



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

KARADENİZ'DE BİRİNCİL ÜRETİMİ POMPALAYAN
CYANOBACTERİUM *SYNECHOCOCCUS*'UN SU
KOLONUNDAKİ DAĞILIMINI ETKİLEYEN
FİZİKO-KİMYASAL ETMENLERİN ARAŞTIRILMASI

1997-1348

PROJE NO: YDABÇAG-352

Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve
Çevre Araştırma Grubu

Earth Marine Atmospherical Sciences and
Environmental Researches Grant Group

**KARADENİZ'DE BİRİNCİL ÜRETİMİ POMPALAYAN
CYANOBACTERIUM SYNECHOCOCCUS'UN SU
KOLONUNDAKİ DAĞILIMINI ETKİLEYEN
FİZİKO-KİMYASAL ETMENLERİN ARAŞTIRILMASI**

✓

1997-1348

PROJE NO: YDABÇAG-352

ODTÜ Deniz Bil.
Enst Erdemli İcel

YÜRÜTÜCÜ: Y. DOÇ. DR. ZAHİT UYSAL

1-37, Ekler

R. 13

Tr, En

**DOÇ. DR. AHMET E. KİDEYŞ
ÖĞRENCİ İREM KÖKSALAN**

**MAYIS 1998
Erdemli - MERSİN**

ÖNSÖZ

Tübitak desteğinde yürütülen “**Karadeniz’de Birincil Üretimi Pompalayan Cyanobakterium *Synechococcus*’un Su Kolonundaki Dağılımını Etkileyen Fiziko-Kimyasal Etmenlerin Araştırılması**” adlı araştırma projesi ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü'nde gerçekleştirilmiştir. Deniz çalışmaları, Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün R/V Bilim Araştırma Gemisi ile yürütülmüştür. Gerek saha ve gerekse laboratuvar çalışmalarında yardım ve katkılarından dolayı Enstitü ve Bilim Gemisi personeline teşekkür ediyoruz.

Yukarıda adı geçen proje çalışmalarıyla ilgili gelişme ve faaliyetleri içeren bu rapor, Eylül-Ekim 1996 döneminde Karadeniz’de gerçekleştirilen sefer sırasında toplanan materyalin analizlerinin sonuçlarını ve bu sonuçların yorumlarını içermektedir.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-----------|
| Tablolar Listesi | IV |
| Şekiller Listesi | V |
| Özet ve Anahtar Kelimeler | IX |
| Summary and Key Words | xi |
| 1. Giriş | 1 |
| 2. Projeyi Destekleyen ve İşbirliği Yapılan Kuruluşlar | 3 |
| 2.1. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu - TÜBİTAK.... | 3 |
| 2.2. Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü | 3 |
| 3. Projenin Amaçları | 4 |
| 4. Projede Uygulanan Metodlar | 6 |
| 4.1. Örnek Alma ve Koruma | 7 |
| 4.2. Ölçüm Metodları: | 8 |
| 5. Elde Edilen Bulgular | 12 |
| 6. Karşılaşılan Güçlükler | 25 |
| 7. Sonuçlar | 27 |
| 8. Harcamalar | 30 |
| 9. Referanslar | 31 |

TABLOLAR LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| 1. Karadeniz Cyanobakteri <i>Synechococcus</i> sp örneklemelerine ait genel bilgiler | 34 |
| 2. <i>Synechococcus</i> sp hücre sayısı ve ortam fiziksel (A) ve kimyasal (B) parametreleri arasındaki ilişkiler | 37 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | Sayfa |
|---|-------|
| 1. Eylül-Ekim 1996 döneminde çalışılan Karadeniz istasyonları | 39 |
| 2. Deniz suyu yüzey <i>Synechococcus</i> sp hücre sayımlarının istasyonlara göre dağılımı | 39 |
| 3. Deniz suyu yüzey sıcaklık ($^{\circ}$ C) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 40 |
| 4. Deniz suyu yüzey tuzluluk (%) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 40 |
| 5. Deniz suyu yüzey in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 41 |
| 6. Deniz suyu yüzey çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 41 |
| 7. Deniz suyu yüzey fosfat (PO_4-P) değerlerinin ($\mu mol/l$) istasyonlara göre değişimi | 42 |
| 8. Deniz suyu yüzey toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu mol/l$) istasyonlara göre değişimi | 42 |
| 9. Deniz suyu yüzey silikat değerlerinin ($\mu mol/l$) istasyonlara göre değişimi | 43 |
| 10. Deniz suyu yüzey klorofil-a değerlerinin ($\mu g/l$) istasyonlara göre değişimi | 43 |
| 11. Fluoresans maksimum tabakasında <i>Synechococcus</i> sp hücre sayımlarının (hücre/ml) istasyonlara göre dağılımı | 44 |
| 12. Fluoresans maksimum tabakasında sıcaklık ($^{\circ}$ C) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 44 |
| 13. Fluoresans maksimum tabakasında tuzluluk (%) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 45 |
| 14. Fluoresans maksimum tabakasında in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 45 |

Sayfa

| | |
|--|----|
| 15. Fluoresans maksimum tabakasında çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 46 |
| 16. Fluoresans maksimum tabakasında fosfat (PO ₄ -P) değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 46 |
| 17. Fluoresans maksimum tabakasında toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 47 |
| 18. Fluoresans maksimum tabakasında silikat değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 47 |
| 19. Fluoresans maksimum tabakasında klorofil-a değerlerinin ($\mu\text{g/l}$) istasyonlara göre değişimi | 48 |
| 20. Fluoresans minimum tabakasında <i>Synechococcus</i> sp hücre sayılarının (hücre/ml) istasyonlara göre dağılımı | 48 |
| 21. Fluoresans minimum tabakasında sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 49 |
| 22. Fluoresans minimum tabakasında tuzluluk (%) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 49 |
| 23. Fluoresans minimum tabakasında in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 50 |
| 24. Fluoresans minimum tabakasında çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi | 50 |
| 25. Fluoresans minimum tabakasında fosfat (PO ₄ -P) değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 51 |
| 26. Fluoresans minimum tabakasında toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 51 |
| 27. Fluoresans minimum tabakasında silikat değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi | 52 |
| 28. Fluoresans minimum tabakasında klorofil-a değerlerinin ($\mu\text{g/l}$) istasyonlara göre değişimi | 52 |

Sayfa

| | |
|--|----|
| 29. Tüm araştırma alanında yüzeyde <i>Synechococcus</i> sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı | 53 |
| 30. Tüm araştırma alanında fluoresans maksimum tabakasında <i>Synechococcus</i> sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı ... | 54 |
| 31. Tüm araştırma alanında fluoresans minimum tabakasında <i>Synechococcus</i> sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı ... | 55 |
| 32. 1 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 56 |
| 33. 1 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... | 57 |
| 34. 2 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 58 |
| 35. 2 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... | 59 |
| 36. 3 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 60 |
| 37. 3 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi | 61 |
| 38. 4 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 62 |
| 39. 4 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi | 63 |
| 40. 5 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 64 |
| 41. 5 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi | 65 |
| 42. 6 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 66 |
| 43. 6 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... | 67 |
| 44. 8 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 68 |
| 45. 8 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... | 69 |
| 46. 21 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi | 70 |

Sayfa

47. 21 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... 71
48. 25 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının
derinlikle değişimi 72
49. 25 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi ... 73

ÖZET VE ANAHTAR KELİMEler

Bu rapor “**Karadeniz’de Birincil Üretimi Pompalayan Cyanobakterium *Synechococcus*’un Su Kolonundaki Dağılımını Etkileyen Fiziko-Kimyasal Etmenlerin Araştırılması**” projesi kapsamında yapılan çalışmaları, elde edilen bulguları, bunların analizlerini ve yorumlarını içermektedir.

Adı geçen proje Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu’nun (TÜBİTAK) parasal katkısı ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü’nün gemi, personel, araç ve gereç katkısıyla gerçekleştirılmıştır.

Proje kapsamında 24 Eylül-5 Ekim 1996 tarihleri arasında Karadeniz Münhasır Ekonomik Bölge’mizi kapsayacak şekilde, ODTÜ - Deniz Bilimleri Enstitüsü’ne ait R/V Bilim gemisi ile bir sefer gerçekleştirılmıştır. Proje çerçevesinde toplam 26 istasyon ziyaret edilmiş olup, her istasyonda yüzey ve farklı derinliklerden olmak üzere, toplam 121 örnek toplanmıştır. Ayrıca tüm istasyonlarda incelenen su kolonunda kesintisiz fiziksel ve belirli aralıklarda kimyasal parametrelerin ölçümleri yapılmıştır.

Hücre sayımları, istasyonlar arası ve ayrıca derinlikle farklılıklar göstermektedir. Derinlikle gözlenen bu farklılıklar nedeni ile hücre yoğunlukları yüzey, klorofil maksimum ve klorofil minimum tabakaları olmak üzere 3 farklı tabaka için değerlendirilmiştir.

Tüm istasyonlarda, yüzeyde, mililitrede ortalama hücre sayısı 109,256 olmuş ve en düşük değer 37,323 ve en yüksek değer 211,569 arasında değişmiştir: En düşük ve en yüksek değerler arasında yaklaşık 5.7 kat bir oran mevcuttur. Bu oran bize aynı zamanda taranan alanın ne derecede değişken özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Genelde, kıyasal kesimler hücre sayımları açısından açık, iç kesimlere oranla daha zengin olmuştur. *Synechococcus* sp hücre sıklığı fluoresans maksimum

tabakasında yüzeye oranla istasyonlar arası fazla bir değişkenlik göstermemiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans maksimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 126,456 olmuştur ve yüzey ortalamasından daha yüksektir. Hücre sayımları fluoresans minimum tabakasında üst tabakalara oranla istasyonlar arası büyük değişkenlikler göstermiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans minimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 11,820 olmuştur ve üst tabakalar ortalamalarından çok düşüktür.

Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücreleri genelde gece yarısından başlayarak sabah süresince gün ortasına kadar otlanma baskısı altında olmakta ve öğleden sonra da yavaş yavaş başlayarak akşam süresince bölünerek çoğalmaktadır. Yüzeyde daha belirgin olarak oluşan bu durum fluoresans maksimum tabakasında bulunan hücreler için de geçerlidir.

Synechococcus sp hücre sayısı dağılımı ve ortam fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında çok kuvvetli ($r>P_{.01}$) ilişkiler bulunmuştur. Hücre sayımları ile tuzluluk, derinlik, besin tuzları (fosfat, nitrat, silikat) parametreleri arasında çok kuvvetli negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu durumu hücre sayılarının genelde derinlikle azalımı ve diğerlerinin derinlikle artışı olarak özetleyebiliriz. Hücre sayımları ile sıcaklık, çözünmüş oksijen, fluoresans ve klorofil *a* arasındaki pozitif ilişkiyi de derinlikle birbirleri arasındaki uyumlu azalışa bağlayabiliriz. Kısaca Cyanobakteri *Synechococcus*'un Karadeniz'de su kolonunda dağılımının ortam fiziko-kimyasal faktörlerine çok bağımlı olarak gelişğini söyleyebiliriz.

Anahtar kelimeler: Cyanobakteri, *Synechococcus* sp, Karadeniz, Fiziko-kimyasal parametreler, Dağılım.

SUMMARY AND KEY WORDS

This report covers the analysis and evaluation of the data gathered and works accomplished within the framework of the project "**Distribution of Cyanobacterium Synechococcus which contributes much to primary production in Black Sea in relation to physico-chemical parameters**".

The project is funded by Turkish Scientific and Technical Research Council and is realised under full technical support of Erdemli Institute of Marine Sciences of Middle East Technical University.

Single cruise covering the Turkish Exclusive Economic Zone of the Black Sea is realized on board R/V Bilim of the IMS-METU, between 24 September-5 October 1996. Total number of 26 stations have been visited and a total number of 121 samples from the surface and from different depths were collected. In addition, profiles of physical and discrete sampling and analysis of chemical parameters were made.

Cell counts differed between stations and varied with depth. The observed depthwise variations in counts lead us to evaluate cell counts for three different layers, namely, the surface and the depths of chlorophyll maximum and minimum.

In all stations, average cell counts per millilitre at surface was 109,256 and the minimum and the maximum counts ranged between 37,323 and 211,569. A 5.7 fold difference is present between the minimum and the maximum. This ratio also implies the extend of variations within the studied region. In general, nearshore areas have yielded higher counts than offshore regions. *Synechococcus* cell counts at fluorescence maximum layer didn't vary much between stations in comparison to the surface layer. In all stations, average cell count/millilitre at fluorescence maximum layer is found as 126,456 and was higher than the surface average. Cell counts showed much greater

variations between the stations at fluorescence minimum layer than at upper layers. In all stations, average cell count/millilitre at fluorescence minimum layer is found as 11,820 and was much smaller than the averages found for the upper layers.

Cells of Cyanobacterium *Synechococcus* sp in general are under grazing pressure starting from midnight till noon and begins slowly to rebuild its population in the afternoon via dividing throughout the evening. This feature is apparent at the surface layer and is also true for the fluorescence maximum layer.

Significant correlations ($r>P_{.01}$) have been observed between cell counts and physical and chemical parameters. Highly significant negative correlations were found between cell counts and salinity, depth and nutrient salts (phosphate, nitrate, silicate). This could be summarized as the decrease in cell counts and increase in others with depth. The positive correlation between the cell counts and the temperature, dissolved oxygen, in-situ fluorescence and chlorophyll-*a* denotes decrease in all with depth in harmony. Briefly, we can conclude that the abundance distribution of Cyanobacterium *Synechococcus* sp in the water column is much dependent on the ambient physico-chemical factors.

Key words: Cyanobacteria, *Synechococcus* sp, Black Sea,

Physico-chemical parameters, Distribution.

1. GİRİŞ

Sucul ortamlarda, özellikle okyanus ve denizlerde fotosentezle fitoplankterler tarafından oluşturulan organik madde birincil üretimin tabanını oluşturmaktadır. Birincil üretimin oluşmasında farklı grup fitoplanktonun katkı payları da değişmektedir. Önceleri, olanaklar dahilinde, üretimin çok büyük boyutlu fitoplanktonik hücrelerce (diatomeler, dinoflagellatlar) gerçekleştirildiği varsayılmıştır. Son yıllarda gelişen teknoloji ve özelleşmiş aletlerle bu düşünce yapısı değişmiş ve çok daha küçük boyutlu fotosentetik pikoplanktonun (prokaryotik ve ökaryotik) okyanus ve denizlerde toplam biyokütleye ve üretime önemli katkıları olduğu saptanmıştır.

Oligotrofik okyanus sistemlerinde pikoplankton genelde inorganik karbon fiksasyonunun %60'ını gerçekleştirmektedir. Bunlar arasında fikoeritrin içeren tek hücreli, fotootrotrofik cyanobakteri *Synechococcus* yoğun ilgi odağı oluşturmuştur. Genelde bu grup ılıman ve tropik denizlerde öfotik tabakada yoğun olarak bulunup atmosferdeki azotu bağlaması ile deniz ekosisteminde önemli bir rol oynarlar. Sayısal açıdan bu grup diğer toplam ökaryotik fitoplanktondan daha yoğun olup ılıman denizlerin yüzey sularında 10^3 - 10^5 hücre/ml dolayındadır. Bunun yanısıra birim su kolonunda birincil üretime katkıları yüzde ellileri aşan oranlara ulaşmaktadır. Bu prokaryotik hücre yaklaşık 1 mikron çapında olup pigment yapısında fikoeritrin içermesi nedeni ile epifloresan mikroskop aracılığı ile diğer planktondan kolayca ayırt edilebilmektedir.

Ülke içinde, denizlerimizde, pikoplankton düzeyinde özellikle kokkoid Cyanobakteri *Synechococcus* üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Karadeniz'de pikoplanktonun önemli bir kısmını oluşturan Cyanobakteri *Synechococcus*'un boy, dağılım ve pigment yapısı üzerine preliminer bir çalışma A.B.D'de Oregon Üniversitesi'nde Dr. Zahit Uysal tarafından gerçekleştirilmiş ve bu çalışma sırasında

Kanada'da Bedford Oşinografi Enstitüsü ile de kontakt kurularak flow-cytometrik analiz yapılmıştır. Bu çalışmaların yanısıra halihazırda Akdeniz için de preliminer çalışmalar başlatılmış olup veri tabanı oluşturulmaya çalışılmaktadır. 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.

Doğu Akdeniz'de gerçekleştirilen bir ortak (A.B.D., Kanada ve İsrail) çalışmada ise flow cytometry kullanılarak ultrafitoplanktonik cyanobakteri, proklorofitler ve ökaryotlarda hücre sıklığı, klorofil ve karbon içerikleri üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Li., W. K. W., ve arkadaşları, 1993). Bunun yanısıra diğer okyanus ve denizlerde bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve halen de sürdürmektedir. Yurtdışında, bu konuda gelişmiş birçok Enstitülerde, pikoplankton düzeyinde araştırmalar genelde epifloresan mikroskop yanısıra bu konu için özel olarak geliştirilmiş flow cytometre ile otomatik yapılmaktadır. Bunların yanısıra elektronik partikül sayıcıları olan Coulter Sayıcıları da bir dönem kullanılmalarına karşın fotosentetik pikoplanktonu diğer fotosentetik olmayan partiküllerden ayırt edememesi nedeni ile vazgeçilmiştir. Ayrıca immunofloresans ve microauto-radiography yöntemleri ve elektron mikrograf aracılığı ile de fotosentetik pikoplankton çalışılmaktadır.

2. PROJESİ DESTEKLEYEN VE İŞBİRLİĞİ YAPILAN KURULUŞLAR

Projeyi destekleyen ve işbirliği yapılan kuruluşlar şunlardır:

- Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK),
- Orta Doğu Teknik Üniversitesi - Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü (ODTÜ-DBE).

2.1. TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU - TÜBİTAK

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu bünyesindeki Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu (YDABÇAG) tarafından YDABÇAG-352 Projesi kapsamında desteklenmiştir.

2.2. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ - ERDEMLİ DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Projenin tüm sahalarında ODTÜ-Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün olanaklarından faydalanyılmıştır. Deniz çalışmaları ve örneklemeler Enstitü'nün R/V Bilim gemisi ile gerçekleştirilmiş olup toplanan materyal bütünü ile Enstitü laboratuvarlarında incelenmiştir.

3. PROJENİN AMAÇLARI

Denizlerde ve okyanuslarda fitoplankterler tarafından oluşturulan birincil üretim, besin zinciri tabanı oluşumunda büyük bir rol oynamaktadır. Önceleri, mevcut imkanlarla, üretimin daha çok büyük boyutlu fitoplanktonik hücrelerce gerçekleştirildiği varsayıliyordu. Son yıllarda, boyları 3 mikrondan küçük fotosentetik pikoplanktonun (prokaryotik ve ökaryotik) okyanus ve denizlerde toplam biyokütleye ve üretime önemli katkıları nedeni ile yoğun çalışmalar başlatılmıştır. Oligotrofik okyanus sistemlerinde pikoplankton genelde inorganik karbon fiksasyonunun %60'ını gerçekleştirmektedir. Bunlar arasında fikoeritrin içeren tek hücreli, fotoötrotrofik cyanobakteri *Synechococcus* yoğun ilgi odağı oluşturmuştur. Genelde bu grup ılıman ve tropik denizlerde öfotik tabakada yoğun olarak bulunup atmosferdeki azotu bağlaması ile deniz ekosisteminde önemli bir rol oynarlar. Sayısal açıdan bu grup diğer toplam ökaryotik fitoplanktondan daha yoğun olup ılıman denizlerin yüzey sularında 10^3 - 10^5 hücre/ml dolayındadır. Bunun yanısıra birim su kolonunda birincil üretime katkıları yüzde ellileri aşan oranlara ulaşmaktadır. Bu prokaryotik hücre yaklaşık 1 mikron çapında olup pigment yapısında fikoeritrin içermesi nedeni ile epifloresan mikroskop aracılığı ile diğer planktondan kolayca ayırt edilebilmektedir.

Son yıllarda Karadeniz ekosisteminde her düzeyde büyük değişimler, düzensizlikler gözlenmiştir. Özellikle batı Karadeniz'e nehirlerle taşınan besin tuzları ve yanısıra kirlilik maddelerin fazlalığı ekosistemin doğal işleyişini olumsuz yönde etkilemiş ve çökmesine neden olmuştur. Bu urum aynı şekilde suda besin zincirinin temelini teşkil eden fitoplanktonun gelişimine de yansımış ve yoğun patlamalara sebebiyet vererek fotik tabakanın sığlaşmasına ve hücrelerin çökerek parçalanması aşamasında da oksijen tüketimine neden olmaktadır. Aynı şekilde batıda Tuna nehrinin yayılım alanı içinde fitoplanktonda

oluşagelen farklı yapılaşma da Enstitümüzce yapılan çalışmalar sırasında dikkati çekmiştir.

Karadeniz'de Ulusal Deniz Ölçüm İzleme ve Araştırma Programı Alt Projeleri çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalarında birincil üretim ve bunu oluşturan fitoplanktonun komponentlerinin araştırılması büyük önem arzettmektedir. Denizde yerinde yapılan ölçümlerde genelde fitoplankton biyokülesi klorofil-a ve birim zamanda üretim (^{14}C teknigi) olarak toplam değerlendirilmekte fakat kantitatif olarak üretmeye hangi grup fitoplanktonun ne oranda katkıda bulunduğu vermemektedir. Ayrıca denizlerimizde gerçekleştirilen verimlilik çalışmalarında daima su kolonunda öfotik tabakada belirli derinliklerde bir maksimum verimlilik gözlenmektedir. Bu olgunun detaylı araştırılması ve ışık geçirgenliğine bağımlı olarak fitoplanktonun kompozisyonunda derinlikle oluşagelen değişimlerin kalitatif ve kantitatif incelenmesi gerekmektedir. Bu da ancak tanımlanması normal ışık mikroskoplarında mümkün olmayan pikoplanktonun hücre autofloresans özelliklerinden faydalalarak epifloresan mikroskop aracılığı ile yapılabilmektedir.

Bunlara ek olarak bu grubun gün boyunca büyümesi izlenecek, sahada bölünerek çoğalma ve (grazing) otlanma baskısı ile azalma süreçleri belirlenecek ve elde edilecek eğrilerden model çalışmalarında kullanılabilecek büyümeye ve ölüm katsayıları çıkarılacaktır. Buna paralel olarak ortamdaki mevcut besin tuzlarından özellikle nitrat-nitrit kullanımı ve ortamın fiziksel parametreleri (tuzluluk, sıcaklık, ışık geçirgenliği) ile etkileşimleri değerlendirilebilecektir.

4. PROJEDE UYGULANAN METOTLAR

Karadeniz'de Birincil Üretimi Pompalayan Cyanobakterium *Synechococcus*'un Su Kolonundaki Dağılımını Etkileyen Fiziko-Kimyasal Etmenlerin Araştırılması adlı proje çerçevesinde, 24 Eylül - 5 Ekim 1996 tarihleri arasında Karadeniz Münhasır Ekonomik Bölge'mizi kapsayacak şekilde, ODTÜ - Deniz Bilimleri Enstitüsü'ne ait R/V Bilim gemisi ile bir sefer gerçekleştirılmıştır. Cyanobakteri sayımları ve diğer analizler için su örnekleri Tablo 1'de belirtilen ve Şekil 1'de gösterilen istasyonlardan farklı derinliklerden alınmıştır.

Proje çerçevesinde toplam 26 istasyon ziyaret edilmiş olup, her istasyonda yüzey ve farklı derinliklerden olmak üzere, toplam 121 örnek toplanmıştır. Toplanan bu örneklerde ait bilgiler (tarih, saat, istasyon adı, koordinatlar, derinlik, süzülen su miktarı ve sayım sonuçları) Tablo 1'de verilmektedir.

Şekil 1'de verilen istasyonlarda ayrıca tüm su kolonunda kesintisiz fiziksel ve belirli aralıklarda kimyasal parametrelerin ölçümleri yapılmıştır. Fiziksel bulgular kesintisiz olarak R/V Bilim gemisinde bulunan Sea-Bird Model CTD-DO probu ve okuyucusu kullanılarak bilgisayar disketlerine kayıt edilmiştir. Kimyasal ve biyolojik parametrelerin ölçümleri seçilen istasyonlarda belirli derinliklerden alınan su örneklerinde yapılmıştır. Fiziksel parametrelerden derinlik (m), deniz suyu iletkenliği (μohm), deniz suyu sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), deniz suyu tuzluluğu (ppt), deniz suyu yoğunluğu ve ışık geçirgenliği (%) ölçülmüştür. Seyir süresince ayrıca kimyasal parametrelerden çözünmüş oksijen (ml/l), temel besin tuzları: PO_4 , NO_3 , NO_2 , Reaktif Silikat, Si(OH)_4 (μM), partiküler organik karbon ($\mu\text{g/l}$), partiküler organik azot ($\mu\text{g/l}$), partiküler fosfor ($\mu\text{g/l}$), toplam organik karbon (mg/l), klorofil-a ($\mu\text{g/l}$), in situ floresans (klorofil-a) ölçülmüştür.

4.1. Örnek Alma ve Koruma

Belirlenen istasyonlarda (Şekil 1) farklı derinliklerden deniz suları CTD probuna bağlı, Rozet tipi 5 litre kapasiteli, uzaktan kumandayla kapanabilen plastik (PVC) Niskin örnekleme şişeleri ile alınmıştır. Alınan örnekler zaman geçirilmeden işleme tutulmuştur. Şişelerden önce çözünmüş oksijen ölçümü için örnekleme yapılmış ve daha sonra sırası ile diğer örnekler alınmıştır.

Pikoplankton (*Cyanobakteri Synechococcus*) **sayımları** için her istasyonda yüzeyden ve ışıklı tabakanın alt sınırına kadar seçilen derinliklerden hücre yoğunluğuna bağlı olarak 10-20 ml deniz suyu alınmıştır. Su örnekleri 0.2 mikron göz açıklı Nuclepore membran filtrelerden süzülerek lam lamel arasına immersiyon yağı ile fiks edilmiş ve mikroskop analizlerine kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Sayımlar ODTÜ, Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü, Deniz Biyolojisi ve Balıkçılık Anabilim Dalı laboratuvarlarında mevcut Epifluoresans mikroskopu ile gerçekleştirilmiştir. Sayımlar için Nikon'un epi-fluoresans filtre kombinasyonlarından B-2A (mavi bantta eksitasyon, Dikroik ayna DM 505, Eksitasyon filtersi EX 450-490, Bariyer filtre BA 520) ile G-1A (yeşil bantta eksitasyon, Dikroik ayna DM 575, Eksitasyon filtersi EX 546/10, Bariyer filtre BA 580) kullanılmıştır.

Çözünmüş oksijen (ÇO): Yüzeyden tabana kadar uzanan su kolonunun belirlenen derinliklerinden alınan deniz suyu örnekleri, özel yapılmış 150 ml'lik kapaklı cam şişeler içeresine 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 yıkılır ve örnekleme anına kadar ağızı kapalı tutulur. Oksijen tutucu kimyasal reaktifler eklenen örnekler, ağızı kapalı olarak, karanlıkta ve oda sıcaklığında 1-2 saat kadar bekletilir.

Klorofil-a: Güneş ışığının ulaştığı en alt derinliğe kadar olan tabakadan istenilen aralıklarla en az 5-6 örnek alınır. 1-5 litrelilik plastik şişelere aktarılan deniz suyu örnekleri en kısa sürede, zayıf ışık altında GF/F tipi filtre kağıtlarından süzülür. Filtre üzerinde tutulan plankton içerikli partikül maddeler analize kadar derin dondurucuda saklanır.

Besin elementleri: Çözünmüş oksijen ile aynı derinliklerden örneklemeye yapılır. 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. Ayrı şişelere alınan nitrit örnekleri ise bekletilmeden analiz edilir.

Partikül Organik Madde: Partikül organik karbon (POK), partikül organik azot (POA) ve partikül fosfor (PF) 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.

Birincil üretim: C-14 yöntemiyle en az bir istasyonda birincil üretim ölçümleri için deniz suyu örneklemeleri yapılır. Bu örnekler, güneş ışığının su kolonunda %75, %50, %25, %10, %1 ve %0.1'e ulaşlığı derinliklerden alınır ve bekletilmeden C-14 izotopu eklenerek deneysel çalışmalara başlanır.

4.2. Ölçüm Metodları

Tuzluluk ve sıcaklık ölçümleri R/V Bilim gemisinde bulunan Sea-Bird Model CTD probu ve okuyucusu kullanılarak anında ve kesintisiz olarak yapılır, bilgisayar disketlerine kayıt edilir.

