

LEVANTİN BASENİ (DOĞU AKDENİZ) KITA SAHANLIĞI SULARINDA BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİN (BESİN ELEMENTİ, PARTİKÜL MADDE VE CHL-A) DEĞİŞİMİ

SÜLEYMAN TUĞRUL, NESLİHAN DOĞAN-SAĞLAMTİMUR, DİLEK EDİGER, DORUK YILMAZ

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, PK:28 33731 Erdemli-MERSİN

ÖZET

Karasal kaynaklardan deniz ortamına taşınan çözünmüş inorganik besin tuzları (nitrat, fosfat ve silikat), fitoplankterler tarafından kullanılarak organik maddeye dönüştürüldükleri için, yüzey sularında derişimleri genellikle çok düşüktür. Çevresel koşullara ve besin elementleri girdisine bağlı olarak, denizlerde organik madde üretim hızı, biyokütle yoğunluğu ve kimyasal kompozisyonu zaman-mekan ölçekli değişimler gösterir. Doğu Akdeniz Levantin baseni, dünyanın besin elementlerince en fakir bölgelerinin başında gelmektedir. Basenin yüzey sularında reaktif fosfat derişimi genellikle 10-20 nanomolar (nM) düzeyde olduğundan, besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonun üretimini doğrudan etkilemektedir; ayrıca çok hassas analitik yöntemlerle ölçülebilmektedir. Bu nedenle Doğu Akdeniz’de fosfor çevrimi en az araştırılan konulardandır. Bu çalışmada, Levantin baseni kıta sahanlığı sularının temel hidrografik-fiziksel (seki disk derinliği, tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk) ve biyokimyasal (besin elementi, partikül madde ve chl-a) parametrelerinin aylık değişimlerini incelemek amacıyla, Erdemli açıklarındaki üç istasyondan (istasyon 1: 34°27’E 36°57’N, toplam derinlik 20 m; istasyon 2: 34°36’E 36°43’N, toplam derinlik 100 m, istasyon 3: 34°38’E 36°50’N, toplam derinlik 200 m), Enstitü’ye ait ERDEMLİ araştırma teknesiyle 2003 yılında örneklemeler yapılmıştır. Fiziksel parametreler sahada, biyokimyasal parametreler ise alınan örneklerde laboratuvarında ölçülmüştür. Biyokimyasal parametrelere dair bulgular, ortam fiziksel özelliklerine bağlı olarak irdelenmiştir. Düşük debili Lamas Nehri’nin sürekli etkisi altında kalan kıyıya en yakın konumdaki istasyonda besin elementi değerleri genel olarak, kıyı ile açık arasındaki Lamas Nehri’nin doğrudan etki alanı dışında kalan orta istasyon verilerinin yaklaşık 2 katına, kıta sahanlığı ucundaki açık istasyon verilerinin ise 4-10 katına kadar ulaşır. Lamas Nehri, özellikle Şubat-Mayıs ayları arasında belirgin düzeyde besin elementi taşımaktadır. Üç istasyondaki biyokimyasal parametrelerin -kıyıda açığa doğru sırasıyla- çözünmüş inorganik fosfat için 0.018-0.162, 0.015-0.066, 0.011-0.068 µM, nitrat+nitrit için 0.06-6.26, 0.05-0.88, 0.05-3.61 µM, reaktif silikat için 0.91-9.14, 0.70-3.38, 0.66-5.79 µM, partikül organik karbon için 3.30-30.77, 1.39-24.41, 1.41-18.07 µM, partikül organik azot için 0.43-3.82, 0.16-1.85, 0.23-1.15 µM, partikül organik fosfor için 0.010-0.103, 0.005-0.054, 0.002-0.037 µM, Chl-a için 0.097-0.840, 0.044-0.455, 0.004-1.242 µg/L aralığında değiştiği gözlenmiştir. Açık istasyona doğru -özellikle fosfor konsantrasyonunun yüzey suyunda aşırı düşmesine paralel olarak- organik maddedeki C/N/P düzeyleri, Redfield oranından (106/16/1) sapmaktadır. N/P molar oranları -kıyı istasyondan açık istasyona doğru sırasıyla- (NO₃+NO₂)/PO₄ için 1.5-29.8, 1.8-28.7, 1.7-92.0, PON/POP için 20.2-83.6, 11.7-65.1, 16.1-225.0 seviyelerinde bulunmuştur. Belirlenen yüksek N/P oranları (>19), Levantin baseni ekosisteminde birincil üretimde fosforun sınırlayıcılığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Levantin Baseni, Fosfor, Nitrat, Silikat, Partikül madde, Chl-a.

LEVANTİN BASENİ (DOĞU AKDENİZ) KITA SAHANLIĞI SULARINDA BİYOKİMYASAL PARAMETRELERİN (BESİN ELEMENTİ, PARTİKÜL MADDE VE CHL-A) DEĞİŞİMİ

ABSTRACT

Concentrations of nutrients (nitrate, phosphate and silicate) discharged from land-based sources to the coastal waters are generally low due to utilization by auto-trophic organisms. Depending on environmental factors and nutrient input rates, production rate, biomass and elemental composition of particulate organic matter in the marine environment display spatial and temporal variations. The Levantin Basin of the Eastern Mediterranean is a typical example of oligotrophic seas over the world due to limited nutrient input. Since the concentration of dissolved reactive phosphate exists at 10-20 nanomolar (nM) levels in the Levantine surface waters, phytoplankton production is principally controlled by phosphate, which can be determined only by sensitive analytical methods. Therefore, there have been limited studies on the phosphorus cycle in the Eastern Mediterranean until recently. In this work, monthly cruises were carried out by R/V Erdemli for a 1-yr period in 2003 at three stations (Nearshore station: 34°27’E 36°57’N, total depth 20 m; Middle station: 34°36’E 36°43’N, total depth 100 m, Shelfbreak station: 34°38’E 36°50’N, total depth 200 m) selected on the continental shelf of Erdemli, the eastern Mediterranean (Turkey) in order to assess spatial and temporal variations of hydrographic (Secchi Disc Depth, salinity, temperature and density) and biochemical (nutrients, particulate matter and chl-a) parameters of the coastal waters

influenced by riverine inputs. At the nearshore station, influenced directly by the small Lamas River having greater water discharges and nutrient loads between February and May, the nutrient concentrations were 2 and 4-10 times higher than in the surface waters of the other two stations. The nutrient concentrations measured in the three stations were in the ranges of 0.018-0.162, 0.015-0.066, 0.011-0.068 μM for reactive phosphate, 0.06-6.26, 0.05-0.88, 0.05-3.61 μM for nitrate, 0.91-9.14, 0.70-3.38, 0.66-5.79 μM for reactive silicate, 3.30-30.77, 1.39-24.41, 1.41-18.07 μM for particulate organic carbon, 0.43-3.82, 0.16-1.85, 0.23-1.15 μM for particulate organic nitrogen, 0.010-0.103, 0.005-0.054, 0.002-0.037 μM for particulate organic phosphorus and 0.097-0.840, 0.044-0.455, 0.004-1.242 $\mu\text{g/L}$ for Chl-*a* from the nearshore to the shelfbreak stations, respectively. C/N/P ratios of particulate organic matter displayed spatial variations, exhibiting less consistency with the Redfield ratio of 106/16/1. Dissolved (nitrate/phosphate) and particulate N/P (PON/POP) ratios were in the range of 1.5-29.8, 1.8-28.7, 1.7-92.0, and 20.2-83.6, 11.7-65.1, 16.1-225.0 from the nearshore to shelfbreak stations, respectively. The higher N/P ratios of POM (>19) indicate that phosphorus is a potential limiting nutrient for the Levantin Basin ecosystem.

