

2004-465



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

YANTIN BASINI PIKOPLANKTON (HETEROTROF  
BAKTERİ VE CYANOBAKTERİ) İÇERİK VE  
DİNAMİKLERİ

55708

PROJE NO: YDABAG 102Y037

Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu

Earth Marine and Atmospheric Sciences  
Researches Grant Group

Yazdır

Bu proje ile Levantin baseni kuzey sahaneli sulurinda pikoplankton (heterotrofik bakteri ve cyanobakteri) ikerik ve dinamikleri calismistir. Proje k-ovamunda bir yıl süresince aylık zamanlarla sahanlık sulurunu temsil eden üç istasyonda yörenyan tabana standart deniz suyu, fizyolojik, kimyasal ve fiziksel veriler toplanmış, birbirleri ile ilişkilendirilerek mikrokozmos mikroskopik denizel organizmalara olan etkileri incelenmiştir. Proje deniz çalışması (DTU), Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait Lanza ve Erdemli araştırma tekneleri ile yapılmış olup, tüm örnekler Erdemli yerleşkesindeki laboratuvarlarda ölçülüp değerlendirilmiştir. Proje bütünü ile TÜBİTAK-YDABAG tarafından toplam 35.400.000.000.-TL. bütçe ile desteklenmiştir.

## LEVANTİN BASENİ PİKOPLANKTON (HETEROTROFİK BAKTERİ VE CYANOBAKTERİ) İÇERİK VE DİNAMİKLERİ

55708

PROJE NO: YDABAG 102Y037

DOÇ. DR. ZAHİT UYSAL  
DR. YEŞİM Ç. YILDIZ  
PROF. DR. SÜLEYMAN TUĞRUL

EKİM 2004  
MERSİN

## Önsöz

Bu proje ile Levantin baseni kıta sahanlığı sularında pikoplankton (heterotrofik bakteri ve cyanobakteri) içerik ve dinamikleri çalışılmıştır. Proje kapsamında bir yıl süresince aylık aralıklarla sahanlık sularını temsilen üç istasyonda yüzeyden tabana standart derinliklerde biyolojik, kimyasal ve fiziksel veriler toplanmış, birbirleri ile ilişkilendirilerek sözkonusu mikroskopik denizel organizmalara olan etkileri irdelenmiştir. Proje deniz çalışması ODTÜ, Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait Lamas ve Erdemli araştırma tekneleri ile yapılmış olup, tüm örnekler Erdemli yerleşkesindeki laboratuvarlarda ölçülüp, değerlendirilmiştir. Proje bütünü ile TÜBİTAK-YDABAG tarafından toplam 35.400.000.000.-TL bütçe ile desteklenmiştir.

## İçindekiler

Önsöz.....	2
İçindekiler.....	3
Tablo listesi.....	4
Şekil listesi.....	4
Özet.....	6
Abstract.....	7
1. Giriş.....	8
2. Özdek ve Metodlar.....	9
3. Sonuçlar.....	13
3.1. Fiziksel dinamikler.....	13
3.1.1. Kıyı istasyon.....	13
3.1.2. Orta istasyon.....	15
3.1.3. Açık istasyon.....	17
3.2. Kimyasal parametreler.....	19
3.2.1. Kıyı istasyon.....	19
3.2.2. Orta istasyon.....	24
3.2.3. Açık istasyon.....	28
3.3. Biyolojik parametreler.....	34
3.3.1. Heterotrofik bakteriler.....	35
3.3.2. Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> spp. ....	41
3.3.3. Fitoplankton.....	52
Referanslar.....	65

## Tablo Listesi

Tablo 1. İstasyonlarda toplanan parametreler ve derinlikleri.....	10
Tablo 2. Kıyı istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.....	20
Tablo 3. Orta istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.....	25
Tablo 4. Açık istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.....	29
Tablo 5. Proje kapsamında çalışılan istasyonlarda saptanan fitoplankterler.....	52
Tablo 6. İstasyonlarda aylık aralıklarla elde edilen tür çeşitlilik indisleri sonuçları.....	56
Tablo 7. Her grup içinde türlerin ( $\bar{S}_i$ ) ortalama benzerliklere ( $\bar{S}$ ) katkısı.....	63
Tablo 8. Gruplar arasında türlerin ( $\delta_i$ ) toplam ortalama benzememeziğe katkıları.....	64

## Şekil Listesi

Şekil 1. Proje kapsamında Levantin baseninde çalışılan istasyonlar.....	10
Şekil 2. Kıyı istasyonuna ait aylık sıcaklık ( $\blacklozenge$ ), tuzluluk ( $\blackplus$ ), yoğunluk ( $\blackstar$ ), göreceli klorofil ( $\bullet$ ) ve çözülmüş oksijen ( $\oplus$ ) profilleri .....	14
Şekil 3. Orta istasyonuna ait aylık sıcaklık ( $\blacklozenge$ ), tuzluluk ( $\blackplus$ ), yoğunluk ( $\blackstar$ ), göreceli klorofil ( $\bullet$ ) ve çözülmüş oksijen ( $\oplus$ ) profilleri .....	16
Şekil 4. Açık istasyonuna ait aylık sıcaklık ( $\blacklozenge$ ), tuzluluk ( $\blackplus$ ), yoğunluk ( $\blackstar$ ), göreceli klorofil ( $\bullet$ ) ve çözülmüş oksijen ( $\oplus$ ) profilleri .....	18
Şekil 5. Kıyı istasyonuna nehir girdisini görmek için detaylandırılmış tuzluluk ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) profilleri.....	19
Şekil 6. Kıyı istasyonu yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.....	22
Şekil 7. Kıyı istasyonu 10 m derinlikte kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.....	24
Şekil 8. Orta istasyona ait detaylandırılmış tuzluluk ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) profilleri.....	26
Şekil 9. Orta istasyonda yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.....	28
Şekil 10. Orta istasyonda su kolonunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.....	29
Şekil 11. Açık istasyon yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.....	32
Şekil 12. Açık istasyonda su kolonunda PON, POC, PP ve chl- <i>a</i> 'ya ait aylık profiller.....	34
Şekil 13. Her üç istasyonda POC, PON ve PP karşılıklı regresyon eğri ve denklemleri... 35	35
Şekil 14. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda değişimler.....	36
Şekil 15. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.....	36
Şekil 16. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.....	36
Şekil 17. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda değişimler.....	37
Şekil 18. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.....	38
Şekil 19. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.....	39
Şekil 20. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda	

değişimler.....	40
Şekil 21. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.....	41
Şekil 22. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.....	42
Şekil 23. Kıyı istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. hücre bolluğunda değişimler.....	43
Şekil 24. Kıyı istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminde değişimler.....	43
Şekil 25. Kıyı istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. biyokütlesinde değişimler.....	43
Şekil 26. Orta istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. hücre bolluğunda değişimler.....	44
Şekil 27. Orta istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminde değişimler.....	45
Şekil 28. Orta istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. biyokütlesinde değişimler.....	46
Şekil 29. Açık istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. hücre bolluğunda değişimler.....	47
Şekil 30. Açık istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. ortalama hücre hacminde değişimler.....	48
Şekil 31. Açık istasyonda aylara göre derinlikle <i>Synechococcus</i> spp. biyokütlesinde değişimler.....	49
Şekil 32. Kıyı istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve <i>Synechococcus</i> spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir)...	50
Şekil 33. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve <i>Synechococcus</i> spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir)...	51
Şekil 34. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve <i>Synechococcus</i> spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir)...	52
Şekil 35. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında fitoplankton hücre bolluğunda aylık değişimler.....	55
Şekil 36. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında fitoplankton tür sayısında aylık değişimler.....	57
Şekil 37. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Margalef İndeks değerindeki aylık değişimler.....	58
Şekil 38. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Shannon-Wiener İndeks değerindeki aylık değişimler.....	59
Şekil 39. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Pielou İndeks değerindeki aylık değişimler.....	60
Şekil 40. İstasyonlar arası benzerlik dendogramı.....	61
Şekil 41. Çok-boyutlu Ölçümlendirme (MDS) diyagramı.....	62
Şekil 42. İstasyonlar arası yüzey suyu sıcaklık diyagramı.....	62

## Özet

Levantin baseni kıta sahanlığı sularında bir yıl süre ile aylık aralıklarla üç istasyonda pikoplankton (heterotrofik bakteri ve cyanobakteri) içerik ve dinamikleri çalışıldı. Bu grubun ortam kimyasal ve fiziksel parametreleri ile zaman ve yer boyutlarında ilişkileri irdelendi. Sahanlık suları genelde dinamik bir yapı sergilemekte, kış dönemi dikey karışımlar su kolonunda mevcut besin tuzları derişimi ve askı yük dağılımını direkt etkilemektedir. Kış dönemi bakteri popülasyonu azalmış ve su kolonunda homojen dağılım göstermiştir. Bakteri boyları çalışılan her üç istasyonda derinlikle ve zaman içinde ani değişimler göstermiştir. Su sıcaklığının en yüksek olduğu yaz aylarında yüzey ve yüzeye yakın derinliklerde cyanobakteri *Synechococcus* spp. daha yoğun olarak bulunmuştur. Kış dönemi yoğun dikey karışım nedeni ile derinlikle hücre sayılarında önemli bir değişim gözlenmemiş olup diğer mevsimlere oranla düşük sayılarda kalmıştır. Genelde yıl boyunca su kolonunda heterotrofik bakteri biyokütlesi cyanobakteri *Synechococcus* spp. biyokütlesini geçmiştir. Yıl boyunca bölgeden toplam 71 adet Diyatom, 40 adet Dinoflagellat ve 21 adet Chrysophyta türü saptanmıştır. İlkbahar dönemi ve yaz başlangıcında fitoplankton her üç istasyonda da yoğun olarak bulunmuştur. Genelde, kıyıdan açığa doğru gidildiğinde fitoplankton sıklığında azalma görölmektedir. Su sıcaklığı ile fitoplanktonun yapısı arasında kuvvetli bir ilişki mevcuttur.

**Anahtar kelimeler:** Pikoplankton, heterotrofik bakteri, cyanobakteri, *Synechococcus* spp., fitoplankton, dinamikleri, Levantin baseni.

## Abstract

Picoplankton (heterotrophic bacteria and cyanobacteria) content and dynamics of the Levantine Basin shelf waters have been studied at three stations in monthly intervals over a period of one year. Its relations with ambient chemical and physical parameters in time and space have been clarified. In general shelf waters have a dynamic nature and strong mixing during winter effect greatly the concentration of nutrients as well as the distribution of suspended matter in the water column. Winter bacterial population was low in abundance and distributed homogeneously in the water column. Size of bacteria varied greatly and suddenly in time and with depth at all three stations. Cyanobacteria *Synechococcus* spp. was found more abundant at or near surface waters with elevated temperatures during the summer months. Changes in cell abundance with depth was insignificant during winter due to intense vertical mixing and remained at lowest values compared to other seasons. In general, heterotrophic bacterial biomass surpassed the cyanobacterial (*Synechococcus* spp.) biomass in the water column throughout the year. Throughout the year 71 diatom, 40 dinoflagellate and 21 chrysophycean species have been identified from the region. Phytoplankton was found more abundant during spring and early summer at all three stations. A decreasing trend in phytoplankton abundance towards offshore is prominent. Highly significant relationship exist between phytoplankton and ambient water temperature.

**Keywords:** Picoplankton, heterotrophic bacteria, cyanobacteria, *Synechococcus* spp., phytoplankton, dynamics, Levantine basin.



**1. Giriş** Okyanus ve denizlerde fotosentezle fitoplankton tarafından oluşturulan organik madde birincil üretimin tabanını oluşturmaktadır. Birincil üretimin oluşmasında farklı fitoplankton gruplarının katkı payları da değişmektedir. Önceleri, olanaklar dahilinde, üretimin çok büyük boyutlu fitoplanktonik hücrelerce (diyatomlar, dinoflagellatlar) gerçekleştirildiği varsayılıyordu. Son yıllarda gelişen teknoloji ve özelleşmiş aletlerle bu görüş değişmiş ve çok daha küçük boyutlu (0.2-2.0  $\mu\text{m}$ ) pikoplanktonların (heterotrofik bakteriler, cyanobakteriler ve proklorofitler) okyanus ve denizlerde toplam biyokütle ve üretime önemli katkılarına olduğu saptanmıştır. Denizel planktonda biyokütle ve bolluk açısından 0.2 ve 2.0  $\mu\text{m}$  arası hücreler genelde baskın durumdadırlar. Oligotrofik okyanus sistemlerinde pikoplankton genelde inorganik karbon fiksasyonunun %60'ını gerçekleştirmektedir. Toplam birincil üretime katkıları, subtropik Kuzey Atlantik'te %60 ve Hawaii açıklarında %80 düzeylerine çıkabilmektedir (Li ve Platt, 1987).

Denizlerde birincil üretimin sürekliliğini sağlayan katı ve çözünmüş organik madde döngüleri çok önemlidir. Denizlerde, inorganik ve organik maddelerin karşılıklı dönüşümünde ve üst trofik seviyelere taşınımında bakteriler anahtar rol oynarlar. Deniz ekosisteminde heterotrofik bakteriler aktif ve yoğun olup besin zincirinde bakterilerle beslenen, özellikle kamçılılar tarafından yenilerek deniz suyunda mevcut Çözünmüş Organik Karbon'un (ÇOK) üst trofik seviyelere taşınımını sağlarlar. Heterotrofik bakteriler, denizlerde üretimle oluşmuş partikül maddeleri (ölü organizmalar, fitodetritüs, fekal peletler) parçalarlar ve aynı zamanda da plankton tarafından ortama bırakılan çözünmüş organik maddeyi kullanırlar. Denizlerde üretimle oluşan organik maddenin önemli bir kısmı ortama çözünmüş organik madde olarak bırakılır, dolayısı ile üst trofik seviyelere direkt olarak taşınmaz. Bakteriler ortama bırakılan bu çözünmüş organik maddenin yaklaşık %50'sini kullanarak toplam üretimin %20-30'una karşılık gelen partikül organik maddeyi oluştururlar. Ayrıca, denizlerde partikül maddeleri parçalayarak ve suda çözümlerini sağlayarak okyanuslardaki karbon ve azot akısının araştırılmasında önemle yer alırlar. Oligotrofik sularda bakteriler genelde çözünmüş organik madde aracılığı ile birincil üretimin hemen hemen yarısını tüketirler ve ortamdaki mevcut otlancılar tarafından yenilirler.

Heterotrofik bakteriler okyanuslarda öfotik tabakada oluşturulan organik maddenin yeniden parçalanmasını sağlayarak mikrobiyal loop ve karbon döngüsünde anahtar rol oynarlar (Pomeroy, 1974; Azam ve Hodson, 1977; Sieburth ve diğ., 1978; Smith ve diğ., 1992; Azam, 1998). Ayrıca, deniz suyundaki çözünmüş organik maddeyi kısa zaman süresinde (saat) biyokütleye dönüştürme yetenekleri ile okyanus ekosisteminde besin zincirinde önemli yer tutarlar. Bakteri yoğunluğu deniz suyunda  $1 \times 10^9$  hücre/litre düzeylerinde olabilmekte ve bazı durumlarda bakteri biyokütlesi toplam fitoplankton biyokütlesinin %20'sine denk olabilmektedir. Bakteriler, Siliyat'lar ve küçük kamçılılar tarafından yenilerek çözünmüş organik maddenin daha üst metazoan gruplara taşınmasında önemli rol oynarlar.

Heterotrofik bakterilerin yanısıra, boyca biraz daha büyük ( $\sim 1 \mu\text{m}$ ), fikoeritrin içeren, tek hücreli, fotoototrofik cyanobakteri *Synechococcus* yoğun ilgi odağı oluşturmuştur. Bu prokaryotik hücre pigment yapısında fikoeritrin içermesi nedeni ile epifloresan mikroskop aracılığı ile diğer planktondan kolayca ayırt edilebilmektedir. Genelde, bu grup, ılıman ve tropik denizlerde öfotik tabakada yoğunlaşmış ılıman denizlerin yüzey sularında  $10^3 - 10^5$  hücre/ml seviyesinde bulunmaktadır. Oligotrofik okyanus sularında fotosentetik karbon

fiksasyonunun %25'ini (Waterbury ve diğ., 1986) Kuzey Pasifik Okyanusu'nda ise toplam fotosentezin %64'ünü gerçekleştirmektedir (Iturriaga ve Mitchell, 1986). Ayrıca, aşırı derecede oligotrofik güney Levantin baseninde (doğu Akdeniz) ultrafitoplankton üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada toplam klorofile genelde boyları 10 µm altındaki grupların büyük oranda katkısı olduğu ve burada mevcut ultrafitoplanktonun proklorofitler, cyanobakteriler ve çeşitli kırmızı-floresans veren piko ve nanofitoplankton tarafından oluşturulduğu saptanmıştır (Li ve diğ., 1993). Pikoplanktonun baskın olması ortamda madde ve enerji transferinin büyük oranda mikrobiyal döngü (loop) tarafından yürütüldüğünü gösterir. Bunun yanısıra diğer okyanus ve denizlerde bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve halen de sürmektedir. Yurtdışında, bu konuda gelişmiş birçok enstitülerde, pikoplankton düzeyinde araştırmalar genelde epifloresan mikroskop yanısıra bu konu için özel olarak geliştirilmiş flow-cytometre ile otomatik yapılmaktadır.

Ülke içinde, denizlerimizde, pikoplankton düzeyinde özellikle heterotrofik bakteri ve kokkoid Cyanobakteri *Synechococcus* üzerine özgün çalışmalar çok azdır. Karadeniz'de pikoplanktonun önemli bir kısmını oluşturan Cyanobakteri *Synechococcus*'un boy, dağılım, büyüme ve pigment yapısı üzerine öncül çalışmalar mevcuttur (Uysal, 2000, 2001). Bu çalışmaların yanısıra halihazırda Akdeniz için de preliminere çalışmalar başlatılmış olup veri tabanı oluşturulmaya çalışılmaktadır (Köksalan, 2000). İleri aşamalarda, yurdumuzu üç yandan çevreleyen farklı yapı ve özelliklere sahip denizlerimizde bu grubun dağılımları, birincil üretime katkıları, genetik farklılıklarının bulunup bulunmadığının araştırılması arzu edilmektedir. Oligotrofik doğu Akdeniz'de mevcut üretime önemli oranda katkı yapan planktonun bu kısmının detaylı çalışılması önemlidir. Deniz ekosistemi model çalışmalarında üretimin ilk aşamalarında madde dönüşümünü, enerji kullanım ve transferini irdeleyebilmek için ekosistemin mikrobiyal boyutunu ve dinamiklerini her yönü ile tanımlamak gerekir. Üretim yönünden en düşük düzeylerde verimliliğin gözlemlendiği doğu Akdeniz'de pikoplankton dinamiklerinin yanısıra ortam biyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreleri ile zaman ve yer boyutlarında ilişkilerini anlamak mikrobiyal proseslerin boyutlarının anlaşılmasına katkı yapacaktır. Levantin baseninde katı ve çözülmüş organik madde döngülerinde en önemli rolü oynayan heterotrofik bakteriler üzerine henüz kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışma ile bu basende mevcut pikoplanktonun bolluğu ve biyokütlesi yanısıra pikoplankton kökenli karbon içeriği ve dikey taşınımları üzerine ilk bulgular elde edilecektir. Sonuçta günümüze değin denizlerimizde yapılan tüm biyolojik oşinografi çalışmalarında gözardı edilen mikrobiyal prosesler konusunda veri tabanı oluşturulacak, deniz ekosistemi tahmin modelleri için gerekli veri girdisi sağlanacak, ve de deniz ekosistem değişimleri için uzun süreli bulgu birikimi başlatılması sağlanmış olacaktır.

## 2. Özdek ve Metodlar

Proje kapsamında, Eylül 2002 – Ağustos 2003 tarihleri arasında Levantin baseni kıta sahanlığı içinde Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü açıklarında biri kıyı (yaklaşık 20 metre toplam derinlik) diğeri orta şelf (kıta sahanlığı içinde 110 m toplam derinlikte) ve şelf sonu (210 m toplam derinlikte) olmak üzere toplam 3 istasyonda (Şekil 1) düzenli olarak, ODTÜ - Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait Erdemli araştırma teknesi ile aylık seferler gerçekleştirilmiştir.

Analizler için su örnekleri şelf içi ve sonu istasyonlarda tabana yakın olacak şekilde uygun aralıklarda standart derinliklerden ve kıyı istasyonunda yüzey ve dibe yakın alt derinlik olmak üzere iki derinlikten alınmıştır (Tablo 1).



Şekil 1. Proje kapsamında Levantin baseninde çalışılan istasyonlar.

Tablo 1. İstasyonlarda toplanan parametreler ve derinlikleri.

Parametre	Açık İstasyon Derinlikler	Orta İstasyon Derinlikler	Kıyı İstasyon Derinlikler
Heterotrofik bakteri	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Cyanobakteri	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Fitoplankton	Yüzey	Yüzey	Yüzey
Chl- <i>a</i>	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Partikül organik karbon	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Partikül organik azot	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Partikül fosfor	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Reaktif silikat	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Nitrat + Nitrit	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Orto-fosfat	0,20,40,60,80,100,125, 150, 175, 200	0,20,40,60,80,100	0,10
Çözünmüş oksijen	Profil + SD	Profil + SD	Profil + SD
Sıcaklık	Profil	Profil	Profil
Tuzluluk	Profil	Profil	Profil
Yoğunluk	Profil	Profil	Profil
In situ fluoresans	Profil	Profil	Profil
Turbidite	Profil	Profil	Profil
Seki derinliği	Derinlik	Derinlik	Derinlik

S.D. Standart Derinliklerden

Proje kapsamında toplanan ve ölçülen biyolojik, kimyasal ve fiziksel parametreler ve ölçüm yöntemleri sırası ile aşağıda verilmektedir.

**Heterotrofik bakteriler:** İstasyonlarda yukarıda anılan derinliklerden 5 litre kapasiteli Niskin kapama şişeleri aracılığı ile alınan su örneğinden 50 ml'lik polikarbonat tüplere 40 ml alt su örneği alınır. Örnek içine zaman geçirilmeden önceden 0.2 mikron filtreden geçirilmiş 1 ml glutaraldehit (25%) eklenir ve ağzı sıkıca kapanır. Laboratuvarda derinliğe göre yaklaşık 5-20 ml arası deniz suyu 0.2 µm göz açıklı, siyah, nuklepore membran filtreler üzerine süzülür. Süzme aşamasında silindir içinde yaklaşık 2-3 ml su kaldığında 200 mikrolitre Acridine Orange (0.02 %) eklenerek heterotrofik bakteri hücre DNA'ları boyanır, süzüm tamamlanarak, filtre lam lamel arasına immersiyon yağı ile fikse edilir (Knap ve diğ., 1996). Mikroskop analizlerine kadar derin dondurucuda saklanan örnekler Enstitü Biyoloji laboratuvarında mevcut epifluoresans mikroskop altında sayılır. Sayımlarda B-2A (DM 505, EX 450-490, BA 520) filtre bloğu kullanılmaktadır. Hücre boyu ölçümleri ve biyokütle hesaplamaları proje kapsamında alınan dijital kamera ve uygun yazılımdan oluşan Görüntü Analiz Sistemi aracılığı ile yapılmıştır. 100x objektif büyütmede dijital kamera aracılığı ile bilgisayar ekranına yansıtılan görüntüde 1 pikselin boyutu 0.01416 µm/pixel olmaktadır. Bilgisayar ekranında görüntü maksimum 1900 kere büyütülebilmektedir. Yazılım aracılığı ile hücre üzerinde 55 değişik ölçüm alınabilmektedir. Bu çalışmada bakteri ve cyanobakteri hücre hacimlerinin hesaplamalarında her bir hücreye ait alan ve major eksen ölçülmüştür. Her iki grup için hücre hacim hesaplamalarında elipsoid şekil için geliştirilmiş hacim formülü kullanılmıştır (Sieracki, 1989). Burada küçük (minor) eksen elipsoid alan formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Hücre hacimleri aşağıda verilen iki basamak işlem sonrası saptanmıştır. Heterotrofik bakteri karbon içeriği hesaplamalarında her bir µm<sup>3</sup> için 77 fg karbon oranı kullanılmıştır (Carlson ve diğ., 1999). Cyanobakteri karbon içeriği hesaplamalarında her bir µm<sup>3</sup> için 123 fg karbon oranı kullanılmıştır (Waterbury ve diğ., 1986).

$$\text{Minor eksen} = \{ \text{alan} / (3.1416 \times \text{major eksen} / 2) \} \times 2$$

$$\text{Hacim} = \{ (\text{minor eksen} \times \text{minor eksen}) \times \text{major eksen} \times 3.1416 \} / 6$$

**Cyanobakteri (*Synechococcus spp.*):** Bu parametre için metod oturmuş ve rutin olarak kullanılmaktadır (Uysal, 2000, 2001). Alt örnek alma ve tespit etme işlemleri heterotrofik bakterilerde olduğu gibidir. Derinliğe göre yaklaşık 5-20 ml arası deniz suyu 0.2 µm göz açıklı, siyah, nuklepore membran filtreler üzerine süzülerek lam lamel arasına immersiyon yağı ile fikse edilir. Mikroskop analizlerine kadar derin dondurucuda saklanan örnekler Enstitü Biyoloji laboratuvarında mevcut epifluoresans mikroskop altında sayılmıştır. Sayımlarda G-1A (DM 575, EX 546/10, BA 580) filtre bloğu kullanılmıştır. Cyanobakteri hücre boyu ölçümleri ve biyokütle hesaplamaları proje kapsamında alınan Görüntü Analiz Sistemi (dijital kamera ve uygun yazılım) aracılığı ile yapılmıştır.

**Fitoplankton:** Seferler süresince fitoplankton örnekleri her istasyonda yüzeyden 5 litrelik Niskin kapama şişeleri aracılığı ile alınmıştır. Bunun için yaklaşık 1 litre deniz suyu koyu renkli cam şişeler içine tamponlanmış yüzde 5'lik formalin ile fikse edilmiştir. Laboratuvarda, mevcut fitoplankton yoğunluğuna göre farklı hacimlerdeki çöktürme tüplerinde (5, 10, 25 ml'lik) bekletilerek, nicel ve nitel incelemeleri ters faz-kontrast mikroskop altında yapılmıştır. Örnek içinde başlıca diyatomlar, dinoflagellatlar ve kokkolitler olmak üzere mevcut tüm gruplara ait hücreler tür düzeyinde tanımlanmaya çalışılmıştır.

**Chl-a:** Her üç istasyonda anılan tüm derinliklerden örnekler alınmıştır. 1-5 litrelik plastik şişelere aktarılan deniz suyu seyir sırasında serin ve karanlıkta muhafaza edilerek sefer sonunda zaman geçirilmeden laboratuvarda loş ışık altında GF/F tipi filtre kağıtlarından süzülür. Filtre üzerinde tutulan plankton içerikli partikül maddeler analize kadar derin

dondurucuda saklanır. Chl-*a* ölçümleri aseton ekstraksiyonu yöntemiyle yapılır. Örneğin alındığı derinliğe ve plankton yoğunluğuna bağlı olarak 1-5 litre arasında süzüntü örneği içeren filtre kağıtları, %90'lık aseton çözeltisi içinde homojen hale getirilir. Yaklaşık 20 saat süreyle karanlıkta ve soğukta tutulan filtreler, santrifüj edilir ve çözeltinin son hacmi %90'lık asetonla 5 veya 10 ml'ye tamamlanır. Floresans spektrometrede (Hitachi Model 3000) okuma yapılır ve standartlarla karşılaştırılarak çözeltideki chl-*a* miktarı bulunur. Bu değer süzüntü hacmine bölünerek sonuçlar  $\mu\text{g chl-}a/\text{l}$  birimine dönüştürülür.

**Göreceli floresans yoğunluğu:** Deniz ortamında doğrudan (in-situ)-floresans ölçümleri, Sea Bird CTD Prob sistemi ile birlikte kullanılan in-situ fluorometresi ile yapılır. Klorofil dalga boyuna ayarlanan algılayıcıya gelen sinyaller kesintisiz olarak bilgisayar disketlerine kayıt edilir. Bu ölçüm sonucu bize, yüzeyden dibe su kolonundaki chl-*a* miktarının göreceli dikey dağılımını (profil) verir.

**Çözünmüş oksijen (ÇO):** Yüzeyden tabana anılan standart derinliklerden alınan deniz suyu örnekleri, özel yapılmış 150 ml'lik kapaklı cam şişeler içerisine plastik hortum aracılığı ile hava kabarcıkları oluşturmadan aktarılır. Deniz suyu örneklerinin havadaki oksijenle kirlenmesini önlemek için boş cam şişeler, örnekleme yapmadan önce bir dakika kadar argon gazı ile yıkanır ve örnekleme anına kadar ağzı kapalı tutulur. Oksijen tutucu kimyasal reaktifler eklenen örnekler, ağzı kapalı olarak, karanlıkta ve oda sıcaklığında 1-2 saat kadar bekletilir. Çözünmüş oksijen ölçümleri Winkler titrasyon metodu ile yapılır. Titrasyonda uluslararası Metrohm (Hydro-Bios) marka multi-dosimat (0.01 ml skala duyarlılığında) kullanılmaktadır. Özel cam şişelere alınan ve ortamdaki oksijen miktarıyla orantılı olarak oluşan mangan çökelekleri, asit ilavesi ile çözündürülür ve örneğe eklenmiş olan iyodür çözeltisi ile tepkimeye girer. Açığa çıkan iyot, standart tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyonun dönüm noktası nişasta çözeltisi veya redoks potansiyel elektrodu kullanılarak belirlenir. Karanlıkta korunan örneklerin analizi normal olarak iki saat içerisinde tamamlanır. Ölçümlerin hassasiyet derecesi  $\pm 0.05$  ppm'dir.

**Besin elementleri:** Her istasyonda anılan standart derinliklerden örnekleme yapılmıştır. Reaktif silikat, nitrat, nitrit ve orto-fosfat analizleri için deniz suyu örnekleri 100 ml'lik plastik (HDPE; seyreltik HCL ile yıkanmış) şişelere alınır. Koruyucu kimyasal eklemesi yapmadan silikat örnekleri buzdolabında, fosfat ve nitrat örnekleri ise derin dondurucuda analiz zamanına kadar saklanır. Aynı şişelere alınan nitrit örnekleri ise bekletilmeden analiz edilir. Besin elementleri ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{Si(OH)}_4\text{-Si}$  ve  $\text{PO}_4\text{-P}$ ) ölçümünde iki kanallı Technicon A II model oto-analizörü kullanılır. Çok sayıda örneğin devamlı analizine olanak veren bu otomatik sistemde kullanılan ölçüm yöntemleri Technicon firmasının geliştirilmiş ve uluslararası standart ölçüm metodları olarak kabul edilmiştir. Bu yöntemlerin hassasiyeti fosfat için 0.02, nitrat için 0.05 ve silikat için de 0.1  $\mu\text{M}$  mertebesindedir.

**Partikül organik madde:** Partikül Organik Karbon (POC), partikül Organik Azot (PON) ve Partikül Fosfor (PP) analizleri için toplanan 5-10 litre deniz suyu örnekleri, en kısa sürede ve düşük emme basıncı uygulayarak GF/F tipi filtre kağıtlarından süzülür. Daha sonra 5-10 ml destile su ile yıkanır ve alüminyum folyo içerisinde derin dondurucuda analize kadar korunur. Süzmede kullanılan filtre kağıtları kullanılmadan önce 450-500 °C'de bir saat yakılarak filtre yapısında bulunan organik madde oksitlenir.

**Partikül organik karbon (POC) ve Partikül Organik Azot (PON) analizlerinde** Carlo Erba 1108 Model CHN analiz cihazı kullanılır. Analiz öncesinde dondurulmuş filtreler

önce 50-60 derecede kurutulur, daha sonra kısa bir süre HCl buharında tutularak filtre üzerindeki karbonat bileşikleri uzaklaştırılır. Desikatör içerisinde vakumlanarak tekrar kurutulan filtreler 15-20 mg'lık 4-5 parçaya ayrılarak kalay kapsüller içerisine yerleştirilir ve kapsüllerin ağzı kapatılır. Cihazın örnek haznesi bölümüne yerleştirilen filtre örnekleri, sırayla cihazın oksitleme kolonuna düşer ve oksijen gazı yardımıyla 1020 °C'de ısıtılır. Açığa çıkan gazlar ve uçucu organikler sırasıyla, cihazın oksitleme ve indirgeme kolonlarından geçer. Metan ve azot gazına dönüştürülen organik madde içerisindeki karbon ve azot bileşikleri, TCD dedektörü yardımıyla kantitatif olarak ölçülür. Bulunan değerler süzülen su hacmine bölünerek birim hacimdeki POC ve PON miktarları hesaplanır. Elde edilen POC ve PON miktarlarının oranı, örnek içerisindeki organik yapıdaki karbon/azot oranını verir.

**Partikül fosfor**, (PP) tayini için filtre kağıdı üzerine toplanan organik içerikli partikül madde 450 °C'de ısıtılarak organik fosfor bileşikleri anorganik yapıya dönüştürülür. Seyreltik HCl ile 90 °C'de çözeltiye geçirilen fosfat iyonları çözeltinin pH'sı 7'ye ayarlandıktan sonra son hacim 20 ml'ye tamamlanır. Anorganik fosfat analiz metodu kullanılarak spektrofotometrik yöntemle fosfor ölçümü yapılır. Şahit ve fosfat standartları kullanarak örneklerin içerdiği fosfor miktarları hesaplanır. Bu değerler süzülen örnek hacmine bölünür ve birim hacimdeki partikül fosfor miktarı hesaplanır.

**Tuzluluk ve Sıcaklık:** Ölçümler Sea-Bird Model CTD probu ve okuyucusu kullanılarak anında ve kesintisiz olarak yapılmıştır.