Çözünmüş oksijen ölçümleri Winkler titrasyon metodu ile yapılır. Özel cam şişelere alınan ve ortamdaki okijen miktarıyla orantılı olarak oluşan mangan çökelekleri, asit ilavesi ile çözündürülür ve örneğe eklenmiş olan iyodür çözeltisi ile tepkimeye girer. Açıga 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 ± 0.05 ppm'dir.

Besin elementleri (NO_3 , NO_2 , Si(OH)_4 ve o-PO_4) ölçümünde iki kanallı Technicon A II model oto-analizörü kullanılır. Çok sayıda örneğin devamlı analizine olanak veren bu otomatik sistemde kullanılan ölçüm yöntemleri Technicon firmasınca geliştirilmiş ve uluslararası standart ölçüm metodları olarak kabul edilmiştir. Bu standart yöntemlerin hassasiyeti fosfat için 0.02, nitrat için 0.05 ve silikat için de 0.1 μM mertebesindedir.

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 içeresine 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. Açıga 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 C/N oranını verir.

Partikül fosfor, (PF) 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 ayarlandıkten sonra son hacim 20 ml'ye tamamlanır. Anorganik fosfat analiz metodu kullanılarak spektrofotometrik yöntemle fosfor ölçümü yapılır. Şahit ve fosfat standartları kullanarak örneklerin içeriği fosfor miktarları hesaplanır. Bu değerler süzülen örnek hacmine bölünür ve birim hacimdeki PF miktarı hesaplanır.

Klorofil-a ölçümleri aseton ekstraksiyonu yöntemiyle yapılır. Örneğin alındığı derinliğe ve plankton yoğunluğuna bağlı olarak 1-5 litre arasında süzüntü örneği içeren filtre kağıtları, %90'luk aseton çözeltisi içinde homojen hale getirilir. Yaklaşık 20 saat süreyle karanlıkta ve soğukta tutulan filtreler, santrifüj edilir ve çözeltinin son hacmi %90'luk asetonla 5 veya 10 ml'ye tamamlanır. Fluoresans spektrometrede (Hitachi Model 3000) okuma yapılır ve standartlarla karşılaştırılarak çözeltideki klorofil-a miktarı bulunur. Bu değer süzüntü hacmine bölünerek sonuçlar mikrogram klorofil/litre birimine dönüştürülür.

Göreceli Fluoresans Yoğunluğu: Deniz ortamında doğrudan (in-situ) fluoresans ölçümleri, CTD Prob sistemi ile birlikte kullanılan Chelsea model in-situ fluorometresi ile yapılır. Klorofil dalga boyuna ayarlanan algılayıcıya gelen sinyaller kesintisiz olarak bilgisayar disketlerine kayıt edilir. Bu ölçüm sonucu bize, üretken yüzey sularındaki klorofil-a miktarının göreceli düşey dağılımını verir.

Optik özellikler: Güneş ışığının su kolonundaki spektral dağılımı LI-COR 1800 UW Sualtı Spektroradyometresi ile ölçülmektedir. Bu alet

ile istenilen derinliklerde 350 nm ile 800 nm arasında fotosentetik aktif ışık ölçülebilmektedir. Ayrıca aletin özel programı ile foton flux yoğunluğu ve ışık sönüm katsayıları hesaplanarak yerinde ölçümler yapılabilir.

Birincil üretim: C-14 tekniği ile birincil verimlilik tesbiti için yüzey doygun ışık şiddetinin %75, %50, %25, %10, %1 ve %0.1'e ulaşığı derinliklerden alınan su örneklerinden %75'lik olanı ile adaptasyon eğrisi çizilir. Bunun için doygun ışık şiddeti kaynağı $\sim 500\mu$ Einstein olan inkübasyon cihazı içerisinde filtrelerle ışık şiddeti %5-%75 arasına ayarlanmış döner disk üzerine örnekler, $2\mu\text{Ci}$ C-14 izotopu (karbonat formunda) ilave edilerek ortam sıcaklığında 4-6 saat süreyle tutulur. Daha sonra 0.2 mikron gözenekli filtre kağıdından süzülerek C-14 damgalı fitoplankterler tutulur. Filtre kağıtları özel çözeltilerde parçalanarak sıvı fazda geçirilir ve düşük seviyeli sıvı sintilasyon sayacı ile sayılır. Ölçüm sonuçları standartlar yardımıyla DPM olarak elde edilirler. Belli şartlar altında inkübasyon süresince fotosentez yoluyla oluşan C-14 damgalı organik karbon miktarı belirlenmiş olur. Bu verilerden ortamin birincil verimlilik değerleri $\text{gC/m}^2/\text{gün}$ olarak hesaplanır.

5. ELDE EDİLEN BULGULAR

Şekil 1'de gösterilen istasyonlardan toplanan örneklerde yapılan hücre sayımları sonuçları mililitrede toplam *Synechococcus* sp sayısı olarak Tablo 1'de verilmektedir. Tablo 1 üzerinde ilk bakışta görüldüğü şekli ile hücre sayımları, istasyonlar arası ve ayrıca derinlikle farklılıklar göstermektedir. Derinlikle gözlenen bu farklılıklar nedeni ile hücre yoğunlukları yüzey, klorofil maksimum ve klorofil minimum tabakaları olmak üzere 3 farklı tabakada açıklanacaktır.

5.1. YÜZYEY DAĞILIMI

Cyanobakteri *Synechococcus* sp yüzey dağılımı istasyonlar arası değişkenlikler göstermiştir. Tüm istasyonlarda yüzeyde mililitrede ortalama hücre sayısı 109,256 olmuştur. Şekil 2'de de görüldüğü üzere hücre sayımları mililitrede en düşük değer, 2 no'lu istasyonda, 37,323 ve en yüksek değer, 18 no'lu istasyonda, 211,569 olarak bulunmuştur. En düşük ve en yüksek değerler arasında yaklaşık 5.7 kat bir oran mevcuttur. Bu oran bize aynı zamanda taranan alanın ne derecede değişken özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

Genelde, Şekil 2 üzerinde, ilk bakışta kıyısal kesimlerin hücre sayımları açısından açık, iç kesimlere oranla daha yoğun ve zengin olduğu gözlenmektedir. İstanbul Boğazı Karadeniz çıkıştı 3-4 no'lu istasyonlar, Sakarya nehri batısı 9-10 no'lu istasyonlar, Samsun önü 17, 18 ve 19 no'lu istasyonlar ile daha doğuda Trabzon önlerinde 24 ve 25 no'lu istasyonlar hücre sayımları açısından zengin bölgeleri oluşturmuştur. Hücre sayımlarının yüksek olduğu bu kesimler açıklara oranla daha sıcak (Şekil 3) ve daha az tuzlu (Şekil 4) yüzey sularının bulunduğu kıyısal bölgelerdir ve genelde de hücre sayımları ile ortam su sıcaklığı

arasında pozitif bir ilişki ve tuzlulukla ters olarak negatif bir ilişki saptanmıştır (Tablo 2).

Şekil 5 üzerinde in-situ fluoresans verilerinden göreceli olarak elde edilen klorofil-a miktarının istasyonlar arası yüzey dağılımı verilmektedir. Burada hem açıklarda hem de kıyısal kesimde yüksek klorofil değerleri gözlenmiştir. Klorofil ölçümlerinin göreceli olması ve yine aynı zamanda fotosentetik fitoplanktonun hangi kısmının (piko, nano ve mikro) ne oranda bu toplam ölçüme katkıda bulunduğuunun henüz tam olarak bilinmemesi nedeni ile bir yorum yapılamamaktadır. Her ne kadar yüzey hücre sayımları ile yüzey in-situ fluoresans değerleri dağılımları arasında şekiller üzerinde doğrudan bir ilişki görünmüyor ise de, genelde tüm sahada ve tüm derinliklerde in-situ (doğrudan yerinde) fluoresans değerleri ve Cyanobakteri *Synechococcus* sp sayımları arasında çok kuvvetli pozitif bir ilişki bulunmuştur (Tablo 2). Bu durumda Karadeniz'de pikoplanktonun toplam klorofile katkısının önemli düzeyde olduğunu varsayılabılır. Aynı derecede kuvvetli bir ilişki de in-situ fluoresans değerleri ile klorofil-a ölçümleri arasında bulunmaktadır. Yüzeyde klorofil ölçümleri (Şekil 10) daha az istasyonda gerçekleştirilemesine karşın sahada dağılım aynı yerinde fluoresans ölçümü gibi istasyon bazında farklılık göstermiştir. Yüzeyde toplam klorofil -a konsantrasyonları en düşük 0.15 ve en yüksek 0.62 µg/l değerleri arasında değişim göstermiştir.

Su yüzeyinden alınan örneklerde yapılan çözünmüş oksijen ölçüm sonuçlarına göre yüzeyde çözünmüş oksijen miktarları (Şekil 6) daha tuzlu, soğuk açık sularda daha yüksek oranda bulunmuştur. Yüzey oksijen değerleri 4 ve 8 ml/l arası ve üzeri bölgeler yüksek düzeyde fotosentezin olduğu yerler ve 4 ml/l'nin altı bölgeler ise solunum proseslerinin baskın olduğu kısımları gösterir (Parsons ve ark. 1984). Bölgede yüzey değerlerinin 8.05 ve 9.2 ml/l aralığında değişmesi bize tüm alanda yüksek fotosentez aktivitesinin varlığını dolayısı ile

fotosentetik fitoplanktonun yoğun olduğunu işaret eder. Bunun yanısıra yüzeyde çözünmüş oksijen miktarı yüzey su sıcaklığı ve tuzluluğunun da bir fonksiyonudur. Genelde Karadeniz'in yüzey suları yıl boyunca oksijen zengindir. Ancak, yaz ve kış aylarındaki yüzey suyu sıcaklığına bağlı olarak üst tabakanın oksijen içeriği 250 ile 450 μM arasında değişir (Yılmaz ve ark., 1997) En yüksek DO değerleri, termoklin altındaki sıcaklığı düşük (soğuk) tabakada gözlenmektedir. Yüzeye yakın bu soğuk su kütlesinde fotosentez sürekli var olduğundan, oksijen konsantrasyonu suyun doygunluk değeri üzerine çıkabilmektedir.

Fotosentetik fitoplanktonun gelişmesinde en önemli parametrelerden bir diğeri ise ortamda yeterince besin maddelerinin bulunmasıdır. Araştırma süresince yüzeyde ölçülen fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerleri minimum 0.02 ve maksimum 0.53 $\mu\text{mol/l}$ düzeylerinde değişmiştir. Fosfatın kıyılarımızda dağılımından bu besin tuzunun yoğun bir şekilde kullanıldığı anlaşılmakta ve özellikle Karadeniz kıyılarımız için sınırlayıcı besin tuzu olarak kabul edilmektedir. 1994-1997 dönemlerine ait bulgular da besin tuzları derişimlerinin Karadeniz'in yüzey sularında mevsimsel ve bölgesel boyutta önemli değişimler gösterdiğini vurgulamaktadır (Yılmaz ve ark., 1997). Fotosenteze dayalı tüketimden dolayı, Karadeniz'in ilk 40-50 metrelük yüzey tabakasında besin tuzu konsantrasyon değerleri genellikle düşüktür. Bu değerler nehirler aracılığı ile karasal girdilerin yoğun olduğu bölgelerde, yüzey sularında göreceli olarak bir miktar artmaktadır. Bölgesel bazda hesaplanan yüzey suyu (öfotik tabakası) ortalamaları, reaktif fosfat için 0.03 ile 0.3 μM arasında değişmektedir.

Yüzey toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) değerleri en düşük 0.11 ve en yüksek 2.21 $\mu\text{M/l}$ olarak bulunmuştur. Şekil 8'de görüldüğü üzere değerler bir iki açık istasyonu haricinde, yüzey konsantrasyonları açısından homojen dağılım göstermektedir. Yılmaz ve arkadaşlarına (1997) göre 1994-1997 döneminde nitrat+nitrit (NO_x) değerlerinin

bölgесel ve mevsimsel değişimleri 0.16 ila 1.5 μM arasında olmuştur. En düşük NO_x değerleri, karasal girdinin çok sınırlı olduğu siklonik bölgelerde ölçülmüştür. Benzer şekilde açık sularda fosfat değerleri de düşük bulunmuştur.

Fosfat ve toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) yüzey değerlerinin aksine silikat değerleri değişim aralığı en düşük 0.1 ve en yüksek 2.1 $\mu\text{M/l}$ olmak üzere daha geniş olmuştur. Aynı durum yapılan uzun dönemli çalışmalarında da gözlenmiştir. Güney Karadeniz'in yüzey sularında reaktif silikat konsantrasyonu gerek bölgесel gerekse mevsimsel farklılıklar göstermektedir. Özellikle kış dönemlerinde dikey karışım larla alt tabaka kaynaklı girdiler sonucu yüzey sularında silikat derişiminin 5-10 μM seviyesine kadar yükseldiği gözlenmiştir (Yılmaz ve ark.1997). 1994-1997 döneminde ise bölgесel olarak, yüzey sularındaki silikat derişimi çoğunlukla 1-4 μM arasında değişmiştir. Diğer besin tuzlarına oranla silikatin üst yüzey sularında daha çabuk regenere olması (Raymont, 1963) silikatin ortamda daima yeterince bulunmasına olanak kılmaktadır. Ayrıca nehirler aracılığı ile yüksek düzeyde silikat ortama karışmaktadır.

5.2. FLUORESANS MAKСИМУМ TABAKASINDA DAĞILIM

Cyanobakteri *Synechococcus* sp fluoresans maksimum tabakasında dağılımı yüzeyde dağılıma oranla istasyonlar arası fazla bir değişkenlik göstermemiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans maksimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 126,456 olmuştur ve yüzey ortalamasından daha yüksektir. Şekil 11'de de görüldüğü üzere hücre sayımları mililitrede en düşük değer, 1 no'lu istasyonda, 36,341 ve en yüksek değer, 14 no'lu istasyonda, 519,897 olarak bulunmuştur.

Yüzeyde hücre sayımları kıyılarda daha yüksek çıkışına karşın aynı durum fluoresans maksimum tabakası için söz konusu olmamıştır. Kıyı kesimlerden sadece Kızılırmak ve Yesilirmak arası uzanan hattın başlangıç istasyonlarında göreceli olarak yüksek sayımlar elde edilmiştir. Sakarya ve Yenice İrmakları açıklarında soğuk (Şekil 12) ve göreceli olarak daha az tuzlu (Şekil 13) 11, 12, 13 ve 14 no'lu istasyonlarda sayımlar yüksek çıkmıştır.

Şekil 14 üzerinde in-situ fluoresans verilerinin fluoresans maksimum tabakasında istasyonlar arası dağılımı verilmektedir. Burada hem açıklarda hem de kıyısal kesimde yüzeyde dağıldığı gibi farklı değerler gözlenmiştir.

Fluoresans maksimum tabakasından alınan örneklerde yapılan çözünmüş oksijen ölçüm sonuçlarına göre (Şekil 15) daha tuzlu, soğuk açıklarda daha yüksek değerler bulunmuştur. Yüzeye oranla değişim aralığı daha geniş ve yüksek olmuştur. Yüzey değerleri değişim aralığı 8.05 ve 9.2 ml/l arasında olmasına karşın bu tabakada 7.72 ve 12.13 ml/l aralığında olmuştur. Bu da bize tüm alanda bu tabakada yüksek fotosentez aktivitesinin varlığını dolayı ile fotosentetik fitoplanktonun yoğun olduğunu işaret eder..

Araştırma süresince bu tabakada ölçülen fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerleri minimum 0.02 ve maksimum 0.63 $\mu\text{mol/l}$ düzeylerinde değişmiştir (Şekil 16). Bu değerler yüzey değişim aralığı ile hemen hemen aynıdır. Bu da bize fosfatın bu tabakada da yoğun olarak kullanıldığını göstermektedir.

Toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) değerleri en düşük 0.02 ve en yüksek 0.41 $\mu\text{M/l}$ olarak bulunmuştur (Şekil 17). Yüzeye oranla bu değerler çok düşük kalmış ve de bize yoğun olarak kullanıldığını göstermiştir.

Fosfat ve toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) değerlerinin aksine silikat değerleri derinlikle artış göstermiş ve değişim aralığı en

düşük 0.05 ve en yüksek 6.9 $\mu\text{M/l}$ olmak üzere daha geniş olmuştur (Şekil 18).

Toplam klorofil -a ölçümleri 12 istasyonda yapılmasına karşın en yüksek değerler hücre sayımlarının en yüksek olduğu istasyonlarda çıkmıştır. Klorofil-a değerleri değişim aralığı en düşük 0.18 ve en yüksek 1.71 $\mu\text{g/l}$ olmuştur.

5.3. FLUORESANS MİNİMUM TABAKASINDA DAĞILIM

Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücre sayımları fluoresans minimum tabakasında üst tabakalara oranla istasyonlar arası büyük değişkenlikler göstermiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans maksimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 11,820 olmuştur ve üst tabakalar ortalamalarından çok düşüktür. Şekil 20'de de görüldüğü üzere hücre sayımları mililitrede en düşük değer, 8 no'lu istasyonda, 1,976 ve en yüksek değer, 24 no'lu istasyonda, 32,563 olarak bulunmuştur.

Kıyı kesimlerden İstanbul Boğazı çıkışısı, Samsun önü ve Trabzon kiyisi sayıca yoğun bölgeleri oluşturmuşlardır. Sıcaklık (Şekil 21) ve tuzluluk (Şekil 22) dağılımlarına bakıldığından istasyonlar arasında İstanbul Boğazı çıkışı haricinde büyük bir farklılık gözlenmemektedir. Buna karşın bu tabakada in-situ fluoresans verileri istasyonlar arası çok değişkenlik göstermiştir (Şekil 23). Burada hem açıklarda hem de kıyasal kesimde üst tabakalarda olduğu gibi farklı değerler gözlenmiştir.

Fluoresans minimum tabakasından alınan örneklerde yapılan çözünümüş oksijen ölçüm sonuçlarına göre (Şekil 24) değişim aralığı minimum 1.82 ve maksimum 10.21 ml/l olmuştur. Üst tabakalara oranla değişim aralığı çok daha geniş olmuştur. Bu da bize bu tabakada bazı kesimlerde aktif fotosentezin varlığını ve aynı zamanda da kimi bölgelerde aynı derinliklerde solunumla tüketimin daha yoğun olduğunu gösterir.

Araştırma süresince alt tabakada ölçülen fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerleri minimum 0.02 ve maksimum 0.75 $\mu\text{mol/l}$ düzeylerinde değişmiştir (Şekil 25). Bu değerler üst tabaka değişim aralığı ile hemen hemen aynıdır. Bu da bize fosfatın bu tabakada da yoğun olarak kullanıldığını göstermektedir.

Toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) değerleri en düşük 0.34 ve en yüksek 5.13 $\mu\text{M/l}$ olarak bulunmuştur (Şekil 26). Üst tabakalara oranla burada belirgin artışlar gözlenmiştir.

Toplam oksitlenmiş azot (nitrat+nitrit) değerlerine paralel olarak silikat değerlerinde derinlikle büyük bir artış gözlenmiş ve değişim aralığı en düşük 2.1 ve en yüksek 33.5 $\mu\text{M/l}$ olmak üzere daha geniş olmuştur (Şekil 27).

Toplam klorofil -a ölçümleri 7 istasyonda yapılmasına karşın en yüksek değere İstanbul Boğazı çıkışında rastlanmıştır. Klorofil-a değerleri değişim aralığı en düşük 0.03 ve en yüksek 0.26 $\mu\text{g/l}$ olmuştur.

5.4. İSTASYONLAR ARASI DAĞILIM

Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücre sayımlarını istasyon bazında derinlikle değerlendirmek üzere fiziksel ve kimyasal parametrelerle birlikte şekilleri çizilmiştir (bkz. Şekil 32-49). Fosfat ve nitrat konsantrasyonlarının diğer parametre birimlerine oranla düşük olması nedeni ile derinlikle dağılımları için ayrı şekil çizilmiştir.

İstanbul Boğazı çıkışı batı tarafı 1 no'lu istasyonda (Şekil 32) hücre sayımları derinlikle azalma göstermiştir. Şekiller üzerinde hücre sayımlarının derinlikle net olarak dağılmını görebilmek için log hücre sayımları 3 ile çarpılmıştır. Yüzey karışım tabakasında yüzeyden 25 metreye kadar olan kısımda (termoklin 25 m civarı) hücre sayımları daha yüksek olmuş ve en yüksek değere yüzeyde ulaşılmıştır. Hücre sayımları ile paralel olarak yerinde fluoresans ölçümleri de yüzey karışım tabakasında yüksek çıkmıştır. Yüzey karışım tabakasında plankton ve

askı yükün fazlalığı nedeni ile de ışık geçirgenliği termoklinin altına oranla daha düşük kalmıştır. Yüzeyde besin tuzlarından fosfat ve nitrat fotosentetik planktonca aşırı tüketildiğinden özellikle nitrat termoklinin altı ile derinlikle belirgin artış göstermiştir (Şekil 33).

1 no'lu istasyonun daha açığında 2 no'lu istasyonda yapılan sayımlarda ise 1 no'lu istasyondan farklı olarak en yüksek değere 30 metrede fluoresans maksimum ve yanısıra termoklin üzerinde ulaşılmıştır (Şekil 34). Bu istasyonda hücre sayımları, yerinde fluoresans ve çözünmüş oksijen değerleri derinlikle tam uyum içinde dağılmışlardır. Nitrat ve fosfat üst tabakada aşırı kullanım nedeni ile tüketilmiştir (Şekil 35). Nitrat 80 metrede maksimum vermiş ve bunun altında da oksijensiz ortamda denitrifikasyonla azalma göstermiştir. Yine aynı şekilde fosfat ta 80 m civarında küçük bir artış daha sonra azalış ve tekrar yükselmiştir.

3 no'lu istasyon İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışı olması nedeni ile ayrı özellikler göstermiştir. İstanbul Boğazı alt akıntı ile Akdeniz orjinli suyun girmesi ve Karadeniz suları ile karışması nedeni ile 40 metreden sonra tuzlulukta belirgin bir artış gözlenmektedir (Şekil 36). Sıcaklıkta derinlikle belirgin bir farklılaşma görülmemiş ve aynı şekilde hücre sayımları, ışık geçirgenliği ve yerinde fluoresans ölçümlerinde derinlikle fazla bir değişim gözlenmemiştir. Hücre sayımlarında en yüksek değer 20 metrede en düşük değer de 50 metrede bulunmuştur. Fosfat ve nitrat kullanımı ilk 30 metrede yoğun olup özellikle nitrat bu derinlikten sonra belirgin artış göstermiştir (Şekil 37). Klorofil-a ölçüm sonuçlarına göre yüzeyden 30 metreye doğru bir artış daha sonra da düşüş gözlenmiştir.

3 no'lu istasyonun daha açığı 4 no'lu istasyonda hücre sayımları en yüksek 10 metrede olmuştur. Yüzey karışım tabakasında genelde hücre sayımları daha yüksek termoklinin altı ise düşük olmuştur (Şekil 38). Yerinde fluoresans ölçümleri ve hücre sayımları arasında derinlikle tam uyum vardır. Termoklin tabakası 3 no'lu istasyona oranla daha

yukarda olup, yüzey karışım tabakası ilk 20 metre ile sınırlanmıştır. Çözünmüş oksijen değerleri alt tabakaya oranla yüzey karışım tabakasında daha düşük olmuştur. Fosfat değerleri tüm drinliklerde çok düşükmasına karşın nitrat değerleri termoklinin altı ile derinlikle artış göstermiştir (Şekil 39).

5 no'lu açık istasyonunda ilk 30 metrede hücre sayımları birbirlerine yakın düzeye olmuş ve termoklinin altında düşmüştür (Şekil 40). Yüzey karışım tabakasında yerinde fluoresans ölçüm değeri maksimum 20 metrede bulunmasına karşın hücre sayımları düşük görülmektedir. Genelde yerinde fluoresans ölçümlerinin derinlikle dağılımına bakıldığından yüzeye ilk birkaç metrede düşük değerler ve giderek artış gösteren bir eğim ve bunun sonucu bir alt maksimum ve bunu izleyen bir düşüş görülür. Bunun nedeni hemen yüzeye ve yüzeyle yakın derinliklerde mevcut planktonun klorofil içeriğinin aşırı dozda güneş ışığından etkilenerek bozulmasıdır. Epifloresan mikroskop altında yapılan incelemelerde yüzey ve yüzeyle yakın derinliklerdeki fotosentetik hücrelerdeki klorofil daha zayıf ve kısa süreli fluoresans vermektedir. Aynı durum Cyanobakteri *Synechococcus*'un pigment yapısındaki fikoeritrin için de geçerlidir. Özellikle yaz dönemlerinde yüzey ve yüzeyle yakın derinliklerde mevcut hücrelerin zayıf ve kısa süreli fluoresans vermeleri nedeni ile sayımlar güçleşmekte bazen de hiç mümkün olmamaktadır. Aslında hücre sayıları yüzeye daha çok olmasına karşın bu nedenlerle direkt hücre sayımları ile yerinde fluoresans ölçümleri arasında doğrudan pozitif bir ilişki bulunmamaktadır. Bu istasyonda derinlikle ışık geçirgenliğinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Fosfat ve nitrat yüzey karışım tabakasında aşırı kullanımından dolayı tüketilmiş ve termoklinin altında derinlere doğru artış göstermiştir (Şekil 41).

6 no'lu en açık istasyonda yüzey karışım tabakası ilk ~20 metre ile sınırlanmış olup en yüksek hücre sayımı hemen yüzeye elde edilmiştir (Şekil 42). Hücre sayımları yüzeye mililitrede ~59,000 iken

20 metrede ~23,000 olmuş daha sonra tekrar artarak 42 metrede ~43,000 olmuştur. Bu derinlikten sonraki alt derinliklerde ise en düşük seviyelere inmiştir. Yerinde fluoresans maksimum derinliğinde (28 m) çözünmüş oksijen maksimum değere ulaşmış, hücre sayımları da mililitrede ~46,000 hücreye ulaşmıştır. Hücre sayımlarının yüksek olduğu ilk 42 metrelik kısımda besin tuzları konsantrasyonları kullanımdan ötürü düşük olmuş ve hemen bu derinlikten sonra artış göstermiştir (Şekil 43).

8 no'lu Sakarya açığı istasyonda ise yüzey karışım tabakasında hücre sayımları mililitrede ortalama ~66,000 olup en yüksek değer 1 metrede ~77,000 olmuştur. Bu istasyonda yapılan birincil üretim hızı ölçüm sonuçlarına göre (Yılmaz ve ark. 1997) yüzeyde üretim daha yüksek oranda ($>60 \text{ mgC/m}^3/\text{gün}$) bulunmuştur. Birim alanda $859 \text{ mgC/m}^2/\text{gün}$ üretim kapasitesi ile diğer birincil üretim ölçümleri yapılan istasyonları geçmiştir. Nisan 1995-Eylül/Ekim 1996 döneminde Karadeniz'de yapılan birincil üretim ölçümlerinde, güneş ışığı şiddetinin %10'dan yüksek olduğu yüzey sularında planktonik canlıların organik madde sentezleme hızının her zaman yüksek olduğu belirlenmiştir (Yılmaz ve ark. 1997). İşık şiddetinin %10'un altına düşüğü derinliklerde ise birincil üretim hızında belirgin bir düşüş gözlenmektedir. Bu istasyonda ışık şiddeti %10'un altına hemen ilk 15 metre derinlikte düşmesine karşın 23 metre derinlikte mililitrede hücre sayımları yüzey değerlerine yakındır. Aynı şekilde yerinde fluoresans ölçümleri 23 metrede maksimum olmuş ve klorofil- α ölçümü de yüzey değerleri düzeyinde olmuştur (Şekil 45). Bu durumda bu derinlikte mevcut hücrelerin varlığını, klorofil içeriklerinin doygun olduğunu fakat fotosentetik aktif ışınımın yetersizliği nedeni ile aktif fotosentez yapamadıklarını söyleyebiliriz.

Doğu sıklonik bölgede mevcut 21 no'lu istasyonda yapılan hücre sayımlarında yüzey karışım tabakasında mililitrede hücre sayımları ~104,000 olmuş ve en yüksek sayımlar mililitrede 110,868 ile 17 metrede

elde edilmiştir (Şekil 46). Termoklinin hemen altında 27 metre derinlikte sayımlar aniden düşüş göstererek (~58,000) 46 metrede ~20,000 civarına düşmüştür. Bu istasyonda yapılan birincil üretim sonuçlarına göre üretim 591 mgC/m²/gün olarak 8 no'lu istasyondan daha düşük olmuştur (Yılmaz ve ark. 1997). Besin tuzları termoklinin altı ile artış göstermiştir (Şekil 47).

