

Kuzeydoğu Akdeniz'de Kıyısız ve Açık Sularda Fitoplankton Dinamikleri

Nebil YÜCEL^{1,2,*} Zahit UYSAL²

¹İskenderun Teknik Üniversitesi - Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, İskenderun / Hatay.

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli/Mersin.

*Sorumlu Yazar Tel.:+90 326 614 16 93

E-posta: nebiyuysel@gmail.com

Geliş Tarihi: 08.11.2016

Kabul Tarihi: 22.12.2016

Öz

Kuzeydoğu Akdeniz'de açık ve nehir etkisinde kalan kıyısız suları temsilen belirlenen iki istasyonda fitoplankton dinamiklerini incelemek amacıyla Mayıs 2010-Ekim 2011 tarihleri arasında aylık örneklemler yapılmıştır. Fitoplankton pigment örneklemlerinin yanı sıra sıcaklık ve tuzluluk verileri de toplanmıştır. Fitoplankton biyo kütle göstergesi olan klorofil-*a* ve yedi farklı fitoplankton grubunu (siyano bakteriler, proklorofitler, krizofitler, primnesiyofitler, klorofitler, diatomlar ve dinoflagellatlar) temsil eden belirteç pigmentler Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi (HPLC) tekniği ile ölçülmüştür. Örnekleme dönemi boyunca yüzey klorofil-akonsantrasyonları kıyı için <0.01 - 6.305 µg/l, açık sular için 0.006 -1.554 µg/l aralığında ölçülmüştür. Kıyısız sularda diatom (%27) ve siyano bakteriler (%25) baskın iken, açık sularda siyano bakteriler (%35) ve primnesiyofitler (%27) fitoplankton kompozisyonuna daha fazla katkı yapmıştır. Diatomların açık sularda fitoplankton kompozisyonuna yaptığı katkının kış ve bahar aylarında az da olsa varlığını arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca kıyısız sularda kış mevsiminden sonra siyano bakterilerin fitoplankton kompozisyonuna yaptığı katkıyı arttırdığı belirlenmiştir. Ana grupların fitoplankton kompozisyonuna yaptığı katkı kıyaslandığında, prokaryotik pikoplankton'un kıyı ve açık sularda yaz ve güz döneminde baskın olduğu, kış ve bahar dönemlerinde kıyısız sularda baskın olan büyük ökaryotların açık sularda aynı dönemde yerini ökaryotik nanoflagellatlara bıraktığı belirlenmiştir. Nehir girdilerinden etkilenen kıyısız sularda büyük ökaryotların varlığı ve tuzluluk arasında yüksek oranda anlamlı negatif ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pigment, Klorofil-*a*, HPLC, Mersin Körfezi.

Abstract

Phytoplankton Dynamics in Coastal and Offshore Waters of the Northeastern Mediterranean

In order to investigate phytoplankton dynamics, an offshore and a nearshore station which is mainly influenced from river inputs were sampled monthly for the period May 2010-October 2011 in the northeastern Mediterranean. In addition to phytoplankton pigment samples CTD casts for temperature and salinity were also made. Chlorophyll *a* as an indicator of phytoplankton biomass and seven other marker pigments representing different phytoplankton groups (Cyanobacteria, prochlorophytes, chrysophytes, prmnesiophytes, chlorophytes, diatoms, dinoflagellates) were measured by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) technique. Surface chlorophyll *a* concentrations varied between <0.01 - 6.30 µg/l and 0.006-1.554 µg/l in the shallower coastal and deeper offshore stations, respectively. While the dominant components of the shelf phytoplankton were diatoms (27%) and cyanobacteria (25%), contribution of cyanobacteria (35%) and prymnesiophytes (27%) were more pronounced in the offshore waters. A slight increase in the diatoms' contribution to phytoplankton composition in offshore waters during winter and spring was observed. Similar increase in cyanobacteria was also observed in shelf waters after winter. When the contribution of major groups

© Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon

to phytoplankton composition is considered, we observe that prokaryotic picoplankton dominates the shelf and offshore waters during summer & autumn, whereas, eukaryotic nanoflagellates replaces large eukaryotes that dominate shelf waters during winter and spring in offshore waters in the mean time. Highly significant negative correlation was observed between large eukaryotes and salinity in the shelf station.

Keywords: Pigments, Chlorophyll-*a*, HPLC, Mersin Bay.

Giriş

Farklı yöntemler kullanılarak ölçülen, fitoplankton için biyokütle göstergesi olan klorofil-*a*, denizel sistemlerde fitoplanktonun bölgesel dağılım, kompozisyon ve fizyolojisi'ni değerlendirmek için yıllardır kullanılmaktadır. Klorofil-*a* fotosentezdeki ana pigment olup, diğer pigmentler aksesuar veya belirteç pigment olarak isimlendirilmektedir. Her pigment farklı dalga boyundaki ışığa reaksiyon göstererek, farklı dalga boyundaki ışığın ulaştığı derinliklerde fotosentezi imkânı kılmaktadır.

Başta klorofil-*a* olmak üzere pigmentler geleneksel olarak spektrofotometrik ve florometrik yöntemlerle ölçülmektedir. Fakat bu yöntemler pigmentlerin bozunma ürünlerinden kaynaklanan yanlış okumaları da beraberinde getirmektedir (Gibb vd., 2001). Pigment konsantrasyonu ölçüm yöntemlerinden biri olan Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) diğer yöntemlere göre fitoplankton pigmentlerinin daha hassas ve hızlı ölçülmesini sağlamaktadır (Jeffrey vd., 1997).

Uzun yıllardır yapılan çalışmalara göre, her ana fitoplankton grubu o gruba özgü belirleyici pigment taşımaktadır ve bu pigmentler fitoplankton kompozisyonunu belirlemek için mikroskoba alternatif hızlı bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Jeffrey vd., 1997; Ağırbaş, 2016). Örnek olarak peridinin dinoflagellatlar için, fukoksantindiatom ve zeaksantin'desiyano bakteriler için belirteç pigment olarak kullanılmaktadır (Jeffrey vd., 1997).

Mikroskobik tanımlama uzun yıllarda kazanılan deneyim, ciddi bilgi birikimi gerektiren ve daha çok üretken sulardaki fitoplankton stoğunun çoğunu oluşturan büyük boydaki (>15 µm) türlerin tespiti için kullanılan ve zaman alan bir yöntemdir. Öte yandan HPLC'ye dayalı pigment ölçümleri özellikle Akdeniz açık suları ve subtropikal bölgelerdeki verimsiz sularda stoğun çoğunu oluşturan küçük boydaki (< 2 µm) ve belirgin-tanımlayıcı morfolojik özellikleri olmayan fitoplankton türlerinin tespitinde daha başarılı, hızlı ve öğrenilmesi daha kolay bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Li vd., 1993; Partensky vd., 1993; Bell ve Kalff, 2001).