### 3. Sonuçlar

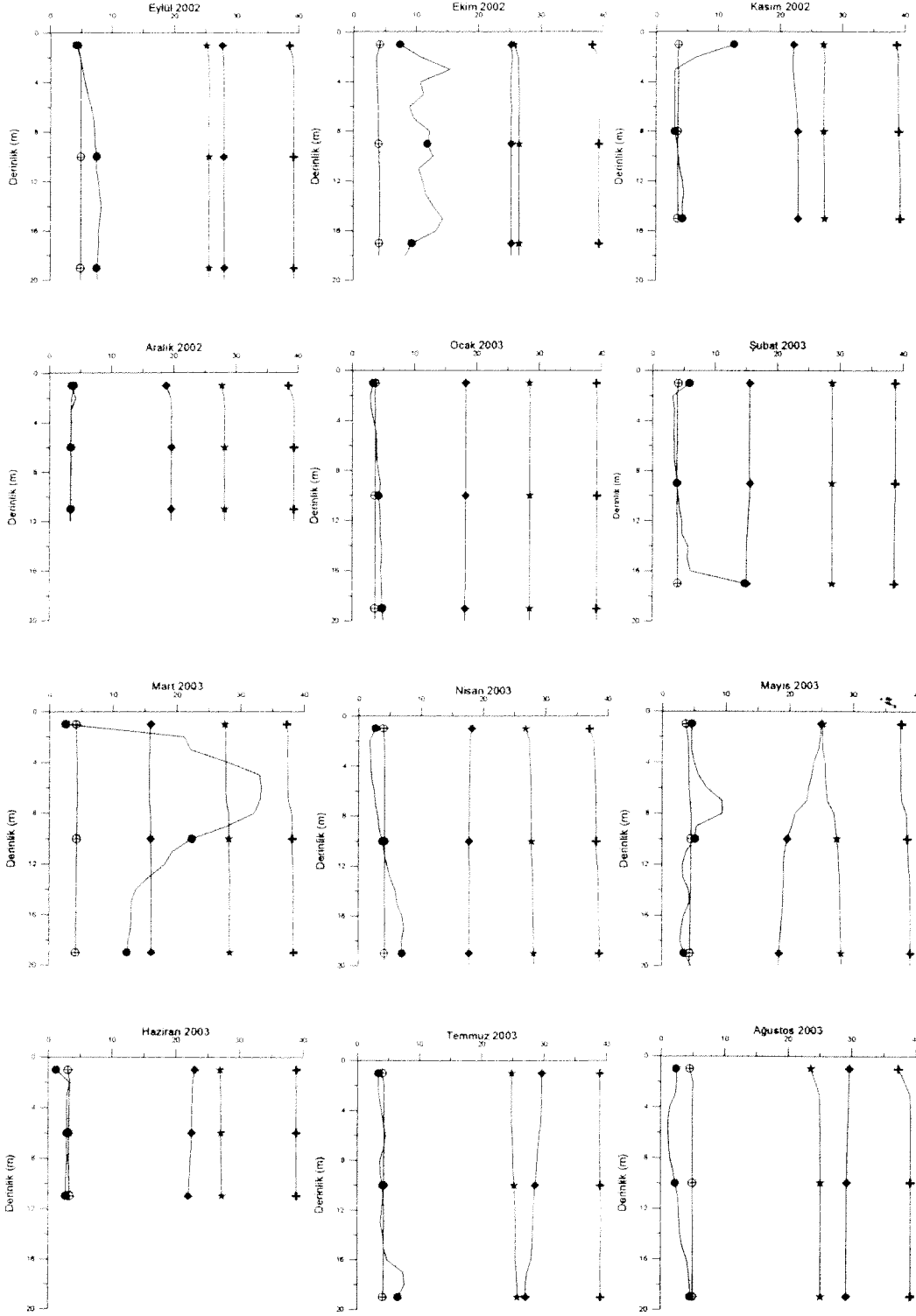
#### 3.1. Fiziksel dinamikler

Kimyasal ve biyolojik olaylar genelde su kütlelerinin dikey karışımından, akıntılardan direkt olarak etkilenirler. Dolayısı ile kıta sahanlığında su kolonunda oluşan fiziksel olaylar ve bunları kontrol eden mekanizmaların öncelikle tanımlanması gerekir. Bu kapsamda öncelikle çalışılan istasyonlarda CTD probu kullanılarak su kolonunda kesintisiz elde edilen parametrelere ait profiller irdelenecektir.

##### 3.1.1. Kıyı istasyonu

Kıyı istasyonuna ait aylık sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk, göreceli klorofil ve çözünmüş oksijen profilleri şekil 2'de verilmektedir. Bu kıyı istasyonu toplam 20 m derinlikte olup kıyısal dinamiklerden ve karasal tatlı su girdisinden (Lamas nehri) yoğun olarak etkilenmektedir.

Yıl boyunca aylık su sıcaklık profillerinden kıyı sularının en soğuk Şubat ayında (15°C) ve en sıcak Temmuz sonunda (29.5 °C) olduğu anlaşılmaktadır. Toplam derinliğin az olması nedeni ile diğer açık iki istasyona oranla yıl boyunca belirgin bir sıcaklık tabakalaşması olmadığı görülmüştür. Burada rüzgarlar, dalga hareketleri ve kıyısal akıntıların etkili olduğu söylenebilir. İstasyona yakın konumdaki Lamas Nehri'nin etkisi tuzluluk profillerinden kolayca izlenebilmektedir. Eylül - Aralık 2002 döneminde yüzey suyu tuzluluk değerleri 38.3-38.7 aralığında değişim göstermiş, 4 m derinlikte ise bu değerler 38.9-39.4 düzeyine çıkmıştır. Buradan Lamas Nehri sularının öncelikle yüzeydeki ilk 2-3 metrelik tabakayı etkilediği anlaşılmaktadır. Yüzeye yakın 3-5 metre derinlik aralığında ani tuzluluk değişimi etkinin burada hızlı şekilde azaldığını göstermektedir. Ocak ayında



Şekil 2. Kıyı istasyonuna ait aylık sıcaklık (◆), tuzluluk (+), yoğunluk (★), göreceli klorofil (●) ve çözümlü oksijen (⊕) profilleri

ise yüzey sularının yeterince soğuması ile dikey karışımların daha yoğunlaştığı, bunun sonucu olarak yüzeydeki tuzluluk tabakalaşmasının oldukça incelendiği görülmektedir. Yüzeyden 8-10 metre derinliğe inildiğinde, su kolonunun tuzluluk değerleri 39.2 ile 39.3 arasında homojen bir yapı sergilemektedir ve dar bir aralıkta değişmektedir. Bu da bölgeyi

işgal eden tuzlu suların tuzluluk değerinin fazla değişken olmadığını ortaya koymaktadır. Tuzluluk ve su sıcaklığına bağımlı olan su yoğunluğu, yüzeyde Eylül-Şubat döneminde 25-28.5 değerleri arasında değişim göstermiştir. Yüzeyin hemen altında 2 metre derinlikten sonra su yoğunluğunun derinlik artışıyla değişim göstermediği, su kolonunun homojen bir yoğunlukta ve sürekli karışım halinde olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2'den görüleceği üzere, tuzluluğun fazla değişmediği ortamda su sıcaklığı düştükçe yoğunluk artmaktadır; bu da sığ sulardaki yoğunluk değişiminin öncelikle su sıcaklığına çok bağımlı olduğunu göstermektedir.

Bahar ve yaz döneminde (Mart –Ağustos) su sıcaklığı en düşük 15.6 ve en sıcak 29.6°C aralığında değişmiş ve belirgin sıcaklık tabakalaşması Mayıs ayında kısmen de Temmuz ayında gözlenmiştir. Şubat ayından yaz sonuna değin su sıcaklığında yaklaşık 2 kat artış olmuştur. Bahar ve yaz döneminde en düşük ve en yüksek tuzluluk oranları 37.02-39.18 olmuştur. Mart ve Mayıs aylarında tatlı su girdisinin etkisi ilk 7-8 metrede net olarak görülmektedir. Tuzluluk ve su sıcaklığına bağımlı olarak su yoğunluğu yüzeyde 25.2-28.6 aralığında değişmiştir.

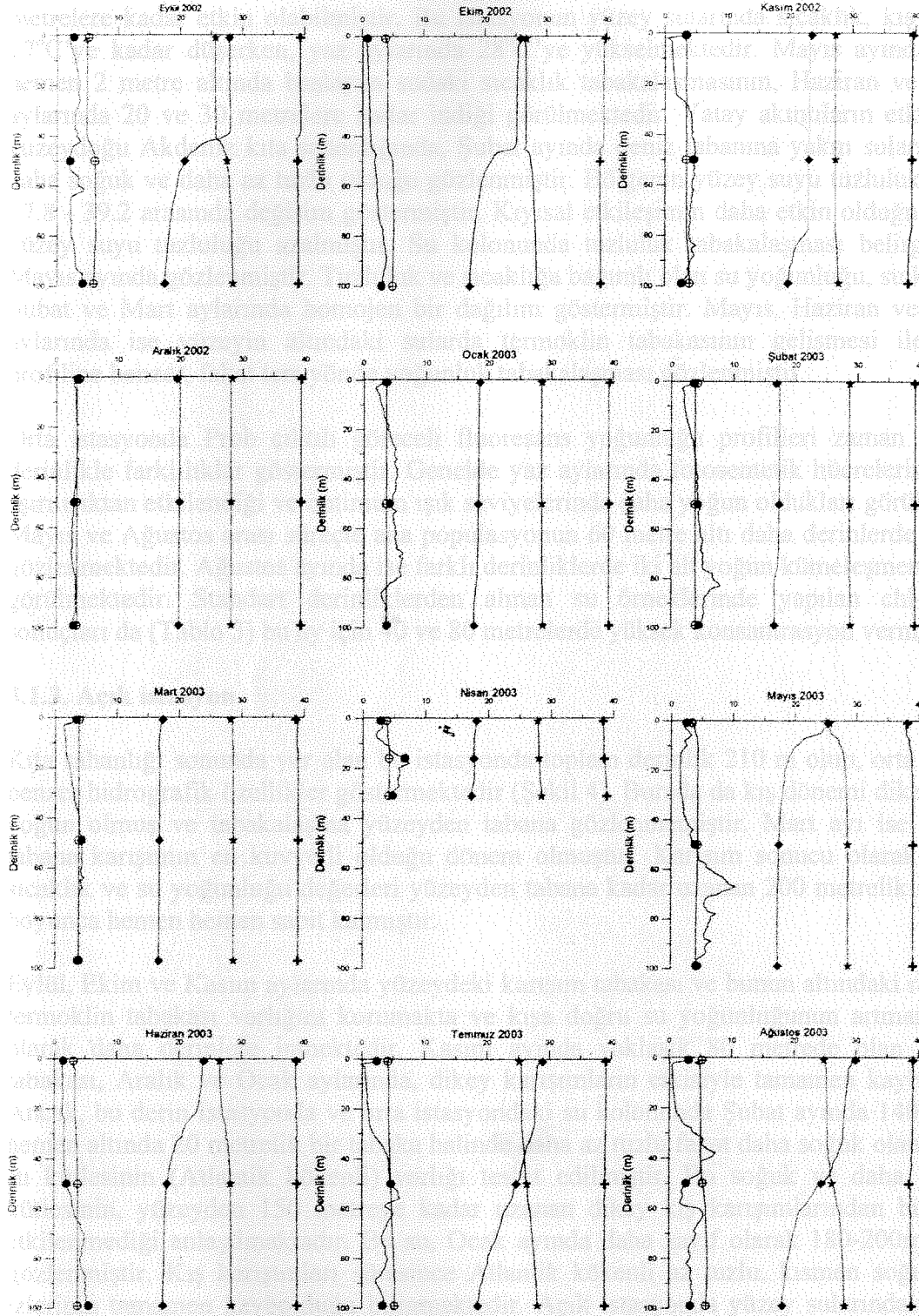
Göreceli fluoresans yoğunluğu profilleri zaman içinde ve derinlikle farklılıklar göstermiştir. Eylül ayında yüzeyden dibe hafif bir artışa karşın Kasım ayında hemen yüzeyde ani bir düşüşü takiben tabana doğru giderek azalış veya Mart ayında gözleendiği şekilde yüzeyden ortalara doğru bir artış ve sonrasında dibe doğru azalış söz konusu olmuştur. Dikey karışımın en yoğun hissedildiği Aralık ve Ocak aylarında su kolonunda homojen bir dağılım söz konusudur. Prob ölçümlerinin yanısıra yüzey ve 10 metrelerden alınan su örneklerinde ayrıca chl-*a* ölçümleri yapılmıştır (Tablo 2). Tablo verilerine bakıldığında en yüksek konsantrasyonlara Kasım ayında (>1 µg/l) ve en düşük değerlere (<0.15 µg/l) Temmuz – Ağustos aylarında ulaşıldığı görülmektedir.

### 3.1.2. Orta İstasyon

Bu istasyonda ölçülen tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk, göreceli klorofil ve çözünmüş oksijen profilleri Şekil 3 üzerinde sunulmuştur. Kıyı istasyonundan farklı olarak orta istasyonda su kolonundaki değişimler ve tabakalaşmalar daha belirgin görülmektedir. Orta istasyonun toplam derinliği 110 metre olup Lamas Nehri'nin etki alanı dışında kalmaktadır. Yıl boyunca aylık elde edilen profillere genel bir bakıldığında, bahar aylarından başlayarak yüzey sularının yavaş yavaş ısınmaya başladığı ve yaz dönemi daha da ısınarak termoklin tabakasının daha derinlere doğru indiği ve sonbahar döneminde yüzey sularının yavaş yavaş soğumasını takiben kış aylarında dikey karışım nedeni ile tabakalaşmanın giderek kaybolduğu görülebilir.

Eylül ve Ekim aylarında sıcaklık tabakalaşmasının 40 m derinliğe kadar indiği görülmektedir. Kasım ayında ise bu sıcaklık tabakalaşması 75 m altında olup, üstte kalan su tabakası tamamen karışmış durumdadır. Kış aylarında ise su kolonu tamamen karışmış durumdadır ve beklendiği üzere sıcaklığın düştüğü bu aylarda üst tabaka sularında belirgin sıcaklık ve yoğunluk tabakalaşması gözlenmemiştir. Derinlikle belirgin sıcaklık değişimlerine karşın tuzluluk değerlerindeki değişim çok azdır. Dolayısı ile bu istasyonda yoğunluk değişimleri sıcaklık etkisi altında olmuştur. Tuzluluk ve sıcaklığına bağımlı olan su yoğunluğu, su kolonunda Aralık ve Ocak aylarında homojen dağılmış, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise yoğunluk tabakalaşması gözlenmiştir. Buharlaştırma ve sıcaklığın yüksek olduğu Eylül





Şekil 3. Orta istasyonuna ait aylık sıcaklık (◆), tuzluluk (+), yoğunluk (★), göreceli klorofil (●) ve çözülmüş oksijen (⊕) profilleri

ayında yüzeydeki su yoğunluğu diğer aylara kıyasla düşüktür. Kış aylarında yüzey suyunun tuzluluğu azalmakla birlikte, sıcaklığın düşmesi su yoğunluğunu artırmış ve su kolonu dikey karışımlar sonucu homojen hale gelmiştir. Yatay akıntıların dinamik olduğu kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığında, Ocak ayında dahi, tabanda kısmen daha soğuk ve daha tuzlu suyun varlığı gözlenmiştir. Yani kış karışımları bu bölgede ancak 80-90

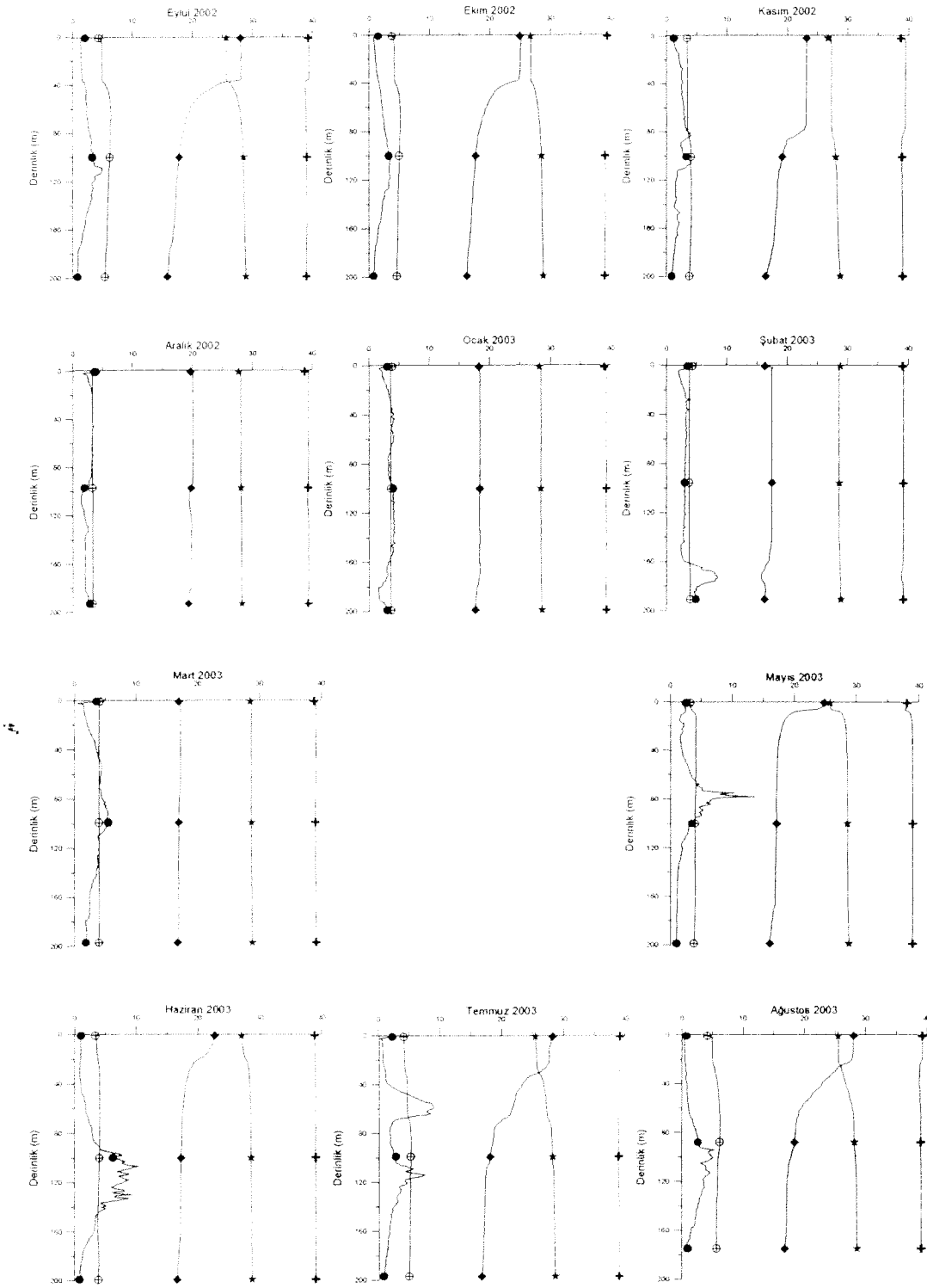
metrelere kadar etkin olabilmıştır. Bu istasyonun yüzey sularında sıcaklık, kış aylarında 17°C'ye kadar düşerken, yaz aylarında 28°C'ye yükselmektedir. Mayıs ayında yüzeyin hemen 2 metre altında başlayan sudaki sıcaklık tabakalaşmasının, Haziran ve Temmuz aylarında 20 ve 30 metrelere kadar indiği görülmektedir. Yatay akıntıların etkin olduğu kuzeydoğu Akdeniz kıta sahanlığında, Şubat ayında deniz tabanına yakın suların kısmen daha soğuk ve daha az tuzlu olduğu gözlenmiştir. Bölgenin yüzey suyu tuzluluk değerleri 37.8 - 39.2 arasında değişim göstermiştir. Kıyisal etkileşimin daha etkin olduğu dönemde yüzey suyu tuzluluğu azalmıştır. Su kolonunda tuzluluk tabakalaşması belirgin olarak Mayıs ayında gözlenmiştir. Tuzluluk ve sıcaklığa bağımlı olan su yoğunluğu, su kolonunda Şubat ve Mart aylarında homojen bir dağılım göstermiştir. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında ise yüzeyin altındaki sularda termoklin tabakasının gelişmesi ile sıcaklık profiline benzer, fakat ters yönde yoğunluk tabakalaşması gözlenmiştir.

Orta istasyonda Prob çıktılı göreceli floresans yoğunluğu profilleri zaman içinde ve derinlikle farklılıklar göstermiştir. Genelde yaz aylarında fotosentetik hücrelerin yüzeyde aşırı ışıktan etkilendiği ve optimum ışık seviyelerinde daha yoğun oldukları görülmektedir. Mayıs ve Ağustos arası süreçte ana populasyonun 60 metre altı daha derinlerde yerleştiği gözlenmektedir. Ağustos ayında ise farklı derinliklerde iki alt yoğun kümeleşmenin olduğu görülmektedir. Standart derinliklerden alınan su örneklerinde yapılan chl-*a* ölçüm sonuçları da (Tablo 3) bu ay için 40 ve 80 metrelerde yüksek konsantrasyon vermiştir.

### 3.1.3. Açık istasyon

Kıta sahanlığı sonunda yer alan bu istasyonda toplam derinlik 210 m olup, orta istasyona benzer hidrografik özellikler göstermektedir (Şekil 4). Burada da kış dönemi dikey karışım yoğun olmuş ve tabakalaşma yüzeyden tabana gözlenmemiştir. Mart ayı ise yüzeyden tabana karışımın en kuvvetli olduğu dönem olmuştur. Karışım sonucu olarak tuzluluk, sıcaklık ve su yoğunluğu değerleri yüzeyden tabana kadar uzanan 200 metrelik su kolonu boyunca hemen hemen sabit kalmıştır.

Eylül, Ekim ve Kasım aylarında yüzeydeki karışım tabakası ve bunun altındaki mevsimsel termoklin tabakası varlığını korumakta ve kışa doğru su yoğunluğunun artmasına bağlı olarak daha derinlere inmektedir. Kasım ayında yaklaşık 80 metrede olan termoklin tabakası, Aralık ve Ocak aylarında, dikey karışımların etkisiyle tamamen kaybolmuştur. Ancak, bu derin istasyonda ve orta istasyondaki su kolonunda Şubat ayında 140 metrenin hemen altında 20 metrelik bir tabaka halinde daha az tuzlu fakat daha soğuk olan farklı bir su kütesinin (Atlantik kökenli) varlığı tesbit edilmiştir. Bu soğuk ve daha yoğun su kütesinin, yüzeyden 150 metreye kadar uzanan dikey kış karışımlarından bu bölgede etkilenmediği anlaşılmaktadır. Bu su, Ocak ayında daha zayıf olarak 180-200m arasında gözlenmiştir. Kış karışımları süresince Atlantik kökenli az tuzlu, kısmen soğuk suların izlerinin tamamen kaybolduğu bilinmektedir. Açık istasyonda yüzey sularındaki sıcaklık değişimi yaklaşık 10 derecedir. Kış döneminde ise su kolonu boyunca su sıcaklığı Aralık'ta 20°C iken Ocak'ta 18°C'ye kadar düşmektedir. Tuzluluk yaklaşık %o 39.35, su yoğunluğu 28.0 - 28.5 aralığındadır. Kıyı sularda olduğu gibi yüzey suyu yoğunluğu Eylül ayında en düşüktür. Mayıs ayında yüzeye yakın sularda gözlenen su sıcaklığı ve tuzluluk değişimlerine bağlı su yoğunluğunun, hemen yüzey altında hızlı artış gösterdiği ve 20 metrenin altında sabit değere ulaştığı gözlenmiştir. Mayıs ayında yüzeyin hemen altında çok belirgin ve keskin oluşan mevsimsel termoklin tabakası (ani sıcaklık azalması olan su kolonu), yaz boyunca daha derinlere doğru kayarak oldukça genişlemiştir. Örneğin



Şekil 4. Açık istasyonuna ait aylık sıcaklık (◆), tuzluluk (+), yoğunluk (★), göreceli klorofil (●) ve çözülmüş oksijen (⊕) profilleri .

Temmuz ayında yaklaşık 25 metreden başlayan termoklinin alt sınırı 100 metreye kadar uzanmıştır (Şekil 4). Diğer bir deyişle yüzeyden ara tabakaya belirgin bir ısı transferi söz konusudur. Kış aylarında yüzey suyu tuzluluk değerleri 39.1-39.2 aralığında olup 150 m'ye kadar değişmeden homojen dağılım göstermiştir. Mayıs ayında ise yüzey suyu tuzluluğu 38.1 mertebesine düşmekte ve bu değişim kıyı ve orta istasyondaki tuzluluk azalması ile uyumludur. Anlaşılacağı üzere, kıyı sulara nehirler yoluyla ulaşan tatlı sular Mayıs ayında

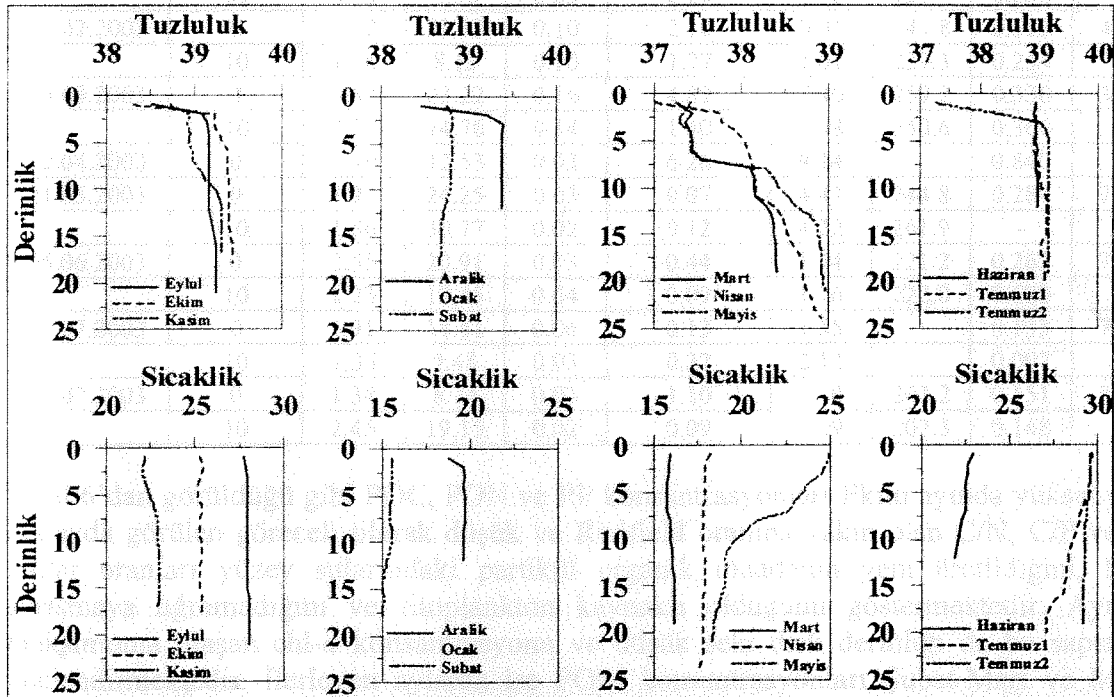
kıta sahanlığı ucuna kadar uzanan tüm kıyusal bölgeyi etkilemiştir. Yaz aylarında ise buharlaşmanın artmasıyla bu bölgede yüzey suyu tuzluluğu 39.0-39.2'ye kadar artmıştır (Şekil 4). Su kolonunda tuzluluk tabakalaşması ise en belirgin olarak Mayıs ayında gözlenmiştir. Su yoğunluğu ise yüzey suyunun ısınmasına bağlı olarak yaz aylarında yüzey sularında düşmekte ve 25.5-28.6 aralığında değişmektedir.

Açık istasyonda göreceli floresans yoğunluğu profilleri orta istasyonda görüldüğü şekilde zaman içinde ve derinlikle farklılıklar göstermiştir. Bahar ve yaz aylarında belirgin olarak derinlerde yoğunlaşmanın olduğu saptanmıştır. Orta istasyonda da gözlemediği gibi, bu istasyonda da genelde yaz aylarında fotosentetik hücrelerin yüzeyde aşırı ışıktan etkilendiği ve optimum ışık seviyelerinde daha yoğun oldukları görülmektedir. Temmuz ortasında 60 metre ve 120 metre civarlarında iki ana populasyonun mevcut olduğu görülebilir. Sonbahar ve kış döneminde ise derinlikle floresans yoğunlukları değişimi daha dar boyutlar içinde kalmıştır.

### 3.2. Kimyasal parametreler

#### 3.2.1. Kıyı istasyon

Partikül organik madde (POM) açık deniz sistemlerinde, askıda bulunan fitoplanton, mikro-zooplankton, bakteri kaynaklı organik maddeyi temsil eder. Diğer bir deyişle, organik maddenin ortamdaki derişimini ve elemental kompozisyonunu belirlemek, chl-*a*, besin tuzları gibi parametrelerle ilişkilendirmek ekosistemin işleyişini tanımlama-yardımcı olmaktadır. Kıyusal sistemlerde ise bunlara ek olarak karasal girdilerin belirlenmesi açısından önem taşır. Bu nedenlerle, Eylül 2002 – Temmuz 2003 döneminde yapılan aylık seferlerde, partikül organik karbon (POC), azot (PON) ve partikül fosfor (PP) örneklemeleri ve analizleri yapılmıştır. Nehir girdisinin mevsimsel etkilerini belirlemek için yüzey sularının zamana bağlı çizilen grafiği Şekil 5 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5. Kıyı istasyonuna nehir girdisini görmek için detaylandırılmış tuzluluk ve sıcaklık (°C) profilleri.

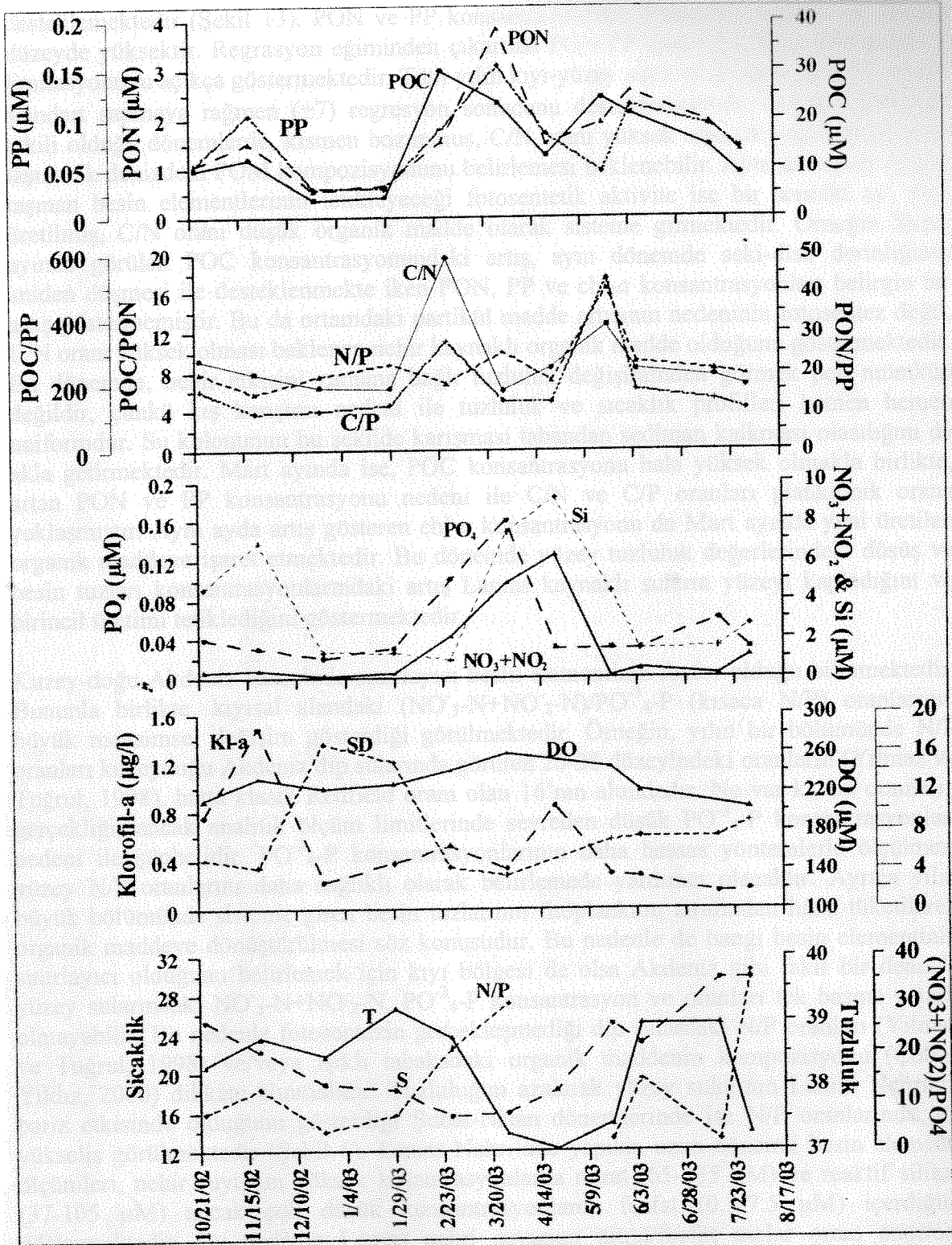
Toplam derinliği 20 metre olan kıyı istasyonunda 37.0-39.2 arasında değişen yüzey tuzluluk değerleri, kıyı sularının yıllık  $2.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 'lük deşarj hacmi olan Lamas Nehri'nin etkisi altında olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Yılın büyük bölümünde yüzey sularının tuzluluğunun alt suda ölçülen tuzluluk değerlerinden düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle oluşan tuzluluk tabakalaşması kış karışımıyla zayıflamaktadır. Yılın büyük bölümünde görülen tuzluluk tabakalaşmasına karşılık, sıg istasyonda bariz bir sıcaklık tabakalaşması görülmemektedir.

Örnekleme dönemi boyunca POC, PON ve PP derişim aralığı yüzeyde sırası ile 3.47-29.73  $\mu\text{M}$ , 0.54-3.82  $\mu\text{M}$  ve 0.029-0.153  $\mu\text{M}$  aralıklarında değişmektedir (Tablo 2). Yüzeyden örneklenen partikül organik maddenin C/N, C/P ve N/P oranları (mol/mol) ise sırası ile 6.1-19.6, 114-524 ve 14-41 aralığındadır. Yüzey sularındaki POM'un C/N oranı yılın büyük bölümünde denizdeki bilinen plankton kompozisyonuna yakın olsa da belli aylarda görülen yüksek oranlar o dönemlerde büyük oranda ayrışmaya uğramış, 'yaşlı' organik madde fraksiyonunun baskınlığına işaret etmektedir.

Tablo 2. Kıyı istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.

Tarih	Derinlik (m)	PON ( $\mu\text{M}$ )	POC ( $\mu\text{M}$ )	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ( $\mu\text{M}$ )	Si ( $\mu\text{M}$ )	DO ( $\mu\text{M}$ )	Chl- <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	SD (m)
18.09.2002	0	1.16	10.70	0.04	1.70	1.85	202.3	0.673	6.48
	10	1.63	15.97	0.02	0.15	7.40	203.4	0.812	
24.10.2002	0	1.05	9.71	0.04	1.72	4.55	211.5	0.757	5.07
	10	0.65	6.08	0.05	0.38	1.88	215.0	0.721	
21.11.2002	0	1.51	11.88	0.03	2.04	6.86	234.0	1.480	4.23
	10	1.29	12.57	0.04	0.24	2.37	224.6	1.090	
24.12.2002	0	0.54	3.47	0.02	0.08	1.30	223.7	0.222	16.90
	10	0.41	2.51	0.03	0.11	1.39	224.1	0.220	
29.01.2003	0	0.64	4.03	0.03	0.22	1.25	228.1	0.373	15.06
	10	0.70	4.56	0.03	0.25	1.36	227.7	0.236	
27.02.2003	0	1.52	29.73	0.10	2.10	0.91	241.8	0.513	4.23
	10	1.16	8.13	0.10	1.77	1.01	239.3	0.254	
28.03.2003	0	3.82	23.22	0.16	4.82	7.40	259.2	0.330	3.42
	10	2.27	14.76	0.14	1.40	8.48	250.6	0.366	
22.04.2003	0	1.49	12.53	0.03	6.26	9.14	-	0.840	
21.05.2003	0	1.91	24.25	0.03	0.07	4.41	244.8	0.284	7.01
	10	1.86	30.77	0.02	0.12	4.22	261.9	-	
05.06.2003	0	2.55	20.91	0.03	0.44	1.44	221.2	0.263	7.35
	10	1.23	12.45	0.04	0.09	1.76	222.0	0.680	
15.07.2003	0	1.91	14.41	0.06	0.13	1.55		0.133	7.35
	10	1.35	9.48	0.03	0.32	2.12		0.097	
31.07.2003	0	1.34	8.74	0.03	1.10	2.70	203.2	0.151	8.89
	10	2.45	19.15	0.02	0.09	1.09	202.3	0.148	

Şekil 6'dan görüldüğü gibi POC, PON ve PP konsantrasyonları Ekim ayında yükselmiştir. Bu ayda görülen göreceli olarak düşük ve Redfield oranına yakın olan C/N, C/P ve N/P molar oranları yüzey sularındaki partikül organik maddenin yeni üretildiğini, henüz ayrışmaya uğramadığını ve fitoplankton kaynaklı olduğunu göstermektedir. Aynı ay maksimuma ulaşan chl-*a* konsantrasyonu ve düşük seki disk derinliği de bu saptamayı güçlendirmektedir. İlerleyen aylarda ise POM konsantrasyonları Şubat-Mart ve Mayıs-Haziran dönemlerinde en yüksek düzeylerine çıkmışlardır.