Batum Antisiklonu içerisinde yer alan 25 no'lu istasyonda ise hücre sayımları yüzey karışım tabakasında yüksek bulunmuş olup hemen yüzeyde mililitrede 125,743 hücre bulunmuştur. Yüzey karışım tabakasındaki homojen dağılıma karşın termoklinin hemen altı ile aniden düşüş göstererek 32 metrede 27,559 ve 50 metre derinlikte 10,340 olmuştur (Şekil 48). Yerinde fluoresans ölçümleri termoklinin üzeri yüzey karışım tabakasında göreceli olarak biraz daha yüksek olmuş fakat klorofil- α ölçümleri 12 ve 16 metre derinliklerde belirgin bir artış göstermişlerdir. Aynı şekilde hemen yüzeylerde fosfat ve nitrat konsantrasyonları yüksek bulunmuş, bunun hemen altı derinliklerde aniden düşmüş ve termoklinin altı ile tekrar yükselme göstermiştir (Şekil 49). Bu istasyonda yapılan birincil üretimi saptama çalışmasında batıda Sakarya açısından 8 no'lu istasyondaki günlük üretmeye eşdeğer üretim (842 mgC/m²/gün) hızı bulunmuştur.

5.5. GÜN BOYUNCA DAĞILIM

Tüm araştırma alanında derinlikle ve istasyon bazında hücre sayımlarında gözlemlenen farklılıklar değişik faktörlere bağlıdır. Öncelikle ortam besin tuzlarının seviyesi, fotosentetik aktif ışığın düzeyi ve su kolonunda dağılımı, otlanıcıların baskısı ve en önemlisi örneklemeye zamanı (gün içinde) hücrelerin sıklığında önemli rol oynamaktadır. Tüm alanda hücre sayımlarının zamana karşı dağılım grafiği çizildiğinde gün boyunca değişimin olduğu gözlenmiştir (Şekil 29). Aynı durum Arap Denizi'nde (Umman Denizi) gerçekleştirdiğimiz çalışmalar da

gözlenmiştir (Sherry ve Uysal, 1995). Şekil 29 üzerinde tüm araştırma alanında yer ve zaman gözetmeksiz elde edilen tüm sayımların örnekleme zamanına karşı grafiği çizildiğinde bir u eğrisi (polynomial fit yaparak) elde edilmiştir. Buradan Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücrelerinin gece yarısından başlayarak sabah süresince gün ortasına kadar otlanma (grazing) baskısı altında olduğu ve öğleden sonra da yavaş yavaş başlayarak akşam süresince bölünerek çoğaldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca öğleden sonra akşam süresince alınan örneklerde bolca bölünmekte olan hücrelere rastlanmıştır. Aynı durum fluoresans maksimum tabakasında bulunan hücreler için de geçerlidir (Şekil 30). Burada da yüzeyde olduğu gibi aktif otlanma ve bölünerek çoğalma süreçleri belirgindir. Aynı durum fluoresans minimum tabakasında çok belirgin olmamakla beraber yine de böyle bir eğimin varlığından bahsedebiliriz. Burada sorun gece yarısından başlayarak sabah süresine düşen örnek sayısının yetersizliğinden kaynaklanmaktadır.

Cyanobakteri *Synechococcus* sp otlanma baskısından kaynaklanan ölüm (mortalite) oranları, bölünerek çoğalma, pigment yapısı, hücre boyu, dağılımı, su kolonunda sıklığı, birincil üretime katkısı birçok araştırmacı tarafından çeşitli denizlerde çalışılmıştır (Burkhill ve ark, 1993; Gallager ve ark., 1994; Li ve ark., 1993; Li ve Wood, 1988; Wood ve ark., 1985; Olson ve ark., 1990; Iturriaga ve Mitchell., 1986; Li., 1994; Campbell ve Carpenter., 1986; Seiburth ve ark. 1978). Bu türün ılıman ve tropik denizlerde yoğun olarak bulunması ve özellikle oligotrofik denizlerde üretime katkılarının yüksek oranda olması nedeni ile araştırmacıların yoğun ilgisini çekmiştir. Arap Denizi, Umman Körfezi civarında yapılan deneysel çalışmalarla cyanobakteri populasyonlarının spesifik büyümeye oranlarının 0.5-1.0/gün olduğu ve aynı şekilde de mikrozooplankton tarafından etkin bir şekilde gün içerisinde yenildiği saptanmıştır (Burkhill ve ark, 1993). Çok çeşitli grupların, özellikle nanoflagellalılar, küçük siliatlar (Haas & Webb, 1979; Fenchel 1982;

Landry ve ark. 1984; Wright & Coffin, 1984; Rassoulzadegan & Sheldon, 1986; Hagstrom ve ark. 1988) ergin kalanoid kopepodlar (Johnson ve ark. 1982), kopepod nauplii ve ketognatlar (Iturriaga ve Mitchell, 1986) tarafından tüketildiği saptanmıştır.

5.6. HÜCRE DAĞILIMI VE FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELERLE İLİŞKİSİ

Synechococcus sp hücre sayısı dağılımı ve ortam fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında çok kuvvetli ilişkiler bulunmuştur (Tablo 2). İlişkilerin saptanmasında Spearman Rank Korelasyon (Snedecor ve Cochran, 1976) hesaplaması yapılmıştır. Tablodan da görüleceği üzere hücre sayısı ve zaman arasındaki ilişki haricinde tüm parametrelerle hücre sayımları arasında çok kuvvetli ($r>P_{.01}$) ilişki bulunmuştur. Zamanla hücre sayıları arasında ilişkinin olmaması ise yukarıda da belirtildiği üzere çok doğaldır. Çünkü, örnekleme alanında yer ve zaman gözetmeksiz elde edilen tüm sayılmış sonuçlarının örnekleme zamanına karşı grafiği çizildiğinde bir u eğrisi (polynomial fit yaparak) elde edilmiştir. Buradan Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücrelerinin gece yarısından başlayarak sabah süresince gün ortasına kadar otlanma (grazing) baskısı altında olduğu ve öğleden sonra da yavaş yavaş başlayarak akşam süresince bölünerek çoğaldığı anlaşılmaktadır. Böyle bir dağılımda bu iki parametre arasında ilişki beklenemez.

Hücre sayımları ile tuzluluk, derinlik, besin tuzları (fosfat, nitrat, silikat) parametreleri arasında çok kuvvetli negatif ilişki bulunmuştur. Bu durumu hücre sayımlarının genelde derinlikle azalımı ve diğerlerinin derinlikle artışı olarak özetleyebiliriz. Hücre sayımları ile sıcaklık, çözünmüş oksijen, fluoresans ve klorofil *a* arasındaki pozitif ilişkiyi de derinlikle birbirleri arasındaki uyumlu azalışa bağlayabiliriz. Kısaca Cyanobakteri *Synechococcus*'un Karadeniz'de su kolonunda dağılımının ortam faktörlerine çok bağımlı olarak gelişliğini söyleyebiliriz.

6. KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

Projenin gerçekleşmesinde en önemli iki aşama gerekli Epifluoresan mikroskop ataşmanının zamanında alınıp takılması ve uygun deniz seferinin yapılması idi. Kapsamlı deniz çalışmalarının bütçesinin yüksek olması her istenilen zamanda araştırmaların yapılmasına olanak sağlamamaktadır. Her ne kadar bu proje sözleşmesi 01.11.1996 ve 01.11.1997 tarihleri süresince yürürlükte ise de proje seferi Eylül-Ekim 1996'da gerçekleştirilmiştir. Hatırlanacağı üzere, sunulan ikinci basamak proje önerisinde proje başlangıç tarihi Ekim 1996 olarak verilmiş ve çalışma takviminde tasarlanan seferin Nisan-Haziran 1997 döneminde yapılması planlanmıştır. Eylül-Ekim 1996 seferi Karadeniz'de gerçekleştirilen son sefer olup mevcut olanaklar dahilinde bu tarihten sonra Karadeniz'e hiçbir sefer düzenleme imkanı olmamıştır ve yakın bir süreçte de gerçekleşeceği olası gözükmemektedir. Dolayısı ile bu sefer sırasında proje amaçlarına uygun olarak örnekleme hemen proje başlangıcında eldeki mevcut imkanlarla yapılmıştır.

Proje amaçları doğrultusunda eksikliği hissedilen tek konu gerekli saha mikrokozm deneyinin yapılamamasıdır. Bu deneyden amaç bu grubun gün boyunca büyümесini ve otlanma (grazing) baskısı ile azalma süreçlerini saptamak ve ayrıca besin tuzları ile direkt ilişkisini saptamaktı. Proje seferinin arzulanan tarihten önce gerçekleşmesi ve eldeki mevcut filtrelerin kısıtlı olması nedeni ile bu kısım arzulanan şekilde yapılamamıştır. Gerçi bu parametreleri, mevcut doğal ortamda zamana karşı elde edilen sayımlarından da elde etmek mümkündür.

Projeyi desteklemek amacıyla Kurumca sağlanan 230.000.000 TL.'nın şu ana deðin 220.535.500 TL.'na Sarf Malzemesi kaleminden Nuklepore Membran Filtreler, Lam ve Lamel ve İmmersiyon Yağı alınmıştır. Dolayısı ile projenin hemen başlangıcında kullanılan malzemenin yeri doldurulmuştur.

Genel anlamda projenin bilimsel, teknik ve mali açıdan gelişimi arzu edilen seviyede olmuştur. Herhangi büyük bir aksama olmaksızın planlanıldığı şekilde Karadeniz'e bir sefer gerçekleştirilmiş ve hedeflenen parametreler tüm Karadeniz kıyımızı kapsayacak şekilde, geniş bir alandan toplanmıştır. Sonuç olarak Karadeniz'de Cyanobakteri *Synechococcus*'un yüzey ve derinlikle dağılımı, ortam fiziko-kimyasal parametreleri ile ilişkisi, günlük büyümeye ve otlanma baskısı ile azalma süreçleri saptanmıştır.

7. SONUÇLAR

Proje kapsamında 24 Eylül-5 Ekim 1996 tarihleri arasında Karadeniz Münhasır Ekonomik Bölge’mizi kapsayacak şekilde, ODTÜ - Deniz Bilimleri Enstitüsü’ne ait R/V Bilim gemisi ile bir sefer gerçekleştirilmiş ve gerekli parametreler toplanmıştır. Proje çerçevesinde toplam 26 istasyon ziyaret edilmiş olup, her istasyonda yüzey ve farklı derinliklerden olmak üzere, toplam 121 örnek toplanmıştır. Ayrıca tüm istasyonlarda incelenen su kolonunda kesintisiz fiziksel ve belirli aralıklarda kimyasal parametrelerin ölçümleri yapılmıştır.

Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücre sayımları, istasyonlar arası ve ayrıca derinlikle farklılıklar göstermiştir. Derinlikle gözlenen bu farklılıklar nedeni ile hücre yoğunlukları yüzey, klorofil maksimum ve klorofil minimum tabakaları olmak üzere 3 farklı tabaka için değerlendirilmiştir.

Tüm istasyonlarda, yüzeye, mililitrede ortalama hücre sayısı 109,256 olmuş ve en düşük değer 37,323 ve en yüksek değer 211,569 arasında değişmiştir: En düşük ve en yüksek değerler arasında yaklaşık 5.7 kat bir oran mevcuttur. Bu oran bize aynı zamanda taranan alanın ne derecede değişken özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Genelde, kıyısal kesimler hücre sayımları açısından açık, iç kesimlere oranla daha zengin olmuştur. İstanbul Boğazı Karadeniz çıkışı 3-4 no’lu istasyonlar, Sakarya nehri batısı 9-10 no’lu istasyonlar, Samsun önü 17, 18 ve 19 no’lu istasyonlar ile daha doğuda Trabzon önlerinde 24 ve 25 no’lu istasyonlar hücre sayımları açısından zengin bölgeleri oluşturmuşlardır. Hücre sayımlarının yüksek olduğu bu kesimler açıklara oranla daha sıcak (Şekil 3) ve daha az tuzlu (Şekil 4) yüzey sularının bulunduğu kıyısal bölgelerdir ve genelde de hücre sayımları ile ortam su sıcaklığı arasında pozitif bir ilişki ve tuzlulukla ters olarak negatif bir ilişki saptanmıştır (Tablo 2).

Synechococcus sp hücre sıklığı fluoresans maksimum tabakasında yüzeye oranla istasyonlar arası fazla bir değişkenlik göstermemiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans maksimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 126,456 olmuştur ve yüzey ortalamasından daha yüksektir. Kıyı kesimlerden sadece Kızılırmak ve Yeşilirmak arası uzanan hattın başlangıç istasyonlarında göreceli olarak yüksek sayımlar elde edilmiştir. Sakarya ve Yenice Irmakları açıklarında soğuk (Şekil 12) ve göreceli olarak daha az tuzlu (Şekil 13) 11, 12, 13 ve 14 no'lu istasyonlarda sayımlar yüksek çıkmıştır.

Hücre sayımları fluoresans minimum tabakasında üst tabakalara oranla istasyonlar arası büyük değişkenlikler göstermiştir. Tüm istasyonlarda fluoresans minimum tabakasında mililitrede ortalama hücre sayısı 11,820 olmuştur ve üst tabakalar ortalamalarından çok düşüktür. Şekil 20'de de görüldüğü üzere hücre sayımları mililitrede en düşük değer, 8 no'lu istasyonda, 1,976 ve en yüksek değer, 24 no'lu istasyonda, 32,563 olarak bulunmuştur. Kıyı kesimlerden İstanbul Boğazı çıkışı, Samsun önü ve Trabzon kıyısı sayıca yoğun bölgeleri oluşturmuşlardır. Sıcaklık (Şekil 21) ve tuzluluk (Şekil 22) dağılımlarına bakıldığından istasyonlar arasında İstanbul Boğazı çıkışı haricinde büyük bir farklılık gözlenmemektedir.

Cyanobakteri *Synechococcus* sp hücreleri genelde gece yarısından başlayarak sabah süresince gün ortasına kadar otlanma baskısı altında olmakta ve öğleden sonra da yavaş yavaş başlayarak akşam süresince bölünerek çoğalmaktadır. Yüzeyde daha belirgin olarak oluşan bu durum fluoresans maksimum tabakasında bulunan hücreler için de geçerlidir.

Synechococcus sp hücre sayısı dağılımı ve ortam fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında çok kuvvetli ($r>P_{.01}$) ilişkiler bulunmuştur. Hücre sayımları ile tuzluluk, derinlik, besin tuzları (fosfat, nitrat, silikat) parametreleri arasında çok kuvvetli negatif bir ilişki bulunmuştur. Bu durumu hücre sayımlarının genelde derinlikle azalımı

ve diğerlerinin derinlikle artışı olarak özetleyebiliriz. Hücre sayımları ile sıcaklık, çözünmüş oksijen, fluoresans ve klorofil α arasındaki pozitif ilişkiyi de derinlikle birbirleri arasındaki uyumlu azalışa bağlayabiliriz. Kisaca Cyanobakteri *Synechococcus*'un Karadeniz'de su kolonunda dağılımının ortam fiziko-kimyasal faktörlerine çok bağımlı olarak gelişliğini söyleyebiliriz.

8. HARCAMALAR

Proje bütçesi ve yapılan harcamaların dağılımı (TL)

| Kalemler | Toplam ödenek | Harcanan | Kalan |
|---------------|--------------------|--------------------|-------|
| Personel | -- | -- | -- |
| Teçhizat | -- | -- | -- |
| Sarf | 230.000.000 | 230.000.000 | -- |
| Seyahat | -- | -- | -- |
| Hizmet alımı | -- | -- | -- |
| Toplam | 230.000.000 | 230.000.000 | -- |

9.REFERANSLAR

- Burkhill, P.H., Leakey, R.J.G., Owens, N.J.P. & Mantoura, R.F.C., *Synechococcus* and its importance to the microbial foodweb of the northwestern Indian Ocean. *Deep- Sea Research*, II, 40:3, 773-782, (1993).
- Campbell, L. ve Carpenter, E.J., Diel patterns of cell division in marine *Synechococcus* spp. (Cyanobacteria): use of the frequency of dividing cells technique to measure growth rate, *Marine Ecology-Progress Series*, 32, 139-148, (1986).
- Fenchel, T., Ecology of heterotrophic microflagellates. IV. Quantitative occurrence and importance as bacterial consumers. *Marine Ecology-Progress Series*, 9: 35-42, (1982).
- Gallager, S.M., Waterbury, J.B.,& Stoecker, D.K., Efficient grazing and utilization of the marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. by larvae of the bivalva Mercenaria mercenaria. *Marine Biology*, 119: 251-259, (1994).
- Haas, L.W. & Webb, K.L., Nutritional mode of several non-pigmented microflagellates from the York river estuary, Virginia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 39:125-134, (1979).
- Hagstrom, A., Azam, F., Anderson, A., Wikner, J. & Razzoulzadegan, F., Microbial loop in an oligotrophic pelagic marine ecosystem: possible roles of cyanobacteria and nanoflagellates in the organic fluxes. *Marine Ecology-Progress Series*, 49: 171-178. (1988).
- Iturriaga, R. & Mitchell, B.G., Chroococcoid cyanobacteria: a significant component in the food web dynamics of the open ocean. *Marine Ecology-Progress Series*, 28, 291-297, (1986).
- Johnson, P.W., Huai-shu Xu. &, Sieburth, J. McN.,The utilization of chroococcoid cyanobacteria by marine protozooplankters but not by calanoid copepods. *Annls. Inst. Oceanogr.* Paris 58:297-308. (1982)
- Landry, M.R., Haas, L.W.& Fagerness, V.L., Dynamics of microbial plankton communities: experiments in Kaneohe Bay, Hawaii. *Marine Ecology-Progress Series*, 162: 127-133. (1984).
- Li, W.K.W., Primary production of prochlorophytes, cyanobacteria, and eucaryotic ultraphytoplankton: Measurements from flow cytometric sorting. *Limnol. Oceanogr.* 39(1), 169-175, (1994).
- Li, W.K.W. & Wood, A.M., Vertical distribution of North Atlantic ultraphytoplankton: analysis by flow cytometry and epifluorescence microscopy. *Deep-Sea Research*, 35:9, 1615-1638, (1988).
- 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).
- Olson, R.J., Chisholm, S.W., Zettler, E.R. & Armbrust, E.V., Pigments, size and distribution of *Synechococcus* in the North Atlantic and Pacific Oceans. *Limnol. Oceanogr.* 35(1), 45-58, (1990).

- Parsons, T.R., Takahashi, M. & Hargrave, B.**, Biological Oceanographic Processes. Pergamon Press, New York. 330 p. (1984).
- Raymont, John, E.G.**, Plankton and Productivity in the Oceans. Pergamon Press, Oxford, 660 p. (1963).
- Rassoulzadegan, F. & Sheldon, R.W.**, Predator-prey interactions of nanozooplankton and bacteria in an oligotrophic marine environment. *Limnol. Oceanogr.* 31: 1010-1021. (1986).
- Seiburth, J. McN, Smetacek, V. & Lenz, J.**, Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relations to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.* 23: 1256-1263. (1978).
- Sherry, N. D. & Uysal, Z.**, Diurnal and spatial variability in picocyanobacterial abundance during February in the Arabian Sea. Annual meeting of Phycological Soc. of America. August 1995, Breckenridge, CA. U.S.A. (1995).
- Snedecor, G. W. & Cochran, W.G.**, Statistical methods. The Iowa State University Press. IOWA, U.S.A. 593 p.
- Wood, A.M., Horan, P.K., Muirhead, K., Phinney, D.A., Yentsch, C.M. & Waterbury, J.B.**, Discrimination between types of pigments in marine *Synechococcus* spp. By scanning spectroscopy, epifluorescence microscopy, and flow cytometry. *Limnol. Oceanogr.* 30(6), 1303-1315, (1985).
- Wright, R.T. & Coffin, R.B.**, Measuring microzooplankton grazing on planktonic marine bacteria by its impact on bacterial production. *Microb. Ecol.* 10: 137-149, (1984).
- Yılmaz, A., Latif, M.A., & Salihoglu, İ.** Denizlerimizde Üretkenlik ve Mikrobiyolojik Çevrim Projesi. Kesin Rapor. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü, Erdemli. (1997).

T A B L O L A R

Tablo 1. Karadeniz Cyanobakteri *Synechococcus* örneklemelerine ait genel bilgiler.

| TARİH | SAAT | İSTASYON | ENLEM | BOYLAM | DERİNLİK(m) | HACİM (ml) | HÜCRE/ML |
|-----------|-------|----------|-------|--------|-------------|------------|----------|
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 0 | 20 | 209994 |
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 10 | 10 | 260695 |
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 20 | 20 | 74901 |
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 30 | 20 | 14294 |
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 40 | 20 | 16213 |
| 24-9-1996 | 14:30 | L30L15 | 41.3 | 29.15 | 50 | 20 | 7200 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 0 | 10 | 126905 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 10 | 10 | 96668 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 20 | 10 | 132420 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 30 | 10 | 97057 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 50 | 20 | 24031 |
| 24-9-1996 | 19:15 | K0 | 41.13 | 29.14 | 63 | 20 | 25689 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 0 | 10 | 97650 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 10 | 10 | 79574 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 20 | 10 | 36341 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 30 | 10 | 14215 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 40 | 10 | 5266 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 50 | 10 | 8330 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 60 | 20 | 3868 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 70 | 20 | 4052 |
| 24-9-1996 | 23:30 | L37K40 | 41.37 | 28.4 | 80 | 20 | 6234 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 0 | 10 | 37323 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 10 | 10 | 34437 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 20 | 10 | 33063 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 30 | 10 | 207762 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 45 | 10 | 21190 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 59 | 20 | 7827 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 78 | 20 | 630 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 97 | 20 | 138 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 115 | 20 | 120 |
| 25-9-1996 | 03:45 | M10K45 | 42.1 | 28.45 | 125 | 20 | 46.13 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 0 | 10 | 58720 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 10 | 10 | 48740 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 20 | 10 | 22822 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 28 | 10 | 45873 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 42 | 10 | 43111 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 61 | 20 | 3628 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 66 | 20 | 7265 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 75 | 20 | 1889 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 88 | 20 | 356 |
| 25-9-1996 | 14:15 | M20L15 | 42.2 | 29.15 | 108 | 20 | 145 |
| 25-9-1996 | 16:30 | M10L15 | 42.1 | 29.15 | 0 | 10 | 97650 |
| 25-9-1996 | 16:30 | M10L15 | 42.1 | 29.15 | 10 | 10 | 80517 |
| 25-9-1996 | 16:30 | M10L15 | 42.1 | 29.15 | 20 | 10 | 48455 |
| 25-9-1996 | 16:30 | M10L15 | 42.1 | 29.15 | 30 | 10 | 78115 |

| TARİH | SAAT | İSTASYON | ENLEM | BOYLAM | DERİN-LİK(m) | HACİM (ml) | HÜCRE/ML |
|-----------|-------|----------|-------|--------|--------------|------------|----------|
| 25-9-1996 | 16:30 | M10L15 | 42.1 | 29.15 | 52 | 20 | 2696 |
| 26-9-1996 | 08:10 | L15N15 | 41.15 | 31.15 | 0 | 10 | 73508 |
| 26-9-1996 | 08:10 | L15N15 | 41.15 | 31.15 | 20 | 10 | 62975 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 0 | 10 | 75381 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 1 | 10 | 77341 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 2.5 | 10 | 59722 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 6.5 | 10 | 59339 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 12 | 10 | 55961 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 23 | 10 | 69367 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 29 | 10 | 19701 |
| 26-9-1996 | 11:15 | L30N15 | 41.3 | 31.15 | 45 | 10 | 1976 |
| 26-9-1996 | 13:00 | L42N14 | 41.42 | 31.14 | 0 | 20 | 141289 |
| 26-9-1996 | 14:15 | L50N15 | 41.5 | 31.15 | 0 | 10 | 139820 |
| 26-9-1996 | 14:15 | L50N15 | 41.5 | 31.15 | 20 | 10 | 111101 |
| 26-9-1996 | 14:15 | L50N15 | 41.5 | 31.15 | 50 | 10 | 13961 |
| 26-9-1996 | 17:00 | M10N15 | 42.1 | 31.15 | 0 | 10 | 38654 |
| 26-9-1996 | 17:00 | M10N15 | 42.1 | 31.15 | 27 | 10 | 250200 |
| 26-9-1996 | 17:00 | M10N15 | 42.1 | 31.15 | 50 | 10 | 27735 |
| 26-9-1996 | 19:10 | M30N15 | 42.3 | 31.15 | 0 | 10 | 80073 |
| 26-9-1996 | 19:10 | M30N15 | 42.3 | 31.15 | 24 | 10 | 135390 |
| 26-9-1996 | 19:10 | M30N15 | 42.3 | 31.15 | 50 | 10 | 7496 |
| 26-9-1996 | 22:30 | M50N15 | 42.5 | 31.15 | 0 | 10 | 89685 |
| 26-9-1996 | 22:30 | M50N15 | 42.5 | 31.15 | 25 | 10 | 150043 |
| 26-9-1996 | 22:30 | M50N15 | 42.5 | 31.15 | 50 | 10 | 5693 |
| 27-9-1996 | 11:45 | M50P15 | 42.5 | 32.15 | 0 | 10 | 39263 |
| 27-9-1996 | 11:45 | M50P15 | 42.5 | 32.15 | 5 | 10 | 46187 |
| 27-9-1996 | 11:45 | M50P15 | 42.5 | 32.15 | 25 | 10 | 519897 |
| 27-9-1996 | 11:45 | M50P15 | 42.5 | 32.15 | 50 | 10 | 11834 |
| 27-9-1996 | 19:30 | M50Q30 | 42.5 | 33.3 | 0 | 10 | 94096 |
| 27-9-1996 | 19:30 | M50Q30 | 42.5 | 33.3 | 27 | 10 | 145882 |
| 27-9-1996 | 19:30 | M50Q30 | 42.5 | 33.3 | 50 | 10 | 16688 |
| 28-9-1996 | 09:00 | M50R45 | 42.5 | 34.45 | 0 | 10 | 106082 |
| 28-9-1996 | 09:00 | M50R45 | 42.5 | 34.45 | 25 | 10 | 88605 |
| 28-9-1996 | 09:00 | M50R45 | 42.5 | 34.45 | 51 | 10 | 4593 |
| 28-9-1996 | 20:30 | L35T20 | 41.35 | 36.2 | 0 | 10 | 200207 |
| 28-9-1996 | 20:30 | L35T20 | 41.35 | 36.2 | 20 | 10 | 145544 |
| 28-9-1996 | 20:30 | L35T20 | 41.35 | 36.2 | 50 | 10 | 15799 |
| 28-9-1996 | 22:40 | L50T20 | 41.5 | 36.2 | 0 | 10 | 211569 |
| 28-9-1996 | 22:40 | L50T20 | 41.5 | 36.2 | 30 | 10 | 163144 |
| 28-9-1996 | 22:40 | L50T20 | 41.5 | 36.2 | 50 | 10 | 4235 |
| 2-10-1996 | 00:40 | M10T15 | 42.1 | 36.15 | 0 | 10 | 172453 |
| 2-10-1996 | 00:40 | M10T15 | 42.1 | 36.15 | 20 | 10 | 103742 |
| 2-10-1996 | 00:40 | M10T15 | 42.1 | 36.15 | 55 | 10 | 5000 |
| 2-10-1996 | 05:45 | M30T15 | 42.3 | 36.15 | 0 | 10 | 89038 |
| 2-10-1996 | 05:45 | M30T15 | 42.3 | 36.15 | 20 | 10 | 97161 |
| 2-10-1996 | 05:45 | M30T15 | 42.3 | 36.15 | 50 | 10 | 12570 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 0 | 10 | 108737 |

| TARİH | SAAT | İSTASYON | ENLEM | BOYLAM | DERİNLİK(m) | HACİM(ml) | HÜCRE/ML |
|-----------|-------|----------|-------|--------|-------------|-----------|----------|
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 1.5 | 10 | 98620 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 3 | 10 | 95341 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 6 | 10 | 109308 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 11.5 | 10 | 102181 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 17.2 | 10 | 110868 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 23 | 10 | 107169 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 27 | 10 | 58082 |
| 2-10-1996 | 15:15 | M50T15 | 42.5 | 36.15 | 46 | 10 | 19455 |
| 2-10-1996 | 21:00 | M50V15 | 42.5 | 37.15 | 0 | 10 | 67153 |
| 2-10-1996 | 21:00 | M50V15 | 42.5 | 37.15 | 28 | 10 | 190272 |
| 2-10-1996 | 21:00 | M50V15 | 42.5 | 37.15 | 53 | 10 | 6164 |
| 3-10-1996 | 09:20 | M30W15 | 42.3 | 38.15 | 0 | 10 | 134691 |
| 3-10-1996 | 09:20 | M30W15 | 42.3 | 38.15 | 25 | 10 | 70213 |
| 3-10-1996 | 09:20 | M30W15 | 42.3 | 38.15 | 47 | 10 | 2445 |
| 3-10-1996 | 19:45 | L50X45 | 41.5 | 39.45 | 0 | 10 | 84088 |
| 3-10-1996 | 19:45 | L50X45 | 41.5 | 39.45 | 22 | 10 | 99631 |
| 3-10-1996 | 19:45 | L50X45 | 41.5 | 39.45 | 50 | 10 | 29785 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 0 | 10 | 125743 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 1 | 10 | 104728 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 2 | 10 | 108913 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 4 | 10 | 103772 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 8 | 10 | 101861 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 12 | 10 | 104455 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 16 | 10 | 98675 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 32 | 10 | 27559 |
| 4-10-1996 | 11:15 | L30X45 | 41.3 | 39.45 | 50 | 10 | 10340 |
| 5-10-1996 | 02:15 | L15X45 | 41.15 | 39.45 | 0 | 10 | 140890 |
| 5-10-1996 | 02:15 | L15X45 | 41.15 | 39.45 | 20 | 10 | 91104 |
| 5-10-1996 | 02:15 | L15X45 | 41.15 | 39.45 | 50 | 10 | 32563 |

Tablo 2. *Synechococcus* sp hücre sayısı ve ortam fiziksel (A) ve kimyasal (B) parametreleri arasındaki ilişkiler. İlişkiler için Spearman'ın Rank Korelasyon hesaplaması yapılmıştır.