Doğu Akdeniz sahip olduğu düşük klorofil-*a* ve besin tuzu konsantrasyonu yönünden dünyanın en verimsiz denizi olarak bilinmektedir (Yılmaz ve Tuğrul, 1998; Krom vd., 2003; Tanaka vd., 2007). Öte yandan büyük nehirler tarafından beslenen kuzeydoğu Akdeniz'deki kıyısal sular birincil üretim yönünden açık sulara göre oldukça zengindir (Yücel, 2013). Yıllık fitoplankton patlamaları genelde kış karışımlarının olduğu kış-bahar dönemi ve sonbahar sonlarında gözlenmektedir (Krom vd., 2003; Uysal vd., 2008). Seyhan, Ceyhan, Göksu, Tarsus ve Lamas Nehirleri bütün yıl akar nitrat ve silikatça zengin tatlı sularla kıyısal suları beslemekte ve birincil üretim için gerekli besin tuzlarını sağlamaktadır (Koçak vd., 2010).

Ayrıca Çukurova Baseni'nde açıklarda doğu-batı yönlü hâkim akıntılardan dolayı kıyı-

-açık su etkileşimi az olmakta ve nehirlerle beslenen sahanlık kıyısal sular, özellikle iç körfezlerde kıyılara hapsolarak sistemde daha uzun süreli ve yoğun ötrofikasyona sebebiyet vermektedir (Uysal vd., 2008).

Besin tuzları yönünden nitrat ve silikat'ça zengin fakat fosfat'ça fakir olan nehir sularınca etkilenen kıyı sularında, fosfat miktarları nehir debilerinin arttığı kış-bahar sezonlarında bile çok düşük (0.03-0.08 μM) ölçülmektedir (Sağlamtimur ve Tuğrul, 2004). Koçak vd., (2010)'ne göre bölgeye kuru ve yaş atmosferik çökellerle besin tuzu girdisi olmaktadır. Fakat yine bu girdilerde azot/fosfat oranları çok yüksek ölçülmektedir. Doğu Akdeniz'de yapılan besin tuzu ekleme deneylerine göre bölgede birincil üretim fosfat ve fosfat-azot tarafından sınırlanmaktadır (Krom vd., 2005; Tanaka vd., 2007).

Büyük nehirler tarafından beslenen Çukurova Baseni kıyı sularında fitoplankton kompozisyonunda diatom ve dinoflagellatlar gibi büyük hücreli gruplar tarafından baskın iken, verimsiz açık sularda ise küçük hücreli gruplar (siyanobakteri, proklorofit, piko ve nanoökaryotik hücreler ve küçük-kamçılılar) baskın olabilmektedir (Kideyş vd., 1989; Li vd., 1993; Eker ve Kideyş, 2000; Uysal vd., 2003; Yılmaz, 2006). Yılmaz (2006)'ın Aralık 2001-2003 döneminde aynı bölgede yaptığı fitoplankton kompozisyon çalışmalarına göre kıyısal sularda diatom ve dinoflagellatlar, açık sularda ise siyanobakteri ve diatomların katkısının fazla olduğunu belirtmiştir.

Son yıllarda nüfus artışına bağlı olarak artan sanayi, evsel ve tarımsal aktiviteler sonucu kıyısal sulara karışan besin tuzu miktarlarında artışlar olmuştur. Bu artış kıyı sularında birincil üretimi arttırarak ötrofikasyona ve fitoplankton kompozisyonunun değişimine neden olmaktadır. Ludwig vd. (2009)'e göre kıyısal sulardaki silikat tercihen diatom tarafından kullanılmakta ve ortamdaki besin tuzu

kompozisyonu fitoplankton tür kompozisyonunu da şekillendirmektedir. Fakat bölgede sistematik ve zamansal veri eksikliği uzun vadeli değişiklikleri değerlendirmek için sınırlıdır. Bu çalışmada küçük ve büyük hücreli grupların dâhil olduğu aylık örneklemelerle fitoplankton kompozisyonu ve ana grupların zamana bağlı dinamiklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında kıyı ve açık suları temsilen iki istasyonda aylık örneklemeler yapılmıştır (Şekil 1).

İstasyonlar Mayıs 2010 ve Ekim 2011 dönemleri arasında 18 kez ODTÜ-Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait R/V Bilim-2 ile ziyaret edilmiştir. Deniz suyu örnekleri üzerinde Sea-Bird marka CTD bulunan rozete takılı 5 lt kapasiteli niskin şişeleri ile 0,5 m derinlikten alınarak 2 lt'lik kahverengi polietilen örneklemeye şişelerine aktarılmıştır. Daha sonra su örnekleri fitoplankton pigment analizleri için gemide bulunan süzme sistemi kullanılarak düşük basınç altında Whatman 25 mm GF/F filtreler süzölmüş ve filtreler analiz zamanına kadar pigment bozulmalarını önlemek için sıvı azot içerisinde bekletilmiştir (Mantoura vd., 1997). CTD probundan gelen veriler Sea-Bird Veri İşleme Programı kullanılarak yüzey suyu sıcaklık ve tuzluluk değerleri *in-situ* olarak kaydedilmiştir.

Pigment analizleri için filtreler 5 ml % 90'lık aseton içeren santrifüj tüplerine konularak sonikatörde parçalanmış ve bir gece +4 °C'de bekletilmiştir. Daha sonra örnekler 5000 rpm hızda 5 dakika santrifüj edilerek filtre kalıntıları ve diğer büyük partiküllerin çökmesi sağlanmıştır (Barlow vd., 1993). Bu çalışmada örnekler ThermoHypersil MOS-2 C8 kolon takılı Agilent 1100 HPLC cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

Santrifüj edilen örneklerden süpernatant kısmından 500 µl alınarak 0.2 µm göz açıklığına sahip Millipore filtrelerden süzölmüş ve 500 µl 1M amonyum asetat çözeltisiyle karıştırılıp 100 µl karışım HPLC cihazına verilmiştir. Ve akış dakikada 1 ml olacak şekilde ayarlanmıştır.