Şekil 6. Kıyı istasyonu yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.

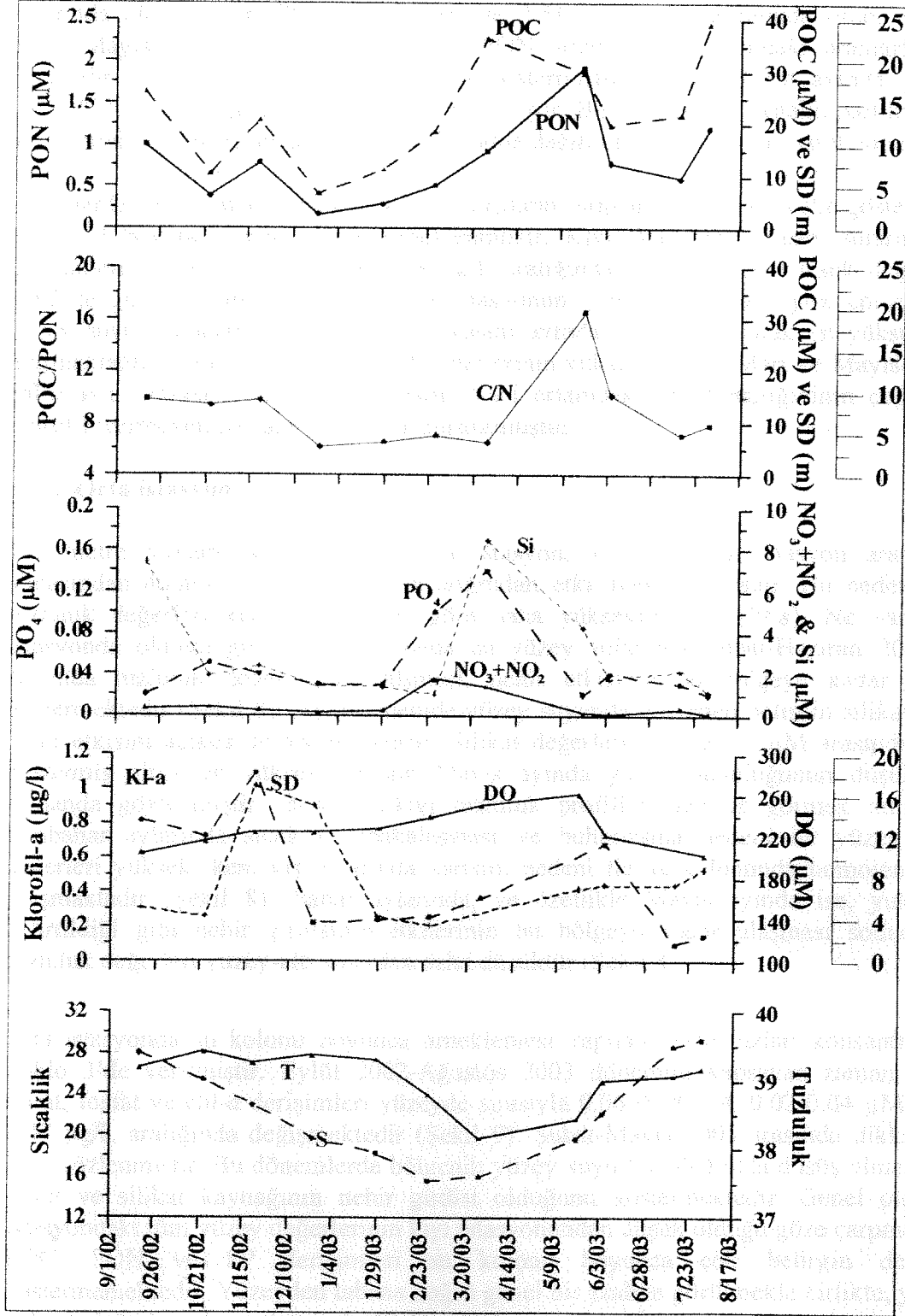
Şekilde de görüldüğü gibi, POC konsantrasyonu PON ve PP konsantrasyonlarından birer ay önce maksimumuna ulaşmış, dolayısı ile POC/PON ve POC/PP konsantrasyonlarının Şubat ve Mayıs aylarında aşırı yükselmesine neden olmuştur. Aradaki bu zamansal kayma, POC ve PON-PP konsantrasyonlarındaki artışın nedenlerinin farklı olduğunu düşündürmektedir. Regresyon analizleri için çizilen grafiklerde de Şubat ve Mayıs aylarındaki sapma açıkça görülmekte ve bu aylardaki POC artışının kaynağının farklı olduğunu

desteklemektedir (Şekil 13). PON ve PP konsantrasyonları arasındaki bağıntı ise önemli düzeyde yüksektir. Regrasyon eğiminden çıkarılan PON/PP oranı (21) kıyı sularındaki P limitasyonunu açıkça göstermektedir. Tüm yılın kıyı-yüzey suyu ortalaması da (22) yüksek standart sapmaya rağmen ( $\pm 7$ ) regresyon sonucunu desteklemektedir. Lamas girdisinin etkili olduğu dönemlerde, kısmen bozunmuş, C/N oranı yüksek organik maddenin denize taşınarak denizdeki POM kompozisyonunu belirlemesi beklenebilir. Aynı dönemde denize taşınan besin elementlerinin tetikleyeceği fotosentetik aktivite ise bir sonraki ay, yeni üretilmiş, C/N oranı düşük organik madde olarak sisteme girmektedir. Örneğin Şubat ayında görülen POC konsantrasyonundaki artış, aynı dönemde seki-disk derinliğinin aniden düşmesi ile desteklenmekte iken PON, PP ve chl-*a* konsantrasyonları belirgin bir artış göstermemiştir. Bu da ortamdaki partikül madde artışının nedeninin fotosentez değil, C/N oranı yüksek olması beklenen nehir kaynaklı organik madde olduğunu göstermektedir. Bu dönemde, nehir etkisini zamana bağlı tuzluluk değişiminden görmek pek mümkün değildir, çünkü kış karışımı nedeni ile tuzluluk ve sıcaklık profilleri hemen hemen uniformdur. Su kolonunun bu şekilde karışması tabandan sediman kalkması olasılığını da akla getirmektedir. Mart ayında ise, POC konsantrasyonu hala yüksek olmakla birlikte, artan PON ve PP konsantrasyonu nedeni ile C/N ve C/P oranları planktonik orana yaklaşmıştır. Aynı ayda artış gösteren chl-*a* konsantrasyonu da Mart ayında yeni üretilen organik maddeye işaret etmektedir. Bu dönemde yüzey tuzluluk değerlerindeki düşüş ve besin tuzları konsantrasyonlarındaki artış Lamas kaynaklı suların yüzeyi kapladığını ve birincil üretimi tetiklediğini göstermektedir.

Kuzey-doğu Akdeniz baseninde sınırlayıcı besin elementinin fosfor olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, kıyusal alandaki  $(\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N})/\text{PO}_4\text{-P}$  (kısaca N/P) oranlarının büyük mevsimsel değişim gösterdiği görülmektedir. Örneğin, yılın bir bölümünde N/P oranları kuzeydoğu Akdeniz dip sularında görülen 26-28 düzeyindeki oranların (Yılmaz ve Tuğrul, 1998), hatta klasik Redfield oranı olan 16'nın altındadır. Ne var ki, bu oranların gerçekliği, ancak analitik ölçüm limitlerinde seyreden düşük  $\text{PO}_4\text{-P}$  konsantrasyonları nedeni ile şüphelidir.  $\text{PO}_4\text{-P}$  konsantrasyonlarının daha hassas yöntemlerle ölçülmesi yüzey N/P oranlarını daha sağlıklı olarak belirlemede yardımcı olacaktır. Ayrıca yılın büyük bölümünde sisteme giren besin tuzlarının fitoplankton tarafından hızla tüketilerek organik maddeye dönüştürülmesi söz konusudur. Bu nedenle de hangi besin elementinin sınırlayıcı olduğunu belirlemek için kıyı bölgesi de olsa Akdeniz gibi fakir bir denizde yüzey sularındaki  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  konsantrasyon ve oranları tek başına yeterli olmayabilir. Bu nedenle fotosentezin gerçekleşmediği dip sulardaki N/P oranları (Yılmaz ve Tuğrul, 1998) ve/veya ışıklı tabakadaki organik maddenin kompozisyonu (Çoban Yıldız, 2000) dikkate alınmalıdır. Tuzluluğun azalarak yüzey sularının Lamas Nehrinin bariz etkisinde olduğunu gösterdiği Şubat-Nisan dönemlerinde ise N/P oranlarında ani yükseliş görülmektedir (Şekil 6). Lamas Nehri'nde yapılan uzun dönemli besin elementi ölçümleri, nehir suyunun yüksek konsantrasyonlarda nitrat ( $65\text{-}235 \mu\text{M}$ ) ve reaktif silikat ( $37\text{-}105 \mu\text{M}$ ) ancak çok düşük konsantrasyonlarda fosfat ( $0.3\text{-}7.5 \mu\text{M}$ ) içerdiğini göstermektedir. Bu nedenle Lamas nehri suyunun nitrat/fosfat molar oranı anormal düzeyde yüksek ve bulanık dönemde 71, fosfatın tüketildiği dönemde 3500 arası değişkenlik göstermektedir (Doğan-Sağlamtimur, 2004). Bu değerler, yüzey deniz suyu karakterinin nehir etkisiyle belirlendiği dönemlerdeki yüksek N/P oranlarını açıklamaktadır. Bu yağış döneminde, Lamas Nehrinden yüzey sulara besin elementi akısının biyolojik aktivitelerle tüketilenden fazla olduğu görülmektedir. Yüzey sularında her zaman  $0.02 \mu\text{M}$ 'dan az olan  $\text{PO}_4\text{-P}$  konsantrasyonu da  $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$  ile aynı dönemde göreceli olarak artış göstermektedir. Silikat değerleri  $0.91$  ile  $29.14 \mu\text{M}$  arasında değişim göstermiş olup, en yüksek derişim Nisan-Mayıs aylarında yüzey tuzluluğunun

düşük olduğu zamanda gözlenmiştir. Eylül 2002-Temmuz 2003 dönemini kapsayan zaman serisinde nitrat, fosfat ve chl-a yüzeyde sırasıyla 0.08-6.26  $\mu\text{M}$ , 0.02-0.16  $\mu\text{M}$  ve 0.13-1.48  $\mu\text{g/L}$  aralığında değişmektedir (Şekil 6).

Kıyı istasyonunun 10 metresinde yüzeye kıyasla yıl boyunca düşük nitrat derişimleri gözlenmiştir (Şekil 7); ölçülen değerler 0.09 - 1.77  $\mu\text{M}$  arasında değişmiştir. Şubat'taki 10



Şekil 7. Kıyı istasyonu 10 m derinlikte kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.



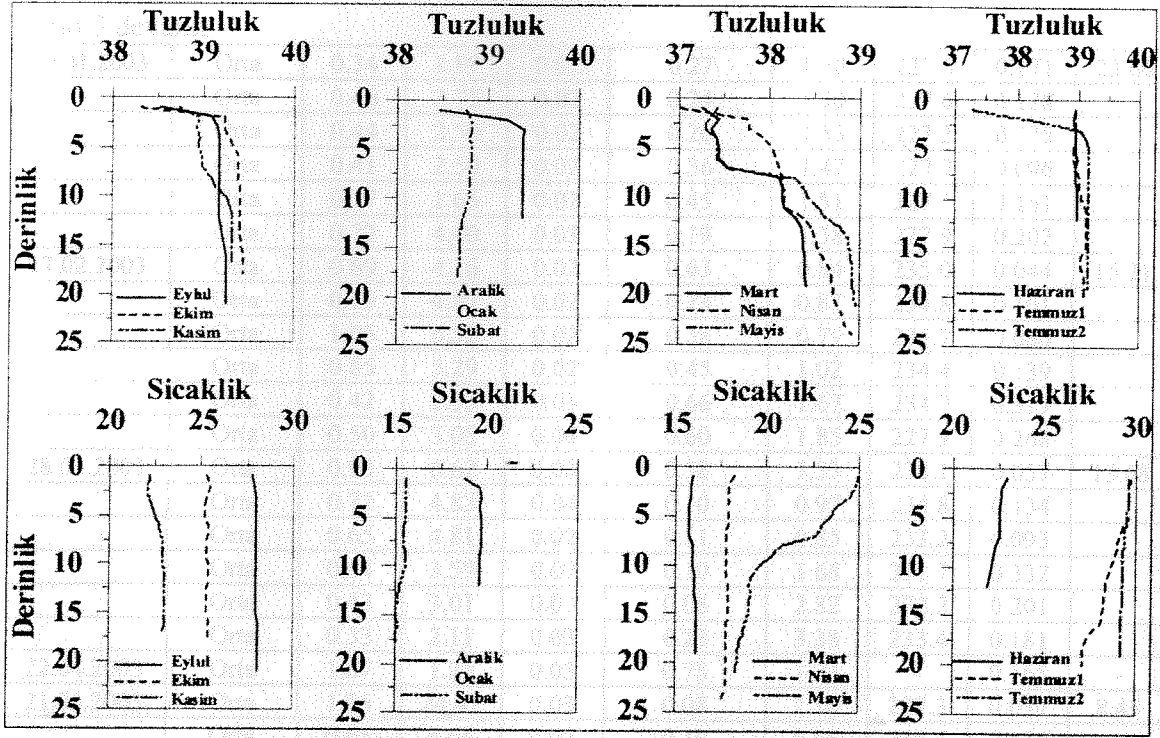
m değeri yüzeyle benzerdir. Çünkü bu ayda kıyı suları tabana kadar homojen karışmıştır. Fosfat ise 0.02 ile 0.14  $\mu\text{M}$  aralığında ölçülmüştür. Mart ayında ölçülen 0.14  $\mu\text{M}$ 'luk fosfat değerinin yüzeyde ölçülen değerle aynı olması, suyun homojen karıştığını bir göstergesidir. Benzer şekilde Mart ayında silikat derişimleri yüzey suyundaki kadar yüksektir (9  $\mu\text{M}$ ) ve nehir etkisinin karışım sonucu tabana kadar ulaştığını göstermektedir. POC ve PON ölçüm sonuçları 10 m de yüzey suyundakine benzer aylık salınım göstermiştir. PON derişimleri 0.41-2.45  $\mu\text{M}$  aralığında; maksimum değerler Nisan ve Ağustos (=31 Temmuz) aylarında ölçülmüştür. POC derişimleri ise 2.51-30.77  $\mu\text{M}$  aralığında olup, en yüksek değer Mayıs 2003'te gözlenmiştir. POC/PON oranı yüzey suyundaki oranlarla kısmen benzerdir ve 6 ile 19 arasında değişim göstermiştir. Ancak, Şubat ayında yüzeydeki POC/PON oran artışı, 10 metrede gözlenmemiştir. Bu da karasal kaynaklı partikül madde-nin çoğunlukla yüzey sularında partikül madde dağılımını etkilediğine işaret etmektedir.

Denizlerde besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonun biyokütle göstergesi olan chl-*a* yıl boyunca aylık olarak örneklenmiştir. Kıyı istasyonun yüzey sularında chl-*a* derişimleri yıl boyunca 0.15 ile 1.48  $\mu\text{g/L}$  aralığında değişmiş, en yüksek değer Kasım 2002'de gözlenmiştir (Şekil 6). Aynı istasyonun 10m sularındaki aylık chl-*a* değişimi yüzey suyu sonuçlarına benzer olup, Kasım ayında 1.1  $\mu\text{g/L}$  olarak en yüksek değere ulaşmaktadır (Şekil 7). Ancak, POM değerlerinin yüksek olduğu Mart ve Mayıs aylarında chl-*a* aynı oranda artış göstermemiştir. Yani ortamdaki POM içeriğinin çoğunluğunu klorofil içermeyen partikül maddeler oluşturmuştur.

### 3.2.2. Orta istasyon

110 metre toplam derinliği olan orta istasyon, kıyı ile açık istasyon arasında yer almasından dolayı, Lamas Nehri'nin doğrudan etki alanı dışındadır. Bu nedenle yüzey tuzluluk değerleri kıyı istasyonuna göre daha yüksektir (38.1-39.8). Ne var ki, kıyı istasyonda olduğu gibi orta istasyonda da yüzey sularında Şubat-Haziran 2003 ayları arasında tuzluluk değerlerinin düşmesi, nehir etkisinin bu bölgeye kadar ulaştığını göstermektedir (Şekil 8). Aynı dönemde yüzey suyunda gözlenen belirgin silikat artışı da nehir etkisini açıkça desteklemektedir. Silikat değerleri 0.7 ile 2.1  $\mu\text{M}$  arasında değişim göstermiş olup, en yüksek derişim Mayıs ayında yüzey tuzluluğunun düşük olduğu zamanda gözlenmiştir. Benzer etkiyi tuzluluk profillerinden de görmek mümkündür. Sonbahar aylarında sıcaklık tabakalaşması ve buharlaşma nedeni ile yüzey tuzluluk değerleri yüksek iken, kış aylarında karışım nedeni ile su kolonunda homojen bir yapı oluşmaktadır (Şekil 8). Bahar aylarında, ve özellikle Mayıs ayında ise, yukarıda da belirtildiği gibi nehir girdisinin etkilerinin bu bölgeye kadar ulaşması sonucu yüzey tuzluluk değerleri yüzey-altı sulardan daha düşüktür (Şekil 8).

Orta istasyonda su kolonu boyunca örnekleme yapılan besin tuzları konsantrasyonları Tablo 3'de verilmiştir. Eylül 2002-Ağustos 2003 dönemini kapsayan zaman serisinde nitrat, fosfat ve chl-*a* derişimleri yüzeyde sırasıyla 0.06-0.78  $\mu\text{M}$ , 0.02-0.04  $\mu\text{M}$  ve 0.04-0.47  $\mu\text{g/L}$  aralığında değişmektedir (Şekil 9). Şubat-Mayıs 2003 arasında dikkate değer artış gözlenmiştir. Bu dönemlerde bölgenin yüzey suyu tuzluluğunda düşüş olması, fosfat, nitrat ve silikat kaynağının nehir girdisi olduğunu göstermektedir. Genel olarak orta istasyondaki tüm yüzey değerlerinin kıyı istasyonundan düşük olduğu göze çarpmaktadır. POC, PON ve PP derişimleri su kolonu boyunca çok belirgin değişkenlik göstermemektedir. Yüzeyden tabana doğru genel bir azalma görülmekle birlikte, yüzey altı yüksek değerlere de rastlanmıştır (Şekil 10).



Şekil 8. Orta istasyona ait detaylandırılmış tuzluluk ve sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) profilleri.

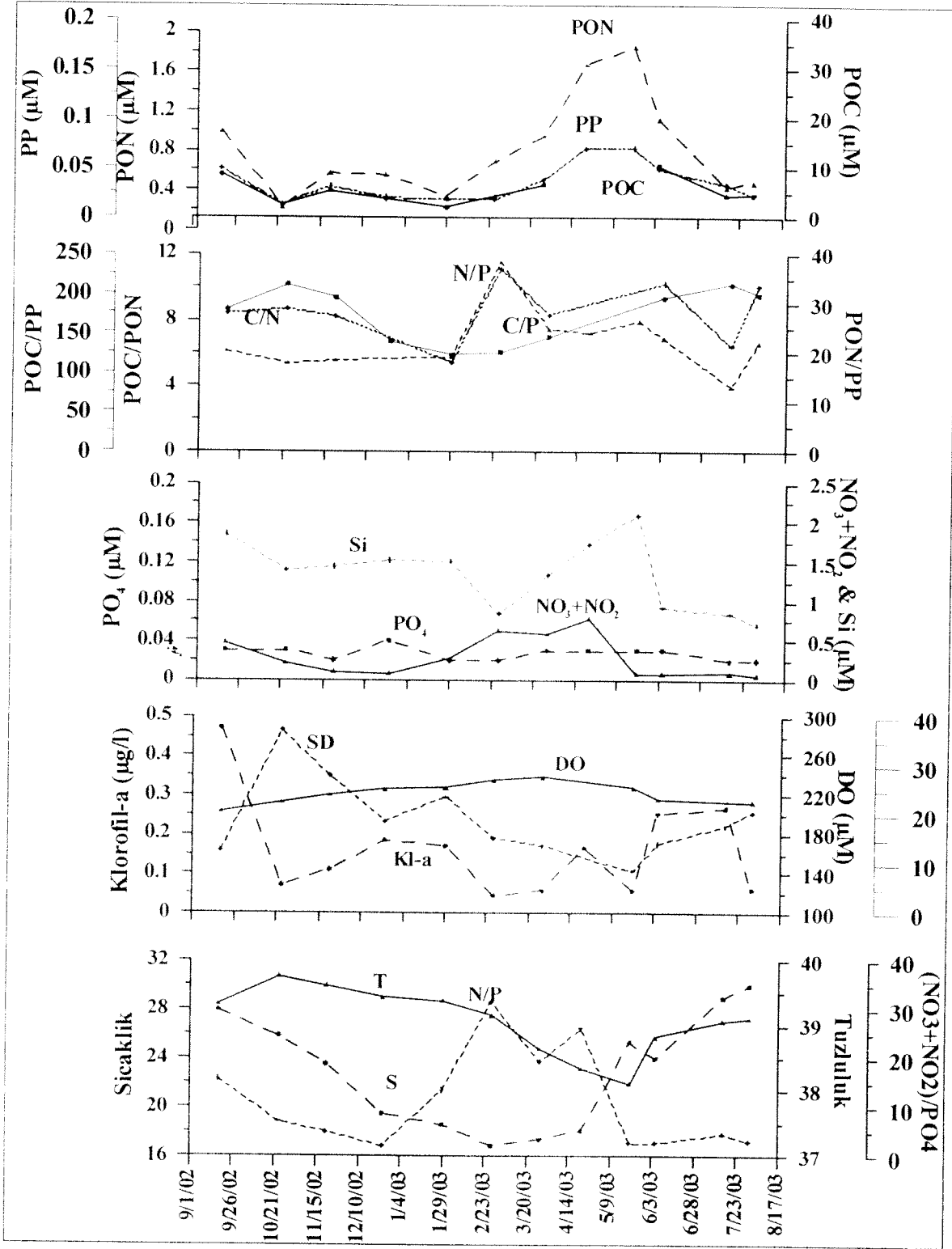
Tablo 3. Orta istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.

Tarih	İstasyon	PON ( $\mu\text{M}$ )	POC ( $\mu\text{M}$ )	$\text{PO}_4$ ( $\mu\text{M}$ )	$\text{NO}_3+\text{NO}_2$ ( $\mu\text{M}$ )	Si ( $\mu\text{M}$ )	DO ( $\mu\text{M}$ )	Chl-a ( $\mu\text{g/L}$ )	SD (m)
18.09.2002	Orta	0.99	8.53	0.03	0.47	1.85	202.9	0.471	12.68
	Orta	0.75	6.50	0.02	0.18	2.03	183.3	0.419	
	Orta	0.38	3.45	0.02	0.13	1.83	198.8	0.323	
	Orta	0.37	4.37	0.02	0.18	2.01	247.2	0.126	
	Orta	0.57	5.45	0.02	0.19	1.49	237.1	0.270	
	Orta	0.17	1.69	0.10	2.76	3.83	231.9	0.343	
24.10.2002	Orta	0.23	2.33	0.03	0.21	1.39	212.1	0.070	37.18
	Orta	0.42	4.25	0.03	0.16	1.68	211.1	0.134	
	Orta	0.33	3.28	0.05	0.24	1.44	212.0	0.093	
	Orta	0.57	5.23	0.05	0.18	1.54	250.1	0.162	
	Orta	0.52	4.32	0.06	0.38	1.29	245.2	0.332	
	Orta	0.26	3.56	0.06	0.28	1.56	-	0.267	
21.11.2002	Orta	0.57	5.31	0.02	0.10	1.44	220.0	0.109	27.93
	Orta	0.61	14.79	0.02	0.06	1.59	222.7	0.203	
	Orta	0.85	16.02	0.02	0.09	2.21	221.3	0.280	
	Orta	0.74	13.49	0.02	0.12	2.08	218.9	0.328	
	Orta	0.66	11.26	0.02	0.09	1.98	218.8	0.367	
	Orta	0.69	17.15	0.02	0.27	2.27	248.0	0.236	
24.12.2002	Orta	0.55	3.66	0.04	0.08	1.52	225.8	0.184	18.59
	Orta	0.57	3.92	0.03	0.07	1.47	225.3	0.161	
	Orta	0.73	4.59	0.03	0.09	1.43	224.7	0.188	
	Orta	0.66	3.85	0.04	0.11	1.89	225.2	0.159	
	Orta	0.48	3.31	0.05	0.12	1.46	225.7	0.174	
	Orta	0.53	3.38	0.02	0.09	1.36	226.6	0.215	

Tablo 3 devamı

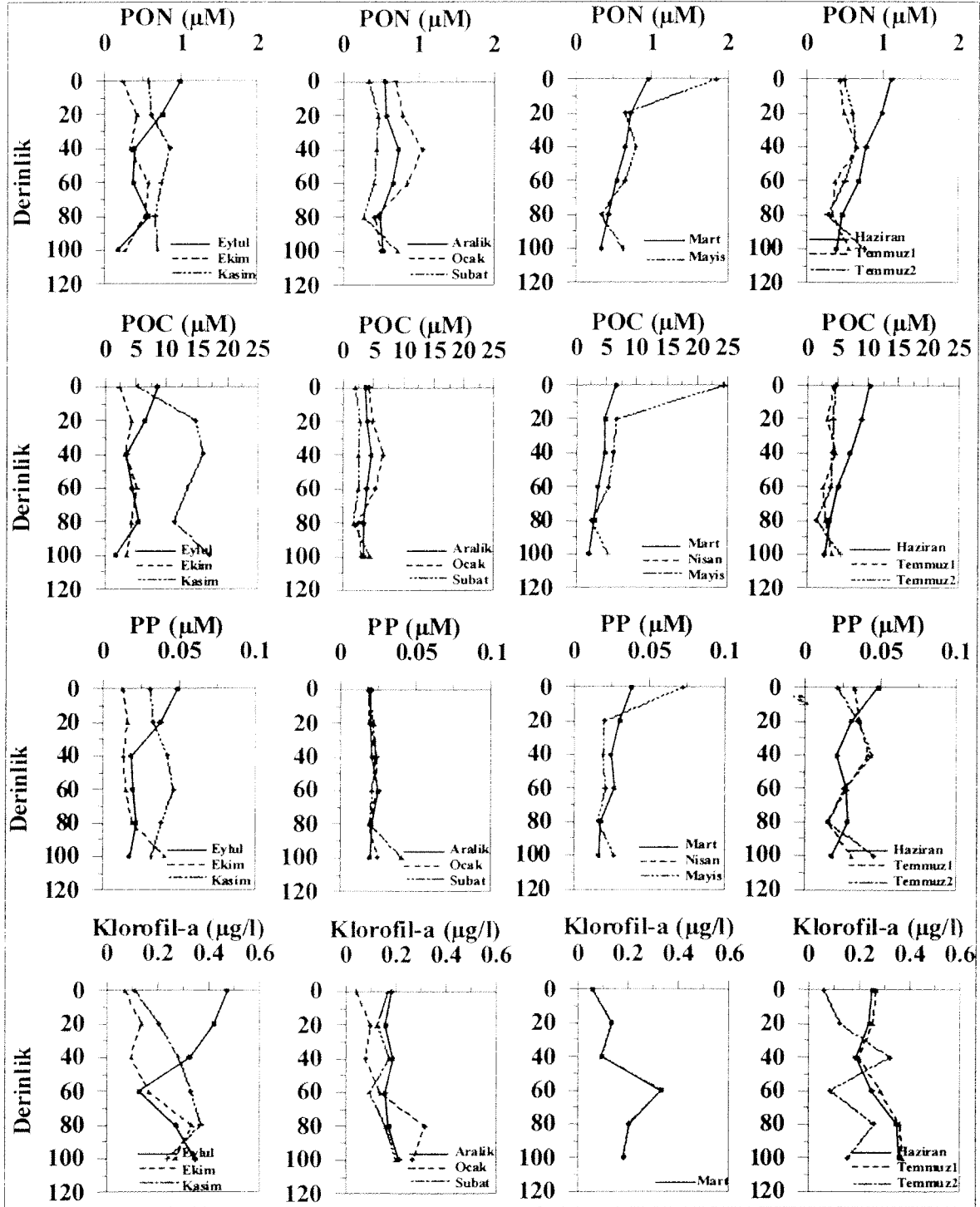
29.01.2003	Orta	0.34	1.99	0.02	0.27	1.50	227.5	0.171	23.66
	Orta	0.46	2.75	0.02	0.24	1.50	227.6	0.128	
	Orta	0.44	2.50	0.02	0.26	1.53	227.2	0.175	
	Orta	0.41	2.50	0.02	0.36	1.47	227.7	0.096	
	Orta	0.27	1.65	0.02	0.45	1.51	227.5	0.161	
	Orta	0.72	4.40	0.03	0.19	1.38	227.9	0.202	
27.02.2003	Orta	0.69	4.16	0.02	0.63	0.84	235.0	0.044	15.21
	Orta	0.79	4.87	0.02	0.23	0.87	234.8	0.101	
	Orta	1.05	6.52	0.02	0.38	0.79	235.7	0.080	
	Orta	0.85	5.29	0.02	0.45	1.02	234.4	0.139	
	Orta	0.42	2.33	0.03	0.66	1.67	234.7	0.319	
	Orta	0.50	3.05	0.04	0.60	1.85	227.9	0.268	
28.03.2003	Orta	0.95	6.62	0.03	0.58	1.33	238.1	0.057	13.68
	Orta	0.72	4.83	0.04	0.10	0.97	234.8	0.134	
	Orta	0.65	4.81	0.02	0.11	0.85	233.2	0.093	
	Orta	0.54	3.59	0.02	0.10	1.68	231.7	0.332	
	Orta	0.43	3.01	0.03	0.08	2.82	232.2	0.201	
	Orta	0.33	2.11	0.03	0.23	3.38	233.4	0.181	
22.04.2003	Orta	1.67	1.25	0.03	0.78	1.73	-	0.165	-
21.05.2003	Orta	1.85	24.41	0.03	0.08	2.10	227.3	0.057	8.45
	Orta	0.65	6.64	0.02	0.10	0.85	244.4	0.134	
	Orta	0.79	6.19	0.02	0.06	1.50	238.7	0.093	
	Orta	0.65	5.39	0.03	0.08	2.75	235.7	0.332	
	Orta	0.33	2.56	0.02	0.51	2.06	221.7	0.201	
	Orta	0.62	5.23	0.02	0.88	2.02	221.2	0.181	
05.06.2003	Orta	1.11	10.34	0.03	0.08	0.92	215.3	0.253	14.02
	Orta	0.98	8.94	0.04	0.08	0.89	215.9	0.240	
	Orta	0.77	7.09	0.02	0.09	1.01	236.2	0.186	
	Orta	0.68	5.13	0.03	0.08	1.02	235.5	0.250	
	Orta	0.46	3.66	0.04	0.07	2.54	240.2	0.348	
	Orta	0.39	2.93	0.04	0.10	1.13	233.8	0.359	
15.07.2003	Orta	0.43	4.37	0.02	0.09	0.84	-	0.266	17.75
	Orta	0.48	3.33	0.03	0.11	1.21	-	0.253	
	Orta	0.66	4.63	0.02	0.11	1.03	-	0.199	
	Orta	0.37	2.68	0.04	0.11	1.05	-	0.283	
	Orta	0.33	3.07	0.04	0.13	1.21	-	0.361	
	Orta	0.55	4.09	0.04	0.14	1.71	-	0.372	
31.07.2003	Orta	0.48	4.57	0.02	0.06	0.70	213.0	0.060	20.52
	Orta	0.60	4.30	0.03	0.07	0.83	205.5	0.124	
	Orta	0.64	4.17	0.02	0.09	1.23	223.2	0.322	
	Orta	0.50	4.00	0.02	0.06	0.84	248.7	0.083	
	Orta	0.27	1.55	0.02	0.07	0.77	255.8	0.257	
	Orta	0.76	5.59	0.03	0.40	1.59	239.6	0.152	

Orta istasyonun yüzey sularında aynı dönemde POC, PON ve PP derişimleri sırası ile 1.99-24.41, 0.23-1.85 ve 0.013-0.070  $\mu\text{M}$  arasında değişmektedir. Maksimum POM derişimleri istasyonun Lamas Nehri'nin etkisi altına girdiği Şubat-Haziran döneminde görülmektedir. Ne var ki, aynı dönemde chl-*a* derişiminde belirgin bir artış görülmemiştir. Özellikle Mayıs ayında artan POC/PON, POC/PP molar oranları da sisteme giren partikül organik maddenin aynı dönem kıyı sularında görüldüğü gibi kısmen bozunmaya uğramış olduğunu düşündürmektedir (Şekil 9). Nisan-Mayıs aylarında ölçülen POC değerleri çıkartılarak yapılan regresyon analizlerinde C, N ve P derişimlerindeki değişimin birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 13). Kıyı istasyonunda olduğu gibi orta istasyondan



Şekil 9. Orta istasyonda yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.

örneklenen partikül organik madde N/P (PON-PP regresyon eğimi, Şekil 13) oranı da P limitasyonunu işaret etmektedir (Yüzey ortalaması:  $22.5 \pm 6.5$ ).



Şekil 10. Orta istasyonda su kolonunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.