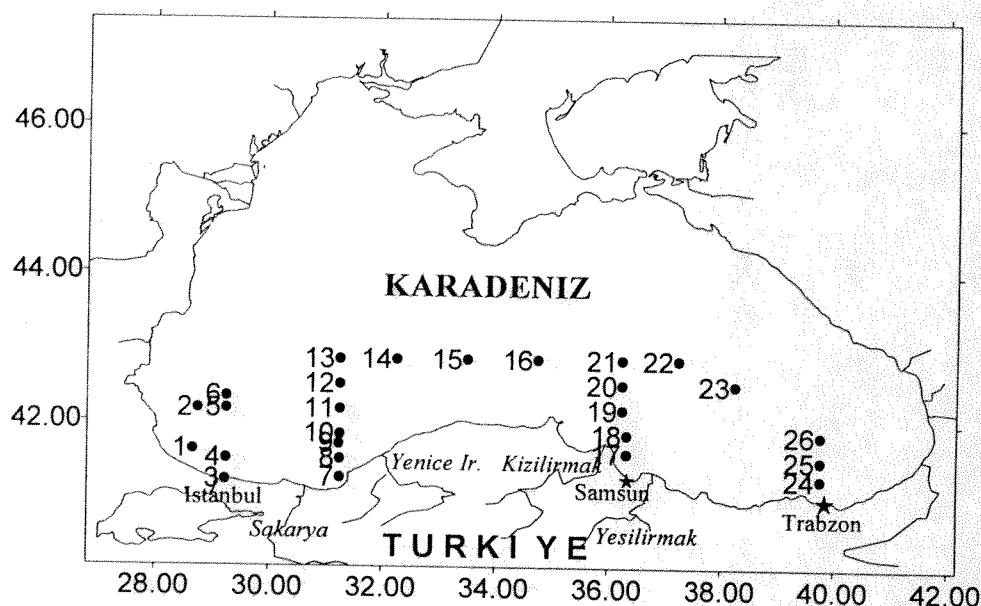
(A)

| | Sıcaklık | Tuzluluk | Çöz.Oksijen | Derinlik | Zaman |
|--------------|----------|----------|-------------|----------|-------|
| Hücre sayısı | .6695 | -.6298 | .3307 | -.7164 | .0548 |
| | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |
| | .0000 | .0000 | .0004 | .0000 | .5552 |
| | | | | | |

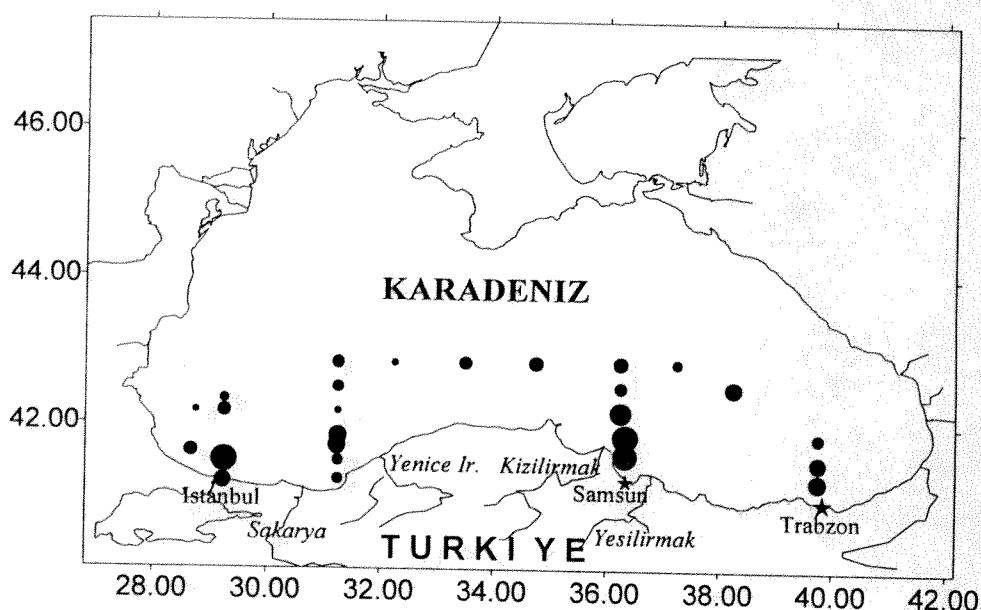
(B)

| | Fosfat | Nitrat | Silikat | Fluoresans | Klorofil-a |
|-----------------------|-----------------|-------------------|---------|------------|------------|
| Hücre sayısı | -.2980* | -.6761 | -.5947 | .7132 | .6880 |
| | 117** | 117 | 117 | 117 | 46 |
| | .0013*** | .0000 | .0000 | .0000 | .0000 |
| *Korelasyon katsayısı | ** Örnek sayısı | *** Önem derecesi | | | |

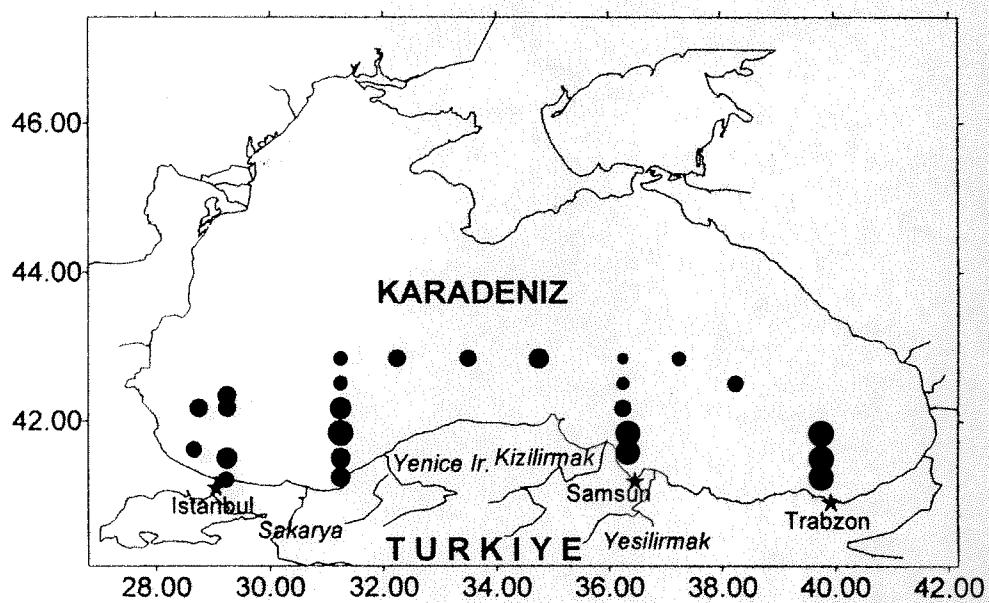
Ş E K İ L L E R



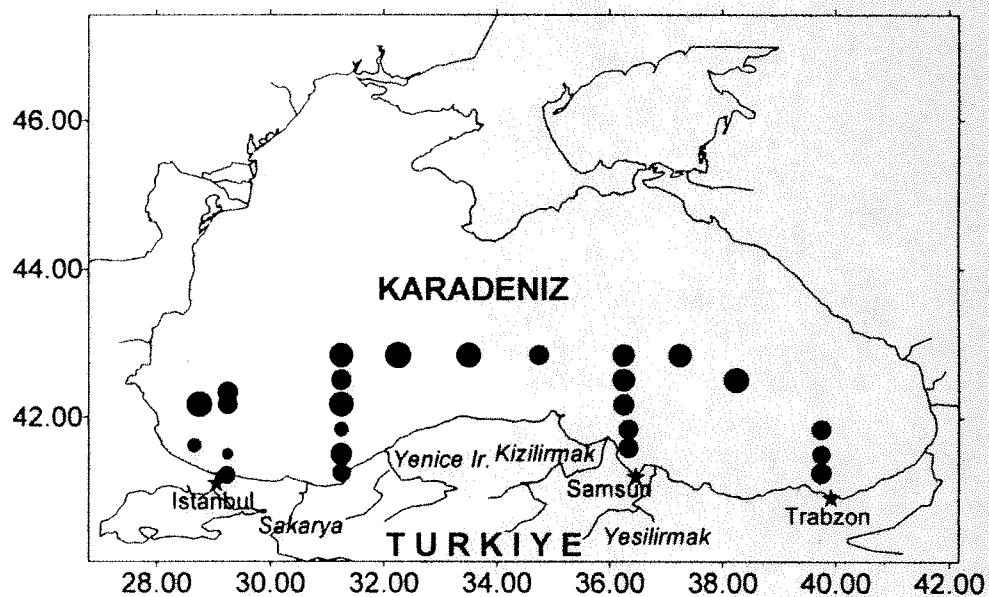
Şekil 1. Eylül-Ekim 1996 döneminde çalışılan Karadeniz istasyonları.



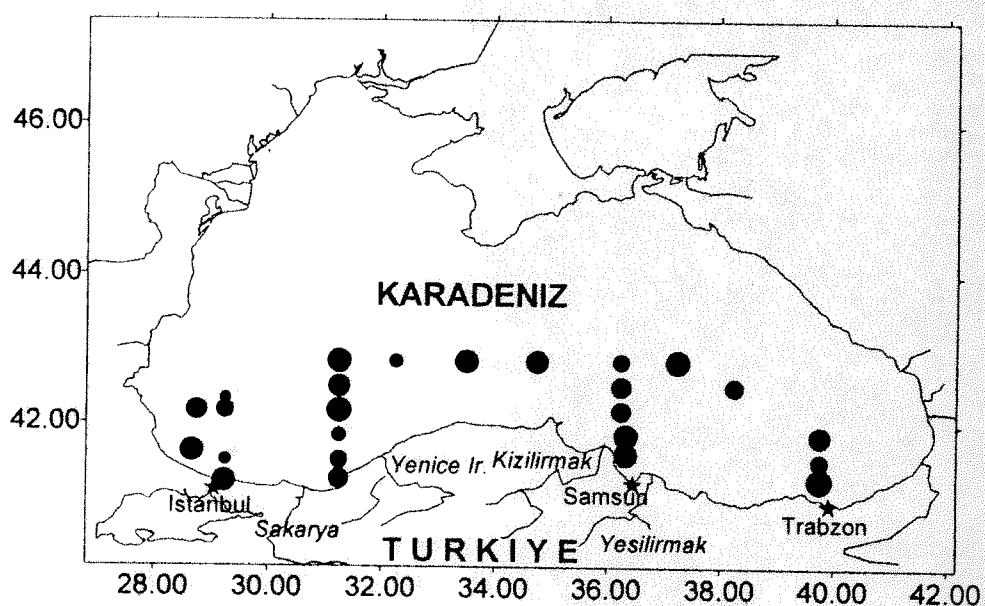
Şekil 2. Deniz suyu yüzey *Synechococcus* sp hücre sayımlarının (hücre/ml) istasyonlara göre dağılımı (min.=37,323-max.=211,569 h/ml).



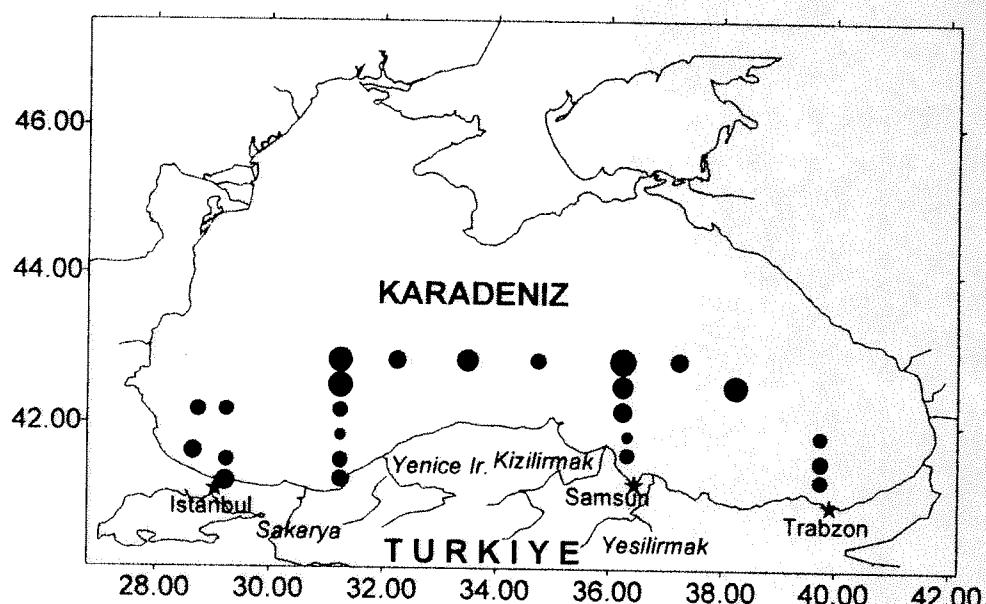
Şekil 3. Deniz suyu yüzey sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin istasyonlara göre değişimi
(min.=17.87-max.=21.83 $^{\circ}\text{C}$).



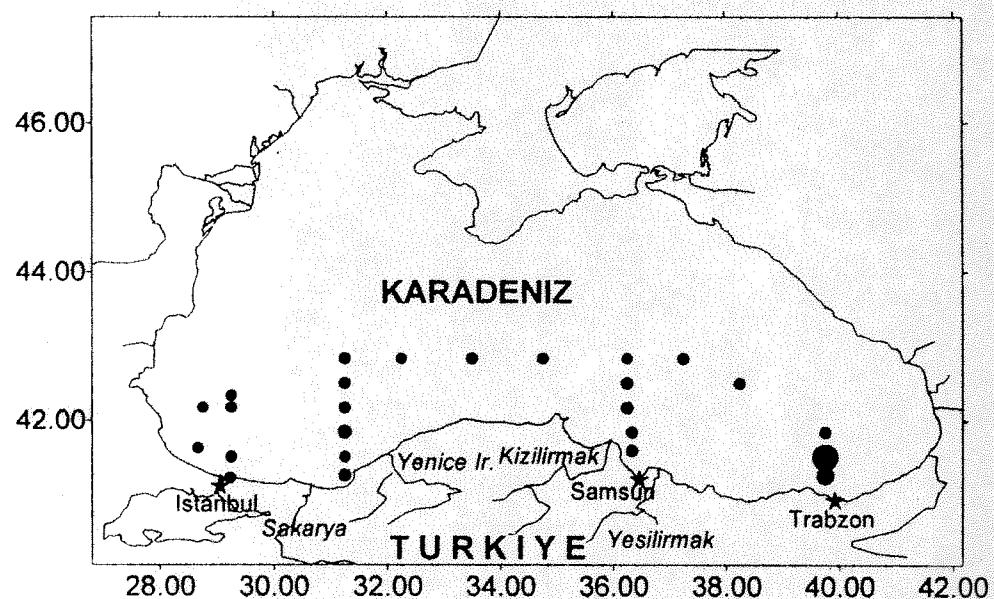
Şekil 4. Deniz suyu yüzey tuzluluk (%0) değerlerinin istasyonlara göre değişimi
(min.=17.54-max.=18.49).



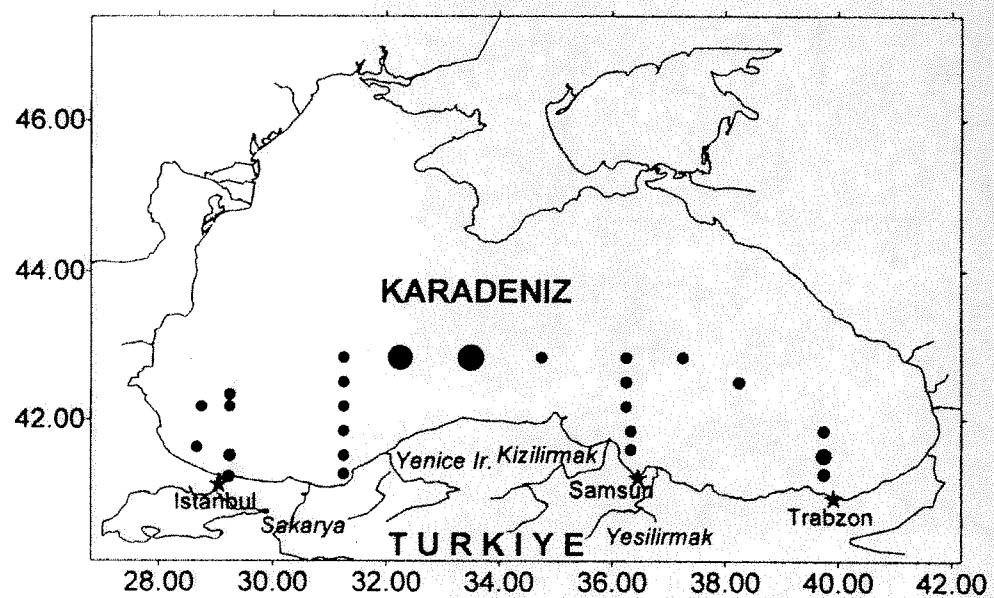
Şekil 5. Deniz suyu yüzey in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=2.36-max.=4.87).



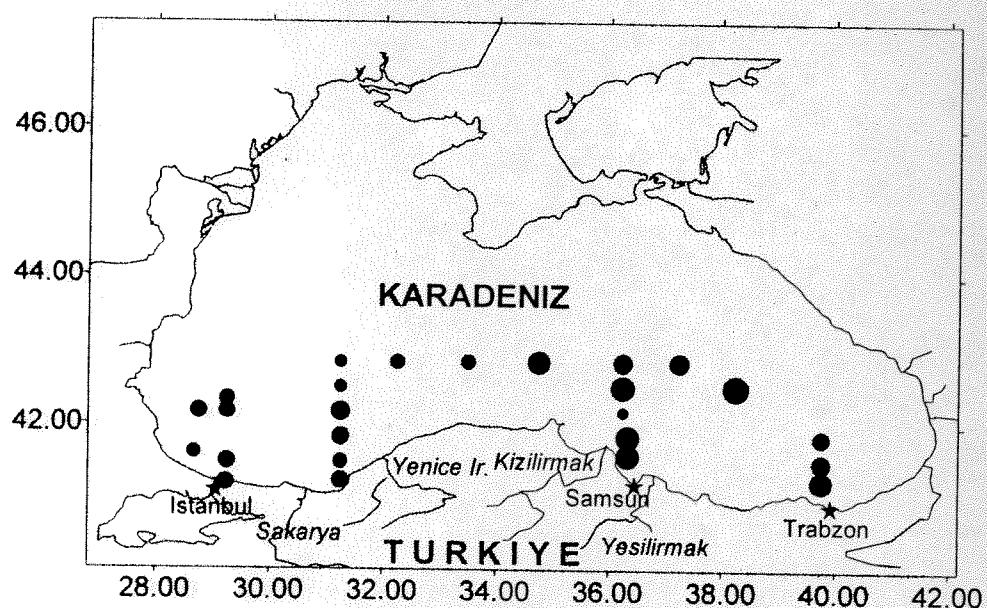
Şekil 6. Deniz suyu yüzey çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=8.05-max.=9.2 ml/l).



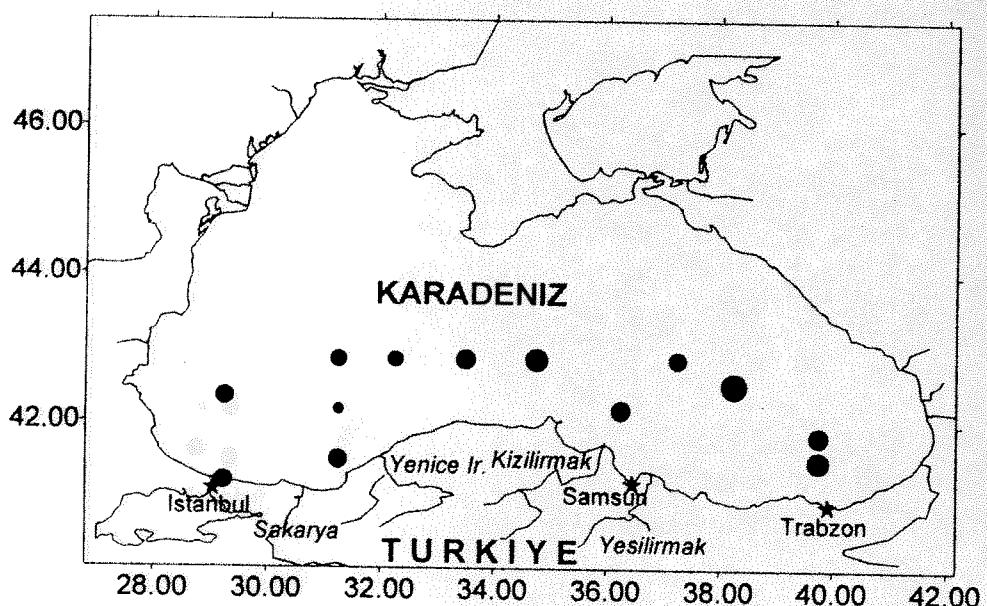
Şekil 7. Deniz suyu yüzey fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.02-max.=0.53 $\mu\text{mol/l}$).



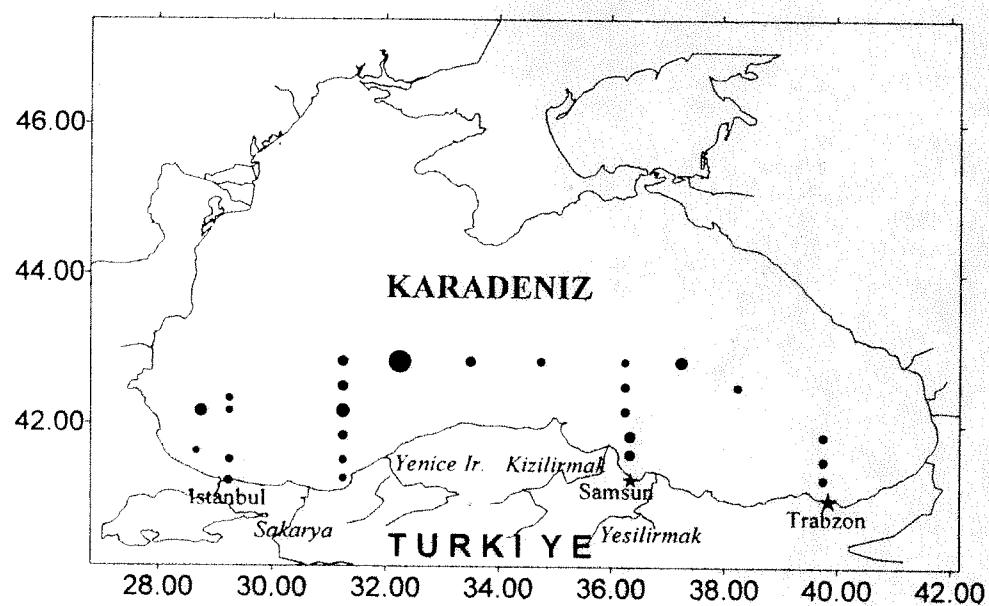
Şekil 8. Deniz suyu yüzey toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.11-max.=2.21 $\mu\text{mol/l}$).



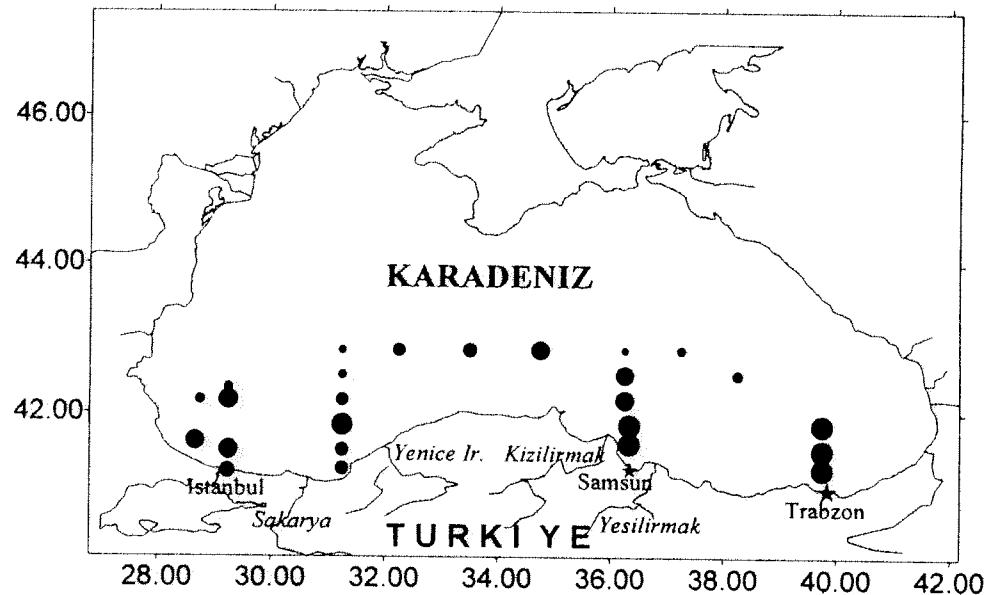
Şekil 9. Deniz suyu yüzey silikat değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.1-max.=2.1 $\mu\text{mol/l}$).



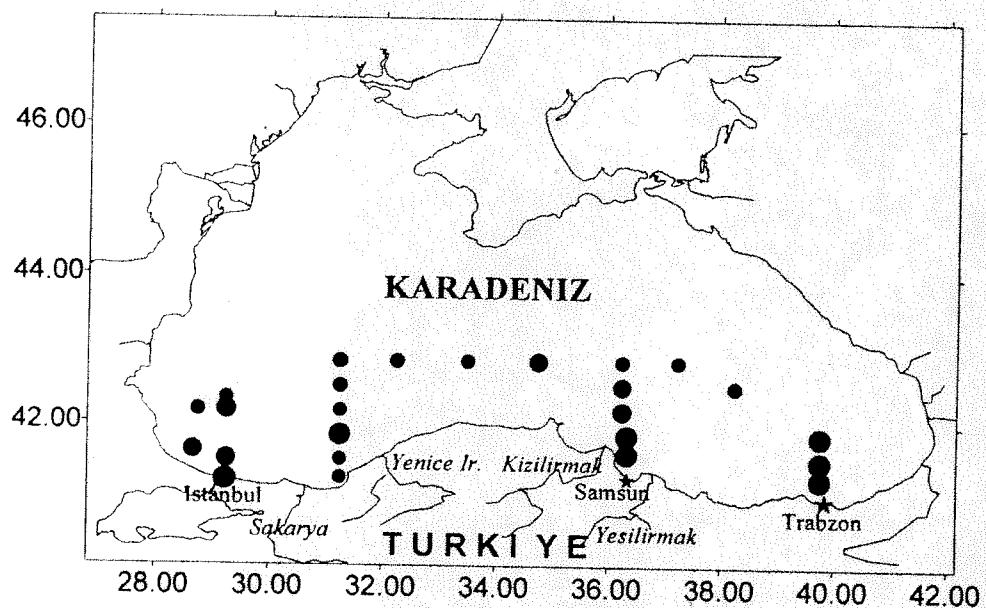
Şekil 10. Deniz suyu yüzey klorofil-a değerlerinin ($\mu\text{g/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.15-max.=0.62 $\mu\text{g/l}$).