Keywords: Levantine Basin, Phosphorus, nitrate, silicate, Particulate matter, Chl-*a*

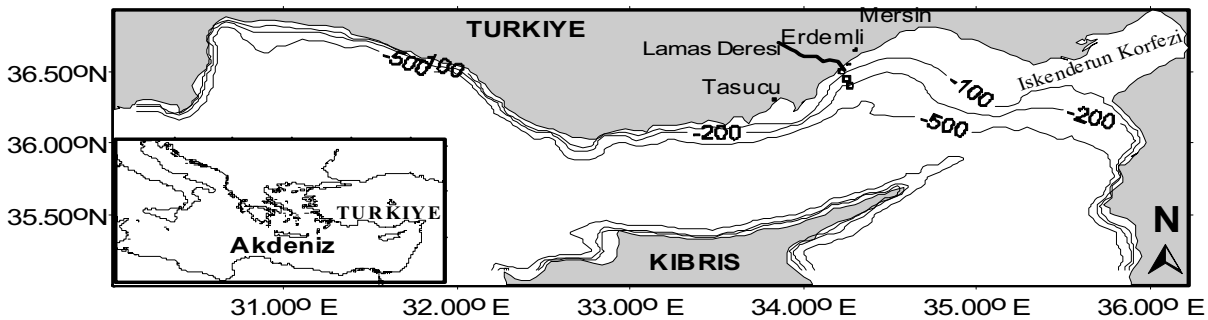
GİRİŞ

Birincil üretimin sürdüğü ve farklı kaynaklardan besin elementi taşınımının olduğu denizlerin yüzey sularında bulunan nitrit, nitrat ve fosfat iyonları, genellikle ancak nanoMolar (nM) düzeyindedir ve çok hassas yöntemlerle ölçülebilir (Yılmaz ve Tuğrul, 1998; Polat ve Tuğrul, 1995; Karl ve Tien, 1992; Thomson-Bulldis ve Karl, 1998). Bunların doğru ölçümü, biyoassay deneylerinin doğru yapılması ve ekosistem modellerinin doğru işletilmeleri açısından kritik öneme sahiptir. Yüzey sularında sürekli tüketilen inorganik azot ve fosfat bileşikleri ortamda çoğunlukla çözünmüş organik; kısmen de partikül organik azot ve fosfor bileşikleri şeklinde bulunurlar (Krom et al., 1999). Deniz ortamındaki organik madde bolluğu, yüzey sularındaki biyokütle üretimi ve birikimi ile yakından ilişkilidir ve yüzey sularının ışık geçirgenliğini azaltan bir faktördür (Kirk, 1983).

Kuzeydoğu Akdeniz'in değişken hidro-kimyasal özellikleri ve besin elementleri girdisi yükünün zaman-mekan ölçekli değişimleri, kıyı ve açık sulardaki fitoplankton çeşitliliği, bolluğu ile su kolonundaki POM dağılımını etkilemektedir. Kuzeydoğu Akdeniz'in açık sularında yıl boyunca farklı fitoplankton gruplarının dominant olduğu; aynı zamanda küçük fitoplankton (<3 μm) gruplarının yaygın olduğu bilinmektedir (Li et al., 1993; Azov, 1986). Klorofil dağılımının genel görüntüsü ve oligotrofik suların genel karakteristiği olan derin klorofil maksimumun özellikleri, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Ediger ve Yılmaz, 1996; Yacobi et al., 1996).

MATERYAL VE YÖNTEM

Levantin Baseni (Erdemli bölgesi) kıta sahanlığındaki üç istasyonda (kıyı, orta ve açık) (Şekil 1), ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait R/V Erdemli araştırma teknesi ile 2003 yılında, bir yıllık zaman serisi -belirlenen standart derinliklerden örnekleme yapılarak- çalışılmıştır.



Şekil 2. Levantin Baseni (Doğu Akdeniz) kıta sahanlığındaki örnekleme bölgesi haritası (istasyonlar □ işaretiyle gösterilmiştir).

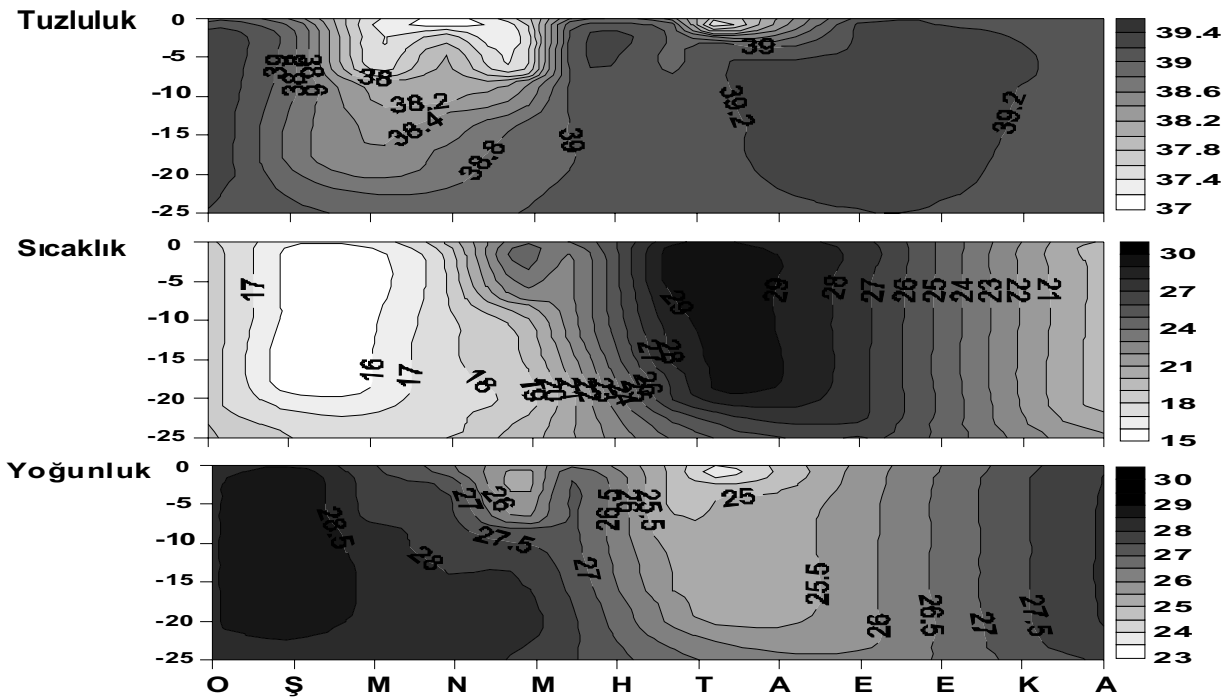
Besin elementlerinden nitrat (nitrat+nitrit olarak) ve silikat, üç kanallı Technicon AA II model oto-analizörü ile ölçülmüştür (Hassasiyeti; nitrat için 0.05 μM ve silikat için 0.1 μM). Çok sayıda örneğin devamlı analizine (saatte 30-40 örnek) olanak veren bu otomatik sistemde kullanılan ölçüm yöntemleri, cihazı üreten Technicon firmasınınca geliştirilmiş ve uluslararası standart ölçüm metodları olarak da yıllardır tüm dünyada uygulanmaktadır. İnorganik fosfat ise -özellikle oligotrofik sular için geliştirilen- ön zenginleştirmeli analiz yöntemi (MAGIC) (Karl ve Tien, 1992; Thomson-Bulldis ve Karl, 1998) kullanılarak, Spectronic Unicam UVD 1002E Helios Delta Model spektrofotometrede ölçülmüştür. Hassasiyeti 1.0 nM seviyesine yükselten yöntem, bu bölgede ilk kez uygulanmış olup, çok saf kimyasal kullanmayı gerektirmektedir. Deniz

suyunda bulunan çökeltme hızı düşük partikül organik maddenin (POM) temel bileşenleri olan partikül organik karbon (POC) ve partikül organik azot (PON) analizleri (Karl et al., 1990), Carlo Erba 1108 Model CHN analizörde yapılmıştır. Partikül organik fosfor (POP), spektrofotometrik yöntemle ölçümü yapılan partikül inorganik fosfor (PIP) değeri (Keefe et al., 2004; Grasshoff et al., 1983), toplam partikül fosfordan (PP) çıkarılıp elde edilmiştir. Toplam klorofil-a ölçümünde, klasik fluorometrik ölçüm tekniği uygulanır (Holm-Hansen, 1965).