### 3.2.3. Açık istasyon

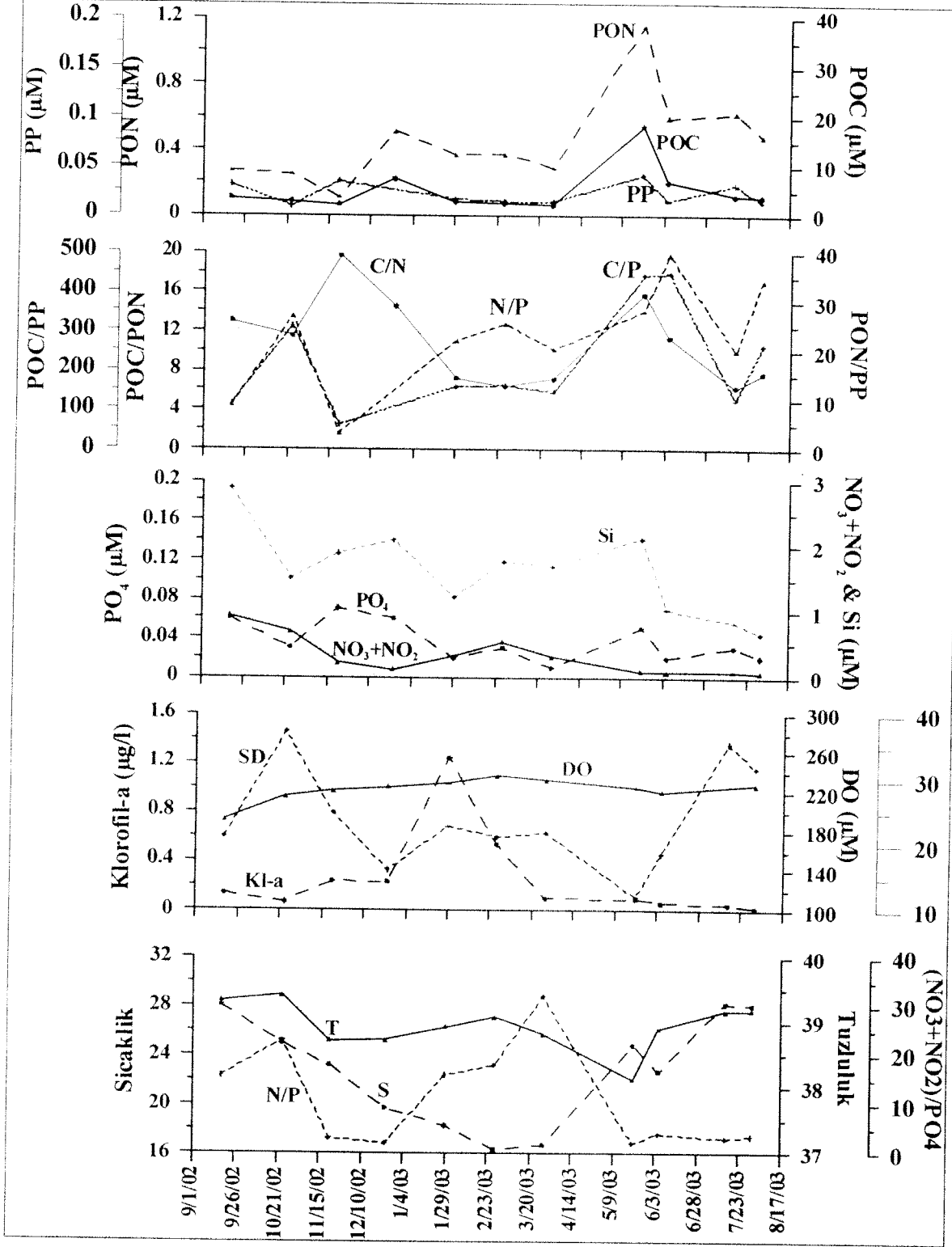
Açık istasyonda su kolonu boyunca örnekleme yapılan besin tuzları konsantrasyonları Tablo 4'de verilmiştir. Nehir etkisinin dışında kalan fakat Akdeniz'in açık su sistemiyle doğrudan etkileşim içinde olan bu istasyonun yüzey sularında çözülmüş inorganik besin tuzu (nitrat, reaktif fosfat ve silikat) konsantrasyonları, kıyıya yakın olan diğer 2 istasyon değerlerine kıyasla daha düşüktür. Bunun nedeni Akdeniz'in açık sularının besin tuzları açısından fakir olmasıdır.

Tablo 4. Açık istasyonda ölçülen biyo-kimyasal parametrelerin konsantrasyonları.

Tarih	Derinlik (m)	PON ( $\mu\text{M}$ )	POC ( $\mu\text{M}$ )	PO <sub>4</sub> ( $\mu\text{M}$ )	NO <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{M}$ )	Si ( $\mu\text{M}$ )	DO ( $\mu\text{M}$ )	Chl- <i>a</i> ( $\mu\text{g/L}$ )	SD (m)
18.09.2002	0	0.27	3.51	0.06	0.94	2.88	191.5	0.132	21.13
	20	0.51	6.41	0.06	0.23	1.92	194.2	0.117	
	40	0.53	8.07	0.06	0.15	1.98	194.6	0.220	
	60	0.27	3.36	0.04	0.14	1.85	215.8	0.103	
	80	0.52	5.62	0.02	0.16	1.86	232.9	0.175	
	100	0.54	5.65	0.03	0.18	1.60	230.4	0.217	
	125	0.26	3.29	0.05	0.29	1.61	223.4	0.247	
	150	0.43	4.63	0.03	0.68	1.83	211.8	0.126	
	175	0.19	2.39	0.03	1.83	2.94	204.3	0.039	
24.10.2002	200	0.29	3.85	0.06	3.11	4.73	190.7	0.012	37.18
	0	0.25	2.88	0.03	0.69	1.51	214.9	0.062	
	20	0.28	2.47	0.06	0.07	1.37	212.3	0.062	
	40	0.34	2.74	0.04	0.11	1.37	214.9	0.084	
	60	0.42	3.93	0.04	0.27	1.48	248.6	0.128	
	80	0.32	3.06	0.07	0.06	1.38	243.9	0.155	
	100	0.25	2.28	0.03	0.06	1.34	234.8	0.226	
	125	0.27	2.69	0.03	0.16	1.55	226.9	0.213	
	150	0.08	1.02	0.05	0.41	1.48	222.8	0.110	
21.11.2002	175	0.29	2.93	0.07	1.01	1.73	216.9	0.058	24.84
	200	0.13	0.98	0.10	2.38	2.49	211.7	0.024	
	0	0.11	2.16	0.07	0.22	1.89	221.0	0.231	
	20	0.30	2.31	0.02	0.06	2.35	221.4	0.167	
	40	0.44	4.24	0.04	0.11	1.91	220.7	0.285	
	60	0.33	2.65	0.04	0.17	2.14	222.0	0.319	
	80	0.38	3.27	0.02	0.10	2.01	228.4	0.181	
	100	0.14	2.32	0.03	0.07	1.36	256.6	0.035	
	125	0.49	4.66	0.02	0.30	2.37	246.1	0.074	
24.12.2002	150	0.23	2.54	0.02	0.39	2.04	239.8	0.042	16.06
	175	0.16	2.09	0.02	0.42	2.57	237.3	0.039	
	200	0.67	7.71	0.06	1.29	5.04	216.8	0.011	
	0	0.51	7.4	0.06	0.12	2.10	225.5	0.227	
	20	0.3	1.73	0.04	0.08	1.80	224.3	0.209	
	40	0.35	2.23	0.03	0.09	1.62	220.6	0.198	
	60	0.36	2.31	0.02	0.06	1.51	224.9	0.192	
	80	0.37	2.09	0.04	0.10	1.66	225.9	0.255	
	100	0.29	1.89	0.04	0.10	1.67	227.1	0.132	
29.01.2003	125	0.35	2.65	0.02	0.09	1.48	226.6	0.174	22.82
	150	0.3	1.84	0.02	0.07	1.40	221.5	0.130	
	175	0.42	3.43	0.02	0.08	1.43	225.3	0.126	
	200	1.68	16.59	0.08	0.19	2.08	223.2	0.193	
	0	0.37	2.67	0.02	0.32	1.22	229.5	1.242	
	20	0.44	3.14	0.02	0.28	1.31	228.3	0.686	
	40	0.31	2.04	0.02	0.44	1.20	225.7	0.381	
	60	0.29	2.23	0.03	0.25	1.20	229.4	0.651	
	80	0.32	2.35	0.03	0.45	1.15	226.7	0.342	
27.02.2003	100	0.41	2.34	0.03	0.51	1.31	226.8	0.386	21.13
	125	0.31	2.25	0.02	0.60	1.38	226.1	0.359	
	150	0.26	1.75	0.02	0.38	1.37	224.8	0.087	
	175	0.23	1.51	0.02	0.59	1.14	227.0	0.186	
	200	0.49	4.45	0.03	0.63	1.19	227.8	0.083	
	0	0.37	2.37	0.03	0.54	1.77	236.9	0.530	
	20	0.40	2.53	0.02	0.17	1.78	231.8	0.510	
	40	0.43	2.83	0.02	0.42	1.85	231.2	0.410	

	60	0.36	2.36	0.02	0.17	1.86	232.8	0.590	
	80	0.45	2.84	0.02	0.27	1.83	235.4	0.523	
	100	0.33	1.97	0.02	0.62	1.90	238.9	0.476	
	125	0.44	3.07	0.03	2.01	0.82	235.7	0.530	
	150	0.41	2.63	0.02	0.13	0.87	230.7	0.470	
	175	0.35	2.04	0.03	0.58	1.83	236.3	1.190	
	200	0.62	5.15	0.04	3.61	1.65	232.9	0.051	
28.03.2003	0	0.29	2.07	0.01	0.32	1.69	232.3	0.097	21.72
	20	0.35	2.25	0.01	0.31	2.17	230.1	0.122	
	40	0.39	2.86	0.02	0.27	2.21	231.2	0.325	
	60	0.39	2.91	0.02	0.30	2.25	231.6	0.285	
	80	0.27	1.75	0.02	0.30	1.39	232.4	0.266	
	100	0.31	1.98	0.02	0.32	2.92	230.9	0.173	
	125	0.32	2.12	0.02	0.36	3.75	229.8	0.106	
	150	0.38	2.81	0.02	0.46	3.27	228.6	0.075	
	175	0.38	2.52	0.03	0.19	2.77	233.3	0.067	
	200	0.42	3.64	0.04	0.84	1.77	227.8	0.053	
21.05.2003	0	1.15	18.07	0.05	0.10	2.12	224.7	0.087	11.97
	20	0.59	5.48	0.03	0.07	1.48	243.2	0.080	
	40	0.33	2.24	0.04	0.10	0.96	233.7	0.029	
	60	0.34	2.46	0.03	0.07	0.96	232.4	0.014	
	80	0.51	3.82	0.03	0.11	1.38	229.5	0.018	
	100	0.26	1.75	0.04	0.60	1.17	223.8	0.020	
	125	0.34	3.55	0.02	0.70	1.24	224.7	0.004	
	150	0.55	3.44	0.02	0.72	1.28	223.2	0.009	
	175	0.48	3.72	0.04	1.09	1.47	221.9	0.006	
	200	0.28	1.70	0.08	2.28	5.79	208.8	0.004	
05.06.2003	0	0.59	6.70	0.02	0.08	1.03	220.5	0.058	18.59
	20	0.51	5.55	0.03	0.06	1.26	227.6	0.025	
	40	0.46	4.35	0.02	0.05	1.16	237.5	0.043	
	60	0.50	6.57	0.03	0.13	1.32	237.9	0.105	
	80	0.35	2.96	0.03	0.07	0.99	235.8	0.237	
	100	0.30	2.67	0.03	0.09	1.45	233.9	0.293	
	125	0.72	6.87	0.04	0.68	2.06	222.6	0.223	
	150	0.36	2.83	0.04	1.03	2.55	214.8	0.016	
	175	0.32	2.88	0.03	0.80	1.64	222.4	0.218	
	200	0.53	5.02	0.04	1.03	1.89	213.4	0.223	
15.07.2003	0	0.62	3.90	0.03	0.09	0.84	-	0.047	35.49
	20	0.56	3.18	0.02	0.09	0.89	-	0.030	
	40	0.66	4.40	0.02	0.12	1.19	-	0.033	
	60	0.63	4.38	0.03	0.09	1.14	-	0.030	
	80	0.53	3.84	0.03	0.10	0.94	-	0.036	
	100	0.41	2.59	0.02	0.11	1.30	-	0.041	
	125	0.46	3.31	0.02	0.10	0.92	-	0.070	
	150	0.50	3.27	0.03	0.54	1.28	-	0.051	
	175	0.40	2.85	0.03	0.79	1.82	-	0.022	
	200	0.85	6.19	0.04	1.19	2.81	-	0.024	
31.07.2003	0	0.48	3.69	0.02	0.07	0.67	227.1	0.016	31.64
	20	0.35	2.63	0.02	0.08	0.66	224.5	0.037	
	40	0.58	4.69	0.02	0.06	0.70	235.3	0.048	
	60	0.70	5.09	0.02	0.12	0.70	256.0	0.067	
	80	0.28	3.15	0.02	0.19	0.68	263.8	0.135	
	100	0.34	3.51	0.02	0.27	1.30	242.3	0.312	
	125	0.43	5.77	0.03	0.45	1.45	239.5	0.188	
	150	0.40	3.09	0.03	0.36	1.02	228.9	0.119	
	175	0.45	2.44	0.03	0.46	1.20	238.8	0.047	
	200	1.10	10.83	0.02	0.17	1.07	236.7	0.031	

Toplam derinliği 210 m olan açık istasyonda yüzey tuzluluk değerleri 38.1-39.4 arasında değişmekte ve bu değerlerdeki zamana bağlı salınımlar orta istasyon ile benzerlik göstermektedir (Şekil 11). Yüzey besin elementleri konsantrasyonlarında da orta ve açık istasyon arasında belirgin bir fark yoktur.



Şekil 11. Açık istasyon yüzey suyunda kimyasal ve fiziksel parametrelerin aylık değişimi.



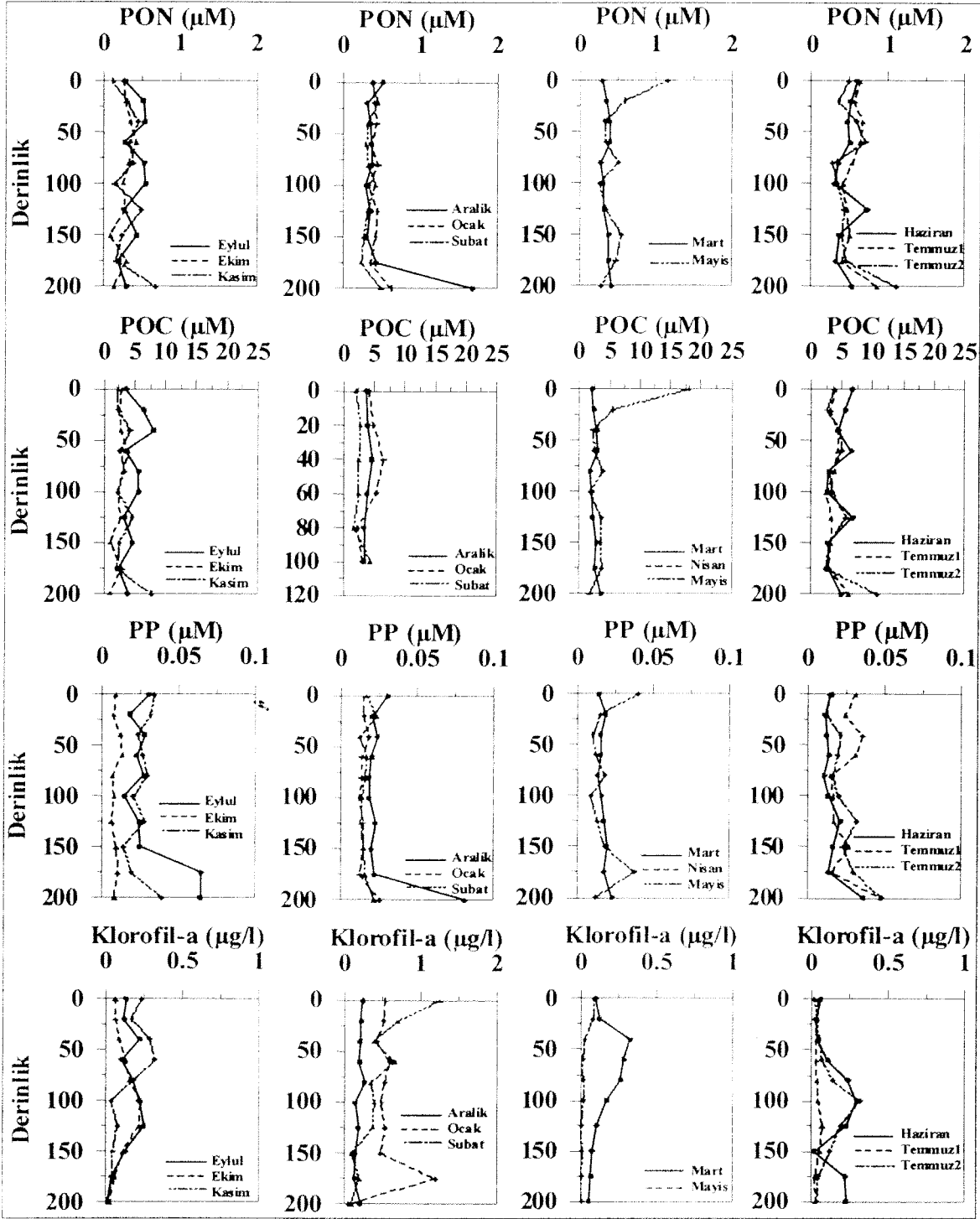
Bölgenin yüzey sularında nitrat, fosfat, silikat ve chl-*a* derişimleri sırası ile 0.07-0.94  $\mu\text{M}$ , 0.02-0.07  $\mu\text{M}$ , 0.67-2.88  $\mu\text{M}$  ve 0.02-1.24  $\mu\text{g/l}$  aralığında olup, orta istasyon değerlerine yakındır (Şekil 11). Mayıs 2003 döneminde gözlenen düşük tuzluluk ve yüksek silikat değerleri nehir etkisinin zayıflayarak da olsa bu alana kadar ulaşabildiğini göstermektedir. En yüksek yüzey chl-*a* derişimi kış karışımının daha etkin olduğu Ocak sonunda ölçülmüştür. Lamas etkisinin gözleendiği Mayıs ayında ise POM derişimi yükselirken chl-*a* derişiminin yılın en düşük seviyelerinde seyrettiği görülmektedir.

Yıl boyunca su kolonunda çözünmüş inorganik fosfat konsantrasyon aralığı 0.01-0.1  $\mu\text{M}$  olmuştur. Ekim, Kasım, Aralık ve Mayıs aylarında 200 metrede fosfat derişimi üst sulara oranla en yüksek seviyelerde olmuştur. Toplam nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ ) konsantrasyonları ise 0.05-3.6  $\mu\text{M}$  aralığında değişim göstermiştir. Eylül, Ekim ve Kasım aylarında su kolonu boyunca 150m'ye kadar homojen bir dağılım göstermişler, 150 m'den sonra artış gözlenmiştir. Silikat değerleri su kolonunda yıl boyunca 0.7-5.8  $\mu\text{M}$  aralığında değişmiş olup ancak Eylül ve Kasım aylarında 150m'den sonra konsantrasyonlarda artış gözlenmiştir. Alt suda tuzluluk değişimi daha dar aralıkta olmuş; 39 ile 39.3 arasında salınım göstermiştir. Tuzlulukla silikat arasında belirgin ve ters yönlü bir ilişki vardır. Silikat derişimlerinde yıl boyu büyük iniş ve çıkışlar, açık kıyı suları etkileşiminin bir göstergesidir. Tuzluluğun azaldığı Mayıs 2003'te silikat derişimi 5.8  $\mu\text{M}$ 'a kadar çıkmaktadır. En düşük silikat derişimleri Şubat ve Ağustos aylarında gözlenmiştir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonları Eylül ayında yüzeyde ve 200m de 190  $\mu\text{M}$  civarında olup 80 m'de artış (230  $\mu\text{M}$ ) gözlenmiştir. Ekim ve Kasım aylarında maksimum konsantrasyonlar sırasıyla 60 ve 100 m'lerde 248 ve 256  $\mu\text{M}$  olarak gözlenmiştir. Aralık ayında ise su kolonu boyunca konsantrasyonlar 220-227  $\mu\text{M}$  aralığında homojen bir dağılım sergilemiştir. Bahar ve yaz aylarında çözünmüş oksijen (ÇO) derişimi yüzey sularında doygunluk seviyesinde olup, 220-235  $\mu\text{M}$  aralığındadır. Termoklin tabakası altında suların soğuması ile ÇO kısmen artmaktadır. En düşük ÇO değeri, beklenildiği üzere Mayıs ayında inorganik besin tuzları derişiminin arttığı 200 metrede ölçülmüştür. Besin tuzları kısmen zengin, fakat ÇO içeriği daha düşük olan bu suyun kaynağının Akdeniz'in açık bölgesi olduğu anlaşılmaktadır. Ocak-Mart aylarında su kolonu homojen özellik gösterdiğinden yüzeyden tabana kadar ÇO değerleri çok az değişim göstermiştir.

POM profilleri su kolonu boyunca genellikle çok büyük değişimler ya da belirgin bir trend göstermemektedir (Şekil 12). Filtre edilerek toplanan asılı katıdaki POC ve PON derişimleri ışıklı tabakada yıl boyunca değişim gösterir; ancak değişimin derecesi nehir girdisinden doğrudan etkilenen yüzey sularındaki salınımlar kadar belirgin değildir. 200 m civarında zaman zaman gözlenen artış, taban sedimanının su kolonuna karıştığını göstermektedir. Mayıs ayında yüzeyde görülen POM artışı yüzey-altı derinliklerde gözlenemekte, bu da artışın Lamas Nehri'nin etkisi ile olduğunu akla getirmektedir. Diğer bir deyişle, debisinin arttığı mevsimlerde, nehir girdisi, etkisini zayıflayarak da olsa kıta sahanlığının sınırına kadar göstermektedir. Yüzeydeki askı maddedeki organik kökenli azot, karbon ve partikül fosfor (POC, PON, PP) derişimleri sırası ile 2.07-18.07  $\mu\text{M}$ , 0.11-1.15  $\mu\text{M}$  ve 0.009-0.041  $\mu\text{M}$  aralığındadır ve her üç parametre için de en yüksek derişim Mayıs ayında görülmüştür.

Yüzeyden örneklenen partikül organik maddenin C/N, C/P ve N/P oranları (mol/mol) yıl boyunca değişkendir ve sırası ile 6.3-19.6, 62.8-447, 8.7-39.4 aralığındadır. Bu değişkenlik sestonun hakim yapısının yıl boyunca canlı fitoplankton-zooplankton, baskı altındaki fito-

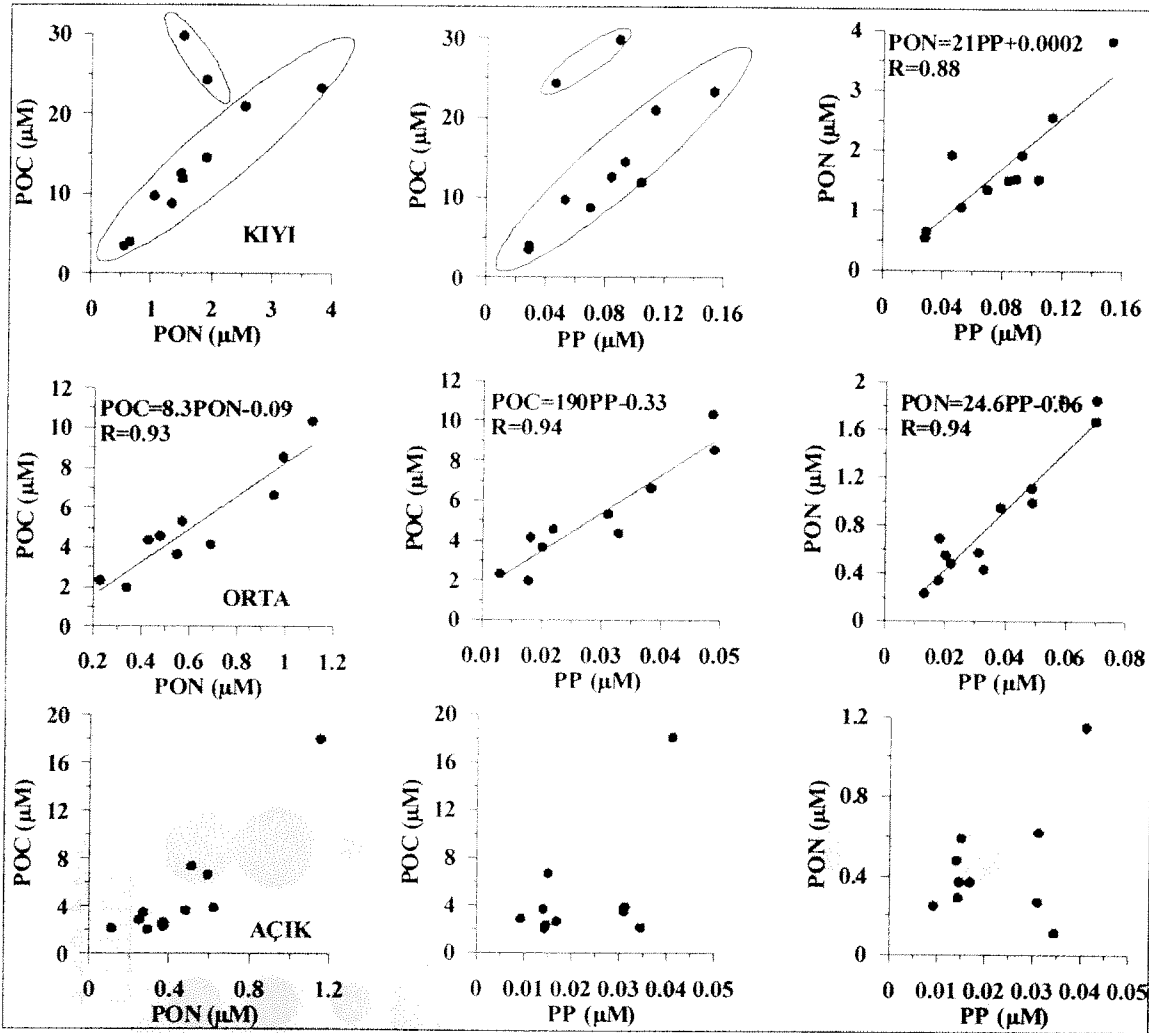


Şekil 12. Açık istasyonda su kolonunda PON, POC, PP ve chl-a'ya ait aylık profiller.

zooplankton ve ölü madde arasında geçiş yapmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin en yüksek POC/PON oranı yüzey sularının partikül maddece ve chl-a derişimine fakir olduğu Kasım 2002'de gözlenmiştir. Partikül organik karbon ve azot (POC, PON) aylık değışimleri uyumlu olup, en yüksek derişimler Aralık ve Ağustos aylarında gözlenmiştir. Aralık ayındaki artış, chl-a derişimi ile uyumlu olması üst tabakadan tabana dikey su karışmaları ve çökelme yoluyla yüzeyden tabana doğru POM taşınımı olduğunu belirtir. Partikül organik karbon (POC) ve azot (PON) konsantrasyonları su kolonunda değışkendir

fakat genelde yüzeyden tabana doğru azalan bir eğilim gösterir. Yüzey sularının besin tuzlarının fakirleştiği dönemlerde termoklin altında kısmi POM artışı gözlenebilmektedir.

POC derişimi Eylül 2002 ve Mayıs 2003'te belirgin artış göstermiştir. Temmuz 2003'te PON'de gözlenen artış, POC'ye yansımamıştır. Yani sudaki POM, organik azotça zenginleşmiştir. Ancak, aynı dönemde chl-*a* derişiminde artış olmaması, ortamdaki azotça zengin POM artışının heterotrofik aktivite sonucu olduğunu ve henüz önemli bozunmaya uğramadığını işaret etmektedir. POC/PON oranı ise 6-12 arasında hesaplanmıştır. Temmuz 2003'te PON'in göreceli artışı oranı 6'ya düşürmüştü ve bu oran deniz ortamındaki zooplankton kompozisyonuna benzerdir.



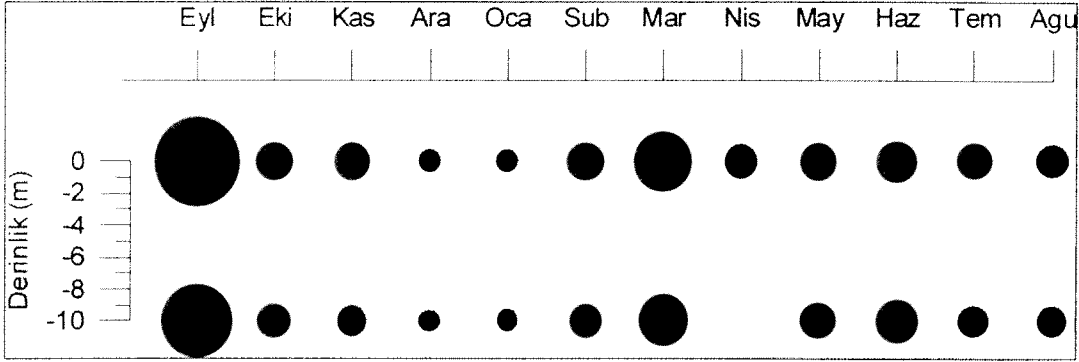
Şekil 13. Her üç istasyonda POC, PON ve PP karşılıklı regresyon eğri ve denklemleri.

### 3.3. Biyolojik parametreler

Bu kısımda proje kapsamında çalışılan heterotrofik bakteriler, cyanobakteri *Synechococcus* spp. ve fitoplanktona ait bulgular verilmektedir. Kıyı istasyonundan açığa doğru istasyonlarda her derinlikte zamana karşın hücre bolluğu, ortalama hacim ve biyokütle değerleri şekiller üzerinde verilerek yorumlanmaktadır.

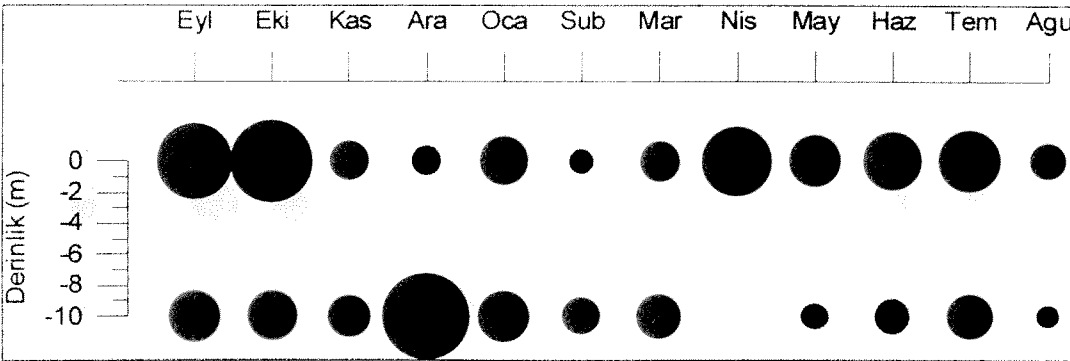
### 3.3.1. Heterotrofik Bakteriler

Yıl boyunca aylara göre her üç istasyonda derinlikle heterotrofik bakteri bolluğu (ml'de hücre sayısı), ortalama hacim ( $\mu\text{m}^3$ ) ve biyokütlesindeki ( $\mu\text{gC/l}$ ) değişimler şekil 14-22'de verilmiştir. Kıyı istasyonunda hücre sıklığı açısından yıl boyunca yüzey ve 10 m derinlikler arasında bir uyum görülmektedir (Şekil 14).



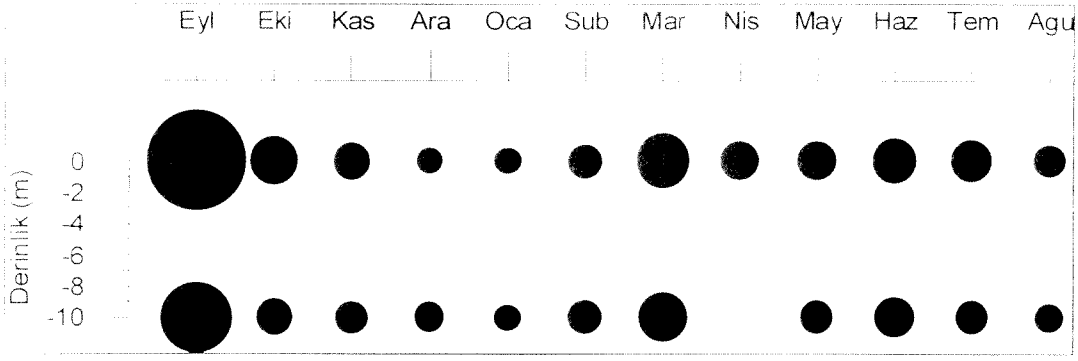
Şekil 14. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda değişimler.

Eylül ve Mart aylarında hücre sayısında diğer aylara oranla belirgin bir artış mevcuttur. Eylül'den Şubat'a bakteri sayılarında düzenli bir düşüş gözlenmektedir. En yüksek değere Eylül ayında yüzeyde ( $4.06 \times 10^6$  hücre/ml) ve en düşük sayıma Aralık ayında 10 m derinlikte ( $5.85 \times 10^5$  hücre/ml) ulaşılmıştır. En yüksek ve en düşük değer arasında yaklaşık 7 kat bir oran bulunmaktadır. Dikey karışımın en yoğun olduğu soğuk kış aylarında bakteri popülasyonu sayıca en küçük değerlere düşmüştür. Diğer taraftan bakteri ortalama hacimlerinde zaman içinde ve derinlikle belirgin değişimler sözkonusudur (Şekil 15). En yüksek ortalama hacim değerine Aralık ayında 10 m derinlikte ( $0.11 \mu\text{m}^3$ ) ve en düşük değere ( $0.06 \mu\text{m}^3$ ) Şubat ayında yüzeyde ulaşılmıştır. Genele bakıldığında, kış dönemi



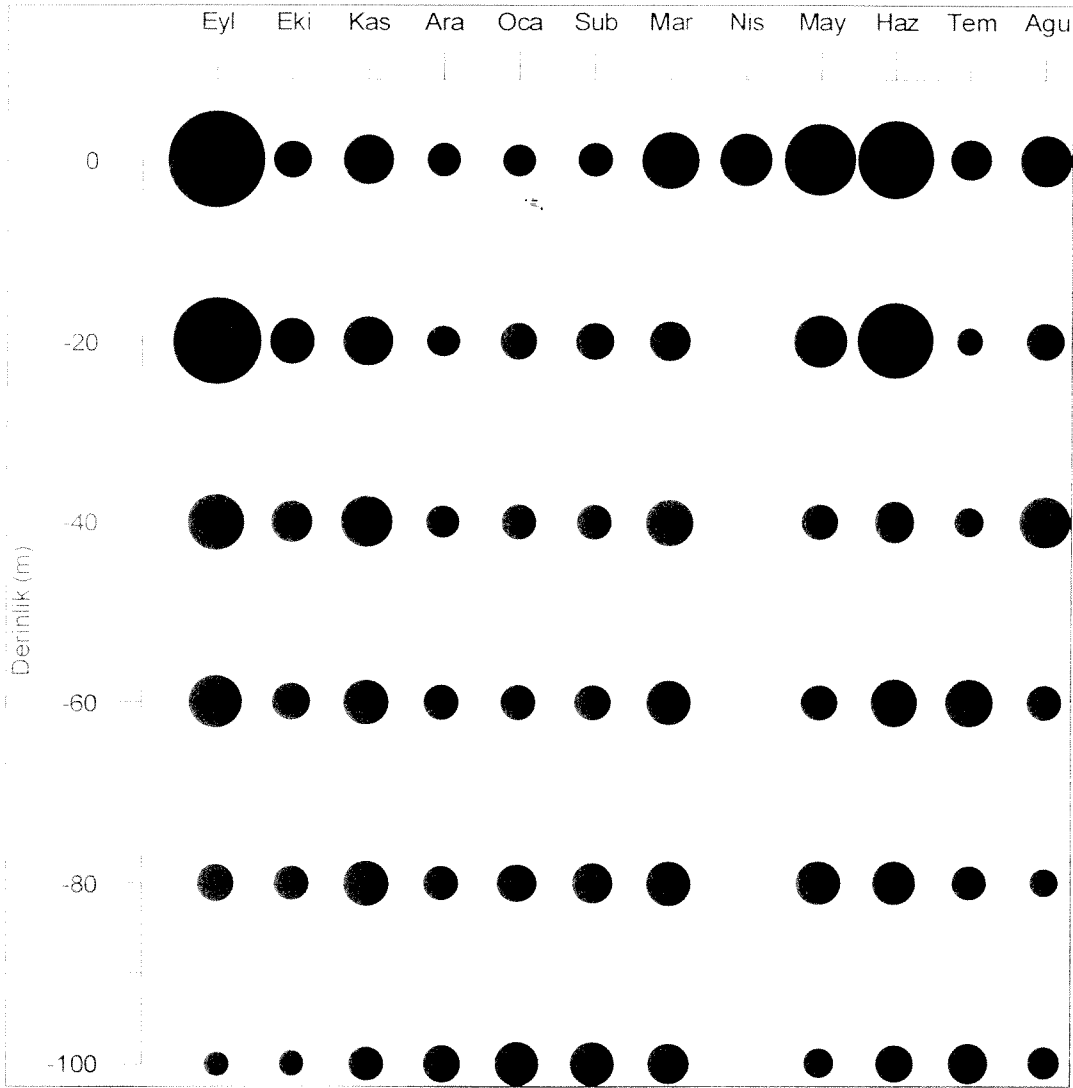
Şekil 15. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.

haricinde, yüzey suyundaki bakteriler 10 metredekilere oranla daha iri olmaktadır. Bakteri biyokütlesi açısından bakıldığında yıl boyunca dağılım sayıca dağılıma benzer olup, en yüksek değerlere Eylül ayında (yüzeyde  $32.3 \mu\text{g C/l}$ ) en düşük değere ise Aralık ayında yüzeyde ( $3.05 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır (Şekil 16). En yüksek ve en düşük değer arasında yaklaşık 11 kat bir oran bulunmaktadır.