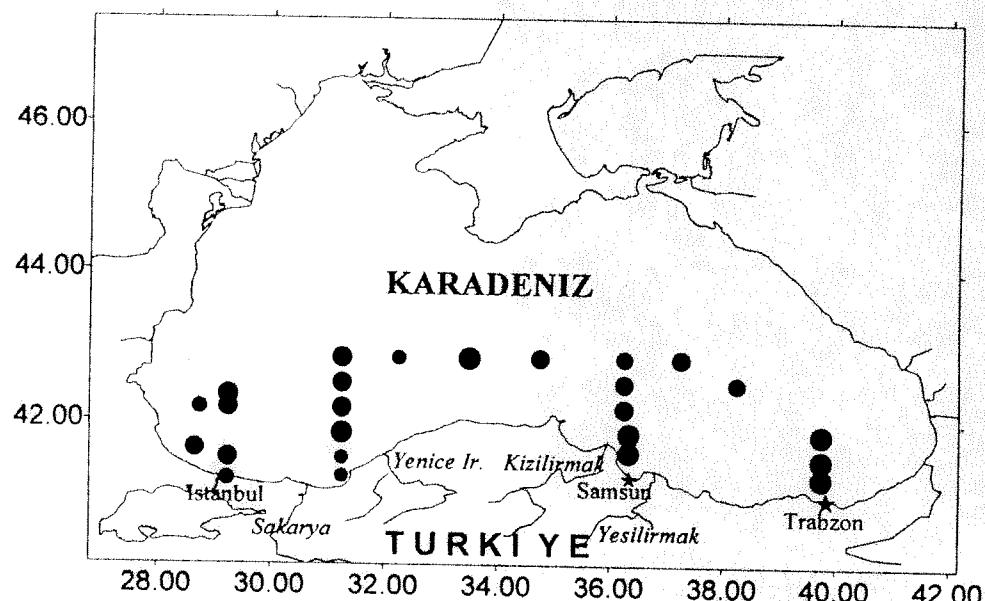
Şekil 11. Fluoresans maksimum tabakasında *Synechococcus* sp hücre sayımlarının (hücre/ml) istasyonlara göre dağılımı (min.= 36,341-max.= 519,897 h/ml).



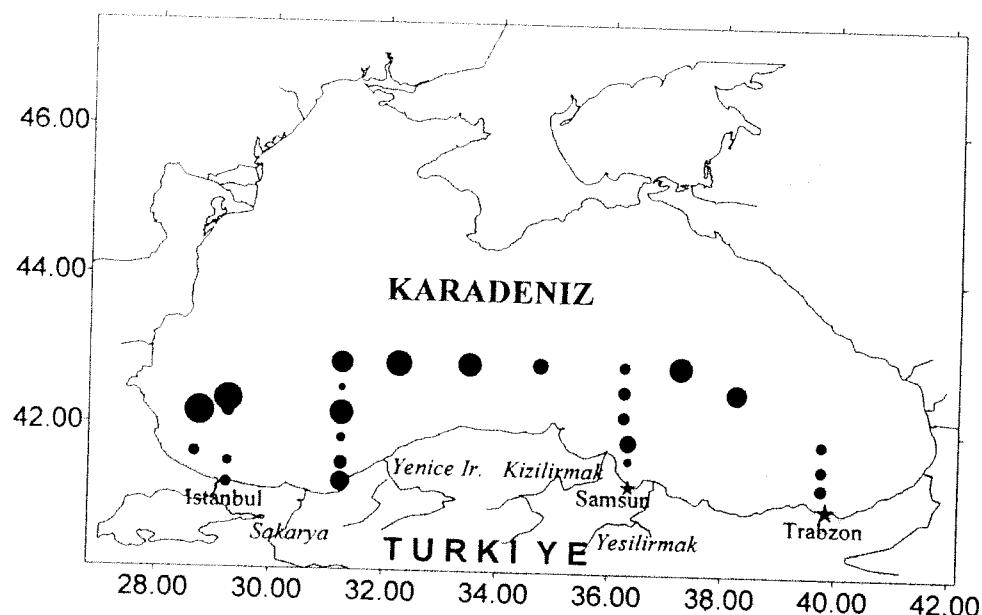
Şekil 12. Fluoresans maksimum tabakasında sıcaklık (°C) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=8.22-max.=21.73 °C).



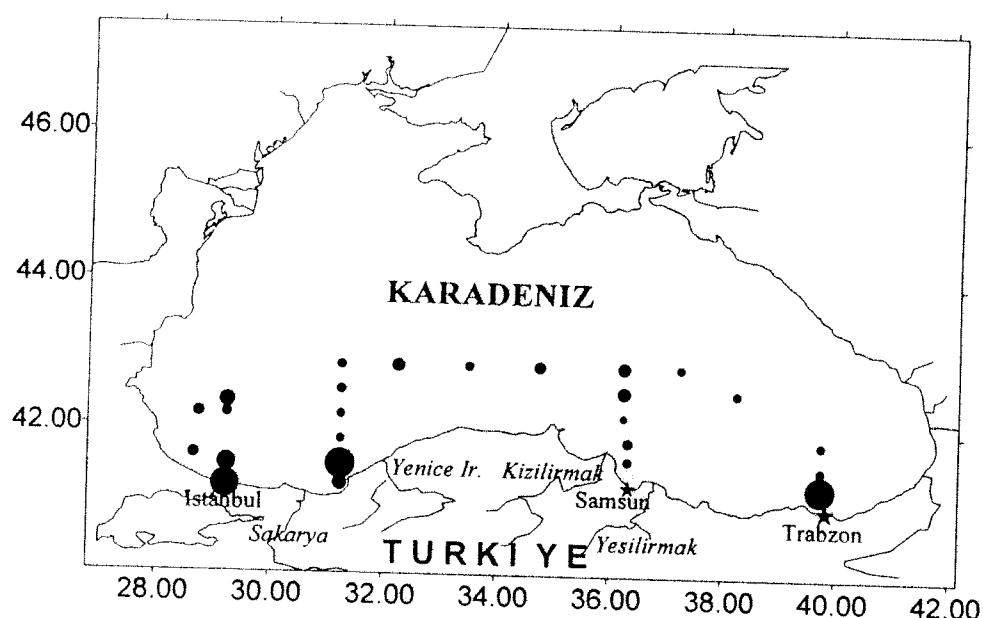
Şekil 13. Fluoresans maksimum tabakasında tuzluluk (%0) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=17.68-max.=19.24).



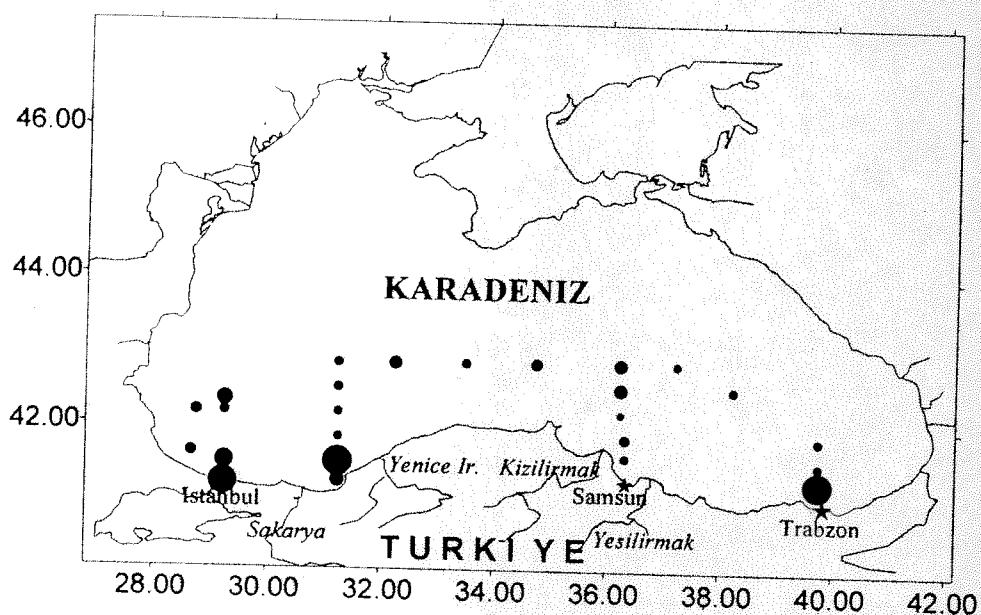
Şekil 14. Fluoresans maksimum tabakasında in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=3.68-max.=6.25).



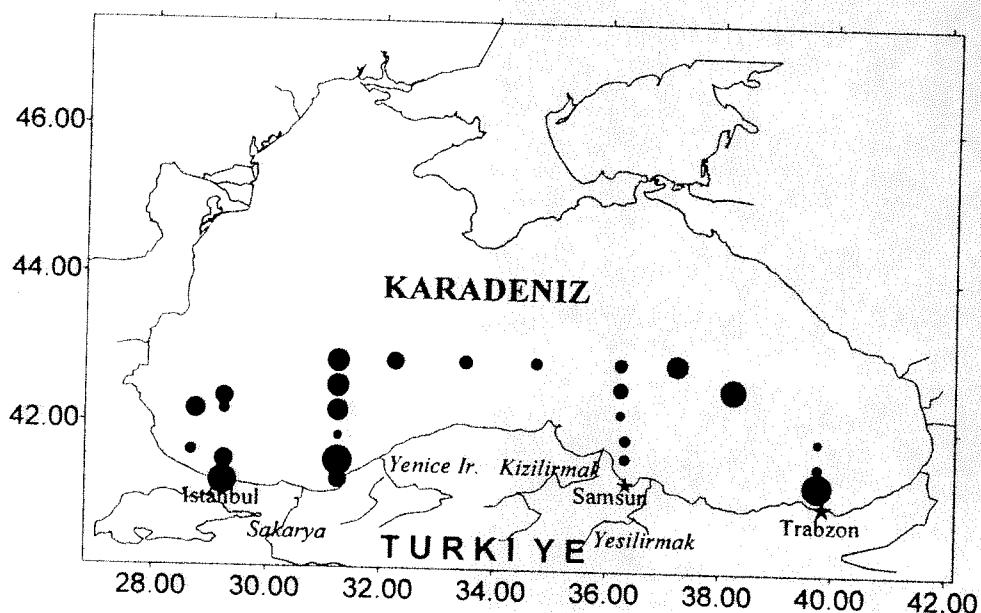
Şekil 15. Fluoresans maksimum tabakasında çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=7.72-max.=12.13 ml/l).



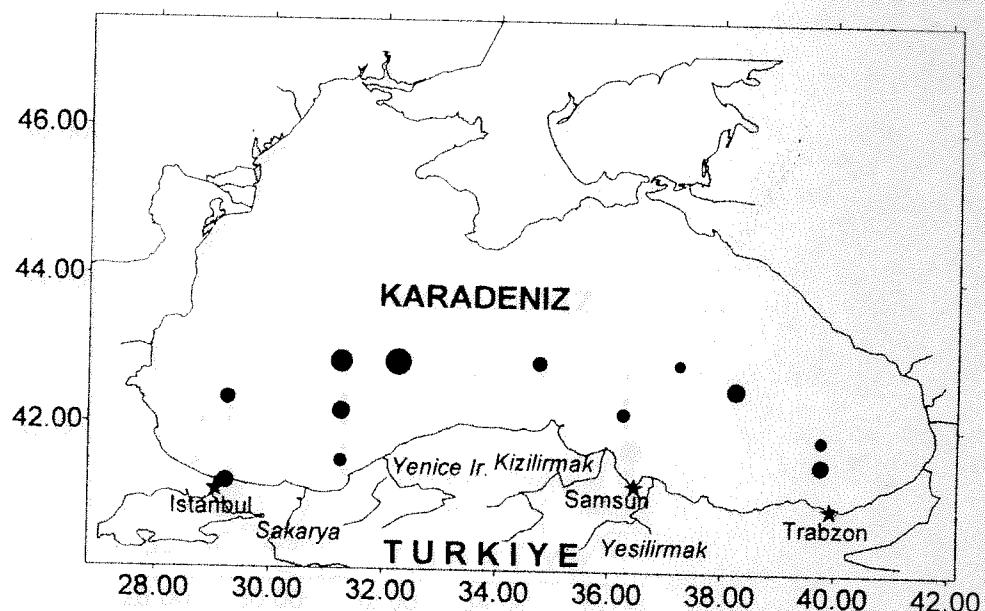
Şekil 16. Fluoresans maksimum tabakasında fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.02-max.=0.63 $\mu\text{mol/l}$).



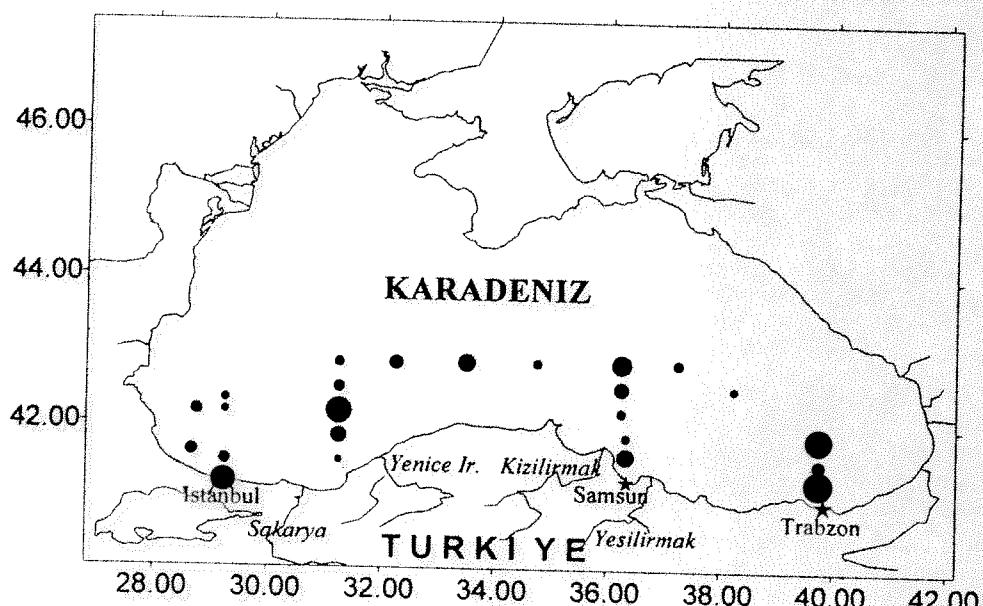
Şekil 17. Fluoresans maksimum tabakasında toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.02-max.=0.41 $\mu\text{mol/l}$).



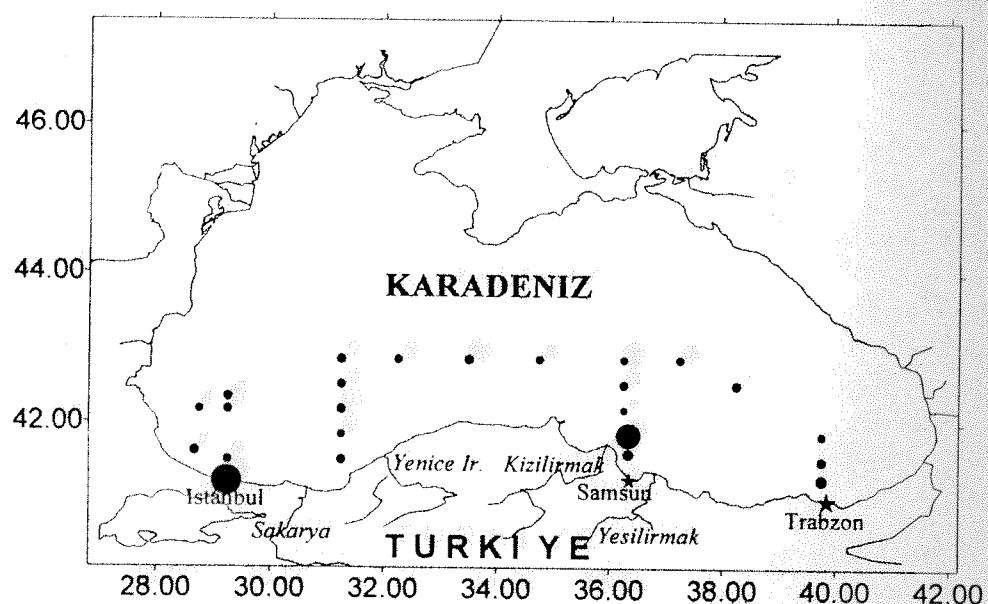
Şekil 18. Fluoresans maksimum tabakasında silikat değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.5-max.=6.9 $\mu\text{mol/l}$).



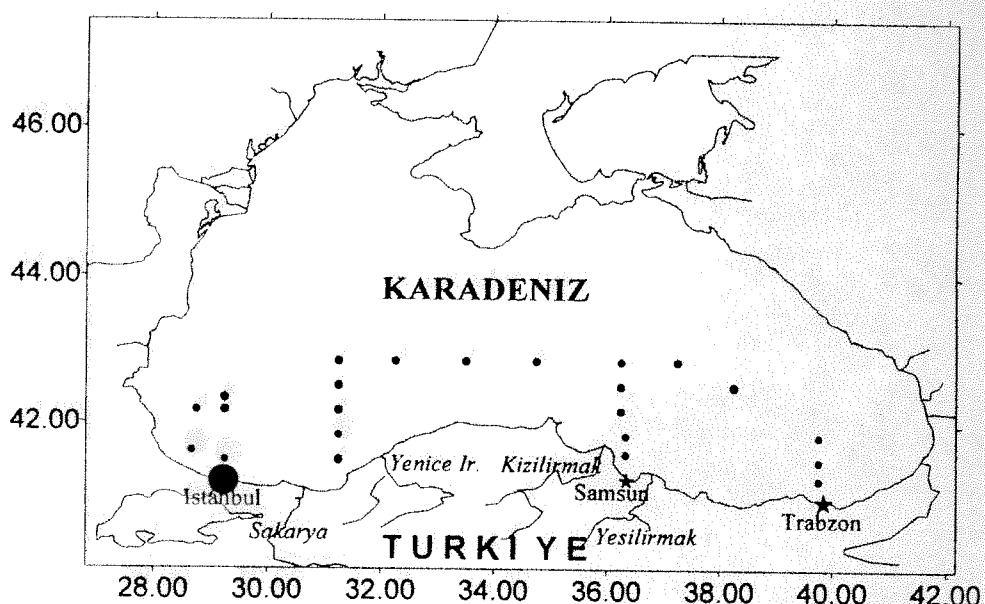
Şekil 19. Fluoresans maksimum tabakasında klorofil-a değerlerinin ($\mu\text{g/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.18-max.=1.71 $\mu\text{g/l}$).



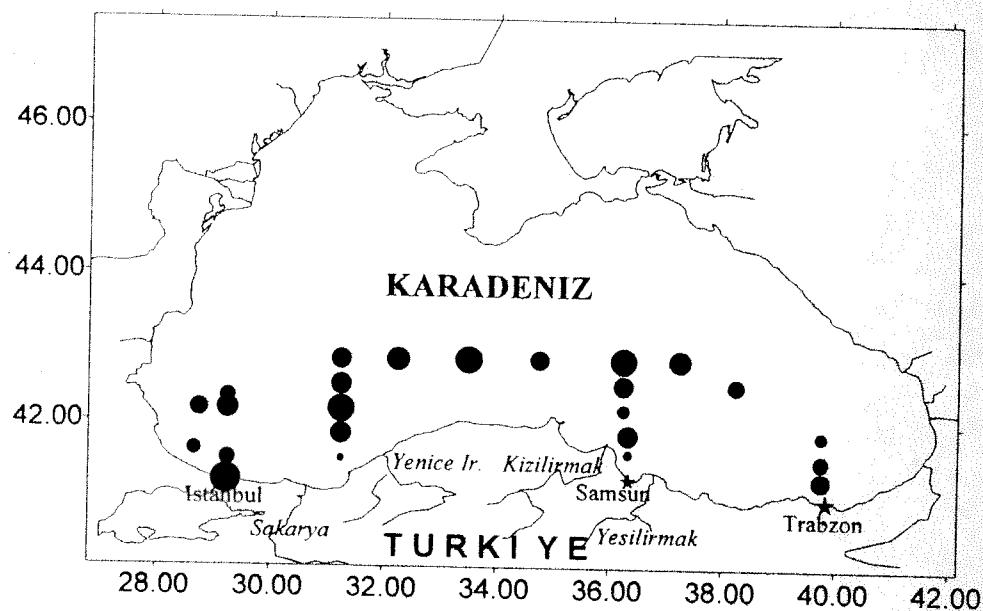
Şekil 20. Fluoresans minimum tabakasında *Synechococcus* sp hücre sayımlarının (hücre/ml) istasyonlara göre dağılımı (min.= 1,976-max.= 32,563 h/ml).



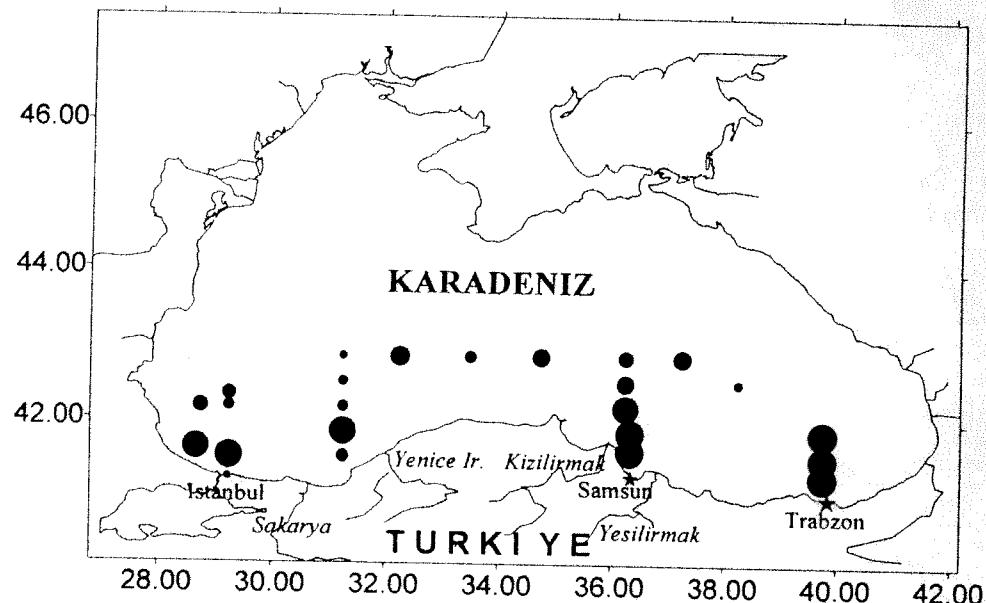
Şekil 21. Fluoresans minimum tabakasında sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=6.81-max.=14.88 $^{\circ}\text{C}$).



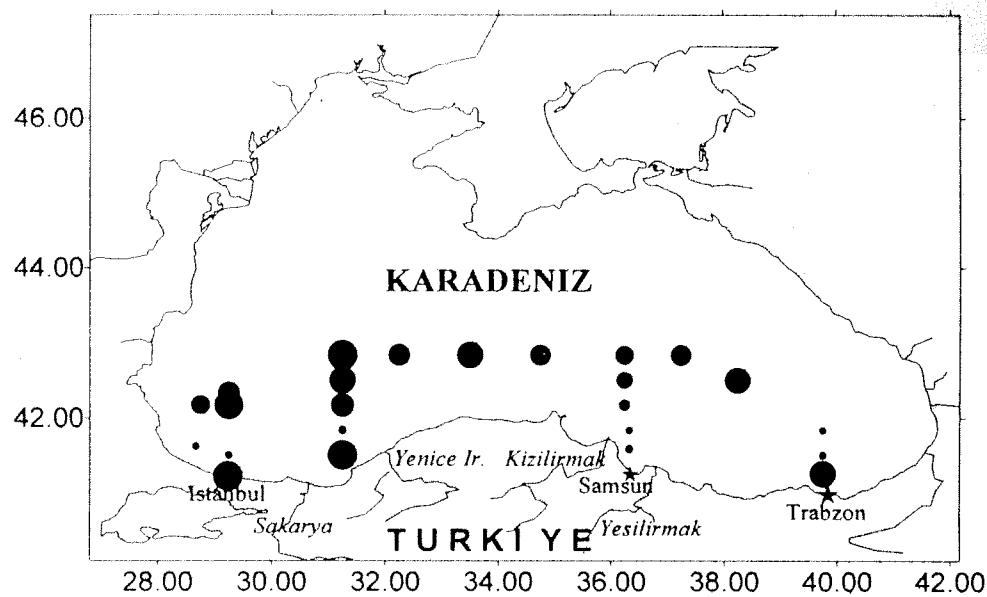
Şekil 22. Fluoresans minimum tabakasında tuzluluk (%0) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=18.21-max.=35.18).



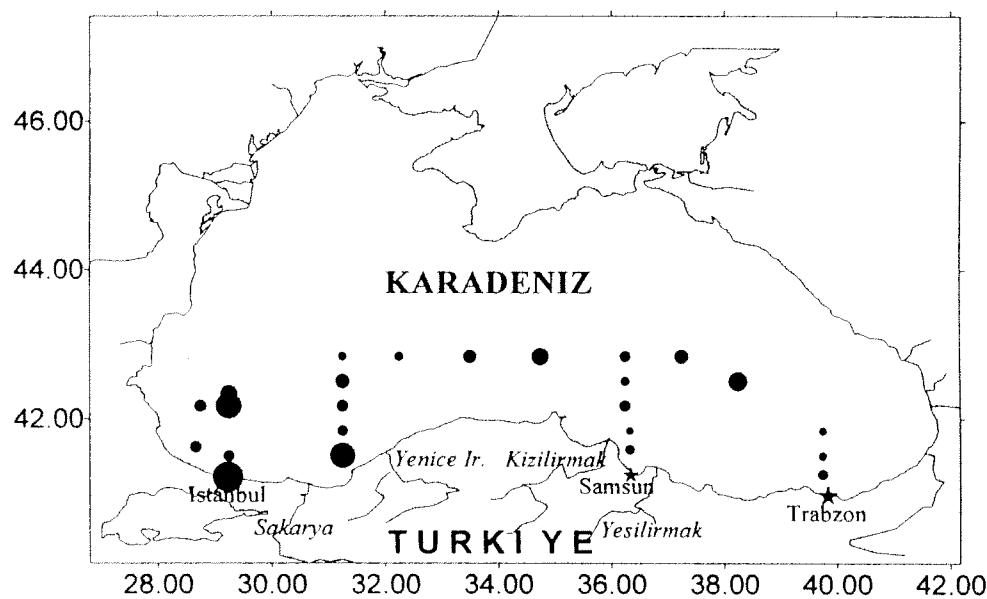
Şekil 23. Fluoresans minimum tabakasında in-situ fluoresans değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=1.93-max.=3.12).



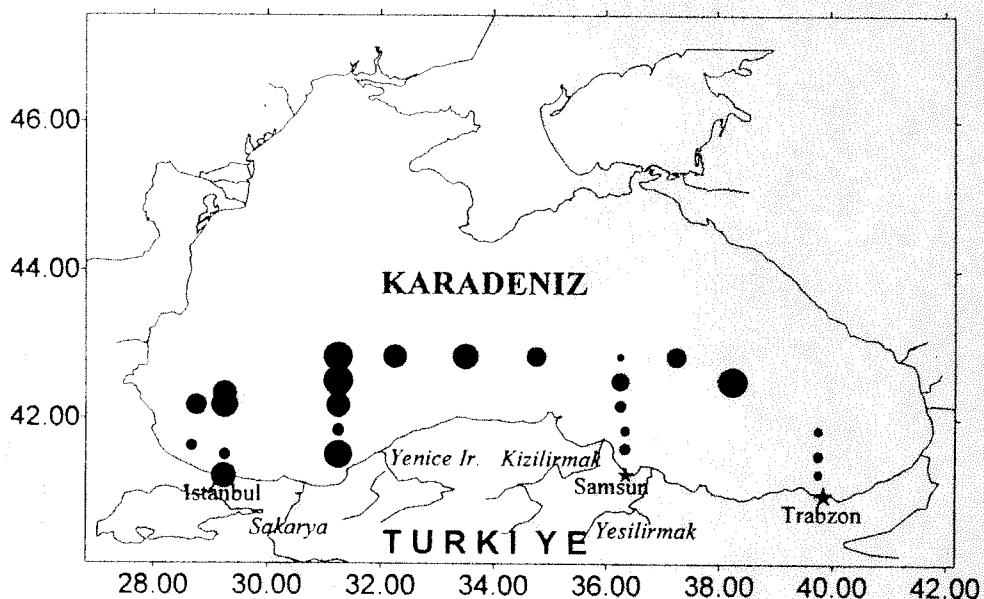
Şekil 24. Fluoresans minimum tabakasında çözünmüş oksijen (ml/l) değerlerinin istasyonlara göre değişimi (min.=1.82-max.=10.21 ml/l).