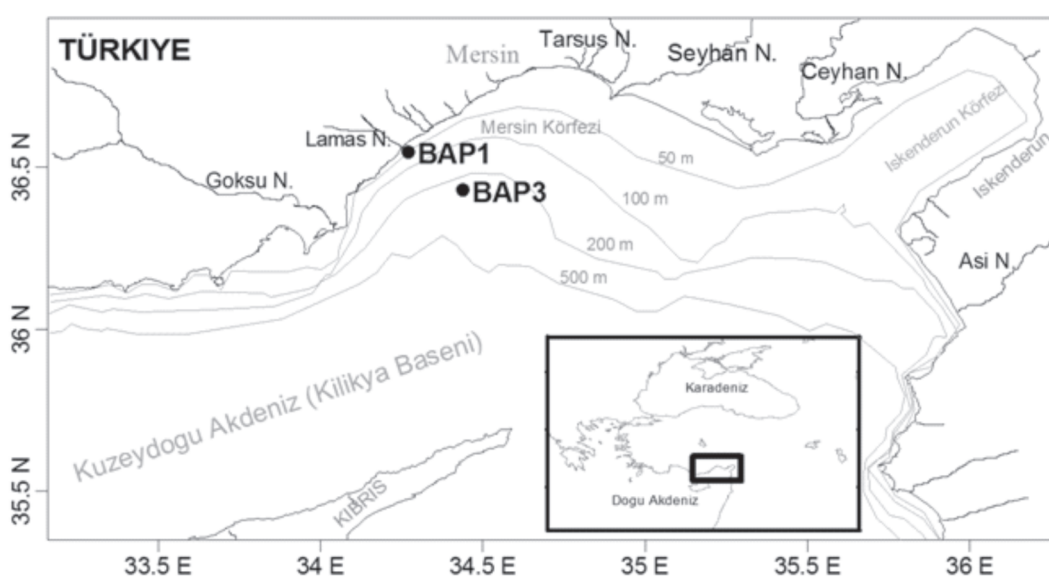
Cihaz içerisinde mobil faz olarak iki çözelti (A: metanol ve 1M amonyum asetat (80:20 v/v) ve B: %100 metanol) kullanılmıştır. Analiz süresince pigmentlerin birbirinden ayrılarak hacimlerinin hesaplanabilmesi için bu çözeltiler farklı zamanlarda farklı miktarlarda karıştırılarak sisteme verilmiştir (dakika; % çözelti A; çözelti B): (0;75;25), (1;50;50), (20;30;70), (25;0;100), (32;0;100). Analiz bittikten sonra yeni örnek analizi için cihaz 7 dakika içinde başlangıç koşullarına dönecek şekilde ayarlanmıştır. Örnek hazırlanma ve cihaz içerisinde mobil fazda kullanılan amonyum asetat pigmentlerin birbirinden daha iyi ayrılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada Agilent marka değişken dalga boyuna sahip detektör yardımıyla 440nm dalga boyunda kemotaksonomik öneme sahip

14 farklı pigment tespit edilmiştir (Mantoura ve Llewellyn, 1983). Data analizi ve pigment konsantrasyonları PC-based Chemstation Chromatography paket programı kullanılarak hesaplanmıştır. HPLC cihaz kalibrasyonu Sigma Co (klorofil-a ve b) ve VKI-Danimarka (klorofil c2, c3, peridinin, 19-butanoyloxy fucoxanthin, fukoksantin, 19-hexanoyloxy fucoxanthin, diadinoxanthin, alloxanthin, lutein, zeaksantin, divinyl klorofil-a ve β-karoten) firmalardan alınan konsantrasyonları belli pigment standartları kullanılarak yapılmıştır.

Cihazın hassasiyeti klorofil-a ve diğer pigmentler için 0.005-0.007 µg/L aralığındadır. Her pigment konsantrasyonu aynı koşullarda cihaza verilen pigment standartlarına göre hesaplanmıştır (Jeffrey vd., 1997).

Kantitatif olarak ölçülen 14 farklı pigmentin 7 tanesi Tablo 1'de verilen bazı fitoplankton grupları için belirteç olarak kullanılmış ve bu gruplar büyüklüklerine göre üç ana gruba ayrılmıştır (Bidigare vd., 1990; Gibb vd., 2000).



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve istasyon haritası (Mersin Körfezi-Kuzeydoğu Akdeniz).

Ana grupların miktarları belirteç pigmentlerin konsantrasyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Değişkenler arasındaki olası ilişkilerin ortaya çıkarılması için Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Pearson korelasyon katsayıları ve p değerleri SPSS 15.0 programı kullanılarak elde edilmiştir.

Bulgular

Mayıs 2010-Ekim 2011 dönemleri arasında ziyaret edilen BAP1-Kıyı ve BAP3-Açık istasyonlarda sıcaklık ve tuzluluk miktarları ölçülmüştür (Şekil 2).

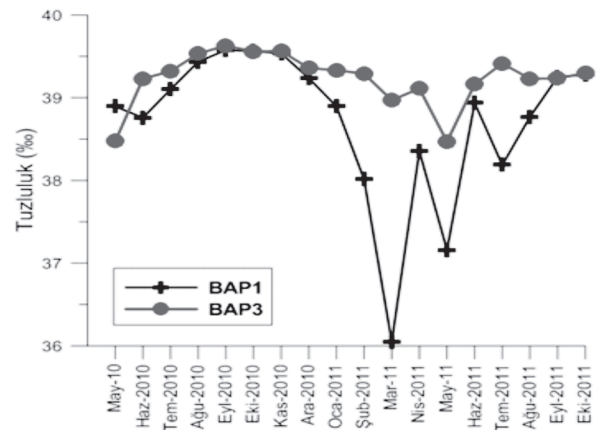
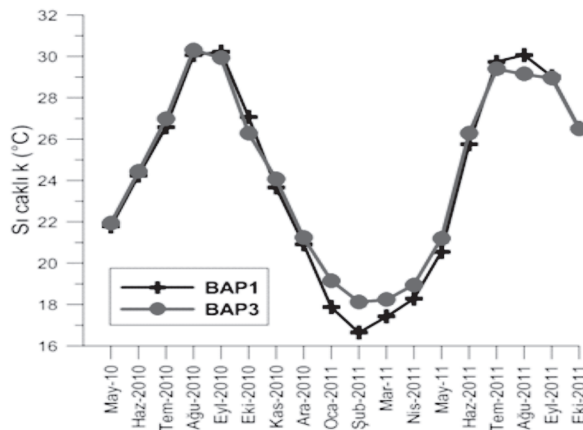
En düşük sıcaklık (16.63 °C) Şubat 2011'de kıyı istasyonunda gözlenirken en yüksek sıcaklık (30.32 °C) Ağustos 2010'da açık

istasyonda ölçülmüştür. Ortalama sıcaklıklar 24.24-24.50 °C aralığında olduğu belirlenmiştir. Tekrar eden dönemler (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim) kıyaslandığında 2010 yılına göre Haziran ve Temmuz 2011'de daha yüksek değerler ölçülürken, tekrar eden diğer aylarda 2010'da 2011 dönemine oranla yüksek yüzey sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca dönemlerin ortalama sıcaklıklarında 2011 dönemi 0.3 °C daha yüksek olduğu hesaplanmıştır.

Yüzey tuzluluk değerleri incelendiğinde kıyı istasyonunun Lamas Nehri tarafından etkilendiği görülmektedir (Şekil 2). Ayrıca bu etki kış ve bahar dönemlerinde kıyıda 20 km uzaklıkta olan açık istasyona kadar varmaktadır. En düşük tuzluluk değeri (36.05) Mart

Tablo1. Fitoplankton grupları için kullanılan belirteç pigmentler ve buldukları gruplar (Jeffrey vd., 1997)

Pigment	Kısaltması	Belirteç olarak kullanılan grup	Kısaltması	Ana gruplar
Zeaksantin	ZEA	Siyanobakteriler	SIY	Prokaryotik Pikoplankton
Divinyl Klorofil-a	DIVa	Proklorofitler	PRO	
19'-Butanoloksifukoksantin	BUT	Krizofitler	KRI	Ökaryotik Nanoflagellatlar
19'-Heksanoloksifukoksantin	HEX	Primmesiyofitler	PRI	
Klorofil b	CHLb	Klorofitler	KLO	
Fukoksantin	FUC	Diatomlar	DIA	Büyük Ökaryotlar
Peridinin	PER	Dinoflagellatlar	DIN	



Şekil 2. Yüzey sıcaklık ve tuzluluk dağılımları.

2011'de kıyı istasyonunda ve en yüksek tuzluluk (39.63) ise Eylül 2010'da açık istasyonda ölçülmüştür. Tekrar eden dönemde 2011'de kıyı istasyonu tuzluluk yönünden daha değişken olduğu gözlenmiştir (Şekil 2).

Fitoplankton biyo kütle göstergesi olan klorofil-a kıyısal sularda açık sulara oranla 4 kat fazla ölçülmüştür. En yüksek değer Ağustos 2011'de 6.30 µg/L olarak kıyı istasyonunda gözlenirken, açık sular için ölçülen en yüksek değer olan 1.55 µg/L olarak Mayıs 2011'de kaydedilmiştir. Tekrarlanan dönemler kıyaslandığında 2011 döneminin daha üretken olduğu görülmektedir (Şekil 3).

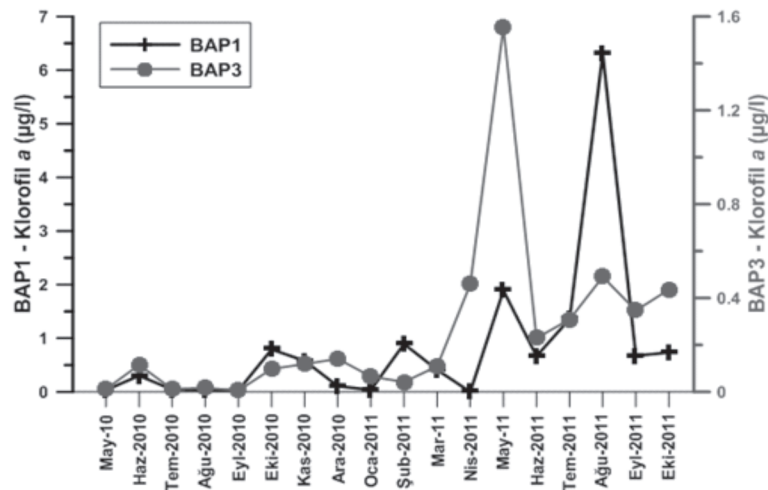
Kıyısal sularda klorofil-a'ya yapılan katkı zamana bağlı olarak değişim gösterse de genel olarak diatom (DIA-%27) ve siyanobakteriler (SIY -%25)'in daha baskın olduğu gözlenmiştir (Şekil 4).

Ayrıca kıyısal sularda primnesiyofitler (PRI-%17) ve proklorofitler (PRO-%15)'de belirgin oranlarda katkı sağlamaktadır. Siyanobakterilerin kıyısal sulardaki yoğunlukları kış mevsiminden sonra artarak Eylül ayında pik yapıp sonra tekrar azalma eğilimine girmek-

tedir. Diatom ise kış ve bahar mevsiminde en yüksek konsantrasyonlara ulaşır Eylül ayına doğru düşüşe geçmiştir.

Açık sularda ise fitoplankton kompozisyonunun %35'i siyanobakteriler ve %27'si primnesiyofitler tarafından oluşturulurken, proklorofitlerin ve diatomların katkısı eşit oranda %11-%11 olmuştur. Temmuz 2010 ve 2011'de açık sularda sadece siyanobakteri tespit edilmiştir (Şekil 4). Açık sularda grupların kompozisyondaki payları değişiklik gösterse de diatomlar'ın kış ve bahar dönemlerinde varlıklarını arttırdıkları görülmektedir.

Ana grupların kompozisyondaki dağılımı incelendiğinde (Şekil 5), kıyı sularında kış ve bahar döneminde büyük ökaryotların, yaz ve güz döneminde prokaryotik pikoplanktonun baskın olduğu gözlenmiştir. Ökaryotik nanoflagellatlar ise genel olarak baskın olmayıp kış aylarında varlığını arttırmıştır. Açık sularda genel olarak prokaryotik pikoplankton baskınlığı gözlenirken kış ve bahar dönemlerinde ökaryotik nanoflagellatlar ve büyük ökaryotların da baskınlığını artırdığı görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 3. Yüzey klorofil-a dağılımları.

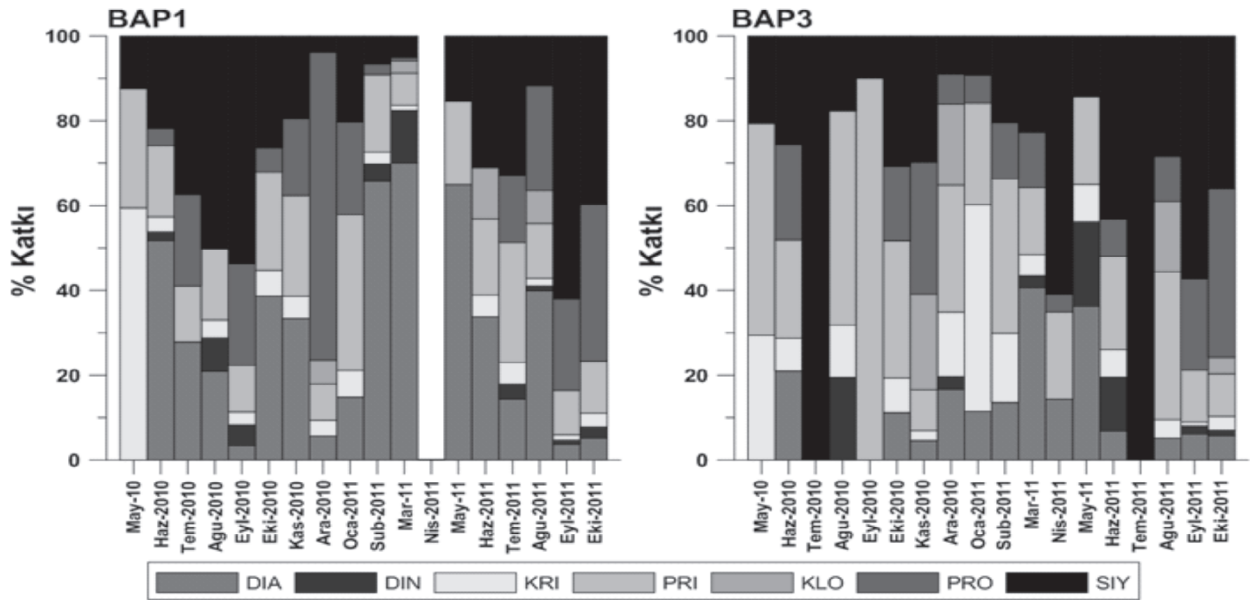
Korelasyon analizi sonuçlarına göre, kıyısularda tuzluluk ve büyük ökaryotları oluşturan diatom ve dinoflagellatlar arasında yüksek oranda anlamlı negatif ilişki bulunmuştur (Tablo 2).

Diğer gruplarla fiziksel parametreler arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır. Açık sularda ise sıcaklık ile diatom ve krizofitler arasında negatif ilişki vardır. Ayrıca klorofil-a ve dinoflagellatlar ile tuzluluk

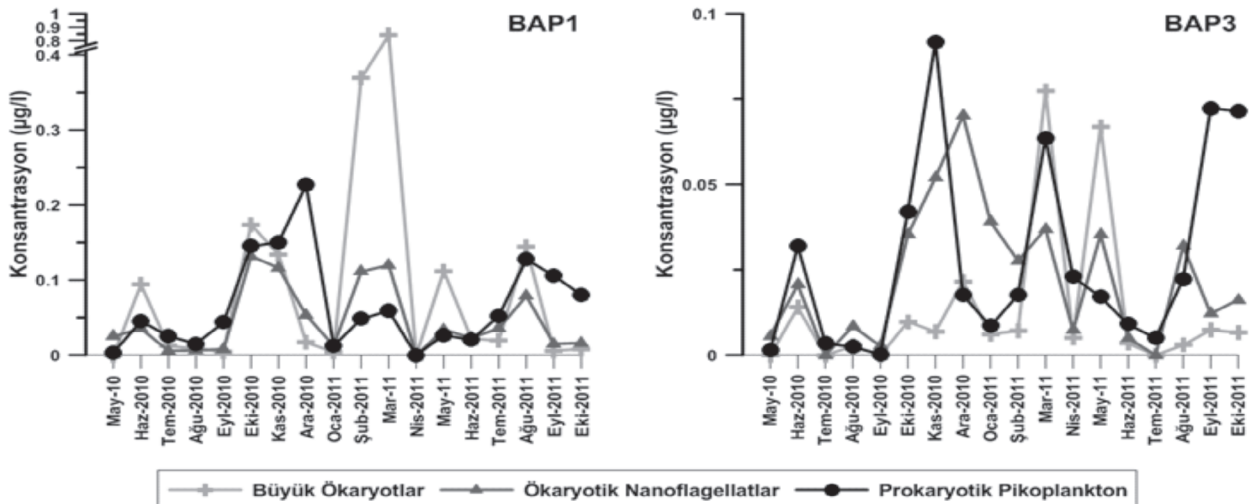
arasında negatif ilişki belirlenmiştir.

Tartışma

Sıcaklık ve tuzluluk verileri incelendiğinde, Lamas Nehri'ne 2 km uzaktaki kıyı istasyonunun ve 20 km uzaklıktaki açık istasyonun nehir tarafından belirli zamanlarda etkilendiği görülmektedir. Özellikle yağışların bol olduğu ve Toros Dağları'na yağın karların



Şekil 4. Grupların klorofil-a'ya yaptıkları katkı.



Şekil 5. Ana grupların yüzey dağılımları.

Tablo 2. Değişkenler arasındaki Pearson korelasyon tablosu

BAP1	SIC	TUZ	DIN	KRI	DIA	PRI	SIY	KLO	PRO	KLO-a	Büyük Ökar	Ökar. Nano
TUZ	.562*	-										
DIN	-0.44	.755**	-									
KRI	-0.183	0.06	0.18	-								
DIA	-0.453	.737**	.910**	0.418	-							
PRI	-0.246	-0.239	0.362	.805**	.683**	-						
SIY	0.292	0.132	0.115	.604**	0.323	.702**	-					
KLO	-0.165	-0.454	.641**	0.1	.589*	0.206	-0.012	-				
PRO	0.01	0.258	-0.132	0.241	-0.082	0.136	0.05	0.419	-			
KLO-a	0.296	-0.129	-0.057	-0.017	0.112	0.207	0.168	.500*	0.208	-		
Büyük Ökar	-0.449	.748**	.933**	0.39	.998**	.645**	0.299	.603*	-0.089	0.09	-	
Ökar. Nano	-0.25	-0.275	0.457	.834**	.738**	.974**	.661**	0.399	0.242	0.269	.706**	-
Pro. Piko	0.152	0.283	-0.057	.501*	0.09	0.461	.535*	0.354	.871**	0.258	0.072	.530*
BAP3	SIC	TUZ	DIN	KRI	DIA	PRI	SIY	KLO	PRO	KLO-a	Büyük Ökar	Ökar. Nano
TUZ	0.462	-										
DIN	-0.27	-.594*	-									
KRI	-.600**	-0.069	0.451	-								
DIA	-.519*	-0.429	.587*	0.345	-							
PRI	-0.456	-0.103	0.372	.576*	.646**	-						
SIY	-0.082	0.027	0.043	-0.079	0.384	0.372	-					
KLO	-0.085	0.288	-0.1	0.31	-0.037	0.309	0.311	-				
PRO	-0.043	0.24	-0.156	-0.009	0.202	0.278	.816**	.573*	-			
KLO-a	-0.098	-.552*	.855**	0.043	0.351	0.241	0.172	-0.085	-0.078	-		
Büyük Ökar	-.488*	-.506*	.740**	0.342	.979**	.630**	0.334	-0.055	0.132	.507*	-	
Ökar. Nano	-0.468	0.051	0.256	.704**	0.44	.861**	0.315	.707**	0.409	0.107	0.423	-
Pro. Piko	-0.067	0.132	-0.052	-0.049	0.314	0.345	.960**	0.454	.945**	0.059	0.253	0.376

** . Yüksek ilişkili (0.01)

* . İlişkili (0.05)

erimeye başladığı kış ve bahar dönemlerinde bu etki seyrelerek açık sulara doğru gitmektedir. Bahar döneminden sonra kıyı istasyonunda gözlenen tuzluluk salınımları tekrar eden ikinci dönemde daha çok olmuştur. Erdemli bölgesinde örnekleme alanının doğusunda kalan noktada atık su arıtma tesisinin faaliyete geçmesi, kıyısız akıntı rejiminin değişmesi ve/veya rüzgâr etkisiyle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Fitoplankton biyo kütle göstergesi olan

yüzey klorofil-a dağılımında belirli aylık veya mevsimsel eğilim olmayıp tuzluluğun dalgalandığı tekrar eden ikinci dönemde (Mayıs-Ekim 2011 dönemi) konsantrasyon artışları olmuştur. Açık sularda bu ilişki daha bariz gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kıyı istasyonunda tuzluluğun en düşük ölçüldüğü Mart ayında beklendiği gibi yüksek klorofil konsantrasyonları ölçülemedi. Mevcut bulgular ve korelasyon analizi sonuçlarına göre kıyısız bölgelerde tuzluluk ve klorofil-a arasında direkt bir ilişki

gözlenmemiştir. Fakat belirli bir zamana ait olsa da Mayıs 2011'de kıyı ve açık sularda düşen tuzlulukla beraber yüksek klorofil-a konsantrasyonları da ölçülmüştür. Besin tuzu eksikliği veya fitoplankton üretim zamanlarının örnekleme zamanı ile çakışmamış olmasından dolayı gözlenmiş olabilir. Nehir girdileriyle beslenen kıyısal suların aksine, doğu Akdeniz'de verimsiz açık sular atmosferik besin tuzu girdisi ve küçük boyutlu upwelling (yukarı taşınım) olayları ile fitoplanktonik üretim pompalanmaktadır (Krom vd., 2004; Koçak vd., 2010).

Fitoplankton üzerine bölgede yapılmış geçmiş çalışmalara göre kıyısal sularda diatomların fitoplankton kompozisyonunda baskın olduğu ve en bol gözlenen grup olduğu belirtilmiştir. Öte yandan açık sular için siyanobakterilerin en baskın grup olduğu bildirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada diatom (%27) ve siyanobakterilerin (%25) kompozisyona yaptıkları ortalama katkı kıyısal sularda birbirine yakın, fakat aylara göre %0-70 (DIA) ve %3.8-62 (SIY) aralığında değişmiştir (Şekil 4). Yüzey suyu sıcaklıklarının azaldığı ve nehir debilerinin arttığı kış-bahar döneminde diatomlar kompozisyondaki varlığını arttırırken, yüzey sularının ısınmaya başlaması ve yüksek sıcaklıkların gözleendiği yaz-sonbahar dönemlerinde ise siyanobakteriler fitoplankton kompozisyonunda baskın olmuştur. Eylül ayında siyanobakteriler maksimum katkıya ulaşırken diatom en düşük katkıyı yapmıştır.

Geçmişte bölgede yapılan ve mikroskop sayımlarına dayalı çalışmalarda da aynı dönemlerde siyanobakteri sayısının arttığı görülmektedir (Köksalan, 2000; Uysal vd., 2004; Uysal ve Köksalan, 2006; Bayındırlı, 2007). Siyanobakteriler yüksek ışık, sıcaklık ve düşük besin tuzu konsantrasyonlarına karşı farklı stratejiler geliştirebilirler (Tandeu de Marsac

ve Houmard, 1993). Ayrıca diatom gibi büyük hücreler yüksek besin tuzu konsantrasyonlarında siyanobakteri gibi küçük hücrelere oranla daha fırsatçı bir yapıya sahiptir (Fogg, 1991). Öte yandan zeaksantin gibi yüksek ışığa dirençli pigment içeren ve pigment konsantrasyonlarını artan ışığa göre ayarlayabilen siyanobakteriler yaz döneminde artan sıcaklık ve ışık miktarlarına büyük hücrelerden daha dirençlidir ve yüksek ışık ve sıcaklıkta daha hızlı üremektedir (Postius vd., 1998). Siyanobakteriler su sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda, besin tuzunca zengin kıyısal sularda yüksek bolluğa ulaşarak fitoplankton kompozisyonuna ciddi miktarlarda katkı yaparlar (Partensky vd., 1999; Polat ve Uysal, 2009; Uysal vd., 2004; Weisse, 1993; Kormas vd., 2002). Kıyısal sularda diatom ve siyanobakterilerden sonra kompozisyona en çok katkıyı primnesiyofitler (kokkolitler) ve proklorofitler yapmaktadır. Primnesiyofitler çalışma bölgesinde çok yaygın olarak yıl boyu bulunmaktadır (Uysal vd., 2004). Proklorofitler ise siyanobakteriler gibi Synechococcaceae familyasına ait bir cinistir. Fakat siyanobakteriler gibi bol olmasa da sıcaklığın ve ışığın azaldığı kış mevsiminde de varlık göstermektedir (Mella-Flores vd., 2011).

Daha önce bölgede yapılmış çalışmalarda bildirildiği gibi açık sularda genel olarak siyanobakteri ve primnesiyofitler gibi küçük hücreler fitoplankton kompozisyonunda baskın grup olmuştur (Li vd., 1993; Yacobi vd., 1995; Uysal vd., 2004; Psarra vd., 2005). Kıyısal suların aksine açık sularda diatom ve primnesiyofitler yer değiştirmiştir. Bu sefer rekabet siyanobakteri ve primnesiyofitler arasında olmaktadır.

Örnekleme dönemi süresinde Temmuz aylarında sadece siyanobakteri tespit edilmiştir. Diatomlar Ekim 2010'dan başlayarak Mayıs 2011'e kadar artan miktarlarda kompozisyon

katkıda bulunmuşlardır (Şekil 4). Bu dönemlerde açık sularda tuzluluk salınımları verimli kıyusal suların rüzgâr veya akıntı ile açık sulara doğru sürüklendiğini düşündürmektedir.

Ana grupların kompozisyona yaptığı katkılar kıyaslandığında ((%k1y1-%açık); büyük ökaryotlar (30-14), ökaryotik nano flagellatlar (25-40) ve prokaryotik piko planktonlar (40-46)) aslında tüm çalışma alanı yüzey sularının prokaryotik piko plankton tarafından baskılandığı görülmüştür. Daha önce bölgede yapılan mikroskobik ölçümlere dayalı sonuçlar belirli boy gruplarını içerdiğinden dolayı küçük hücreli (<2 µm) prokaryotik piko plankton değerlendirmeye katılmamıştır.

Siyanobakteriler üzerine yapılan çalışmalar ise genel fitoplankton kompozisyonu ile karşılaştırılmadığından dolayı iki ayrı bilgi olarak kalmıştır. Bu çalışma ile bölgede yüzey sularında zamana ve mekâna bağlı pigment dayalı fitoplankton dinamikleri ortaya konulmuştur.

Teşekkür

Bu çalışma Orta Doğu Teknik Üniversitesi-BAP-07-01-2009-01 numaralı proje tarafından desteklenmiştir. Çalışmaların gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı Şehmus Başduvar, Saim Cebe ve R/V Bilim-2 gemisi mürettebatına teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ağırbaş, E. 2016. Fitoplankton Pigment Konsantrasyonunun ve Boy Gruplarının HPLC Tekniği ile Belirlenmesi (Güneydoğu Karadeniz, Rize). Yunus Araştırma Bülteni, (2): 81-90. doi:10.17693/yunus.20918
- Barlow, R.G., Mantoura, R.F.C., Gough, M.A. Ve Fileman, T.W. 1993. Pigment signatures of the phytoplankton composition in the north-eastern Atlantic during the 1990 spring bloom. Deep Sea

- Research, II, 40 (1-2): 459-477. Doi:10.1016/0967-0645(93)90027-K.
- Bayındırlı, C. 2007. Monthly changes in the abundance and biomass of picoplankton (heterotrophic bacteria & cyano bacteria *Synechococcus*) in the Cilician Basin (Eastern Mediterranean). Yüksek Lisans Tezi. Mersin, Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Bell, T. Ve Kalff, J. 2001. The contribution of picoplankton in marine and freshwater systems of different trophic status and depth. *Limnology and Oceanography*, 46: 1243-1248. Doi: 10.4319/lo.2001.46.5.1243.
- Bidigare, R. R., Ondrusek, M. E., Morrow, J. H. ve Kiefer, D. A. 1990. In vivo adsorption properties of algal pigments. *SPIE Ocean Optics*, 1302: 290-302. Doi:10.1117/12.21451.
- Eker, E. ve Kideyş, A. E. 2000. Weekly variations in phytoplankton community structure of a harbour in Mersin Bay (north-eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Botany*, 24: 13-24.
- Fogg, G.E. 1991. The phytoplanktonic ways of life. *New Phytologist*, 118: 191-232. Doi: 10.1111/j.1469-8137.1991.tb00974.x.
- Gibb, S. W., Barlow, R. G. ve Cummings, D. G. 2000. Surface phytoplankton pigment distributions in the Atlantic Ocean: an assessment of basin scale variability between 50° N and 50° S. *Progress in Oceanography*, 45: 339-368. Doi:10.1016/S0079-6611(00)00007-0.
- Gibb, S. W., Cummings, D. G., Irigoien, X., Barlow, R. G., Fauzi, R. ve Mantoura, C. 2001. Phytoplankton pigment chemotaxonomy of the northeastern Atlantic. *Deep Sea Research. Part II: Topical Studies in Oceanography*, 48 (4-5): 795-823. Doi:10.1016/s0967-0645(00)00098-9
- Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C. ve Wright, S. W. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography: Guidelines to modern methods*. UNESCO Publishing Paris, 37-84, ISBN: 9231032755.
- Kideyş, A. E., Ünsal, M. ve Bingel, F. 1989. Seasonal changes in net phytoplankton off Erdemli, northeastern Mediterranean. *DOĞA, Turkish Journal of Botany*, 13 (1): 45-54.
- Koçak, M., Kubilay, N., Tuğrul, S. ve Mihalopoulos, N. 2010. Atmospheric nutrient inputs to the north Levantine basin from long-term observation: sources and comparison with riverine inputs. *Biogeoscience*, 7 (12): 4037-4050. Doi:10.5194/bg-7-4037-2010

- Kormas, K.A., Garametsi, V. Ve Nicolaidou, A. 2002. Size-fractionated phytoplankton chlorophyll in an Eastern Mediterranean coastal system (Maliakos Gula, Greece). *Helgoland Marine Research*, pp. 125-133, doi:10.1007/s10152-002-0106-2.
- Köksalan, İ. 2000. Temporal variability in *Synechococcus* spp. abundance in the northern Levantine Basin as inferred from the weekly time series observation in 1998. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Krom, M.D., Groom, S. Ve Zohary, T. 2003. The eastern Mediterranean. In: *The Biogeochemistry of Marine Systems* (Black, K.D., Shimmiel, G.B., eds.), Blackwell Publishing, Oxford, 91-126.
- Krom, M.D., Herut, B. Ve Mantoura, R.F.C. 2004. Nutrient budget for the eastern Mediterranean: Implications for P limitation. *Limnology and Oceanography*, 49: 1582-1592. Doi:10.4319/lo.2004.49.5.1582.
- Krom, M.D., Woodward, E.M.S., Herut, B., Kress, N., Carbo, P., Mantoura, R.F.C., Spyres, G., Thingstad, T.F., Wassmann, P., Wexels Riser, C., Kitidis, V., Law, C.S. ve Zodiatis, G. 2005. Nutrient cycling in the south east Levantine basin of the Eastern Mediterranean: results from a phosphorus starved system. *Deep-Sea Research II*, 52 (22-23): 2879-2896. Doi:10.1016/j.dsr2.2005.08.009.
- Li, W.K.W., Zohary, T., Yacobi, Y.Z. ve Wood, A.M. 1993. Ultraphytoplankton in the eastern Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Marine Ecology Progress Series*, 102: 79-87.
- Ludwig, W., Dumont, E., Meybeck, M. ve Heussner, S. 2009. River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades?, *Progress In Oceanography*, 80 (3-4): 199-217. Doi:10.1016/j.pocean.2009.02.001.
- Mantoura, R.F.C. ve Llewellyn, C.A. 1983. The rapid determination of algal chlorophyll and carotenoid pigments and their breakdown products in natural waters by reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 151:297-314. Doi:10.1016/S0003-2670(00)80092-6.
- Mantoura, R. F. C., Wright, S. W., Jeffrey, S. W., Barlow R. G. ve Cummings, D. G. 1997. Filtration and storage of pigments from microalgae. In: S. W. Jeffrey, R. F. C. Mantoura and S. W. Wright, *Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods*. UNESCO Monograph in Oceanographic Methods. SCOR WH 78. Paris: SCOR-UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology.
- Mella-Flores, D., Mazard, S., Humily, F., Partensky, F., Mahé, F., Bariat, L., Courties, C., Marie, D., Ras Mauriac, R., Jeanthon, C., Mahdi Bendif, E., Ostrowski, M., Scanlan, D.J. ve Garczarek, L. 2011. Is the distribution of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* ecotypes in the Mediterranean Sea affected by global warming? *Biogeosciences Discussions*, 8 (3):4281-4330. Doi:10.5194/bgd-8-4281-2011
- Partensky, F., Hoepffner, N., Li, W. K. W., Ulloa, O. Ve Vault, D. 1993. Photoacclimation of *Prochlorococcus* sp. (*Prochlorophyta*) strains isolated from the North Atlantic and the Mediterranean Sea. *Plant Physiology*, 101: 285-296
- Partensky, F., Hess, W. R. ve Vault, D. 1999. *Prochlorococcus*, a Marine Photosynthetic Prokaryote of Global Significance. *American Society for Microbiology*. 63 (1): 106-127
- Polat, S. Ve Uysal, Z. 2009. Abundance and biomass of picoplanktonic *Synechococcus* (*Cyanobacteria*) in a coastal ecosystem of the northeastern Mediterranean, the Bay of Iskenderun. *Marine Biology Research*, 5: 363-373. Doi:10.1080/17451000802512275.
- Postius, C., Kenter, U., Wacker, A., Ernst, A. ve Böger, P. 1998. Light causes selection among two phycoerythrin-rich *Synechococcus* isolates from Lake Constance. *FEMS Microbial Ecology*, 25 (2):171-178. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6941.1998.tb00470.x>.
- Psarra, S., Zohary, T., Krom, M.D., Mantoura, R.F.C., Polychronaki, T., Stambler, N., Tanaka, T., Tselepidis, A. Ve Thingstad, T.F. 2005. Phytoplankton response to a Lagrangian phosphate addition in the Levantine Sea (Eastern Mediterranean). *Deep-Sea Research II*, 52: 2944-2960. Doi:10.1016/j.dsr2.2005.08.015.
- Sağlamtimur, N. ve Tugrul, S. 2004. Effect of Riverine Nutrients on Coastal Water Ecosystems: A Case Study from the North eastern Mediterranean Shelf. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13 (11):1288-1294
- Tanaka, T., Zohary, T., Krom, M.D., Law, C.S., Pitta, P.,

- Psarra, S., Rassoulzadegan, F., Thingstad, T.F., Tselepidis, A., Woodward, E.M.S., Flaten, G. A. F., Skjoldal, E.F. ve Zodiatis, G. 2007. Microbial community structure and function in the Levantine Basin of the eastern Mediterranean. *Deep-Sea Research I*, 54: 1721-1743.
Doi:10.1016/j.dsr.2007.06.008.
- Tandeau de Marsac, N. ve Houmard, J. 1993. Adaptation of cyanobacteria to environmental stimuli: new steps towards molecular mechanisms. *FEMS Microbiology Reviews*. 104: 119-190. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.1993.tb05866.x>.
- Uysal, Z. Ve Köksalan, İ. 2006. The annual cycle of *Synechococcus* (cyanobacteria) in the northern Levantine Basin shelf waters (Eastern Mediterranean). *Marine Ecology*, 27: 187-197.
Doi:10.1111/j.1439-0485.2006.00105.x.
- Uysal, Z., Senichkina, L., Kuzmenko, L., Georgieva, L. ve Altukhov, D. 2003. Weekly changes in phytoplankton species composition, diversity, abundance, and biomass across the northern Levantine basin shelf waters. In *Proceedings of the Second International Conference on "Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins"*. Yılmaz, A (ed.) 14–18 October 2002. METU Cultural and Convention Center, Tubitak Publishers, Ankara, Turkey.680-686.
- Uysal, Z., Çoban Yıldız, Y. ve Tuğrul, S. 2004. Levantin Baseni pikoplankton (heterotrofik bakteri ve cyanobakteri) içerik ve dinamikleri. *Mersin, ODTÜ/DBE*:67.
- Uysal, Z., Latif, M.A., Özsoy, E., Tuğrul, S., Kubilay, N., Beşiktepe, Ş.T., Yemenicioğlu, S., Mutlu, E., Ediger, D., Beşiktepe, Ş., Ediger, V., Ak Örek, Y., Örek, H., Demirel, M., Tunç, Ş.Ç. ve Terbiyik, T. 2008. The Circulation, Removal, and Eutrophication of the Coastal Ecosystem in the Cilician Basin” YDABAG104Y277 coded TUBITAK project report.
- Weisse, T. 1993. Dynamics of autotrophic picoplankton in marine and freshwater ecosystems, In: Jones, J.G.(eds), *Advances in microbial ecology*. Springer US, New York, 13, pp.327-370, doi:10.1007/978-1-4615-2858-6_8.
- Yacobi, Y. Z., Gitelson, A. ve Mayo, M. 1995. Remote sensing of chlorophyll in Lake Kinneret using high-spectral-resolution radiometer and Landsat TM: spectral features of reflectance and algorithm development. *Journal of Plankton Research*, 17: 2155-2173.
Doi: 10.1093/plankt/17.11.2155.
- Yılmaz, A. ve Tuğrul, S. 1998. 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. doi:10.1016/S0924-7963(97)00022-5.
- Yılmaz, D. 2006. Temporal variation of phytoplankton in the northeastern shelf of Mediterranean Sea: Composition, pigment signature and production. *Doktora Tezi, Mersin, Ortadoğu Teknik Üniversitesi*.
- Yücel, N. 2013. Monthly Changes in Primary and Bacterial Productivity in the North-Eastern Mediterranean Shelf Waters. *Doktora Tezi. Mersin, Ortadoğu Teknik Üniversitesi*.