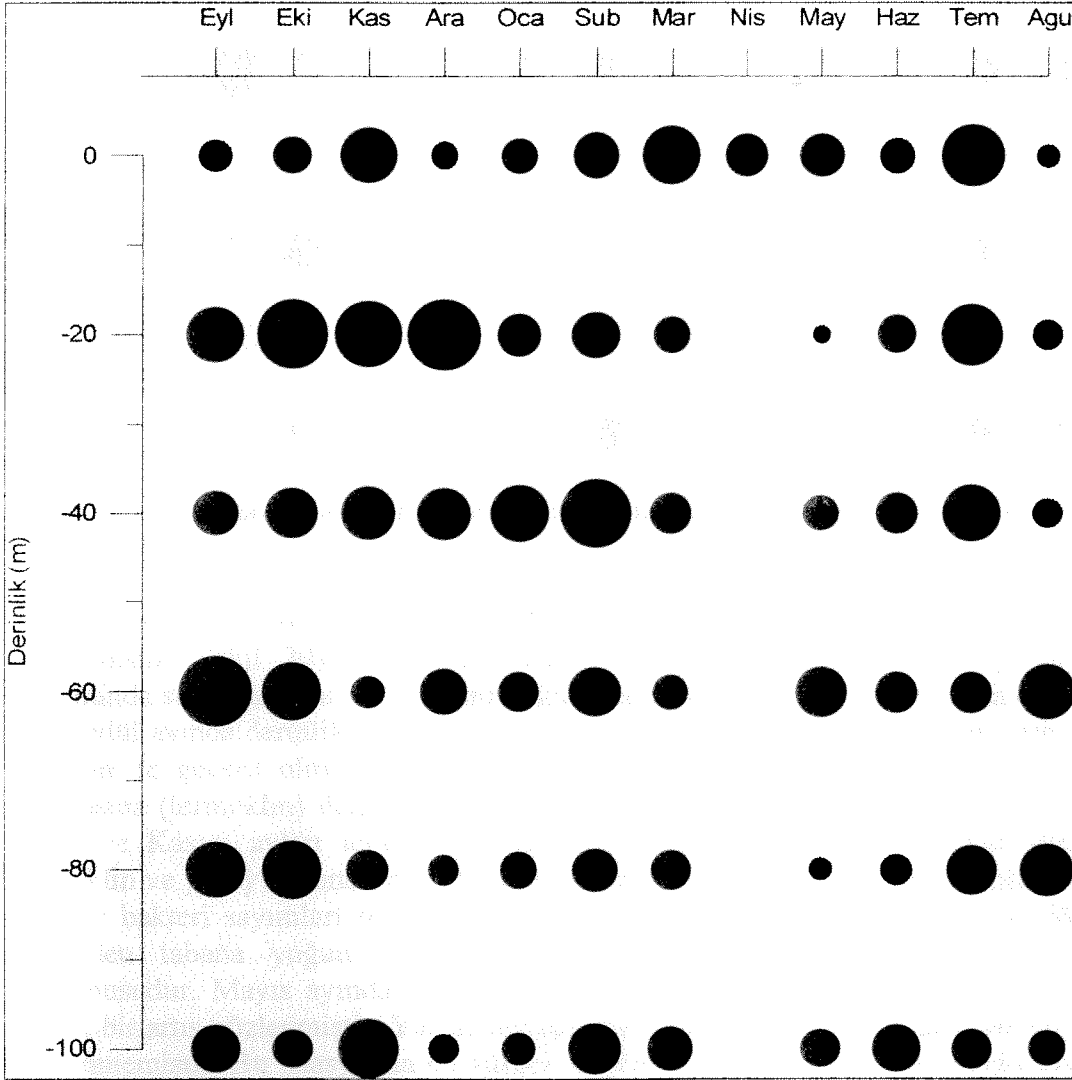
Şekil 16. Kıyı istasyonunda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.

Orta istasyonda derinlikle heterotrofik bakteri hücre sayılarındaki değişimler Şekil 17'de verilmiştir. Bu istasyonda en yüksek değere kıyı istasyonunda olduğu üzere Eylül ayında yüzeyde ( $1.78 \times 10^6$  hücre/ml) ve en düşük sayıma yine bu ayda en alt derinlik olan 100

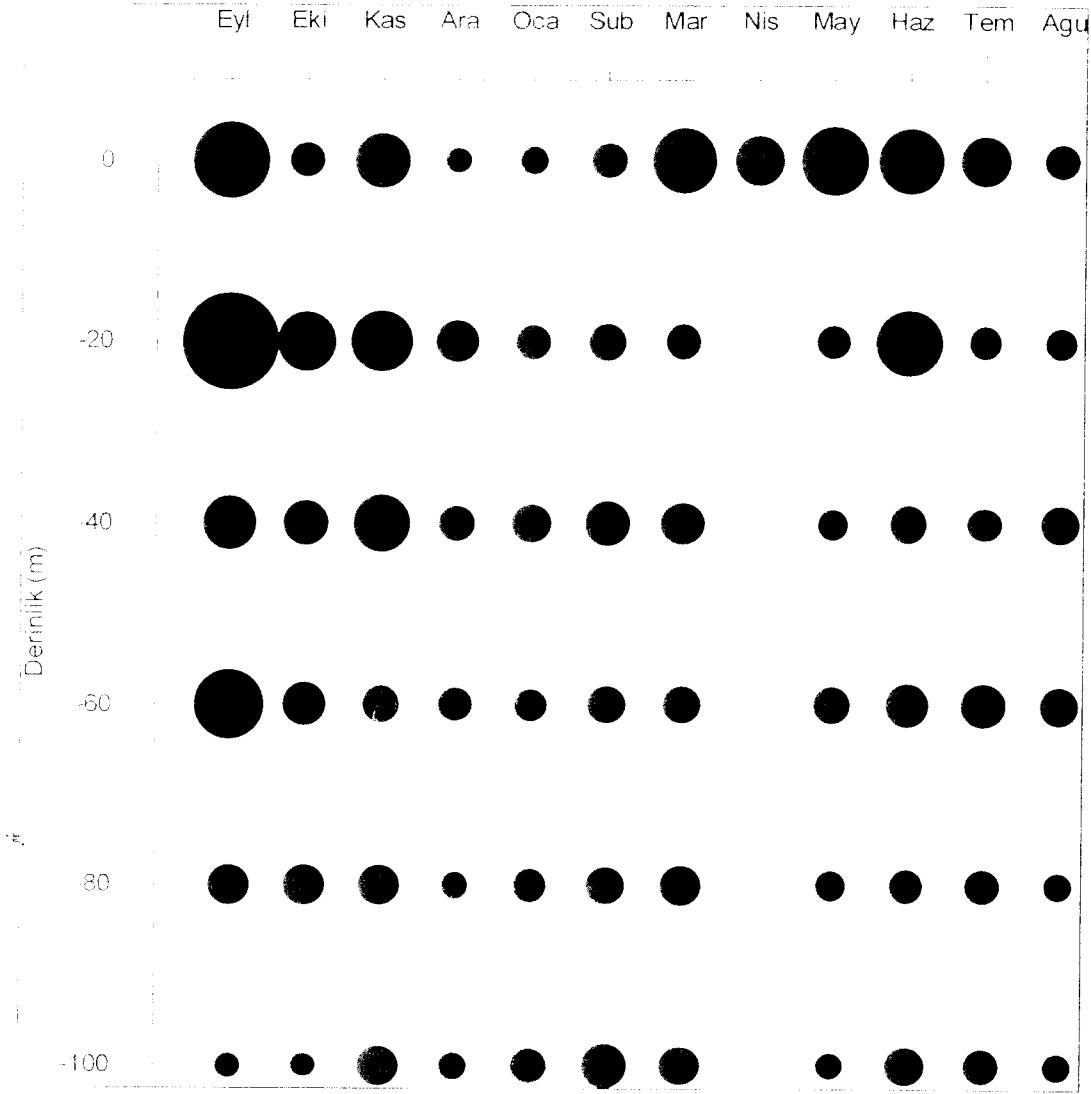


Şekil 17. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda değişimler.

metrede ( $4.29 \times 10^5$  hücre/ml) ulaşılmıştır. Bu ayda derinlikle bakteri sayılarında belirgin ve düzenli bir azalış görülmüştür. Kış dönemi haricinde genelde yüzey ve 20m derinliklerde bakteriler daha yoğun bulunmaktadır. Dikey karışımın en yoğun olduğu kış aylarında bakteri popülasyonunun sayıca düşük ve su kolonunda homojen dağıldığı görülmektedir. Bakteri ortalama hacmi ise derinlikle ve zaman içinde düzensiz, ani değişimler göstermiştir Şekil 18. Su kolonunda kış aylarında gözlenen sayıca homojen dağılım ortalama bakteri hacimleri açısından benzer bir dikey dağılımı yansıtmamıştır. En yüksek ve en düşük ortalama hacim değerlerine sırası ile Aralık ayında 20 metrede ( $0.115 \mu\text{m}^3$ ) ve Mayıs ayında yine 20 metrede ( $0.052 \mu\text{m}^3$ ) rastlanmıştır. Sonbahar dönemi ortalama bakteri hacimleri diğer mevsimlere oranla daha büyük olmuştur. Bakteri biyokütlesi açısından bakıldığında bakteri sayıları ile uyumlu bir dağılım sözkonusudur (Şekil 19). En yüksek ve en düşük biyokütle değerlerine sırası ile Eylül ayında 20 metrede ( $12.11 \mu\text{g C/l}$ ) ve Ekim ayında 10 metrede ( $2.81 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır. Tüm su kolonunda kış dönemi bakteri biyokütlesi diğer mevsimlere oranla düşük olmuştur ve genelde derinlikle biyoküttele azalma sözkonusudur.



Şekil 18. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.

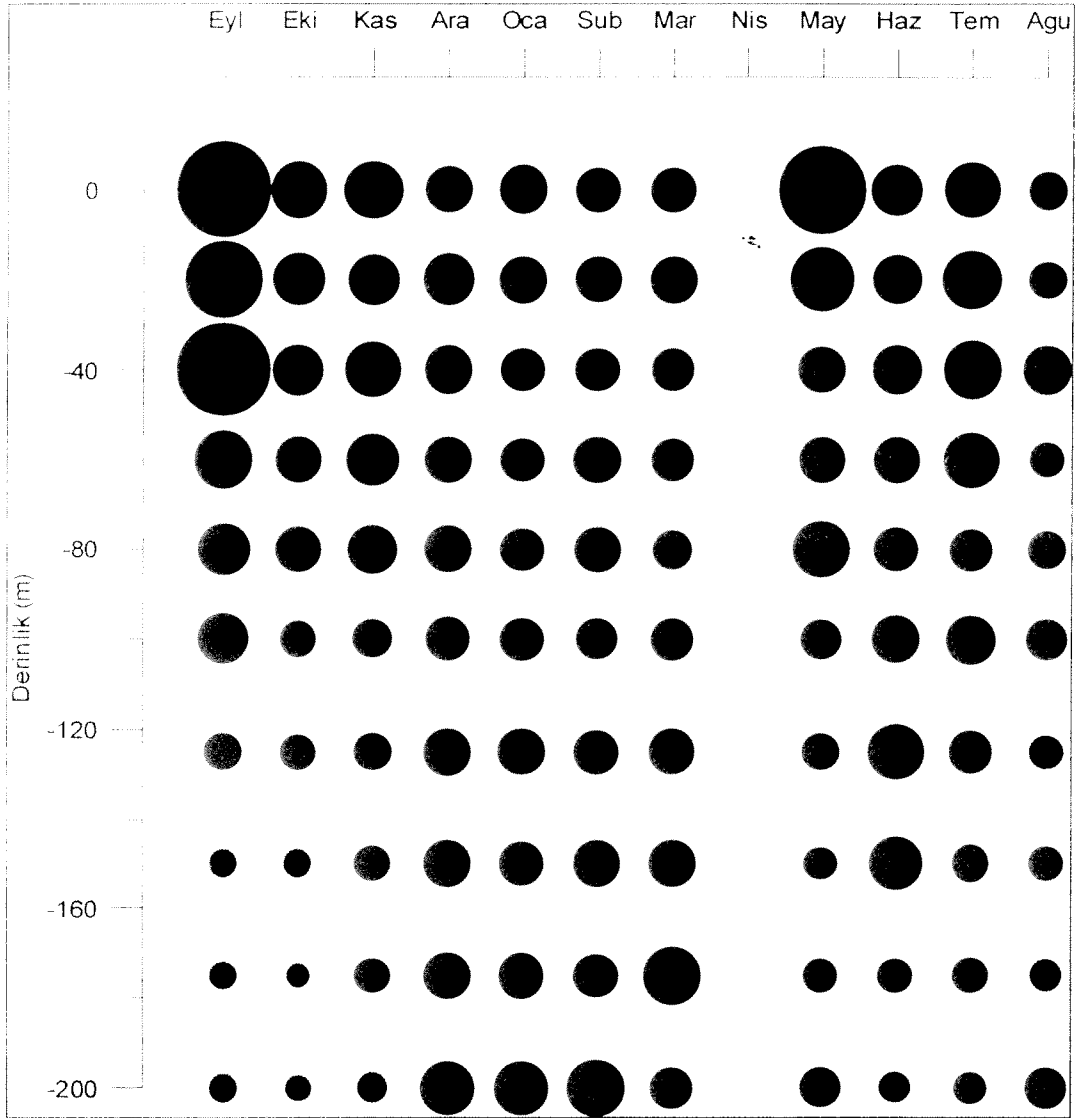


Şekil 19. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.

Açık istasyonda bakteri sayıları derinlikle orta istasyondakine benzer bir dağılım göstermiştir (Şekil 20). Sonbahar dönemi derinlikle belirgin bir azalışı takiben kış döneminde su kolonunda homojen bir dağılım söz konusudur. Orta istasyonda da görüldüğü gibi Eylül ayında derinlikle belirgin bir azalış söz konusudur ve aynı durum kısmen Mayıs ayı için de geçerli olmuştur. Eylül ayında ilk 40 metrede yani yüzeyden sıcaklık ara tabakasına (termoklin) değin su kolonunda yüksek sayımlar elde edilmiştir. Aynı durum Ekim ve Kasım ayları için de geçerli olup, Kasım ayında 80 metrede gözlemlenen termoklin ve yüzey arasında bakteri sayıları homojen ve yüksek olmuştur. Kısaca sonbahar dönemi bakteri sayımları termoklinin hemen altında düşüş göstermiştir. Kış dönemi ise yüzeyden tabana yoğun karışım nedeni ile su kolonunda homojen bir dağılım söz konusudur. Mayıs ayında ise termoklinin hemen üzerinde yüzeyde bakteri sayısında büyük bir artış gözlenmiştir. Yaz aylarında termoklinin bakteri bolluğuna önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Bu istasyonda en yüksek değere diğer iki istasyonda olduğu üzere Eylül ayında yüzeyde ( $1.66 \times 10^6$  hücre/ml) ve en düşük sayıma Ekim ayında 175 metrede ( $1.71 \times 10^5$  hücre/ml) ulaşılmıştır. Su kolonu açısından bakıldığında bakteriler en yoğun olarak Eylül ayında en düşük popülasyon ise Temmuz sonunda (Ağustos) mevcut

olmuştur. Kış aylarında tabanda bakteri sayıları göreceli olarak üst derinliklere oranla daha fazla bulunmuştur.

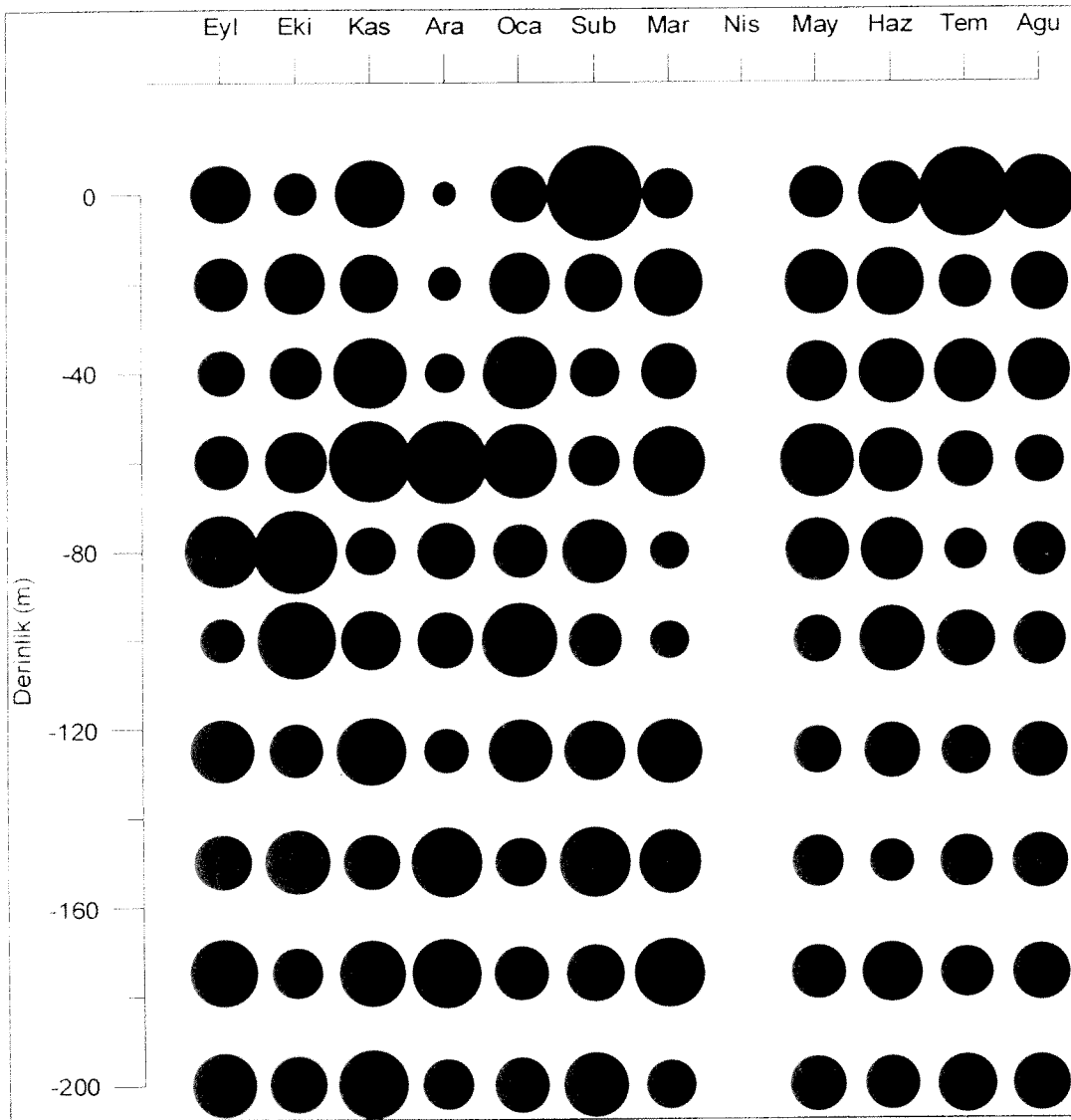
Bakteri ortalama hacmi ise orta istasyonda gözleendiği üzere derinlikle ve zaman içinde düzensiz, ani değişimler göstermiştir (Şekil 21). En yüksek ve en düşük ortalama hacim değerlerine sırası ile Şubat ayında yüzeyde ( $0.12 \mu\text{m}^3$ ) ve Aralık ayında yüzeyde ( $0.046 \mu\text{m}^3$ ) rastlanmıştır. Aralık ayında ilk 40 metrede bakteri boyları çok küçük olmuş, 60 metre derinlikte ise  $0.1 \mu\text{m}^3$  düzeyine çıkmıştır. Ekim ayında 80 ve 100 m derinliklerde yüksek ortalama hacim değerlerine ulaşılmıştır. Kasım ayında 100 m ve altında boyca önemli bir değişiklik olmamıştır. Ocak ayında ise yüzeyden orta derinliklere doğru hücre hacimlerinde giderek artış, 100 m altında ise tabana doğru düşüş gözlenmiştir. Mart ayında is bunun tam tersi olmuş, orta derinliklerde düşük değerler üst ve altında ise yüksek hacim değerleri bulunmuştur. Su kolonu ortalamaları gözönüne alındığında en yüksek hacim değerlerine Kasım ayında, en düşük değerlere ise Aralık ayında rastlanmıştır.



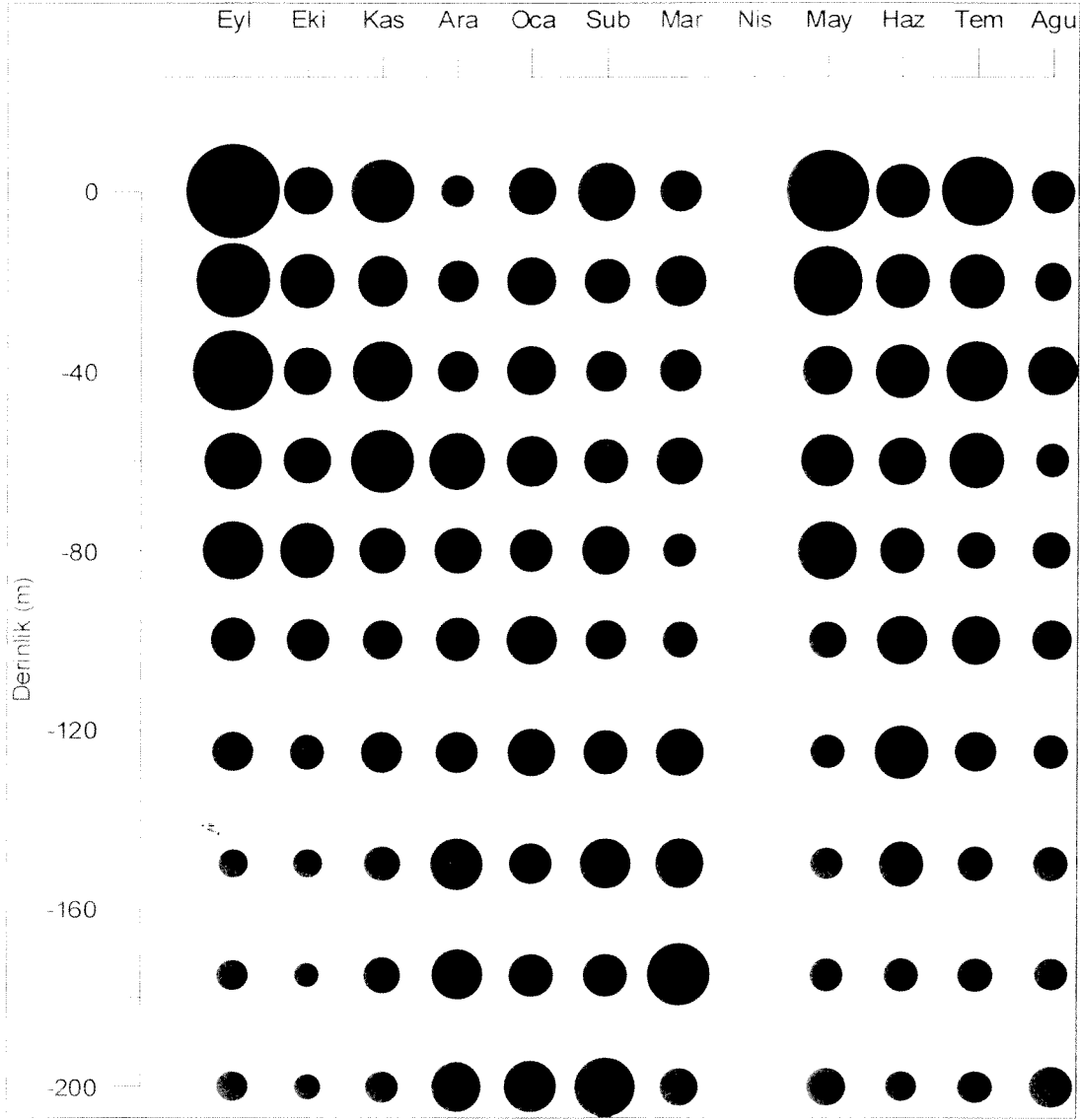
Şekil 20. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri hücre bolluğunda değişimler.



Bakteri biyokütlesi açısından bakıldığında yine orta istasyonda görüldüğü üzere bakteri sayıları ile derinlikle benzer bir dağılım söz konusudur (Şekil 22). Bakteri biyokütlesinde yine Eylül ve Mayıs aylarında derinlikle belirgin ve düzenli bir azalış söz konusudur. Bu durum kısmen Kasım ve Temmuz ayları için de geçerli olmuştur. Aralık ayında ise tersi bir durum söz konusu olup derinlikle biyoküttelede bir artış gözlenmiştir. Sonbahar dönemi 100 metre altında bakteri biyokütlesi önemli düşüş göstermiştir. Kış dönemi yüzeyden tabana yoğun karışımlarla denge sağlanmış ve su kolonunda kısmen homojen dağılım söz konusu olmuştur. Yaz aylarında genelde derinlikle bakteri biyokütlesinde düşüş gözlenmiştir. Haziran ayında 125 m altı, Temmuz ortasında 60 m altı derinlikten sonra ani düşüşler mevcuttur. Yıl boyunca en yüksek ve en düşük biyokütle değerlerine sırası ile Eylül ayında yüzeyde ( $10.7 \mu\text{g C/l}$ ) ve Ekim ayında 175 metrede ( $0.99 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır. Su kolonu açısından bakıldığında en yüksek biyokütle Eylül ayında en düşük biyokütle ise Temmuz sonunda (Ağustos) elde edilmiştir.



Şekil 21. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri ortalama hücre hacminde değişimler.

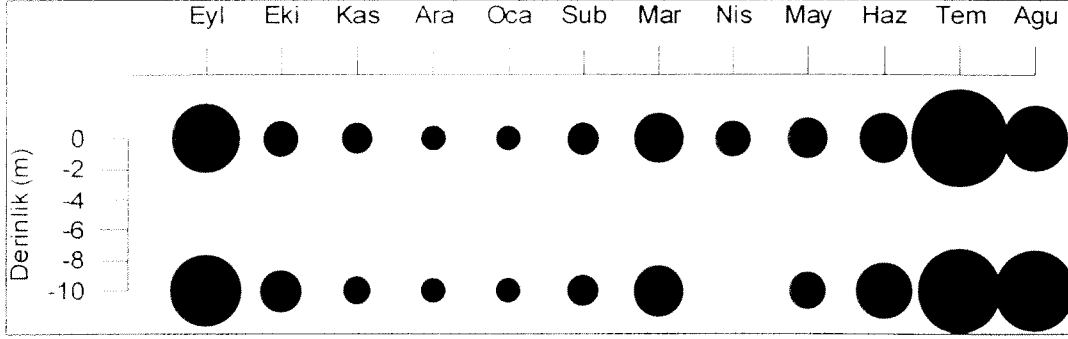


Şekil 22. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri biyokütlesinde değişimler.

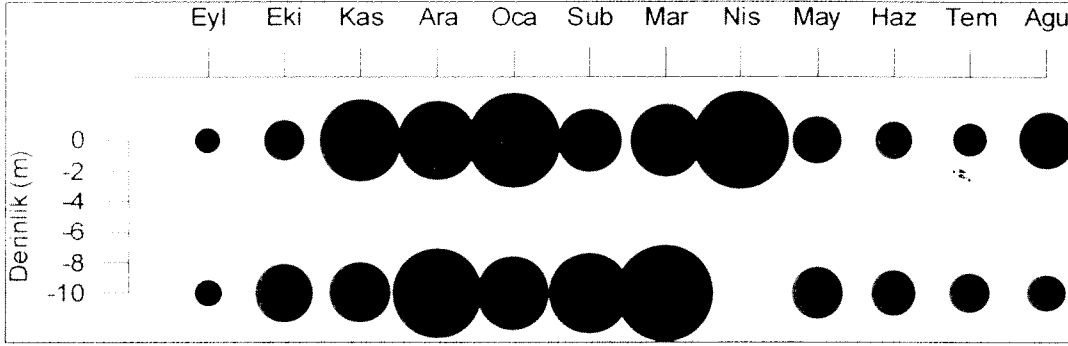
### 3.3.2. Cyanobakteri *Synechococcus* spp.

Yıl boyunca aylara göre her üç istasyonda derinlikle cyanobakteri *Synechococcus* spp. sıklığı (ml'de hücre sayısı), ortalama hacim ( $\mu\text{m}^3$ ) ve biyokütlesindeki ( $\mu\text{g C/l}$ ) değişimler şekil 23-31'de verilmiştir. Bakterilerde görüldüğü şekilde kıyı istasyonda hücre sıklığı açısından yıl boyunca yüzey ve 10 m derinlikler arasında genelde bir uyum görülmektedir (Şekil 23). Yaz dönemi hücreler daha yoğun olup en yüksek değere ( $1.62 \times 10^5$  hücre/ml) Temmuz ayında yüzeyde erişilmiştir. Eylül ayı hariç güz ve kış döneminde hücre sayıları bakterilerde görüldüğü gibi genelde düşük olup en küçük değere Ocak ayında 10 m derinlikte ( $9.58 \times 10^3$  hücre/ml) rastlanmıştır. En yüksek ve en düşük değer arasında yaklaşık 17 kat bir oran bulunmaktadır. Diğer taraftan *Synechococcus* spp. ortalama hacimlerinde Kasım-Nisan döneminde belirgin bir artış sözkonusudur (Şekil 24). En yüksek ortalama hacim değerine Nisan ayında yüzeyde ( $1.12 \mu\text{m}^3$ ) ve en düşük değere ( $0.5 \mu\text{m}^3$ ) Eylül ayında yüzeyde ulaşılmıştır. *Synechococcus* spp. biyokütle değerleri zaman ve derinlikle hücre sayılarındaki değişimlere benzer olup en yüksek değerlere Temmuz ayında

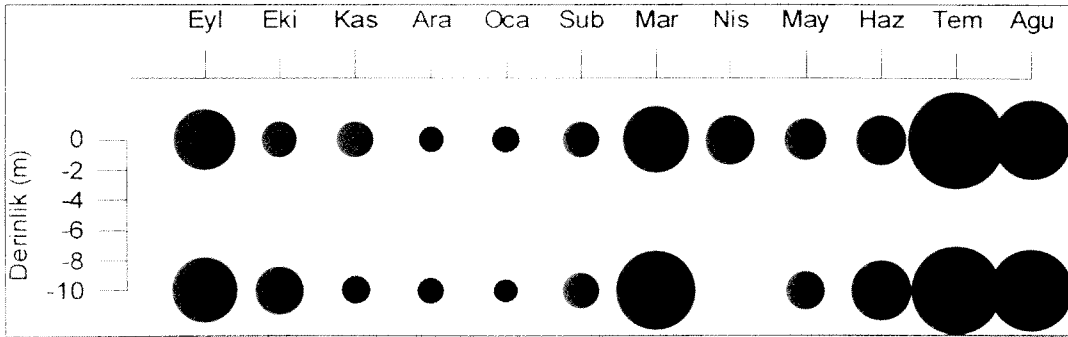
(yüzeyde  $11.59 \mu\text{g C/l}$ ) en düşük değere ise Ocak ayında 10 metrede ( $1.08 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır (Şekil 25). En yüksek ve en düşük değer arasında heterotrofik bakterilerde olduğu gibi yaklaşık 11 kat bir oran bulunmaktadır.



Şekil 23. K1y1 istasyonunda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. hücre bolluğunda değişimler.



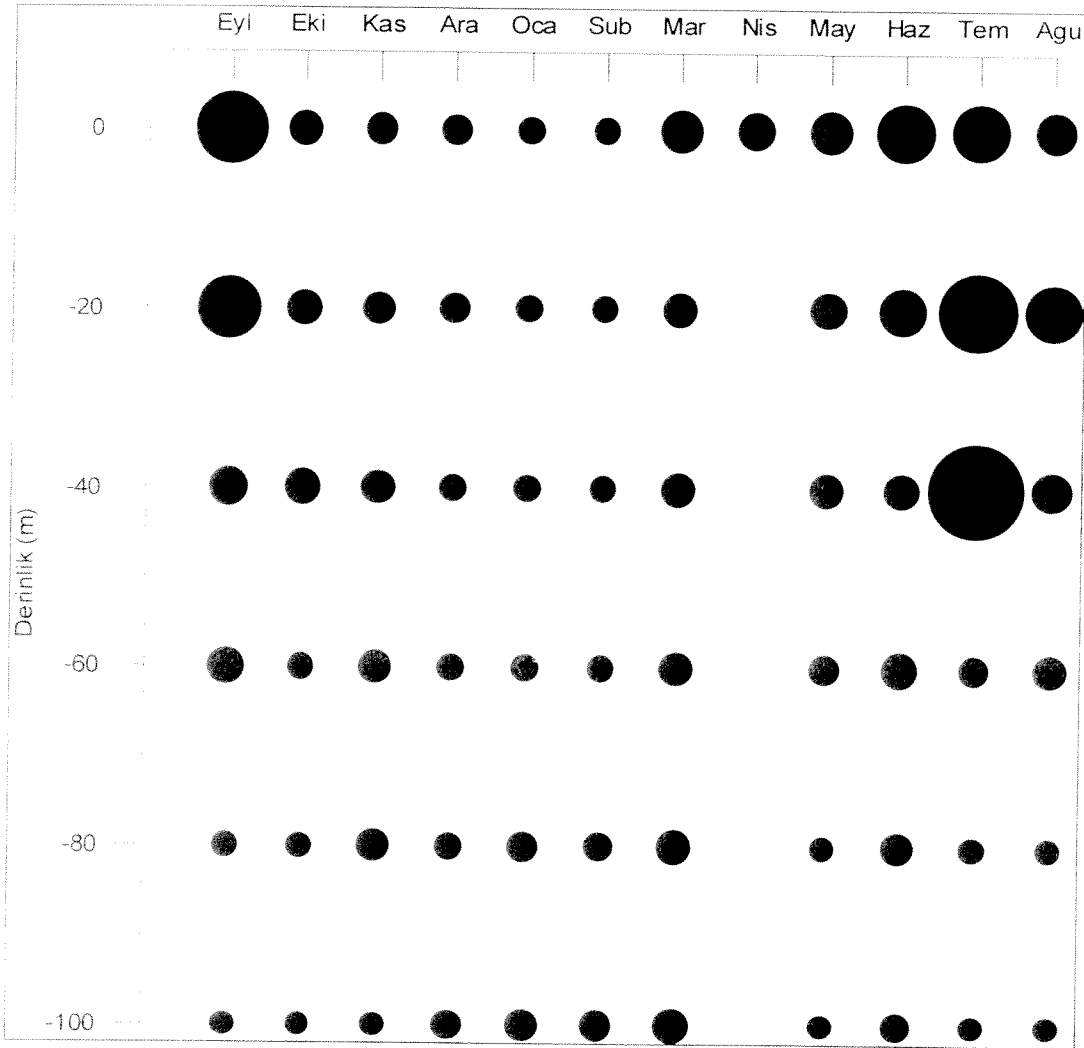
Şekil 24. K1y1 istasyonunda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminde değişimler.



Şekil 25. K1y1 istasyonunda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. biyokütlesinde değişimler.

Orta istasyonda derinlikle *Synechococcus* spp. hücre sayılarındaki değişimler Şekil 26'da verilmiştir. Bu tür fotosentetik olup, pigmentlerden fikoeritrin yanısıra klorofil içermekte ve dolayısı ile su kolonunda derinlikle ışığın azalmasına paralel olarak sayıları azalmaktadır. Yüzeyde aşırı ışıktan genelde olumsuz etkilenmekte ve orta derinliklerde genelde daha sağlıklı ve yoğun pigment içeriğine sahip olmakta, dolayısı ile yüzey altı derinliklerden toplanan hücreler epifloresans mikroskop altında uzun süreli ve parlak

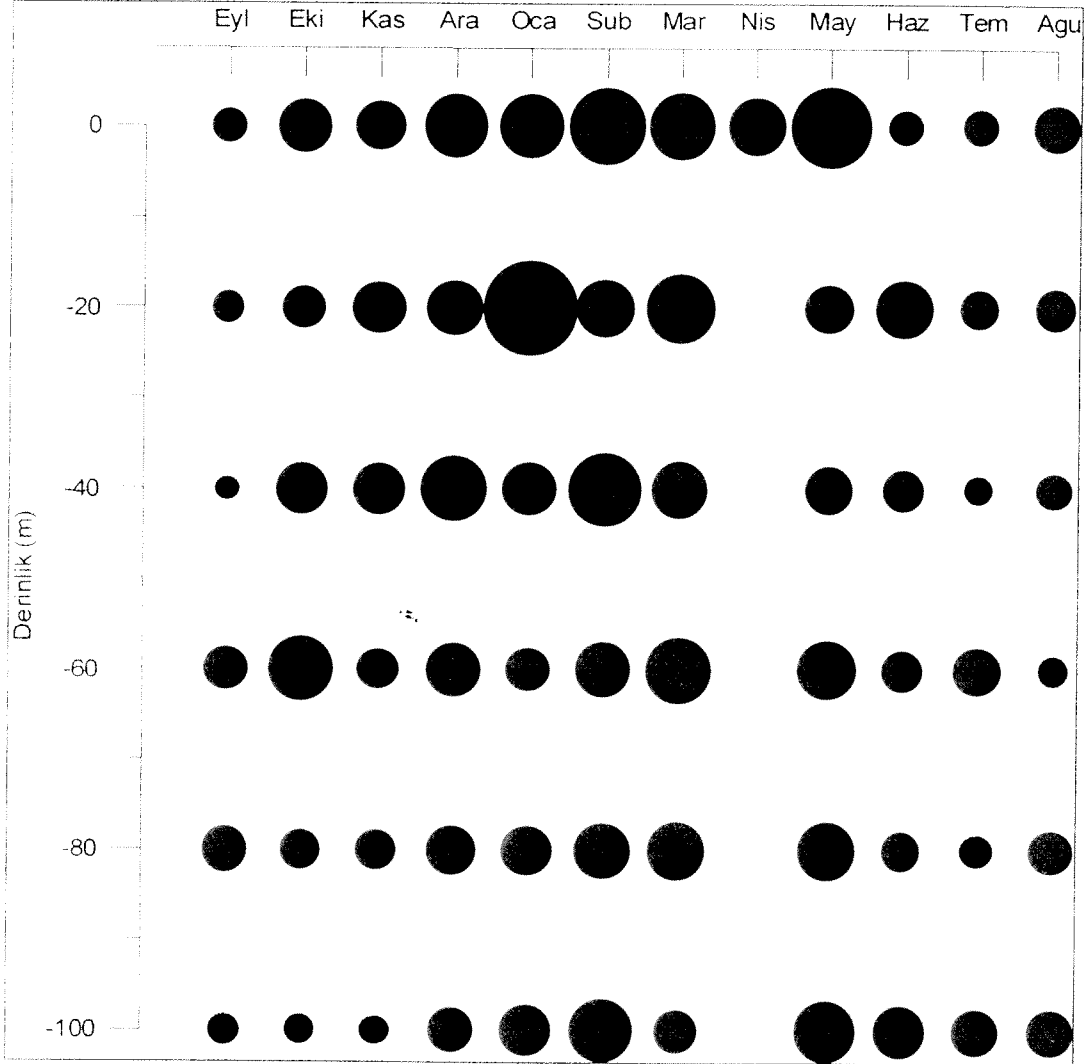
yansıma özelliği göstermektedirler. Su sıcaklığının en yüksek olduğu yaz aylarında yüzey ve yüze yakın derinliklerde hücre sayılarında belirgin bir artış sözkonusudur. Bu istasyonda en yüksek değere ( $1.29 \times 10^5$  hücre/ml) Temmuz ayında 40 metrede ve en düşük sayıya ( $6.77 \times 10^2$  hücre/ml) Ekim ayında en alt derinlik olan 100 metrede rastlanmıştır. Kış dönemi yoğun dikey karışım nedeni ile derinlikle hücre sayılarında önemli bir değişim gözlenmemiş olup diğer mevsimlere oranla düşük sayılarda kalmıştır. Eylül ayında hücreler yüzeyde  $8.82 \times 10^4$  hücre/ml seviyesinden düzenli bir şekilde azalarak 100 metrede 733 hücre/ml seviyesine düşmüştür. Ekim ayında ise yüzeyden 40 m'ye kadar hafif bir artış, 40 m'nin hemen altında ise ani ve giderek azalan bir eğilim sözkonusudur. Kasım ayında ise populasyon ilk 80 metrede aşağı yuları aynı düzeyde kalmış, 100 metrede ise ani bir düşüş göstermiştir. Su kolonunda toplam hücre sayısı olarak değerlendirildiğinde bu grup en yoğun olarak Temmuz ortasında en az olarak da Şubat ayında mevcut olmuştur.



Şekil 26. Orta istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. hücre bolluğunda değişimler.

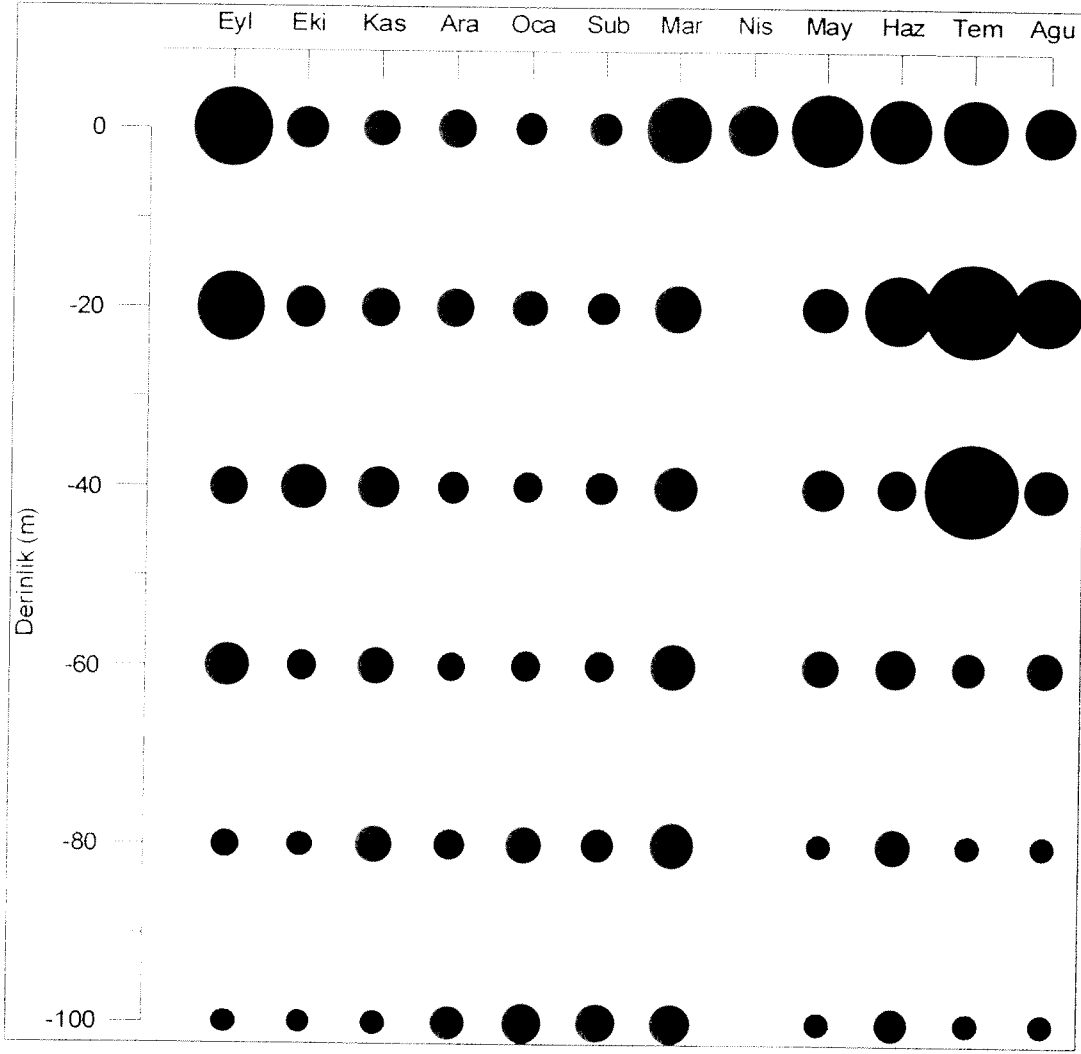
*Synechococcus* spp. ortalama hücre hacimleri ise derinlikle ve zaman içinde farklılıklar göstermiştir (Şekil 27). Hücre sıklığının aksine kış dönemi ortalama hücre hacimleri daha yüksek bulunmuştur. Mevsimsel bazda su kolonunda kış ve bahar dönemi ortalama hücre hacimleri sonbahar ve yaz dönemine oranla çok daha yüksek olmuştur. En yüksek ve en düşük ortalama hacim değerlerine sırası ile Ocak ayında 20 metrede ( $1.41 \mu\text{m}^3$ ) ve Eylül

ayında 40 metrede ( $0.4 \mu\text{m}^3$ ) rastlanmıştır. Eylül ayında alt derinliklerde iri hücelere rastlanırken Kasım ayında derinlikle hücre boylarında düşüş görülmüştür. Aralık'ta ise yüzey, 20 ve 100 metreler aynı kalmış, orta derinliklerde azalma görülmüştür. Ağustos ayında ise hücre boyları yüzeyden orta derinliklere doğru önce küçülmüş daha sonra tabana doğru artış göstermiştir.



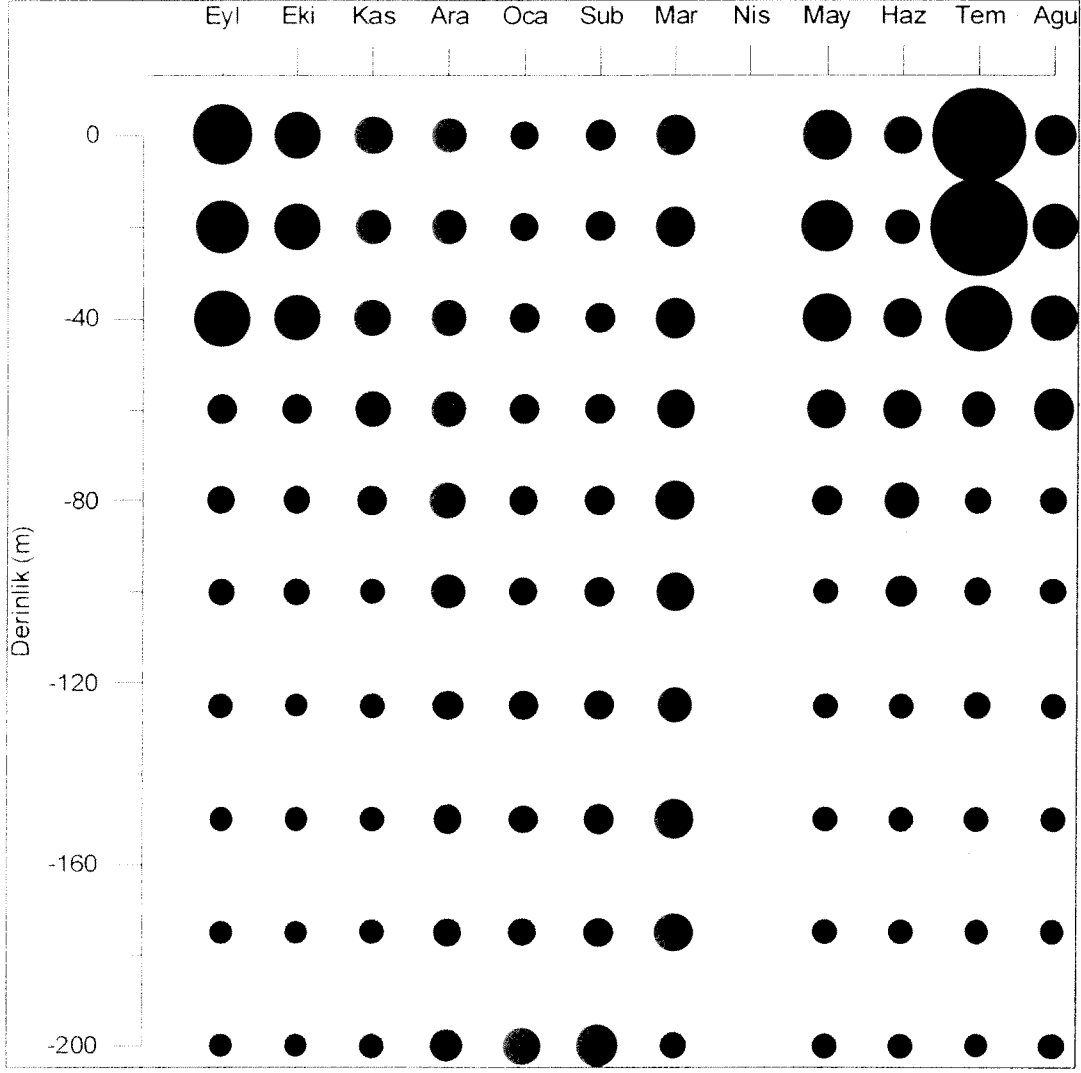
Şekil 27. Orta istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminde değişimler.

*Synechococcus* spp. biyokütlesi açısından bakıldığında hücre sayıları ile uyumlu bir dağılım sözkonusudur (Şekil 28). İlk bakışta, bahar ve özellikle yaz aylarında yüzeye yakın sularda belirgin bir artış görülmektedir. Kış döneminde ise biyokütle düşük olmuş ve su kolonunda homojen dağılmıştır. En yüksek ve en düşük biyokütle değerlerine sırası ile Temmuz ayında 20 metrede ( $7.55 \mu\text{g C/l}$ ) ve Ekim ayında 100 metrede ( $0.04 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır. En yüksek ve en düşük değer arasında heterotrofik bakterilerde olduğu gibi yaklaşık 190 kat bir oran bulunmaktadır. Su kolonunda toplam biyokütle olarak Temmuz ayında en yüksek değere, Şubat ayında ise en düşük değere ulaşılmıştır. Eylül ayında yüzeyden tabana biyoküttele giderek bir azalma, Kasım ayında ise yüzeyden orta derinliklere bir artış ve sonrası tabana doğru azalış mevcuttur.



Şekil 28. Orta istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. biyokütlesinde değişimler.

Açık istasyonda derinlikle *Synechococcus* spp. hücre sayılarındaki değişimler Şekil 29'da verilmiştir. Bu istasyonda en yüksek değere ( $7.51 \times 10^4$  hücre/ml) Temmuz ayında ulaşılmıştır. En düşük değere ise Ekim ayında 200 metre derinlikte rastlanmıştır. Orta istasyonda da görüldüğü şekilde su sıcaklığının en yüksek olduğu yaz aylarında yüzey ve yüzeye yakın derinliklerde hücre sayılarında belirgin bir artış söz konusudur. Yüzeyden tabana yoğun karışımın olduğu kış dönemi haricinde diğer mevsimlerde 100 metrenin altı derinliklerde toplam hücre sayılarında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Sonbahar döneminde ilk 40 metrede hücreler yoğun olarak bulunmuş ve 60 metrede aniden düşerek tabana doğru giderek azalma göstermiştir. Aralık ayında ise ilk 100 metrede homojen dağılım göstermiş ve altta sayıca biraz azalarak homojen dağılmıştır. Ocak ve Şubat aylarında ise 200 metrede görülen önemli artış haricinde ilk 175 metrede hücreler homojen bir şekilde su kolonunda dağılmıştır. Gerçekte fotosentetik aktif ışımının hemen hemen hiç olmadığı bu derinliklere bu hücreler ancak dikey karışımlar veya tabana olan partikül taşınımı sayesinde istemsiz olarak taşınmaktadır. Bu durum da belirgin olarak kış aylarında en alt derinliklerdeki sayıca fazla hücrelerle açıklanabilir. Mart ayında da aynı dağılım mevcut olup sadece 200 metre değerinde düşüş gerçekleşmiştir. Mayıs ve takip eden yaz aylarında ise yüzeyden tabana popülasyonda giderek azalma söz konusudur.

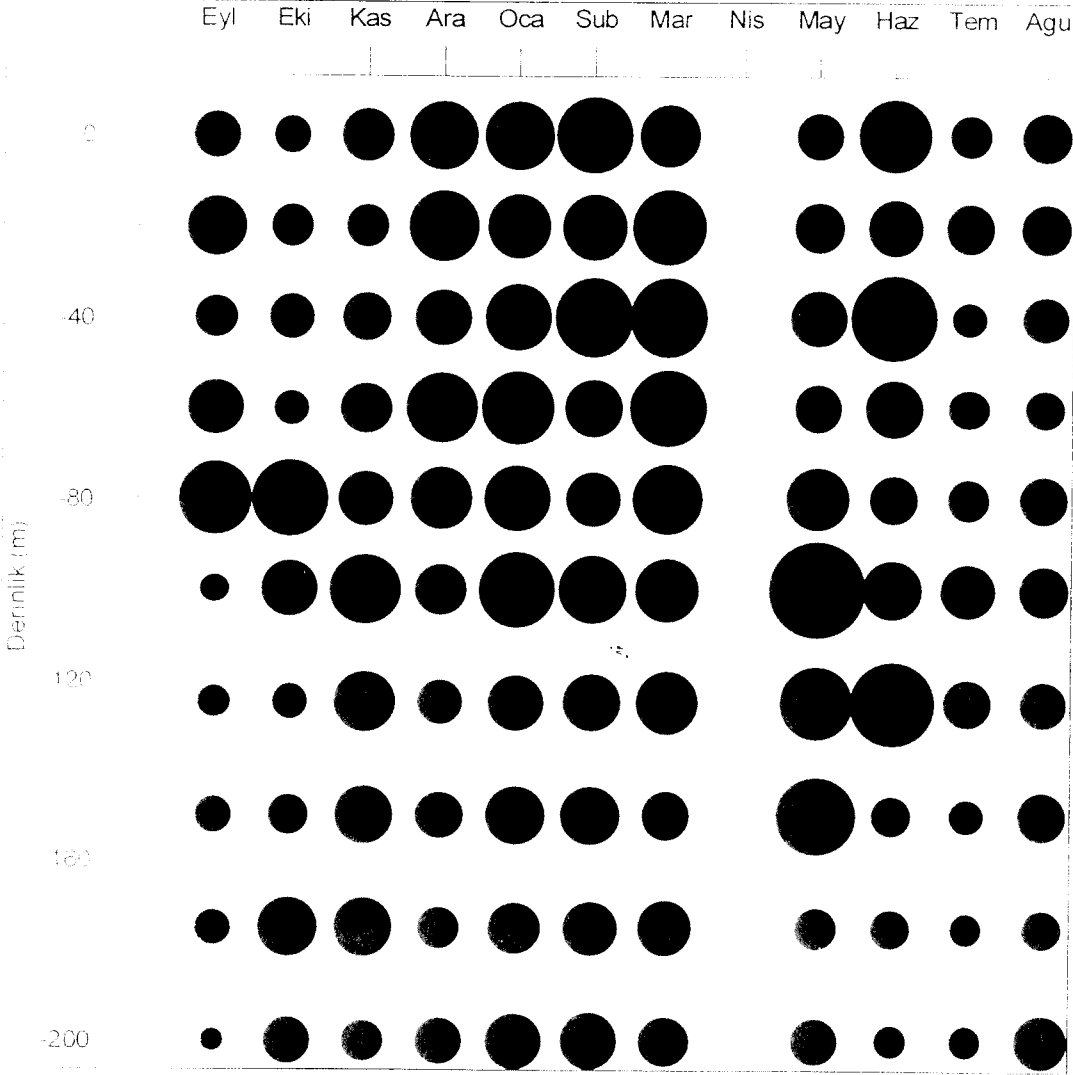


Şekil 29. Açık istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. hücre bolluğunda değişimler.

*Synechococcus* spp. ortalama hücre hacimleri ise derinlikle ve zaman içinde farklılıklar göstermiştir (Şekil 30). Genelde yüzey ve 100 m arası derinliklerde hücreler alt derinliklere oranla daha büyük olmuştur. Eylül ayında yüzeyde  $0.65 \mu\text{m}^3$ 'dan 100 metrede  $1.05 \mu\text{m}^3$ 'a çıkmış ve 200 metrede  $0.29 \mu\text{m}^3$  seviyesine kadar düşmüştür. Mevsimsel olarak bakıldığında kış dönemi ortalama hücre hacimleri daha yüksek bulunmuştur. Ocak ayında ilk yüz metre derinlikte hücre boy dağılımı homojen olmuş, alt derinliklerde ise boyca biraz daha küçük hücreler yer almıştır. Sonbahar döneminde orta derinliklerde en büyük hücrelere rastlanmıştır. En yüksek ve en düşük ortalama hacim değerlerine sırası ile Mayıs ayında 100 metrede ( $1.42 \mu\text{m}^3$ ) ve Eylül ayında 200 metrede ( $0.28 \mu\text{m}^3$ ) rastlanmıştır. Su kolonu ortalamaları göz önüne alındığında Temmuz ortasında hücre boyları en küçük ve Mart ayında en yüksek olmuştur.

*Synechococcus* spp. biyokütlesi açısından bakıldığında hücre sayıları ile uyumlu bir dağılım sözkonusudur (Şekil 31). Kış dönemi haricinde genelde yüzeyden tabana belirgin bir azalma sözkonusudur. Kış dönemi haricinde genelde 100 metrenin altı derinliklerde biyokütle değişim aralığı çok küçük kalmıştır. Kış döneminde populasyon su kolonunda homojen dağılmış olup 200 m derinlikte üst sulara oranla çok büyük artışlar

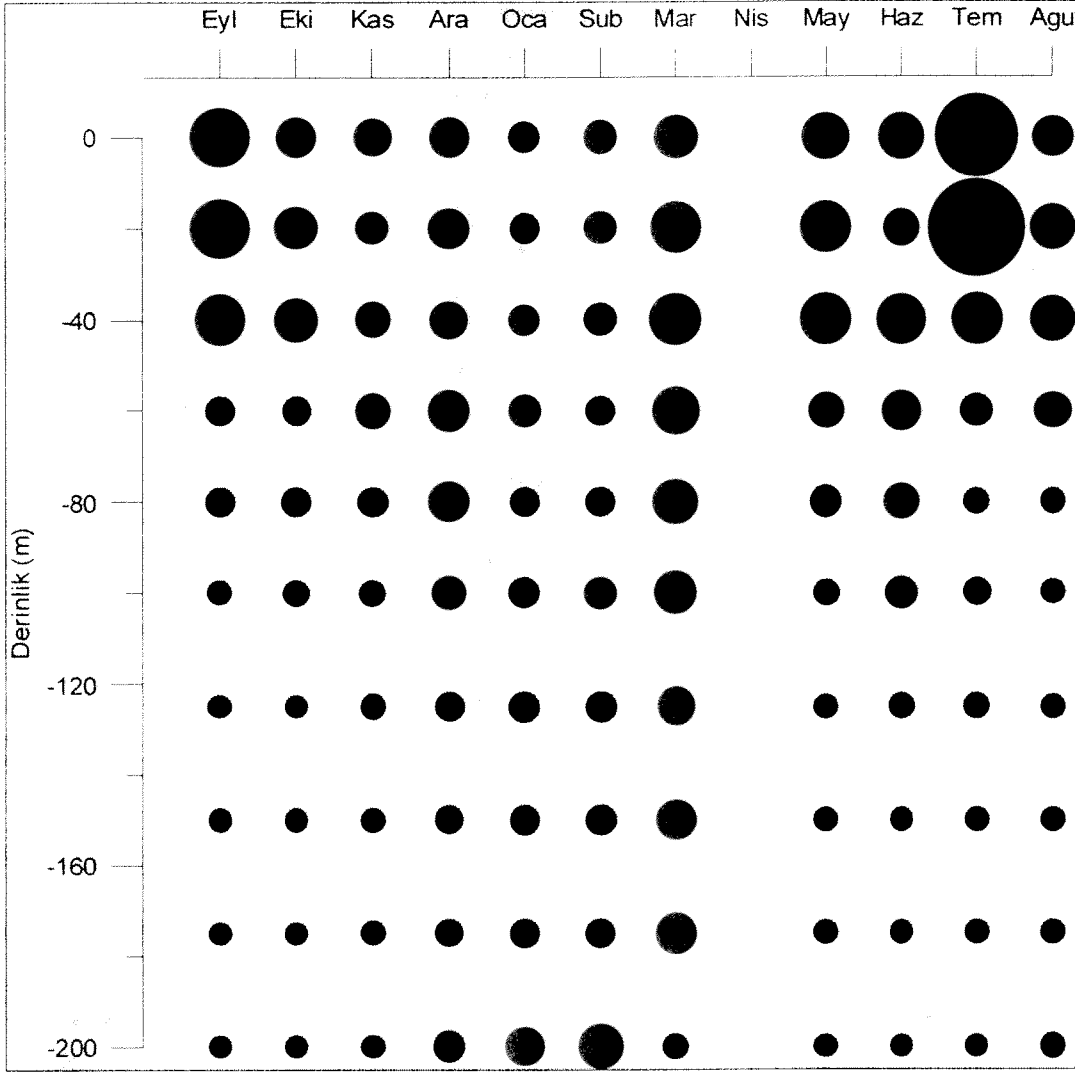
kaydedilmiştir. En yüksek biyokütle değerlerine Temmuz ayında 20 metrede ( $6.31 \mu\text{g C/l}$ ) rastlanmıştır. Toplam su kolonu değerleri göz önüne alındığında en yüksek biyokütle Mart ayında, en düşük biyokütle ise Kasım ayında elde edilmiştir.



Şekil 30. Açık istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. ortalama hücre hacminde değişimler.

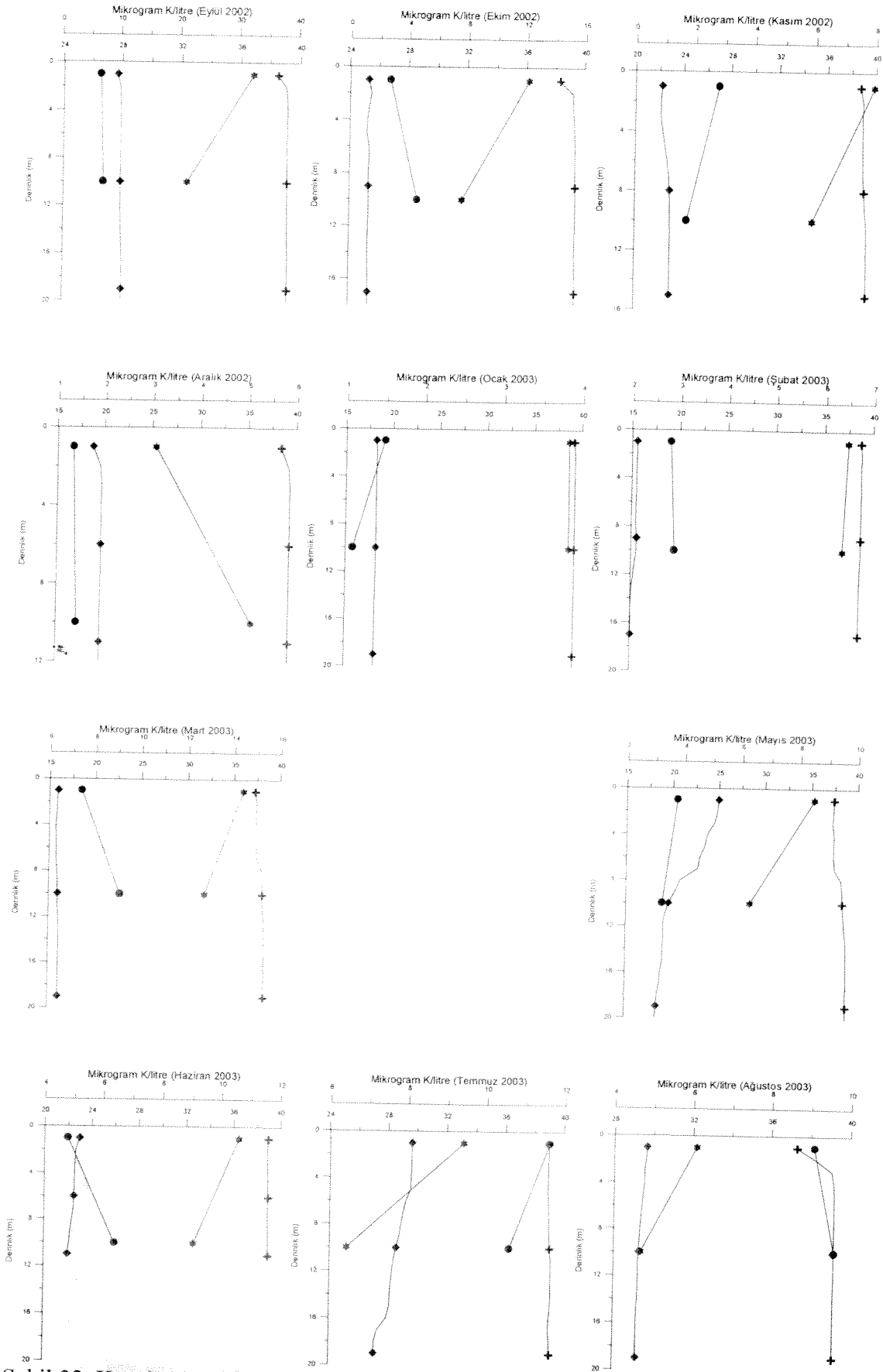
Heterotrofik bakteri ve cyanobakteri *Synechococcus* spp.'nin her istasyonda derinlikle karşılaştırmalı profilleri Şekil 32-34'de verilmektedir. Kıyı istasyonda Temmuz ve Ağustos ayları haricinde su kolonunda heterotrofik bakteri biyokütlesi cyanobakteri *Synechococcus* spp. biyokütlesini geçmiştir (Şekil 32). Eylül ayında heterotrofik bakteri biyokütlesi yüzeyde  $32.3 \mu\text{g C/l}$ 'den 10 metrede  $21.2 \mu\text{g C/l}$ 'ye düşerken *Synechococcus* spp. biyokütlesinde yüzeyde  $6.5 \mu\text{g C/l}$ 'den 10 metrede  $7.1 \mu\text{g C/l}$ 'ye hafif bir artış gözlenmiştir. Ekim ayında da aynı eğilim mevcut iken Kasım ayında her iki parametrede de derinlikle azalma olmuştur. Yıl içinde sadece Aralık ayında heterotrofik bakteri biyokütlesinde yüzeyden 10 metreye artış gözlenmiştir. Cyanobakteri için ise bu durum sözkonusu olmayıp yıl içinde derinlikle artış ve azalışlar gözlenmiştir. Ayrıca Ocak ve Şubat aylarında karışımından ötürü yüzey ve 10 metre arasındaki fark en düşük düzeyde kalmıştır.



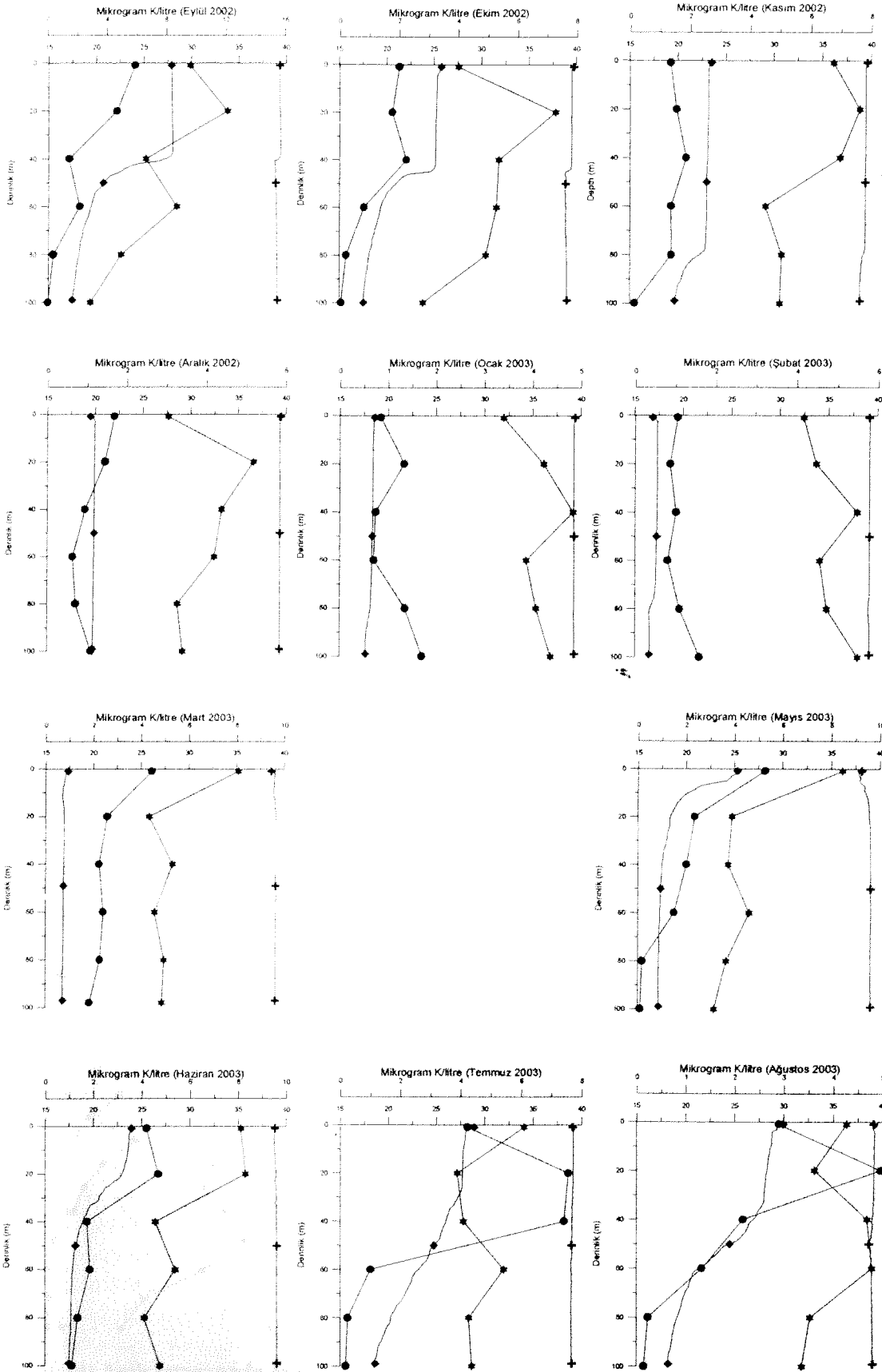


Şekil 31. Açık istasyonda aylara göre derinlikle *Synechococcus* spp. biyokütlesinde değişimler.

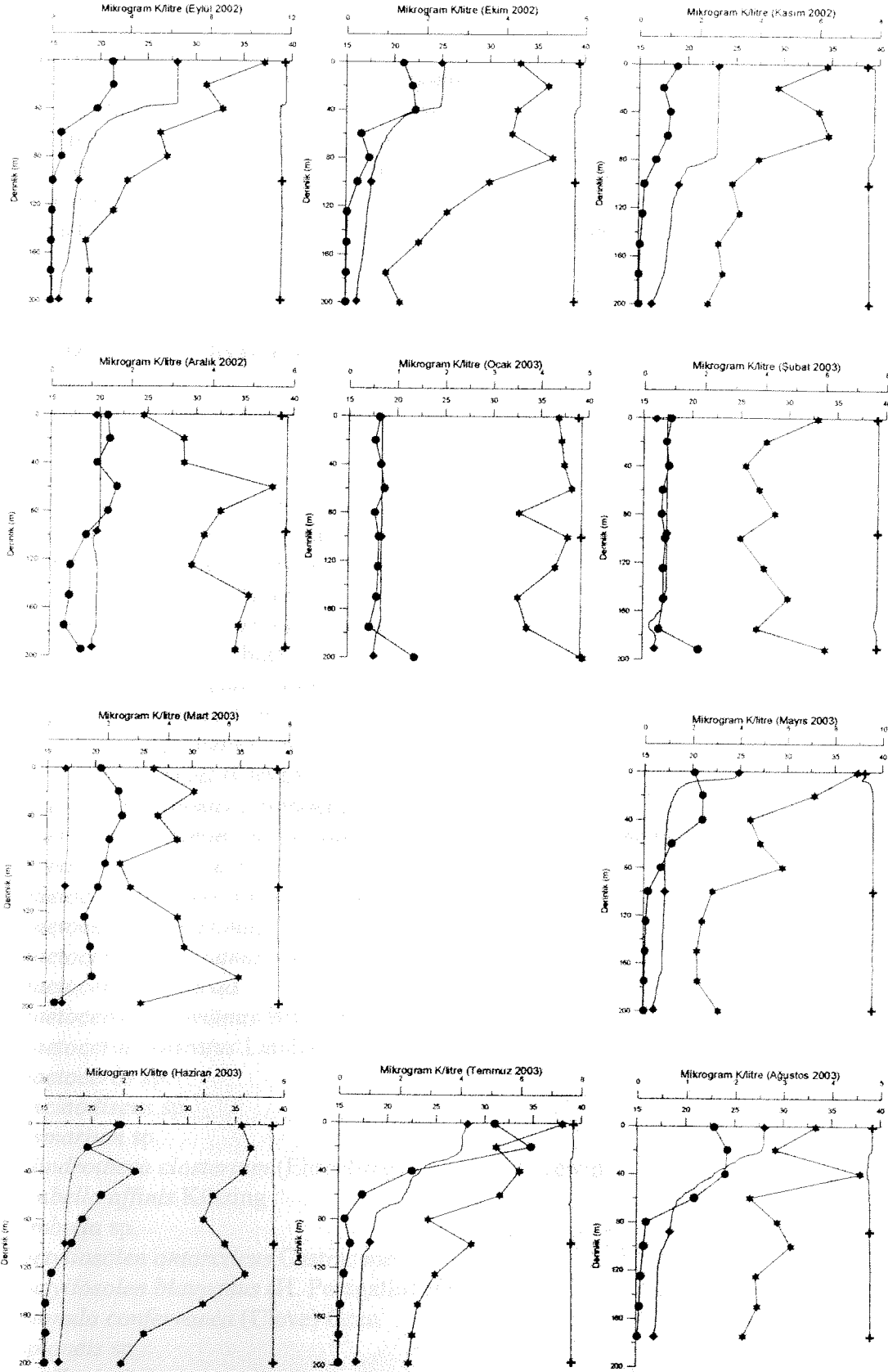
Kıyı istasyonunda görüldüğü şekilde, orta istasyonda da yılın büyük bir kısmında su kolonunda heterotrofik bakteri biyokütlesi cyanobakteri *Synechococcus* spp. biyokütlesini geçmiştir. Orta istasyonda Temmuz ayında 20-40 m ile Ağustos ayında 20 m derinliklerde *Synechococcus* spp. biyokütlesi heterotrofik bakteri biyokütlesini geçmiştir (Şekil 33). Sonbahar dönemi genelde derinlikle her iki parametrede azalış görülürken kış döneminde daha homojen ve derinlere doğru hafif bir artış sözkonusudur. Şubat-Haziran döneminde biyokütle profillerinde genelde simetrik durum görülmektedir. Genelde derinlikle cyanobakteri biyokütlesindeki değişimler heterotrofik bakteri biyokütlesindeki sapmalara oranla daha küçük olmuştur. Kış döneminde diğer mevsimlere oranla profiller arasındaki fark daha belirgin olmuştur. Eylül ayında ilk 40 metrelik yüzey karışım tabakasında her iki parametre de en yüksek değerlerinde olup, hemen termoklinde ani düşüş görülmektedir. Ara tabakanın altında ise her iki parametrede de tabana doğru düşüş gözlenmiştir. Ekim ve Kasım aylarında cyanobakteri biyokütlesi üst karışım tabakasında heterotrofik bakterilere oranla daha homojen bir dağılım göstermiştir. Kıyı ve orta istasyonlarda görüldüğü gibi açık istasyonda da yıl boyunca heterotrofik bakteri biyokütlesi cyanobakteri *Synechococcus* spp. biyokütlesini geçmiştir (Şekil 34).



Şekil 32. Kıyı istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve *Synechococcus* spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir).



Şekil 33. Orta istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve *Synechococcus* spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir).



Şekil 34. Açık istasyonda aylara göre derinlikle heterotrofik bakteri (★) ve *Synechococcus* spp. (●) biyokütlesinde değişimler (sıcaklık ◆, tuzluluk + ile gösterilmiştir).

### 3.3.3. Fitoplankton

Bu kısımda her üç istasyonda yıl boyunca aylık aralıklarla yüzeyden alınan örneklerde mevcut fitoplanktona ait nicel ve nitel sonuçlar verilmektedir. Ayrıca fitoplankton komünite yapısı çeşitli indeks analizleri ile irdelenmekte, belirleyici türler yanısıra çevresel parametrelerle ilişkiler verilmektedir. İstasyonlarda yıl boyunca rastlanan tüm fitoplankton türlerine ait tür listesi Tablo 5'te verilmiştir. Yıl boyunca toplam 71 adet Diyatom, 40 adet Dinoflagellat ve 21 adet Chrysophyta türü saptanmıştır.

Tablo 5. Proje kapsamında çalışılan istasyonlarda saptanan fitoplankton türleri.

#### **Bacillariophyta (Diyatomlar)**

- Achnanthes* sp.
- Asterionella japonica* Cleve & Möll
- Asteromphalus* sp.
- Bacillaria* sp.
- Bacteriastrum delicatulum* Cleve
- Bacteriastrum elegans* Pavillard
- Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey
- Chaetoceros affinis* Lauder
- Chaetoceros anastomosans* Grunow *in* Van Heurck
- Chaetoceros brevis* Schütt
- Chaetoceros curvicaetus* Cleve
- Chaetoceros danicus* Cleve
- Chaetoceros decipiens* Cleve
- Chaetoceros densus* (Cleve) Cleve
- Chaetoceros didymus* Ehrenberg
- Chaetoceros didymus* var. *protuberans* (Lauder) Gran & Yendo
- Chaetoceros diversus* Cleve
- Chaetoceros lauderi* Ralfs *in* Lauder
- Chaetoceros lorenzianus* Grunow
- Chaetoceros lorenzianus* var. *forceps*
- Chaetoceros neglectus*
- Chaetoceros peruvianus* Brightwell
- Chaetoceros rostratus* Lauder
- Chaetoceros* sp.
- Coscinodiscus* sp.
- Cosmarium* sp.
- Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin
- Cymbella affinis* Kützing
- Cymbella* sp.
- Dactyliosolen antarcticus* Castracane
- Dactyliosolen blavyanus* (H. Peragallo) Hasle
- Detonula confervacea* (Cleve) Gran
- Diploneis* sp.
- Fragilaria* sp.
- Guinardia flaccida* (Castracane) H. Peragallo
- Guinardia* sp.
- Gyrosigma* sp.
- Hemiaulus hauckii* Grunow *in* Van Heurck

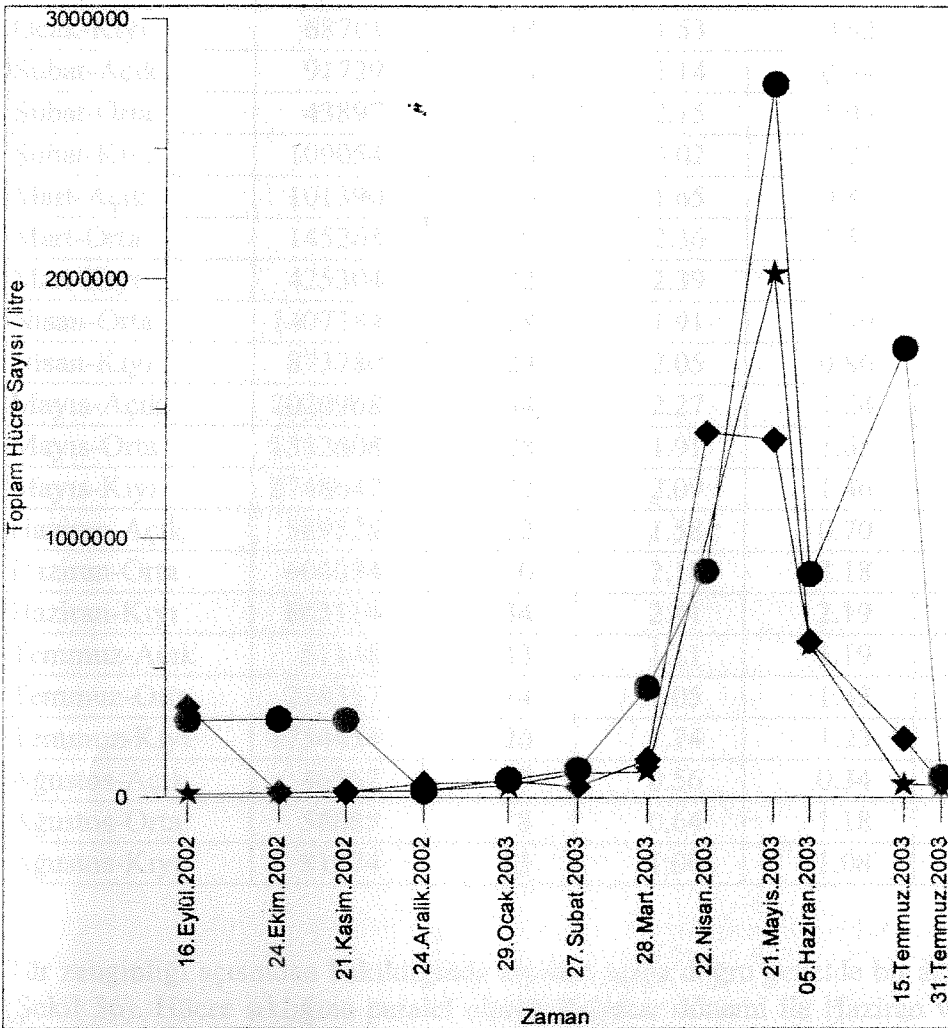
*Hemiaulus sinensis* Greville  
*Leptocylindrus danicus* Cleve  
*Leptocylindrus mediterraneus* (H. Peragallo) Hasle  
*Leptocylindrus minimus* Gran  
*Licmophora ehrenbergii* (Kützing) Grunow  
*Navicula* sp.  
*Nitzschia delicatissima* Cleve.  
*Nitzschia longissima* (Brebisson in Kützing) Ralfs in Pritchard  
*Nitzschia* sp.  
*Nitzschia tenuirostris* Mer.  
 Pennat diyatome (tanımlanamadı)  
*Pleurosigma angulatum* (Quekett) W. Smith  
*Pleurosigma directum* Grunow  
*Pleurosigma normanii* Ralfs in Pritchard  
*Pleurosigma* sp.  
*Proboscia alata* (Brightwell) Sundström  
*Proboscia alata* forma *gracillima* (Cleve) Gran  
*Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström  
*Pyrophacus* sp.  
*Rhizosolenia castracanei* H. Peragallo  
*Rhizosolenia delicatula* Cleve  
*Rhizosolenia fragilissima* Berg  
*Rhizosolenia imbricata* Brightwell  
*Rhizosolenia pungens* Cleve - Euler  
*Rhizosolenia setigera* Brightwell  
*Rhizosolenia stolterfothii* H. Peragallo  
*Rhizosolenia styliformis* Brightwell  
*Skeletonema costatum* (Greville) Cleve  
 Tanımlanamayan küçük diyatom  
*Surirella* sp.  
*Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg  
*Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky  
*Thalassiothrix mediterranea* Pavillard  
**Pyrophyta (Dinoflagellatlar)**  
*Ceratium candelabrum* var. *depressum* (Pouchet) Jörgensen  
*Ceratium extensum* (Gourret) Cleve  
*Ceratium furca* (Ehrenberg) Claperede & Lachmann  
*Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujard  
*Ceratium fusus* var. *fuscus* Sournia  
*Ceratium fusus* var. *seta* (Ehrenberg) Schiller  
*Ceratium horridum* (Cleve) Gran  
*Ceratium kofoidii* Jörgensen  
*Ceratium teres* Kofoid  
*Ceratium trichoceros* (Ehrenberg) Kofoid  
*Ceratium tripos* (O. F. Müller) Nitzsch  
*Ceratium tripos* var. *atlanticum* (Ostenfeld) Paulsen  
*Dinophysis parva* Schiller  
*Dinophysis rotundata* Claperede & Lachmann  
*Gonyaulax* sp.  
*Gymnodinium* sp.

*Gyrodinium fusiforme* Kofoid & Swezy  
*Gyrodinium* sp.  
*Heterocapsa niei* (Loeblich) Morrill & Loeblich III  
*Heterocapsa pygmaea* Loeblich III, Schmidt & Sherley  
*Heterocapsa* sp.  
*Kofoidinium veilleloides* Pavillard  
*Oxytoxum areolatum* Rampi  
*Oxytoxum caudatum* Schiller  
*Oxytoxum gladiolus* Stein  
*Oxytoxum ligusticum* Rampi  
*Oxytoxum longiceps* Schiller  
*Oxytoxum longum* Schiller  
*Oxytoxum scolopax* Stein  
*Oxytoxum* sp.  
*Oxytoxum variabilis* Schiller  
*Oxytoxum viride* Schiller  
*Peridinium ovum* (Schiller) Balech  
*Prorocentrum compressum* (Bailey) Abe  
*Prorocentrum micans* Ehrenberg  
*Proto-peridinium diabolus* (Cleve) Balech  
*Proto-peridinium longipes* Balech  
*Proto-peridinium mediterraneum* (Kofoid) Balech  
*Proto-peridinium pyriforme* (Paulsen) Balech  
*Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III

### **Chrysophyta**

*Anoplosolenia brasiliensis* (Lohmann) Deflandre  
*Calcioconus vitreus*  
*Calcioappus caudatus* Gaarder & Ramsfjell  
*Calciosolenia murrayi* Gran  
*Coronosphaera binodata* (Kamptner) Gaarder  
*Dictyocha fibula*  
*Dictyocha fibula* var. *longispina* Ehrenberg  
*Dictyocha* sp.  
*Dictyocha speculum* Ehrenberg  
*Emiliania huxleyi* (Lohmann) Hay & Mohler III  
*Helladosphaera richardii*  
*Michaelsarsia elegans* Gran emend. Manton, Bremer & Oates  
*Ophiaster hydroideus* (Lohmann) Lohmann  
*Palusphaera vandeli* Lecal, emend. Norris  
*Rhabdosphaera claviger* Murray & Blackman  
*Rhabdosphaera* sp.  
*Rhabdosphaera stylifera* Lohmann  
*Rhabdosphaera tignifer*  
*Scyphosphaera apsteinii* Lohmann  
*Syracosphaera pulchra* Lohmann  
*Syracosphaera* sp.

Çalışma alanında fitoplankton bolluğunda aylık değişimler ve istasyonlar arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Genelde fitoplankton nicel açıdan besin tuzlarınca fakir açık istasyondan besin tuzlarının bolca bulunduğu kıyı istasyonuna doğru önemli bir artış göstermektedir. İlkbahar dönemi ve yaz başlangıcında fitoplankton her üç istasyonda da yoğun olarak bulunmuştur (Şekil 35). Hücre sıklığı Mayıs ayında kıyı istasyonda  $2.75 \times 10^6$  hücre/l ile en üst düzeyine ulaşmıştır (Tablo 6). Kıyıda en düşük değer ( $2.5 \times 10^4$  hücre/l) Aralık ayında bulunmuştur. Sonbahar dönemi kıyı istasyonunda hücre sayımları sabit olmuş, Aralık ayında en alt seviyelerden Mayıs ayına doğru düzenli artarak en yüksek düzeyine ulaşmıştır. Aynı durum kısmen orta istasyon için de geçerli olup, Ekim-Mayıs arası süreçte popülasyonda bir artış gözlenmiştir. Mayıs ayından sonra her üç istasyonda da Hazirana doğru sayıca düşüş ve bunu takiben Temmuz ortası kıyı istasyonu hücre sayımı haricinde tamamı Temmuz sonuna doğru düzenli bir azalış göstermiştir. İstasyonlar arasında en az hücre sayısına ise ( $1.23 \times 10^4$  hücre/l) Eylül ayında açık istasyonda rastlanmıştır. Hücre sıklığı açısından en düşük ve en yüksek sayılar arasındaki oran 222'dir. Kıyı açık arasındaki sayıca en büyük farklılık Temmuz ortasında görülmektedir. Bahar dönemi ve yaz başlangıcı haricinde orta ve açık istasyonlarda önemli bir artış gözlenmemektedir. Sonbahar dönemi kıyı istasyonu hücre zenginliği orta ve açık istasyona oranla yüksek olmuştur. Kış ayları ise her üç istasyon için fitoplanktonca fakir bir dönemi oluşturmuştur.



Şekil 35. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında fitoplankton bolluğunda aylık değişimler.

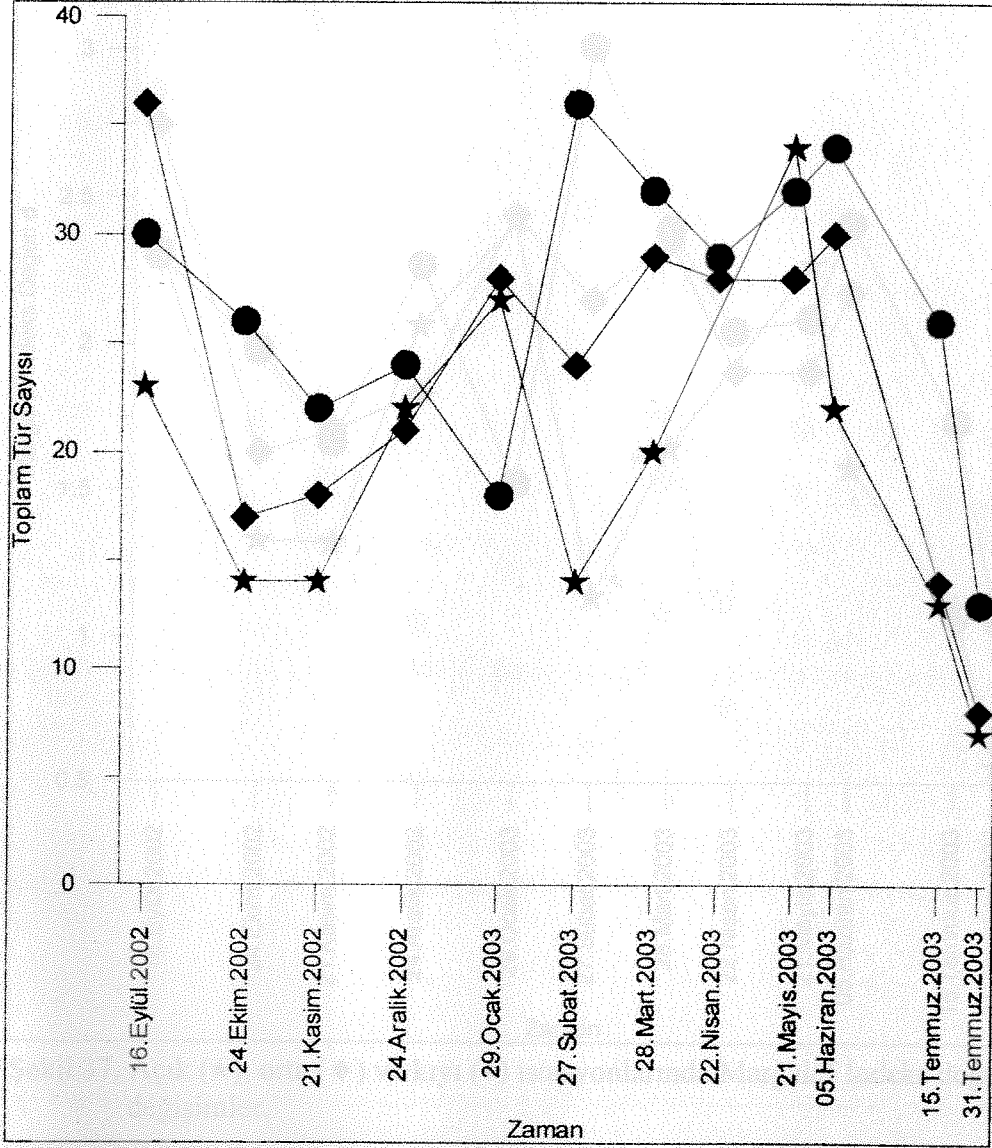


Tablo 6. İstasyonlarda aylık aralıklarla elde edilen tür çeşitlilik indisleri sonuçları.

Ay/İstasyon	Toplam Hücre #	Toplam Tür #	Richness d	Shannon H'	Evenness J'
Eylül-Açık	12366	23	2.34	2.33	0.74
Eylül-Orta	348188	36	2.74	2.61	0.73
Eylül-Kıyı	296888	30	2.30	2.09	0.62
Ekim-Açık	17871	14	1.33	1.20	0.46
Ekim-Orta	18321	17	1.63	1.48	0.52
Ekim-Kıyı	300685	26	1.98	1.45	0.45
Kasım-Açık	19218	14	1.32	1.30	0.49
Kasım-Orta	21730	18	1.70	0.82	0.29
Kasım-Kıyı	297920	22	1.67	1.05	0.34
Aralık-Açık	26178	22	2.06	0.63	0.20
Aralık-Orta	53684	21	1.84	0.23	0.08
Aralık-Kıyı	25018	24	2.27	0.78	0.25
Ocak-Açık	46642	27	2.42	0.99	0.30
Ocak-Orta	63769	28	2.44	0.97	0.29
Ocak-Kıyı	68701	18	1.53	0.62	0.21
Şubat-Açık	91729	14	1.14	0.34	0.13
Şubat-Orta	43897	24	2.15	1.03	0.32
Şubat-Kıyı	109054	36	3.02	2.21	0.62
Mart-Açık	101390	20	1.65	0.81	0.27
Mart-Orta	145268	29	2.36	1.51	0.45
Mart-Kıyı	425304	32	2.39	1.29	0.37
Nisan-Orta	1407184	28	1.91	0.49	0.15
Nisan-Kıyı	873780	29	2.05	0.86	0.26
Mayıs-Açık	2020968	34	2.27	1.24	0.35
Mayıs-Orta	1382608	28	1.91	1.65	0.50
Mayıs-Kıyı	2748647	32	2.09	1.46	0.42
Haziran-Açık	589528	22	1.58	0.70	0.23
Haziran-Orta	604034	30	2.18	2.18	0.64
Haziran-Kıyı	863114	34	2.41	2.19	0.62
Temmuz-Açık	51148	13	1.11	1.19	0.47
Temmuz-Orta	228357	14	1.05	1.43	0.54
Temmuz-Kıyı	1734454	26	1.74	1.23	0.38
Ağustos-Açık	46867	7	0.56	0.34	0.18
Ağustos-Orta	58085	8	0.64	1.18	0.57
Ağustos-Kıyı	81974	13	1.06	1.08	0.42

Tür zenginliği açısından bakıldığında kıyıda açık doğru genelde bir azalış sözkonusudur (Şekil 36). Hücre sıklığına paralel olarak ilkbahar dönemi ile Haziran ve Eylül aylarında tür çeşitliliği yüksek olmuştur. En yüksek değere 36 tür ile Eylül (orta istasyon) ve Şubat (kıyı istasyon) aylarında rastlanmıştır. Fitoplanktonun her üç istasyonda da en yoğun

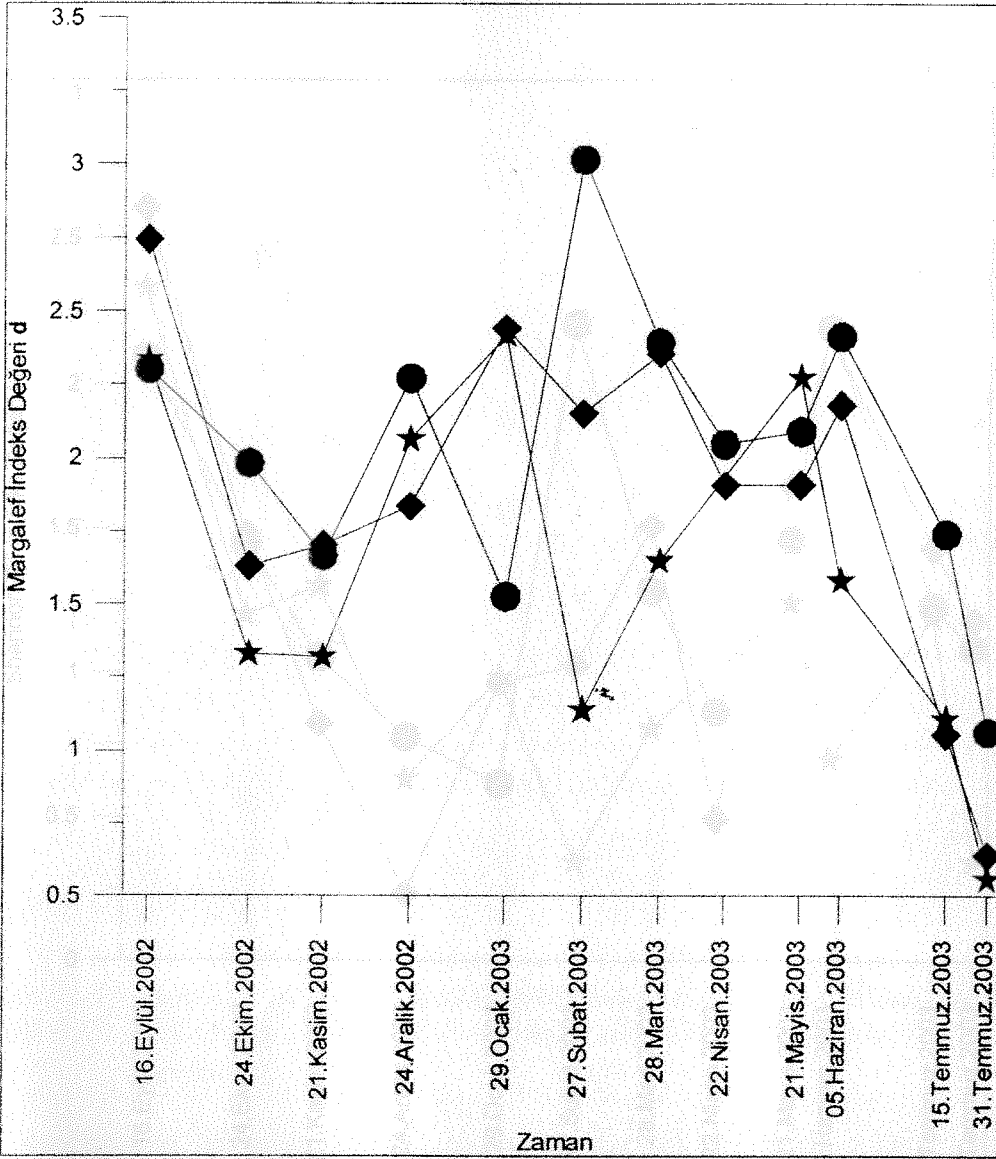
oldukları Mayıs ayında gözlenen tür sayısı da yüksek ve birbirine yakın olmuştur. Yıl boyunca sadece bu ayda açık istasyonu tür sayısı diğer orta ve kıyı istasyonlarda mevcut tür sayılarını geçmiştir. Eylül ve Ocak aylarında ise orta istasyon tür sayısı diğer iki istasyonu geçmiştir. Yıl içinde sadece Ocak ayında kıyı istasyonunda saptanan tür sayısı orta ve açık istasyonlardan daha düşük olmuştur. Temmuz sonu her üç istasyonda da çok az sayıda tür saptanmıştır.



Şekil 36. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında fitoplankton tür sayısında aylık değişimler.

Fitoplankton komünite yapısını daha iyi açıklayabilmek için tür zenginliği indekslerinden Margalef ( $d$ ) ve Shannon-Wiener ( $H'$ ) indeksleri ile türlerin oransal temsilleri üzerine Pielou'nun Evenness indeks ( $J'$ ) analizleri yapılmıştır. Margalef indeks değerleri en yüksek 3 (Şubat ayı kıyı istasyonunda) ve en düşük 0.5 (Temmuz sonu açık istasyonda) arasında değişim göstermiştir ve doğal olarak türce zenginliğe paralel olarak artış göstermektedir (Şekil 37). İstasyonlar arasında fitoplankton yoğunluğu ve tür sayısında gözlenen belirgin farklılıklar indeks değerlerinde de mevcuttur. Şubat ayında istasyonlar arasında kıyıda açığa büyük fark ve azalış görülmüştür. Genelde kıyı istasyonu indeks değerleri daha

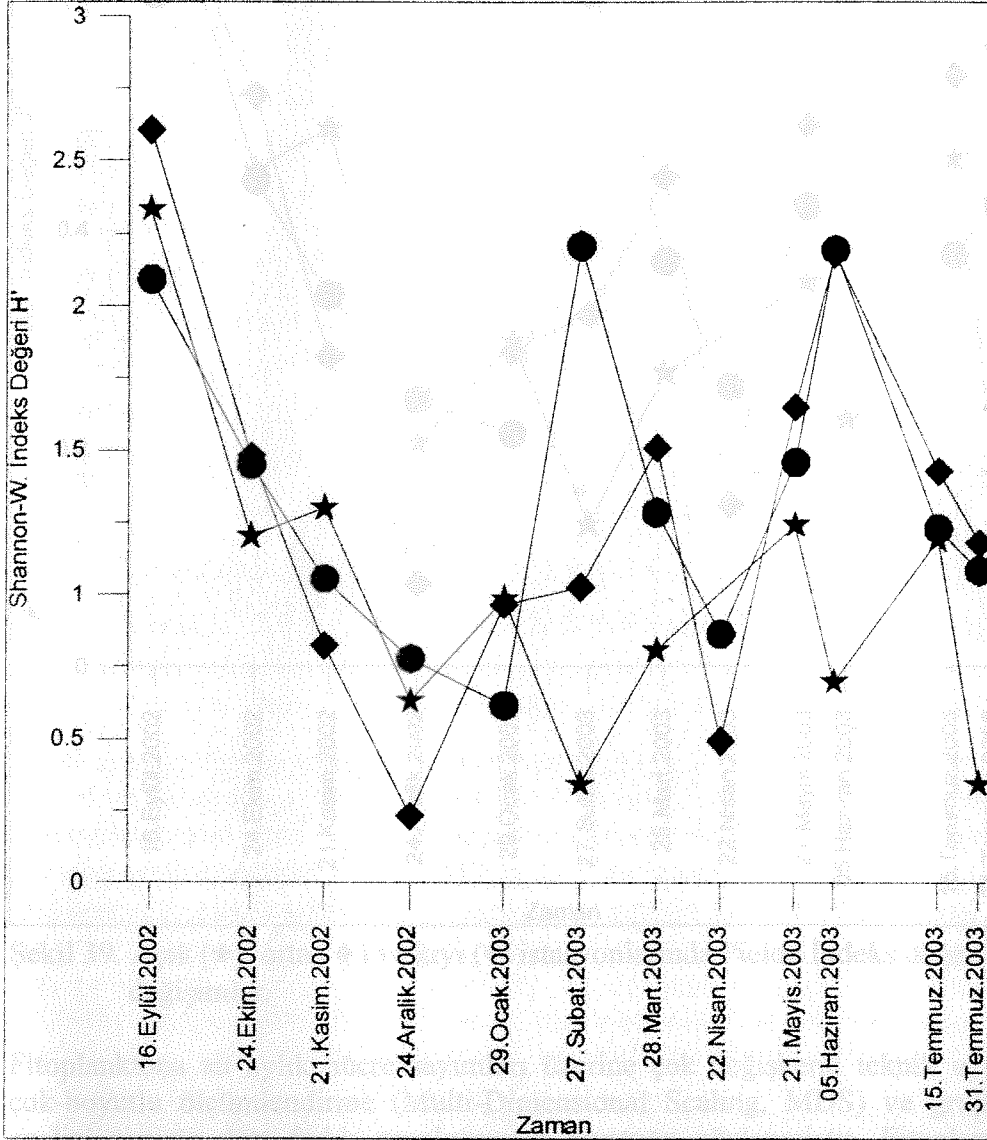
yüksek çıkmıştır. Eylül, Kasım ve Ocak döneminde orta istasyon değerleri diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Yıl boyunca sadece Mayıs ayında açık istasyonu değeri diğer iki istasyonu geçmiştir.