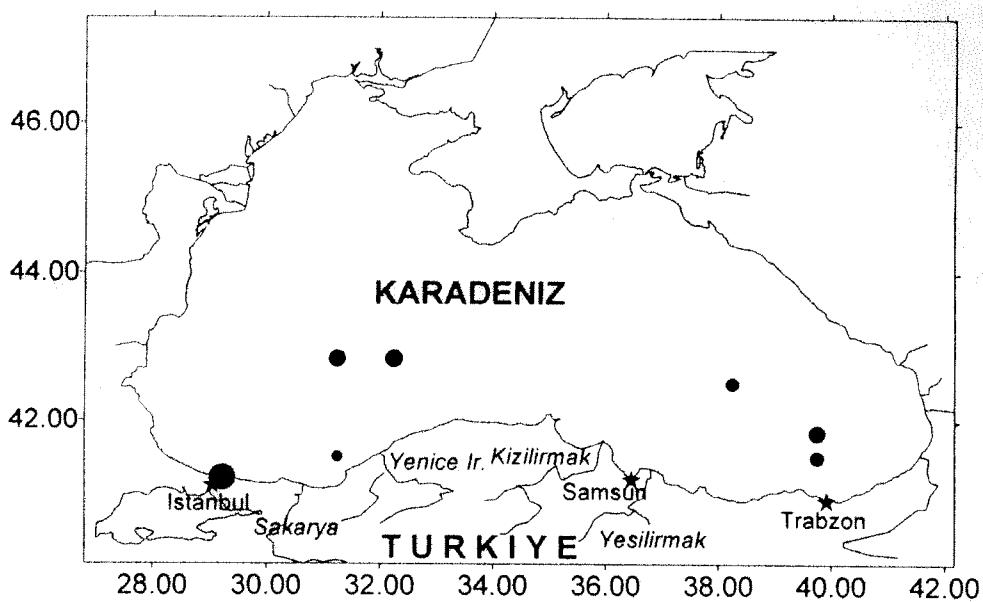
Şekil 25. Fluoresans minimum tabakasında fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.02-max.=0.75 $\mu\text{mol/l}$).



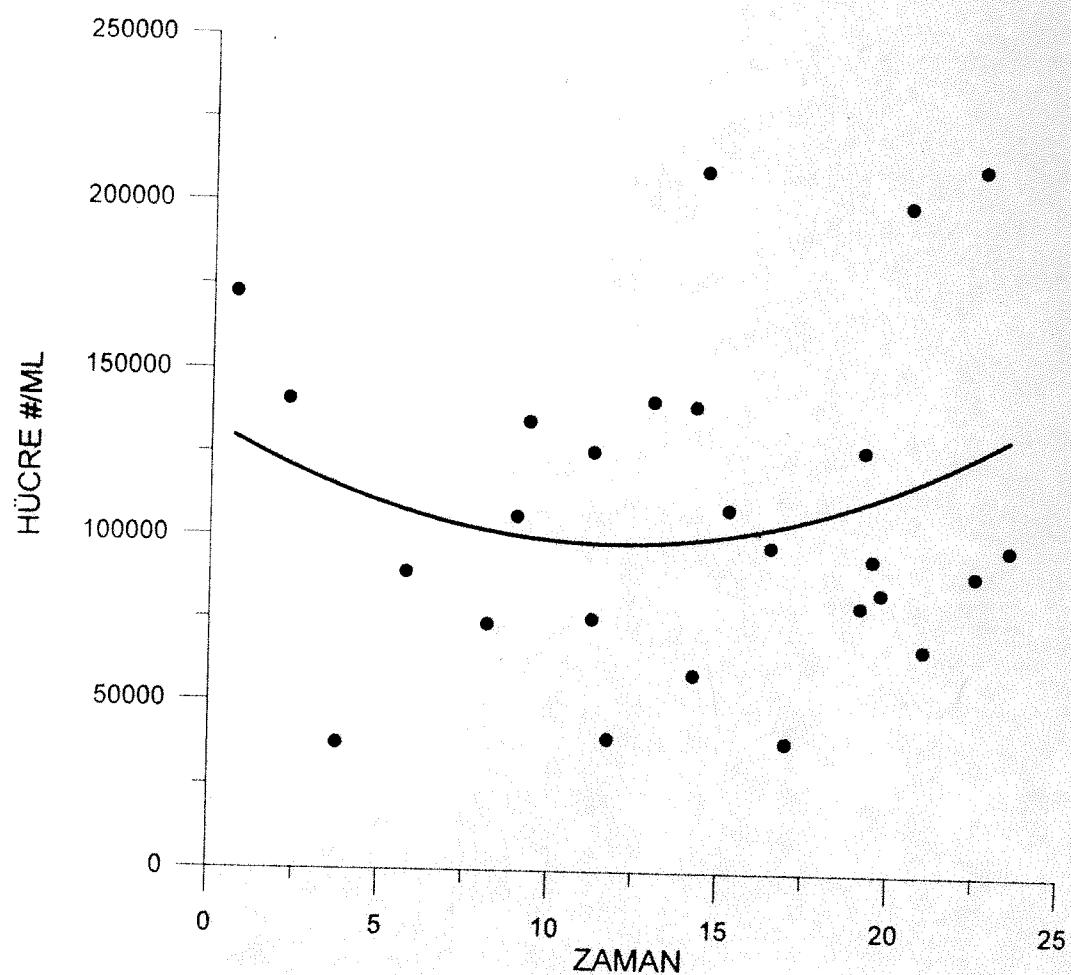
Şekil 26. Fluoresans minimum tabakasında toplam oksitlenmiş azot değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.34-max.=5.13 $\mu\text{mol/l}$).



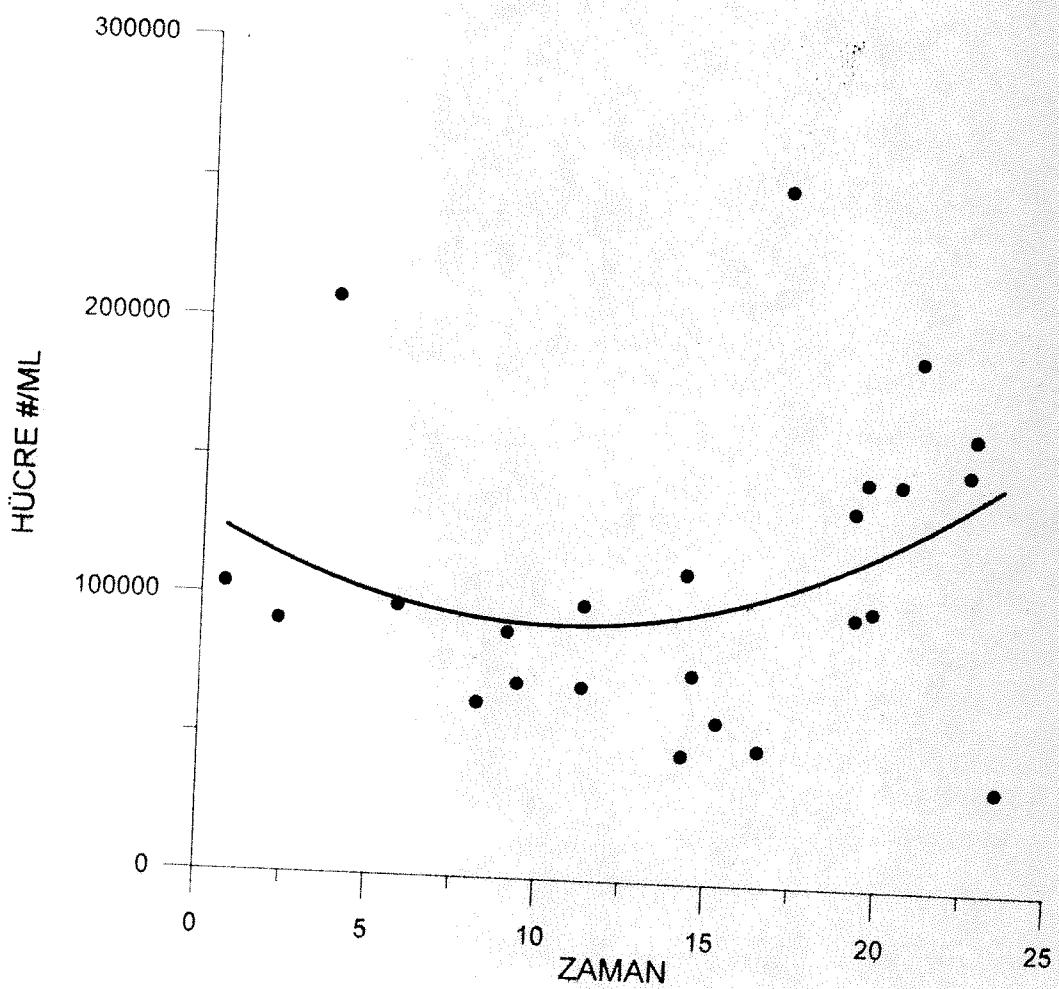
Şekil 27. Fluoresans minimum tabakasında silikat değerlerinin ($\mu\text{mol/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=2.1-max.=33.5 $\mu\text{mol/l}$).



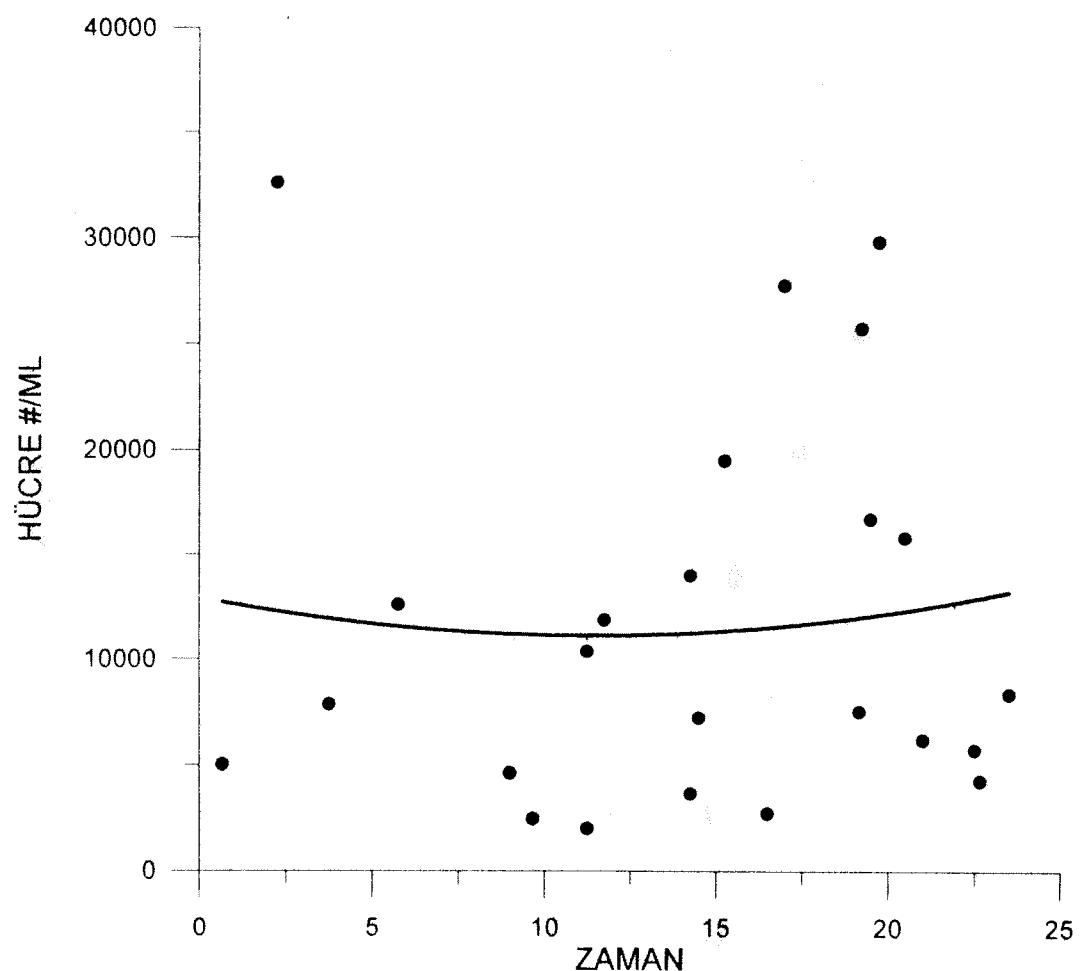
Şekil 28. Fluoresans minimum tabakasında klorofil-a değerlerinin ($\mu\text{g/l}$) istasyonlara göre değişimi (min.=0.03-max.=0.26 $\mu\text{g/l}$).



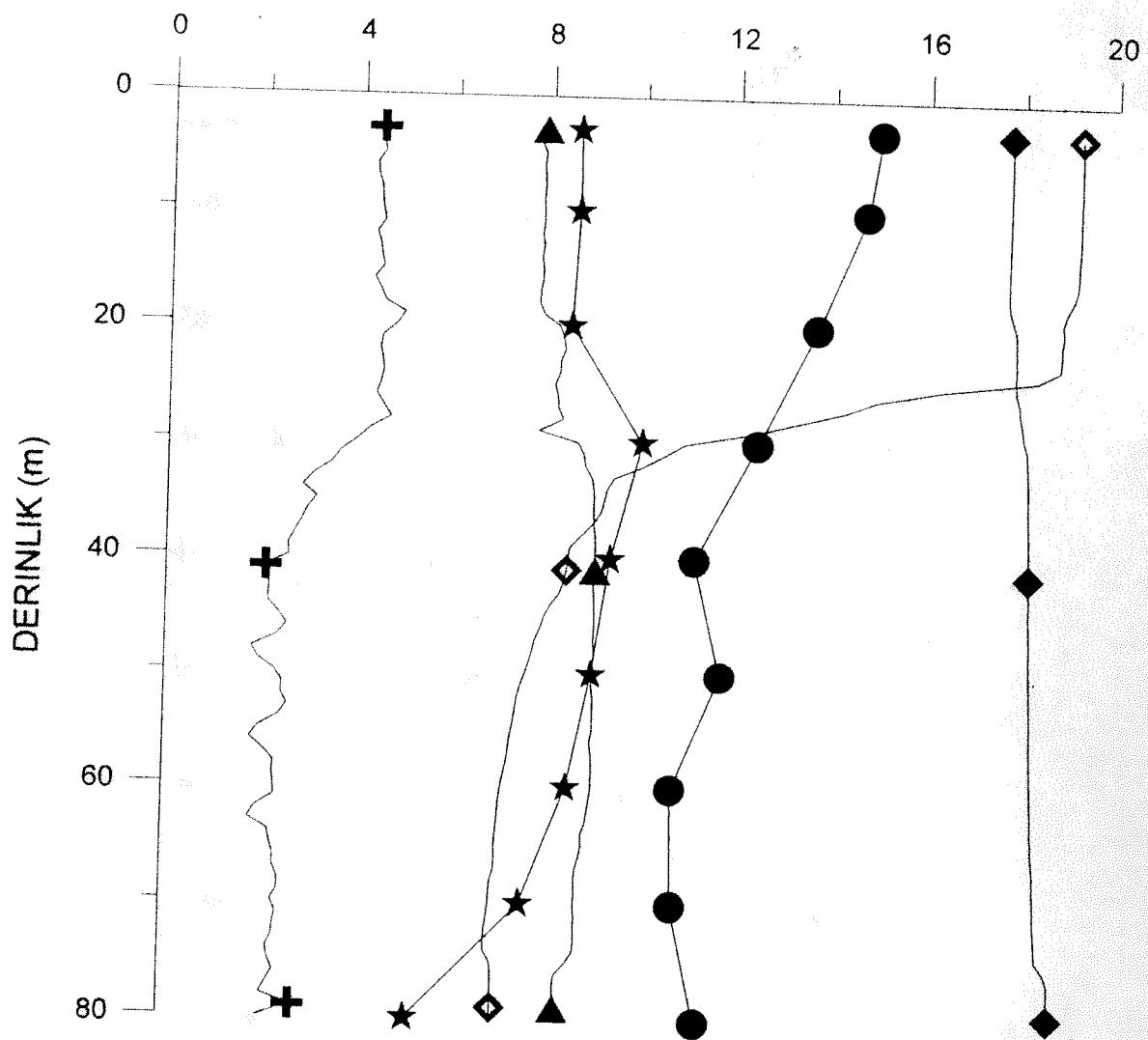
Şekil 29. Tüm araştırma alanında yüzeyde *Synechococcus* sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı.



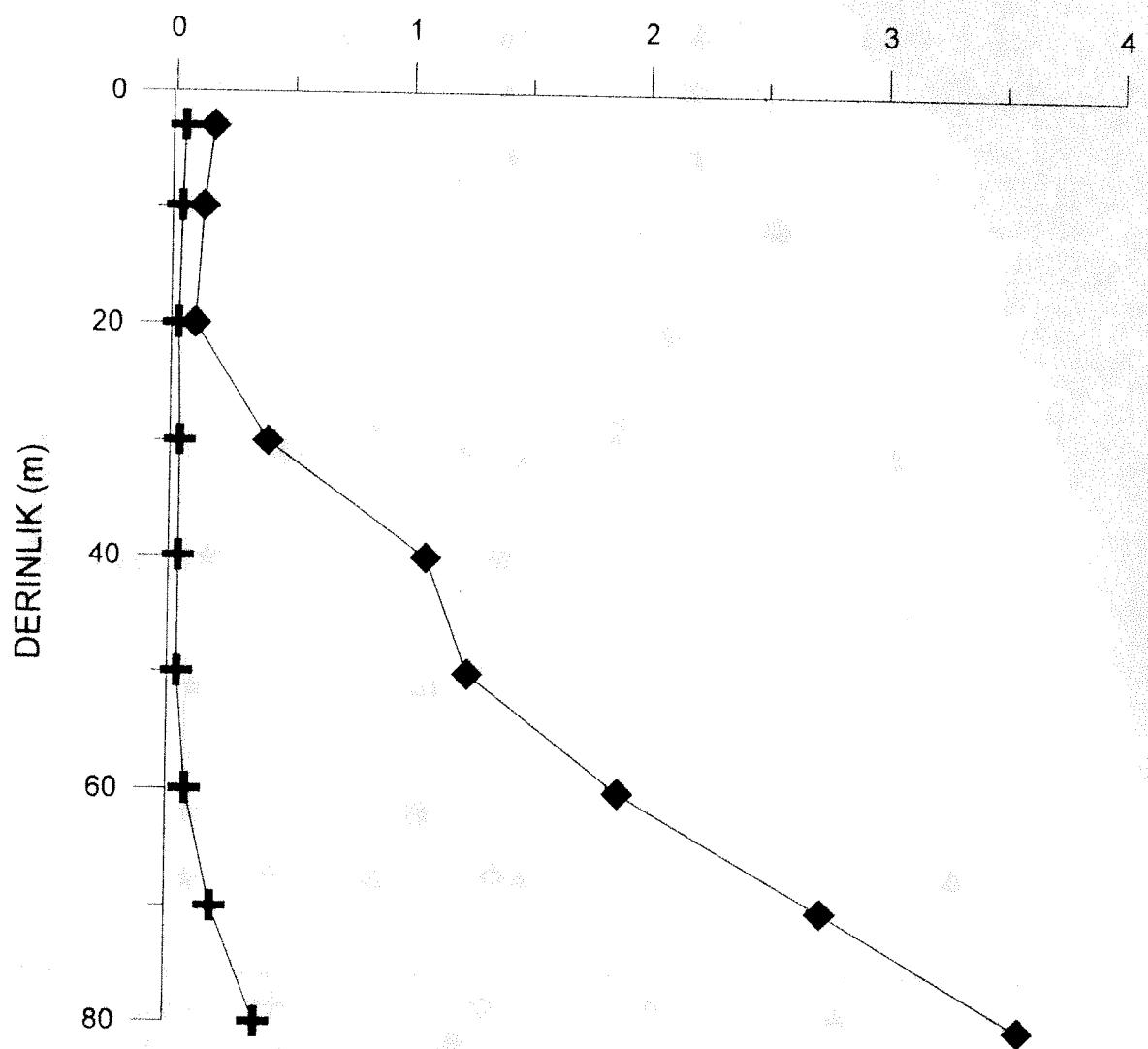
Şekil 30. Tüm araştırma alanında fluoresans maksimum tabakasında *Synechococcus* sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı.



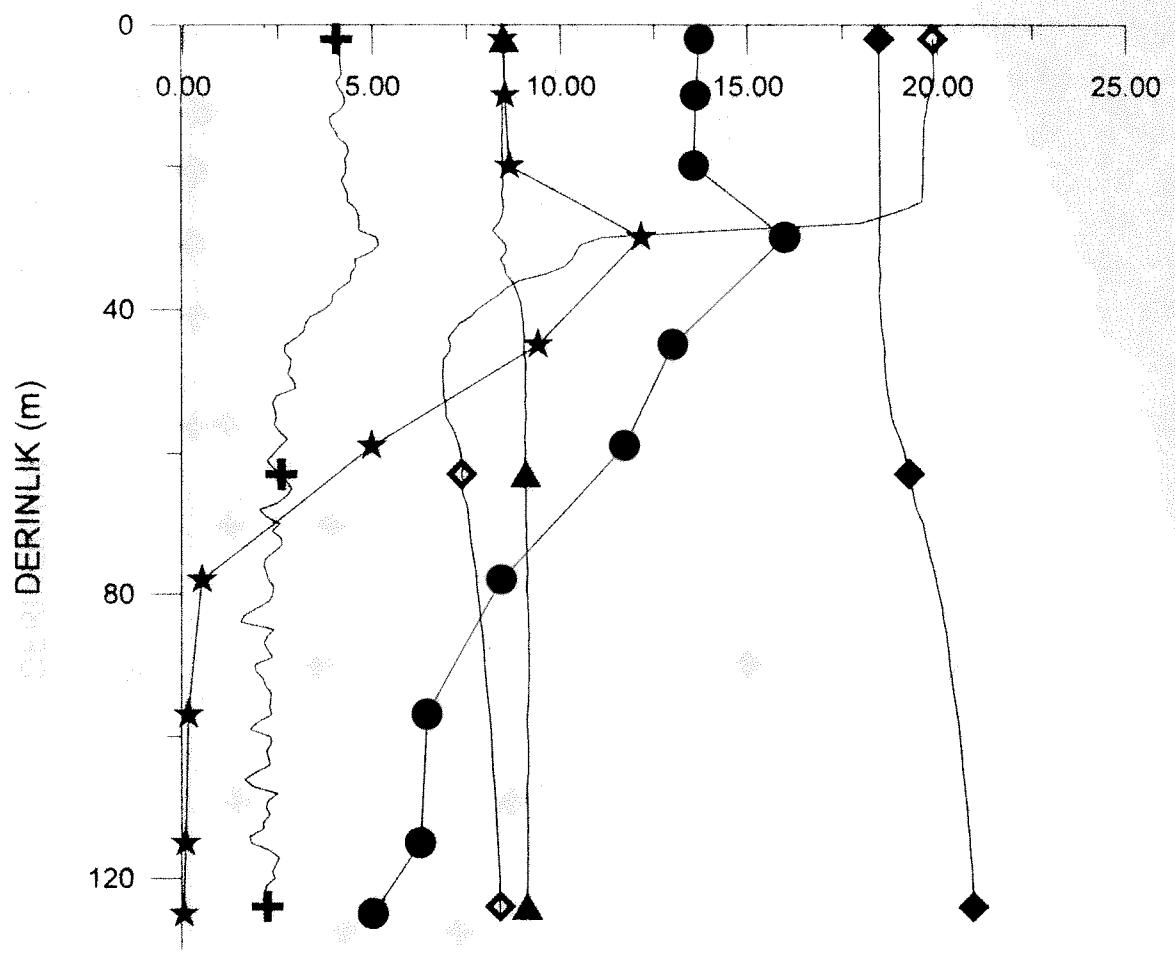
Şekil 31. Tüm araştırma alanında fluoresans minimum tabakasında *Synechococcus* sp hücre miktarlarının zamana karşı dağılımı.



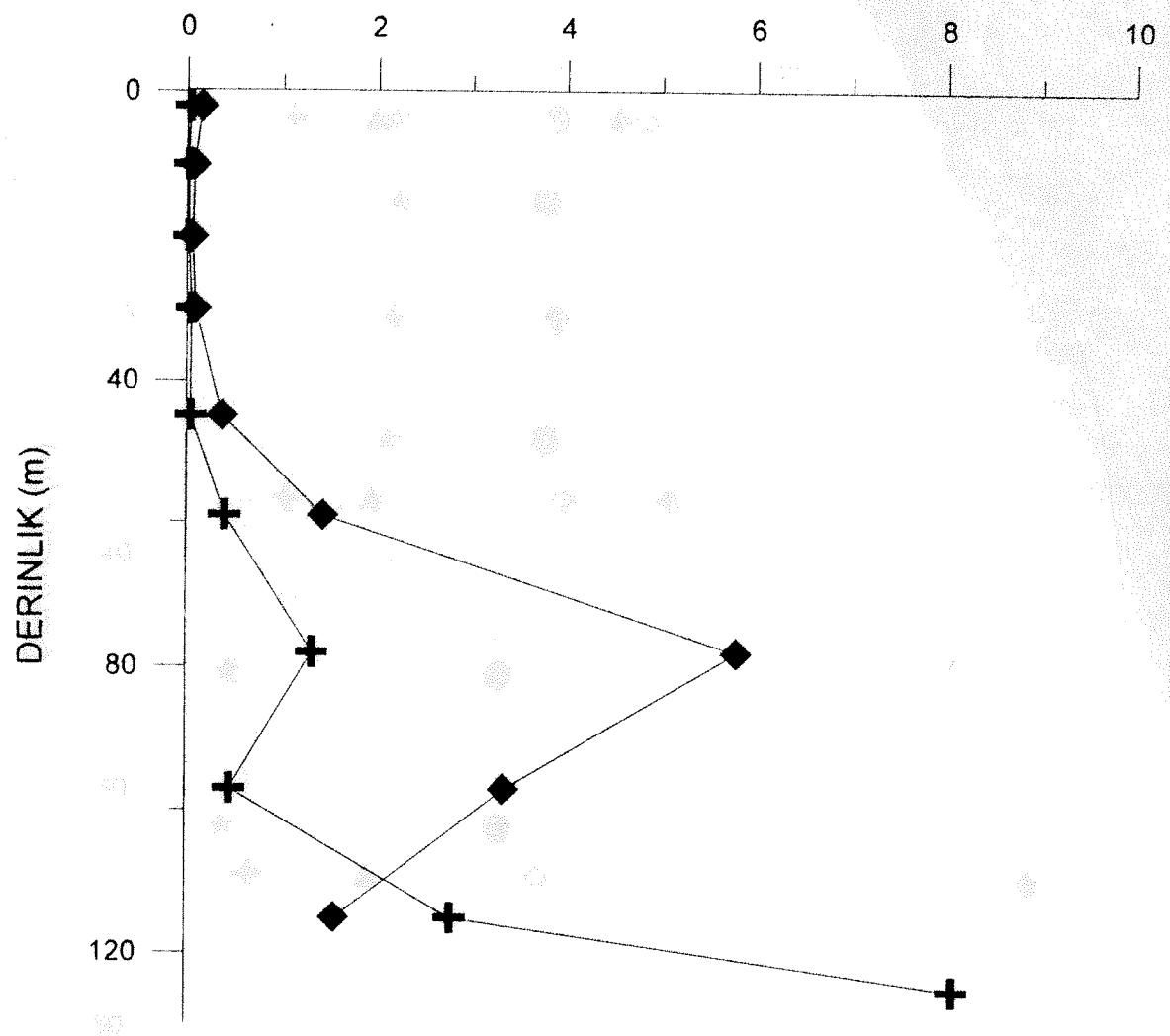
Şekil 32. 1 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ♦ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml. Hücre sayısı x ekseni ölçeklerine uydurmak için 3'le çarpılmıştır.