BULGULAR, SONUÇ VE TARTIŞMA

Kıyı İstasyon

Kıyı istasyonun toplam derinliği 20m olup, yıl boyunca düşük debili ($2.2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{y}$) Lamas Nehri'nin etkisi altındadır. Bu istasyona ait hidrografik parametrelerin (tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk) 2003 yılında su kolonundaki derinlikle değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Ölçüm yapılan aylarda kıyı istasyonda deniz suyu yüzey sıcaklığının 15-30°C aralığında değişmesi ve bölgenin oldukça sığ olması nedeniyle, rüzgar etkili su karışımlarının 20 metrelik su kolonunda sıcaklık tabakalaşmasına olanak vermediği gözlenmiştir. Yüzey tuzluluk değerleri yıl boyunca ‰37.0-39.3 arasında olup, yaz aylarında 2-5 m derinlikte ‰38.9-39.3 seviyelerindedir. Mart-Mayıs döneminde nehir girdisinin öncelikle yüzeydeki ilk 10 metrelik tabakanın hidrografik özelliklerini çok etkilediği, 2-10 m arasındaki ince tabakadaki keskin tuzluluk değişimi etkisinin 10 metreden itibaren azaldığı görülmektedir. Kış aylarında yüzey sularının yeterince soğuması ile düşey karışımların daha yoğunlaştığı, bunun sonucu olarak su tabakasının homojen bir yapıda olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Tuzluluk ve su sıcaklığına bağlı olan su yoğunluğu (sigma-t birimi olarak), yüzeyde yıl boyunca 25.1-28.8 arasında değişmektedir. Yüzeyin hemen altında 2-6 m derinlikten sonra, su kolonunun homojen bir yoğunlukta ve sürekli karışım halinde olduğu dikkat çekmektedir. Tuzluluğun fazla değişmediği kıyı istasyonda su sıcaklığı düştükçe yoğunluk artmaktadır; yani sığ sulardaki yoğunluk değişimi su sıcaklığına çok bağlıdır.



Şekil 3. Kıyı istasyonda ölçülen hidrografik parametrelerin 2003 yılı derinlik profilleri

Kıyıya en yakın olan bu istasyonun su kolonunda inorganik fosfat, nitrat, reaktif silikat, POC, PON ve POP derişimleri sırasıyla 0.018-0.162; 0.06-6.26; 0.91-9.14; 3.30-30.77; 0.43-3.82; 0.010-0.103 μM aralığında ölçülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Kıyı istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları ve oranlar

Tarih	Derinlik (m)	PON (μM)	POC (μM)	POP (μM)	C/P	N/P	C/N	PO ₄ (μM)	NO ₃ (μM)	Si (μM)	N/P*	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)
29/1/03	0	0.63	4.03	0.016	258.8	40.7	6.4	0.028	0.22	1.25	7.79	0.373
	10	0.70	4.56	0.027	169.0	25.8	6.5	0.027	0.25	1.36	9.14	0.236
27/2/03	0	1.52	29.73	0.065	460.3	23.5	19.6	0.101	2.10	0.91	20.82	0.513

	10	1.16	8.13	0.056	144.7	20.7	7.0	0.097	1.77	1.01	18.2	0.254
28/3/03	0	3.82	23.22	0.078	299.4	49.3	6.1	0.162	4.82	7.40	29.83	0.330
	10	2.27	14.76	0.082	180.4	27.7	6.5	0.142	1.40	8.48	9.83	0.366
22/4/03	0	1.49	12.53	0.058	215.4	25.7	8.4	0.071	6.26	9.14	87.59	0.840
21/5/03	0	1.91	24.25	0.023	1060.0	83.6	12.7	0.058	0.07	4.41	1.20	0.284
	10	1.86	30.77	0.048	635.8	38.4	16.5	0.055	0.12	4.22	2.17	-
5/6/03	0	2.55	20.91	0.069	303.4	37.1	8.2	0.061	0.44	1.44	7.17	0.263
	10	1.23	12.45	0.025	489.7	48.4	10.1	0.059	0.09	1.76	1.53	0.680
15/7/03	0	1.70	13.43	0.060	222.3	28.1	7.9	0.050	0.13	1.55	2.59	0.133
	10	1.21	8.83	0.057	156.2	21.3	7.3	0.056	0.32	2.12	5.71	0.097
31/7/03	0	1.21	8.13	0.060	136.0	20.2	6.7	0.039	1.10	2.70	28.42	0.151
	10	2.25	18.03	0.103	175.5	21.9	8.0	0.044	0.09	1.09	2.04	0.148
22/9/03	0	1.41	11.49	0.043	267.8	33.0	8.1	0.043	0.08	1.76	1.85	0.128
	10	0.43	3.30	0.010	319.1	41.9	7.6	0.036	0.06	1.50	1.67	0.124
11/12/03	0	1.22	5.76	0.032	182.4	38.6	4.7	0.018	0.40	1.76	22.23	0.214
	10	0.93	3.85	0.025	153.5	36.9	4.2	0.024	0.35	1.77	14.52	0.183

* ile gösterilen N/P oranının hesabında, NO₃/PO₄ kullanılmıştır.

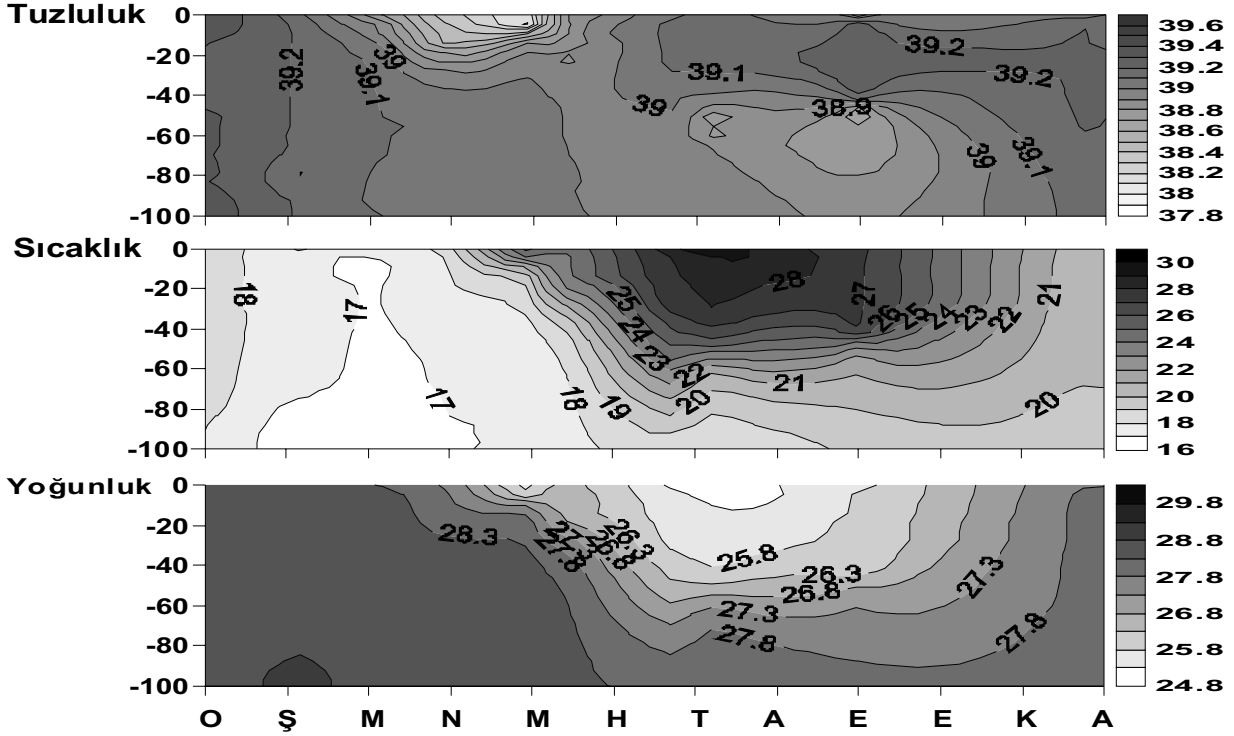
Yüzey sularında en yüksek besin elementleri derişimleri Mart-Nisan aylarında gözlenmiştir. Aynı aylarda yüzey sularında ölçülen düşük tuzluluk ve yüksek silikat değerleri (9.14 µM), düşük debili Lamas nehri'nin kıyı istasyonundaki etkisini açıkça göstermektedir. Lamas nehrinin besin elementleri içeriği, N/P ve Si/N oranları dikkate alındığında, kıyı istasyonun hangi dönemlerde tatlı su girdisinden daha fazla etkilendiğini anlamak mümkün olmaktadır. Özellikle Sahra tozunun bölgede etkin olduğu yağmurlu dönemlerde, Lamas nehri fosfat derişiminde dikkate değer artışlar olmaktadır. Bunun kaynağı da Sahra'dan taşınan küçük tanecikli tozların yapısındaki fosfat iyonlarının tatlı suda kısmen çözünmesidir. Fosfat iyonlarınınca fakir (0.030-1.16 µM) nehir suyunda N/P oranı çok yüksektir ve yıl boyunca 71-3099, Si/N oranı ise 0.67-1.38 aralığında değişmektedir. Ancak, yağmurlu dönemlerde sudaki ani fosfat artışından dolayı N/P oranı belirgin düşüşler göstermektedir. POC, PON ve POP konsantrasyonları en yüksek değerlere, Şubat-Mayıs ayları döneminde ulaşmışlardır (Tablo 1). Bu partikül madde artışları, yüzey suyuna nehirden taşınan besin tuzlarının tüketimine bağlı, plankton üretiminin artması sonucudur. Bu aylarda C/N oranı (19.6 ve 12.7-16.5) da yüksektir. Diğer aylardaki oranlar 4.2-19.6 arasında değişmekte olup, genellikle deniz ortamında fitoplankton kaynaklı partikül maddenin C/N oranına (6-8) yakındır. Kıyı sularda ölçülen PON/POP oranı, nehir etkisinin belirgin olduğu dönemlerde, besin elementi sınırlaması olmadan çoğalan planktonların, Redfield oranı (Redfield et al., 1963) olarak bilinen N/P=16 oranına yakındır. Mayıs ayında kıyı sularda POC konsantrasyonunda artış olurken, aynı matriksteki partikül maddenin PON, POP ve chl-*a* değerlerinde belirgin artış görülmemesi, karasal kaynaklı girdinin varlığını öne çıkarmaktadır. Denizlerde besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonların biyokütle göstergesi olan chl-*a*, 0.097-0.840 µg/L aralığında yıllık değişim göstermiştir (Tablo 1). İlkbahar plankton artışı ile 0.5 µg/L seviyesinde olan Chl-*a* derişimi, yılın en düşük değerlerine (0.13-0.15 µg/L) Haziran-Aralık 2003 arasında ulaşmıştır.

Orta İstasyon

Lamas Nehri'nin doğrudan etki alanı dışında, kıyından yaklaşık 12 km uzaklıkta olan orta istasyonun toplam derinliği yaklaşık 110 m'dir. Su kolonunda tuzluluk ‰37.8-39.6, sıcaklık ise 16-30°C aralığında değişmektedir (Şekil 3). Yüzey sularında Şubat-Haziran 2003 ayları arasında tuzluluk değerlerinin -kıyı istasyonundaki gibi- düşmesi, Mersin Körfezi'ni besleyen Seyhan, Berdan ve Deliçay nehir sularının genel ve rüzgar etkili yüzey akıntıları yoluyla bu bölgeye kadar ulaştığını göstermektedir. Kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığı suları açık deniz ile yoğun etkileşim içindedir (Ozsoy ve ark., 1981; Malanotte-Rizzoli ve Hecht, 1988); kıyasal akıntılarla doğu Akdeniz suları Mersin Körfezi kıta sahanlığını doldurmakta ve sürekli yenilenmektedir. Tuzluluk ve sıcaklık parametrelerinin belirlediği su yoğunluğu (sigma-t) 24.8-28.9 arasındadır (Şekil 3). Aralık-Mart döneminde su kolonu tamamen homojen bir yapıdadır. İlkbahardan başlayarak yüzey sularında oluşan sıcaklık tabakalaşması, yaz aylarında yaklaşık 30 m'lerde başlamaktadır.

Bu istasyonda aylık sıklıkta ölçülen inorganik fosfat, nitrat, reaktif silikat, POC, PON, POP sırasıyla 0.015-0.066, 0.05-0.88, 0.70-3.38, 1.39-24.41, 0.16-1.85, 0.005-0.054 µM aralığında değişim göstermiştir (Tablo 2). Besin elementleri konsantrasyonları, yüzey sularında sıcaklık tabakalaşmasının sürdüğü ve karasal girdinin en aza indiği yaz aylarında en düşük; nehir ve yağmur suları kaynaklı girdinin etkin olduğu Şubat-Mayıs 2003 döneminde ise en yüksek düzeydedir.

Tablo 2. Orta istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları ve oranlar



Şekil 3. Orta istasyonda ölçülen hidrografik parametrelerin 2003 yılı derinlik profilleri

Tarih	Derinlik (m)	PON (μM)	POC (μM)	POP (μM)	C/P	N/P	C/N	PO ₄ (μM)	NO ₃ (μM)	Si (μM)	N/P*	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)
29/1/03	0	0.34	1.99	0.007	303.7	51.6	5.9	0.022	0.27	1.50	12.27	0.171
	20	0.46	2.75	0.013	204.0	33.8	6.0	0.022	0.24	1.50	10.90	0.128
	40	0.44	2.50	0.016	155.2	27.4	5.7	0.020	0.26	1.53	13.15	0.175
	60	0.41	2.50	0.012	209.0	34.1	6.1	0.022	0.36	1.47	16.70	0.096
	80	0.27	1.65	0.013	123.8	20.1	6.2	0.024	0.19	1.38	18.91	0.161
27/2/03	100	0.72	4.40	0.031	140.5	23.0	6.1	0.030	0.45	1.51	6.42	0.202
	0	0.69	4.16	0.012	351.9	57.9	6.1	0.023	0.63	0.84	27.19	0.044
	20	0.79	4.87	0.012	391.8	63.4	6.2	0.020	0.23	0.87	11.47	0.101
	40	1.05	6.52	0.016	403.4	65.1	6.2	0.023	0.38	0.79	16.40	0.080
	60	0.85	5.29	0.018	293.3	47.3	6.2	0.022	0.45	1.02	20.20	0.139
28/3/03	80	0.42	2.33	0.010	224.4	40.5	5.5	0.025	0.66	1.67	25.98	0.319
	100	0.50	3.05	0.016	186.5	30.4	6.1	0.036	0.60	1.85	16.61	0.268
	0	0.95	6.62	0.024	278.4	40.1	6.9	0.032	0.58	1.33	18.04	0.057
	20	0.72	4.83	0.022	223.7	33.5	6.7	0.037	0.10	0.97	2.73	0.134
	40	0.65	4.81	0.019	258.6	34.8	7.4	0.019	0.11	0.85	5.73	0.093
22/4/03	60	0.54	3.59	0.021	175.0	26.2	6.7	0.016	0.10	1.68	6.22	0.332
	80	0.43	3.01	0.015	204.4	28.9	7.1	0.025	0.08	2.82	3.14	0.201
	100	0.33	2.11	0.015	142.2	22.6	6.3	0.030	0.23	3.38	7.69	0.181
	0	1.67	12.46	0.054	229.9	30.7	7.5	0.041	0.78	1.73	18.87	0.165
	21/5/03	0	1.85	24.41	0.044	552.0	41.8	13.2	0.040	0.08	2.10	1.98
5/6/03	20	0.65	6.64	0.014	467.0	45.8	10.2	0.019	0.10	0.85	5.37	0.134
	40	0.79	6.19	0.014	433.8	55.3	7.8	0.018	0.06	1.50	3.39	0.093
	60	0.65	5.39	0.016	331.8	39.8	8.3	0.024	0.08	2.75	3.34	0.332
	80	0.33	2.56	0.011	223.0	28.8	7.7	0.029	0.51	2.06	17.39	0.201
	100	0.62	5.23	0.022	242.5	28.7	8.4	0.031	0.88	2.02	28.69	0.181
15/7/03	0	1.11	10.34	0.035	293.2	31.6	9.3	0.028	0.08	0.92	2.87	0.253
	20	0.98	8.94	0.020	438.4	48.3	9.1	0.020	0.08	0.89	4.04	0.240
	40	0.77	7.09	0.014	504.6	54.9	9.2	0.021	0.09	1.01	4.25	0.186
	60	0.68	5.13	0.018	279.2	36.9	7.6	0.025	0.08	1.02	3.18	0.250
	80	0.46	3.66	0.021	174.8	22.0	8.0	0.027	0.07	1.13	2.55	0.348
15/7/03	100	0.39	2.93	0.008	373.8	49.4	7.6	0.025	0.10	2.54	4.04	0.359
	0	0.38	4.07	0.021	192.7	17.9	10.8	0.028	0.09	0.84	3.27	0.266

	20	0.42	3.10	0.036	86.2	11.7	7.3	0.028	0.11	1.21	3.94	0.253
	40	0.59	4.31	0.029	149.9	20.5	7.3	0.029	0.11	1.03	3.76	0.199
	60	0.32	2.48	0.019	131.2	17.0	7.7	0.021	0.11	1.05	5.29	0.283
	80	0.29	2.85	0.005	530.4	53.6	9.9	0.019	0.13	1.21	6.68	0.361
	100	0.49	3.81	0.010	387.0	49.9	7.8	0.028	0.14	1.71	4.93	0.372
31/7/03	0	0.43	4.28	0.015	281.8	28.2	10.0	0.026	0.06	0.70	2.29	0.060
	20	0.54	4.02	0.026	156.5	21.2	7.4	0.030	0.07	0.83	2.32	0.124
	40	0.56	3.83	0.030	126.1	18.4	6.8	0.046	0.09	1.23	1.94	0.322
	60	0.45	3.73	0.021	178.0	21.4	8.3	0.025	0.06	0.84	2.37	0.083
	80	0.23	1.40	0.012	119.7	19.9	6.0	0.028	0.07	0.77	2.54	0.257
	100	0.67	5.17	0.034	153.0	19.8	7.7	0.066	0.40	1.59	6.07	0.152
22/9/03	0	0.28	2.90	0.010	291.4	28.5	10.2	0.033	0.07	1.43	2.13	0.211
	20	0.35	3.83	0.013	298.6	27.3	10.9	0.035	0.10	1.48	2.85	0.411
	40	0.32	3.95	0.011	354.2	29.0	12.2	0.028	0.05	1.45	1.82	0.316
	60	0.31	3.52	0.012	287.9	25.3	11.4	0.025	0.05	1.71	1.98	0.424
	80	0.16	1.57	0.010	160.3	16.4	9.8	0.027	0.08	1.45	2.93	0.222
	100	0.35	3.23	0.011	281.8	30.5	9.2	0.037	0.09	1.65	2.44	0.455
11/12/0	0	0.74	4.06	0.018	225.0	41.0	5.5	0.015	0.34	1.70	22.20	0.106
	20	0.70	3.85	0.020	191.7	34.7	5.5	0.018	0.33	1.68	17.90	0.123
	40	0.75	3.95	0.018	219.6	41.5	5.3	0.015	0.32	1.69	21.53	0.180
	60	0.62	3.68	0.021	172.8	29.1	5.9	0.016	0.36	1.69	22.21	0.147
	80	0.59	3.19	0.023	137.4	25.6	5.4	0.048	0.52	2.21	10.81	0.144
	100	0.86	4.21	0.035	120.5	24.6	4.9	0.059	0.67	2.38	11.34	0.148

* ile gösterilen N/P oranının hesabında, NO₃/PO₄ kullanılmıştır.

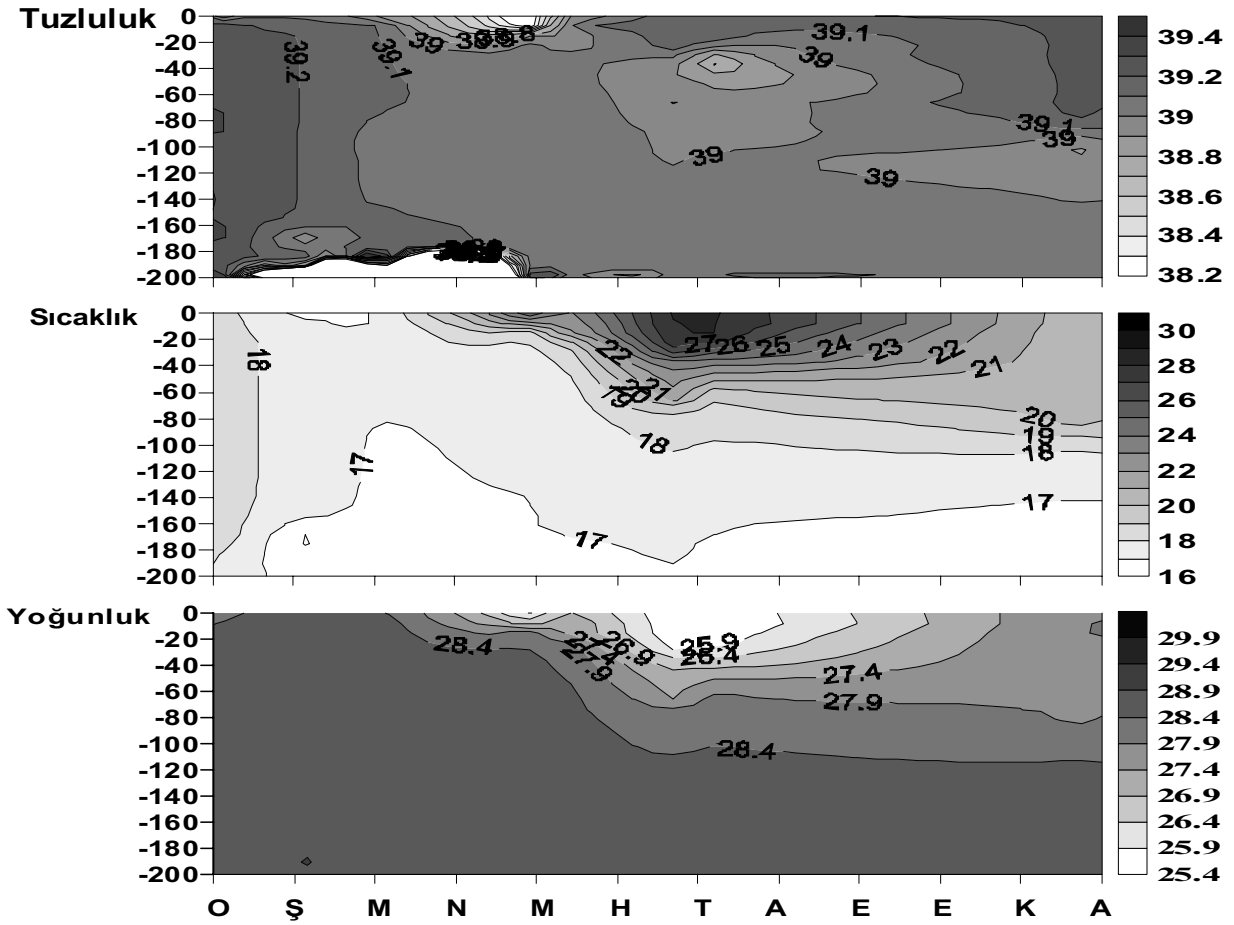
Lamas nehri suları kıyından ve kaynaktan uzaklaştıkça hem aşırı seyrelmekte, hem de nehirden taşınan besin tuzları deniz ortamında fotosentez yoluyla hemen tüketilmektedir. Bu nedenle, deniz suyunda N/P oranı kıyından açığa doğru belirgin bir azalma göstermiştir. POC, PON ve POP derişimleri su kolonunda yüzeyden tabana doğru azalır. Yüzey suları altında kalan -klorofil derişimi kısmen yüksek- öfotik (ışıklı) tabakadaki partikül madde bolluğu, sudaki fitoplankton ve heterotrofik aktiviteden kaynaklanmaktadır. C/N oranları, Redfield oranı olarak bilinen fitoplankton ortalama kompozisyonuna (C/N/P=106/16/1;C/N=6.7) genellikle yakındır ve 4.9-13.2 aralığındadır. Orta istasyondan örneklenen PON/POP oranları 11.7-65.1 arasında olup, kıyadaki oranlardan yüksektir. Fosfat derişiminin -kıyı sularında olduğu gibi- nitrata kıyasla az değişken olmasından dolayı inorganik N/P, PON/POP oranlarından oldukça düşüktür. Nitratın yükseldiği dönemlerde kıyı ve açık sularında fitoplankton çoğalmasında fosfat iyonları bolluğunun, potansiyel sınırlayıcı faktör olduğu düşünülmektedir. Yıl boyunca ölçülen chl-*a* 0.044-0.455 µg/L derişim aralığında olup (Tablo 2), doğu Akdeniz'in tipik oligotrofik özelliğini yansıtmaktadır.

Açık İstasyon

Kıta sahanlığının ucunda seçilen açık istasyonun toplam derinliği yaklaşık 200 m'dir. Yüzey suyu sıcaklığının düşük olduğu kış dönemi boyunca su kolonu yaklaşık 180 m'lere kadar tamamen karışmış durumdadır; tuzluluk (%39.1-39.3), sıcaklık (16-18°C) ve yoğunluk (28.4-28.6) değerleri derinlikle değişmeyen homojen bir dağılım göstermiştir (Şekil 4).

Tabanda bulunan su kütlesi ise daha soğuk (<17°C) ve az tuzludur (%39.0). Mayıs-Eylül ayları arasında yüzeyde karışım tabakası ve bunun altında termoklin (ani sıcaklık azalması olan tabaka) gözlenmiştir. Mayıs-Haziran aylarında yüzeye yakın ve ince olan termoklin tabakası, yaz boyunca gece-gündüz karışımlarıyla 60 metrelere kadar inmiştir. Eylül ayından başlayarak yüzey sularının soğumasına bağlı olarak, termoklin tabakası zayıflayarak genişlemiş ve Kasım ayında daha derine inmiştir. Nehir etkisi azaldığı için tuzluluk derişimi %38.7-39.5 gibi dar bir aralıkta kalmıştır. Su yoğunluğu (sigma-t) ise su kolonunda yıl boyunca 25.4-28.9 aralığındadır. Kıyı istasyonda olduğu gibi yüzey suyu yoğunluğu, yaz aylarında sıcaklık artışından dolayı düşüktür (Şekil 4).

Doğu Akdeniz'in oligotrofik açık su sistemiyle doğrudan etkileşim halinde olan -ancak nehir etkisinin dışında kalan- bu istasyonun su kolonunda çözülmüş inorganik besin elementi (inorganik fosfat, nitrat ve reaktif silikat) konsantrasyonları, kıyıya yakın olan diğer 2 istasyon değerlerine kıyasla daha düşüktür; sırası ile 0.011-0.068, 0.05-3.61 ve 0.66-5.79 µM aralığında değişmektedir (Tablo 3). Tüm su kolonunda en yüksek N/P oranları, nitrat derişimi daha yüksek ölçülen alt tabaka (175-200m) sularındadır ve 16.1-42.6 aralığındadır. Bunun temel nedeni, nitrat iyonlarınca göreceli olarak daha zengin olan Doğu Akdeniz ara tabaka sularının (Yılmaz ve Tuğrul, 1998) genel akıntı sistemi ve döngülerle kıta sahanlığına ulaşmasıdır. Işığın ulaşmadığı alt tabaka (100-200 m) sularında partikül madde derişiminde gözlenebilir bir düşüş sözkonusudur (Tablo 3). Mayıs ayında yüzeyde görülen POM artışı yüzey-altı derinliklerde gözlenememekte, bu da artışın nehir sularının etkisi ile olduğunu işaret etmektedir. Çünkü benzer artışlar kıyı ve orta istasyonun yüzey sularında da vardır. Akarsu debisinin arttığı aylarda, nehir girdisi -etkisini zayıflayarak da olsa- kıta sahanlığı sınırına kadar ulaşmaktadır.



Şekil 4. Açık istasyonda ölçülen hidrografik parametrelerin 2003 yılı derinlik profilleri

Şubat-Haziran döneminde orta ve açık istasyon yüzey sularında tuzluluğun düşük ölçülmesinden, Mersin Körfezi'ne boşalan Seyhan, Berdan gibi yüksek debili nehirlerin kıyısal akıntılarla körfezin batı kıta sahanlığını etkilediği anlaşılmaktadır. Bu istasyon su kolonunda POC, PON ve POP konsantrasyon değerleri sırasıyla 1.41-18.07, 0.23-1.15, 0.002-0.037 μM seviyelerindedir. C/N oranları yüzeyde 5-15, ışıklı tabakada 4-13 ve ışık almayan derin (150-200m) sulara 3-10 aralığında değişmektedir (Tablo 3). Bu C/N oranı değişkenliği, sestonun hakim yapısının yıl boyunca canlı fitoplankton-zooplankton, baskı altındaki fito-zooplankton ve ölü madde arasında geçiş yapmasından kaynaklanmaktadır. Ağustos ve Haziran aylarında klorofil artışı olmadan -yüzey suları hariç- tüm su kolonunda yüksek C/N oranlı partikül madde artışı olmasından, sudaki partikül organik madde yapısındaki organik azot bileşiklerinin daha kolay parçalanarak suya karışması sonucu C/N oranının yükselmiş olduğu tahmin edilmektedir. Hesaplanan C/N oranları, diğer aylarda genellikle fitoplankton kompozisyonuna (C/N=7.9) yakındır ve 2.6-16 aralığında değişmektedir. Kıyı ve orta istasyonda olduğu gibi, açık istasyondan örneklenen PON/POP oranları oldukça değişkendir ve 16.1-225.0 aralığındadır. Diğer bir deyişle, açık sudaki partikül madde sentezi, bolluğu ve kompozisyonu bu ortama ulaşan çözünmüş inorganik fosfat yükü ve fosforun üst tabakadaki döngüsünü belirlemektedir. Yıl boyu klorofil-*a* derişimleri 0.004-1.242 $\mu\text{g/L}$ gibi düşük derişim aralığında ölçülmüştür. Genellikle derin klorofil maksimum denilen ve Akdeniz'e özgü olan yapı, bu istasyonda 40-130 m aralığında gözlenmiştir. Bu bulgu söz konusu derinlikte -düşük hızda olsa da- fotosentezin sürdüğünü ve klorofilce zengin canlı fitoplankton hücrelerinin bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Açık istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları ve oranlar

Tarih	Derinlik (m)	PON (μM)	POC (μM)	POP (μM)	C/P	N/P	C/N	PO ₄ (μM)	NO ₃ (μM)	Si (μM)	N/P*	Chl- <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)
29/1/03	0	0.37	2.67	0.011	235.7	33.0	7.1	0.022	0.32	1.22	14.54	1.242
	20	0.44	3.14	0.019	166.9	23.3	7.2	0.021	0.28	1.31	13.55	0.686
	40	0.31	2.04	0.009	226.4	33.9	6.7	0.020	0.44	1.20	21.76	0.381
	60	0.29	2.23	0.012	187.4	24.5	7.7	0.028	0.25	1.20	8.99	0.651
	80	0.32	2.35	0.012	190.8	26.3	7.2	0.025	0.45	1.15	17.90	0.342

	100	0.41	2.34	0.010	235.1	41.4	5.7	0.026	0.51	1.31	19.26	0.386
	125	0.31	2.25	0.009	258.2	35.0	7.4	0.023	0.60	1.38	25.70	0.359
	150	0.26	1.75	0.011	153.5	22.5	6.8	0.023	0.38	1.37	16.59	0.087
	175	0.23	1.51	0.013	114.0	17.5	6.5	0.022	0.59	1.14	26.27	0.186
	200	0.49	4.45	0.017	256.9	28.3	9.1	0.035	0.63	1.19	18.02	0.083
27/2/03	0	0.37	2.37	0.012	200.3	31.4	6.4	0.025	0.54	1.77	21.26	0.530
	20	0.40	2.53	0.012	211.6	33.3	6.4	0.023	0.17	1.78	7.34	0.510
	40	0.43	2.83	0.016	180.2	27.4	6.6	0.020	0.42	1.85	20.50	0.410
	60	0.36	2.36	0.010	236.2	36.0	6.6	0.022	0.17	1.86	7.63	0.590
	80	0.45	2.84	0.009	326.8	51.4	6.4	0.025	0.27	1.83	11.02	0.523
	100	0.33	1.97	0.009	220.8	37.1	6.0	0.023	0.62	1.90	27.28	0.476
	125	0.44	3.07	0.011	273.2	39.0	7.0	0.028	2.01	0.82	71.58	0.530
	150	0.41	2.63	0.013	207.9	32.2	6.5	0.024	0.13	0.87	5.40	0.470
	175	0.35	2.04	0.008	250.2	42.6	5.9	0.029	0.58	1.83	20.02	1.190
	200	0.62	5.15	0.017	295.0	35.5	8.3	0.039	3.61	1.65	92.00	0.051
28/3/03	0	0.29	2.07	0.013	163.4	22.9	7.1	0.014	0.32	1.69	22.40	0.097
	20	0.35	2.25	0.016	144.2	22.1	6.5	0.014	0.31	2.17	21.70	0.122
	40	0.39	2.86	0.014	201.0	27.6	7.3	0.017	0.27	2.21	16.35	0.325
	60	0.39	2.91	0.013	216.2	29.1	7.4	0.015	0.30	2.25	19.76	0.285
	80	0.27	1.75	0.012	151.6	23.7	6.4	0.017	0.30	1.39	18.16	0.266
	100	0.31	1.98	0.011	188.1	29.3	6.4	0.018	0.32	2.92	17.48	0.173
	125	0.32	2.12	0.017	126.9	19.3	6.6	0.021	0.36	3.75	17.16	0.106
	150	0.38	2.81	0.014	195.5	26.5	7.4	0.025	0.46	3.27	18.73	0.075
	175	0.38	2.52	0.017	152.3	23.1	6.6	0.026	0.49	2.77	7.21	0.067
	200	0.42	3.64	0.020	177.6	20.4	8.7	0.040	0.84	1.77	21.14	0.053
21/5/03	0	1.15	18.07	0.022	829.0	52.7	15.7	0.036	0.10	2.12	2.74	0.087
	20	0.59	5.48	0.009	583.8	62.9	9.3	0.019	0.07	1.48	3.76	0.080
	40	0.33	2.24	0.005	419.6	61.8	6.8	0.017	0.10	0.96	5.94	0.029
	60	0.34	2.46	0.007	373.9	52.3	7.2	0.020	0.07	0.96	3.43	0.014
	80	0.51	3.82	0.011	350.0	46.5	7.5	0.026	0.11	1.38	4.20	0.018
	100	0.26	1.75	0.006	276.6	40.9	6.8	0.028	0.60	1.17	21.78	0.020
	125	0.34	3.55	0.008	426.4	41.4	10.3	0.027	0.70	1.24	25.83	0.004
	150	0.55	3.44	0.013	260.7	41.5	6.3	0.033	0.72	1.28	21.59	0.009
	175	0.48	3.72	0.030	125.2	16.1	7.8	0.047	1.09	1.47	15.99	0.006
	200	0.28	1.70	0.008	212.3	34.7	6.1	0.068	2.28	5.79	48.78	0.004
5/6/03	0	0.59	6.70	0.004	1638.0	143.1	11.4	0.021	0.08	1.03	3.86	0.058
	20	0.51	5.55	0.002	2448.3	225.4	10.9	0.018	0.06	1.26	3.33	0.025
	40	0.46	4.35	0.005	866.1	92.4	9.4	0.015	0.05	1.16	3.26	0.043
	60	0.50	6.57	0.007	956.8	72.7	13.2	0.014	0.13	1.32	9.58	0.105
	80	0.35	2.96	0.006	509.9	59.7	8.5	0.014	0.07	0.99	4.84	0.237
	100	0.30	2.67	0.007	387.7	43.6	8.9	0.017	0.09	1.45	5.39	0.293
	125	0.72	6.87	0.014	506.5	53.1	9.5	0.033	0.68	2.06	20.75	0.223
	150	0.36	2.83	0.005	537.3	68.3	7.9	0.038	1.03	2.55	27.34	0.016
	175	0.32	2.88	0.008	379.7	41.9	9.1	0.035	0.80	1.64	22.57	0.218
	200	0.53	5.02	0.025	204.9	21.7	9.4	0.039	1.03	1.89	26.10	0.223

* ile gösterilen N/P oranının hesabında, NO₃/PO₄ kullanılmıştır.

Tablo 3. Devam ediyor

Tarih	Derinlik (m)	PON (µM)	POC (µM)	POP (µM)	C/P	N/P	C/N	PO ₄ (µM)	NO ₃ (µM)	Si (µM)	N/P*	Chl-a (µg/L)
15/7/03	0	0.55	3.63	0.022	161.9	24.7	6.6	0.026	0.09	0.84	3.50	0.047
	20	0.50	2.96	0.016	180.7	30.3	6.0	0.019	0.09	0.89	4.62	0.030
	40	0.59	4.10	0.029	139.2	20.1	6.9	0.014	0.12	1.19	8.51	0.033
	60	0.56	4.08	0.025	164.2	22.4	7.3	0.014	0.09	1.14	6.59	0.030
	80	0.47	3.57	0.010	358.0	46.8	7.6	0.012	0.10	0.94	8.42	0.036
	100	0.36	2.41	0.010	252.5	37.6	6.7	0.012	0.11	1.30	8.93	0.041
	125	0.40	3.08	0.012	263.2	34.4	7.7	0.015	0.10	0.92	6.87	0.070
	150	0.44	3.03	0.019	163.7	23.9	6.8	0.020	0.54	1.28	27.12	0.051

	175	0.34	2.65	0.013	203.5	26.4	7.7	0.018	0.79	1.82	44.69	0.022
	200	0.75	5.77	0.033	175.0	22.7	7.7	0.036	1.19	2.81	32.67	0.024
31/7/03	0	0.43	3.41	0.012	278.2	34.8	8.0	0.017	0.07	0.67	4.16	0.016
	20	0.31	2.42	0.009	255.6	32.5	7.9	0.016	0.08	0.66	4.88	0.037
	40	0.52	4.37	0.019	234.3	27.7	8.4	0.019	0.06	0.70	3.22	0.048
	60	0.62	4.73	0.018	263.9	34.5	7.6	0.019	0.12	0.70	6.45	0.067
	80	0.24	2.92	0.013	232.3	19.2	12.1	0.023	0.19	0.68	8.23	0.135
	100	0.29	3.26	0.014	225.3	20.3	11.1	0.022	0.27	1.30	12.17	0.312
	125	0.38	5.41	0.024	226.1	16.1	14.1	0.036	0.45	1.45	12.65	0.188
	150	0.35	2.87	0.018	160.6	19.5	8.2	0.029	0.36	1.02	12.46	0.119
	175	0.40	2.24	0.025	91.5	16.3	5.6	0.040	0.46	1.20	11.36	0.047
	200	1.00	10.18	0.037	273.5	26.8	10.2	0.032	0.17	1.07	5.24	0.031
22/9/03	0	0.33	2.76	0.012	240.0	28.6	8.4	0.032	0.07	1.47	2.19	0.023
	20	0.25	2.44	0.015	162.2	16.8	9.6	0.041	0.07	1.54	1.70	0.050
	40	0.39	2.61	0.020	131.5	19.5	6.8	0.031	0.07	1.52	2.25	0.059
	60	0.42	4.44	0.016	280.2	26.6	10.5	0.024	0.08	1.23	3.34	0.096
	80	0.43	3.53	0.014	260.7	31.5	8.3	0.024	0.06	1.33	2.46	0.116
	100	0.28	1.82	0.016	116.4	18.0	6.5	0.027	0.07	1.35	2.58	0.246
	150	0.40	2.50	0.021	116.8	18.7	6.3	0.040	0.53	1.51	13.09	0.119
	175	0.32	2.32	0.018	127.0	17.3	7.4	0.038	0.17	1.43	4.44	0.034
	200	0.38	2.45	0.019	125.5	19.7	6.4	0.044	1.53	2.02	34.72	0.019
11/12/03	0	0.59	2.80	0.017	164.1	34.4	4.8	0.018	0.37	1.67	20.31	0.212
	20	0.58	2.89	0.021	137.5	27.5	5.0	0.014	0.34	1.65	23.58	0.231
	40	0.52	2.22	0.017	129.7	30.5	4.3	0.017	0.36	1.66	21.62	0.209
	60	0.65	4.57	0.019	245.8	35.1	7.0	0.015	0.39	1.65	25.47	0.247
	80	0.43	2.63	0.012	214.3	34.7	6.2	0.016	0.34	1.64	21.58	0.230
	100	0.39	1.71	0.012	141.0	31.8	4.4	0.021	1.03	1.72	48.27	0.144
	125	0.33	3.23	0.011	290.0	29.7	9.8	0.025	0.81	1.79	32.23	0.184
	150	0.55	1.41	0.009	149.0	58.4	2.6	0.029	0.81	1.79	28.22	0.147
	175	0.49	2.15	0.014	151.1	34.2	4.4	0.030	1.01	1.91	34.12	0.193
	200	0.86	4.45	0.024	188.6	36.4	5.2	0.048	1.59	2.51	32.89	0.225

* ile gösterilen N/P oranının hesabında, NO₃/PO₄ kullanılmıştır.

TEŞEKKÜR

Deniz suyu örnekleme ve analizleri sırasındaki katkılarından dolayı Saim Cebe, M. Emin Hatipoğlu ve ODTÜ-DBE teknisyenlerine; R/V ERDEMLİ teknesinin kaptan ve gemicilerine teşekkür ederiz. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen YDABAG-102Y057 no'lu projenin bir parçasıdır.

KAYNAKLAR

- Azov, Y., 1986. Seasonal patterns and phytoplankton productivity and abundance in near shore oligotrophic waters of the Levant Basin, *J. Plankton Res.*, 8: 41-53.
- Ediger, D., Yılmaz, A., 1996. Characteristics of deep chlorophyll maximum in the Northeastern Mediterranean with respect to environmental conditions, *Journal of Marine Systems*, 9, 3-4: 91-303.
- Grasshoff, K., Erhardt, M., Kremling, K., 1983. Determination of nutrients. *Methods of seawater analysis*, 2nd ed., Verlag Chemie GMBH, Weinheim, 125-188.
- Holm-Hansen, O., Lorenzen, C.J., Holmes R.W., Strickland, J.D., 1965. Fluorometric determination of chlorophyll, *Journal Cons. Perm. Int. Explor. Mer*, 30: 3-15.
- Karl, D.M., Tien, G., 1992. MAGIC: A sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments, *Limnol. Oceanogr.*, 37, 1: 105-116.
- Karl, D.M., Winn, C.D., Hebel, D.V.W., Letelier, R., 1990. Hawaii Ocean Time Series Program, Field and Laboratory Protocols, University of Hawaii.
- Keefe, C.W., Blodnikar, K.L., Boynton, W.R., Clark, C.A., Frank, J.M., Kaumeyer, N.L., Weir, M.M., Wood, K.V., Zimmermann, C.F., 2004. Nutrient Analytical Services Laboratory Standard Operating Procedures, Special Publication Series No. SS-80-04-CBL.
- Kirk, J.T.O., 1983. *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. 2nd ed., Cambridge Univ. Press, 580 p.
- Krom, M.D., Cliff, R.A., Eijsink, L.M., Herut, B., Chester, R., 1999. The characterisation of Saharan dusts and Nile particulate matter in sediments from the Levantine Basin using Sr Isotopes. *Marine Geology*, 155: 319-330.

- Li, K.W., Zohary, T., Yacobi, Y.Z., Wood, A.M., 1993. Ultraphytoplankton in the Eastern Mediterranean Sea: Towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 102, 79-87.
- Malanotte-Rizzoli, P., Hecht, A., 1988. Large-scale properties of the Eastern Mediterranean: A review. *Oceanologica Acta*, 11, 4: 323-335.
- Ozsoy, E., Latif, M.A., Unluata, U., 1981. On the formation of Levantine intermediate water, *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 27, 6: 51-66.
- Polat, C., Tugrul, S., 1995. Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara Seas through the Bosphorus Strait, *Continental Shelf Res.*, 15, 9: 1115-1132.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A., 1963. The Influence of organisms on composition of Seawater (ed: Hill, M.N.). *The Sea, Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas*, vol. 2, Interscience, New York, 26-77.
- Thomson-Bulldis, A., Karl, D.M., 1998. Application of a novel method for phosphorus determinations in the oligotrophic North Pacific Ocean, *Limnol. and Oceanogr.*, 43, 7: 1565-1577.
- Yacobi, Y.Z., Pollinger, U., Gonen-Zurgil, Y., Gerhardt, V., Sukenik, A., 1996. HPLC analysis of phytoplankton pigments from Lake Kinneret with special reference to the bloom-forming dinoflagellate *Peridinium Gattungense* (Dinophyceae) and chlorophyll degradation products, *J. Plankton Res.*, 18: 1781-1796.
- Yılmaz, A., Tuğrul, S., 1998. The effect of cold- and warm-core eddies on the distribution and stoichiometry of dissolved nutrients in the Northeastern Mediterranean, *J. Mar. Syst.*, 16: 253-268