Şekil 37. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Margalef İndeks değerindeki aylık değişimler.

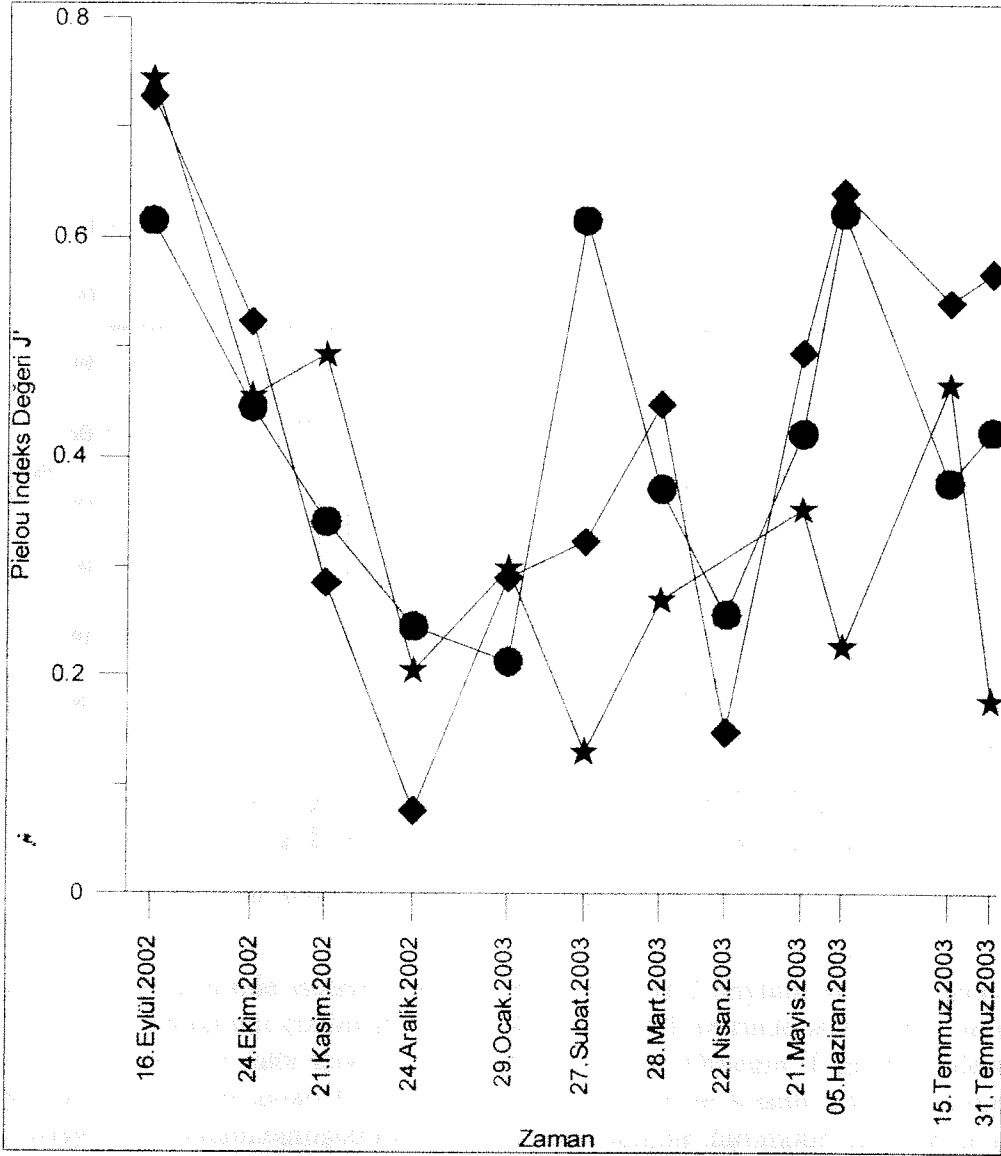
Bunun bir adım ilerisi ise türlerin katılım paylarını da göz önüne alan Shannon-Wiener ( $H'$ ) tür çeşitlilik indeksidir. Burada tür sayısı kadar türlerin birbirleri arasında oransal katılım payları da gözönüne alınır. Türçe zengin ve türler arasında nicelik açısından eşit paylaşımın olduğu durumlarda indeks değeri yüksek çıkar.  $H'$  değeri en yüksek 2.6 ile Eylül ayında orta istasyonda, en düşük 0.2 ile Aralık ayında yine aynı istasyonda olmuştur (Şekil 38). Eylül ayından Aralık ayına her üç istasyonda da  $H'$  değerleri düzenli azalmıştır ve bu durum belli türlerin zaman sürecinde giderek baskın olduğunu gösterir. Ocak ayında kıyı istasyonunda kokkolit türü *Emiliana huxleyi* türünün baskın olması (toplam hücre sayısının %98'ini oluşturmakta) nedeni ile en düşük değer elde edilmiştir. Aynı şekilde bu türün açık istasyonda da Şubat ve Temmuz sonunda mevcut komünite içinde baskın olması nedeni ile değerler çok düşük olmuştur. Bu tür genelde yılın büyük bir diliminde, Ekim-

Mart dönemi arası ve Temmuz sonunda çalışılan bölge sularında yoğun olarak saptanmıştır. Genelde bu tür oligotrofik Akdeniz sistemi içinde boyca küçük olması ve besin tuzlarınca fakir açık sularında dahi bolca bulunması nedeni ile komünite içinde sayıca en büyük katkısı yapmaktadır.



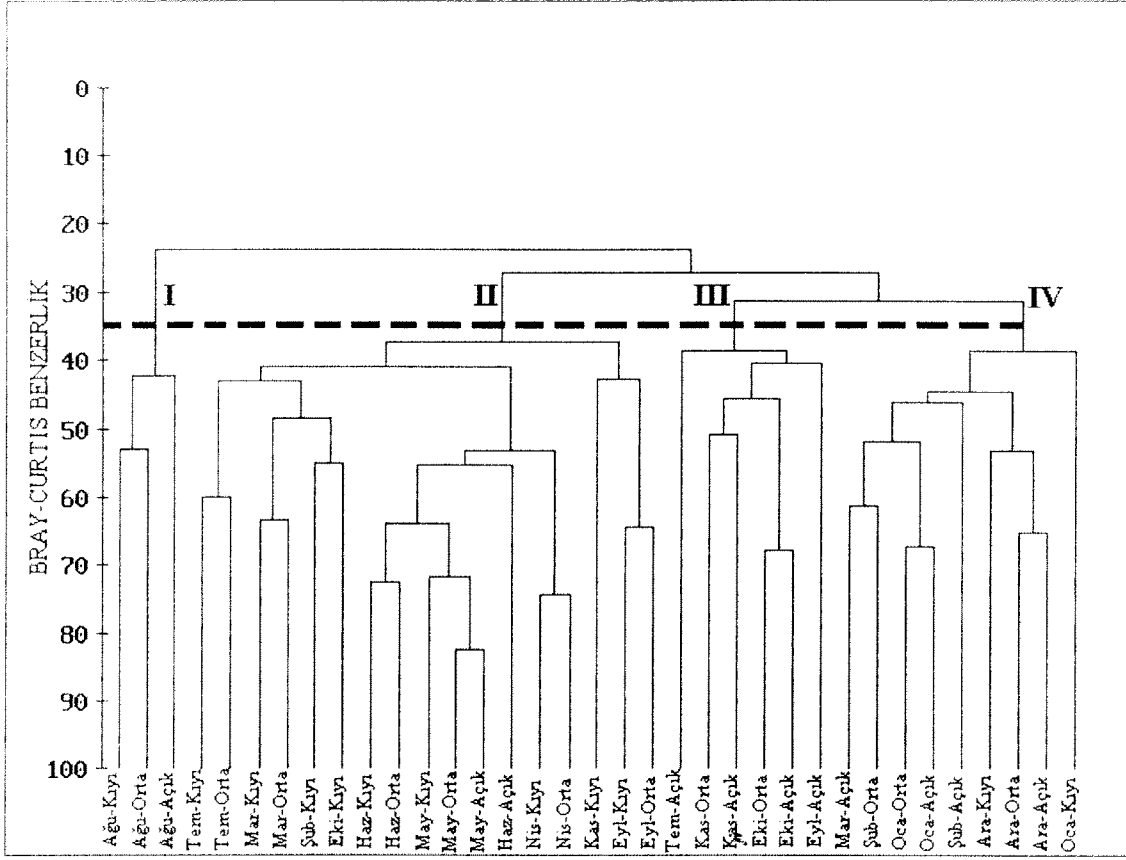
Şekil 38. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Shannon-Wiener İndeks değerindeki aylık değişimler.

Komünite içinde baskın türlerin varlığı en iyi Pielou'nun düzenlilik (Evenness) indeksi  $J'$  ile açıklanabilir. Komünite içinde az sayıda baskın türlerin varlığı indeks değerini önemli oranda düşürmektedir. Bu açıdan bakıldığında en homojen komüniteye Eylül ayında açık istasyonda ( $J' = 0.7$ ) ve en düzensiz komüniteye Aralık ayında orta istasyonda ( $J' = 0.07$ ) rastlanmıştır (Şekil 39). Aralık ayında orta istasyonda saptanan 24 türe ait toplam hücre sayısının sadece %96.8'ini kokkolit *Emiliania huxleyi* türü oluşturmuştur. Bu tür aynı zamanda Şubat ve Ağustos aylarında mevcut toplam hücre sayılarının yaklaşık %94'ünü oluşturması nedeniyle indeks değerleri bu dönemlerde de çok düşük olmuştur. Her üç istasyonda da komünite içinde dağılım Eylül'den Aralık ayına doğru giderek düzensizleşmiştir. Bu süreçten sonra iniş ve çıkışlar dar zamanlar içinde gerçekleşmiştir.



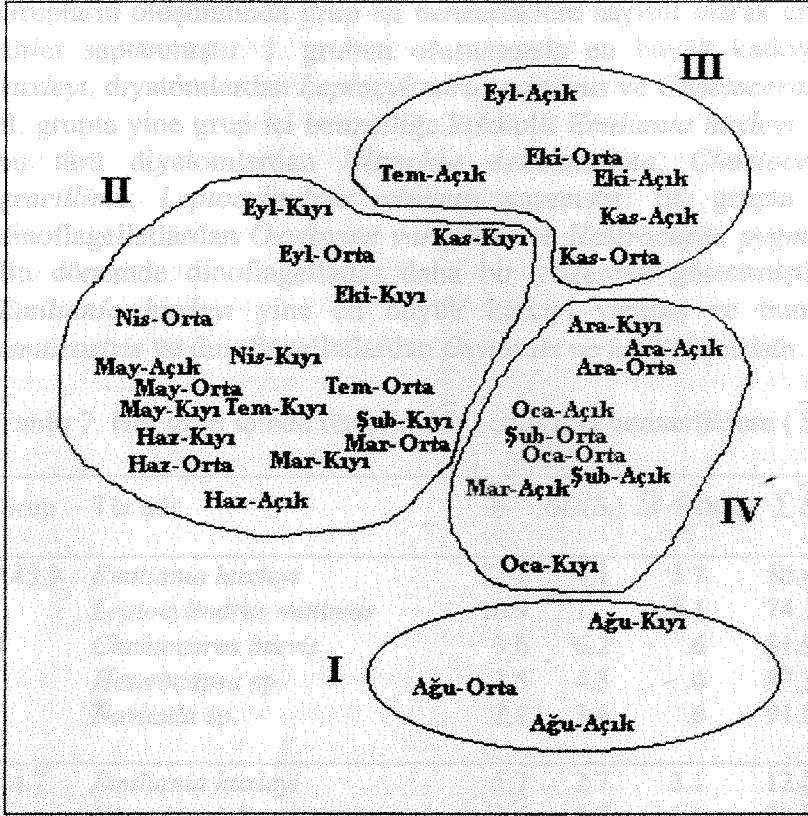
Şekil 39. Açık (★), orta (◆) ve kıyı (●) istasyonlarında Pielou İndeks değerindeki aylık değişimler.

Fitoplanktona ait aylık hücre sayımları üzerine çok değişkenli teknik uygulamalarından çok-boyutlu ölçümlendirme (Multi-Dimensional Scaling, MDS) ve gruplama (Cluster) analizi sonucu dört farklı gruplaşmanın olduğu gözlenmiştir. Fitoplankton türlerinin bolluklarından hesaplanan istasyonlar arası Bray-Curtis benzerliklerinden oluşturulan dendrogram Şekil 40'ta verilmektedir. %35 benzerlik değeri baz alındığında 4 farklı grubun olduğu görülür. I. grup bütünü ile Temmuz sonu (Ağustos ayını temsilen yapılan sefer) fitoplankton populasyonunu temsil etmektedir. II. grup en büyük grubu oluşturmakta ve daha geniş bir zaman sürecini kapsamaktadır. III. grup her ne kadar Temmuz ayı açık istasyonu da içermekte ise de asıl olarak sonbahar dönemi orta ve açık istasyonları temsil etmektedir. IV. grup ise hemen hemen bütünü ile kış fitoplanktonunu temsil etmektedir. En yüksek benzerlik Mayıs ayı orta ve açık istasyonları arasında olmuştur. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında istasyonlar arası benzerlikler diğer aylara oranla yüksek bulunmuştur. Ağustos ayında ise her üç istasyon arasındaki benzerlik çok düşük olmuştur. Temmuz ayında açık istasyondaki fitoplankton kompozisyonu aynı andaki orta ve kıyı istasyonlardaki kompozisyondan çok daha farklı olmuştur.

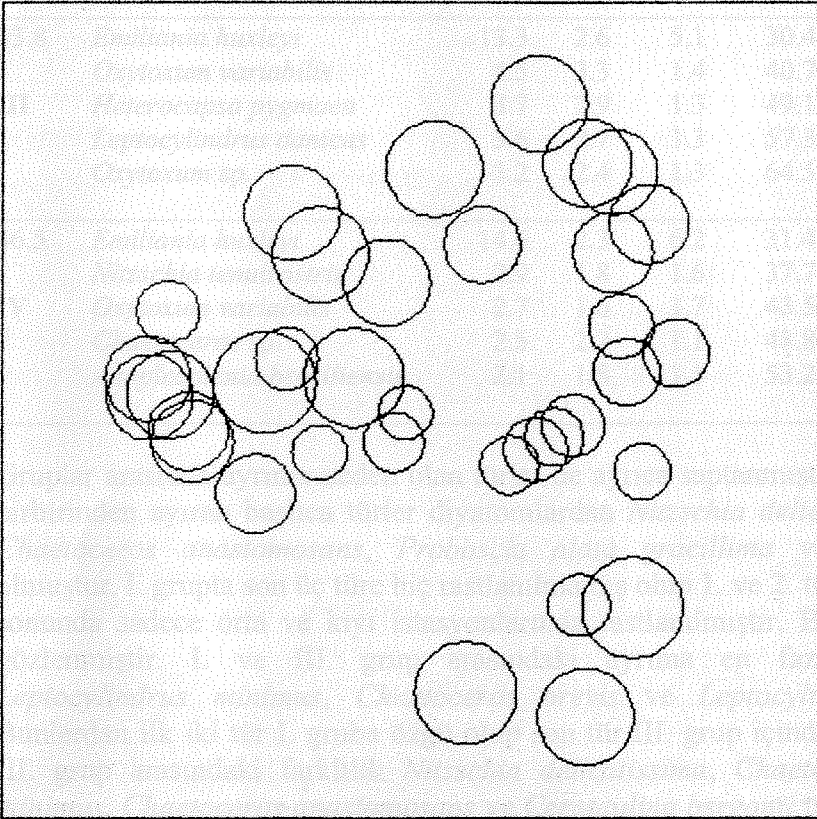


Şekil 40. İstasyonlar arası benzerlik dendogramı.

Dendogram üzerinde istasyonlar arası benzerlikleri 2 boyutlu ve daha detaylı görebilmek için MDS diyagramı çizilmiştir (Şekil 41). Bu şekil üzerinde istasyonlar arası benzerlikler dendograma göre daha açıklayıcı ve net olmaktadır. Örneğin II. grup içinde sağ üst köşede yer alan sonbahar ayları (Eylül-kıyı ve orta, Ekim ve Kasım kıyı) III. gruba daha yakın pozisyonda konumlanmışlardır ve bu da beklenen bir durumdur. II. grubun alt sol köşesini ise genelde bahar ve yaz ayları fitoplanktonu oluşturmaktadır. Yine aynı şekilde Şubat ayı kıyı ve Mart ayı kıyı ve orta istasyonları her ne kadar II. grup içinde yer almış olsalar da MDS diyagramında IV. gruptaki kış aylarına olan yakınlığı daha net olarak görülmektedir. Bu tarz bir gruplaşmanın nedenlerine bakıldığında birinci derecede deniz yüzey suyu sıcaklığına bağlı bir gruplaşma olduğu söylenebilir. Şekil 41 üzerinde istasyonların mevkilerine yüzey suyu sıcaklık izdüşümlerini yerleştirdiğimizde her iki şekil arasında önemli bir ilişkinin varlığını görürüz (Şekil 42). Burada verilen orantılı daire çapları o döneme ve istasyona ait deniz yüzey suyu sıcaklığına eşdeğerdir. Şekil üzerinde en küçük daire Şubat ayı kıyı istasyonu yüzey suyu sıcaklığı olan 15.55 °C'ye, en büyük daire ise Temmuz sonu (raporda Ağustos olarak anılmakta) orta istasyon yüzey suyu sıcaklığı olan 29.94 °C'ye karşılık gelmektedir. I. grup en sıcak Temmuz sonu dönemi, IV. grup ise en soğuk kış dönemini temsil etmektedir. İlginç bir diğer durum ise en soğuk kış dönemi ile en sıcak yaz sonu dönemlerinin fitoplankton kompozisyonları açısından birbirlerine olan yakın konumlanmasıdır. Genelde kıyı istasyonu fitoplankton dinamikleri orta ve açık istasyon dinamiklerinden farklı olmaktadır. Yılın bazı aylarında orta ve açık istasyon fitoplankton kompozisyonu birbirlerine yakın (Ekim, Kasım, Ocak ayları), bazı aylarda ise kıyı ve orta istasyon fitoplankton kompozisyonları birbirlerine daha yakın (Eylül, Mart, Haziran ayları), olmaktadır. Mayıs ve Aralık aylarında ise her üç istasyon da fitoplankton kompozisyonu açısından birbirlerine çok yakın olmuşlardır.



Şekil 41. Çok-boyutlu Ölçümlendirme (MDS) diyagramı.



Şekil 42. İstasyonlar arası yüzey suyu sıcaklık diyagramı.

Grupların oluşumunda grup içi benzerliklere sayısal olarak en fazla katkıyı yapan baskın türler saptanmıştır. I. grubun oluşumunda en büyük katkıyı kokkolitlerden *Emiliana huxleyi*, diyatomlardan *Leptocylindrus minimus* ve *Chaetoceros brevis* yapmıştır (Tablo 7). II. grupta yine grup içi benzerliğe kokkolit *Emiliana huxleyi* en büyük katkıyı yapmış ve bu türü diyatomlardan *Nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Proboscia alata gracillima*, *Leptocylindrus minimus* yapmıştır. III. grupta *Emiliana huxleyi* takiben dinoflagellatlardan *Oxytoxum variabilis* ve *Heterocapsa pygmaea* önemli katkı yapmıştır. Bu dönemde dinoflagellatlar daha bir yoğunluk göstermiştir. IV. grupta ise kokkolit *Emiliana huxleyi* yine en büyük katkıyı yapmış ve bunu diyatomlardan *Nitzschia tenuirostris* ve dinoflagellatlardan *Oxytoxum variabilis* izlemiştir.

Tablo 7. Her grup içinde türlerin ( $\bar{S}_i$ ) ortalama benzerliklere ( $\bar{S}$ ) katkısı.

Grup	Tür adı	$\bar{S}_i$	SD( $S_i$ )	$\bar{S}_i / SD(S_i)$	$\Sigma \bar{S}_i$ %
*45.9 I	<i>Emiliana huxleyi</i>	23.1	4.1	5.7	50.4
	<i>Leptocylindrus minimus</i>	10.9	1.3	8.1	74.1
	<i>Chaetoceros brevis</i>	3.6	6.2	.6	81.9
	<i>Heterocapsa</i> sp.	2.5	4.3	.6	87.3
	<i>Navicula</i> sp.	2.1	3.6	.6	91.8
44.7 II	<i>Emiliana huxleyi</i>	5.7	2.7	2.1	12.8
	<i>Nitzschia delicatissima</i>	3.6	2.7	1.6	20.8
	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.6	2.9	1.2	28.8
	<i>Proboscia alata gracillima</i>	2.7	.9	2.8	34.7
	<i>Leptocylindrus minimus</i>	2.5	2.5	1.0	40.4
43.8 III	<i>Emiliana huxleyi</i>	13.3	2.6	5.1	30.4
	<i>Oxytoxum variabilis</i>	4.5	3.3	1.4	40.7
	<i>Heterocapsa pygmaea</i>	3.7	2.9	1.3	49.1
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.6	2.7	1.3	57.3
	<i>Oxytoxum</i> sp.	3.2	2.4	1.3	64.5
46.5 IV	<i>Emiliana huxleyi</i>	14.6	2.3	6.2	31.4
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	2.9	1.8	1.6	37.7
	<i>Oxytoxum variabilis</i>	2.7	1.6	1.7	43.5
	<i>Chaetoceros</i> sp.	2.5	2.2	1.1	48.8
	<i>Anoplosolenia brasiliensis</i>	2.1	1.8	1.1	53.2

Gruplar arasında ayırma neden olan türler de ayrıca saptanmıştır (Tablo 8). I. ve II. grubu birbirinden ayıran başlıca türler diyatomlardan *Nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Chaetoceros anastomosans*, *Proboscia alata gracillima* ve *Leptocylindrus danicus* olmuştur. I. grupta son üç türe hiç rastlanılmamış olup 1. ve 2. türlere ise sırası ile Temmuz sonunda sadece orta ve kıyı istasyonlarında rastlanılmıştır. Bu türlerin hepsi II. grupta gözlenmiştir. I. ve III. grup arasındaki ayırma en fazla katkıyı diyatomlardan *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros brevis* ve *Leptocylindrus danicus* yapmıştır. Bunlardan ilk iki tür I. gruba özgü olup son tür III. grup içinde sıkça rastlanmıştır. II. ve III. grup arasındaki farklılık *Nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros* sp., *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros anastomosans* ve *Cerataulina bergonii* türlerinin bütünü ile II. grup içinde yaygın ve bolca bulunmasından ileri gelmektedir. En sıcak ve en soğuk dönemleri



temsil eden I ve IV. gruplar arasındaki farklılaşım *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros brevis*, *Chaetoceros* sp., *Heterocapsa* sp. ve *Nitzschia delicatissima* türlerinden kaynaklanmaktadır. Bu türlerden *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros brevis* ve *Heterocapsa* sp.'nin bütünü ile I. gruba ait olup diğer iki tür her iki grupta fakat daha sık olarak IV. grupta gözlenmiştir. II. ve IV. gruplar arasında farklılık bütünü ile *Nitzschia delicatissima*, *Leptocylindrus minimus*, *Chaetoceros anastomosans* ve *Proboscia alata gracillima* türlerinin yoğun olarak II. grupta yer almasından kaynaklanmaktadır. *Chaetoceros* sp., ise her iki grupta da sıkça gözlenmiştir. Son olarak III. ve IV. gruplar arasında farklılığa kokkolitlerden *Emiliana huxleyi*, diyatomlardan *Nitzschia tenuirostris*, *Leptocylindrus danicus* ve dinoflagellatlardan *Heterocapsa pygmaea* ve *Oxytoxum* sp. önemli katkı yapmışlardır. *Emiliana huxleyi* her iki grupta da sıkça gözlenmiştir.

Tablo 8. Gruplar arasında türlerin ( $\bar{\delta}_i$ ) toplam ortalama benzememeziğe katkıları.

Grup	Tür adı	$\bar{\delta}_i$	SD( $\delta_i$ )	$\bar{\delta}_i/SD(\delta_i)$	$\Sigma \bar{\delta}_i$ %
*77.9	<i>Nitzschia delicatissima</i>	4.0	2.9	1.4	5.1
	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.7	2.8	1.3	9.9
I&II	<i>Chaetoceros anastomosans</i>	3.3	4.1	.8	14.2
	<i>Proboscia alata gracillima</i>	3.0	1.2	2.5	17.9
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	2.8	1.7	1.6	21.6
77.0	<i>Leptocylindrus minimus</i>	5.6	1.8	3.2	7.3
	<i>Chaetoceros brevis</i>	3.8	2.8	1.4	12.1
III&I	<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.3	2.1	1.5	16.4
	<i>Oxytoxum variabilis</i>	3.1	1.5	2.0	20.5
	<i>Heterocapsa</i> sp.	2.8	2.2	1.3	24.1
73.8	<i>Nitzschia delicatissima</i>	3.9	2.8	1.4	5.3
	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.5	2.2	1.6	10.0
III&II	<i>Leptocylindrus minimus</i>	3.4	2.8	1.2	14.7
	<i>Chaetoceros anastomosans</i>	3.2	3.9	.8	19.0
	<i>Cerataulina bergonii</i>	2.3	1.5	1.6	22.1
72.4	<i>Leptocylindrus minimus</i>	4.8	1.9	2.5	6.6
	<i>Chaetoceros brevis</i>	3.3	2.4	1.4	11.2
IV&I	<i>Chaetoceros</i> sp.	2.6	1.5	1.7	14.8
	<i>Heterocapsa</i> sp.	2.5	2.0	1.3	18.2
	<i>Nitzschia delicatissima</i>	2.2	2.1	1.0	21.2
71.9	<i>Nitzschia delicatissima</i>	3.5	2.6	1.4	4.9
	<i>Leptocylindrus minimus</i>	3.2	2.6	1.2	9.3
IV&II	<i>Chaetoceros</i> sp.	3.0	2.0	1.5	13.5
	<i>Chaetoceros anastomosans</i>	3.0	3.6	.8	17.7
	<i>Proboscia alata gracillima</i>	2.6	1.0	2.5	21.4
68.5	<i>Emiliana huxleyi</i>	2.3	1.3	1.8	3.4
	<i>Nitzschia tenuirostris</i>	2.3	1.2	1.9	6.7
IV&III	<i>Heterocapsa pygmaea</i>	2.2	1.1	2.0	10.0
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	2.2	1.7	1.2	13.2
	<i>Oxytoxum</i> sp.	2.1	1.0	2.0	16.2

Bu proje çalışması ile Levantin baseni kıta sahanlığı sularında mevcut pikoplanktonun aylık dinamikleri ve ortam faktörleri ile ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır. İleriye dönük olarak benzeri çalışmaların daha sık aralıklarla (haftalık ve mümkünse günlük) ve kıta sahanlığı da dahil açık sularda da eşzamanlı gerçekleştirilmesi gerekir. Genelde açık sularda küçük boyutlu hücrelerin daha baskın olduğu bilinmesine karşın toplam biyokütle katkı payları Türkiye denizleri için yeterince bilinmemektedir. Fitoplankton, özellikle de pikoplankton çok kısa süreçlerde, değişen ortam koşulları altında, nicel ve nitel büyük farklılıklar gösterebilirler. Örneğin cyanobakteri *Synechococcus* 24 saat içinde nicel açıdan çok büyük değişimler geçirmektedir. İlk akşamdan gece yarısına bölünerek çoğalmakta, gece yarısından öğlene değin otlanma baskısı altında azalış göstermektedir. Yine aynı şekilde bazı fitoplankton türleri uygun koşullar altında bir-iki günlük ani patlamalar yapmakta ve akabinde hemen ortamda kaybolabilmektedir. Dolayısı ile bu tarz yoğun patlamalar ortamın besin bütçesinde de önemli değişikliklere neden olabilmektedir. Dolayısı ile uzun zaman aralıklarında yapılan çalışmalarda kısa süreli değişimler gözlenememektedir. Bunların yanısıra, farklı grupların toplam biyokütle katkılarının daha net saptanabilmesi ancak hassas ve doğru hücre boyu ölçümleri yapılarak sağlanabilir. Bu çalışmada pikoplankton için kullanılan görüntü analiz sistemi olanakları fitoplankton için de devreye sokulabilir. Buna ek olarak özellikle Akdeniz açık ve kıyı sularında sayıca bolca gözlemlenen kokkolit türlerinin tanımlanmasında elektron mikroskopi (SEM veya TEM) tekniklerinden yararlanılması gerekmektedir. Fitoplankton çalışmalarında rutin, normal ışık mikroskopisinde bu gruba ait çok küçük boyutlu türler genelde gözardı edilmektedir. Böylece ülkemiz sularının biyolojik çeşitlilik veri tabanlarına yeni kayıtların kazandırılması olası olacaktır.

## Referanslar

- Azam, F., 1998. Microbial Control of Oceanic Carbon Flux: The Plot Thickens, *Science* 280: 694-696.
- Azam, F., Hodson, R.E., 1977. Size distribution and activity of marine microheterotrophs. *Limnol. Oceanogr.* 22:492-501.
- Carlson, C.A., Bates, N.R., Ducklow, H.W., Hansell, D.A., 1999. Estimation of bacterial respiration and growth efficiency in the Ross Sea, Antarctica. *Aquatic Microbial Ecology.* 19:229-244.
- Çoban-Yıldız Y., Tuğrul, S., Ediger, D., Yılmaz, A., Polat, S. Ç., 2000: A comparative study on the abundance and elemental composition of POM in three interconnected basins: the Black, the Marmara and the Mediterranean Seas. *Med. Mar. Sci.*, 1(1): 51-63.
- Doğan-Sağlantımur, N., Tuğrul, S. (2004). Effect of Riverine Nutrients on Coastal Water Ecosystems: A Case Study from the Northeastern Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13: (12), baskıda.
- Iturriaga R., Mitchell B. G., 1986. Chroococcoid cyanobacteria: a significant component in the food web dynamics of the open ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 28, 291-297.
- Knap, A., Michaels, A., Close, A., Ducklow, H., Dickson, A. (Eds.). 1996. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements. JGOFS Report no. 19, vi+170 pp. Reprint of the IOC manuals and guides no. 29, UNESCO 1994.
- Köksalan, İ., 2000. Temporal variability in *Synechococcus* spp., abundances in the northern Levantine basin as inferred from weekly time series observations in 1998. M.Sc. Thesis. 104 p. IMS-METU, Mersin, Turkey.
- Li, W. K. W., and Platt, T., 1987. Photosynthetic picoplankton in the ocean. *Sci. Prog.*, Oxf. 117-132.

- Li, W.K.W., Zohary, T., Yacobi, Y.Z. & Wood, A.M., 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, (1993).
- Pomeroy, L. R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience* 24:499-504.
- Sieburth, J. McN., Smetacek. V., Lenz, J., 1978. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relations to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.* 23: 1256-1263.
- Sieracki, M.E., Viles, C.L., Webb, K.L., 1989. An algorithm to estimate cell biovolume using image analyzed microscopy. *Cytometry*, 10. 551-557.
- Smith, D. C., G. F. Steward, F. Azam, and J. T. Hollibaugh. 1992. Virus and bacteria abundances in the Drake Passage during January and August 1991. *Antarctic Journal of the United States*, 27: 125-127.
- Uysal, Z., 1999. Pigment size and distribution of *Synechococcus* spp. (cyanobacteria) in the Black Sea. International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea, Similarities and Differences of two Interconnected Basins, Athens (Greece), 23-26 February 1999. in, Abstracts Book, edited by E. Th. Balopoulos, A. Iona, D. Sakellariou, Athens, Greece. pp.274.
- Uysal, Z., 2000. Pigments, size and distribution of *Synechococcus* spp. in the Black Sea. *Journal of Marine Systems*. 24/3-4. 313-326.
- Uysal, Z., 2000. Karadeniz'de Chroococcoid Cyanobakteri *Synechococcus* spp; dağılımı, hücre boyu, pigment yapısı, büyüme ve gün boyu değişimler. I. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı, 30 Mayıs - 2 Haziran 2000. Bildiri ve Poster Özetleri. Kültür ve Kongre Merkezi ODTÜ / Ankara. Pp. 80-85.
- Uysal, Z., 2001. Chroococcoid Cyanobacteria *Synechococcus* spp. in the Black Sea: pigments, size, distribution, growth and diurnal variability. *Journal of Plankton Research*. 23:2, 175-189.
- Waterbury, J. B., F.W. Valois, and D. G. Franks., 1986. Biological and ecological characterization of the marine unicellular cyanobacterium *Synechococcus*. In: T. Platt and W. K. W. Li (Eds), Photosynthetic picoplankton. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 214: 71-120.
- 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. *Journal of Marine Systems*, 16(3-4), 253-268.

## PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

<b>Proje Kodu:</b> YDABAG 102Y037
<b>Proje Başlığı:</b> Levantin baseni pikoplankton (heterotrofik bakteri ve cyanobakteri) içerik ve dinamikleri
<b>Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar:</b> Doç.Dr. Zahit UYSAL, Dr. Yeşim Ç. YILDIZ, Prof. Dr. Süleyman TUĞRUL
<b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü Pk.28 Erdemli, 33731 Mersin
<b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> TÜBİTAK Atatürk Bulvarı, No.221 Kavaklıdere, 06100 Ankara
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 01.09.2002 - 01.03.2004
<b>Öz (en çok 70 kelime)</b> Erdemli açığı Levantin baseni kıta sahanlığı suları pikoplankton içeriği ve ortam kimyasal, fiziksel parametrelerle ilişkileri çalışılmıştır. Kış dönemi yüzeyden tabana karışımlar nedeni ile su koloğunda mevcut bakteri ve cyanobakteri dağılımı homojen olmuştur. Bakteri boyları çalışılan her üç istasyonda derinlikle ve zaman içinde ani değişimler göstermiştir. Su sıcaklığının en yüksek olduğu yaz aylarında yüzey ve yüzeye yakın derinliklerde cyanobakteri <i>Synechococcus</i> spp. daha yoğun olarak bulunmuştur. Genelde yıl boyunca su kolonunda heterotrofik bakteri biyokütlesi cyanobakteri <i>Synechococcus</i> spp. biyokütlesini geçmiştir. Fitoplanktonda toplam 71 adet Diyatom, 40 adet Dinoflagellat ve 21 adet Chrysophyta türü saptanmıştır. İlkbahar dönemi ve yaz başlangıcında fitoplankton her üç istasyonda da yoğun olarak bulunmuştur.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Pikoplankton, heterotrofik bakteri, cyanobakteri, <i>Synechococcus</i> spp., fitoplankton, dinamikleri, Levantin baseni.
<b>Projeden Kaynaklanan Yayınlar:</b>
<b>Bilim Dalı:</b> Deniz Bilimleri <b>Doçentlik B. Dalı Kodu:</b> 904