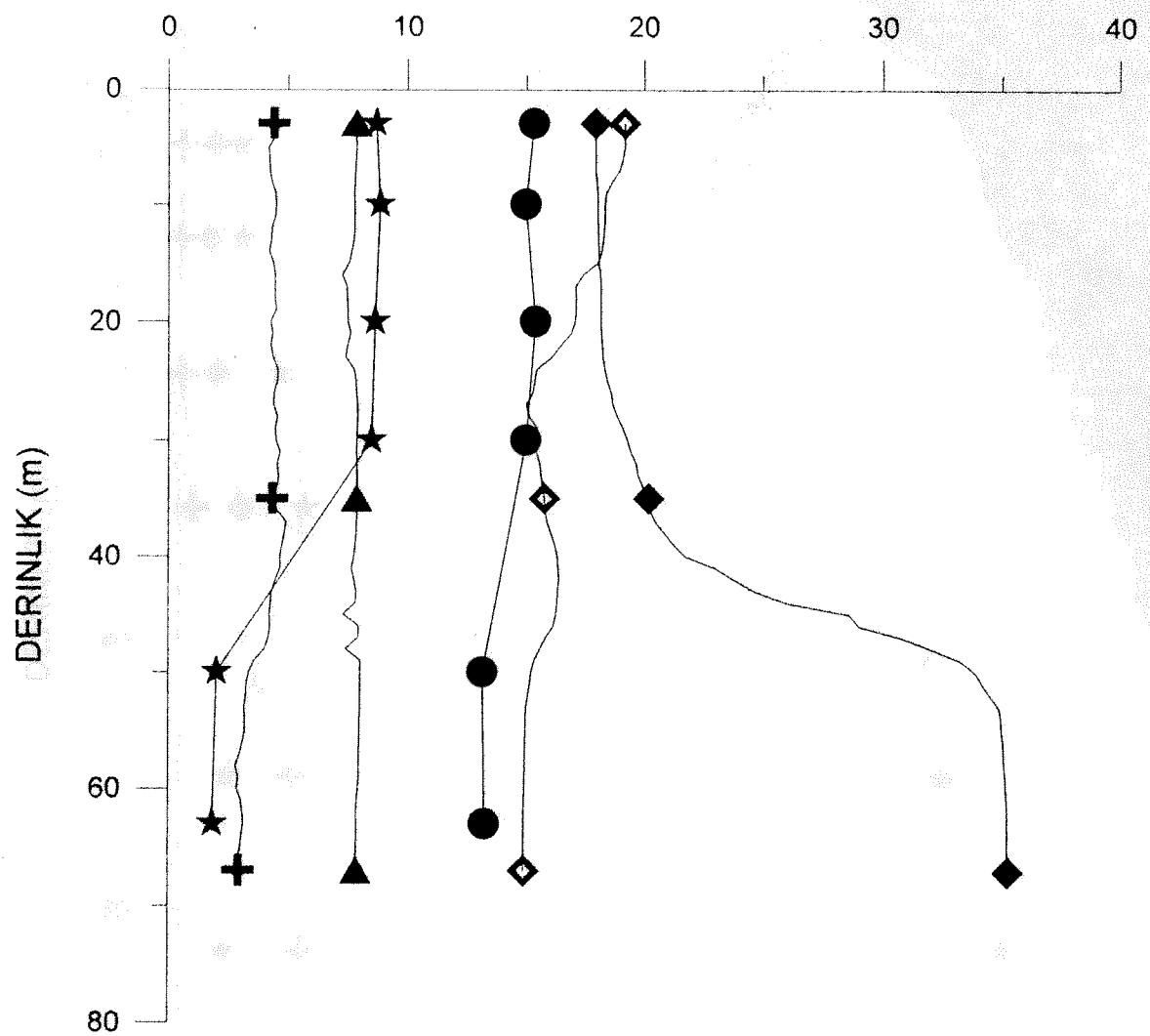
Şekil 33. 1 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
 (+ = fosfat; ♦ = nitrat).



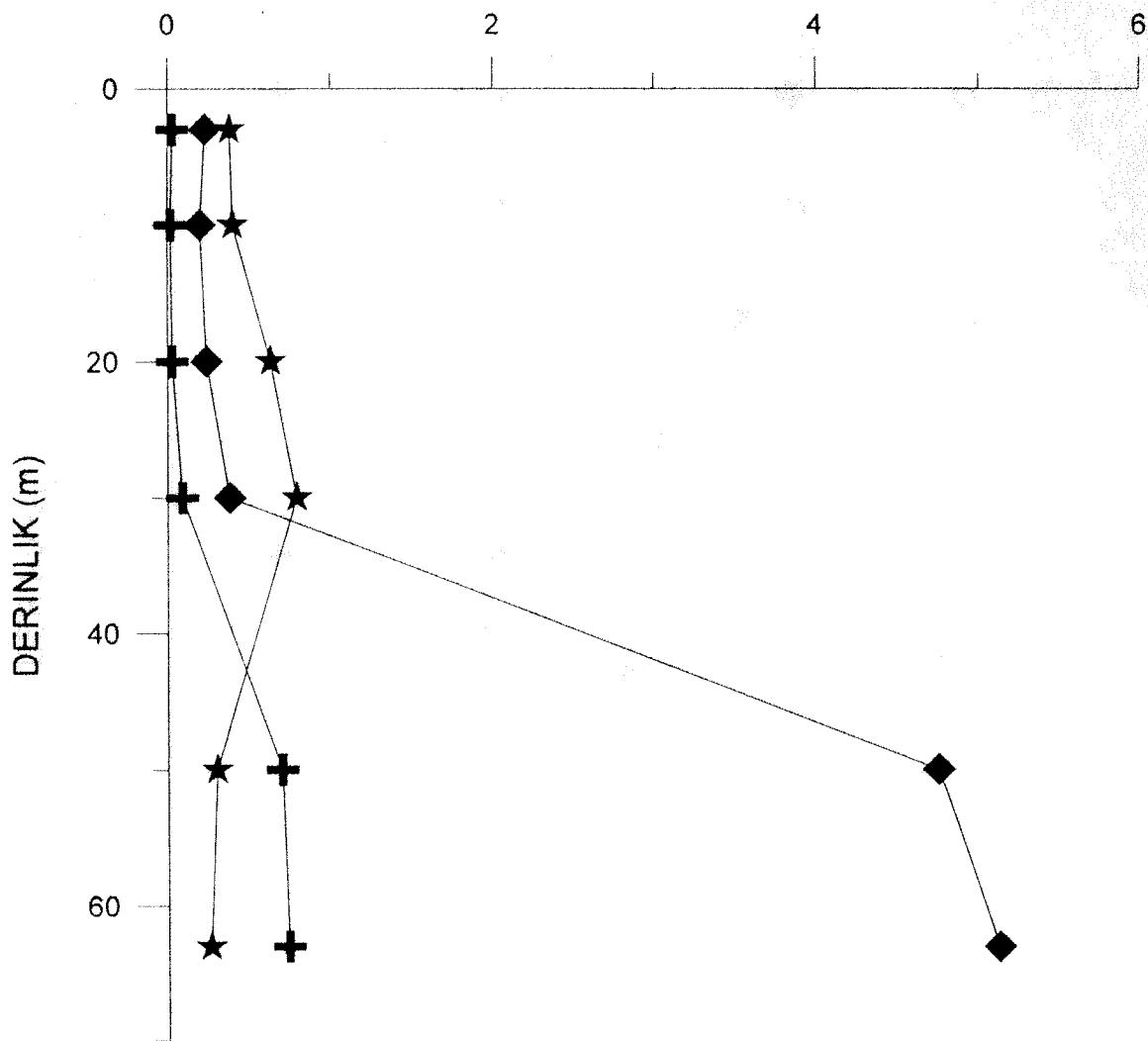
Şekil 34. 2 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ♦ = sıcaklık; ♦ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



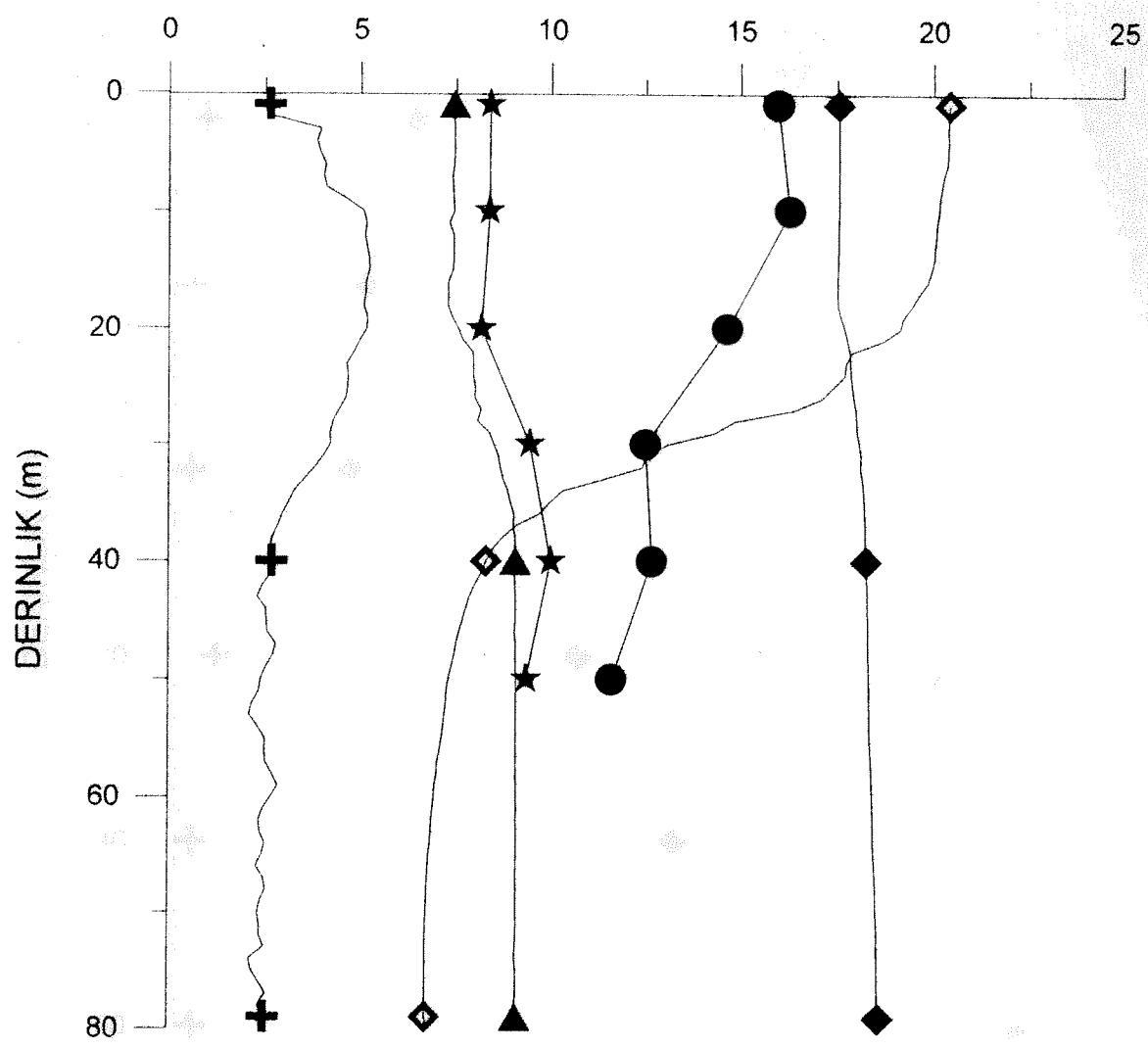
Şekil 35. 2 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
 (+ = fosfat; ♦ = nitrat).



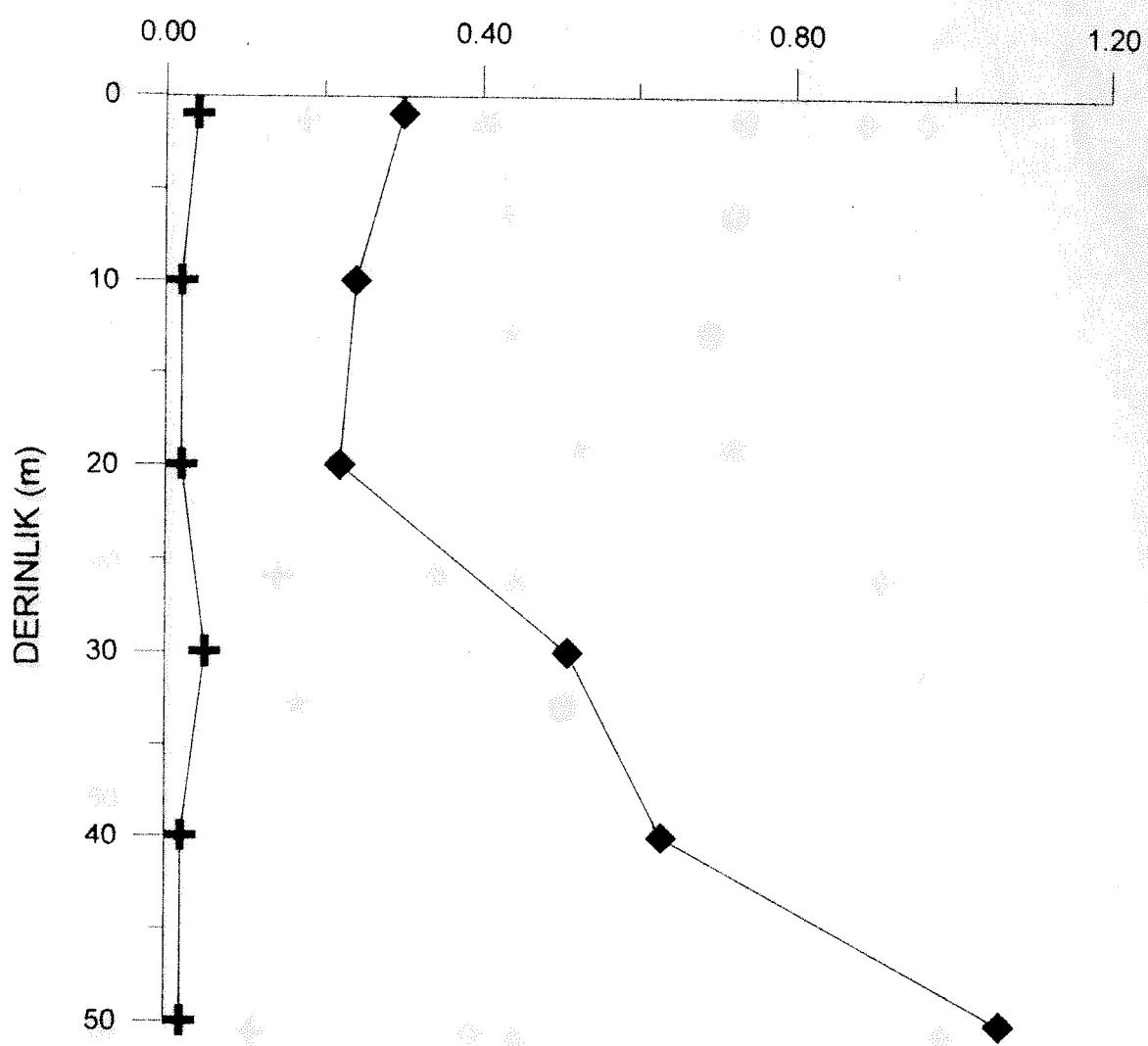
Şekil 36. 3 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◆ = sıcaklık; ◆ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



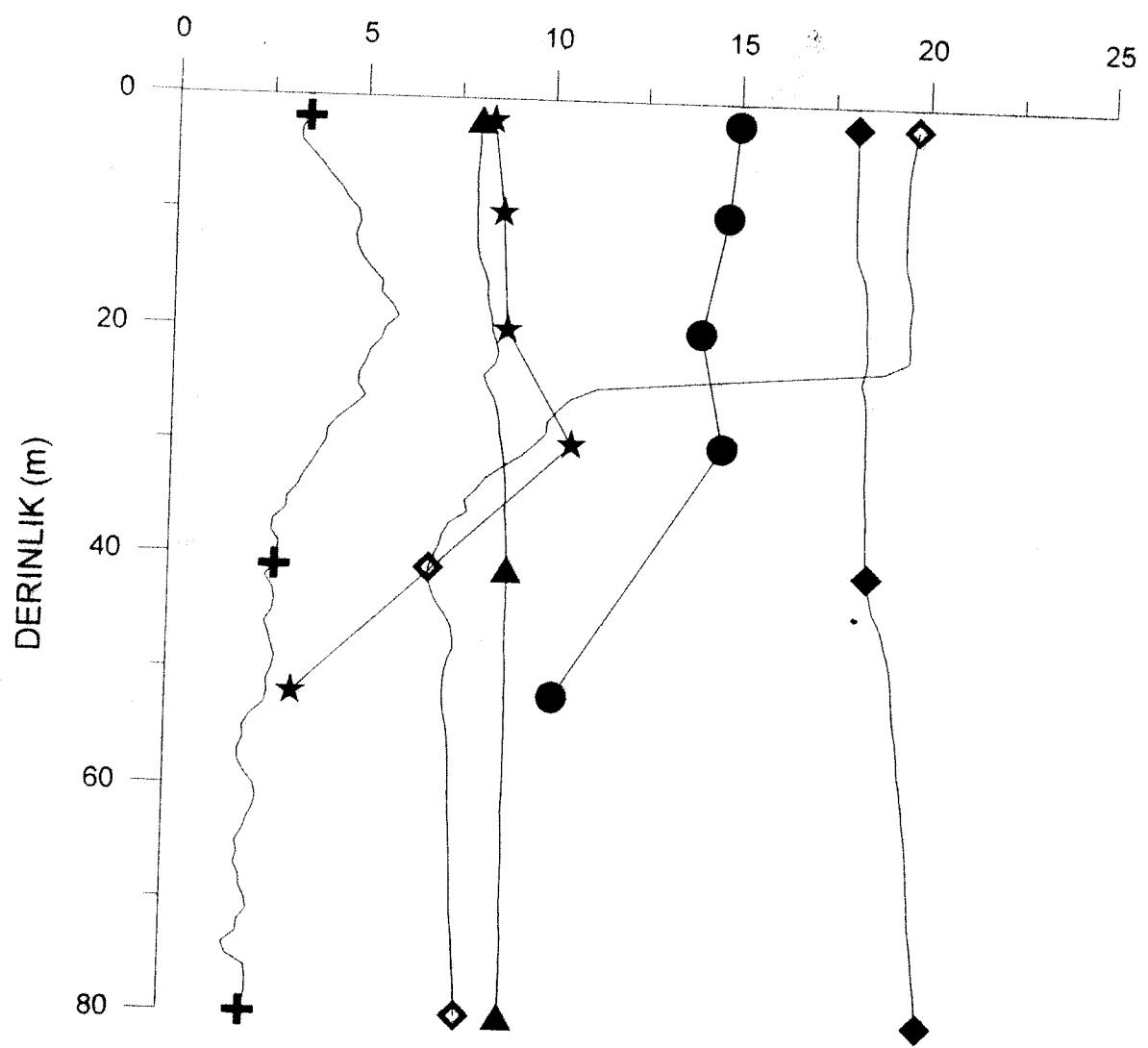
Şekil 37. 3 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
 (+ = fosfat; ◆ = nitrat, ★ = Klorofil-a).



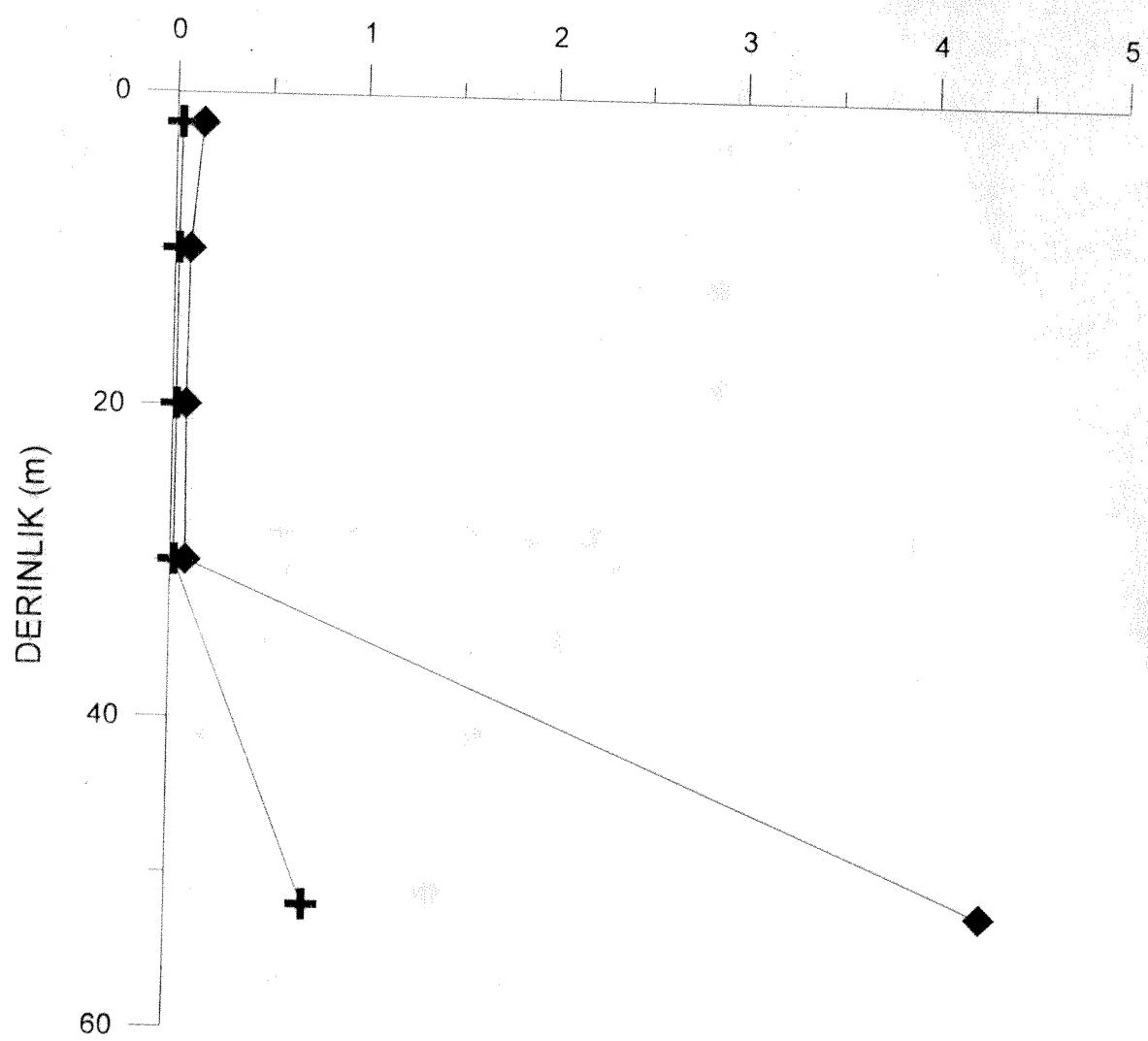
Şekil 38. 4 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ◆ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



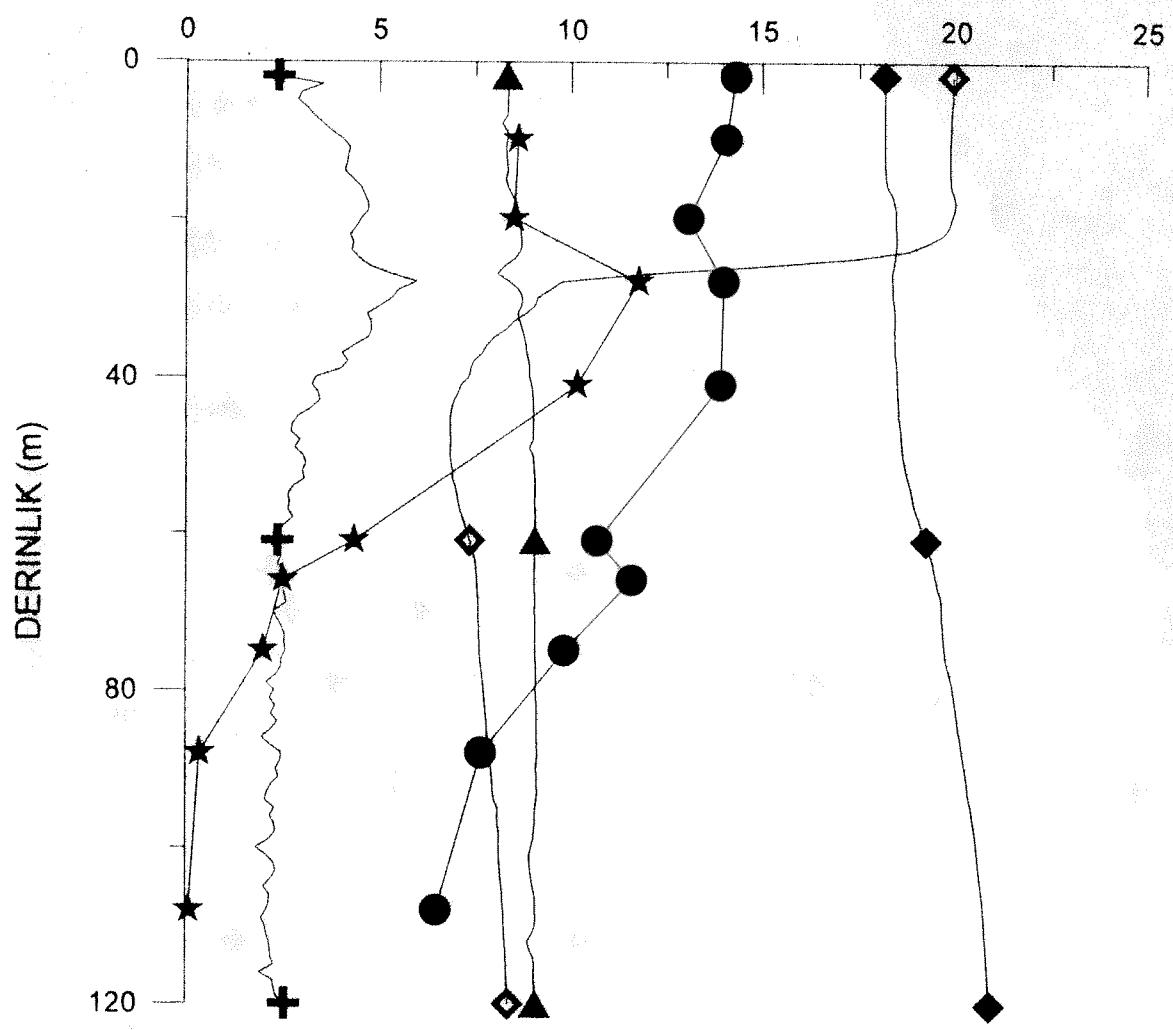
Şekil 39. 4 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
 (+ = fosfat; ◆ = nitrat).



