sudaki canlı organik madde bolluğunun bir göstergesi olan Chl-a değerleri 2.6-2.8 µg/L seviyesine kadar yükselmiştir. Benzer artışlar, fotosentez kaynaklı toplam (canlı+cansız) POM (POC, PON ve TPP) derişimlerinde de gözlenmiştir. Toplam POC derişimi 32-45 µM seviyesine, PON ve TPP derişimleri ise açık sulara göre yaklaşık 10-20 kat artarak kıyı sularda sırasıyla 4-7.5 µM ve 0.22-0.4 µM seviyesine ulaşmıştır.

Körfezin temel fiziksel ve biyo-kimyasal özelliklerine bağlı olarak körfez yüzey sularında toplam POM derişimi (fito-, zooplankton ve ölü partikül organik madde toplamı) zaman ve mekan ölçekli önemli değişimler göstermiştir. Ancak, hesaplanan POC/PON oranı körfez içinde düzenli olarak 6-10 aralığında değişmiştir; özellikle karasal akarsu kaynaklı organik madde girdisi ile kıyı sularda daha yüksek POC ve C/N oranı bulunmuştur. Karasal kaynaklı baskının azaldığı dönemlerde POM derişimi orta ve dış körfezde 10 kata varan azalmalar göstermiştir; bu bölgeler için hesaplanan POC/PON oranı daha düşüktür (6-9) ve klasik Redfield oranına (6-7) yakın bulunmuştur.

Körfez kıyı yüzey sularında asılı partikül maddenin N/P oranı 10-30 aralığında değişim göstermiştir; bu oran ışık alan öfotik tabakada 20-40 aralığında, derin saha sularında ise 10-40 aralığındadır. Kıyı sularda denize nehirler ve

yağmurlar yoluyla daha fazla karasal kaynaklı POC, PON içerikli organik madde ve yüksek NO_3^- girdisinin olması ve kıyı sularda özellikle POC ve PON içerikli partikül madde birikimi olduğundan bu bölgelerde örneklenen POM'un C/P ve N/P oranları yüksek bulunmuştur. Kıta sahanlığının uçtaki derin (<100m) alanlarında POM derişimi düşüktür ve N/P oranı 20-40 aralığındadır; Redfield oranıyla (16) kıyaslandığında daha yüksek orana sahiptir.

Körfez sularında ölçülen toplam fosforun (TP) ana bileşenini organik kaynaklı fosfor (partikül-P + çözünmüş organik-P + çözünmüş inorganik reaktif- PO_4) bileşikleri oluşturmuştur. Körfez sularında ölçülen TP'nin % 8-40'ini reaktif fosfat (PO_4) oluşturmuş, geri kalan çoğunluğunu, % 60-90 arasında değişen oranlarda toplam partikül fosfor (TPP) ile çözünmüş organik fosfor (pH<1 olan zayıf asitte kısa sürede parçalanmayan) bileşenlerinin toplamı oluşturmuştur. Karasal kaynaklı baskı altındaki kirli/üretken kıyı sularda reaktif fosfatın TP'e katkısı % 15-35 aralığında değişir. TP değerlerinin azaldığı körfez açık sularında ise % 10-15 seviyesine kadar düşmüştür; bu sularda TP'nin ana bileşenini (% 70-80) çözünmüş organik fosfor (ÇOP) bileşikleri oluşturmuştur. Körfezde 2002 yılında yapılan benzer çalışmalara göre; düşey karışımların arttığı kış döneminde ise % 85- 91 seviyesine kadar yükselmiş; yüzey tuzluluğun kısmen azaldığı Mayıs- Haziran döneminde TÇP'nin TP içindeki payı %55-70 seviyesine gerilemiş ve TPP'e katkısı artmıştır. Yaz-sonbahar döneminde kıyı sularda genellikle TP'nin % 65-75'ini TÇP oluşturmuştur. Benzer dağılımlar ve değişimler okyanus sisteminin üretkenliği yüksek (ötrofik-mezotrofik) bölgelerden oligotrofik denizlere doğru gidildikçe gözlenmiştir (Suzumura ve Ingall, 2004; Doğan-Sağlamtimur, 2004].

Mersin Körfezi yüzey sularında birincil üretim kaynaklı POM ve TP artışının gözlendiği kış-ilkbahar dönemlerinde TPP'nin TP içindeki payı % 20-55 aralığında değişmiş; kıyıdan açığa doğru belirgin azalan eğilim göstermiştir.

Körfezin yüzey sedimanlarında ölçülen POC derişimi 2.90–7.91 mg/g'dır ve sedimanda ölçülen toplam karbonun ancak % 8-16 kadarını organik karbon oluşturmaktadır. Oksijensiz koşulların oluşmadığı körfez yüzey sedimanında PON

derişimi, 0.26-0.91 mg/g aralığında, toplam fosfor ise 0.45-0.61 mg/g aralığında ölçülmüştür. Sedimanın fosfor içeriğini oluşturan kolay bozunabilir (biyokimyasal parçalanmaya meyil) fosfor bileşikleri kıyıdan açığa doğru artan bir eğilim göstermiştir. Kıyısal sularda fotosentez kaynaklı POM üretimi yüksek olmasına rağmen sediman fazında belirgin POM birikimi gözlenmemiştir; sediman fazında ölçülen POC değerlerinin derin bölge sediman sonuçları ile benzerlik göstermesi, kıyısal bölge sediman tabakasında organik madde parçalanmasının etkin olduğunun göstergesidir.

Körfez yüzey sedimanı örneklerinde hesaplanan POC/PON molar oranı 6-11 aralığındadır ve su kolonundaki C/N oranı ile benzerdir. Bu yakın ilişki, sediman tabakasındaki organik madde birikiminde selektif organik azot yıkımının (parçalanması) çok düşük olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan PON/TP oranı değişkendir ve 7-20 aralığında bulunmuştur; bu değer su kolonundaki değişken POM kompozisyonu ile uyumludur.

Kirlilik baskısının fazla olduğu Mersin körfezi doğusu ile kirlilik baskısının düşük olduğu Mersin Körfezi batısı (Erdemli açığı) sedimanlarının TP içeriği kıyaslandığında çoğunlukla kıyıdan açığa doğru artan bir eğilim göstermiştir. Bu artışın, çökelen sedimanların fosfor tutma kapasitesi ve kıyı sulardaki daha etkin olan su-sediman fazı etkileşimi ile yakından ilişkili olduğu öngörülebilir.

Fitoplankton biyokütle göstergesi Chl-a derişimi ve POC ölçümlerinin regresyon analizinden elde edilen POC/Chl-a oranı, körfez içinde üretken dönemlerde 80 seviyesindedir. Üretimin re-jeneratif döngülerle kontrol edildiği yaz-sonbahar döneminde POC/Chl-a oranının 310 seviyesine yükselmesi, bu dönemde sudaki POM değişiminin/artışının öncelikle heteretrofik canlı ve ölü partikül madde fazlalığından kaynaklandığına işaret eder. Doğu Akdeniz açık sularında geçmiş yıllarda yapılan POM, Chl-a sonuçlarından hesaplanan POC/Chl-a oranı, üretimin yüksek olduğu kıyısal sularda, upwelling bölgesi ve klorofil maksimum derinliğindeki oranlara benzer düşük bulunmuştur. Bunun dışında kalan bölgelerde ve üretimin düştüğü dönemlerde POM ile klorofil-a (fitoplankton biyo-kütle

göstergesi) arasında yakın ilişki bulunmamıştır; yüksek POC/Chl-a oranı bulunmuştur [Ediger vd., 1999; 2005; Çoban-Yıldız vd., 2000a; Doğan-Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004; Tuğrul vd., 2004).

Mersin Körfezi'nde ötrofikasyon göstergesi indikatörlerin izlenmesi, karasal kaynakları da içine alacak şekilde bütünleşik olarak yapılması önemlidir. Kıyı-açık su etkileşiminin kantitatif tanımı için modelleme sonuçlarından iç körfezin yenilenme süreci çıkartılmalıdır. Bölgede son 10 yılda sistematik saha çalışmalarının mevsimsel sıklıkta sürdürülmesi, AB çevresel kalite kriterlerine uyum çalışması ve pilot uygulamaları için öncelikli alanların başında gelmektedir. Bu nedenle, deniz ortamının temel oşinografik ve ekolojik özellikleri birlikte ele alınarak, bölgede sürdürülebilir iyi "çevresel/ekolojik durum" hedeflerinin belirlenmesi için bölgede insan kaynaklı baskıların sonucu oluşan atıksu deşarj yüklerinin tolere edilebilir seviyesinin tespitine yönelik su kalitesi modelleme çalışması sonuçlarını doğrulayacak saha verileri gereklidir. Bu nedenle, sıcak noktalarda ve referans alanlarda su kolonu boyunca ve sedimanda ötrofikasyon indikatörü parametrelerin ve organik madde derişimlerinin daha sık aralıklarla izlenmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- Anonymous., “Marine Environment Researches of Izmir Bay”, Final Report of 1997 period, DEU. Institute of Marine Sciences and Technology Project No; DBTE-098, (in Turkish) (1997).
- APHA., “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21nd ed. (Editörler: Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E.), American Public Health Association. Washington, USA, (2005).
- Aydin, I., Aydin, F. and Hamamci, C. “A sequential extraction to determine the distribution of phosphorus in the seawater and marine surface sediment”, *Journal of Hazardous Materials*, 168: 664–669, (2009).
- Azam, F., Fenchel, T., Field, J.G., Gray, G.S., Meyer-Reil, L.A. and Thingstad, F. “The ecological role of water-column microbes in the sea”, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257-263, (1983).
- Basford, D. J., Eleftheriou, A., Davies, I. M., Irion, G. and Soltwedel, T. “The ICES North Sea benthos survey: the sedimentary environment”, *ICES Journal of Marine Science*, 50: 71–80, (1993).
- Baştürk, Ö., “Türkiye Suları (ders notları)”, Mersin, 2000, 110s. (2000).
- Benitez-Nelson, C.R. “The biogeochemical cycling of phosphorus in marine systems”, *Earth-Science Reviews*, 51: 109-135, (2000).
- Béthoux, J.P. “Oxygen consumption, new production, vertical advection and environmental evolution in the Mediterranean Sea”. *Deep-Sea Research*, 36: 769-781, (1989).
- Béthoux, J.P., Morin, P., Madec, C. and Gentili, B. “Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea”, *Deep-Sea Research*, 39 (9): 1641-1654, (1992).
- Béthoux, J.P. and Gentili, B. “Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes”, *Journal of Marine Systems*, 20: 33-47, (1999).
- Béthoux, J.P., Morin, P. And Ruiz-Pino, D.P. “Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity”, *Deep-Sea Research II*, 49: 2007-2016, (2002).

- Björkman, K. and Karl, D. M. “Bioavailability of inorganic and organic phosphorus compounds to natural assemblages of microorganisms in Hawaiian coastal waters”, *Mar. Ecol. Prog.Ser.*, 111: 265–274, (1994).
- Bodur, M.N., “Recent inshore sedimentation in the Bay of Mersin”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc.Thesis, 132 s., (1987).
- Boston, V., Dominic, J., Bostina, M. and Pardos, M. “Forms of particulate phosphorus in suspension and in bottom sediment in the Danube Delta”, *Lakes Reserv Res Manag*, 5:105–110, (2000).
- Burlakova, Z.P., Eremeeva, L.V. and Konovalov, S.K. “Particulate Organic Matter of Black Sea Euphotic Zone: seasonal and long-term variation of spatial distribution and composition”, *Sensitivity to Change: Black Sea and North Sea*, (Editörler: Özsoy, E. and Mikaelyan, A.),Netherlands, 223-228,(1997).
- Caron, D.A., Goldman, J.C. ve Dennett, M.R. “Experimental demonstration of the roles of bacteria and bacterivorous protozoa in plankton nutrient cycles”, *Hydrobiologica*, 159: 27-40, (1988).
- Carritt, D. E. and Goodgal, S. “Sorption reactions and some ecological implications”, *Deep-Sea Res.*, 1: 224–243, (1954).
- Chin, W-C, Orellana, M. V. and Verdrugo, P. “Spontaneous assembly of marine dissolved organic matter into polymer gels”, *Nature*, 391: 568–572, (1998).
- Cho, B.C. and Azam, F. “Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone”, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 63: 253-259, (1990).
- Conley D. J., Smith W. M., Cornwell J. C. and Fisher T. R. “Transformation of particle-bound phosphorus at the land-sea interface”, *Estua. Coast. Shelf Sci.*, 40: 161–176, (1995).
- Copin-Montégut, C. and Copin-Montégut, G. “Stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in marine particulate matter”, *Deep-Sea Research*, 30: 31-46, (1983).
- Cullen, J.J., Eppley, R.W. “Chlorophyll maximum layers of the Southern California Bight and possible mechanisms of their formation and maintenance”, *Oceanologica Acta*, 4: 23-32, (1981).

- Çoban, Y., “The abundance and elemental composition of suspended organic matter in the Turkish Seas (Black, Marmara and Eastern Mediterranean)”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc.Thesis, 187 s., (1997).
- Çoban-Yıldız, Y., Fabbri, D., Tartari, D., Tuğrul, S. and Gaines, A.F. “Application of pyrolysis-GC/MS for the characterisation of suspended particulate organic matter in the Mediterranean Sea: a comparison with the Black Sea”, *Organic Geochemistry*, 31:1627-1639. (2000a).
- Çoban-Yıldız, Y., Chiavari, G., Fabbri, D., Gaines, A.F., Galletti, G. and Tuğrul, S. “The chemical composition of Black Sea suspended particulate organic matter: pyrolysis-GCrMS as a complementary tool to traditional oceanographic analyses”, *Marine Chemistry*, 69:55-67, (2000b).
- Çoban-Yıldız, Y., Tuğrul, S., Ediger, D., Yılmaz, A. and Polat, S.Ç. “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*, 1/1:51-63, (2000c).
- Dafner, E.V. and Wangersky, P.J. “A brief overview of modern directions in marine DOC studies Part I Methodological aspects”, *Journal of Environmental Monitoring*, 4(1): 48-54, (2002).
- DBE-ODTÜ., “Oceanographic Studies between Akkuyu and Tekneçik (Aktek Project)”, Part 1, 2 and 3, Deniz Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Erdemli, İçel, (1984).
- DBE-ODTÜ., “Anamur Kanalizasyon Deniz Deşarjı Bölgesi Jeolojik Oşinografi Çalışması Raporu”, Deniz Bilimleri Enstitüsü, ODTÜ, Erdemli, İçel, 47 s., (1985).
- Delaney, M.L. “Phosphorus accmulation in marine sediments and the oceanic phosphorus cycle”, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 12: 563–572, (1998).
- Diren, G., “Effect of waves on grain size distribution along nearshore zone of Erdemli beach, Mersin, Turkey”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc Thesis 130 s., (1985).

- Doğan-Sağlamtimur, N. and Tuğrul, S. “Effect of Riverine Nutrients on Coastal Water Ecosystems: A Case Study from the Northeastern Mediterranean Shelf”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 11b:1288-1294, (2004).
- Doğan-Sağlamtimur, N., “Seasonal Variations Of Particulate And Dissolved Fractions of Phosphorus And Related Hydrochemical Parameters In The Northeastern Mediterranean Shelf Zone”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, PhD Thesis, 260s., (2007).
- Doğan-Sağlamtimur, N. and Tuğrul, S. “Doğu Akdeniz'de Akarsu Etkisindeki Kıyusal Bölge Sularının Özelliklerinin Açık Denizdekiler ile Karşılaştırılması”, *Ekoloji* 17, 68: 17-23, (2008).
- Dore, J.E., Houlihan, T., Hebel, D.V., Tien, G., Tupas, L. and Karl, D.M. “Freezing as a method of sample preservation for the analysis of dissolved inorganic nutrients in seawater”, *Marine Chemistry*, 53:173-185, (1996).
- Doval, M.D., Perez, F.F. and Berdalet, E. “Dissolved and particulate organic carbon and nitrogen in the Northwestern Mediterranean”, *Deep-Sea Research I*, 46: 511-527, (1999).
- Durrieu de Madron, X., Denis, L., Diaz, F., Garcia, N., Guieu, C., Grenz, C., Loÿe-Pilot, M.D., Ludwig, W., Moutin, T., Raimbault, P., Ridame, C. “Nutrients and carbon budgets for the Gulf of Lion during the Moogli cruises”, *Oceanologica Acta*, 26: 421-433, (2003).
- Ebren, G., “Morphology and flow characteristics of the Lamas River mouth”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc.Thesis, 133 s., (1982).
- Eckert, W., Didenko, J., Uri, Efrat. and Eldar, D. “Spatial and temporal variability of particulate phosphorus fractions in seston and sediments of Lake Kinneret under changing loading scenario”, *Hydrobiologia*, 494: 223–229, (2003).
- Ediger, V., “Recent Sedimentation in the Bay of Anamur”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc.Thesis, 127 s., (1987).
- Ediger, D., “Interrelationship among primary production, chlorophyll and environmental conditions in the Northern Levantine Basin”, Middle East

- Technical University, Institute of Marine Sciences, PhD Thesis, 178 s., (1995).
- Ediger, D. and Yılmaz, A. “Characteristics of deep chlorophyll maximum in the Northeastern Mediterranean with respect to environmental conditions”, *Journal of Marine Systems*, 9: 291-303, (1996).
- Ediger, D., Tuğrul, S., Polat, Ç.S., Yılmaz, A. and Salihoğlu, İ. “Abundance and elemental composition of particulate matter in the upper layer of Northeastern Mediterranean”, In: *The Eastern Mediterranean as a Laboratory Basin for the Assessment of Contrasting Ecosystems*, Malanotte-Rizzoli, P. and Eremeev, V.N. eds., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 241-266, (1999).
- Ediger, D., Tuğrul, S. and Yılmaz, A. “Vertical profiles of particulate organic matter and its relationship with chlorophyll-a in the upper layer of the NE Mediterranean Sea”, *Journal of Marine Systems*, 55: 311-326, (2005).
- Eijsink, L.M., Krom, M.D. and de Lange, G.J. “The use of sequential extraction techniques for sedimentary phosphorus in eastern Mediterranean sediments”, *Marine Geology*, 139: 147-155, (1997).
- Eker Develi, E., “Nutrient effects on phytoplankton (particularly *Emiliana huxleyi*) dynamics with special reference to the atmospheric deposition in the northeastern Mediterranean”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, PhD Thesis, 199 s., (2004).
- Ergincan, F.S., “Determination of the sediment yield and the mineralogy of the Lamas River”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc.Thesis, 76 s., (1985).
- Fang T. H. “Partitioning and behaviour of different forms of phosphorus in the Tanshui Estuary and one of its tributaries, Northern Taiwan”, *Estua. Coast. Shelf Sci.*, 50: 689–701, (2000).
- Fang, T-H., Chen, J-L., Huh, C-A. “Sedimentary phosphorus species and sedimentation flux in the East China Sea”, *Continental Shelf Research*, 27: 1465–1476, (2007).
- Faul, K.L., Paytan, A. and Delaney, M.L. “Phosphorus distribution in sinking oceanic particulate matter”, *Marine Chemistry*, 97: 307– 333, (2005).

- Filippelli G. M. “Biogeochemistry: phosphorus and the gust of fresh air”, *Nature*, 467: 1052–1053, (2010).
- Frascari, F., Matteucci, G., Giordano, P. “Evaluation of a eutrophic coastal lagoon ecosystem from the study of bottom sediments”, *Hydrobiologia*, 475/476: 387-401, (2002).
- Froelich, P. N., Bender M. L., Luedtke N. A., Heath G. R. and DeVries T. “The marine phosphorus cycle”, *Am. J. Sci.*, 282: 474–511, (1982).
- Froelich, P. N. “Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: a primer on the phosphate buffer mechanism”, *Limnology and Oceanography*, 33: 649–668, (1988).
- Gasol, J.M., del Giorgio, P.A. ve Carlos, M. “Biomass distribution in marine planktonic communities”, *Limnol. Oceanogr.*, 42: 1353-1363, (1997).
- Geider, R.J. and La Roche, J. “Redfield revisited: variability of C:N:P in marine microalgae and its biochemical basis”, *European Journal of Phycology*, 37:1-17, (2002).
- Gertman, I.F., Ovchinnikov, I.M. and Popov, Y.I. “Deep convection in the Levantine Sea”, *Rapp. P.-v. Reun. Commun. Int. Mer Medit.*, 32, 172, (1990).
- Giani, M., Puddu, A. and Rabitti, S. “A preliminary approach to the carbon cycling in the Northern Adriatic Sea”, *Ecosystem research report N. 32: the Adriatic Sea. European Commission, EUR 18834, Brussels: 251–267, (1999).*
- Giani, M., A. Boldrin, G. Matteucci, F. Frascari, M. Gismondi and S. Rabitti. “Downward fluxes of particulate carbon, nitrogen and phosphorus in the North Western Adriatic sea”, *Sci. Tot. Environ*, 266: 125–134, (2001).
- Giani, M., Savelli, F. and Boldrin, A. “Temporal variability of particulate organic carbon, nitrogen and phosphorus in the Northern Adriatic Sea”, *Hydrobiologia*, 494: 319-325, (2003).
- Gilbert, N. “The disappearing nutrient”, *Nature*, 461: 716–718, (2009).
- Golterman, H.L. “Chemistry of phosphate and Nitrogen Compounds in Sediments”, *Kluwer Academic Publishers, London, 278s., (2004).*
- Grasshoff, K., Erhardt M. and Kremling K. “Determination of nutrients, In: *Methods of Seawater Analysis*”, 2nd ed. VerlagChemieGmbH, Weiheim, Germany, 125-188,(1983).

- Gülümser, R., “Proximal shelf sediments off Erdemli (Mersin)”, Middle East Technical University, Institute of Marine Sciences, MSc. Thesis, 137s., (1978).
- Hung, J.-J., Wang, S.-M. and Chen, Y.-L. “Biogeochemical controls on distributions and fluxes of dissolved and particulate organic carbon in the Northern South China Sea”, *Deep-Sea Research II*, 54:1486–1503 (2007).
- Jago, C.F. and Barousseau, J.P. “Sediment Entrainment on a Wave-Graded Shelf, Roussillo, France”, *Developments in Sedimentology*, 32: 279–299, (1981).
- Jensen, H., Bendixen T. and Andersen F. “Transformation of particle-bound phosphorus at the land–Sea interface in a Danish Estuary”, *Wat. Air Soil Poll. Focus* 6:547–555, (2006).
- Jickells, T., “Atmospheric inputs of metals and nutrients to the oceans: their magnitude and effects”, *Marine Chemistry*, 48:199-214, (1995).
- Johnson, D., Ardron, J., Billett, D., Hooper, T. and Mullier, T., “An assessment of the ecological coherence of the OSPAR Network of Marine Protected Areas in 2012”, *Biodiversity Series 2012 Status Report*, London, 75 s., (2013).
- Karafistan, A., Martin J.-M., Rixen, M. and Beckers, J.M. “Space and time distributions of phosphate in the Mediterranean Sea”, *Deep-Sea Research I*, 49: 67-82, (2002).
- Karl, D. M. and Craven D. B. Effects of alkaline phosphatase activity on nucleotide measurements in aquatic microbial communities”, *Appl. Environ. Microbiol.*, 40: 549–561, (1980).
- Karl, D.M. and Björkman, K.M. “Phosphorus cycle in sea water: dissolved and particulate pool inventories and selected phosphorus fluxes”, *Methods in Microbiology*, 30: 239-270, (2001).
- Koroleff, F., “Determination of phosphorus. In: *Methods of Seawater Analysis*”, 2nd ed. (Editörler: Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K.), Verlag Chemie, Germany, 125-139, (1983).
- Kress, N., Thingstad, T.F., Pitta, P. Psarra, S., Tanaka, T., Zohary, T., Groom, S., Herut, B., Fauzi, R., Mantoura, C., Polychronaki, T., Rassoulzadegan, F., Spyres, G. “Effect of P and N addition to oligotrophic Eastern

- Mediterranean waters influenced by near-shore waters: A microcosm experiment”, *Deep-Sea Research II*, 52: 3054-3073, (2005).
- Krogerus, K. and Ekholm, P. “Phosphorus in settling matter and bottom sediments in lakes loaded by agriculture”, *Hydrobiologia*, 429:15–28, (2003).
- Krom, M.D. and Berner, “R.A. The diagenesis of phosphorus in a nearshore marine sediment”, *Geochim. Cosmochim.Acta*, 45: 201-216, (1981).
- Krom, M.D., Brenner, S., Kress, N. and Gordon, L.I. “Phosphorus limitation of primary productivity in the E. Mediterranean Sea”, *Limnology and Oceanography*, 36(3): 424–432, (1991).
- Krom, M.D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A. and Gordon, L.I. “Nutrient dynamics and new production in a warm core eddy from the Eastern Mediterranean Sea”, *Deep-Sea Research*, 39, (¾): 467-480, (1992).
- Krom, M.D., Brenner, S., Kress, N., Neori, A. and Gordon, L.I. “Nutrient distributions during an annual cycle accross a warm core eddy from the E. Mediterranean Sea”, *Deep Sea Research*, 40(4): 805–825, (1993).
- Krom, M.D., Cliff, R.A., Eijssink, L.M., Herut, B. and Chester, R. “The characterisation of Saharan dusts and Nile particulate matter in surface sediments from the Levantine basin using Sr isotopes”, *Marine Geology*, 155: 319–330, (1999).
- Krom, M.D., Groom, S. and Zohary, T. “The Eastern Mediterranean”, *The Biogeochemistry of Marine Systems*, (Editörler: Black, K.D., Shimmield, G.B.), Blackwell Publishing, Oxford, 91-126, (2003).
- Krom, M.D., Herut, B. and Mantoura, R.F.C. “Nutrient budget for the Eastern Mediterranean: Implications for phosphorus limitation”, *Limnology and Oceanography*, 49(5):1582-1592, (2004).
- Krom, M.D., Woodward, E.M.S., Herut, B., Kress, N., Carbo, P., Mantoura, R.F.C., Spyres, G. and Thingstad, T.F. “Nutrient cycling in the south east Levantine basin of the eastern Mediterranean: Results from a phosphorus starved system”, *Deep-Sea Research II*, 52: 2879-2896, (2005).

- Krom, M. D., Emeis, K.-C. and Van Cappellen, P. "Why is the Eastern Mediterranean phosphorus limited?", *Progress in Oceanography* 85: 236-244, (2010).
- Libes, S.M., "An Introduction to Marine Biogeochemistry", John Wiley and Sons Inc, New York, 734 s., (1992).
- Lin, P., Chen, M. and Laodongi G. "Speciation and transformation of phosphorus and its mixing behavior in the Bay of St. Louis estuary in the northern Gulf of Mexico", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 87: 283–298, (2012).
- Mach, D.L., Ramirez, A. and Holland, H.D. "Organic phosphorus and carbon in marine sediments", *Am. J. Sci.*, 278: 429-441, (1987).
- Malovitsky, Ya. B. , Emelyanov, E. M., Kazakov, O. V., Moskalenko, V. N., Osipov, G., Shimkus, K. M. and Chumakov, I.S. "Geological structure of the Mediterranean sea floor (based on geological-geophysical data)", *Marine Geology*, 18(4): 231-261, (1975).
- Mayer, L. M. and Gloss S. P. "Buffering of silica and phosphate in a turbid river", *Limnology and Oceanography*, 25: 12–22, (1980).
- Morel, F.M.M. and Hudson, J.M., "The geobiological cycle of trace elements in aquatic systems: Redfield revisited", *Chemical Processes in Lakes*, (Editör: Stumm, W.), Wiley-Interscience, New York, (1985).
- Morkoç, E., "Karbon-14 Tekniği Kullanarak Birincil Üretim Ve Sınırlayıcı Besin Elementlerinin Mevsimsel Değişiminin İzmit Körfezinde İzlenmesi ve Çevresel Etkenlerle İlişkilerinin Araştırılması", *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Doktora Tezi*, 140 s., (1991).
- Murphy, J. and Riley, J.P. "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters", *Analitica Chimica Acta*, 27:31-36, (1962).
- Nedwell, D.B., "The input and mineralization of organic carbon in anaerobic aquatic sediments", *Advances in Microbial Ecology*, (Editör: Marshall, K.C.), Plenum, New York, 93-132, (1984).
- Oğuz, T. and Tuğrul, S., "Denizlerimizin Genel Oşinografik Özelliklerine Toplu Bir Bakış" (Editör: Görür, N.) *Türkiye Denizlerinin ve Çevre Alanlarının Jeolojisi*, İstanbul, 1-21, (1998).

- Özsoy, E., Hecht, A., and Ünlüata, Ü. “Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of the POEM coordinated experiments 1985–1986”, *Progress in Oceanography*, 22: 125–170, (1989).
- Özsoy, E., Hecht, A., Ünlüata, U., Brenner, S., Oguz, T., Bishop, J., Latif, M. A. and Roentraub, Z. “A review of the Levantine Basin circulation and its variability during 1985–1988”, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 15: 421–456, (1991).
- Özsoy, E., Hecht, A., Ünlüata, U., Brenner, S., Sur, H., Bishop, J., Oguz, T., Rosentraub, Z. and Latif, M.A. “A synthesis of the Levantine basin circulation and hydrography”, 1985–1990, *Deep-Sea Research*, 40(6): 1075–1119, (1993).
- Pinardi, N., Zavatarelli, M., Arneri, E., Crise, A., Ravaioli, M. “The Physical, Sedimentary and Ecological Structure and Variability of Shelf Areas in the Mediterranean Sea”, *The Sea*, (Editörler: Robinson, A.R. and Brink, K.H.), 1243-1331, (2005).
- POEM Group. “General circulation of the Eastern Mediterranean”, *Earth-Science Reviews*, 32: 285-309, (1992).
- Polat, S.Ç., “Nutrient and organic carbon budgets in the Sea of Marmara: A progressive effort on the biogeochemical cycles of carbon, nitrogen and phosphorus”, *Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, PhD Thesis*, 215s., (1995).
- Pujo-Pay, M. and Raimbault, P. “Improvement of the wet-oxidation procedure for simultaneous determination of particulate organic nitrogen and phosphorus collected on filters”, *Marine Ecology Progress Series*, 105: 203-207, (1994).
- Raimbault, P., Pouvesle, W., Diaz, F., Garcia, N., Sempéré, R. Wet-oxidation and automated colorimetry for simultaneous determination of organic carbon, nitrogen and phosphorus dissolved in sea water”, *Marine Chemistry*, 66: 161-169, (1999).
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H. and Richards, F.A., “The influence of organisms on the composition of sea water, *The Sea, Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas*” (Editör: Hill, M.N.), Interscience Publishers, New York, 2: 26-77, (1963).

- Rowe, G., Sibuet, M., Deming, J., Khripounoff, A., Tietjen, J., Macko, S. and Theroux, R., “"Total" sediment biomass and preliminary estimates of organic carbon residence time in Deep-Sea benthos”, *Marine Ecology Progress Series*, 79: 99-114 (1991).
- Ruttenberg, K.C. “Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments”, *Limnology and Oceanography*, 37(7): 1460-1482, (1992).
- Ruttenberg K. C. and Sulak D. J. “Sorption and desorption of dissolved organic phosphorus onto iron (oxyhydr)oxides in seawater”, *Geochim. Cosmochim. Acta* 75: 4095–4112, (2011).
- Rydin, E., Malmaeus, J.M., Karlsson, O.M. and Jonsson, E. P. “Phosphorus release from coastal Baltic Sea sediments as estimated from sediment profiles”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 111-117, (2011).
- Salihoğlu, I., Saydam, C., Baştürk, O., Yılmaz, K., Göçmen, D., Hatipoğlu, E. and Yılmaz, A. “Transport and distribution of nutrients and chlorophyll a by mesoscale eddies in the northeastern Mediterranean”, *Marine Chemistry*, 29: 375-390, (1990).
- Saliot, A., “The Mediterranean Sea. 5. press/The Handbook of Environmental Chemistry / Water Pollution”, Springer, 453s., (2005).
- Scanlan, D.J., Wilson, W.H. “Application of molecular techniques to addressing the role of P as a key effector in marine ecosystems”, *Hydrobiologia*, 401, 149-175. (1999).
- Sert, M.F., “Determination of total nitrogen and total phosphorus in the northeastern Mediterranean water column”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc. Thesis, 110 s., (2010).
- Shaw, H.F. and Bush, P.R. “The mineralogy and geochemistry of the recent surface sediments of the Cilicia Basin, NE-Mediterranean”, *Marine Geology*, 27: 115-136, (1978).
- Slomp CP, Malschaer JPF, Raaphorst, W. “The role of adsorption in sediment-water exchange of phosphate in North Sea continental margin sediments”, *Limnol. Oceanog*, 43(5): 832–846, (1998).

- Socal, G., Boldrin, A., Bianchi, F., Civitarese, A., Rabitti, S., Totti, C. and Turchetto, M. "Nutrient, particulate matter and phytoplankton variability in the photic layer of the Otranto strait", *Journal of Marine Systems*, 20: 381-398, (1999).
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., "A Practical Handbook of Seawater Analysis", 2nd edition. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, No. 167, 310s., (1972).
- Sur, H.İ., Özsoy, E. and Ünlüata, Ü. "Simultaneous deep and intermediate depth convection in the northern Levantine Sea, winter 1992", *Oceanol. Acta* 16 (1):33-43, (1993).
- Suratman S., Weston, K., Jickells, T., Fernand, L. "Spatial and seasonal changes of dissolved and particulate organic C in the North Sea" , *Hydrobiologia*, 628:13-25, (2009).
- Suzumura, M., Ingall, E. "Distribution and dynamics of various forms of phosphorus in seawater: insights from field observations in the Pacific Ocean and a laboratory experiment", *Deep-Sea Research I*, 51: 1113-1130, (2004).
- Tissot, B. P. and Welte, D. H. "Petroleum formation and occurrence", 2nd ed. Springer, (1984).
- TÜBİTAK-SINHA Proje No:107 G 066, Final raporu, 2011.
- Tuğrul, S., Ediger, D., Doğan-Sağlamtimur, N. and Yılmaz, D. "Kuzeydoğu Akdeniz Kıyı Sularında Fosfor ve Azot Bileşikleri Değişimlerinin Fitoplankton Tür Dağılımına Etkisi", TÜBİTAK, Proje No: YDABAG-102Y057, 108 s., (2004).
- Tuğrul, S., Yemenicioğlu, S., Ediger, D., Uysal, Z., Mutlu, E., Doğan-Sağlamtimur, N., Yılmaz, D. and Devrimci, H.A., "Med Poll Phase III Long Term Bio Monitoring Trend Monitoring, Compliance Monitoring and Eutrophication Monitoring Program in Coastal and Hot Spot Areas from Northeastern Mediterranean", Ministry of Environment and Forestry Turkey, 336 s., (2005).
- Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. and Yücel, N. "Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi", *Ekoloji*, 20(80): 33-41, (2011).

- Tunç, Ş. Ç., “Geology and geochemistry of recent sediments from the northeastern Mediterranean basin”, Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc. Thesis, 127s., (2008).
- Turner, R. E., Rabalais N. N., Justic D. and Dortch Q. “Global patterns of dissolved N, P and Si in large rivers”, *Biogeochemistry*, 64: 297–317, (2003).
- Uysal, Z., Latif, M.A., Özsoy, E., Tuğrul, S., Kubilay, N., Beşiktepe, Ş.T., Yemenicioğlu, S., Mutlu, E., Ediger, D., Beşiktepe, Ş., Ediger, V., Örek, Y.A., Örek, H., Demirel, M., Tunç, S.Ç., Terbıyık, T., “Kilikya Baseni Kıyusal Ekosisteminde Dolaşım, Taşınım ve Ötrofikasyon Araştırmaları” (2008).
- Van der Zee, C. and Chou, L.”Seasonal cycling of phosphorus in the Southern Bight of the North Sea”, *Biogeosciences*, 2: 27-42, (2005).
- Venkatarathnam, K., Biscaye, P.E. and Ryan, W.B.F., “Origin and dispersal of Holocene Sediments in the Eastern Mediterranean Sea”, (Editör: Stanley, D.J.), *The Mediterranean Sea-A Natural Sedimentation Laboratory*, Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania. 455-469, (1972).
- Wetz, M.S., Hales, B. and Wheeler, P.A. “Degradation of phytoplankton-derived organic matter: Implications for carbon and nitrogen biogeochemistry in coastal ecosystems”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 422-432, (2008).
- Wysocki, L.A., Bianchi, T.S., Powell, R.T. and Reuss, N. “Spatial variability in the coupling of organic carbon, nutrients, and phytoplankton pigments in surface waters and sediments of the Mississippi River plume”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69: 47-63, (2006).
- Xu, F-L., Tao, S., Dawson, R. W. and Xu, Z. R. “The distributions and effects of nutrients in the sediments of a shallow eutrophic Chinese lake”, *Hydrobiologia*, 429: 85–93, (2003).
- Yılmaz, A., Ediger, D., Baştürk, Ö. and Tuğrul, S. “Phytoplankton fluorescence and deep chlorophyll maxima in the north-eastern Mediterranean”, *Oceanologica Acta* 17: 69–77, (1994).

- Yılmaz, A. and Tuğrul, S. “The effect of cold- and warm- core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the northeastern Mediterranean”, *Journal of Marine Systems* 16: 253-268, (1998).
- Yılmaz, D., “Temporal Variation of Phytoplankton in the Northeastern Shelf of Mediterranean Sea: Composition, Pigment Signature and Production”, *Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, PhD Thesis, 165s., (2006).*
- Yumruktepe, V.Ç. “Investigation of primary production and nutrient cycles in the Cilician Basin”. *Middle East Technical University Institute of Marine Sciences, MSc Thesis, 94s., (2011).*

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Emine ERDOĞAN

Doğum Tarihi: 07/04/1983

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Okul/Üniversite	Yıl
Lise		Hisarcık Lisesi	1996-1999
Lisans	Fen Edebiyat Fakültesi/Kimya	Mersin Üniversitesi	1999-2003
Yüksek Lisans	Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya A.B.D	Mersin Üniversitesi	2003-2006

(Varsa) Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
TÜBİTAK Proje Personeli/Kimyager	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Ana Bilim Dalı	2006-2008
Arş. Gör.	Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Fakültesi	2008-2014

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (SCI ve SCI-E):

1. Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. and Yücel, N. “ Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Ötrofikasyon İndikatörü Parametrelerin (TP, DIN, Chl-a ve TRIX) Değişimi”, Ekoloji, 20(80): 33-41, (2011).

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan (sözlü) ve bildiri kitabında basılan bildiriler :

2. Tuğrul, S., Erdoğan, E, and Baştürk, Ö. “Spatial Distribution Of Organic Matter and Nutrients in The Mersin Bay, Northeast Mediterranean”, ISEEP 2011 Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, Antalya, 20, (2011).

3. Aydın, R., Dündar, D., Balun, D., Turunç, E., Cengiz, K., Erdoğan, E. and Köleli, F. “ The Hydrogen Evolution Reaction on Polyaniline and Polypyrrole Electrodes” 2nd International Aegean Physical Chemistry Days Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, Balıkesir, 71, (2004).

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler :

4. Tugrul, S., Gazihan-Akoglu, A., Uysal, Z., Yücel, N., Erdogan, E. and Sert, M.F. “Effect of riverine and domestic discharges on the biogeochemical properties of Mersin Bay ecosystem (Northeastern Mediterranean)”, SESAME Final Scientific Conference, Athens, Greece, (2011).
5. Yucel, N., Uysal, Z., Tugrul, S., Assimakopoulou, G., Ozsoy, E. and Erdogan, E. “Primary production and phytoplankton composition in the southern Black Sea”, SESAME Final Scientific Conference, Athens, Greece, (2011).

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan (poster) ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler :

6. Erdogan, E., Tugrul, S. and Basturk, O. “Seasonal Variations Of Organic Matter and Nutrients in The Northeast Mediterranean (Mersin Bay)”, Proceedings of 40th Congress CIESM, Marseille, France, 40:184, (2013).
7. Erdogan, E., Tugrul, S. and Basturk, O. “Distribution Of Particulate Organic Matter In Sediments and In Water Column In The Northeast Mediterranean (Mersin Bay)”, Proceedings of 40th Congress CIESM, Marseille, France, 40:75, (2013).
8. Erdoğan, E., Bastürk, Ö., Tuğrul, S. and Sert, F. “Relationship between the distribution of organic matter and nutrients in the northeast Mediterranean (Mersin Bay)”, Proceedings of 39th Congress CIESM Venice, Italy, 39: 245, (2010).
9. Yücel, N., Erdoğan, E., Uysal, Z., Tuğrul, S. And Özsoy, E. “Primary Production in Shelf Waters of the Cilician Basin”, Proceedings of 39th Congress CIESM Venice, Italy, 39: 702, (2010).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan (sözlü) ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

- 10.** Erdoğan, E., Baştürk, Ö. and Tuğrul, S., “Mersin Körfezi Su Kolonunda ve Sedimanlarında Partikül Organik Madde Dağılımı”, 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, İstanbul, 81, (2013).
- 11.** Tuğrul, S., Erdoğan, E. And Baştürk, Ö. “Karasal Kaynaklı Girdilerin Mersin Körfezi Kıyı Sularında Partikül Organik Madde Dağılımı ve Kompozisyonuna Etkisi”, 16. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Antalya, 182, (2011).
- 12.** Tuğrul, S., Yemenicioğlu, S. and Erdoğan, E. “Mersin Körfezi Kıyısal Sularında Ötrofikasyon Seviyesinin Belirlenmesi”, Ekoloji 2010 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Aksaray, 37, (2010).
- 13.** Yemenicioğlu, S., Tuğrul, S. and Erdoğan, E. “Kuzeydoğu Akdeniz Kıyıları Güncel Sedimanlarında Ağır Metal Derişimleri”, Ekoloji 2010 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Aksaray, 60, (2010).
- 14.** Erdoğan, E., Baştürk, Ö., Yemenicioğlu, S. and Tuğrul, S. “ Kuzeydoğu Akdeniz Kıyıları Güncel sedimanlarında ve Balıklarında Ağır Metal Derişimleri”, 15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Rize, 94, (2009).
- 15.** Tuğrul, S., Uysal, Z., Erdoğan, E. and Baştürk, Ö. “Kilikya Baseni (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Biyokimyasal Parametrelerin (TP, PO₄, Chl-a ve Trix) Değişimi”, 15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Rize, 105, (2009).
- 16.** Yemenicioğlu, S., Tunç, Ç.Ş. and Erdoğan, E. “Kuzeydoğu Akdeniz Güncel Sedimanlarının Jeolojisi ve Jeokimyası”, 15. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Rize, 87, (2009).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan (poster) ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

17. Tuğrul, S., Erdoğan, E., Baştürk, Ö. “Mersin Körfezi (Kuzeydoğu Akdeniz) Sularında Organik Madde ve Besin Elementlerinin Mevsimsel Değişimi”, 17. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, İstanbul, 230,(2013).
18. Yemenicioğlu, S., Erdoğan, E. and Tuğrul, S. “İzmir Körfezi Midyelerinde Ağır Metal Birikimleri”, 16. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Antalya, 286, (2011).
19. Erdoğan, E., Yemenicioğlu, S. and Tuğrul, S “Kuzeydoğu Akdeniz Kıyı Suları Balıklarında Ağır Metal Derişimleri”, Ekoloji 2010 Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı, Aksaray, 121, (2010).
20. Erdoğan, E., Aydın, R., Köleli, F. “ Sodyum Salisilat İçinde Bakır Elektrotta Polipirol Sentezi” , 7. Elektrokimya Günleri Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, 49, (2006).
21. Erdoğan, E., Aydın, R., Köleli, F. “Bakır Destekli Polianilin Elektrotların Hazırlanması ve Özellikleri”, 6. Elektrokimya Günleri Bildiri Özetleri Kitabı, Eskişehir, 65, (2005).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan (sözlü) ve bildiri kitaplarında tam metin olarak basılan bildiriler:

22. Tuğrul, S., Erdoğan, E., Sert, F. and Baştürk, Ö. “Mersin Körfezi Kıyı Şeridinde Ötrofikasyon Seviyesinin İncelenmesi”, (Editör: Balas, L.), Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Trabzon, 3: 1437-1444, (2010).
23. Tuğrul, S., Sert, F., Erdoğan, E. and Baştürk, Ö. “Mersin Körfezi Biyokimyasal Parametrelerin Değişimi”, (Editör: Balas, L.), Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Trabzon, 3: 1457-1464, (2010).