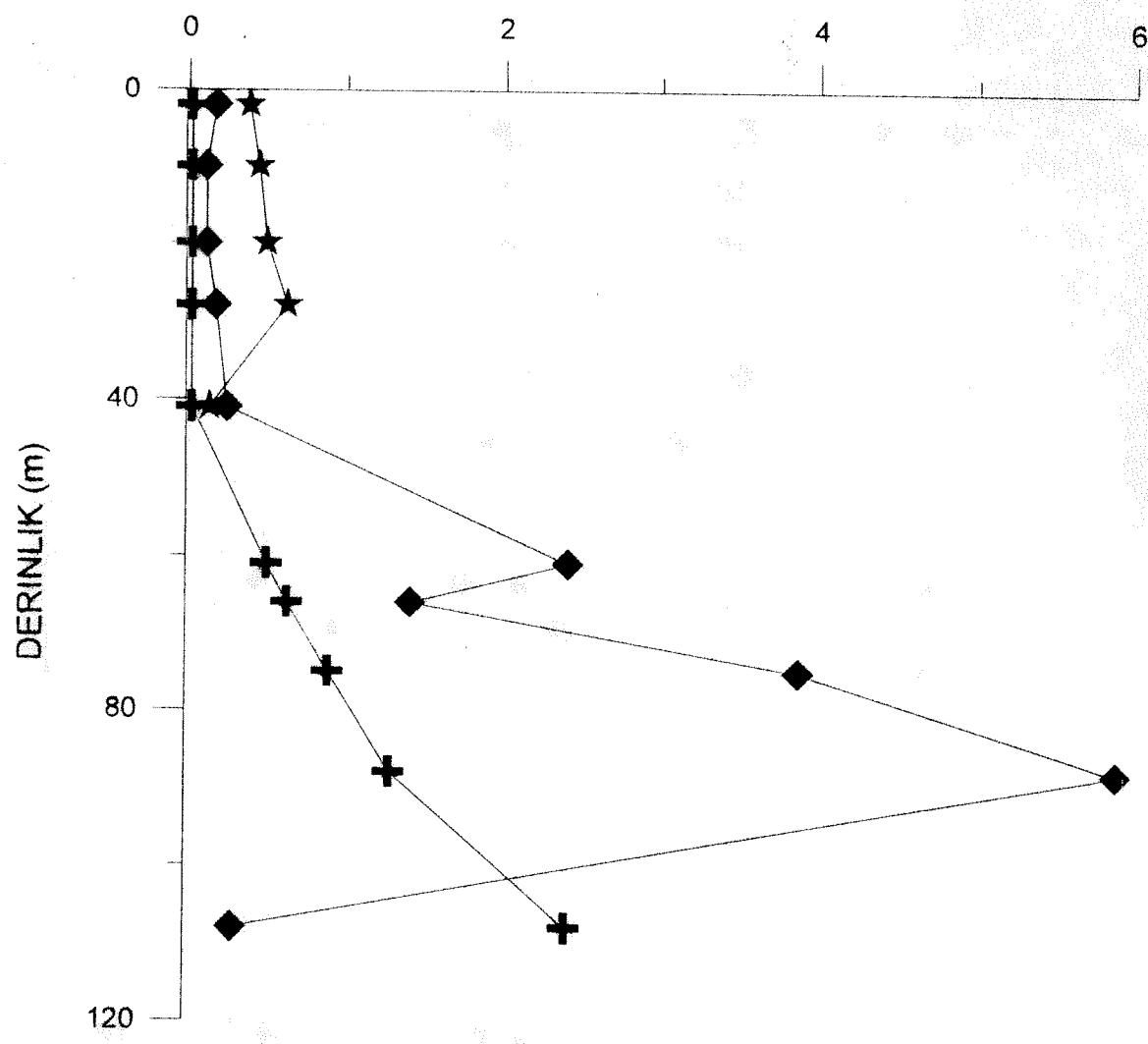
Şekil 40. 5 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ♦ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



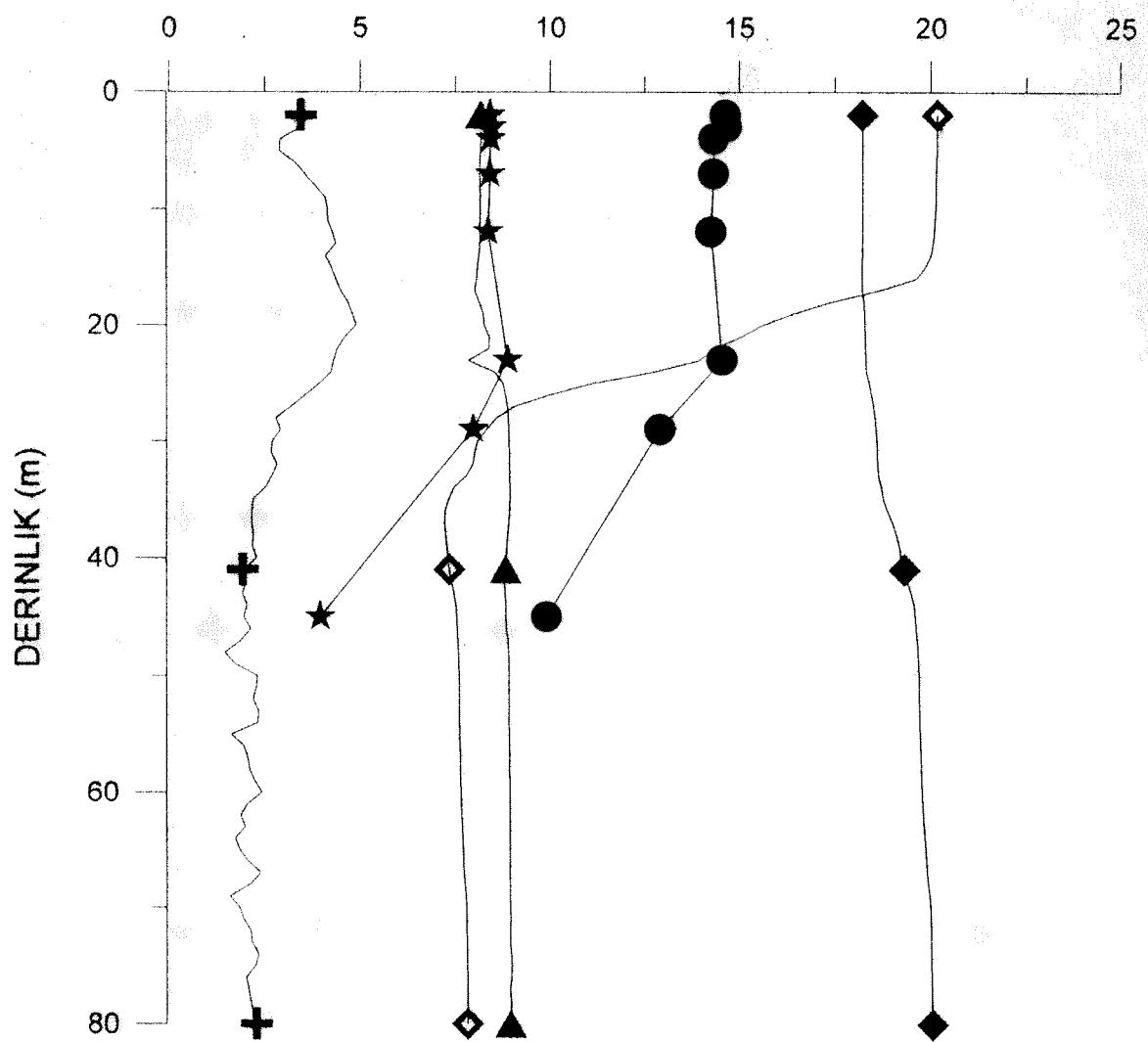
Şekil 41 5 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
(+ = fosfat; ◆ = nitrat)



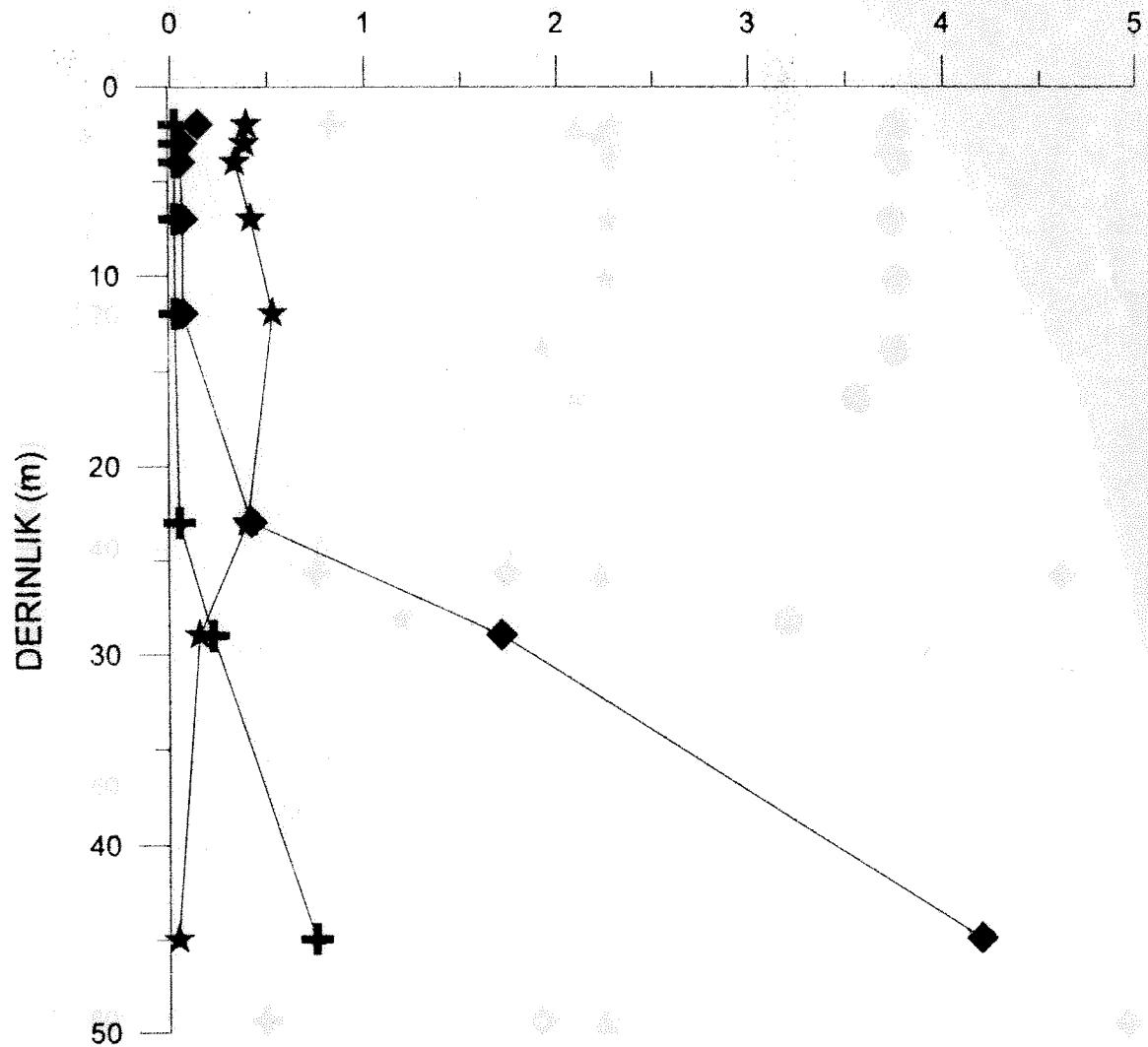
Şekil 42. 6 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ♦ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



Şekil 43. 6 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
(+ = fosfat; ◆ = nitrat, ★ = Klorofil-a)

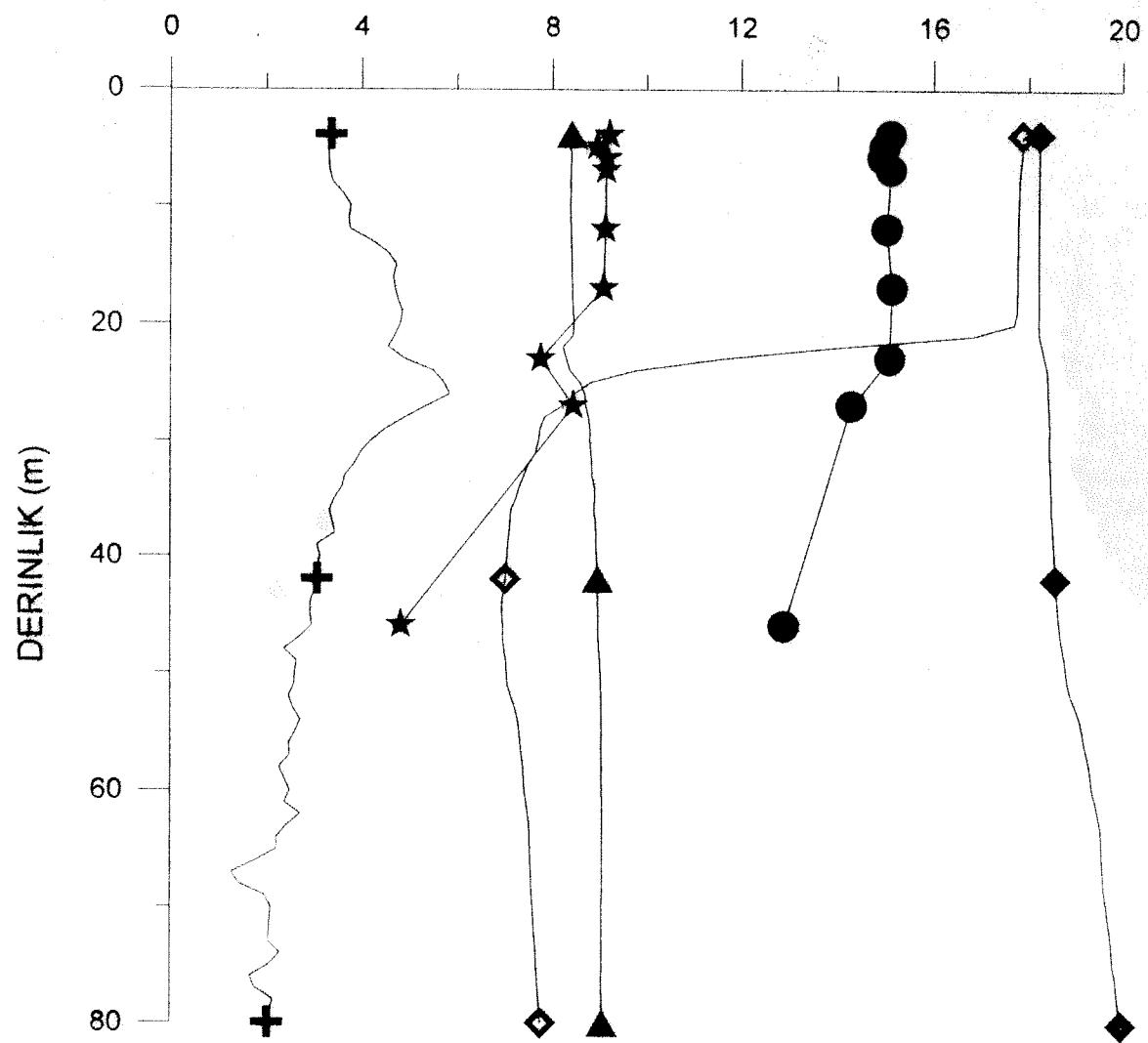


Şekil 44. 8 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ◆ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).

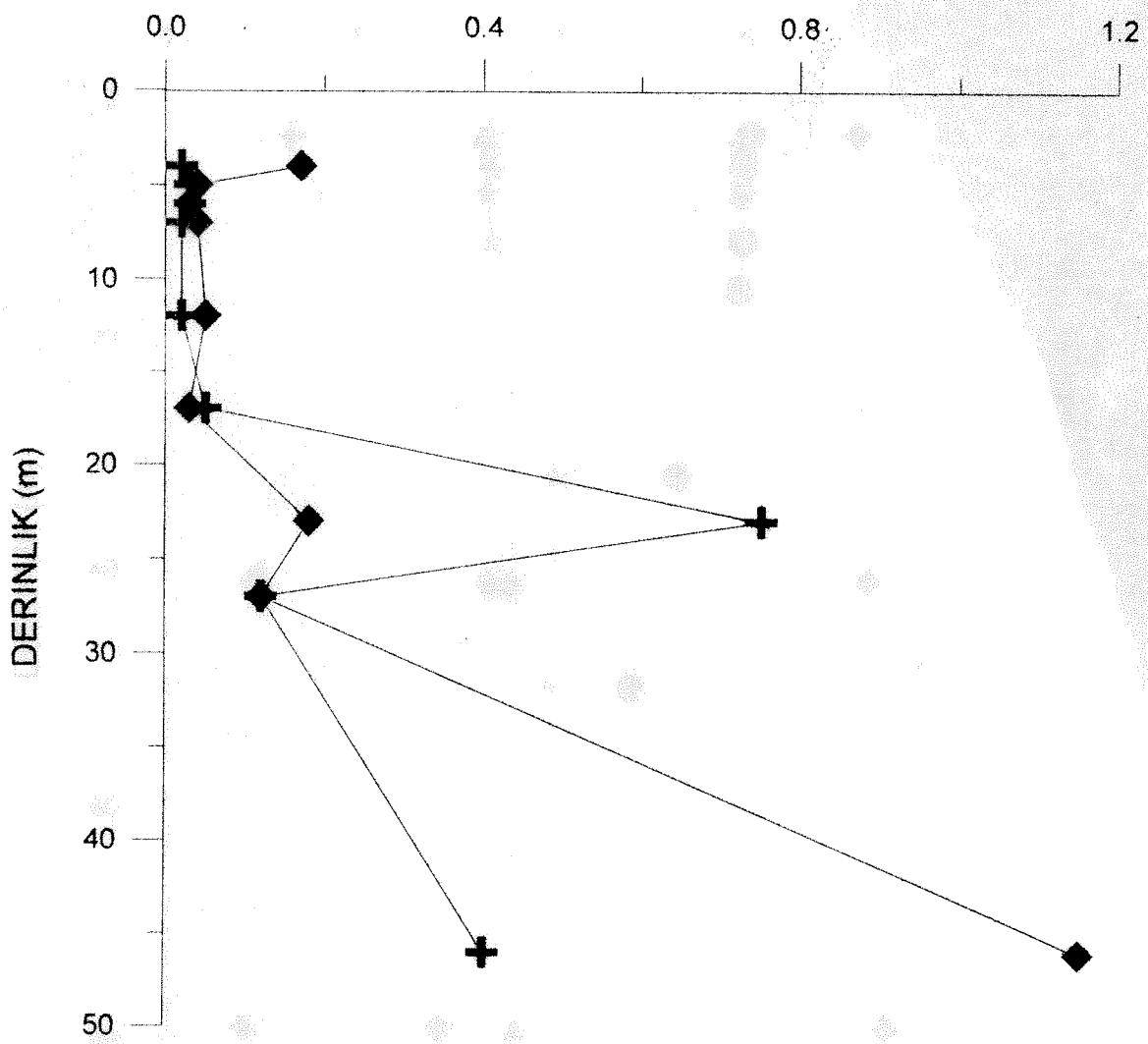


Sekil 45. 8 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle deisimi

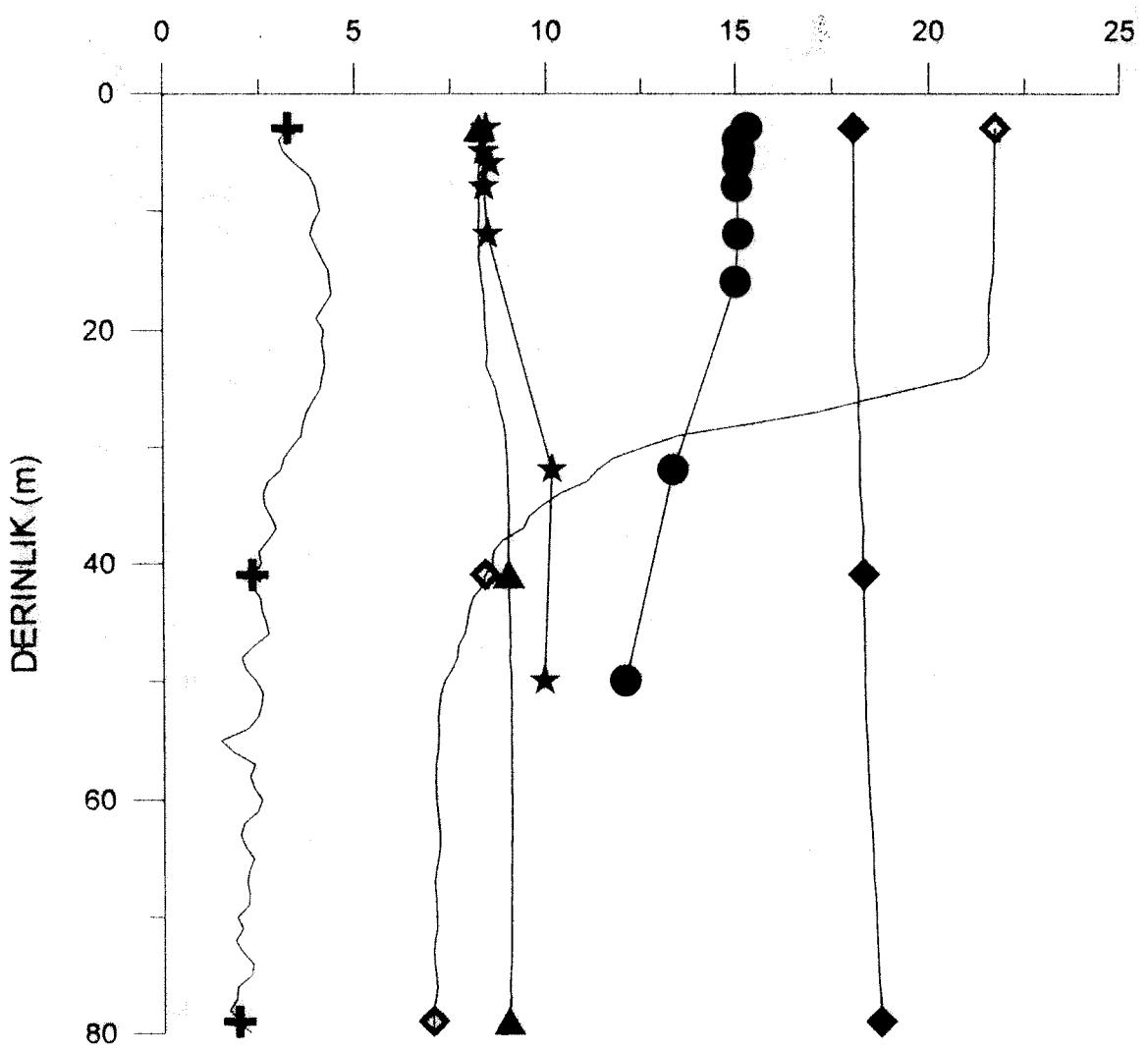
(+ = fosfat; ♦ = nitrat, ★ = Klorofil-a).



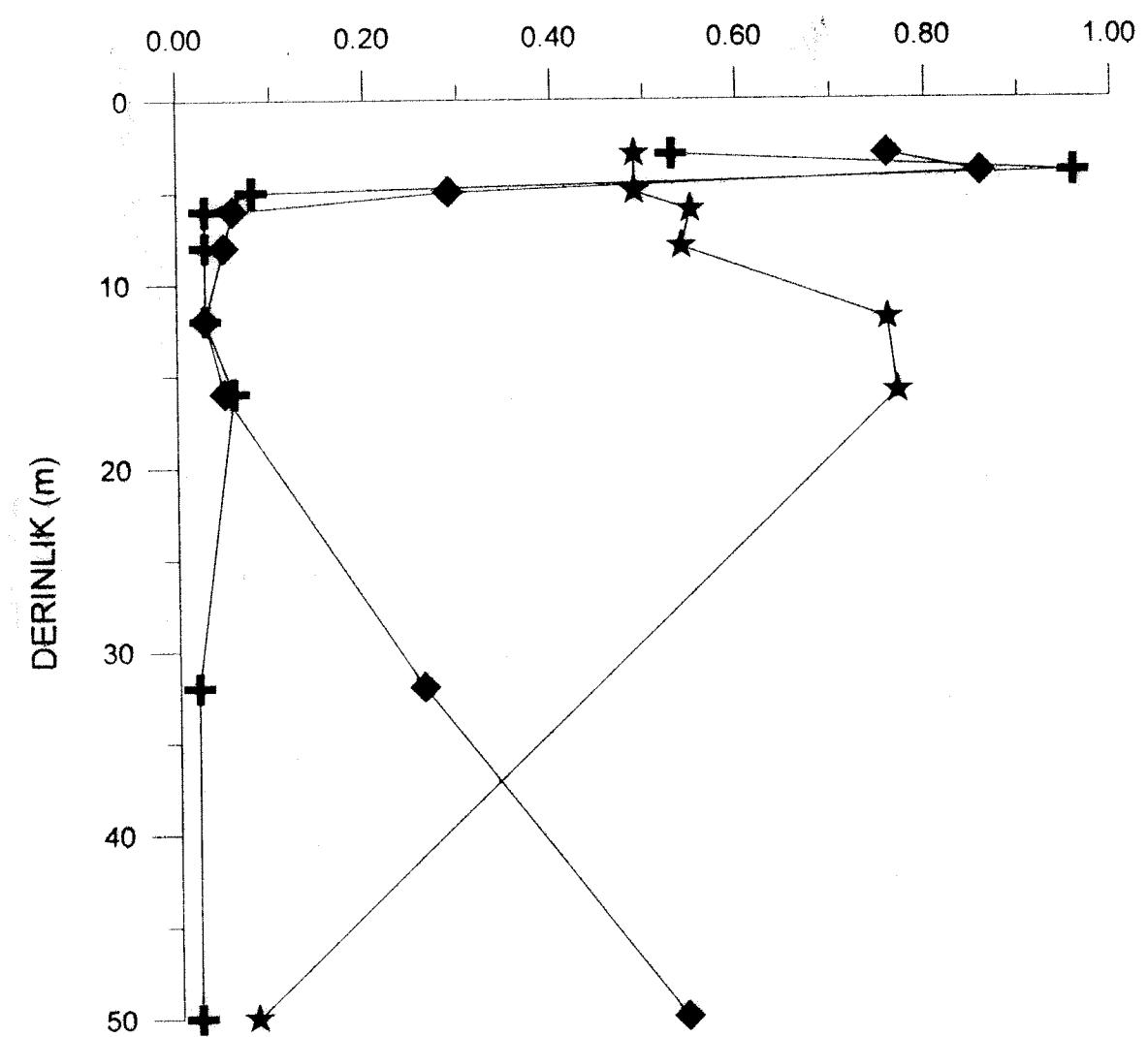
Şekil 46. 21 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ◆ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



Şekil 47. 21 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
(+ = fosfat; ◆ = nitrat).



Şekil 48. 25 no'lu istasyonda fiziksel parametrelerin ve hücre sayımlarının derinlikle değişimi (+ = fluoresans; ◊ = sıcaklık; ♦ = tuzluluk; ▲ = ışık geçirgenliği; ★ = çözünmüş oksijen; ● = $3 \times \log$ hücre sayısı/ml).



Şekil 49. 25 no'lu istasyonda kimyasal parametrelerin derinlikle değişimi
 (+ = fosfat; ◆ = nitrat, ★ = Klorofil-a).

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU

1- Proje No: YDABÇAG-352

2- Rapor Tarihi: Mayıs 1998

3- Projelerin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.11.1996-01.11.1997

1- Projenin Adı: Karadeniz'de Birincil Üretimi Pompalayan Cyanobakterium *Synechococcus*'un Su Kolonundaki Dağılımını Etkileyen Fiziko-Kimyasal Etmenlerin Araştırılması

2- Proje Yürüttücsü ve Yardımcı Araştırmacılar:

Yürüttücsü: Y.Doç.Dr. Zahit UYSAL

Yardımcı Araştırmacılar: 1-Doç.Dr. Ahmet. E. KİDEYŞ

2- Öğrenci İrem KÖKSALAN

6- Projenin Yürüttüğü Kuruluş ve Adresi: ODTÜ-Deniz Bilimleri Enst.
P.K. 28 33731 Erdemli-İÇEL

7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:

1- TÜBİTAK : Atatürk Bulvarı, No: 221 06100 Kavaklıdere/ANKARA

2- ODTÜ - Erdemli Deniz Bilimleri Enstitüsü, P.K.28 33731 Erdemli-İÇEL

4- Öz (Abstract):

Bu rapor "Karadeniz'de Birincil Üretimi Pompalayan Cyanobakterium *Synechococcus*'un Su Kolonundaki Dağılımını Etkileyen Fiziko-Kimyasal Etmenlerin Araştırılması" projesi kapsamında yapılan çalışmaları, elde edilen bulguları, bunların analizlerini ve yorumlarını içermektedir. Proje kapsamında 24 Eylül-5 Ekim 1996 tarihleri arasında Karadeniz Ulusal sularımızda R/V Bilim gemisi ile bir sefer gerçekleştirilmiş ve 26 istasyondan toplam 121 örnek toplanmıştır. Ayrıca tüm istasyonlarda incelenen su kolonunda kesintisiz fiziksel ve belirli aralıklarda kimyasal parametrelerin ölçümleri yapılmıştır.

Hücre sayımları, istasyonlar arası ve ayrıca derinlikle farklılıklar göstermiştir. *Synechococcus* sp hücre sayısı dağılımı ve ortam fiziksel ve kimyasal parametreleri arasında çok kuvvetli ($r > P_{01}$) ilişkiler bulunmuştur. Hücre sayımları ile tuzluluk, derinlik, besin tuzları (fosfat, nitrat, silikat) parametreleri arasında çok kuvvetli negatif bir ilişki bulunmuştur. Hücre sayımları ile sıcaklık, çözünmüş oksijen, fluoresans ve klorofil a arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Cyanobakteri *Synechococcus*'un Karadeniz'de su kolonunda dağılımı ortam fiziko-kimyasal faktörlerine çok bağımlı olarak gelişmektedir. Hücreler, genelde gece yarısından başlayarak sabah süresince gün ortasına kadar otlanma baskısı altında olmakta ve öğleden sonra da yavaş yavaş başlayarak akşam süresince bölünerek çoğalmaktadır.

9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler: -----

10- Bilim Dalı: DENİZ BİLİMLERİ

Doçentlik B.Dalı Kodu: -----

Uzmanlık Alan Kodu: -----

ISIC Kodu: -----

11- Dağıtım (*): Sınırlı Sınırsız

12- Raporun Gizlilik Durumu: Gizli Gizli Değil

(*) Projenin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz.