



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAPANCA GÖLÜNDE SINIRLAYICI BESİN TUZLARININ
FİTOPLANKTON GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Gülşah İŞGÖREN
Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı
İç Sular Biyolojisi Programı

Danışman
Doç. Dr. Reyhan AKÇAALAN ALBAY

Haziran, 2009

İSTANBUL

Bu alışma 27/07/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı İç Sular Biyolojisi programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Reyhan AKÇAALAN ALBAY
(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Mustafa TEMEL
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Prof. Dr. Enis MORKOÇ
Marmara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Yelda AKTAN TURAN
İstanbul Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Doç Dr. Ayten KİMİRAN ERDEM
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliđinin 2346 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destekten dolayı değerli hocam Doç. Dr. Reyhan AKÇAALAN'a; çalışma konusunun seçiminde beni yüreklendiren ve çalışmalarım sırasında her zaman destek olan Prof. Dr. Meriç ALBAY'a içten dileklerimle teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan ve karşılaştığım problemleri çözen Teknisyen Adnan SÜMER'e, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Ar. Gör. Cenk GÜREVİN'e ve değerli arkadaşlarım Başak OĞUZ, Başak SÖZER ve Latife KÖKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmam boyunca her zaman desteklerini yanımda hissettiğim Sevgili annem Sevgül İŞGÖREN, kardeşim Uğur İŞGÖREN, eşim Ali Doğan SİVRİTEPE ve gökyüzünden beni izlediğine inandığım babam İrfan İŞGÖREN'e teşekkürlerimi sunarım.

Haziran, 2009

GÜLŞAH İŞGÖREN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. GÖLLERDE TABAKALANMA	6
2.2. FİTOPLANKTONUN DİKEY DAĞLIMI	7
2.3. FİTOPLANKTON GELİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	8
3. MATERYAL VE METOT	12
3.1. ÇALIŞMA YERİNİN TANIMI	12
3.1.1. Bölgenin Coğrafik Yapısı	12
3.1.1.1 Tabakalaşma	13
3.1. ÖRNEKLERİN TOPLANMASI.....	14
3.2.1. Fiziksel Ve Kimyasal Parametreler.....	14
3.2.2. Biyolojik Parametreler	14
3.2.3. Deneysel Düzeneklerin Oluşturulması	15

4. BULGULAR	18
4.1. GÖL SUYUNUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ.....	18
4.1.1. Su Sıcaklığı	18
4.1.2. Çözünmüş Oksijen	20
4.1.3. Toplam Çözünmüş Madde	21
4.1.4. pH.....	22
4.1.5. İletkenlik.....	23
4.1.6. Secchi Disk Derinliği	24
4.1.7. Nitrat+Nitrit (NO_3+NO_4)	25
4.1.8. Fosfat (PO_4)	26
4.1.9. Toplam Fosfor (TP)	27
4.1.10. Silika (SiO_2)	28
4.1.11. Klorofil-a (Kl-a)	29
4.1.12. Toplam Azot (TN)	30
4.1.13. Toplam Karbon (TK)	31
4.2. ARAZİ ORTAMINDA YÜRÜTÜLEN DENEYLERDE BESİN TUZU İLAVESİ SONUÇLARI.....	32
4.2.1. Nitrat+Nitrit (NO_3+NO_4)	32
4.2.2. Orto-Fosfat (o- PO_4)	34
4.2.3. Klorofil-a (Kl-a)	36
4.2.4. Silika (SiO_2)	38
4.2.5. Toplam Karbon ve Toplam İnorganik Karbon	39
4.2.6. Toplam Azot	41
4.3. LABORATUVAR ORTAMINDA YÜRÜTÜLEN DENEYLERDE BESİN TUZU İLAVESİ SONUÇLARI	42
4.3.1. Nitrat+Nitrit (NO_3+NO_4)	42
4.3.2. Orto-Fosfat (o- PO_4)	44
4.3.3. Klorofil-a (Kl-a)	46
4.3.4. Silika (SiO_2)	48
4.3.5. Toplam Karbon ve Toplam İnorganik Karbon	49
4.3.6. Toplam Azot	51

4.4. FİTOPLANKTON DAĞILIMI	52
4.4.1. Göl Suyunda Tespit Edilen Fitoplankton Türleri	52
4.4.2. Göl Suyunda Tespit Edilen Fitoplankton Tür Yoğunlukları	52
4.4.2.1. Göl Ortamı	52
4.4.2.2. Arazi Deney Ortamı	55
4.4.2.3. Laboratuvar Deney Ortamı	59
4.4.3. Göl Suyunda Tespit Edilen Fitoplankton Tür Biyoması	63
4.4.3.1. Göl Ortamı	63
4.4.3.2. Arazi Deney Ortamı	65
4.4.3.3. Laboratuvar Deney Ortamı	69
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	73
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	83

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	: Sapanca Gölü'nün havza alanı	13
Şekil 3.2	: Sapanca Gölü'nden seçilen örnekleme istasyonu	13
Şekil 3.3	: Göl ortamında kurulan düzenek	16
Şekil 3.4	: Laboratuvar ortamında kurulan düzenek.....	16
Şekil 4.1	: Sapanca Gölü'nde su sıcaklığının (°C) zamana bağlı olarak dikey değişim	19
Şekil 4.2	: 22.07.2008 tarihinde Sapanca Gölü'nde ölçülen su sıcaklığının dikey dağılımı.....	19
Şekil 4.3	: Sapanca Gölü'nde çözünmüş oksijenin (mg l^{-1}) zamana bağlı olarak dikey değişimi	20
Şekil 4.4	: Toplam çözünmüş maddenin (mg l^{-1}) zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	21
Şekil 4.5	: pH'ın zamana bağlı dikey değişimi.....	22
Şekil 4.6	: Sapanca Gölü'nde iletkenliğin ($\mu\text{S cm}^{-1}$) zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	23
Şekil 4.7	: Sapanca Gölü'nde secchi disk derinliğinin zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	24
Şekil 4.8	: NO_2+NO_3 ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	25
Şekil 4.9	: o-PO_4 ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi..	26
Şekil 4.10	: Toplam fosfor ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	27
Şekil 4.11	: Silika ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi ..	28
Şekil 4.12	: Kl-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi	29
Şekil 4.13	: Toplam azot (mg l^{-1}) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	30
Şekil 4.14	: Toplam karbon (mg l^{-1}) konsantrasyonun zamana bağlı olarak dikey değişimi.....	31
Şekil 4.15	: Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5m), metalimniyon (12m) ve hipolimniyon (18m)'de ölçülen NO_2+NO_3 değerleri	33
Şekil 4.16	: Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon(5m), metalimniyon (12m) ve hipolimniyon (18m)'de ölçülen o-PO_4 değerleri.....	35
Şekil 4.17	: Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon(5m), metalimniyon (12m) ve hipolimniyon (18m)'de ölçülen Kl-a değerleri.....	37
Şekil 4.18	: Arazideki deney ortamında 8. günde epilimniyon (5m), metalimniyon(12m) ve hipolimniyon (18m)'da ölçülen SiO_2 değerleri.....	38
Şekil 4.19	: Deneyin 8. gününde arazi deney ortamında ölçülen toplam karbon ve toplam inorganik karbon değerleri	40
Şekil 4.20	: Deneyin 8. gününde arazi deney ortamında ölçülen toplam azot değerleri.....	41
Şekil 4.21	: Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon(5m), metalimniyon (12m), hipolimniyon (18m)'de ölçülen nitrit+nitrat değerleri.....	43

Şekil 4.22 : Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon(5m), metalimniyon (12m), hipolimniyon (18m)'de ölçülen orto-fosfat değerleri.....	45
Şekil 4.23 : Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon(5m), metalimniyon (12m), hipolimniyon (18m)'de ölçülen Klorofil- <i>a</i> değerleri.....	47
Şekil 4.24 : Laboratuvar koşullarında biyodeneyin 8. gününde epilimniyon (5m), metalimniyon (12m), hipolimniyon (18m)'de ölçülen silika (SiO ₂) değerleri.....	48
Şekil 4.25 : Deneyin 8. gününde laboratuvar deney ortamında ölçülen toplam karbon ve toplam inorganik karbon değerleri	50
Şekil 4.26 : Deneyin 8. gününde laboratuvar deney ortamında ölçülen toplam azotdeğerleri.....	51
Şekil 4.27 : Göl suyunda fitoplankton gruplarının dağılımı	52
Şekil 4.28 : Göl ortamında fitoplankton biyomasının zamana ve derinliğe bağlı değişimleri.....	64
Şekil 4.29 : Göl ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimi	64
Şekil 4.30 : Arazi deney ortamında fitoplankton biyomasının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimleri.....	67
Şekil 4.31 : Arazi deney ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak biyomas değişimi	68
Şekil 4.32 : Laboratuvar deney ortamında fitoplankton biyomasının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimleri.....	71
Şekil 4.33 : Laboratuvar deney ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak biyomas değişimi	72

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Suyun küresel dağılımı	4
Tablo 4.1	:. Sapanca Gölünde deney süresince göl suyunda kaydedilen fitoplankton türleri ve bollukları.....	54
Tablo 4.2	: Arazide yürütülen deneyde tespit edilen fitoplankton türleri ve bollukları	57-58
Tablo 4.3	: Labratuvarda yürütülen deneyde tespit edilen fitoplankton türleri ve bollukları	61-62

SEMBOL LİSTESİ

P	: Fosfor
N	: Azot
K	: Kontrol
N+P	: Azot+Fosfor
NO₃+NO₂	: Nitrat+Nitrit
o-PO₄	: Orto fosfat
Kl-a	: Klorofil-a
SiO₂	: Silika
TDS	: Toplam çözünmüş madde
TP	: Toplam fosfor
TN	: Toplam azot
TK	: Toplam karbon
μ	: Mikron

ÖZET

SAPANCA GÖLÜNDE SINIRLAYICI BESİN TUZLARININ FİTOPLANKTON GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Fitoplankton besin zincirinin ilk halkasını oluşturması nedeniyle sucul sistemlerde verimliliğin ortaya konmasında büyük önem taşır. Sucul ortamda bulunan besin tuzu miktarı fitoplankton kompozisyonunu ve biyomasını kontrol eden temel faktördür. Bu çalışmada içme suyu olarak kullanılan Sapanca Gölü'nde sınırlayıcı besin tuzlarının tespit edilmesi ve buna bağlı olarak fitoplankton kompozisyonu ve biyomasında meydana gelebilecek değişimin izlenmesi amaçlanmıştır.

Sapanca Gölü'nde Cyanobacteria grubundan *Planktothrix rubescens* türünün aşırı artışlar yaptığı bilinmektedir. Gölde tabakalanmanın olduğu yaz ayları boyunca *Planktothrix rubescens* türü metalimnionda yer almakta ve gölün farklı tabakalarında fitoplankton biyoması ve kompozisyonu farklılık göstermektedir. Bu amaçla, derin bir göl olan ve yaz ayları boyunca tabakalanma gösteren gölde, temmuz ayında sıcaklığın dikey dağılımına bağlı olarak seçilen üç derinlikten (5m=Epilimnion, 12m=termoklin ve 18m=hipolimnion) alınan su örneklerine azot, fosfor ayrı ayrı ve birlikte ilave edilmiş ve fitoplankton biyoması ve kompozisyonu üzerine yaptıkları etkinin ortaya konması amacıyla aynı derinliğe indirilerek arazi koşullarında ve bu derinliklerdeki ışık ve sıcaklık değerlerinin sağlandığı laboratuvar koşullarında 8 gün boyunca inkübe edilmiştir. Ayrıca ilkbahar sonu – yaz sonu arasındaki dönemde (Nisan – Eylül) gölden örnekleme yapılarak gölün bu dönemdeki limnolojik özellikleri de incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonunda gölde sınırlayıcı besin tuzlarının azot ve fosfor olduğu bulundu. Sınırlayıcı besin tuzları farklı tabakalarda farklı stratejiler izledi. Epilimnion ve metalimnionda besin tuzu ilavesi diyatome ve chlorofitlerin artmasına yol açarken, hipolimnionda *P. rubescens* türü baskın organizma oldu. Laboratuvar ve arazi koşullarındaki deneylerde de farklılıklar görüldü. Arazi ortamında epilimnionda biyomasın laboratuvar ortamından daha yüksek olduğu ve chlorophytlerin burada daha baskın olduğu tespit edildi. Besin tuzu ilavesinin *P. rubescens* biyoması üzerinde ise büyük farklılıklar yaratmadığı görüldü.

SUMMARY

THE EFFECTS OF LIMITING NUTRIENTS ON THE PHYTOPLANKTON GROWTH IN SAPANCA LAKE

Phytoplankton has a great importance to determine productivity in aquatic systems as being at the base of food chain. Nutrient concentration is basic factor controlling phytoplankton composition and biomass in water bodies. In this study, determining the limiting nutrients and their effects on phytoplankton composition and biomass in Sapanca lake have been aimed.

In Sapanca lake, *Planktothrix rubescens* (cyanobacteria) had formed blooms for several years. *Planktothrix rubescens* reaches high biomass in the metalimnion during summer months in the stratified period of lake and phytoplankton composition and biomass differ between layers of the lake. For this reason, samples was taken from different depths (5m=Epilimnion, 12m=Termocline ve 18m=Hipolimnion) which are chosen according to temperature profile from Sapanca lake which is deep and have shown summer stratification, in July and nitrogen and phosphorus was added to samples together and separately to determine their effect on phytoplankton biomass and abundance. Samples were incubated in the same depths in lake and also in the same temperature and light conditions as lake in laboratory for eight days. Moreover, limnological characteristics of the lake were determined in the late spring- late summer period (April-September) in Sapanca Lake.

According to this study, nitrogen and phosphorus were found as limiting nutrients in Sapanca Lake. Their strategy were different in different layers. Diatoms and chlorophytes increased in response to nutrient addition in epilimnion and metalimnion, whereas *P. rubescens* was the dominant organism in hipolimnion. Differences were also recorded between *in situ* and laboratory conditions. Phytoplankton biomass were higher and chlorophytes were dominant in the epilimnion *in situ* than in the laboratory. Nutrient addition did not result in any changes in the biomass of *P. rubescens*.

1. GİRİŞ

Fitoplankton besin zincirinin ilk halkasını oluşturması nedeniyle sucul sistemlerde verimliliğin ortaya konmasında büyük önem taşır. Sucul ortamda bulunan besin tuzu miktarı fitoplankton kompozisyonunu ve biyomasını kontrol eden temel faktördür. Bu nedenle sucul ortamlarda besin tuzları fitoplankton gelişimi üzerinde sınırlayıcı etkiye sahiptir. Sucul ortamlar giderek artan oranda kirlilik tehdidi ile karşı karşıyadır. Özellikle şehirleşme oranının artması ancak şehirlerden kaynaklanan atıkların kontrolsüz biçimde alıcı su ortamına girişi bu ortamlarda besin tuzu yükünün artmasına dolayısıyla da ortamda aşırı fitoplankton artışlarına yol açmaktadır. Besin tuzu miktarı sularda fitoplankton artışını, biyomasını ve kompozisyonunu belirleyen en temel faktörlerden biridir (Sakka ve ark 2006).

Sucul ekosistemlerdeki üretime etki eden faktörleri anlayabilmek için farklı sucul ortamlardaki sınırlayıcı besin tuzlarının tespit edilmesi önem taşımaktadır (Camacho ve ark. 2003). Göl, gölet ve rezervuarlarda alg biyoması ve kompozisyonu ile mevsimsel süksesyonu üzerinde etkili olan en önemli etkenlerden biri sudaki Azot:Fosfor oranıdır (Kim ve ark., 2007; Kilham, 1990). Bu konuda fitoplankton kompozisyonunu tanımlamada yaygın olarak Redfield oranı (16 azot : 1fosfor) kullanılmasına karşın, bu oran alg türlerine ve ortam koşullarına bağlı olarak büyük değişiklikler gösterebilir (Geider ve La Roche, 2002; Ho ve ark., 2003). Sucul ortama azot ve fosfor girdisi, temel olarak noktasal veya noktasal olmayan karasal kaynaklardan kaynaklanmaktadır. Kültürel ötrofikasyonun bir sonucu olarak bu besin tuzlarının su ortamına girişi giderek artan dünya nüfusu, artan sanayileşme gibi etkenlerle daha da hızlanmaktadır. Özellikle azotun kaynaklarından biri de atmosferik girdilerdir. Sucul ortamlara atmosferden azot girdisinin dış kaynaklı azot girişinin %10-50'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Pearl 1993). Aynı şekilde kıraç arazilerden kaynaklanan tozların bazı oligotrofik sistemlerin fosfor açısından zenginleşmesinde etkili olduğuna dair kanıtlar giderek artmaktadır. Sahra tozunun güney Avrupa'da sucul ekosistemleri etkilediği iddia edilmiştir (Roda ve ark. 1993). Sularda artan besin tuzu miktarı aşırı alg artışlarına yol

açmaktadır. Özellikle cyanobacteria türlerinin genellikle Azot:Fosfor (N:P) oranının düşük olduğu durumlarda baskın olduğuna dair bir hipotez öne sürülmektedir (Ho ve ark. 2007). Ancak, aşırı artış yapan cyanobacteria türleri farklı ekostratejiler gösterirler (Dokulil ve Teubner 2000). Buna bağlı olarak da tek bir azot:fosfor oranından söz etmek mümkün olmaz. Genellikle düşük N:P oranına sahip (10-17:1) su ortamlarında azot fiske edebilen türler artarken, daha yüksek A:F oranlarında *Microcystis* ve *Planktothrix* gibi azot fiske etme yeteneği olmayan türler baskın hale gelirler (Dokulil ve Teubner 2000). Ancak, sığ göllerde Redfield oranından ziyade özellikle su ortamında fosfor miktarının artması genellikle cyanobacteria grubu alglerin baskın hale gelmesi ile sonuçlanır (Sheffer ve ark 1997). Derin göllerde ise durum farklıdır. Gölün derinliği ve tabakalanma gösterip göstermemesi önem kazanır. Örneğin *P. rubescens* yaz aylarında toplam fosfor miktarının 10-15 $\mu\text{g l}^{-1}$ olduğu göllerde baskın hale gelir (Dokulil ve Teubner 2000).

Bir göldeki alg gelişim potansiyelini ölçmenin önemi, o ortamda var olan besin tuzlarının kimyasal olarak tespiti ile gerçekte alg gelişimi için kullanılabilecek besin tuzu miktarı arasındaki farkın ortaya konabilmesidir (Shoaf, 1978). Dolayısıyla, göl suyundan alınan örneklerle besin tuzlarının ayrı ayrı veya birlikte ilave edilmesi hangi besin tuzunun sınırlayıcı olduğunun belirlenmesi için yaygın olarak kullanılır.

Bu çalışmanın amacı, sınırlayıcı besin tuzlarının (azot ve fosfor) Sapanca Gölü fitoplanktonu üzerine etkisini ortaya koymaktır. Sucul ekosistemlerde birincil üretimi kontrol eden faktörlerin ortaya konabilmesi için sınırlayıcı besin tuzları ile ilgili çalışmaların yürütülmesi önemlidir. Özellikle son yıllarda insan faaliyetleri sonucunda su ortamlarına ulaşan azot ve fosfor miktarı önemli ölçüde artmıştır. Bunun sonucu olarak, yağışlar yoluyla da göl ve nehirlerle büyük ölçüde besin tuzu girdisi olmaktadır. Sapanca Gölü de içme suyu olarak kullanılması nedeniyle civarda yaşayan insanlar için büyük önem arz etmektedir. Halen oligo-mesotrofik özellik gösteren ve nispeten temiz suya sahip olan gölde, 1997 yılından itibaren Cyanobacteria grubundan *Planktothrix rubescens* türünün aşırı artışlar yaptığı bilinmektedir (Albay ve ark. 2003). Bu algin artışı üzerinde ışık ve sıcaklık kadar besin tuzu miktarı da önemlidir. Gölde tabakalanmanın olduğu yaz ayları boyunca *Planktothrix rubescens* türü metalimniyonda yer almakta ve epilimniyonda bulunan fitoplankton biyoması ve kompozisyonu ile metalimniyonda bulunan biyomas farklılık göstermektedir. Bu amaçla, derin bir göl olan ve yaz ayları boyunca tabakalanma gösteren gölde, farklı tabakalardan alınacak su

örneklerine azot, fosfor ayrı ayrı ve birlikte ilave edilerek fitoplankton biyoması ve kompozisyonu üzerine yaptıkları etkinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonunda elde edilecek bulgular ile gölde toksik cyanobacteria (özellikle *Planktothrix rubescens*) artışı üzerinde besin tuzu miktarının etkisinin olup olmadığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

Su yeryüzünün onda yedisini kaplar ve tahminen $1.38 \times 10^9 \text{ km}^3$ hacme sahiptir (Tablo1). Bu hacmin büyük bir kısmını anakaraların arasında yer alan okyanuslar (%96.1) ve atmosferik su kaplar. Geri kalan %3.9 luk kısmı ise kıta sınırları içerisinde hapsolmuş buzullar ve yer altı sularından oluşur. Göller, nehirler ve toprak suyunu içeren kısım ise bu %3.9 luk kıta içi sularının sadece % 0.37 sini oluşturur. Bu miktarın içerisinde yer alan tuz göllerinin hacmi ise tatlı su gölleri ile neredeyse eşittir (Siege, 2004).

Tablo 2.1 Suyun küresel dağılımı (Siege, 2004)

Alan	Hacim (km^3)	Kara içi suların yüzdesi
Okyanuslar	1 322 000 000	
Buzullar	29 200 000	54.57
Yer altı suları	24 000 000	44.85
Göller	125 000	0.23
Tuz gölleri	104 000	0.19
Toprak suyu	65 000	0.12
Su buharı	14 000	0.026
Nehirler	1 200	0.022
Yıllık girdiler		
Okyanus akan sular	37 000	
Denize ulaşan yer altı suları	1 600	
Yağışlar		
Okyanusa düşen yağışlar	412 000 000	
Karaya ve göllere düşen yağışlar	108 000 000	

Tablodan da görüldüğü üzere, biyosfer içerisinde tatlısu kaynakları oldukça sınırlıdır ve insan popülasyonunun giderek artması bu sınırlı kaynak üzerinde giderek daha fazla baskı oluşturmaktadır.

Tatlısu kaynakları içerisinde önemli bir yer tutan göller insanların her zaman ilgisini çekmiştir. İnsan yerleşimlerinin her zaman göl kıyılarında olması son derece normaldir. Yiyecek, içme suyu ve ulaşım sağlamanın yanı sıra son yıllarda özellikle rekreasyon amacıyla göllerden yararlanma daha da artmıştır. Göller insan aktivitelerine dayalı

olarak çeşitli baskılar altındadır. Bu baskılar genellikle gölün su kalitesi üzerinde önemli ölçüde olumsuzluklar yaratırlar. Sıralamak gerekirse;

- Artan besintuzu yükü girdisine bağlı olarak ötrofikasyon
- Su seviyesindeki değişimler gibi hidrolojik ve fiziksel değişimler
- Tarım ve madencilik aktivitelerinde yetersiz erozyon kontrolü nedeniyle siltleşme
- Ekzotik türlerin ortama girmesi
- Asidifikasyon
- Ağır metaller, PCB ve pestisidler gibi ağır metallerle kirlenme

Ayrıca, göller üzerindeki kimyasal stres kaynakları da sınıflandırılabilir;

- a) Noktasal kaynaklar : Kanalizasyon vb.
- b) Noktasal olmayan kaynaklar: Göl drenaj havzasından gelen sular vb.
- c) Kontaminantların atmosferik olaylarla taşınımı

Göl ekosistemleri üzerine stresin etkisi stres kaynağının yapısına ve gölün özelliklerine göre farklılık gösterir. Ancak, pek çok benzer tepki de görülebilir. Örneğin, gölde bulunan hassas türlerin ortadan kalkması en yaygın örneklerden biridir. Strese dayanıklı olan veya dışarıdan gelen türler bu kaybın yerini neredeyse tamamen doldurabilir ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açarak besin ağlarını basitleştirirler. Stres kaynaklarının çoğu habitat kaybına yol açarlar ve bir türün çok artması ya da suyun berraklığının azalması gibi olumsuz koşullar yaratırlar. Öyle ki gölden yararlanmayı imkansız hale getirirler (Siege, 2004).

Göl ötrofikasyonu ile ilgili ilk çalışma, Sawyer (1947)' in bahar dönemindeki inorganik fosfor ve azot konsantrasyonu ile yazın aşırı alg artışları arasındaki ilişkiyi incelenmesidir. 1960'lara gelindiğinde pek çok gölde besin tuzu artışları ile ilgili problemler ortaya çıkmaya başlamıştır. Ötrofikasyon gölde ekolojik ve su kalitesi ile ilgili pek çok soruna yol açabilir. Artan besin tuzu girdisi (özellikle de fosfor) aşırı alg artışlarını tetikler, bu durum suyun berraklığını yitirmesine yol açar. Ardından besin tuzunca zengin, organik yükün fazla olduğu göl sedimanı oluşur ve sonuçta hipolimniyonda oksijensiz bir ortam yaratılmış olur. Tüm bunlar besin ağını değiştirir ve basitleştirir (Siege, 2004). Sığ göllerde görülen makrofit artışı da ötrofikasyon ile ilişkilidir.

İnsanın suyu kullanımı açısından bakıldığında, su içi yapıların ve tekne üzerinde fouling organizmaların artışı, estetik görüntünün bozulması, makrofit artışı nedeniyle yüzme amaçlı kullanımın zorlaşması ve tabii en önemlisi de eğer su içme amaçlı olarak kullanılıyorsa arıtım sistemlerinin iyileştirilmesi amacıyla (koku ve tat giderimi, trihalometan oluşumu) arıtım maliyetlerinin artması en temel problemlerdir (Hameed ve diğ., 1999; Siege, 2004).

2.1 Göllerde Tabakalanma:

Göller, bulundukları iklim kuşağına, morfometrik özelliklerine ve kimyasal yapılarına bağlı olarak farklı tabakalaşma karakterleri göstermektedirler (Wetzel, 1983). Suyun maksimum yoğunluğu +4 °C dir ve su ısıyı iyi iletmez. Isının büyük bir kısmı su kütlesi içinde tutulur. Göl sularının sıcaklığı mevsimlik değişmelere uğrar. Kış mevsiminde donmayan göller için sıcaklığın derinlikle değişmediği ve sabit kaldığı kabul edilebilir. Sıcak mevsimler yaklaştıkça üst tabakadaki su kütlesi ısınmaya başlar. Su ısıyı iyi iletmediğinden ve sıcak su daha hafif olduğu için bariz bir sıcaklık farkı (gradyanı) görülür ve buna “termal tabakalaşma” adı verilir. Bu durum oldukça kararlıdır ve yaz sonlarına kadar böyle kalır. Üst tabakaya “epilimniyon” orta tabakaya metalimniyon” alt tabakayada “hipolimniyon “ adı verilir. Termal tabakalaşma sırasında suyun sirkülasyonu sadece üst tabakada olduğundan, biyolojik ve kimyasal reaksiyonların büyük bir kısmı “epilimniyon” tabakasında meydana gelir ve kimyasal maddelerin tabana inmeleri son derece sınırlıdır. Ancak çökebilen maddeler “hipolimniyon” tabakasına doğru hareket edebilir. Soğuk havalar yaklaştıkça üst tabakadaki su kütlesi soğumaya başlar ve ağırlaşan su kütlesi tabana doğru harekete geçer. Bu durum, gölün içinde bir sirkülasyon meydana getirir. Buna “sonbahar karışımı” adı verilir. Ekseriya ilkbaharda da buna benzer bir “ilkbahar karışımı” meydana gelir (Muslu, 2001).

Termal tabakalaşma gölde yaşayan organizmalar üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bunlar kısaca;

- Çözünmüş inorganik besin tuzları, dolayısıyla birincil üretim büyük ölçüde epilimniyonda gerçekleşir. Pek çok gölde hipolimniyondan yeni besin tuzu ilavesi olmadığı için burada fitoplankton gelişimi için ciddi besin tuzu sıkıntısı yaşanır. Metalimniyona bağlı olarak besin tuzunca fakir biyomas yönünden zengin olan epilimniyon ile besin tuzunca zengin ama biyomas yönünden fakir olan hipolimniyon tabakası arasında su karışımı ve besin tuzu değişimi gerçekleşmez.
- Yüzey suyundaki besin tuzlarının mevsimsel değişimi fitoplankton popülasyonlarının temporal düzeni için önemli bir durumdur. Tabakalaşma döneminin sonuna doğru su kolonundaki alg göçleri gölün derin kısımlarındaki yüksek besin tuzu konsantrasyonlarına ulaşabilmelerini sağladığı için ayrıca önemlidir.
- Epilimniyonda ölen canlılar organik maddelerin hipolimniyonda sedimentasyonuna yol açar. Hipolimniyonda besin tuzlarını tüketen fitoplanktonların olmaması ve ortama sedimentasyon yoluyla organik madde girişi besin tuzu miktarını artırır ve heterotrofik bakteri popülasyonunu destekler. Bu da oksijen tüketimini artırır. Hipolimniyondaki besin tuzu miktarı fosforun sedimentten salınımı ile daha da artar.

Dolayısıyla, göllerde yaz tabakalaşması pelajik ortamda fiziksel (ışık, sıcaklık), kimyasal (besin tuzu konsantrasyonu, oksijen miktarı) ve biyolojik (epilimniyonda ototroflar ve hipolimniyonda heterotroflar) özellikler açısından belirgin bölümlere ayrılmış durumdadır. (Siege, 2004). Bu nedenle, göllerin tabakalaşma özellikleri, biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçler ve nihai olarak su kalitesi ile yakından ilişkisi düşünüldüğünde oldukça önemlidir.

2.2. Fitoplanktonun Dikey Dağılımı:

Tabakalanmış bir gölde fitoplanktonun dikey dağılımı oldukça dinamiktir ve çevresel parametrelerle ve onların su kolonundaki mevsimsel ve günlük değişimleri ile yakından ilintilidir. Alglerin gelişimi ve hayatta kalma oranları için büyük bir öneme sahiptir.

Uzun süreli olarak tabakalanmış bir gölde chrysophyta, cryptophyta, kamçılı chlorophyta ve tek hücreli cyanophyta grubu algler su kolonu içerisinde belirli derinliklerde uzun süreli olarak dengede olan populasyonlar oluştururlar. Bazı durumlarda bu algler yaz boyunca düşük sıcaklık ve oldukça düşük ışık şiddetinin olduğu metalimniyon tabakasında bulunurlar. Bu olumsuz koşullar zooplankton baskısından uzak kalma, besin tuzunca zengin hipolimniyona yakın olma gibi avantajlar nedeniyle dengelenir. Bu metalimnetik algler epilimniyondan batan türlerden değil, aktif büyüme gösteren hücrelerden oluşur, dolayısıyla bir metalimnetik klorofil maksimumu görülebilir.

Genellikle metalimnetik maksima gösteren göller besin tuzunca fakir, düşük verimliliğe ve berrak suya sahip ve öfotik tabakanın metalimniyona kadar ulaştığı göllerdir (Klaveness, 1988).

2.3. Fitoplanktonun Gelişimini Etkileyen Faktörler:

Fitoplankton üretimini neyin sınırladığı sorusu tatlı su ekolojisinin çözülmesi istenen temel problemidir. Üretim; oksijen salınımı veya karbon alımı olarak ölçülen brüt fotosentez veya hücre bölünme oranı veya hücrede net madde birikimi anlamına gelebilir (Hameed ve diğ., 1999).

Nehir ve göllerde fitoplankton populasyonlarının gelişimi sıcaklık, ışık, çözünmüş gazlar, çözünmüş inorganik besin tuzları gibi birçok çevresel faktörün etkisi altındadır. Fitoplanktonun gelişimi, algler için gerekli olan ışığın girişini azaltan canlı veya cansız askıda katı maddeler tarafından sınırlanabildiği gibi, balık ve omurgasızların fitoplankton üzerinde beslenme baskısı, suya giren toksik maddeler, bitki ve hayvanların atıkları veya alglerin çürüme ürünleri gibi alg gelişimini sınırlayan pek çok faktör vardır (Shoaf, 1978).

Silika, nitrat ve fosfat konsantrasyonları alglerin gelişimi ve ekosistem içerisinde hangi türlerin bulunduğu ve fitoplanktonun mevsimsel süksesyonu üzerinde etkilidir.

Chlorophyta, Cyanophyta ve daha az oranda Chrysophyta grubu alglerin morfolojileri, genellikle ekolojik tercihleri ile paralellik gösterir. Bu filumlardaki küçük, tek hücreli

türler oligotrofik göllerin, büyük koloni oluşturan türler ise ötrofik göllerin karakteristiğidirler. Küçük tek hücreli alglerin düşük besin tuzu seviyesine sahip ortamlarda koloni oluşturan türlere üstün gelmesinin sebebi, küçük türlerin daha büyük yüzey/hacim oranına sahip olmaları nedeniyle besin tuzu alımını daha etkin bir biçimde gerçekleştirmesidir. Planktonik diyatomelelerin temel çevresel gereksinimleri su hareketleri ve yüksek silika konsantrasyonudur. Gerçi bu grubun besin tuzu anlamında genel bir tercihi olmasa da, tür düzeyinde tüm besin tuzu seviyelerinde bir tercih söz konusudur.

Birincil üretim genellikle fiziksel ve kimyasal sınırlayıcılardan arınmış değildir. Liebig'in minimum kanununda olduğu gibi birincil üreticilerin gelişiminde ortamda en az miktarda bulunan besin tuzu belirleyici rol oynar. Hangi besin tuzunun algal gelişimi sınırladığının tespit edilmesi su ortamının kalitesindeki hassas değişimleri belirlemek açısından önemlidir.

Alg gelişimi için gerekli elementlerden bazıları zaman zaman sınırlayıcı hale gelebilir (Beardal et al. 2001, Wever ve ark, 2008). Sınırlayıcı faktör terimi ilk olarak 1840 yılında Liebig tarafından ortaya atılmıştır. Çeşitli çevresel faktörlerin bitkilerin büyümesi üzerine etkilerini araştıran Liebig, toprakta çok az bulunan bazı besin elementlerin bitkilerin gelişimini sınırladığını bulmuştur. Liebig yasası kısaca “bir bitkinin büyüme başarısı, o bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementleri arasında normal ihtiyacına göre en az miktarda bulunan besin elementi tarafından belirlenir” olarak açıklanabilir (Odum ve Barrett, 2008). Sucul ekosistemlerde de aynı şekilde, alglerin gelişme başarısı eğer ihtiyaç duydukları besin tuzları yeterli miktarda ise yüksektir. Ancak bu besin tuzlarından biri yetersiz olduğunda, diğerleri bol miktarda bulunsa bile, algin gelişimi durur. Gelişimin durmasına yol açan, az miktarda bulunan ya da hiç bulunmayan besin tuzu “sınırlayıcı besin tuzu” adını alır. Bir besin tuzunun konsantrasyonu, o besin tuzunun sınırlayıcı olup olmadığı konusunda fikir verebilir. Ancak, besin tuzunun ortama sağlanma oranı veya dönüşüm miktarı sınırlamanın büyüklüğünü anlamak açısından önemlidir. Eğer besin tuzunun sağlanma miktarı alg tarafından alınan miktardan biraz daha az ise bu durumda o besin tuzu hafif ölçüde sınırlayıcıdır. Alglerin tümü aynı besin tuzu tarafından sınırlanmazlar (Barsanti ve Gualtieri, 2005). Genel olarak, azot ve fosfor fotosentetik organizmaların gelişimini

sınırlayan temel iki elementtir. Silisyum ise genellikle diyatomelerin gelişimi üzerinde sınırlayıcı etkiye sahiptir. Azot sınırlaması daha çok denizel sistemlerde görülürken, fosfor sınırlaması özellikle tatlısu sistemlerinde, haliçlerde ve yüksek miktarda tatlısu girdisinin olduğu kıyısal alanlarda görülür. Silis sınırlaması fosfor ve azota göre zamana ve mekana bağlı olarak çok daha değişkendir ve genellikle ilkbahar döneminde görülür. Azot sınırlaması direkt olarak aminoasit miktarını etkiler protein sentezlenmesi oranı düşer. Fosfor sınırlamasının alg gelişimini üzerinde iki önemli etkisi vardır. İlk sınırlama nükleik asit sentezinin sınırlanmasıdır. Diğeri ise, karbon fiksasyonu için ışık kullanım oranının azalması şeklinde gerçekleşir (Siege 2004).

Fosfor, fosfat kayaçlarında doğal olarak bulunmasına ve sucul ekosisteme taşınmasına karşın, kanalizasyon, gübrelerin kullanımının artması ve tarım alanlarından yağmur suları ile taşınmaları gibi insan faaliyetleri sonucu giderek daha fazla miktarda fosforun sucul ekosisteme girdiği bilinmektedir. Ototrof organizmaların kullandığı ortofosfat ise kirlenmemiş sularda çok düşük konsantrasyonlarda bulunmasına karşın insan faaliyetleri sonucu giderek daha fazla miktarda sucul ortamlar ulaşmakta ve ekosistemin yapısı ve işlevinde ciddi değişimlere yol açmaktadır. Tatlı su sistemlerinde başlıca sınırlayıcı besin tuzu olan fosfor, ortamda ne kadar azot bulunursa bulunsun ototrofların büyümesini durduracaktır. Ilıman bölgelerde göllerin verimliliğini sınırlayan en önemli besin tuzunun fosfor olduğu bilinmektedir. (An, 2003).

Bu nedenle, fosfor ile ilgili çalışmalar hızla artarken diğer besin tuzları, özellikle de azot birincil üretimi düzenlemede ki önemi nedeniyle çok daha az oranda çalışılmıştır. Ancak, son yıllarda azotun göllerdeki sınırlayıcı faktör olarak önemi anlaşılmaya başlanmıştır (An, 2003). Azot sınırlaması yılın bazı dönemlerinde tatlı su ekosistemlerinde görülebilir ve yıl boyunca türlerin süksesyonunda önemli rol oynar.

Diğer taraftan pek çok deneysel çalışma fitoplankton tarafından gerekli besin tuzlarının alımında ışık şiddetinin önemini göstermiştir. Genellikle, besin tuzu alım oranları karanlıkta daha düşüktür (Litchman ve diğ., 2004). Riegman ve diğ. (2000) *Emiliana huxleyi* tarafından besin tuzu alımının karanlıkta ışıklı ortama oranla %30 oranında azaldığını göstermiştir. Besin tuzu alımının ışık şiddetine bağlı olduğu hem doğal fitoplankton populasyonlarında hem de kültür ortamlarında gözlenmiştir. Işığa bağlı

olarak sınırlayıcı besin tuzlarının fitoplankton tarafından alımında görülen taksonomik farklılıklar farklı ışık rejimlerinde fitoplankton arasındaki besin tuzu rekabetini, dolayısıyla da populasyon dinamiklerini etkiler (Litchman ve diğ., 2004).

Biyodeneyle; bazen yeni ilaçların insan üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde, bazen metal iyonlarının sucul ekosistem üzerindeki etkilerinin ortaya konmasında ve bazen de sucul ortamlardaki sınırlayıcı besin tuzlarının birincil üretim üzerindeki etkisini ölçmek için yaygın olarak kullanılırlar. Bu çalışmalarda kullanılan testler birbirinden farklı olsa da bazı yönlerden birbirilerine benzerlik gösterirler (Rawlence,) . Göl sistemlerindeki kısa süreli besin tuzu zenginleştirmesine dayalı biyodeneyle teknikleri, bu ortamlarda fitoplankton gelişimi ve verimliliğini düzenleyen elementlerin belirlenmesinde kullanılan bir araçtır (An, 2003).

Eğer bir besin tuzunun ilavesi alg biyomasında artışa yol açmıyorsa bu besin tuzu sınırlayıcı değildir (Gibson, 1971). Eğer ortama ilave edilen besin tuzu alg gelişiminin artmasına yol açıyorsa, örneğin alındığı ortamda bu besin tuzunun sınırlayıcı olduğunun göstergesidir (Beardall ve diğ., 2001). Azot veya fosfor tarafından büyümenin sınırlanması optimum Azot:Fosfor oranı ile belirlenebilir (Rhee, 1974). Redfield oranı olarak da bilinen bu değer, Redfield (1958) tarafından fitoplanktonun elemental kompozisyonu ve hatta organizmanın içinde büyüdüğü suyun besin tuzu kompozisyonunun dikkate alındığı bir besin tuzu sınırlaması indeksi olarak uzun zamandır kullanılmaktadır. Buna göre, fitoplankton populasyonları karbon, azot ve fosforu yaklaşık olarak 106:16:1 oranında asimile eder. Dolayısıyla, Azot:Fosfor oranı 30 olan bir su ortamında alg gelişimi fosfor tarafından sınırlanır. Bu oranın 5 olması ise azotun sınırlayıcı olduğunun bir göstergesidir (Beardall ve diğ., 2001).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. ÇALIŞMA YERİNİN TANIMI:

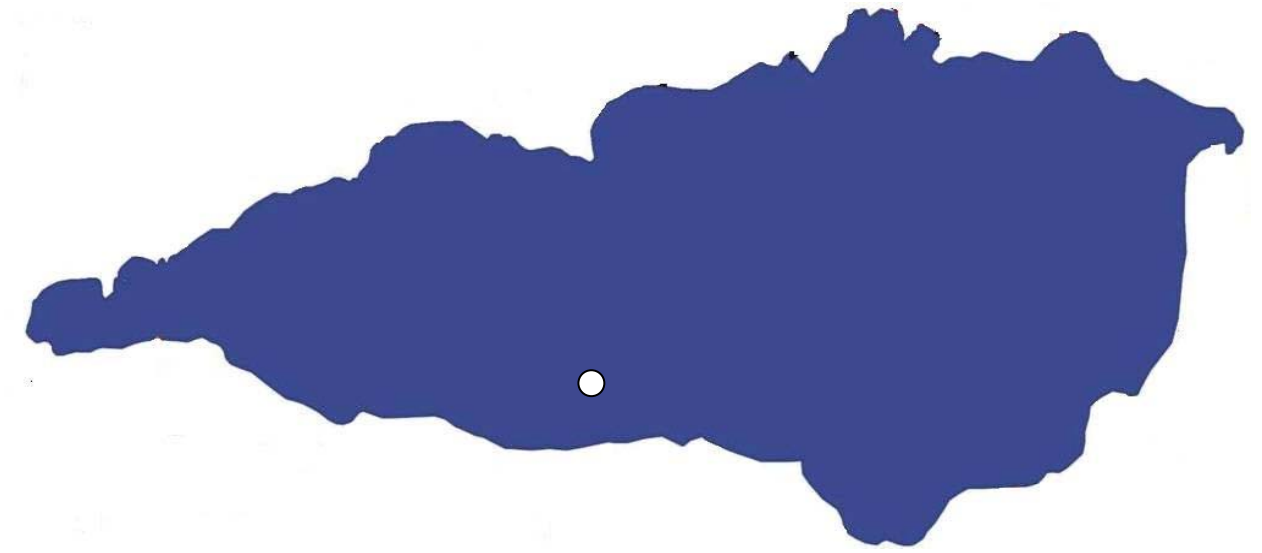
3.1.1. Bölgenin Coğrafik Yapısı:

Sapanca Gölü, coğrafi olarak İzmit Körfezi'nin 20 km doğusunda 40° 41' ile 40° 44' kuzey enlemleri ve 30° 09' ile 30° 20' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Sapanca Gölü, Sakarya ve Kocaeli illerinin çevrelediği, deniz seviyesinden 30m yükseklikteki, tektonik bir çukurda bulunan bir tatlı su gölüdür. İzmit Gölü'ne paralel olarak uzanır ve İzmit Körfezi'nin devamı olarak Adapazarı Ovasına kadar ulaşır. Gölün çevresi 39 km uzunluğunda olup, bunun 26 km'lik kısmı Sakarya, 13 km'lik kısmında Kocaeli sınırları içerisinde yer almaktadır (Gönenç ve ark., 1994).

Sapanca Gölünün havza alanı 311 km²'dir. Bu alanın yaklaşık 40 km²'sini gölün yüzey alanı oluşturur. Gölün uzun eksenini doğu-batı yönünde 16 km ve kısa eksenini güney-kuzey doğrultusunda 5 km uzunluktadır. Gölün ortalama ve maksimum derinliği sırasıyla 26 ve 52 m'dir. (Baykal ve ark., 1996). Gölü besleyen dereler Keçi, İstanbul (Karanlık), Kuruçay (Kurtköy), Mahmudiye, Yanık, Karaçay, Balıkhane, Çifteçınar, Tuzla, Kanlıtarla, Kuru, Maden (Eşme), Çatalölü, Altıkuruş, Harmanlar, Aygır, Kasabasin, Cehennem, Arifiye ve Sarp olup bu derelerin bir kısmı sadece yağışlı mevsimlerde aktif durumdadır (Şekil 3.1). Tanık ve ark. (1998) tarafından, gölün beslenmesinde yeraltı suyunun etkili olabileceği belirtilmiştir; fakat Göl hidrolojisi üzerinde yeraltı suyu etkisini ortaya çıkartacak kapsamlı bir çalışma henüz gerçekleştirilmemiştir. Göl'den yüzeysel su çıkışı, Sakarya Nehri'ne bağlanan Çarksuyu deresi vasıtasıyla olmaktadır. DSİ tarafından 1970 yılında Çarksuyu üzerine taşkınlarla karşı göl seviyesinin kontrol altında tutulması amacıyla bir regülatör yerleştirilmiştir.

3.2. ÖRNEKLEME:

Bu çalışmada su örnekleri gölün güney kısmından seçilen bir istasyondan dikey olarak yüzey, 5m, 8m, 10m, 12, 15m ve 18 m’den alınmıştır.



Şekil 3.2. Sapanca Gölünden seçilen örnekleme istasyonu

3.2.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler:

Göl suyunda, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, toplam çözülmüş madde, pH, iletkenlik ve seki disk derinliği örnekleme anında YSI marka çoklu parametre ölçer ile ölçüldü.

Nitrit, nitrat, orto-fosfat, silikat ölçümleri için, her derinlikten alınan su örnekleri GF/C kağıdından süzüldü, ardından asitlendirilerek analiz anına kadar derin dondurucuda saklandı. Toplam azot, toplam inorganik karbon, toplam karbon ve toplam fosfor analizleri süzülmemiş göl suyunda yapıldı. Toplam azot, toplam inorganik karbon, toplam karbon Elementar marka Karbon analiz cihazı ile ölçüldü. Diğer analizler spektrofotometrik yöntemle yapıldı (APHA, AWWA AND WPCF 1985).

3.2.2. Biyolojik Parametreler:

Fitoplankton biyomasının tespiti amacıyla alınan su örneklerinden alg sayımları için, Utermöhl (1958) tekniğine göre, 35 ml örnek lugol konularak çöktürüldü ve 24 saat bekletildikten sonra sayım kamarasına aktararak ertesi gün Zeiss marka inverted

mikroskopta teşhis ve sayımları yapıldı. Sayımlarda her koloni ve ipliksi form bir birey olarak sayıldı (Lund ve ark. 1958). Biyomas hesabı Rofit (1981)'e göre yapıldı.

Fitoplankton tür teşhisleri için, Patrick - Reimer (1966, 1975), Huber - Pestalozzi (1975), Krammer ve Lange - Bertalot (1986), Hustedt (1930, 1985), Desikachary (1959), Geitler (1985), Komarek ve Anagnostidis (1986), Anagnostidis ve Komarek (1988), Komarkova-Legnerova ve Cronberg, (1992), Cronberg ve Komarek (1994)' in yayınlarından yararlanıldı. Klorofil-*a* konsantrasyonunun tayininde Nusch (1980)'un yöntemi kullanıldı.

3.2.3. Deneysel Düzeneklerin Oluşturulması:

Bu tez çalışmasında deneysel düzeneği oluşturmak amacıyla termal tabakalanmanın olduğu dönemde termoklin tabakasının başlangıç ve bitiş derinliklerinin tespiti için , YSI marka ölçüm cihazı ile 1 m aralıklar ile sıcaklık ölçümü yapıldı. Termoklinin 8-15 metreler arasında olduğu saptandı. Buna bağlı olarak epilimniyon, metalimniyon ve hipolimniyon tabakasına karşılık gelecek şekilde 5m, 12m ve 18 m çalışılacak derinlikler olarak seçildi.

Göl suyunda daha önceki yıllarda aynı tarihlerde yapılmış olan ölçümler dikkate alınarak biyodeneylere ilave edilecek azot ve fosfor miktarları belirlendi. Bu amaçla azot ilavesi, göl suyunda tespit edilen azot miktarının 4 katı olacak şekilde KNO_3 ilavesiyle son konsantrasyon olarak $560 \mu\text{g l}^{-1}$ ($40 \mu\text{M}$) oranında gerçekleşti. Fosfor ilavesi ise, göl suyunda ölçülen konsantrasyonun 12.5 katı olacak şekilde $77.5 \mu\text{g l}^{-1}$ ($2.5 \mu\text{M}$) olarak KH_2PO_4 ilavesi ile gerçekleştirildi.

Seçilen bu derinliklerin her birinden 10'ar L su alındı. 5 L'lik şişelere örnekler konulup besin tuzları, N (azot), P (fosfor) ve N+P (azot+fosfor), ilave edildi (Şekil 3.2). Ayrıca bir şişe de kontrol amacıyla besin tuzu ilave edilmeden aynı koşullarda ortama bırakıldı. Hazırlanan örnekler 5m, 12m ve 18m derinliklere indirildi. Laboratuvar çalışması için alınan örnekler aynı gün içerisinde laboratuvara getirildi. 1 L'lik şişelere konulan

örneklerden bir tanesi Kontrol (K) olarak bırakıldı ve diğerlerine Azot (N), Fosfor (P) ve Azot+Fosfor (N+P) ilavesi yapıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Göl ortamında kurulan düzenek



Şekil 3.4. Laboratuvar ortamında kurulan düzenek

Hazırlanan örnekler göl şartlarına benzer ortam koşullarında inkübe edildi. Buna bağlı olarak;

5 m derinlikten alınan örnekler; 26 °C ve 155 µmol ışık

12 m derinlikten alınan örnekler; 17 °C ve 60 µmol ışık

18 m derinlikten alınan örnekler; 11 °C ve 2 µmol ışık

Koşullarında inkübe edildi. Aydınlık :karanlık periyodu 18:6 olacak şekilde ayarlandı.

Hem laboratuvar hem arazi ortamındaki deneylerde;

5 m derinlik: Epilimniyon,

12 m derinlik: Metalimniyon

18 m derinlik: Hipolimniyon olarak adlandırıldı.

Deney süresi 8 gün olarak planlandı. Dördüncü günde hem laboratuvar hem de arazi örneklerinden örnekleme yapıldı. 4. günde yapılan örneklemede hem göl ortamındaki hem de deney ortamlarındaki Nitrit+Nitrat ve orto-fosfat değerleri ölçüldü. Aynı zamanda klorofil-a analizi ve fitoplankton sayımı için örnek ayrıldı. 8. günde ise bu analizlerin yanı sıra diğer analizler de (Silikat, toplam azot, toplam inorganik karbon, toplam karbon ve toplam fosfor) gerçekleştirildi.

4. BULGULAR

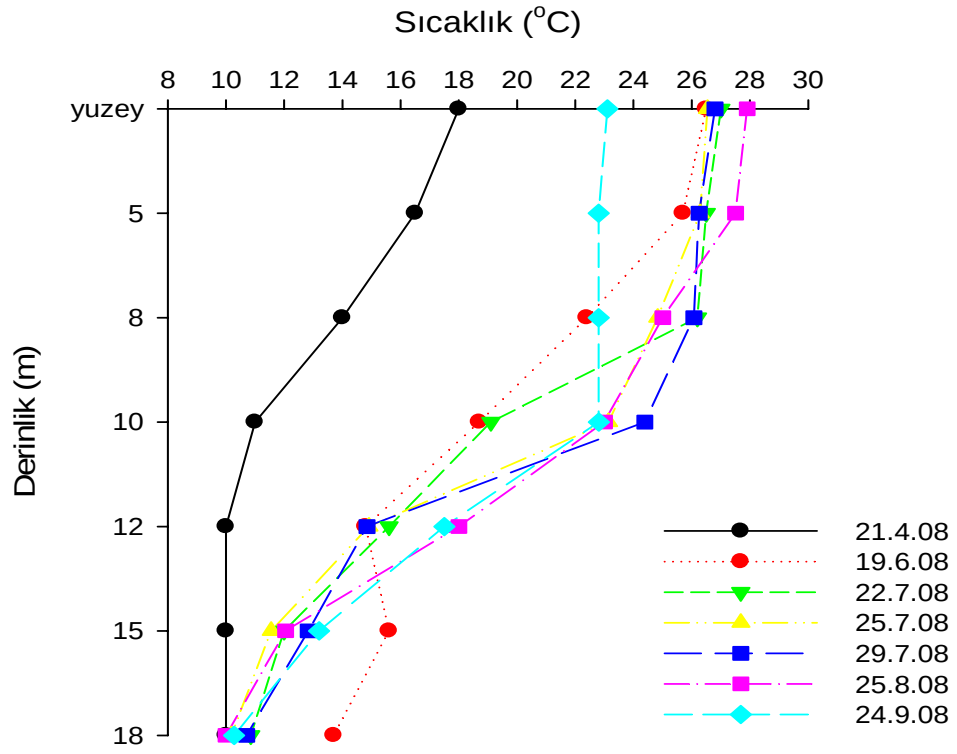
Biyodeneylelerin başlangıcında göl suyunda ölçülen nitrat+nitrit 5 m derinlikte 121, 12 m derinlikte 59.6 ve 18 m derinlikte 47.4 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak ve fosfat miktarı da sırasıyla 2.8, 1.9, 1.2 $\mu\text{g l}^{-1}$ olarak ölçüldü. Biyodeneylelere ilave edilen azot ve fosfor miktarları ise bu miktarların azot için yaklaşık 4 katı, fosfor için yaklaşık 12.5 katı olarak gerçekleştirildi.

4.1 GÖL SUYUNUN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

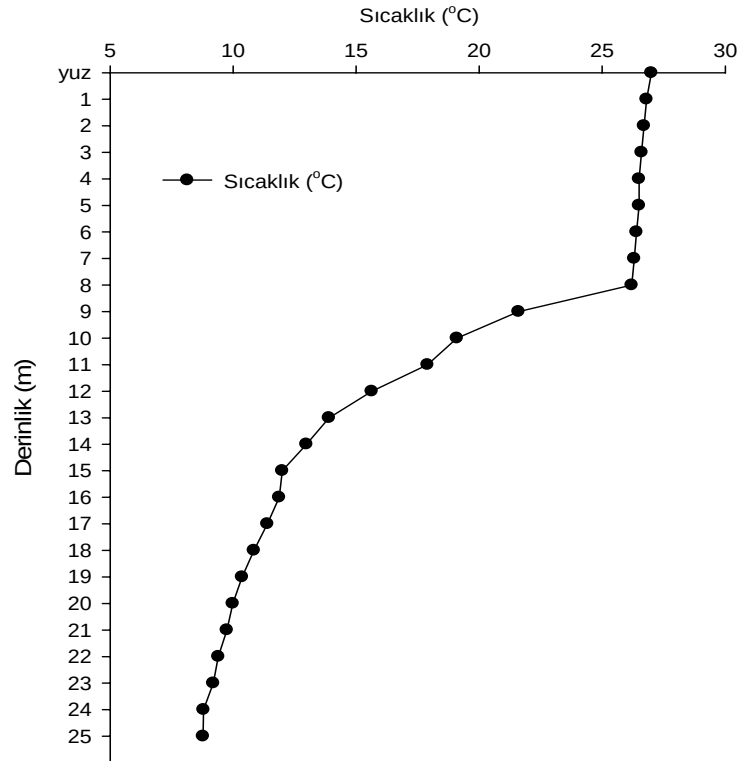
4.1.1 Su Sıcaklığı:

Göl suyunda yapılan sıcaklık ölçümleri sonucu 21.04.08 tarihinde yüzey suyunda sıcaklık 18 °C iken derinlere inildikçe düşüş göstermiş ve 12 m’de yapılan ölçümlerdeki en düşük seviyesine (10 °C) ulaşmıştır (Şekil 4.1). 24.09.08 tarihinde yüzeyde 23,1 °C olarak ölçülen sıcaklık 10 m’ye kadar aynı seviyelerde izlerken 10 m’den sonra düşüşe geçtiği gözlenmiştir. 19.06.08, 22.07.08, 25.07.08 ve 29.07.08 tarihlerinde yüzeyde ölçülen sıcaklıklar aynı seviyelerde bulunmuştur (26,5 °C – 27 °C). 19.06.08 tarihinde yüzeyden derinlere doğru sıcaklık düşerken 12 m’den sonra neredeyse sabit kalmıştır. 24.09.08 tarihinde yüzey suyunda ölçülen sıcaklık 23,1 °C’dir. Sıcaklık 10 m’ye kadar bu seviyelerde seyrederken 10 m’den sonra düşmüştür. 25.08.08 tarihinde yüzey suyunda sıcaklık en yüksek seviyesine (27,9 °C) ulaşmıştır (Şekil 4.1).

Sapanca Gölü’nde deneyin başlangıç günü olan 22.07.2009 tarihinde termoklinin kesin olarak tespit edilebilmesi için sıcaklık 1 m aralıklarla ölçülmüştür (şekil 4.2). Sıcaklık profilinde termoklinin 8 m’de başlayıp 15m’ye kadar devam ettiği görülmüştür. Buna bağlı olarak örnekleme ve inkübasyon derinlikleri belirlenmiştir.



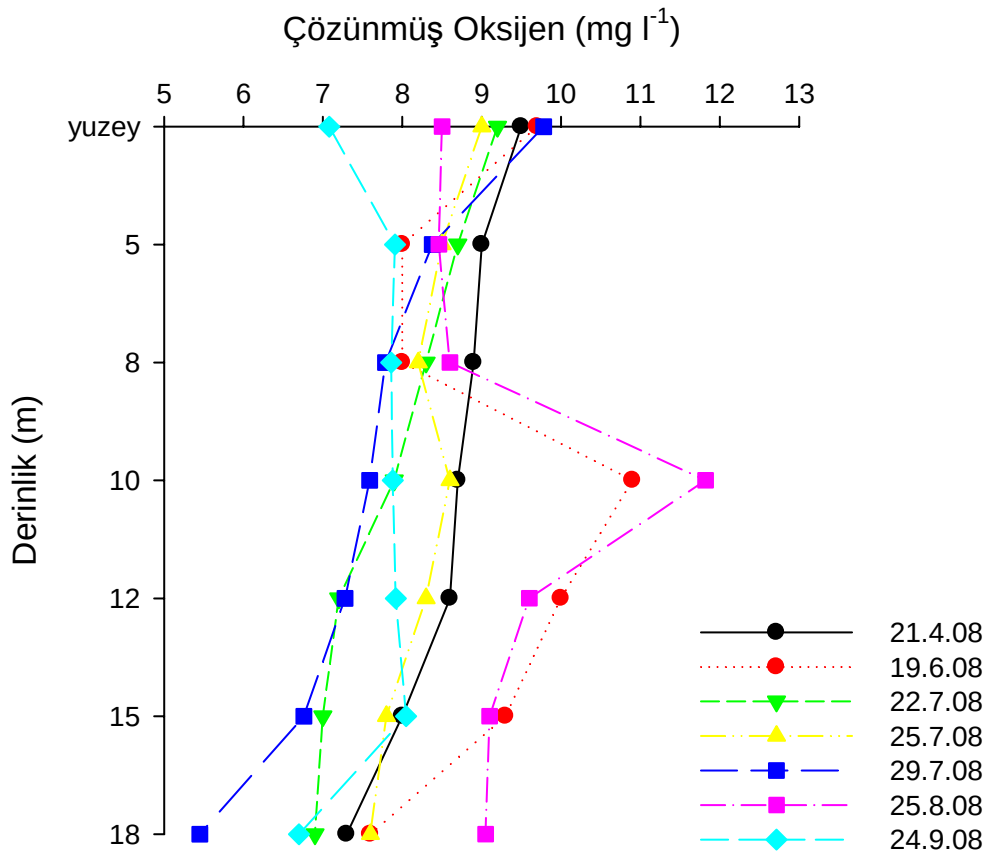
Şekil 4.1. Sapanca Gölü'nde su sıcaklığının (°C) zamana bağlı olarak dikey değişimi



Şekil 4.2. 22.7.2008 tarihinde Sapanca Gölü'nde ölçülen su sıcaklığının dikey dağılımı

4.1.2 Çözünmüş Oksijen (Ç.O.):

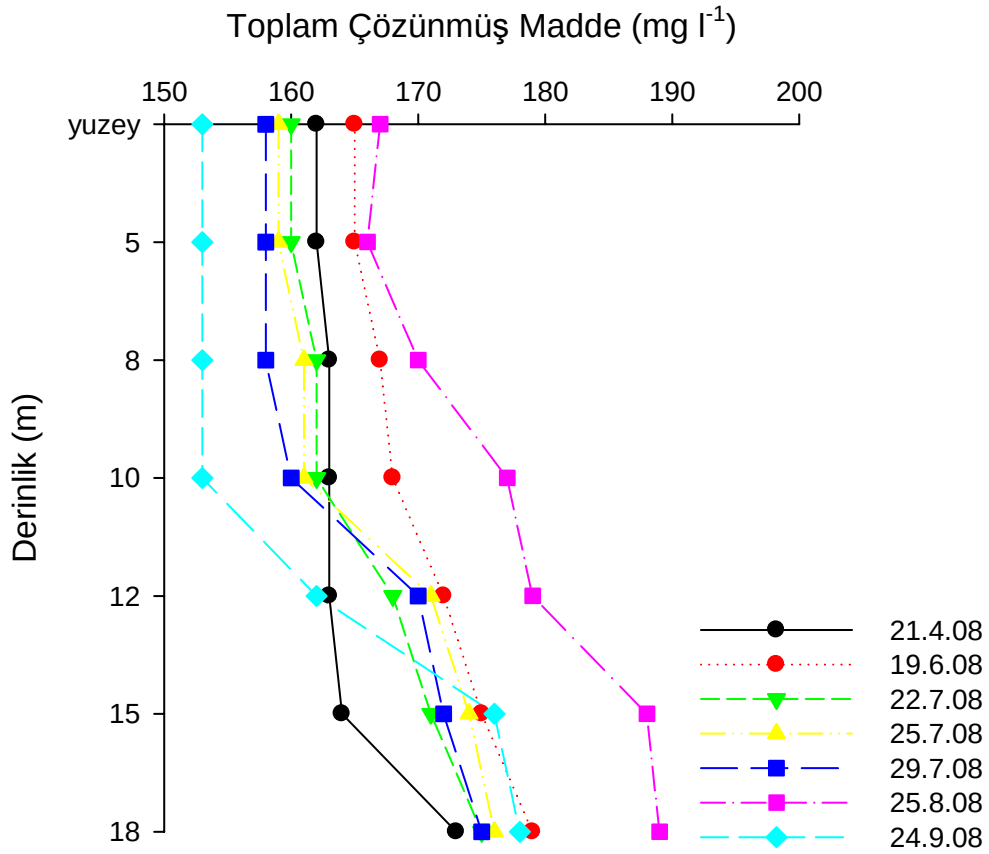
Yapılan ölçümlerde 25.08.08 tarihinde yüzeyde 9 mg l^{-1} olan çözünmüş oksijen miktarı 8 m'ye kadar aynı seviyelerde iken 10 m'de ölçümlerdeki en yüksek seviyeye ($11,8 \text{ mg l}^{-1}$) ulaştı (Şekil 4.3). 19.06.08 tarihinde çözünmüş oksijen miktarında yüzeyden derinlere doğru bir azalış gözlenirken 10 m'de bir artış gözlemlendi ($10,9 \text{ mg l}^{-1}$) daha sonra tekrar azalış görüldü. 21.04.08 tarihinde çözünmüş oksijen miktarı 12 m'ye kadar aynı seviyelerde seyrederken 12 m'den sonra 18 m'ye kadar düşüş gözlemlendi. Yüzeyde en yüksek çözünmüş oksijen miktarı ($9,8 \text{ mg l}^{-1}$) 29.07.08 tarihinde ölçülürken aynı tarihte 18 m'de en düşük çözünmüş oksijen miktarı ($5,5 \text{ mg l}^{-1}$) ölçüldü. Yüzeyde en düşük çözünmüş oksijen miktarı ($7,08 \text{ mg l}^{-1}$) 24.09.08 tarihinde ölçüldü.



Şekil 4.3. Sapanca Gölü'nde Çözünmüş oksijenin (mg l^{-1}) zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.3 Toplam Çözünmüş Madde (TÇM):

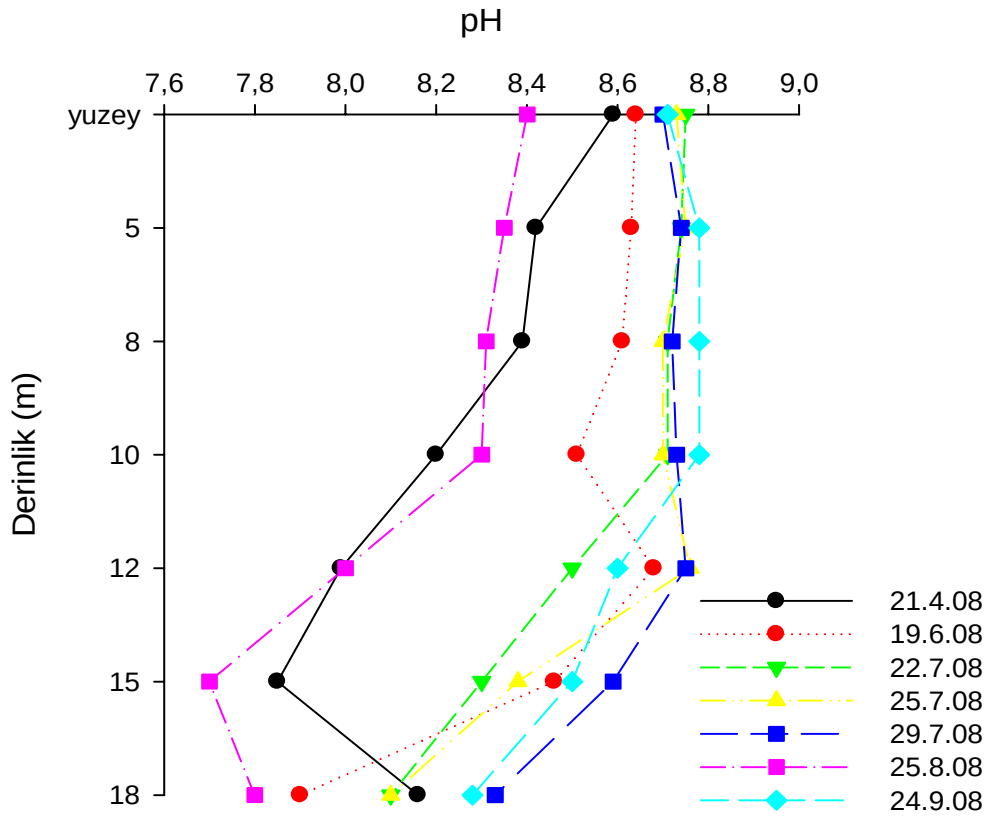
Yapılan ölçümlerde toplam çözünmüş madde miktarının genel olarak yüzeyden derinlere gittikçe arttığı gözlemlendi. Yüzeyde en düşük toplam çözünmüş madde miktarı 153 mg l^{-1} ile 24.09.08 tarihinde ölçüldü. Bu tarihte toplam çözünmüş madde miktarının 10 m'ye kadar aynı seviyede iken 10 m'den sonra hızla artış gösterdiği gözlemlendi. 25.08.08 tarihinde yapılan ölçümlerde TÇM'nin tüm derinliklerde en yüksek seviyeye ulaştığı saptandı (Şekil 4.4). 21.04.08 tarihinde TÇM 15 m'ye kadar hemen hemen aynı miktarlarda ($162\text{-}163 \text{ mg l}^{-1}$) ölçülürken 15 m'den sonra TÇM miktarında artış gözlemlendi.



Şekil 4.4. Toplam çözünmüş maddenin (mg l^{-1}) zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.4 pH:

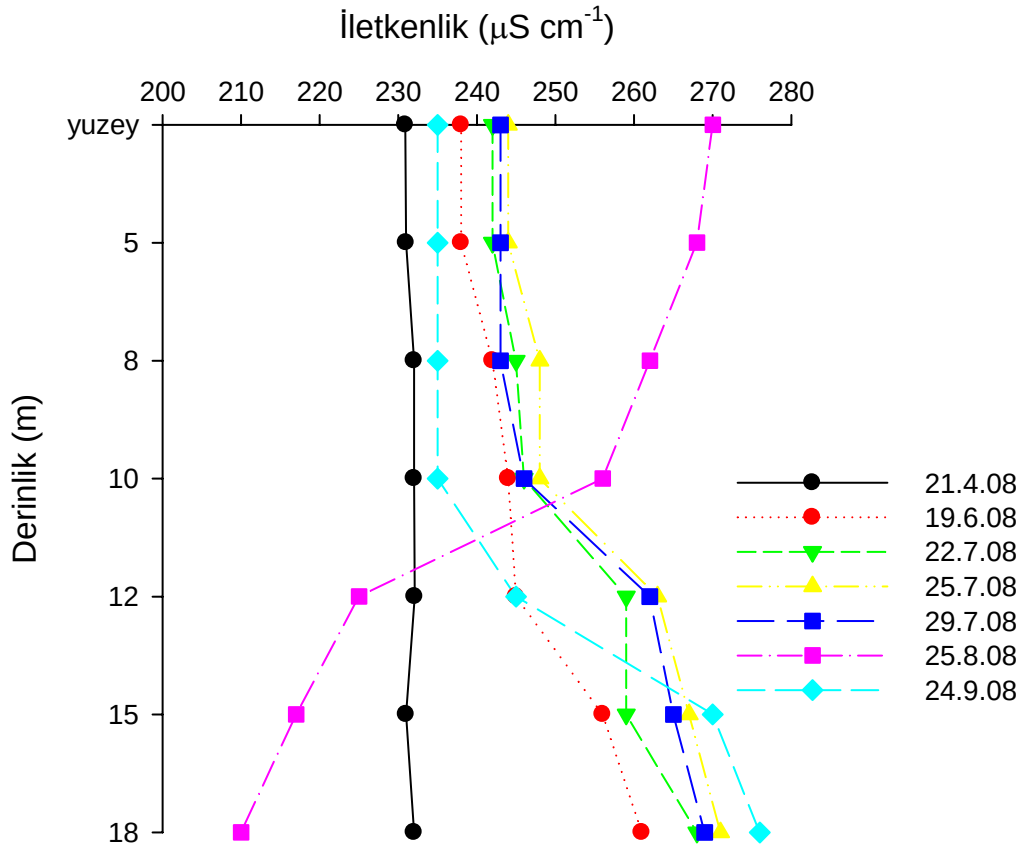
Yapılan ölçümlerde yüzeyde en düşük pH miktarı 8,4 olarak 25.08.08 tarihinde saptandı. Bu tarihte 10 m'ye kadar pH miktarının aynı seviyelerde olduğu 10 m'den sonra azalma gösterdiği ve 15 m'de ölçümler boyunca saptanan en düşük seviyeye (7,7) ulaştığı gözlemlendi (Şekil 4.5). 29.07.09 tarihlerinde yüzeyden 12 m'ye kadar aynı ölçülen (8,7) pH miktarı 12 m'de ölçümler boyunca saptanan en yüksek miktara (8,8) ulaştı. Şekil 4.5 de görüldüğü üzere 21.04.08 tarihinde yüzey suyunda yüksek seviyelerde ölçülen pH ölçüm yapılan su sütünü boyunca kademeli olarak azalış gösterdi. 15 m'de bu tarihteki en düşük seviyesine ulaşan pH'ın bu derinlikten sonra artmaya başladığı gözlemlendi. 19.06.08 tarihinde 10 m'ye kadar aynı seviyelerde seyreden pH miktarının (8,51-8,64) 10 m'den sonra hızla düştüğü ve 18 m'de 8,16 seviyesine ulaştığı gözlemlendi.



Şekil 4.5. pH'ın zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.5 İletkenlik:

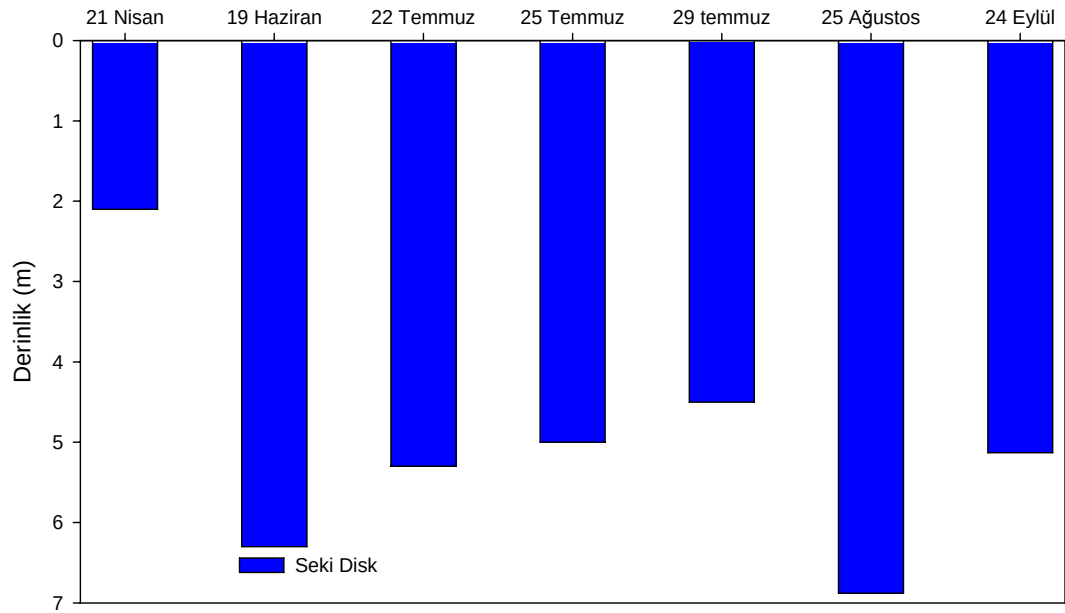
İletkenliğin yapılan ölçümler sonucu 21.04.08 tarihinde ölçüm yapılan su sütunu boyunca aynı seviyelerde seyrettiği saptandı. Yüzeyde en yüksek iletkenlik ($270 \mu\text{S cm}^{-1}$) 25.08.08 tarihinde ölçüldü. Derinlere doğru iletkenliğin azaldığı 10 m'den sonra hızla düşmeye başladığı ve 18 m'de ölçülen en düşük seviyeye ($210 \mu\text{S cm}^{-1}$) ulaştığı saptandı (Şekil 4.6). 24.09.08 tarihinde 10 m'ye kadar iletkenlik aynı seviyede ölçüldü, 10 m 'den sonra iletkenlikte artış gözlemlendi ve 18 m'de iletkenlik miktarı ölçümler boyunca ulaşılan en yüksek seviyeye ($276 \mu\text{S cm}^{-1}$) ulaştı. 22.07.08, 25.07.08 ve 29.07.08 tarihlerinde ölçüm yapılan su sütunu boyunca iletkenliğin aynı seviyelerde izlediği saptandı.



Şekil 4.6. Sapanca Gölünde İletkenliğin ($\mu\text{S cm}^{-1}$) zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.6. Secchi Disk Derinliği:

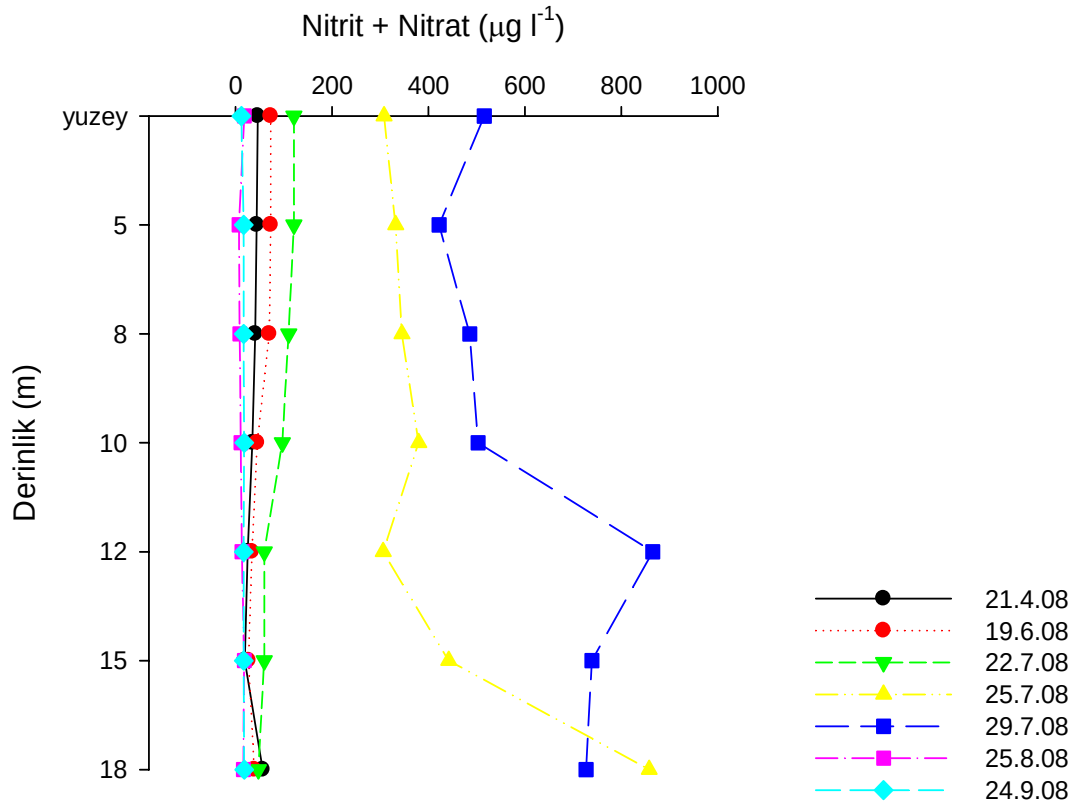
Sapanca Gölü'nde en yüksek seki disk derinliği 25.08.08 tarihinde 6,88 m olarak ölçüldü. En düşük seki disk derinliği ise 2,10 m olarak 21.04.08 tarihinde ölçüldü. 19.06.08 – 29.07.2008 tarihleri arasında secchi disk derinliğinin kademeli olarak azaldığı gözlendi (Şekil 4.7). Bu tarihler boyunca ortalama seki disk derinliği 5 m olarak kaydedildi.



Şekil 4.7. Sapanca Gölü'nde seki disk derinliğinin zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.7. Nitrit+Nitrat ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$):

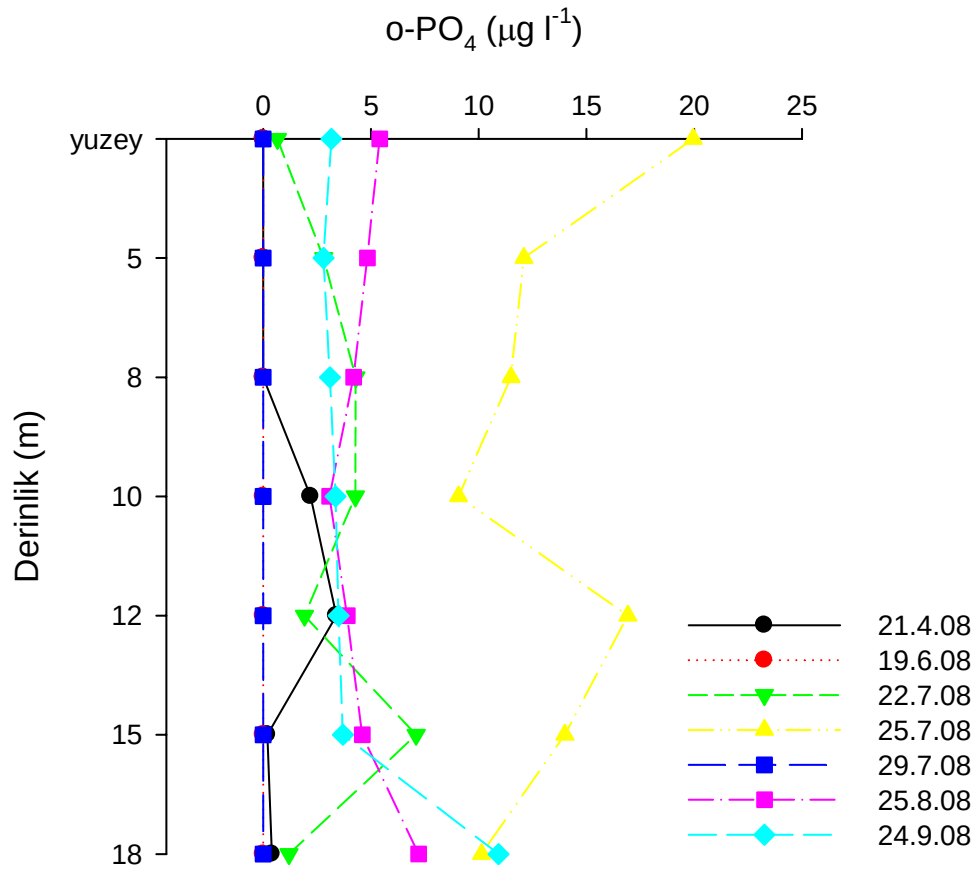
Göl suyunda yapılan ölçümler sonucunda yüzey ile 18 m derinlikler arasında Nitrit + Nitrat ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) konsantrasyonunda 21.04.08, 19.06.08, 25.08.08 ve 24.09.08 tarihlerinde çok fazla bir değişim saptanmadı. 25.07.08 tarihinde 10 m' ye kadar $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ konsantrasyonu artan seviyede seyrederken 10 m'den 12 m'ye doğru bir azalma gözlemlendi. Aynı tarihte 18 m'de konsantrasyonda yüksek bir artış meydana geldi (Şekil 4.8). 29.07.08 tarihinde yapılan ölçümlerde $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ konsantrasyonunda 10 ile 12 m derinlikler arasında diğer derinliklere oranla yüksek bir artış saptandı. 12 m'den sonra yavaş yavaş bir düşüş gözlemlendi.



Şekil 4.8. $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.8. Orto-Fosfat (o-PO₄):

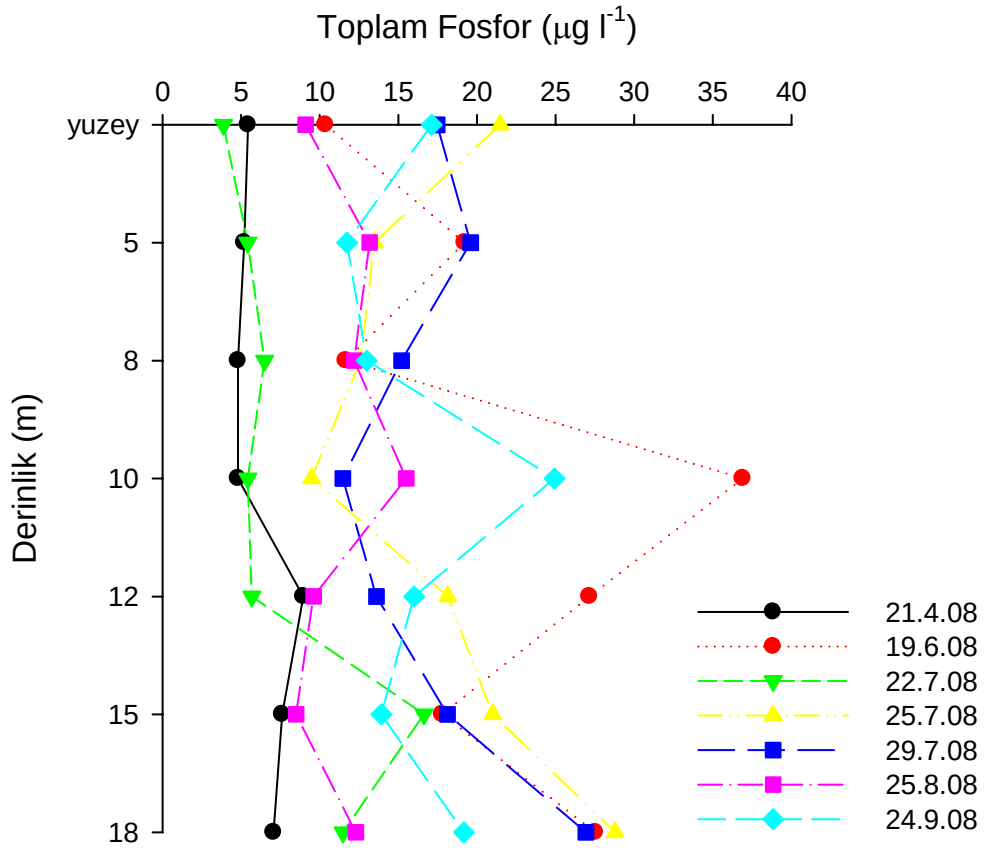
Göl suyunda yapılan ölçümlerde 19.06.08 ve 29.07.08 tarihlerinde ölçüm yapılan su sütunu boyunca orto-fosfat (o-PO₄) tespit edilemedi. En yüksek o-PO₄ konsantrasyonu 25.07.08 tarihinde 12 m’de saptandı. 21.04.08 tarihinde 8 m’ye kadar o-PO₄ tespit edilemezken 8 m’den 12 m’ye kadar hafif bir artış, 12 m’den 18 m’ye kadar bir azalış göstererek 18 m’de tekrar tespit edilebilir miktarların altına düştüğü görüldü (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. o-PO₄ (µg l⁻¹) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.9. Toplam Fosfor (TP):

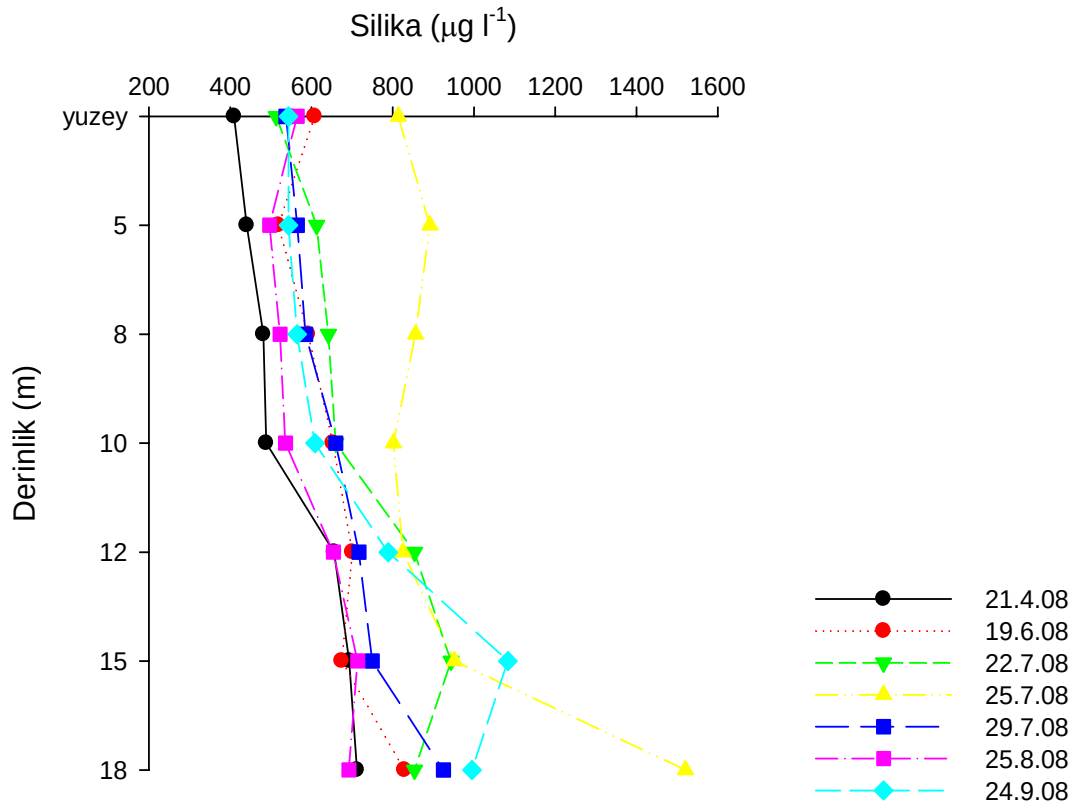
Toplam fosfor miktarının 19.06.08 tarihinde 10 m’de tüm ölçümlerde ulaştığı en yüksek seviyeye 22.07.08 tarihinde yüzeyde ise en düşük seviyeye ulaştığı tespit edildi (Şekil 4.10). Yine 19.06.08 tarihinde 8 ile 10 m arasında toplam fosfor miktarının aşırı bir artış gösterdiği saptandı.



Şekil 4.10. Toplam fosfor ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.10. Silikat (SiO_2):

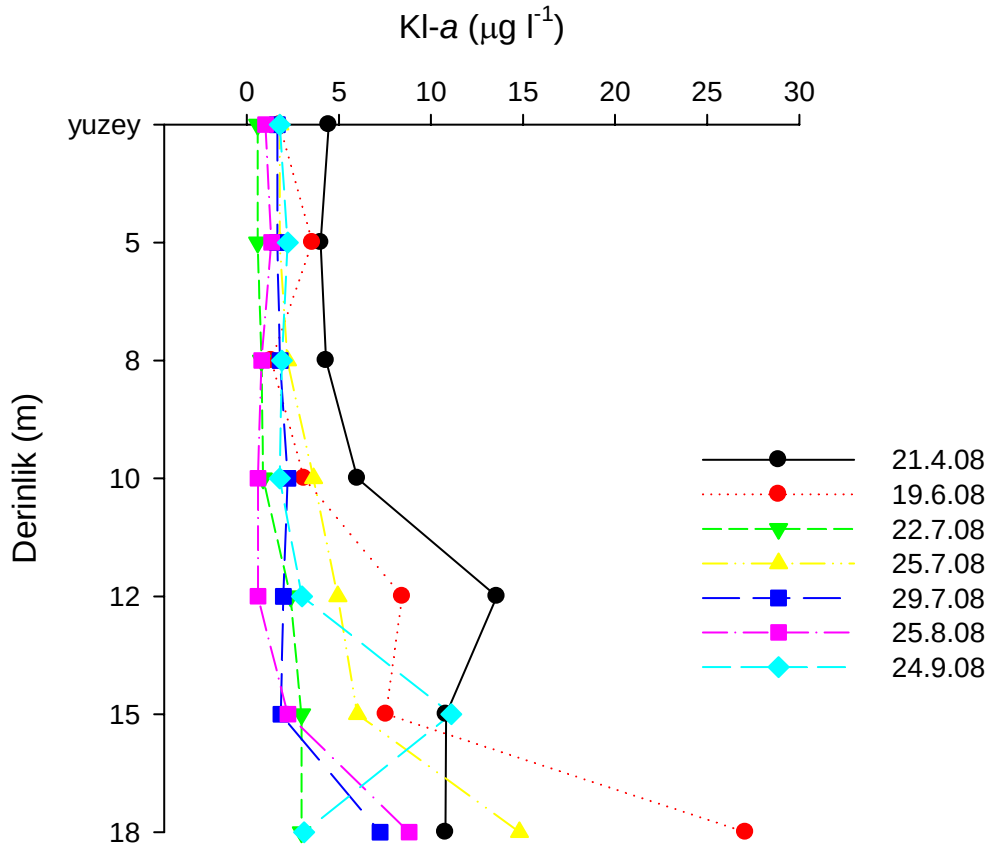
Yapılan ölçümler sonucu silikanın göl suyunda yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu saptanmıştır (Şekil 4.11). Silikatın en yüksek konsantrasyona 25.07.08 tarihinde 18 m’de ($1521 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştığı tespit edildi. En düşük konsantrasyon seviyesi ise 21.04.08 tarihinde yüzeyde ($410 \mu\text{g l}^{-1}$) saptandı. Şekil 4.10 da görüldüğü gibi bu tarihte silikat miktarındaki artış 10 m’ye kadar yavaş bir seyir izlerken 10 m’den sonra 18 m’ye kadar hızlı bir artış gösterdi.



Şekil 4.11. Silikat ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.11. Klorofil-*a* (Kl-*a*):

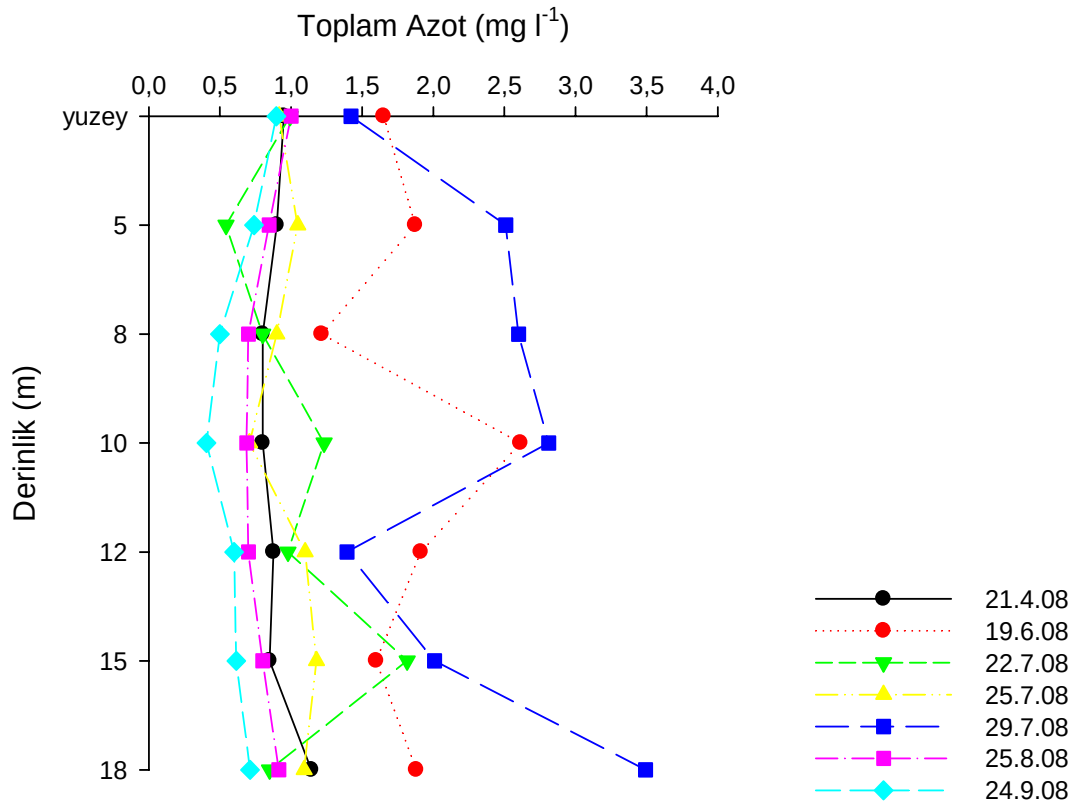
Göl suyunda yapılan ölçümlerde Kl-*a* miktarı 19.06.08 tarihinde 5 ve 12m’de artarken 18 m’de en yüksek seviyeye ($27,1 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştı (Şekil 4.12). 22.07.08 tarihinde yüzeyden alınan örnekte ise Kl-*a* miktarının en düşük seviyede olduğu saptandı. 29.07.08 tarihinde 15 m’ye kadar hemen hemen aynı seviyelerde seyretmiş olan Kl-*a* miktarı 15 m’den itibaren 18 m’ye kadar artış gösterdi. 21.04.08 tarihinde 10 m’ye kadar Kl-*a* miktarı aynı seviyelerde iken 12 m’de bir artış gösterdi. 24.09.08 tarihinde Kl-*a* miktarı 15 m’de artış gösterdiği, diğer derinliklerde ise aynı seviyelerde olduğu gözlemlendi.



Şekil 4.12. Kl-*a* ($\mu\text{g l}^{-1}$) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.12. Toplam Azot (TN):

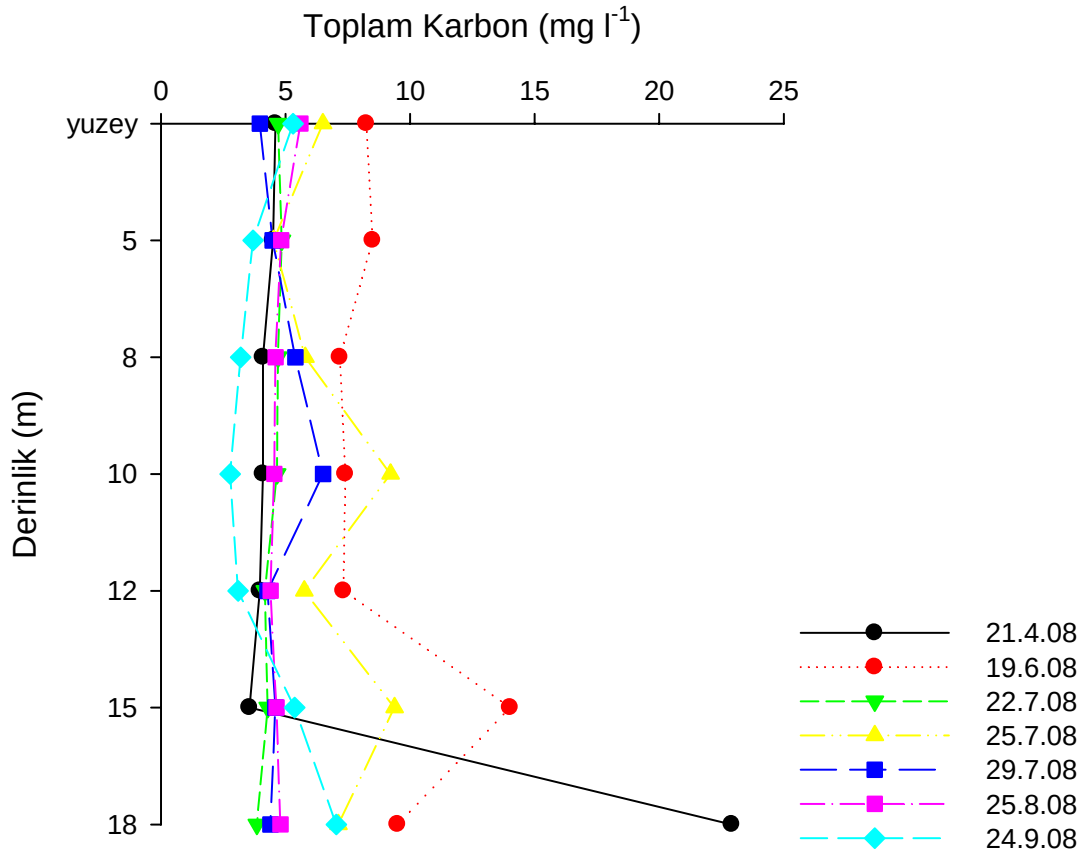
Yapılan ölçümlerde 29.07.08 ve 19.06.08 tarihlerinde yüzeyden derinlere inildikçe toplam azot miktarında farklılıklar görüldü. 29.07.08 tarihinde 5 ila 10 m'lerde toplam azot miktarı yüksek iken 12 m'de ani bir düşüş gösterdi (Şekil 4.12). Daha sonra 18 m'de, yapılan ölçümlerde ki en yüksek miktara ($3,5 \text{ mg l}^{-1}$) ulaştı. 19.06.08 tarihinde toplam azot yüzey suyunda yapılan ölçümlerde ki en yüksek seviyesinde iken ($1,4 \text{ mg l}^{-1}$) 8 m'de düşüş gösterdi. Yine bu tarihte 10 m'de 29.07.08 tarihindeki yakını bir seviyede artış saptandı. Ölçüm yapılan su sütunu boyunca en düşük toplam azot miktarı ($0,4 \text{ mg l}^{-1}$) 24.09.08 tarihinde 10 m'de gözlemlendi (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Toplam azot (mg l^{-1}) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.1.13. Toplam Karbon (TK):

Göl suyunda yapılan ölçümler sonucunda 21.04.08 tarihinde yüzeyden 15 m'ye kadar toplan karbon miktarı aynı seviyelerde seyrederken 18 m'de ölçümler boyunca gözlenen en yüksek seviyeye ($22,9 \text{ mg l}^{-1}$) ulaştı. 19.06.08 tarihinde toplan karbon miktarı 15 m'de artış gösterirken 18 m'de düşerek tekrar eski seviyesine ulaştı. 19.06.08 tarihi hariç diğer ölçüm günlerinde toplam karbon miktarı 5 m, 12 m ve 15m'de aynı seviyelerde gözlemlendi. 29.07.08 tarihinde 10 m'de toplam karbon miktarında artış görülürken 24.09.08 tarihinde 10 m'de toplam karbon miktarı yapılan ölçümlerdeki en düşük seviyeye ($2,8 \text{ mg l}^{-1}$) düştü (Şekil 4.14).

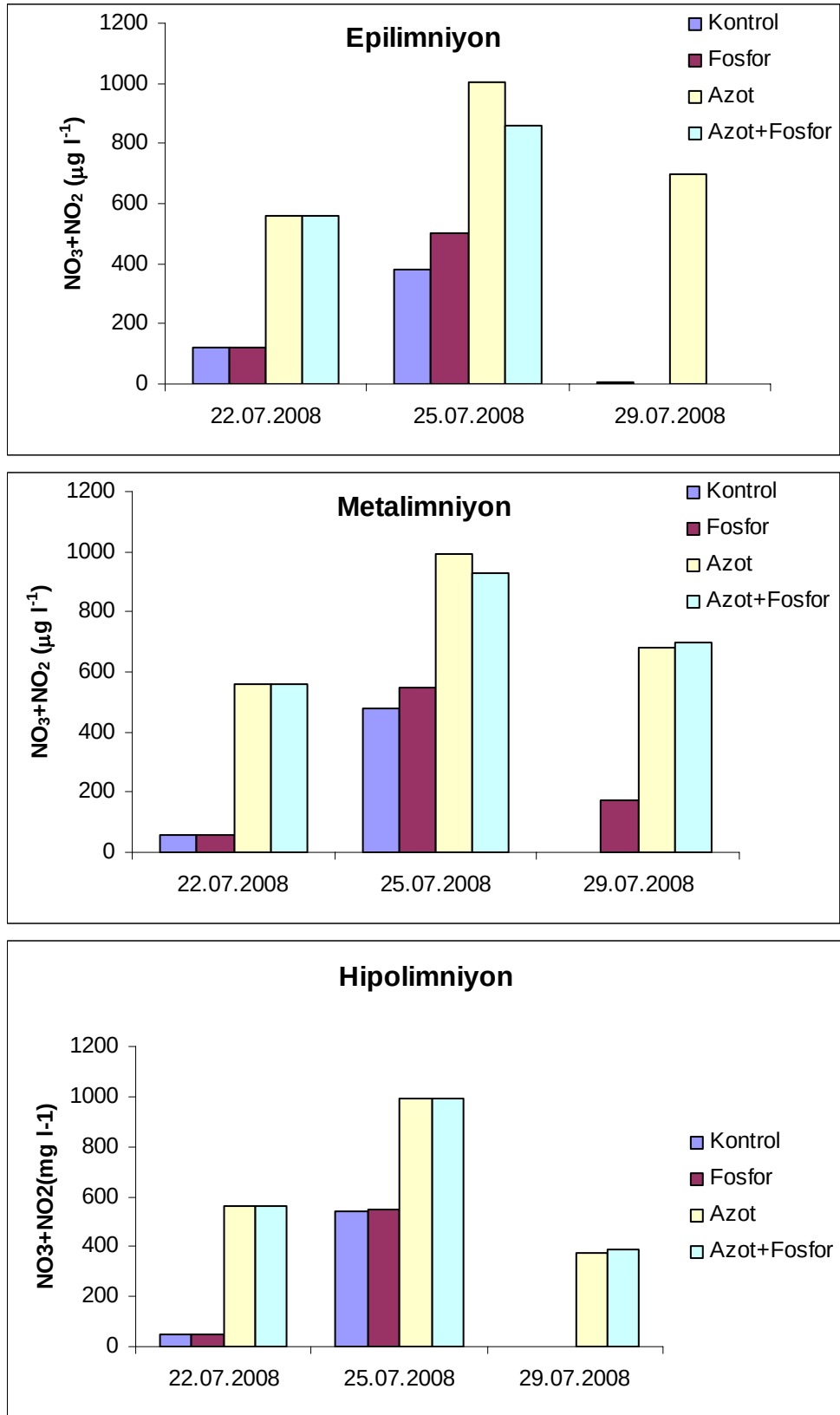


Şekil 4.14. Toplam karbon (mg l^{-1}) konsantrasyonunun zamana bağlı olarak dikey değişimi

4.2. ARAZİ ORTAMINDA YÜRÜTÜLEN DENEYLERDE BESİN TUZU İLAVESİ SONUÇLARI

4.2.1. Nitrit+Nitrat (NO_2+NO_3):

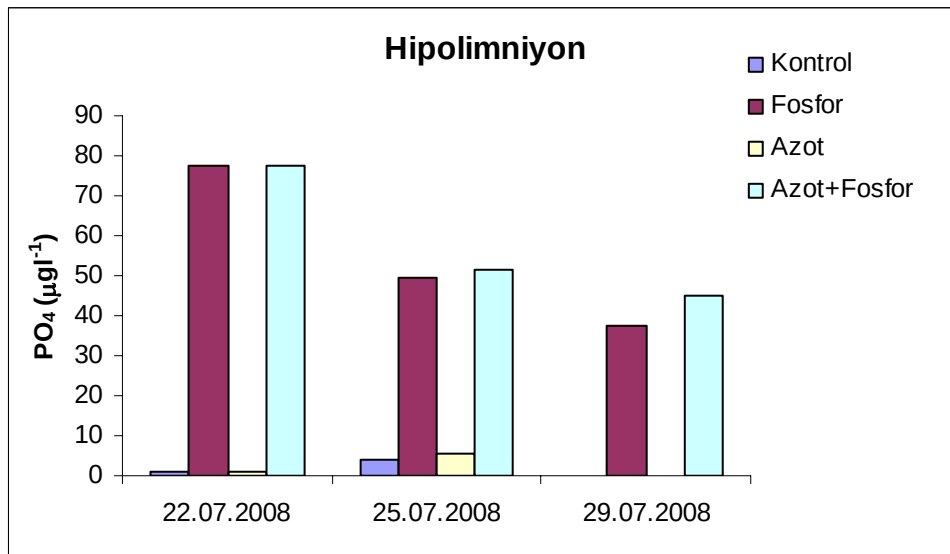
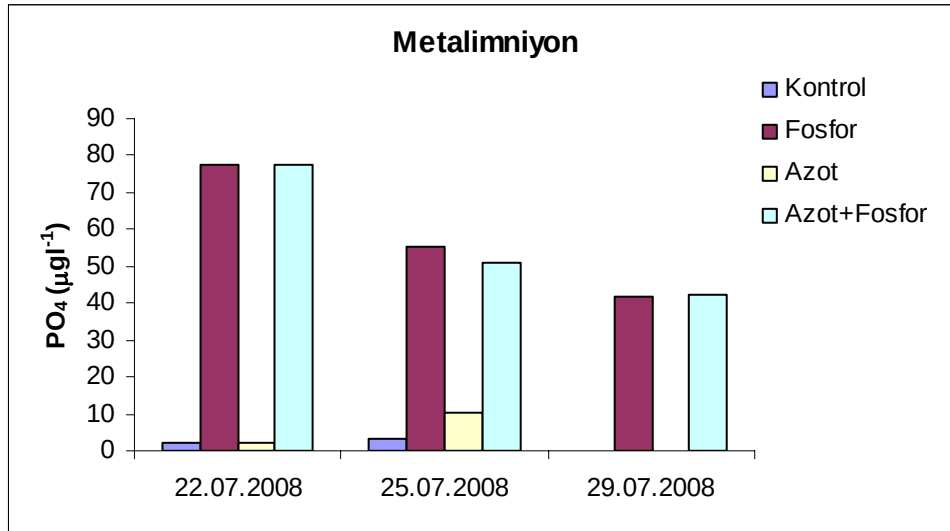
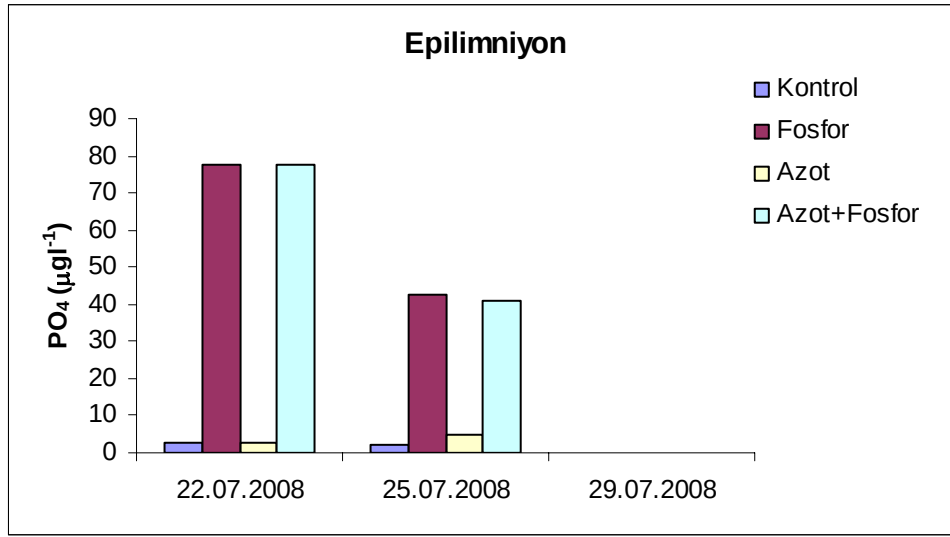
Arazi koşullarında yapılan deneyde her üç derinlikte de nitrit + nitrat konsantrasyonunun deneyin 4. gününde tüm ortamlarda artış ve 8. günde düşüş gösterdiği saptandı (Şekil 4.14). En yüksek değer epilimnionda azot ilavesinin yapıldığı ortamda $1000 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak ölçülmekle beraber metalimnion ve hipolimnion da azot ilave edilen ortamlarda ölçülen değerler de epilimniona benzerlik gösterdi (her ikisi de $992,5 \mu\text{g l}^{-1}$). Azot ve fosforun beraber ilave edildiği ortam koşullarında nitrit+nitrat konsantrasyonlarının zamana ve derinliğe bağlı değişiminde azot ilave edilen ortama benzerlik gösterdiği, epilimnion ve hipolimnionda azot ilave edilen ortama göre nitrit+nitrat konsantrasyonları hafif bir düşme gösterirken hipolimnionda ise aynı değerde ölçüldüğü görüldü. Kontrol ve fosfor ilave edilen ortamlarda da 4. günde başlangıca göre bariz bir artış olduğu ancak 8. günde fosfor ilave edilen ortamda her üç derinlikte de az miktarda olsa da nitrit+nitrat in tespit edilmesine rağmen kontrol ortamında nitrit+nitratın tespit edilebilir değerlerin altında olduğu görüldü (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen $\text{NO}_2 + \text{NO}_3$ değerleri

4.2.2. Orto-Fosfat (o-PO₄):

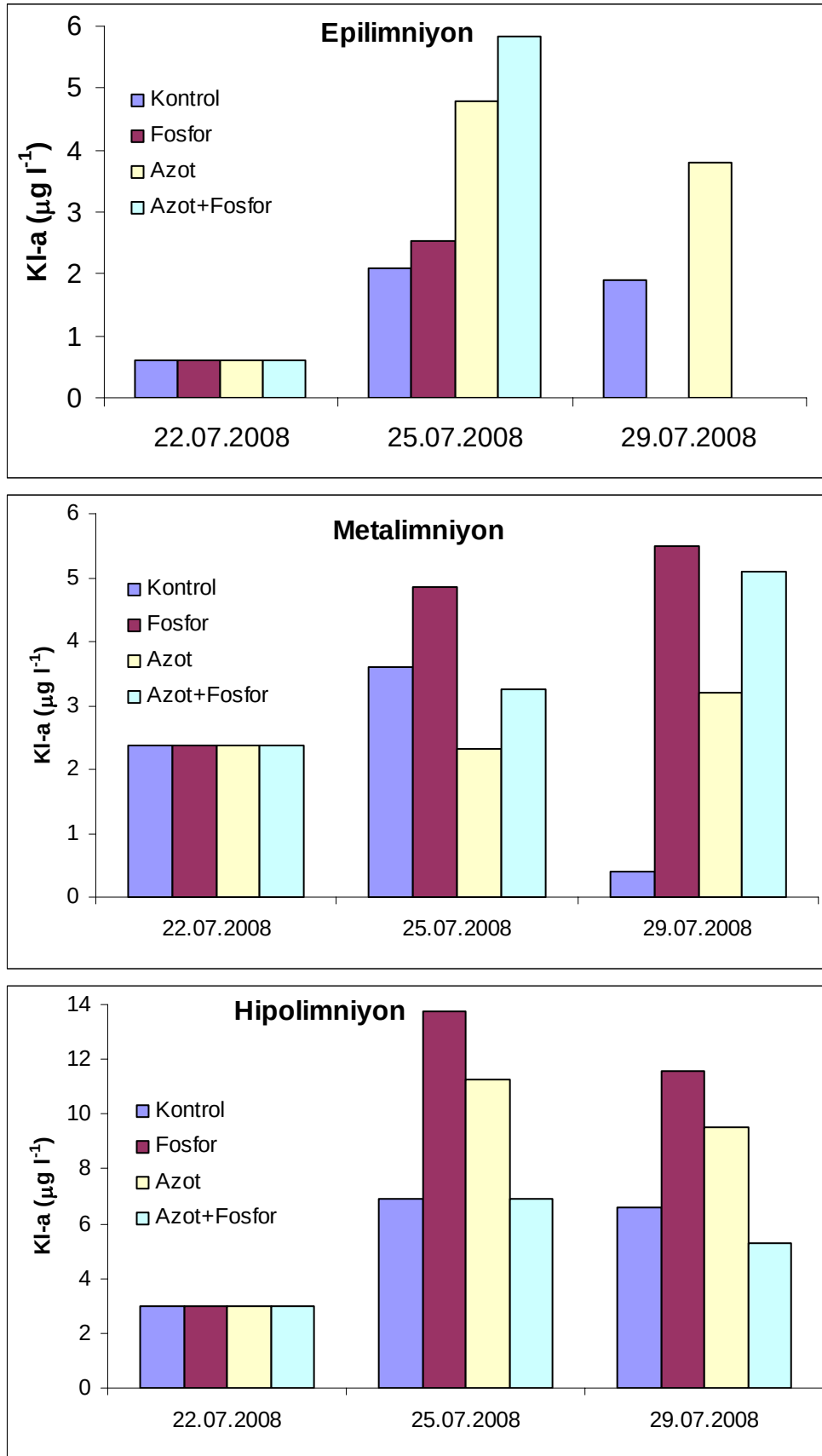
Çalışmanın başladığı gün göl suyunda tespit edilen o-PO₄ konsantrasyonu oldukça düşüktü (epilimnionda 2.8 (µg l⁻¹), metalimnionda 1,9 (µg l⁻¹) ve hipolimnionda 1,2 (µg l⁻¹)). Fosfor ilavesinin yapılmadığı kontrol ve azot ortamında zamana bağlı olarak bir miktar artış gösterdi. 4. günde epilimnionda sırasıyla 2,1(µg l⁻¹) ve 4.8 (µg l⁻¹)olan o-PO₄ konsantrasyonu metalimnionda sırasıyla 3.3 (µg l⁻¹) ve 10.3 (µg l⁻¹) e ve hipolimnionda ise 3,9 (µg l⁻¹) ve 5,7 (µg l⁻¹) ye yükseldi. Biyodeneyin son gününde ise fosfor konsantrasyonları her üç ortamda da tespit edilebilir limitlerin altına indi. Fosfor ilavesi yapılan ortamlarda ise fosfor konsantrasyonları zaman bağlı olarak azalma gösterdi ancak tamamen tüketilmedi. Epilimnionda yapılan deneyde 8. günde örnek şişelerinin kopmuş olması nedeniyle fosfor ve fosfor ve azotun beraber ilave edildiği ortamlardan örnekleme yapılamadı. Ancak, 4. günde o-PO₄ konsantrasyonlarının fosfor ilave edilen ortamda %45 ve azot+fosfor ilave edilen ortamda % 47 oranında azaldığı görüldü. o-PO₄ konsantrasyonlarının başlangıç konsantrasyonuna göre metalimnionda fosfor ve azot ve fosforun beraber ilave edildiği aynı oranda (%46) azaldığı, hipolimnionda ise fosfor ilave edilen ortamda (%52), azot ve fosforun beraber ilave edildiği ortama göre (%42) daha fazla tüketildiği görüldü (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen o-PO₄ değerleri.

4.2.3. Klorofil-*a* (Kl-*a*)

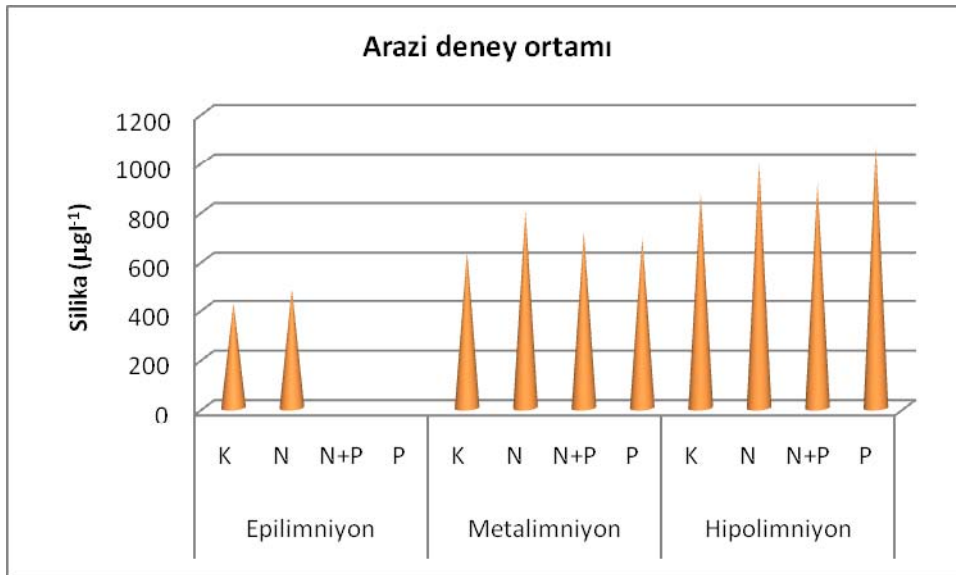
Sapanca göl suyunda deneyin başlangıç günü ölçülen klorofil-*a* miktarları epilimniyonda en düşük ($0,6 \mu\text{g l}^{-1}$) ve hipolimniyonda en yüksek ($3 \mu\text{g l}^{-1}$) olarak gerçekleşti (Şekil 4.16). Klorofil-*a* miktarlarının zamana ve uygulamaya bağlı değişimi tüm derinliklerde farklılıklar gösterdi. Epilimniyonda 4. günde kontrolde en düşük, azot+fosfor ortamında en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonları ölçülürken, metalimniyonda en düşük miktar azot, en yüksek konsantrasyon ise fosfor ilavesi yapılan ortamda ölçüldü. Hipolimniyonda ise metalimniyondaki sonuçlara benzer şekilde en yüksek klorofil-*a* konsantrasyonu fosfor ilave edilen ortamda ölçülürken, en düşük klorofil-*a* konsantrasyonları ise kontrol ve azot+fosfor ilavesi yapılan ortamlarda tespit edildi (Şekil 4.17). 8. günde ise genel olarak 4. güne göre bir azalma eğilimi gözlemlendi. Ancak, metalimniyonda ölçülen klorofil-*a* konsantrasyonları kontrol haricinde artış gösterdi. En yüksek değerler ise hipolimniyonda ölçüldü. Fosfor ilavesi yapılan ortamda $13,7 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak 4. günde tespit edildi.



Şekil 4.17. Arazideki deney ortamında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen klorofil-a değerleri.

4.2.4. Silikat (SiO_2):

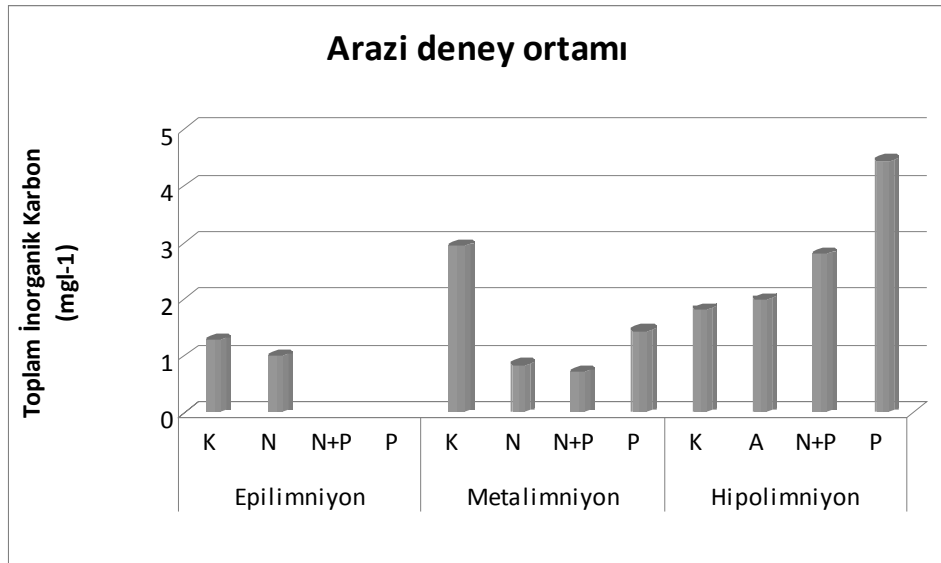
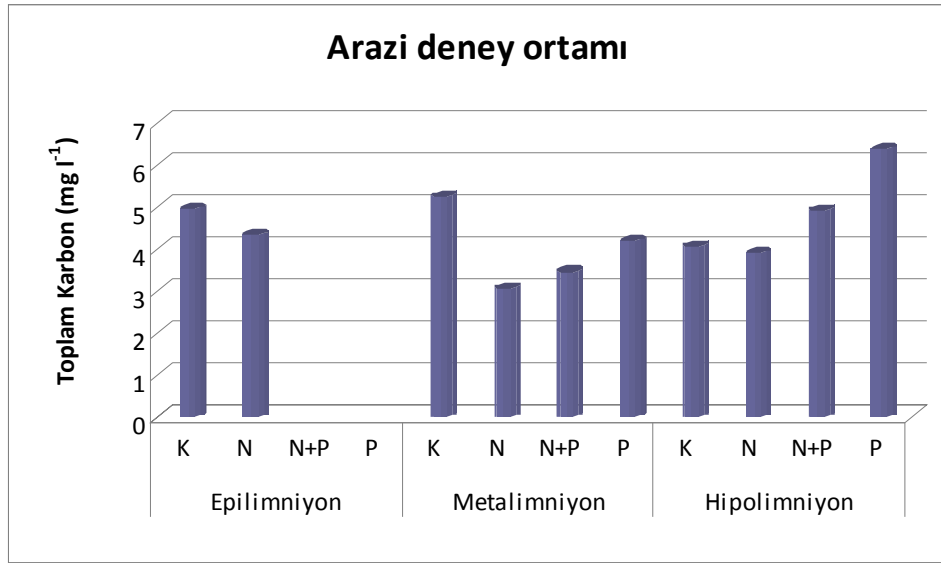
Silika ölçümü sadece 8. günde yapıldı ve silikatın (SiO_2) epilimniyonda kontrol ve azot ortamında ortalama $400 \mu\text{gl}^{-1}$ ile en düşük seviyede olduğu görüldü. Metalimniyonda ise epilimniyonun aksine tüm ortamlarda yüksek konsantrasyonlarda tespit edildi (Şekil 4.18). Bu derinlikte en yüksek konsantrasyona azot ilave edilen ortamda ulaşıldığı gözlemlendi. Hipolimniyonda SiO_2 konsantrasyonunun tüm ortamlarda ve tüm derinliklerdeki en yüksek miktarlarına ulaşıldığı tespit edildi. Hipolimniyonda en yüksek konsantrasyona fosfor ilave edilmiş ortamda ulaşıldığı gözlemlendi.



Şekil 4.18. Arazideki deney ortamında 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen silikat (SiO_2) değerleri.

4.2.5. Toplam Karbon ve Toplam İnorganik Karbon:

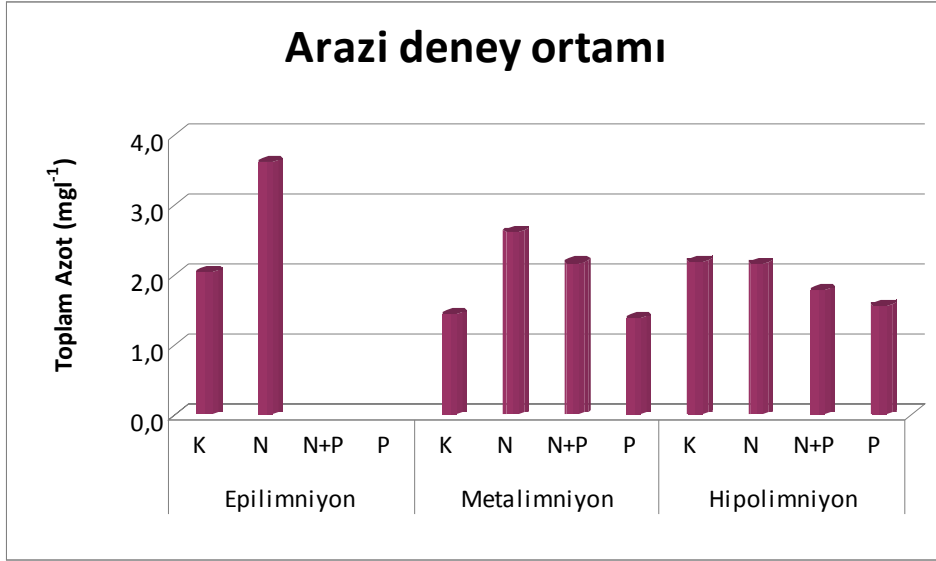
Arazi ortamında yapılan deneylerde toplam karbon ve toplam inorganik karbon konsantrasyonlarının epilimniyonda kontrol ve azot ortamında birbirine yakın değerlerde olduğu görüldü (Şekil 4.18). Deneyin 8. gününde epilimniyonda toplam karbon miktarının toplam inorganik karbon miktarına göre yüksek olduğu saptandı. Bu derinlikte hem toplam karbon hem toplam inorganik karbonun kontrol ortamında azot ortamına göre daha yüksek seviyelerde olduğu gözlemlendi. Metalimniyonda tüm ortamlarda epilimniyonda olduğu gibi toplam karbon miktarının toplam inorganik karbon miktarına göre yüksek olduğu belirlendi. Her iki konsantrasyonun da en yüksek olduğu ortamın kontrol, en düşük olduğu ortamın ise azot ilavesi yapılan ortam olduğu saptandı. Toplam karbon ve toplam inorganik karbon konsantrasyonu hipolimniyonda da tüm ortamlarda tespit edildi. Bu derinlikte en düşük toplam karbon konsantrasyonu azot ortamında tespit edilirken, en düşük toplam inorganik karbon konsantrasyonu kontrol ortamında tespit edildi. Her iki konsantrasyonun da en yüksek seviyeye fosfor ortamında ulaştığı belirlendi (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Deneyin 8. gününde arazi deney ortamında ölçülen toplam karbon ve toplam inorganik karbon değerleri

4.2.6. Toplam Azot:

Arazide oluşturulan deney ortamında 8. günde epilimniyonda yapılan ölçümlerde toplam azot konsantrasyonu kontrol ve azot ilavesi yapılmış ortamda saptandı. Azot ortamında ki konsantrasyon kontrol ortamındakine göre daha yüksek olarak belirlendi. Metalimniyonda toplam azot tüm ortamlarda saptandı. Bu derinlikte en yüksek konsantrasyon azot ortamında tespit edilirken en düşük konsantrasyon fosfor ortamında tespit edildi (Şekil 4.20). Hipolimniyonda da metalimniyonda olduğu gibi tüm ortamlarda azot konsantrasyonu saptandı. En yüksek konsantrasyon kontrol ve azot ortamlarında saptandı. En düşük konsantrasyon miktarı ise metalimniyonda olduğu gibi fosfor ortamında tespit edildi.

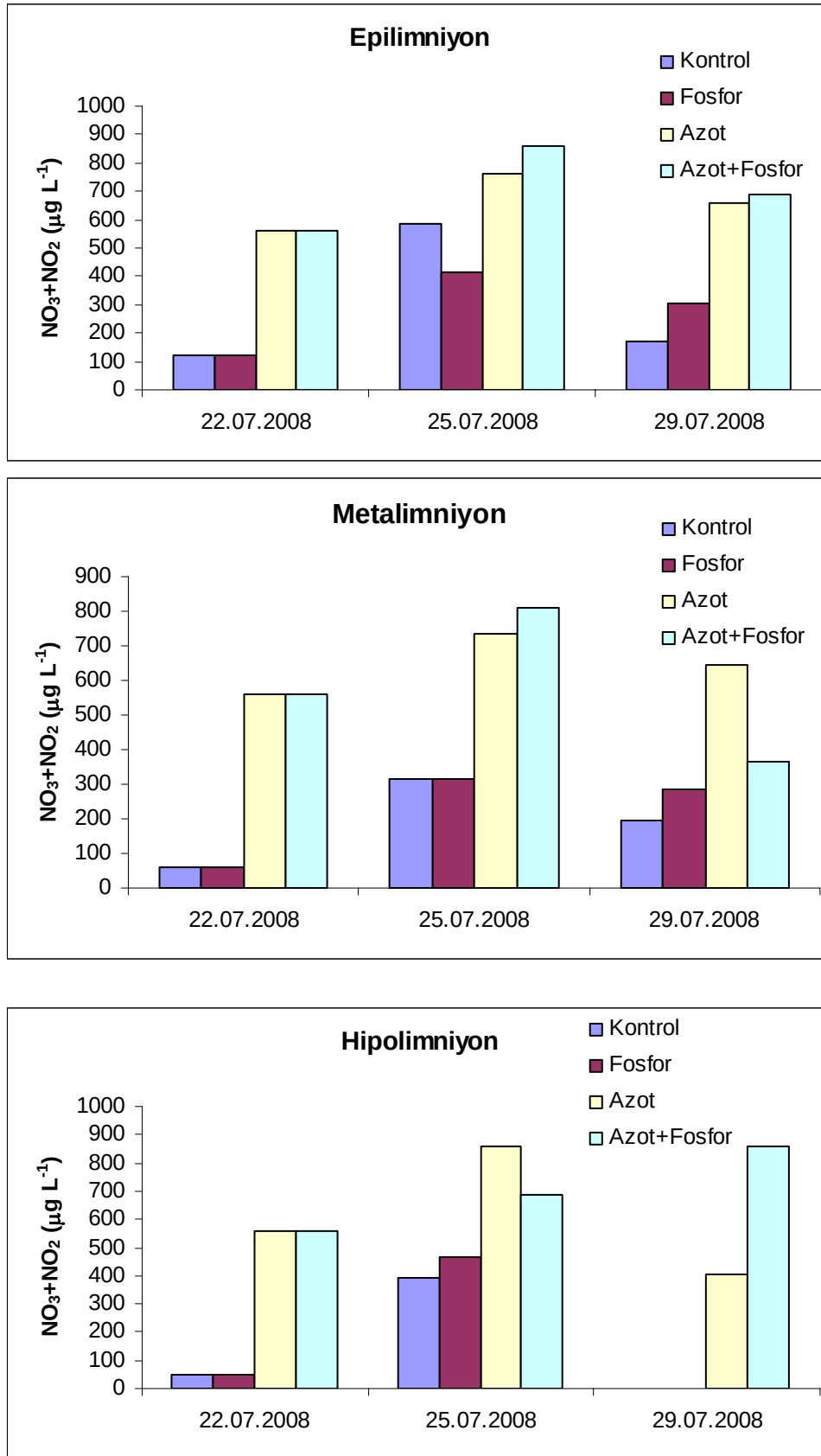


Şekil 4.20. Deneyin 8. gününde arazi deney ortamında ölçülen toplam azot değerleri

4.3. LABORATUVAR ORTAMINDA YÜRÜTÜLEN DENEYLERDE BESİN TUZU İLAVESİ SONUÇLARI:

4.3.1. Nitrit+Nitrat (NO_2+NO_3):

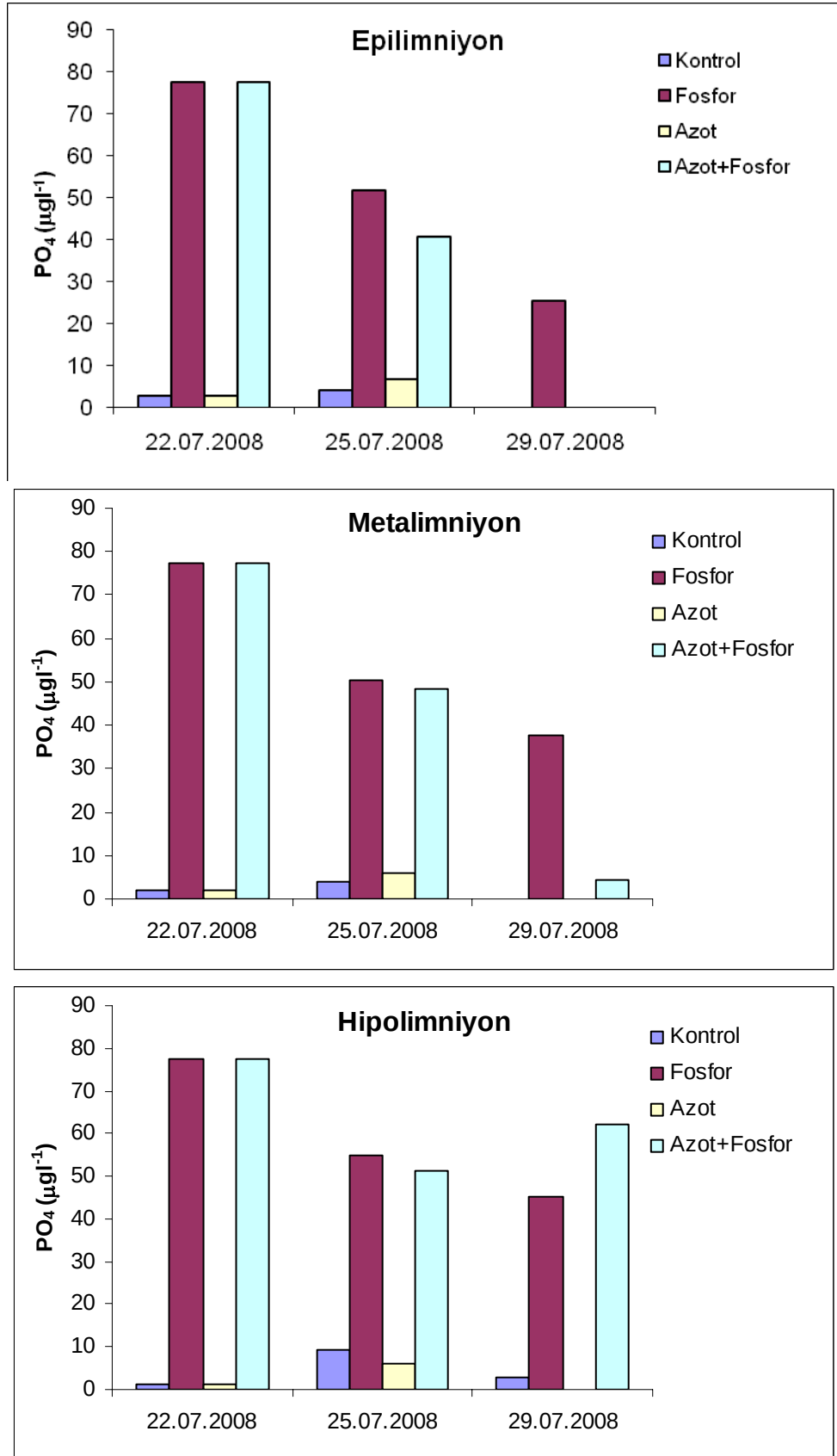
Laboratuvarda kurulan deney ortamında her üç derinlikte nitrat+nitrit konsantrasyonunun deneyin 4. gününde tüm ortamlarda artış gösterdiği saptandı. 8. günde ise hipolimniyonda azot ve fosforun beraber ilave edildiği ortam koşulları haricinde, diğer ortamlarda ve derinliklerde nitrit+nitrat konsantrasyonlarında bir düşüş gözlemlendi (Şekil 4.21). Azot ve fosforun beraber ilave edildiği ortam koşullarında nitrit+nitrat konsantrasyonlarının epilimniyon ve metalimniyondaki değişiminin azot ilave edilen ortamla benzerlik gösterdiği saptandı. Ancak, hipolimniyonda azot ilave edilen ortamda nitrit+nitrat konsantrasyonlarında belirgin bir düşüş varken, azot ve fosforun beraber ilave edildiği ortamda nitrit+nitrat konsantrasyonu hafif bir artış gösterdi. Kontrol ve fosfor ilave edilen ortamlarda da 4. günde başlangıca göre bariz bir artış olduğu gözlemlendi. Ancak 8. günde her iki ortamda da hipolimniyonda nitrit+nitrat tespit edilemezken, epilimniyon ve metalimniyonda 4. güne göre bir azalma tespit edildi.. Ancak, yine de başlangıç konsantrasyonlarından daha yüksek nitrit+nitrat miktarı tespit edildi (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen nitrit+nitrat değerleri.

4.3.2 Orto-Fosfat (o-PO₄):

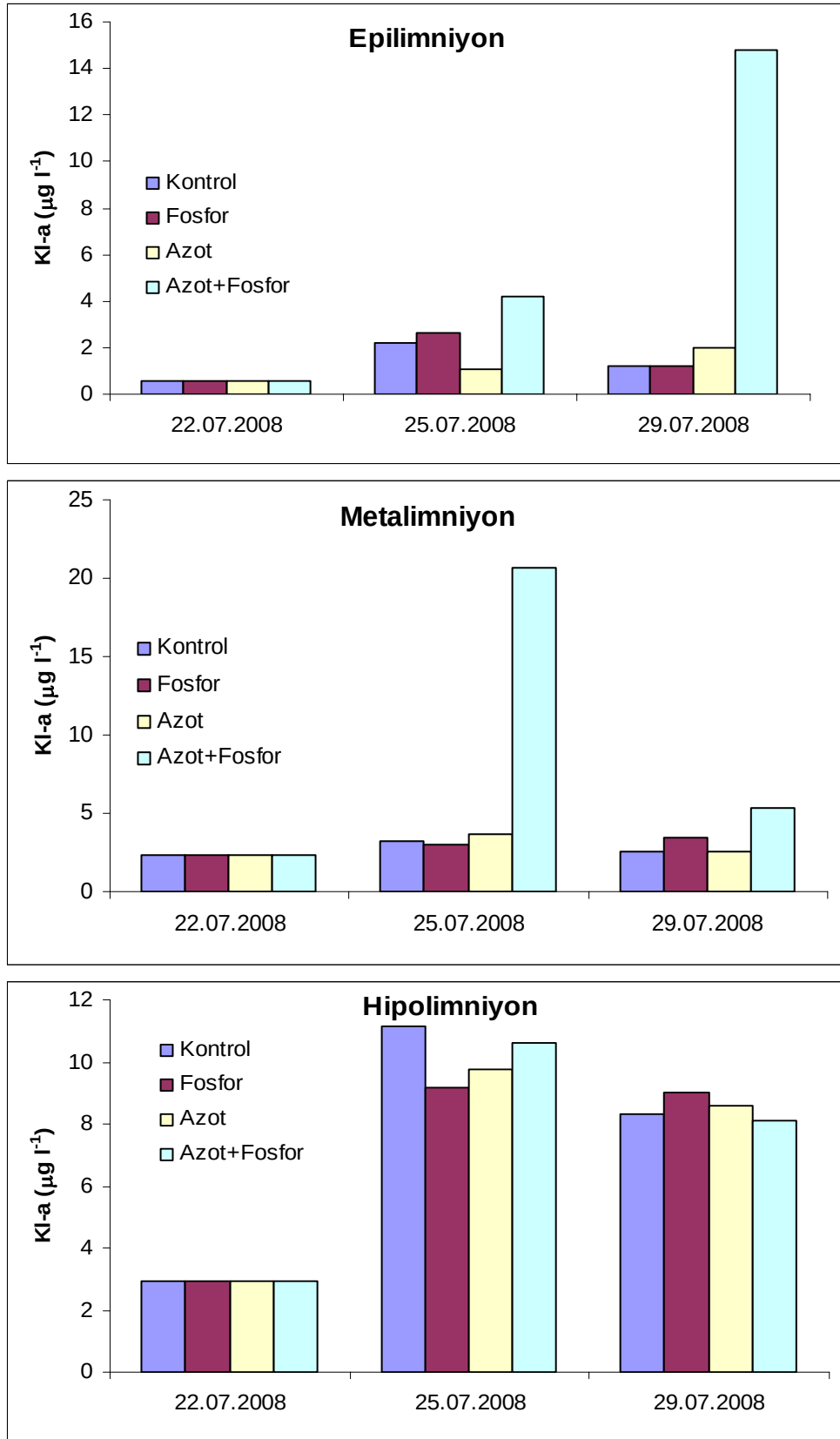
Laboratuvarda yapılan deneylerde epilimniyonda başlangıç gününde orta-fosfat (o-PO₄) konsantrasyonu fosfor ve azot+fosfor ortamında oldukça yüksek seviyelerde tespit edilirken, kontrol ve azot ortamında düşük seviyelerde olduğu belirlendi. Deneyin 4. gününde o-PO₄ konsantrasyonun fosfor ve azot+fosfor ortamında düştüğü gözlemlendi (Şekil 4.22). Konsantrasyon miktarında azot+fosfor ortamında daha fazla bir düşüş saptandı. o-PO₄ konsantrasyonun kontrol ve azot ortamında başlangıç gününe göre daha yüksek olduğu belirlendi. 8. günde o-PO₄ konsantrasyonu sadece fosfor ilave edilen ortamda tespit edildi. Başlangıç gününde metalimniyonda yapılan ölçümlerde epilimniyondakine benzer şekilde o-PO₄ konsantrasyonu fosfor ve azot+fosfor ortamında yüksek seviyelerde tespit edildi. Kontrol ve azot ortamında ise düşük seviyelerde seyrettiği gözlemlendi. Deneyin 4. gününde azot ve azot+fosfor ortamındaki o-PO₄ konsantrasyonun başlangıç gününe göre düştüğü tespit edildi. Kontrol ve azot ortamında ki konsantrasyonda ise epilimniyondakine benzer bir durum gözlemlendi. 8. günde o-PO₄ konsantrasyonu fosfor ortamında yüksek, azot+fosfor ortamında ise daha düşük seviyelerde tespit edildi. Hipolimniyonda başlangıç gününde diğer iki derinlikte olduğu gibi o-PO₄ konsantrasyonun fosfor ve azot+fosfor ortamında yüksek seviyelerde tespit edilirken kontrol ve azot ortamında oldukça düşük seviyelerde tespit edildi. 4. günde konsantrasyon fosfor ve azot+fosfor ortamında başlangıç gününe göre düşerken kontrol ve azot ortamında arttı. 8. günde azot ortamında o-PO₄ konsantrasyonu tespit edilemedi. O-PO₄ konsantrasyonunda azot ve fosfor ortamında 4. güne göre düşüş gözlenirken, azot+fosfor ortamında artış gözlemlendi (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimnion (5 m), metalimnion (12 m) ve hipolimnion (18 m) de ölçülen orto-fosfat değerleri.

4.3.3 Klorofil-a (Kl-a)

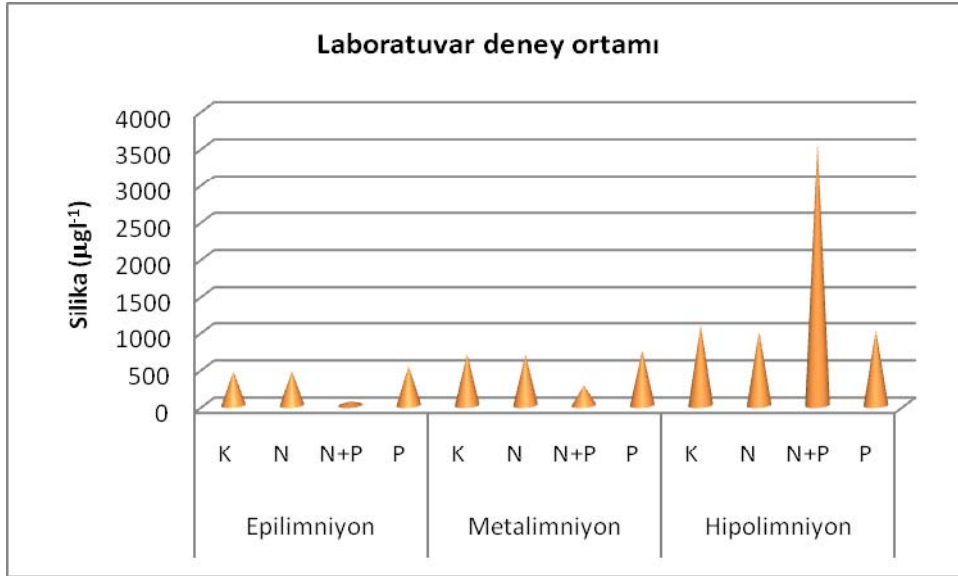
Laboratuvar koşullarında yapılan deneylerde başlangıç gününde epilimniyonda tüm ortamlarda Kl- **a** miktarı aynı tespit edildi. 4. günde Kl- **a** miktarı azot+fosfor ortamında en yüksek değere ulaşırken azot ilavesi olan ortamda en düşük değerde olduğu gözlemlendi. Epilimniyonda 8. günde Kl- **a** değeri kontrol ve azot ortamlarında düşük ve aynı seviyede tespit edildi. Azot+fosfor ortamında ki Kl- **a** değerinin ölçüm yapılan tüm günlerdeki en yüksek değere ulaştığı belirlendi (Şekil 4.23). 8. Günde azot ortamındaki Kl- **a** miktarının başlangıç ve 4. günden yüksek olduğu gözlemlendi. Metalimniyonda başlangıç gününde Kl- **a**'nın tüm ortamlarda aynı ve epilimniyonda başlangıç gününde ölçülen değerlerden yüksek olduğu tespit edildi. 4. günde metalimniyonda azot+fosfor ortamında Kl- **a** miktarının ölçüm yapılan tüm günlerde ve tüm ortamlarda ki en yüksek değerine ulaştığı gözlemlendi. Diğer ortamlarda ki Kl- **a** miktarında başlangıç gününe göre artış tespit edildi. 8. günde azot+fosfor ortamında ki Kl- **a** miktarında 4. güne göre oldukça büyük bir düşüş tespit edildi. Kontrol ve azot ortamında Kl- **a** miktarında 4. güne göre düşüş tespit edilirken, fosfor ortamında artış gözlemlendi. Hipolimniyonda da diğer iki derinlikte olduğu gibi başlangıç gününde tüm ortamlarda Kl- **a** miktarı aynı tespit edildi, fakat bu derinlikte diğer iki derinliğe göre Kl- **a** miktarının daha yüksek olduğu gözlemlendi. 4. ve 8. günlerde hipolimniyonda Kl- **a** miktarında tüm ortamlarda diğer iki derinliğe göre oldukça fazla bir artış meydana geldiği gözlemlendi. Bu derinlikte, 4. günde kontrol ortamında Kl- **a**'nın tüm derinlik, tüm gün ve tüm ortamlardaki en yüksek değerine ulaştığı saptandı (Şekil 4.23). 8. günde tüm ortamlarda ki Kl- **a** değerleri birbirine yakın olmak ile birlikte Kl- **a** miktarının fosfor ortamında 8. gündeki en yüksek, azot+fosfor ortamında ise en düşük değerinde olduğu tespit edildi.



Şekil 4.23. Laboratuvar koşullarında başlangıç, 4. gün ve 8. günde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen klorofil-a değerleri

4.3.4 Silikat (SiO_2):

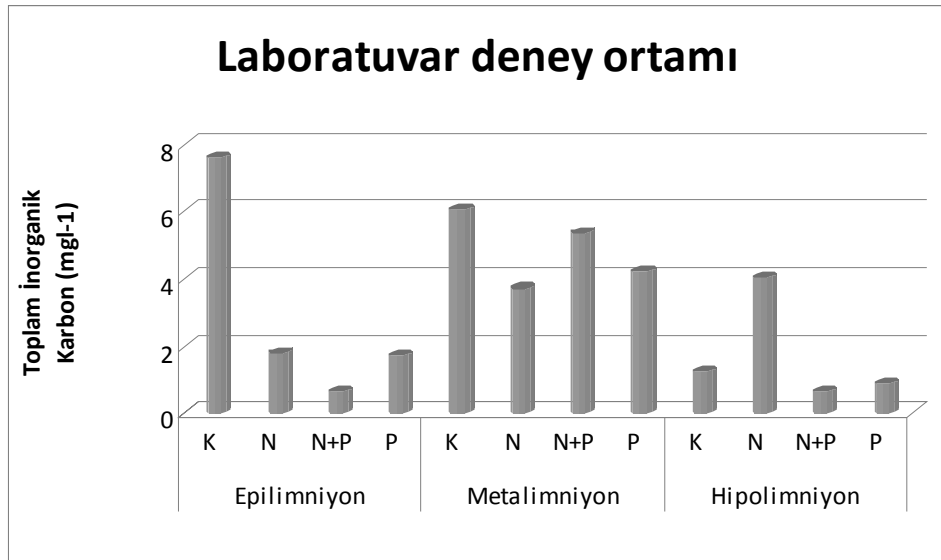
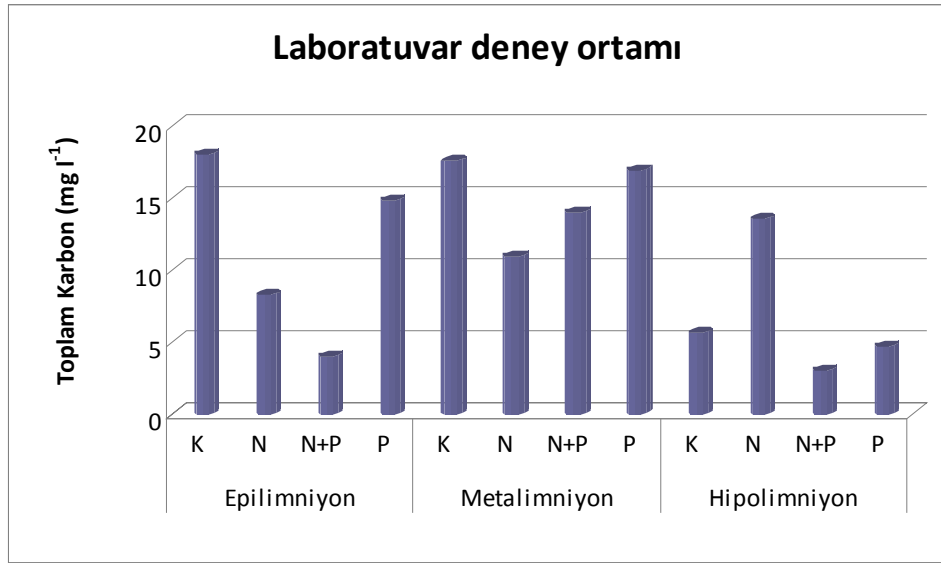
Silika ölçümü sadece 8. günde gerçekleştirildi. Laboratuvarda oluşturulan deney ortamında silikat (SiO_2) miktarının kontrol ve azot ortamında aynı olduğu azot+fosfor ortamında ise tüm derinlik ve tüm ortamlarda ki en düşük seviyeye ulaştığı tespit edildi (Şekil 4.24). Metalimniyonda da kontrol ve azot ortamında silika miktarının aynı, fakat epilimniyonda ölçülenden yüksek olduğu saptandı. SiO_2 miktarının azot+fosfor ortamında düşük olduğu tespit edilse de epilimniyonda ölçülenden yüksek olduğu gözlemlendi. Hipolimniyonda ise diğer derinliklerdekinin tam tersine azot+fosfor ortamında SiO_2 miktarının ölçülen en yüksek değere ulaştığı tespit edildi. Hipolimniyonda diğer ortamlarda tespit edilen SiO_2 miktarlarını birbirine yakın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Laboratuvar koşullarında biyodeneyin 8. gününde epilimniyon (5 m), metalimniyon (12 m) ve hipolimniyon (18 m) de ölçülen silika (SiO_2) değerleri.

4.3.5. Toplam Karbon ve Toplam İnorganik Karbon:

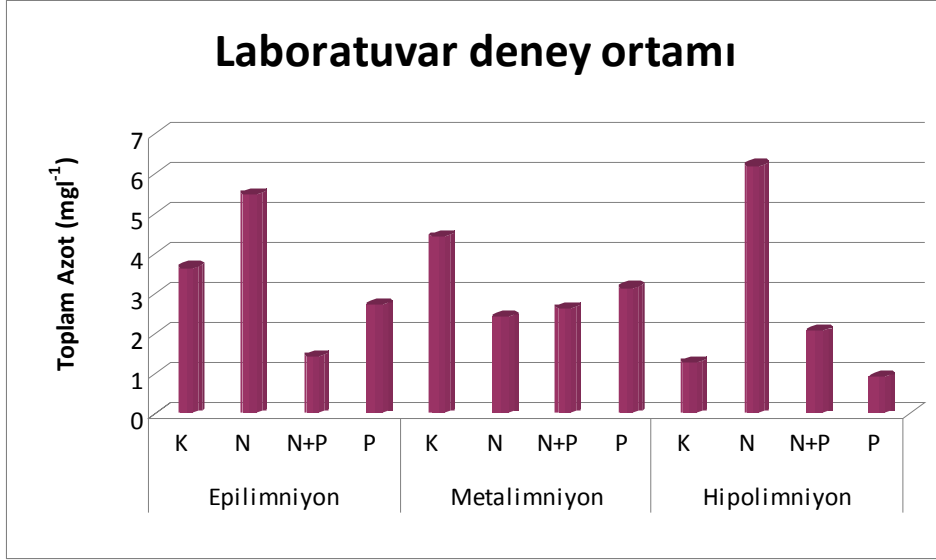
Laboratuvar deney ortamında 8. günde yapılan ölçümlerde epilimniyonda kontrol ortamında toplam karbon ve toplam inorganik karbon konsantrasyonlarının tüm derinlikler ve tüm ortamlardaki en yüksek seviyede olduğu tespit edildi (Şekil 4.25). Her iki konsantrasyonunda hipolimniyonda azot+fosfor ortamında tüm derinlikler ve tüm ortamlardaki en düşük seviyeye ulaştığı gözlemlendi. Metalimniyonda toplam karbon konsantrasyonunun kontrol ve fosfor ortamında birbirine yakın ve yüksek seviyelerde olduğu tespit edildi. Toplam inorganik karbon miktarı metalimniyonda kontrol ortamında en yüksek, azot ortamında ise en düşük değerde tespit edildi. Hipolimniyonda toplam karbon ve toplam inorganik karbon miktarlarının kontrol ortamında, diğer iki derinlikte ölçülen miktarlara göre oldukça fazla bir düşüş gösterdiği gözlemlendi.



Şekil 4.25. Deneyin 8. gününde laboratuvar deney ortamında ölçülen toplam karbon ve toplam inorganik karbon değerleri

4.3.6. Toplam Azot:

Biyodeneyin 8. gününde toplam azot miktarı hipolimniyonda azot ortamında tüm derinlik ve tüm ortamlardaki en yüksek değerinde, fosfor ortamında ise en düşük değerinde saptandı (Şekil 4.26). Epilimniyonda toplam azot bu derinlik için en yüksek değerde ölçüldü. Aynı derinlikte en düşük değeri ise azot+fosfor ortamında saptandı. Metalimniyonda diğer iki derinlikten farklı olarak toplan azot miktarı en düşük azot ortamında tespit edilirdi. Metalimniyonda en yüksek miktara ise kontrol ortamında ulaştı.

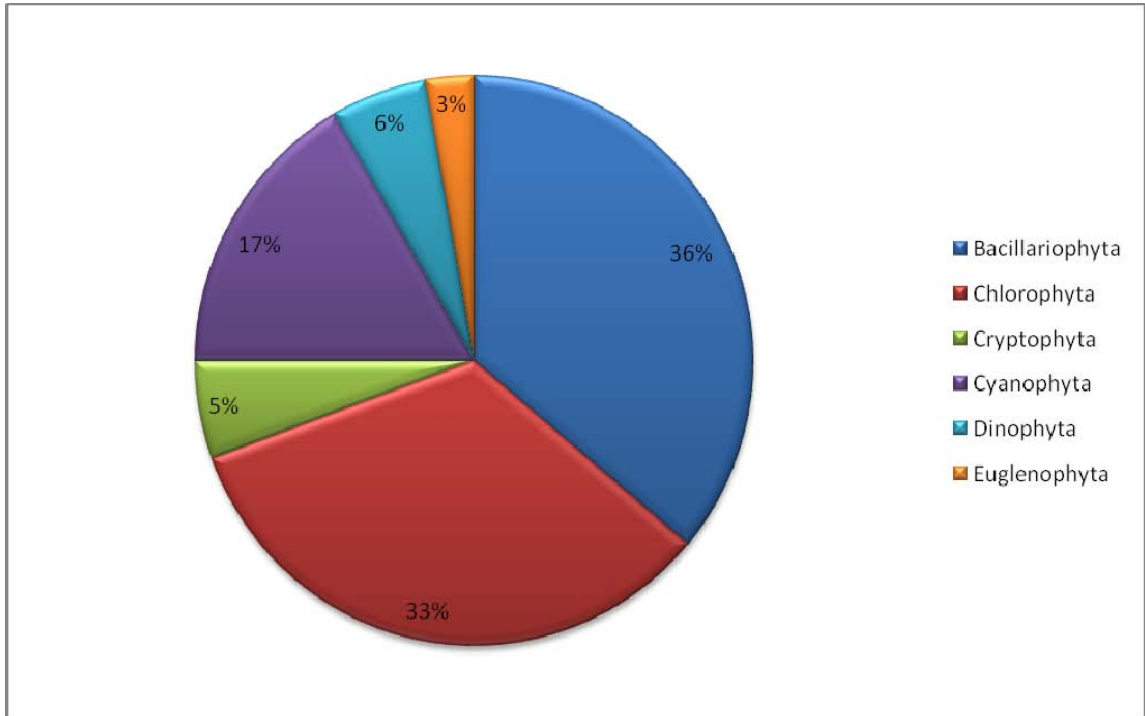


Şekil 4.26. Deneyin 8. gününde laboratuvar deney ortamında ölçülen toplam azot değerleri

4.4. FİTOPLANKTON DAĞILIMI

4.4.1. Göl Suyunda Tespit Edilen Fitoplankton Türleri:

Çalışma süresince bütün örneklerde toplam 36 tür tespit edildi. Filum bazında bakıldığında; Bacillariophyta grubundan tespit edilen 13 türünün 4 tanesini sentrik diyatomeleler, 9 tanesini pennat diyatomeleler oluşturdu. İkinci sıradaki Chlorophyta filumundan ise toplam 12 tür tespit edildi. Cyanophyta grubu sadece 6 takson ile temsil edildi. Cryptophyta grubundan 2 takson, Dinophyta grubundan 2 tür ve Euglenophyta' dan ise sadece 1 tür tespit edildi (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Göl suyunda fitoplankton gruplarının dağılımı

4.4.2. Göl Suyunda Tespit Edilen Tür Bollukları:

4.4.2.1. Göl Ortamı:

Göl suyunda yapılan ölçümler sonucunda Bacillariophyta grubuna ait *Achnanthes* sp. türü epilimnionda yüksek yoğunlukta bulunurken *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp, *Synedra*

sp'ye biraz daha düşük yoğunluklarda tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Chlorophyta grubundan *Dinobryon* sp, *Ankistrodesmus* sp, *Mougeotia* sp'ye yüksek miktarlarda rastlandı. *Monoraphidium contortum* ve *Monoraphidium komarkovae* türlerine ise çok düşük miktarlarda rastlandı. Cryptophyta'ya ait türler düşük miktarlarda tespit edildi. Cyanophyta grubunda en yüksek yoğunlukta ki tür *Planktolyngbya limnetica* olarak tespit edilirken en düşük yoğunlukta ki tür *Anabaena* sp ve *Aphanocapsa* sp olarak tespit edildi. Dinophyta ve Euglenophyta türlerine düşük yoğunluklarda rastlandı. Tüm türlerin metalimniyondaki yoğunluk dağılımı da epilimniyondakine benzer bir tablo görüldü (Tablo 4.3). Farklı olarak Bacillariophyta grubuna ait *Acanthoceras* sp türü ve Chlorophyta grubuna ait *Monoraphidium minutum* türüne epilimniyonda rastlanmazken bu tür metalimniyonda çok düşük yoğunlukta tespit edildi. Ayrıca Cyanophyta'da bulunan *Aphanocapsa* sp türünde artış görüldü. Hipolimniyonda diğer iki tabakada rastlanmayan Chlorophyta grubuna ait *Closteriopsis* sp türü tespit edildi.

Tablo 4.1. Sapanca Gölü'nde deney süresince göl suyunda kaydedilen fitoplankton türleri ve bollukları (1: 22.07.2008; 2:25.07.2008; 3: 29.07.2008 ve *= Litrede 10000'den az olanlar, **= Litrede 10000-99999 arasında olanlar, ***= Litrede 100000-999999 arasında olanlar, ****= Litrede 1000000'den fazla olanlar)

Derinlik	Epilimniyon			Metalimniyon			Hipolimniyon		
Örnekleme	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Bacillariophyta									
<i>Achnanthes lanceolata</i>	***	***	***	**	**	**	**	**	**
<i>Acanthoceras</i> sp.				*					
<i>Asterionella formosa</i>									
<i>Aulocoseira italica</i>									
<i>Cyclotella</i> sp.	**	**	**	**	**	**	**	*	**
<i>Cymbella</i> sp.									
<i>Gomphonema</i> sp.									
<i>Nitzschia</i> sp.	**	**	**	*	**	**	**	*	**
<i>Stephanodiscus</i> sp.									
<i>Synedra linearis</i>									
<i>Synedra ulna</i>									
<i>Synedra</i> sp.	**	**	**	**	**	**	**		**
<i>Synedra acus</i>									
Chlorophyta									
<i>Closteriopsis</i> sp.									*
<i>Dictyosphaerium</i> sp.									
<i>Dinobryon</i> sp.	**	*	**	**	*	**			*
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	**	**	**	*	**		**		**
<i>Monoraphidium arcuatum</i>									
<i>Monoraphidium contortum</i>	*				*			*	
<i>Monoraphidium komarkovae</i>	*			*	*				*
<i>Monoraphidium minutum</i>					*				
<i>Mougeotia</i> sp.	***	***	***	**	**	**	**	***	***
<i>Phacotus</i> sp.									
<i>Scenedesmus</i> sp.									
<i>Scenedesmus acutus</i>									
Cryptophyta									
<i>Cryptomonas</i> spp.	*	*	*	**	*	**	*	**	**
<i>Plagioselmis nannoplanktonica</i>		**		**			*	*	*
Cyanophyta									
<i>Anabaena</i> sp.		*	*						
<i>Aphanocapsa</i> sp.	*			**	**		**	**	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	**	*	**		*	**			
<i>Aphanizomenon istchanenko</i>				*					
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	***	***	***	***	***	***	**	***	***
<i>Planktothrix rubescens</i>				**			***	***	***
Dinophyta									
<i>Gymnodinium</i> sp.		*		*		*			
<i>Peridinium</i> sp.	**	**	*			*	*	*	*
Euglenophyta									
<i>Trachelamonas</i> sp.			*						*

4.4.2.2. Arazi Deney Ortamı:

Biyodenyey süresince epilimniyonda tüm ortamlarda Bacillariophyta grubuna ait olan *Achnanthes* sp türünde en yüksek bolluk tespit edildi. Yine bu gruba ait *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp, *Synedra* sp türlerinde de yüksek sayılarda saptandı. Epilimniyonda Bacillariophyta grubuna ait diğer türler olan *Acanthoceras* sp, *Asterionella formosa*, *Cyclotella* sp, *Stephanodiscus* sp, *Synedra acus* türlerine rastlanmadı. Sadece azot+fosfor ilavesi yapılan ortamda çok az miktarda da olsa *Gomphonema* sp'ya ve kontrol ortamında yine çok az miktarda *Synedra acus*'a rastlandı. Chlorophyta grubuna ait türlerde tüm ortamlarda yüksek yoğunluklarda *Mougeotia* sp türü tespit edildi (Tablo 4.2). Bu tür dışında *Ankistrodesmus* sp 'unda tüm ortamlarda bulunduğu gözlemlendi. *Monoraphidium contortum* türüne kontrol ortamında rastlanmazken azot, fosfor ve azot+fosfor ilave edilen ortamlarda az miktarda da olsa rastlandı. Chlorophyta grubunun diğer türleri ise tespit edilemedi. Cryptophyta grubundan sadece bir tür (*Cryptomonas* sp) kontrol ortamında çok az bir bollukta tespit edildi. Epilimniyonda Cyanophyta grubunda *Planktolyngbya limnetica* türünün tüm ortamlarda bulunduğu saptandı. Bu tür dışında bu grupta sadece *Aphanizomenon* sp türüne azot ve azot+fosfor ilave edilen ortamda rastlandı. Diğer türler tespit edilemedi. Dinophyta ve Euglenophyta gruplarına ait türlere az miktarlarda rastlandı.

Metalimniyonda da epilimniyondakine benzer bir şekilde Bacillariophyta grubundan *Achnanthes* sp türü yüksek sayılarda tespit edildi (Tablo 4.2). Epilimniyonda tespit edilemeyen *Acanthoceras* sp türüne metalimniyonda yoğun olarak rastlandı. Yine epilimniyonda bulunmayan *Aulocoseira italica* türü metalimniyonda azot ve azot+fosfor ortamında tespit edildi. *Cyclotella* türü epilimniyonda düşük miktarlarda bulunurken metalimniyonda üç ortamda da çok yüksek yoğunluklarda tespit edildi. *Nitzschia* sp ve *Synedra* sp türlerine de *Cyclotella* sp'ye benzer olarak üç ortamda da yüksek sayılarda rastlandı. *Synedra ulna* türü epilimniyonda olduğu gibi sadece kontrol ortamında ve çok düşük yoğunlukta tespit edildi. Bacillariophyta'nın diğer türleri metalimniyonda tespit edilemedi. Chlorophyta grubunda *Mougeotia* sp türünün yine tüm ortamlarda yüksek sayılarda olduğu görüldü. Bu grupta *Mougeotia* sp kadar olmasa da tüm ortamlarda yoğun olarak rastlanan bir diğer tür *Ankistrodesmus* sp olarak tespit edildi. *Dinobryon* sp türüne azot+fosfor ortamında çok az bir miktarda rastlanırken kontrol, azot ve fosfor ortamlarında biraz daha yüksek yoğunlukta rastlandı.

Dictyosphaerium sp türü sadece fosfor ortamında tespit edildi. *Monoraphidium arcuatum*, *Monoraphidium contortum*, *Monoraphidium komarkovae* türleri metalimniyonda çok düşük yoğunluklarda tespit edildi. Chlorophyta grubuna ait diğer türlere rastlanmadı. Cryptophyta grubuna ait türler metalimniyonda düşük miktarlarda tespit edildi. Metalimniyonda Cyanophyta grubuna ait türlerden *Aphanizomenon istchanenko*'ya tüm ortamlarda yüksek yoğunluklarda rastlandı. *Planktolyngbya limnetica* türünün yoğunluğu kontrol ve azot ortamında fazla iken fosfor ve azot+fosfor ortamında düşüş gösterdi. *Aphanocapsa* sp türüne sadece azot ilavesi yapılan ortamda rastlandı. Bu gruba ait diğer türler metalimniyonda ya çok az miktarlarda tespit edildi yada hiç tespit edilemedi. Dinophyta ve Euglenophyta grubuna ait türlere epilimniyonda olduğu gibi çok az miktarlarda rastlandı. Hipolimniyonda Bacillariophyta grubundan *Achnanthes* sp türüne tüm ortamlarda, diğer iki derinlikteki kadar yoğun olmasa da yüksek sayılarda rastlandı. *Acanthoceras* sp'in bolluğu metalimniyona göre çok büyük bir düşüş gösterdi ve sadece kontrol ve azot ortamında çok az miktarlarda tespit edilebildi. *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp ve *Synedra* sp türlerinin bollukları metalimniyona göre düşüş gösterse de yine tüm ortamlarda yüksek sayılarda tespit edildi. Diğer iki tabakada rastlanmayan *Asterionella formosa* türüne hipolimniyonda azot+fosfor ortamında rastlandı. Bacillariophyta'nın diğer türlerine hipolimniyonda rastlanmadı. Chlorophyta gurubunda diğer iki tabakada olduğu gibi hipolimniyonda da *Mougeotia* sp türü tüm ortamlarda yoğun olarak gözlemlendi. Bu tür dışında kalan diğer türler ise bu tabakada ya çok düşük yoğunluklarda tespit edildi yada hiç tespit edilemedi. Cryptophyta grubuna diğer tabakalarda olduğu gibi çok az miktarlarda rastlandı. Cyanophyta grubuna ait *Planktolyngbya limnetica* türü hipolimniyonda da yüksek sayılarda tespit edildi. *Planktothrix rubescens* türünün epilimniyonda hiç tespit edilememesine rağmen metalimniyonda çoğalmaya başladığı hipolimniyonda ise tüm ortamlarda çok yüksek bir sayıya ulaştığı gözlemlendi. Dinophyta ve Euglenophyta grubuna ait türlerde diğer iki tabakaya göre bir artış olduğu gözlemlendi (Tablo 2.2).

Tablo4.2: Arazide yürütülen deneyde tespit edilen fitoplankton türleri ve bollukları. (1= 25.07.2008, 2= 29.07.2008; *= Litrede 10000'den az olanlar, **= Litrede 10000-99999 arasında olanlar, ***= Litrede100000-999999 arasında olanlar, ****= Litrede 1000000' den fazla olanlar)

Besin tuzu	K		A		F		A + F	
Örnekleme	1	2	1	2	1	2	1	2
Bacillariophyta								
<i>Achnanthes lanceolata</i>	***	****	***	***	**		***	
<i>Acanthoceras</i> sp.	*	*						
<i>Asterionella formosa</i>								
<i>Aulocoseira italica</i>								
<i>Cyclotella</i> sp.	**	*	**		*		**	
<i>Cymbella</i> sp.								
<i>Gomphonema</i> sp.							*	
<i>Nitzschia</i> sp.	***	**	**				***	
<i>Stephanodiscus</i> sp.								
<i>Synedra linearis</i>								
<i>Synedra ulna</i>	*							
<i>Synedra</i> sp.	**	**	*		**		**	
<i>Synedra acus</i>								
Chlorophyta								
<i>Closteriopsis</i> sp.								
<i>Dictyosphaerium</i> sp.								
<i>Dinobryon</i> sp.	**	*					*	
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	**	**	**	***	**		**	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>								
<i>Monoraphidium contortum</i>			**	*	*		*	
<i>Monoraphidium komarkovae</i>			*					
<i>Monoraphidium minutum</i>								
<i>Mougeotia</i> sp.	***	****	****	****	***		***	
<i>Phacotus</i> sp.								
<i>Scenedesmus</i> sp.								
<i>Scenedesmus acutus</i>								

Tablonun devamı,

[illegible]

4.4.2.3. Laboratuvar Deney Ortamı:

Laboratuvarda hazırlanan deney ortamında epilimniyonda Bacillariophyta grubuna ait *Achnanthes* sp türü tüm ortamlarda tespit edildi. *Acanthoceras* sp türü azot ortamında yüksek yoğunlukta gözlenirken diğer ortamlarda daha düşük yoğunluklarda tespit edildi (Tablo 4.3). *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp ve *Synedra* sp türleri tüm ortamlarda yüksek yoğunluklarda gözlemlendi. *Synedra linearis* türü sadece azot+fosfor ortamında tespit edildi. Bacillariophyta grubuna ait diğer türlere epilimniyonda rastlanmadı. Chlorophyta grubuna ait *Ankistrodesmus* sp ve *Mougeotia* sp türlerine tüm ortamlarda yüksek yoğunluklarda rastlandı. *Dinobryon* sp türü çok yüksek miktarlarda olamasa da tüm ortamlarda tespit edildi. *Dictyosphaerium* sp, *Monoraphidium contortum* ve *Monoraphidium komarkovae* türleri sadece fosfor ve azot+fosfor ilave edilen ortamlarda tespit edildi. Bu gruba ait diğer türlere epilimniyonda rastlanmadı yada çok az miktarlarda rastlandı. Cryptophyta grubuna ait türlere yoğun olarak azot+fosfor ilave edilen ortamda rastlandı. Cyanophyta grubunda *Planktolyngbya limnetica* türü tüm ortamlarda yüksek yoğunluklarda tespit edildi. *Aphanizomenon* sp türüne yüksek miktarlarda olmasa da tüm ortamlarda rastlandı. *Planktothrix rubescens* türüne sadece kontrol ortamında çok az miktarda rastlandı. *Aphanocapsa* sp türü azot hariç diğer ortamlarda düşük miktarda tespit edildi (Tablo 4.3). Dinophyta grubuna ait türler düşük yoğunlukta olsa da tüm ortamlarda tespit edildi. Euglenophyta grubuna ait olan *Trachelamonas* sp türü çok düşük bir yoğunlukta sadece azot+fosfor ilave edilen ortamda tespit edilebildi. Metalimniyonda Bacillariophyta grubuna ait *Achnanthes* sp türü tüm ortamlarda yoğun olarak gözlemlendi. *Acanthoceras* sp türü epilimniyondakine göre çok daha yoğun bir şekilde tüm ortamlarda tespit edildi. *Aulocoseira italica* türü epilimniyonda tespit edilemezken metalimniyonda tüm ortamlarda tespit edildi. *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp ve *Synedra* sp yine tüm ortamlarda ve oldukça yoğun olarak gözlemlendi. Bacillariophyta grubuna ait diğer türlere metalimniyonda rastlanmadı yada çok düşük yoğunluklarda rastlandı. Chlorophyta grubunda bulunan *Ankistrodesmus* sp ve *Mougeotia* sp türleri tüm ortamlarda yoğun olarak tespit edildi. *Dinobryon* sp ve *Monoraphidium komarkovae* türlerine düşük miktarlarda da olsa tüm ortamlarda rastlandı. *Dictyosphaerium* sp türüne sadece fosfor ve azot+fosfor ortamında rastlandı. *Closteriopsis* sp türü sadece kontrol ve azot ortamında çok düşük yoğunluklarda tespit edilirken Chlorophyta grubuna ait diğer türlere metalimniyonda rastlanmadı. Cryptophyta grubuna ait *Cryptomonas* türleri tüm ortamlarda çok yüksek yoğunluklarda

olmamakla birlikte tespit edildi. Cyanophyta grubuna ait *Planktolyngbya limnetica* türü metalimniyonda da tüm ortamlarda yüksek sayılarda tespit edildi. *Planktothrix rubescens* epilimniyonda sadece kontrol ortamında gözlenirken metalimniyonda çok yüksek yoğunlukta olmasa da tüm ortamlarda gözlemlendi. *Aphanizomenon* sp türü de tüm ortamlarda tespit edildi. *Anabaena* sp türüne çok az miktarda ve sadece fosfor ortamında rastlandı. Dinophyta ve Euglenophyta gruplarına ait türler metalimniyonda düşük miktarlarda tespit edildi. Hipolimniyonda Bacillariophyta grubuna ait olan *Achnanthes* sp ve *Acanthoceras* sp türlerine metalimniyonda ki kadar yüksek yoğunlukta olmasada tüm ortamlarda rastlandı. *Asterionella formosa* türü sadece kontrol ortamında çok düşük miktarda gözlemlendi. *Cyclotella* sp, *Nitzschia* sp ve *Synedra* sp türlerinin yoğunluklarında metalimniyona göre bir düşüş gözlenirse de hipolimniyonda da tüm ortamlarda tespit edildi. Chlorophyta'da *Ankistrodesmus* sp türünün yoğunluğunda metalimniyon ile karşılaştırıldığında bir düşme olduğu gözlemlendi. *Mougeotia* sp türü diğer iki tabakada olduğu gibi yoğun olarak tüm ortamlarda tespit edildi. Bu gruba ait diğer türlere rastlanmadı yada çok az miktarlarda rastlandı (Tablo 4.2). Cryptophyta grubuna ait *Cryptomonas* türleri tüm ortamlarda tespit edilirken bu gruba ait diğer tür tespit edilemedi yada çok az miktarlarda tespit edildi. Cyanophyta grubunda bulunan *Planktolyngbya limnetica*'ya diğer tabakalarda olduğu gibi yüksek yoğunluklarda rastlandı. *Planktothrix rubescens* ise metalimniyonda rastlanandan çok daha yüksek miktarlarda hipolimniyonda tespit edildi. *Aphanizomenon* sp türüne kontrol dışındaki diğer ortamlarda çok az bir yoğunlukta rastlandı. Dinophyta ve Euglenophyta gruplarına ait türler hipolimniyonda ya çok az miktarda ya da hiç tespit edilemedi.

Tablo 4.3.: Laboratuvarıda yürütülen deneyde tespit edilen fitoplankton türleri ve bollukları. (1= 25.07.2008, 2= 29.07.2008; *= Litrede 10000'den az olanlar, **= Litrede 10000-99999 arasında olanlar, ***= Litrede 100000-999999 arasında olanlar, ****= Litrede 1000000' den fazla olanlar)

[illegible]

Tablonun devamı,

Cryptophyta

Cryptomonas spp.

Plagioselmis nannoplanktonica

Cyanophyta

Anabaena sp.

Aphanocapsa sp.

Aphanizomenon flos-aquae

Aphanizomenon istchanenko

Planktolyngbya limnetica

Planktothrix rubescens

Dinophyta

Gymnodinium sp.

Peridinium sp.

Euglenophyta

Trachelamonas sp.

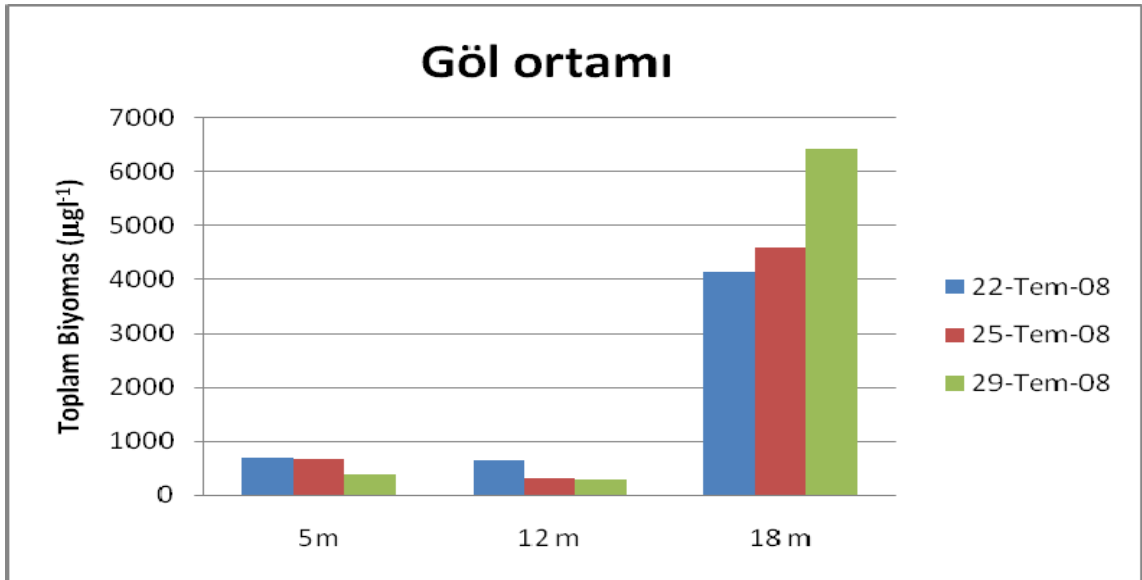
[illegible]

4.4.3. Göl Suyunda Tespit Edilen Tür Biyoması:

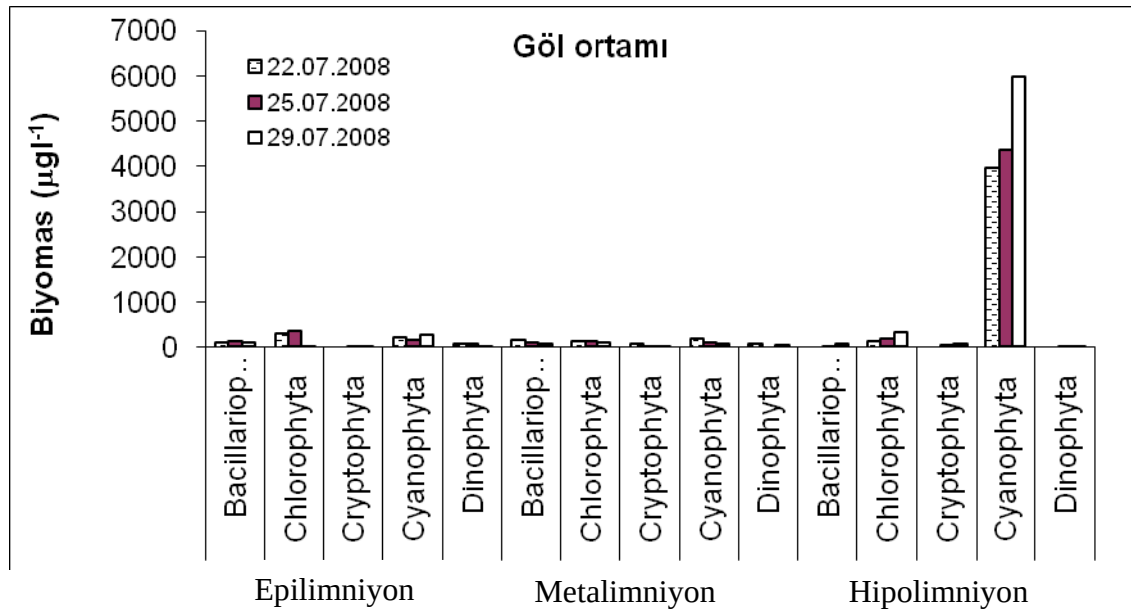
4.4.3.1. Göl Ortamı:

Göl suyunda yapılan örneklemelerde epilimniyonda başlangıç ve 4. günde fitoplanktonun toplam biyoması aynı seviyelerde iken 8. gün biyomasta yarıya yakın bir düşüş gözlemlendi (Şekil 4.28). Grup bazında bakıldığında başlangıç günü ve 4. günde toplam biyomas içinde baskın grup Chlorophyta ve Cyanophyta olarak tespit edildi. Chlorophyta grubunda *Mougeotia* sp dominant tür olarak saptandı. Cyanophyta'da ise baskın tür *Planktolyngbya limnetica* olarak belirlendi. 8. günde toplam biyomasta Chlorophyta miktarının oldukça düştüğü gözlemlendi (Şekil 4.29). Epilimniyonda toplam biyomasa ikinci büyük katkısı Bacillariophyta grubunun sağladığı tespit edildi. Bu grupta baskın tür *Achnanthes* sp ($43,4 \mu\text{g l}^{-1}$) olarak tespit edildi. 3. sırada Dinophyta grubu bulunurken, en son sırada Cryptophyta grubunun bulunduğu saptandı. Dinophyta grubunda tek tür olarak *Peridinium* sp tespit edildi. Metalimniyonda yapılan ölçümlerde toplam biyomas başlangıç gününde yüksek iken 4. ve 8. günlerde düştüğü gözlemlendi. 8. günde toplam biyomas tüm günlerde ve tüm ortamlardaki en düşük seviyeye ($289,3 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştı. Bu duruma başlangıç gününde yüksek biyomasa sahip Cyanophyta ve Bacillariophyta grubunda meydana gelen yaklaşık %40'lık düşüşün neden olduğu saptandı. Başlangıç gününde Cyanophyta grubunda baskın tür $146,9 \mu\text{g l}^{-1}$ biyomas miktarına sahip *Planktothrix rubescens* Bacillariophyta grubunda ise $114,9 \mu\text{g l}^{-1}$ biyomas miktarına sahip *Acanthoceras* sp olarak belirlendi. 4. Günde yapılan ölçümlerde toplam biyomasta Dinophyta grubu fitoplanktona hiç rastlanmazken bu grup en yüksek ($74,3 \mu\text{g l}^{-1}$) biyoması başlangıç gününde gösterdi. Başlangıç gününde bu grubun baskın türü *Gymnodinium* sp olarak tespit edildi. Hipolimniyonda toplam biyomasta kademeli olarak artış gözlemlendi. 8. günde toplam biyomas en yüksek yoğunluğa ($6421,3 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştı. Grup bazında bakıldığında Cyanophyta grubunun tüm günlerde baskın olduğu tespit edildi. Bu grubun toplam biyomastaki yerinin başlangıç gününden 8. güne kadar kademeli olarak artış gösterdiği tespit edildi. 8. günde toplam biyomasın %93'ünü oluşturan Cyanophyta grubu tüm tabakalarda ve tüm günlerdeki en yüksek yoğunluğuna ($5971 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştı. Cyanophyta grubunda 8. günde baskın tür toplam biyomasın %91'ini oluşturan *Planktothrix rubescens* olarak saptandı. Bu tabakada ikinci baskın grup Chlorophyta olarak belirlendi. Bu türde Cyanophyta da

olduğu gibi en yüksek yoğunluğa ($320,4 \mu\text{g l}^{-1}$) 8. günde ulaştı ve toplam biyomasın % 4.9'unu oluşturdu. Dinophyta grubu 4. ve 8. günlerde ölçümler boyunca ulaştığı en düşük seviyeye ($9,7 \mu\text{g l}^{-1}$) ulaştı (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Göl ortamında fitoplankton biyomasının zamana ve derinliğe bağlı değişimi



Şekil 4.29. Göl ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimleri

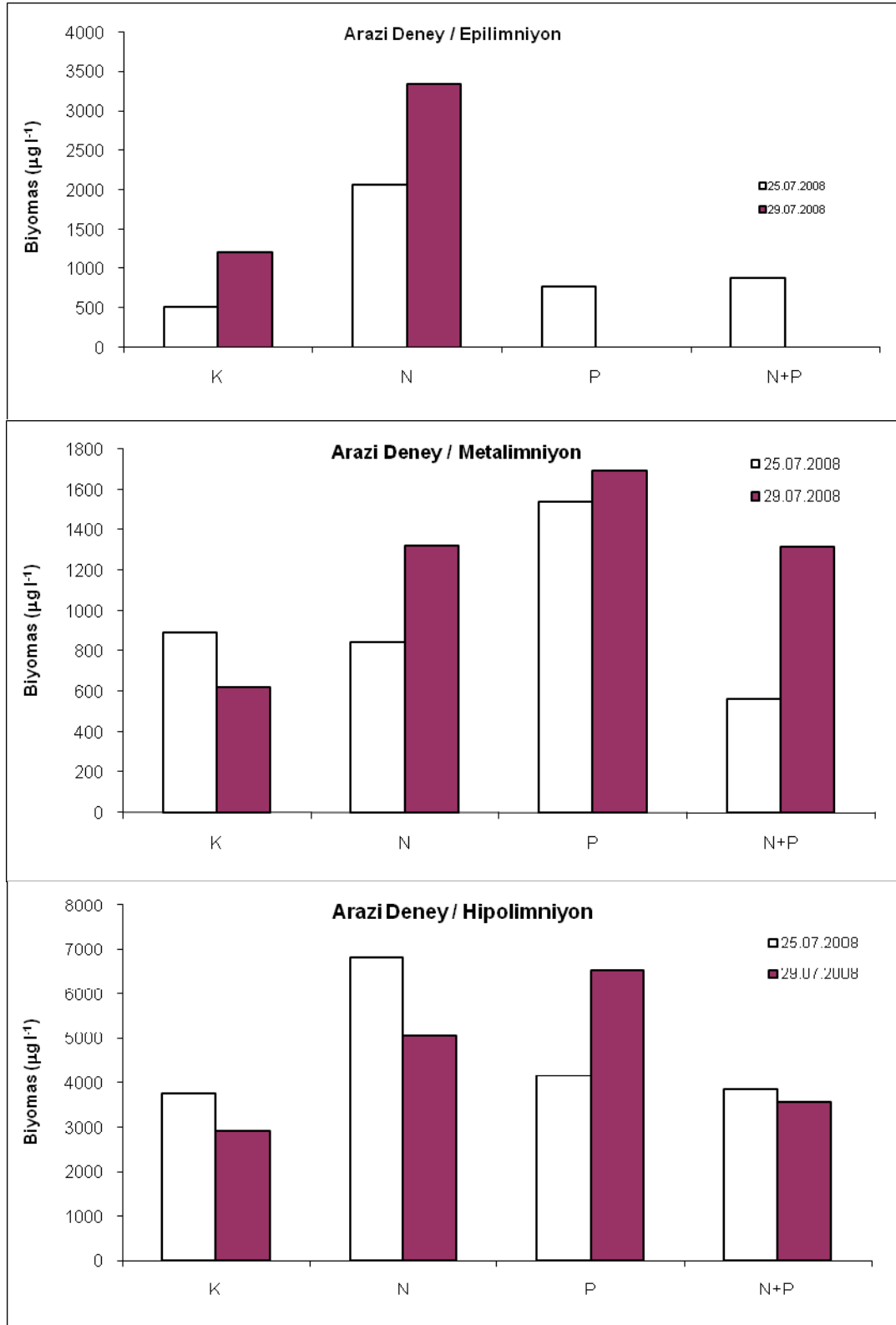
4.4.3.2. Arazi Deney Ortamı:

Biyodeney süresince epilimniyonda en yüksek biyomas değeri azot ilavesi yapılan ortamda 8. günde $3349 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak bulundu (Şekil 4.30) ve kaydedilen bu toplam biyomasın %95'ini Chlorophyta grubu alglerin oluşturduğu tespit edildi (Şekil 4.31). Dominant fitoplankton türünü ise *Ankistrodesmus* sp oluşturdu. İkinci sıradaki önemli grup ise Bacillariophyta olarak tespit edildi. En düşük biyomas ise kontrol ortamında 4. günde $513 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak ölçüldü.

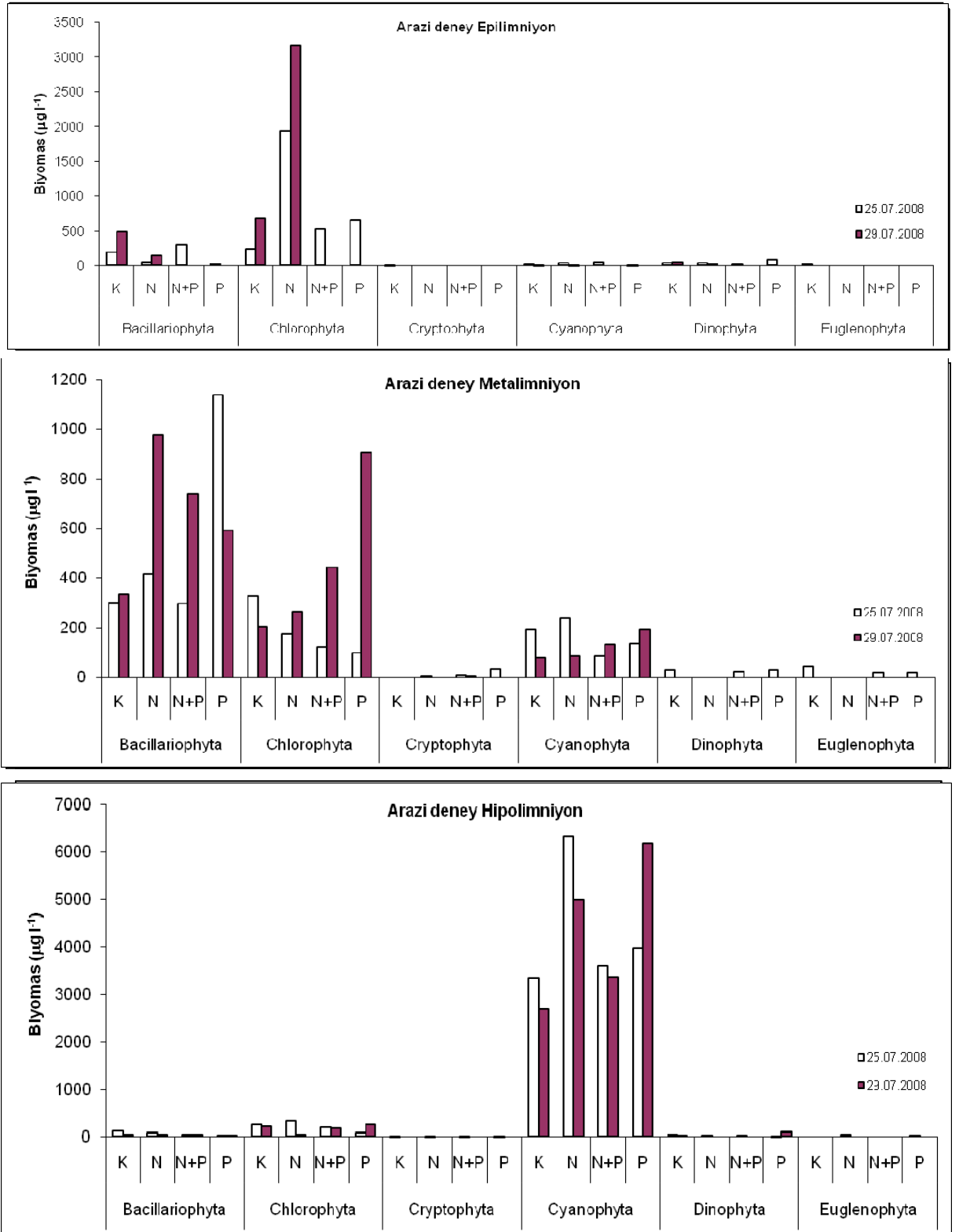
Metalimniyonda toplam biyomas miktarına bakıldığında, kontrol grubu hariç diğer ortamlarda zamana bağlı olarak bir artış görüldüğü, kontrol grubunda ise 4. günde $891 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak ölçülen toplam biyomasın 8. günde $620 \mu\text{g l}^{-1}$ e düştüğü gözlemlendi. Ölçülen en yüksek değer $1691 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak fosfor ilave edilen ortamda 8. günde tespit edildi. En düşük değer ise azot+fosfor grubunda 4. günde kaydedildi (Şekil 4.30). Dominant alg gruplarını ilk sırada Bacillariophyta, ikinci sırada ise Chlorophyta oluşturdu. Cyanophyta ise çok yüksek biyomasa ulaşmamakla beraber üçüncü sırada yer aldı. En yüksek değer Bacillariophyta grubunda 4. günde fosfor ilave edilen ortamda ölçüldü. Buna en büyük katkıyı ise büyük bir hacme sahip bir sentrik diyatome olan *Acanthoceras* sp'nin sağladığı görüldü. 8. günde ise en yüksek değer azot ilavesi yapılan ortamda görüldü ve onu sırasıyla azot+fosfor, fosfor ve kontrol ortamları takip etti. Azot ortamında *Acanthoceras* sp biyomasın büyük bir kısmını ($526,8 \mu\text{g l}^{-1}$) oluştururken, azot+fosfor ortamında *Nitzschia* sp , fosfor ilave edilen ortamda ve kontrol ortamında *Achnanthes* sp biyomas açısından baskın olan tür oldu. Chlorophyta grubunda en yüksek biyomas yine fosfor ilave edilen ortamda $906 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak ölçüldü. Bu değer % 90 'ını ise *Mougeotia* sp oluşturdu. Cyanophyta grubu alglerde *Planktothrix rubescens* ve *Planktolyngbya limnetica* dominant iki tür oldu. *P. limnetica* sayı olarak *P. rubescens*'ten daha fazla olmasına karşın daha küçük biyomasa sahip olması nedeniyle özellikle 4. Günde dominantlıkta *P. rubescens*'in gerisinde kaldı, ancak 8. günde kontrol ve azot ortamlarında biyomas açısından baskın olan tür oldu (Şekil 4.31).

Hipolimniyonda sadece fosfor içeren ortamda 8. gündeki biyomas 4. güne göre artış gösterdi. Diğer ortamlarda ise 8. günde biyomasta düşüşler görüldü. En yüksek biyomas

azot ilave edilen ortamda $6824 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak ve en düşük biyomasta kontrol ortamında 8. günde $2924 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak kaydedildi (Şekil 4.29). Grup bazında değerlendirildiğinde Cyanophyta grubunun hipolimniyondaki baskın grup olduğu ve diğer grupların ancak çok küçük oranlarda toplam biyomasa katkıda bulundukları görüldü. Cyanophyta grubu içerisinde ise *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp., *Planktolyngbya limnetica* ve *Planktothrix rubescens* türleri bulunmasına karşın, *P. rubescens* biyomasın % 95 ini oluşturdu.



Şekil 4.30. Arazi deney ortamında fitoplankton biyomasının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimi



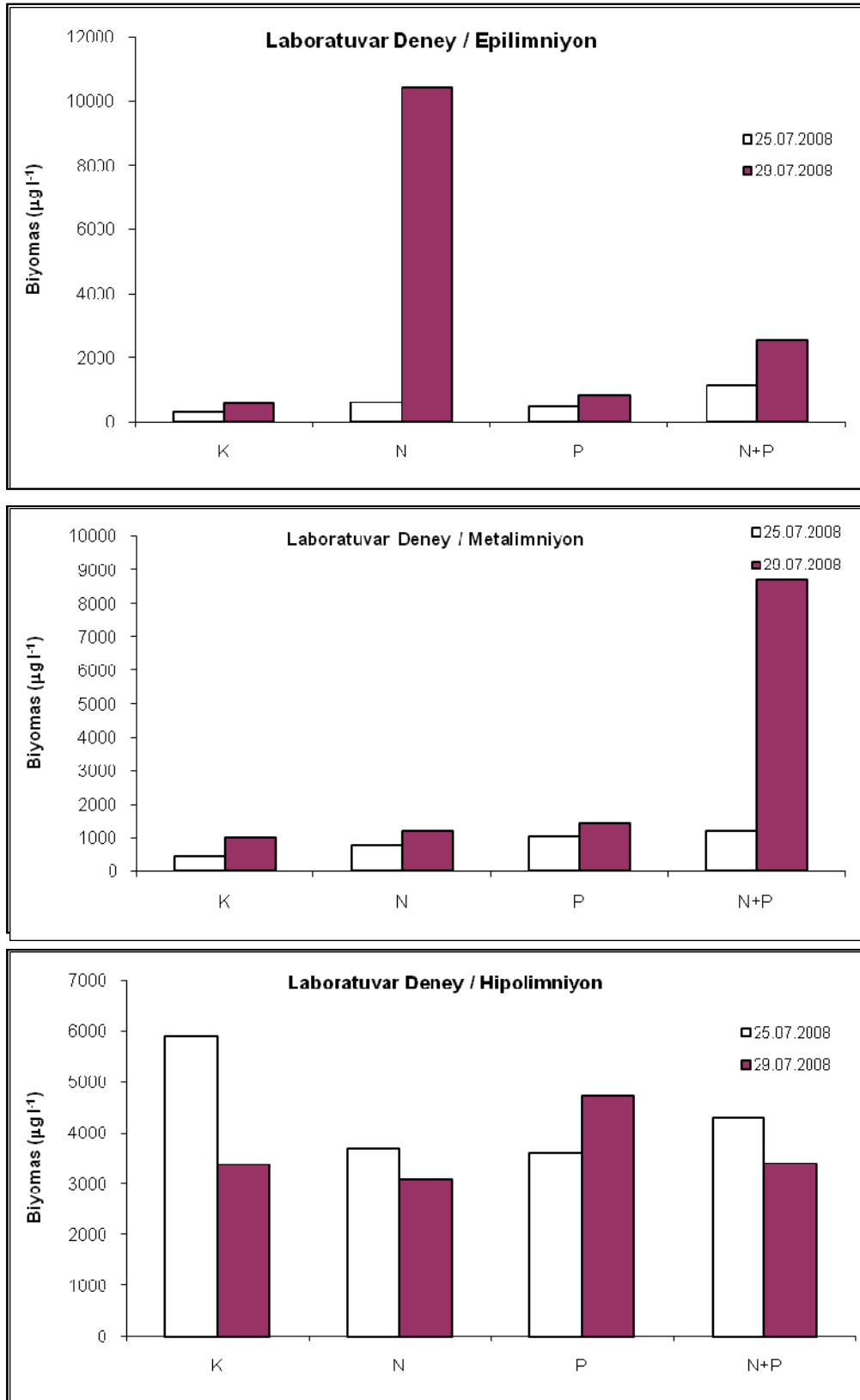
Şekil 4.31. Arazi deney ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak biyomas değişimleri

4.4.3.3. Laboratuvar Deney Ortamı:

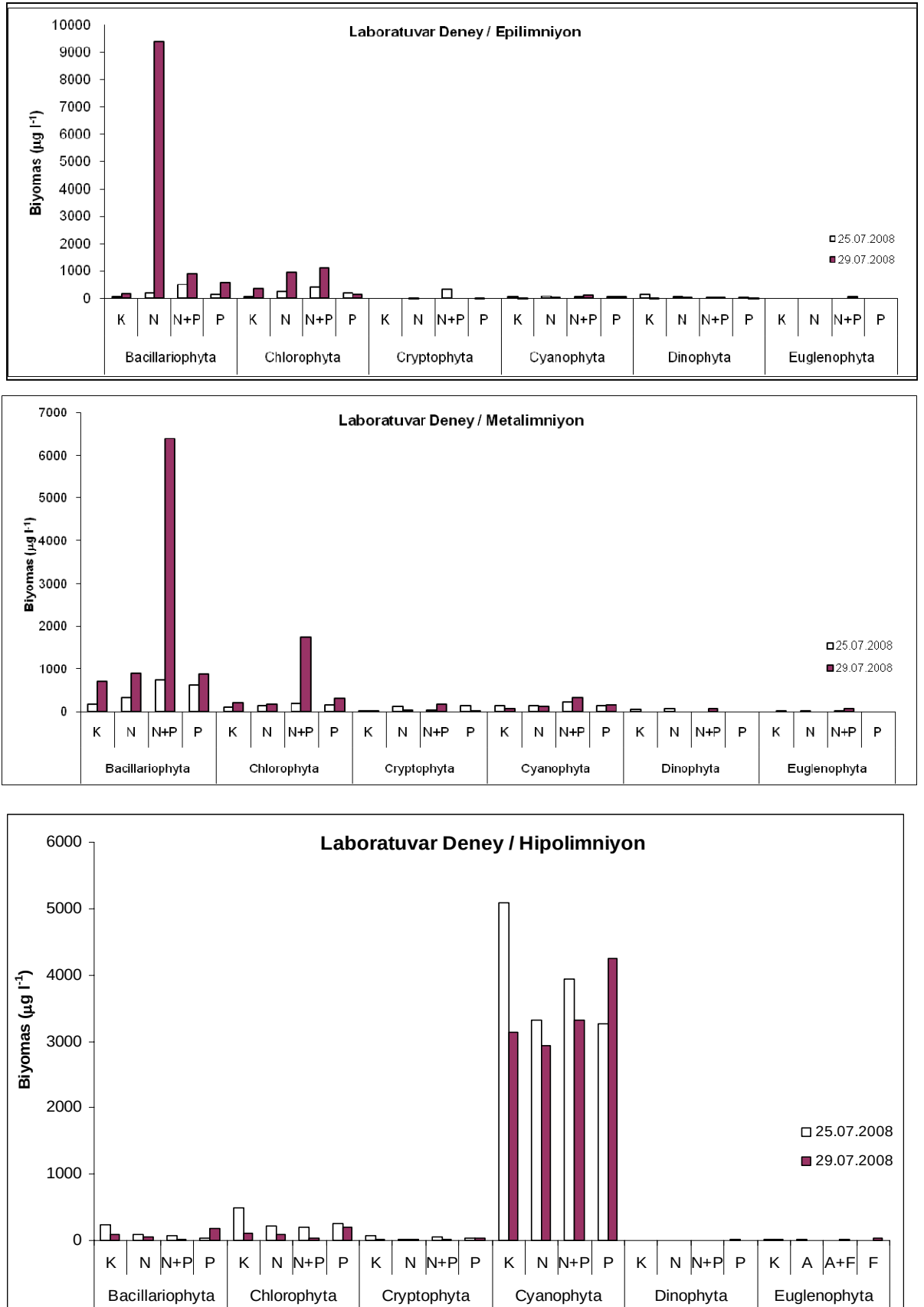
Laboratuvar deney ortamında göl suyunun örnek alma tarihindeki ışık ve sıcaklık koşulları sağlanarak biyodeneyle gölde tespit edilen üç tabakanın koşullarında inkübe edildi. Epilimniyon koşullarında gerçekleştirilen deneylerde tüm ortamlarda 4. güne göre 8. günde bir miktar artış görüldü. Ancak, azot ilave edilen ortamda toplam biyomas diğer ortamlara göre 8. günde büyük bir artış gösterdi ve $10410 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak kaydedildi (Şekil 4.32). Azot+fosfor ilave edilen ortamda ise 8. Günde toplam biyomas $2537 \mu\text{g l}^{-1}$ ye ulaştı. Bu değer azot ilave edilen ortamdan sonra ikinci sırada kaydedilen en yüksek değer oldu. Grup bazında bakıldığında ise azot ilave edilen ortamda 8. günde meydana gelen artışta Bacillariophyta'nın rol oynadığı ve bu gruptan da *Acanthoceras* sp'nin $8920 \mu\text{g l}^{-1}$ biyomas değeri ile toplam biyomasın %86' sını oluşturduğu tespit edildi (Şekil 4.32). Bolluk açısından değerlendirildiğinde de bu türün diğer türlere oranla sayıca fazla olmasına karşın, biyomas değerindeki artışın türün biyohacminin yüksek olmasından kaynaklandığı tespit edildi. Toplam biyomasa katkının ikinci sırada %9 ile Chlorophyta'dan *Mougeotia* sp olduğu ve bu türü % 2.6 ile yine Bacillariophyta'dan *Synedra* sp 'nın takip ettiği gözlemlendi.

Metalimniyon koşullarında gerçekleştirilen deneylerde ise toplam biyomasta epilimniyon koşullarına benzer şekilde 8. günde 4. güne göre artış görüldü. Kontrol, azot ve fosfor ilave edilen ortamlarda bu artış oldukça düşükken azot+fosfor ilave edilen ortamda artışın %13.6 oranında gerçekleştiği ve biyomas değerinin $8712 \mu\text{g l}^{-1}$ e ulaştığı görüldü. Diğer ortamlarda 8. günde kaydedilen değerler ise $985-1429 \mu\text{g l}^{-1}$ aralığında değişim gösterdi (Şekil 4.32). Grup bazında bakıldığında, bu biyomas değerine en büyük katkının Bacillariophyta ve Chlorophyta tarafından yapıldığı görüldü. Bacillariophyta'dan *Acanthoceras* sp ve *Cyclotella* sp'nin toplam tespit edilen biyomasın %66 sını oluşturdukları gözlemlendi. Chlorophyta'dan *Mougeotia* sp. de $1735.5 \mu\text{g l}^{-1}$ biyomas değerine ulaşarak toplam biyomasın %20 lik kısmını oluşturdu. Bu iki alg grubu dışında yer alan diğer grupların toplam biyomasa katkısı ise oldukça düşük oranda gerçekleşti. Kontrol, azot, fosfor ilave edilen ortamlarda da toplam biyomasa en fazla katkının Bacillariophyta tarafından yapıldığı ve tür bazında yine *Acanthoceras* sp'ın ilk sırada yer aldığı görüldü. Onu takiben tüm ortamlarda *Cyclotella* sp yer alırken üçüncü sıradaki en büyük katkıyı kontrol ve azot ortamında *Nitzschia* sp ve fosfor ortamında *Synedra* sp gerçekleştirdi.

Hipolimniyon koşullarına gelindiğinde ise epilimniyon ve metalimniyon koşullarından farklı olarak fosfor ilave edilen ortam haricinde diğer ortamlarda 4. günde tespit edilen biyomasın 8. günde düşüş gösterdiği saptandı. Özellikle kontrol ortamında bu düşüş oldukça belirgin oldu ve 4. günde $5891 \mu\text{g l}^{-1}$ olan biyomas 8. günde % 43 oranında azalarak $3382 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak kaydedildi. En düşük toplam biyomas azot ilave edilen ortamda 8. günde $3093 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak kaydedildi. Kontrol ve azot+fosfor ilave edilen ortamda da değerler bu miktara yakın olarak gerçekleşti ve sırasıyla 3382 ve $3398 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak bulundu. Hipolimniyon koşullarındaki fitoplankton gruplarının dağılımına bakıldığında toplam biyomasın büyük bir kısmını Cyanophyta grubu alglerin oluşturduğu gözlemlendi (Şekil 4.33). Toplam biyomasa benzer şekilde, Cyanophyta grubunda da en yüksek biyomas kontrol grubunda 4. günde gerçekleşti ve kaydedilen üç tür (*Aphanocapsa* sp, *P. limnetica* ve *P. rubescens*) arasında toplam Cyanofit biyomasına en yüksek katkının %99 ile *P. rubescens* tarafından yapıldığı görüldü. Aynı durumun diğer ortamlar içinde geçerli olduğu ve hipolimniyon koşullarında dominant olan türün *P. rubescens* olduğu tespit edildi.



Şekil 4.32. Laboratuvar deney ortamında fitoplankton biyomasının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak değişimleri



Şekil 4.33. Laboratuvar deney ortamında fitoplankton gruplarının zamana, derinliğe ve ortama bağlı olarak biyomas değişimleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sapanca Gölü hem İstanbul gibi bir anakente olan yakınlığı ile dinlence amaçlı olarak, hem de Adapazarı ilinin içme suyu kaynağı olması ve İzmit ili için de gelecekte içme suyu sağlayacak olması nedeniyle insan sağlığı boyutunda önemli bir yere sahiptir. Gölle ilgili limnolojik çalışmalar 1980'li yıllardan sonra artış göstermiş ve 1990' lı yıllardan beri de çok daha düzenli olarak yürütülmeye başlanmıştır (Yiğit ve diğ., 1984; DSİ, 1989; Tuğrul ve Morkoç, 1991; Yalçın ve Sevinç, 1993; Temel, 1995-1999; Tüfekçi, 1999; Okgerman, 2002; Albay ve diğ., 2003, Aykulu ve diğ. 2006). Yapılan bu çalışmalarda gölün sıcaklık profili de çıkartılmış ve ılık monomiktik karaktere sahip olduğu ortaya konmuştur (Aykulu ve diğ. 2006). pH değerleri incelendiğinde de gölün hafif alkali özellik gösterdiği görülmektedir. Gölün trofik düzeyi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, 90' lı yıllara kadar Sapanca gölünde fosfat seviyesi $2 \mu\text{gl}^{-1}$ 'in altında tespit edilmiştir (Yiğit ve diğ., 1984; DSİ, 1989; Tuğrul ve Morkoç, 1991). Ancak, daha sonra göl yüzey suyunda fosfat miktarı $1\text{-}29 \mu\text{gl}^{-1}$ aralığında değişim göstermiştir (Akcaalan, 2004). Nitrit+nitrat konsantrasyonları göz önüne alındığında, fosfat miktarlarına benzer bir değişim gösterdiği ve 90' lı yıllardan sonra belirgin bir artış görüldüğü saptanmıştır. Gölün son yıllarda oligo-mezotrofik karakterde olduğu bildirilmiştir (Albay ve diğ. 2003).

Sapanca göl suyu mayıs başından itibaren tabakalanmaya başlar ve karışım periyodunun tam olarak başlaması Kasım ayını bulur (Akcaalan, 2004). Tabakalanma periyodu boyunca epilimniyon ile hipolimniyon arasındaki su değişimi engellendiğinden epilimniyonun sedimandan gelecek olan besin tuzları ile beslenmesi söz konusu değildir. Bu nedenle tabakalanmanın olduğu yaz ayları boyunca epilimniyonda besin tuzuna fakir, hipolimniyonda ise besin tuzu açısından zengin bir ortam oluşturmaktadır. Sapanca gölünde tabakalanmaya bağlı olarak fitoplankton kompozisyonunun dikey olarak değişim gösterdiği bilinmektedir (Akcaalan ve diğ. 2007).

Kısa süreli olarak yürütülen besin tuzu zenginleştirmesine dayalı biyodeneyler göllerde fitoplankton gelişimini ve verimliliğini belirlemede hangi elementlerin etkili olduğunun ortaya konmasında kullanılan oldukça yararlı denemelerdir (An, 2003). Genel olarak

yapılan çalışmalarda, gölün birincil üretiminin en yüksek olduğu yerin epilimniyon tabakası olduğu düşünülerek deney düzenekleri buraya yerleştirilmektedir. Ancak, Sapanca Gölü'nde 1980' li yıllardan beri metalimnetik klorofil-a maksimumu tespit edilmekte ve son on- onbeş yıldır da bir mavi-yeşil alg türü olan *Planktothrix rubescens*'in metalimniyonda yüksek sayılara ulaştığı bilinmektedir. Bu nedenle sınırlayıcı besin tuzlarının belirlenmesinin planlandığı bu çalışmada, biyodeney düzeneği tek bir derinliğe değil de tabakalanmanın olduğu dönemde farklı derinliklere yerleştirilmiştir. Hangi besin tuzunun algal gelişimi sınırladığının tespit edilmesi su ortamının kalitesindeki hassas değişimleri belirlemek açısından önemlidir (Siege, 2004). Bununla beraber siyanotoksin üretme yeteneğinde olan *P. rubescens*'in içme suyu olarak kullanılan bir göldeki popülasyonu üzerinde besin tuzlarının etkilerinin belirlenmesi de ayrıca önem kazanmaktadır.

Algal gelişim potansiyeli standardize edilmiş laboratuvar koşullarında doğal bir ortamdan alınmış su örneğinin üretebileceği maksimum alg kütlesi olarak tanımlanır. Ancak, ışık ve sıcaklığın kontrol altında olduğu laboratuvar koşullarında elde edilen alg gelişim potansiyeli örneğin alındığı ortamdaki koşulları genellikle taşımaz (Shoaf, 1978). Bu çalışmada, bu nedenle 3 farklı tabakadan alınan örnekler hem doğal ortamlarında hem de doğal ışık ve sıcaklık koşullarının ayarlandığı laboratuvar koşullarında inkübe edilmiş ve bu iki ortam arasında bir farklılık olup olmadığı ortaya konmaya çalışılmıştır. Toplam biyomasa bakıldığında, arazide gerçekleştirilen biyodeneyde epilimniyon ve metalimniyonda tespit edilen değerlerin laboratuvar koşullarındaki deneye göre biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Öte taraftan, arazi ortamında farklı deney ortamları arasındaki fark çok yüksek olmamasına karşın, laboratuvar deneyinde epilimniyonda azot, metalimniyonda ise azot+fosfor ilave edilen ortamda 8. günde diğer ortamlara göre çok büyük artışlar görülmüştür. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen biyodeneyde ışık ve sıcaklık örneklerinin alındığı gün ve saatte ölçülen değerlere göre ayarlanmıştır. Ancak, göl ortamında ışık şiddeti ve sıcaklık hem gün içerisinde hem de günler arasında salınımlar yapmaktadır. Bu salınımların iki ortam arasındaki farkı yaratmış olması muhtemeldir. Toplam karbon değerlerinin laboratuvar koşullarındaki deneyde 8. günde arazi koşullarındaki deneye göre çok yüksek bulunması da karbonu kullanacak alg biyomasının laboratuvar koşullarında daha düşük seviyelerde kaldığını göstermiştir.

Işık fitoplankton için önemli bir çevresel faktör ve gerekli bir kaynaktır. Litchman ve Klausmeier (2001) yaptıkları çalışmada ışığın günlük ve mevsimsel değişiminin ışığa bağlı fitoplankton rekabeti üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Birçok sucul ekosistemde rekabet genellikle ışıktan ziyade besin tuzları için gerçekleşmesine karşın, besin tuzu alım oranları da ışığın da içinde bulunduğu pek çok çevresel faktöre bağlıdır. Bu nedenle, ışık şiddetindeki salınımlar fitoplankton arasındaki besin tuzu rekabetinde önemlidir (Litchman ve diğ. 2004).

Işığa bağlı olarak besin tuzlarının fitoplankton tarafından alımı farklı besin tuzları için farklı olabilir. Karanlık ortamda besin tuzu alımı ile ilgili olarak farklı ekolojik stratejilerin varlığı ise farklı karışım ve dolayısıyla farklı ışık koşulları altında bazı türler için avantaj sağlayabilir. Dolayısıyla, farklı ışık rejimleri altında fitoplankton arasındaki besin tuzu rekabeti sucul ekosistemde farklı dinamiklere yol açabilir (Litchman ve diğ. 2004). Bu çalışmada üç farklı tabakada gerçekleştirilen deneylerde, hipolimniyon tabakasında biyomas miktarı diğer tabakalara göre daha yüksek olduğu görüldü. Bu tabakada ölçülen toplam biyomasın göl ortamında gerçekleştirilen deney ortamında % 95'ini, laboratuvar koşullarındaki biyodeneysel ortamında %99'unu Cyanophyta grubundan *Planktothrix rubescens*'in oluşturduğu tespit edildi. *Planktothrix rubescens* özellikle oligo-mezotrofik göllerin metalimniyonunda yüksek sayılara ulaşmış bilinen bir cyanophyt türüdür (Loizzo ve diğ., Barco ve diğ. 2004, Akcaalan ve diğ. 2006). İçerdiği yardımcı pigmentler (fikoeritrin) sayesinde göllerin tabakalanma dönemlerinde çok düşük ışık şiddetine sahip derinliklerde yaşamını başarı ile sürdürebilir. *P. rubescens*' in bir göldeki dağılımını etkileyen en önemli etken ışıktır. Işık yoğunluğu *P. rubescens*' in hangi derinlikte yerleşeceğini belirleyen başlıca faktördür (Konopka, 1982). İçerdiği fikoeritrin sayesinde yeşil ışığı absorbe etme yeteneğine sahip olan *P. rubescens* yüksek ışık şiddetinde zarar görebilir. Bu nedenle metalimniyona yerleşen bu alg için en uygun derinlik yüzeydeki ışık şiddetinin % 1 – 5'e indiği derinliktir. Reynolds (1984) düşük ışık şiddetini tercih ettiği için *P. rubescens*'i gölge bitkisi (shade plant) olarak adlandırır. Sapanca gölünde deneyin başlangıç tarihinde ışık şiddeti ölçümlerine göre ışık şiddetinin yüzeyin % 1' ine indiği derinlik hipolimniyon tabakasının başlangıcına denk gelmektedir. Bu nedenle, ışık şiddeti *P. rubescens* için diğer türlerle rekabetinde ciddi anlamda bir avantaj sağlamıştır. Ayrıca, *P. rubescens*, diğer mavi-yeşil alglerden farklı olarak, daha düşük sıcaklıkları tercih eder. Bu alg için en uygun sıcaklık 12 °C

olduğundan bu tür stenoterm olarak adlandırılır (Reynolds, 1984; Dokulil ve Teubner, 2000). Örnekleme tarihinde de 12 °C sıcaklık 15 m'nin altındaki derinliklere denk gelmiştir. Deney ortamlarında ve göl suyunda *P. rubescens*'in 18 m.'de aşırı artış göstermesi dolayısıyla oldukça normaldir.

Arazide yapılan deneylerde azot ve fosforun sınırlayıcı etkisinin tabakalara göre farklılıklar gösterdiği görüldü. Epilimniyonda azot ve azot+fosfor ilavesinin klorofil-a ve biyomasın artmasına yol açtığı ancak fosfor ilavesini bariz bir artışa yol açmadığı görüldü. Metalimniyonda ise besin tuzu ilavesi kontrole göre tüm ortamlarda alg gelişimini hızlandırdı. Fosforun etkisi azot, azot+ fosfordan biraz daha fazla oldu. Hipolimniyonda azot ve fosforun ayrı ayrı ilave edilmesi hem klorofil-a hemde biyomasın artmasına yol açtı. Tabakalara göre meydana gelen bu farklılıklarda farklı tabakalarda farklı türlerin baskın olması ve buna bağlı olarak besin tuzu tercihlerinin de değişmesinin yol açması muhtemeldir. Fitoplankton komünitesinin bir bileşeni bir besin kaynağına cevap verirken diğeri başka kaynak tarafından desteklenebilir. Yeşil algler ve diyatomeler farklı besin tuzları tarafından stimüle edilirler (Wever ve diğ. 2008). Arazi ortamında epilimniyonda chlorofitler baskınken, metalimniyonda yeşil alglerin yanı sıra diyatomelerde dominant oldular.. Hipolimniyon tabakasında ise tamamen cyanophyta, özellikle de *P. rubescens*'in baskın olduğu görüldü. Dolayısıyla da besin tuzlarına alg biyomasının verdiği cevaplar tabakalara göre farklılık gösterdi.

Laboratuvar deneyinde klorofil-a değerlerine bakıldığında hem epilimniyonda hem de metalimniyonda azot+fosfor ilavesinin alg gelişimini teşvik ettiği ve her iki besin tuzunda bu tabakalarda fitoplankton gelişimini sınırladığı görülmüştür. Ancak, biyomas değerlerine bakıldığında, epilimniyonda azot ilave edilen ortamda biyomas miktarının diğerlerine göre çok arttığı görülmüştür. Klorofil-a ve biyomas değerleri arasındaki bu uyumsuzluğun nedeni, epilimniyonda *Acanthoceras* türünün 8920 µg/L 'ye ulaşan biyomas miktarıdır. Bir diyatome türü olan *Acanthoceras*'ın biyohacmi oldukça büyük olmasına karşın protoplastı hücrenin küçük bir kısmını kapsar, dolayısıyla da içerdiği pigment miktarı boyutu ile orantılı olarak yüksek değildir. Buna karşın, metalimniyonda, *Acanthoceras* sp.'nin yanı sıra *Cyclotella* sp., *Nitzschia acicularis*, *Mougeotia* sp. gibi türlerin oldukça yüksek sayılara ulaşması klorofil-a ile biyomas değerlerinin daha uyumlu olmasını sağladı. Hipolimniyonda ise 4. günde besin

tuzu ilavesi alg biyomasını etkilemezken, 8. günde fosfor ilave edilen ortamda diğerlerine göre bir artış gözlemlendi. Bu tabakada *Planktothrix rubescens* toplam biyomasın % 95'ini oluşturmaktadır. Bu türün gelişiminin besin tuzu ile sınırlanmadığı bildirilmiştir (Walsby ve Shanz 2002). Blelham Tarn'da yapılan bir çalışma da, fosforun fitoplankton biyoması için sınırlayıcı element olarak tespit edilmesine karşın, *P. rubescens*'in yoğun olarak bulunduğu su katmanında daima var olduğu ve muhtemelen bu algin populasyon büyüklüğünü sınırlamadığı iddia edilmiştir (Davis ve diğ. 2003). Dokulil ve Teubner (2000) termal tabakalanma gösteren Mondsee gölü (Avusturya)'nde *P. rubescens*'in fitoplankton topluluğu içinde dominant olduğunda toplam fosfor konsantrasyonunun $10 \mu\text{g l}^{-1}$ civarında olduğunu, ancak sürekli karışım görülen göllerde, cyanophyta grubu algler yoğun olduğunda toplam fosfor konsantrasyonunun $40 \mu\text{g l}^{-1}$ 'in üzerinde olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak, Sapanca gölünde yaz boyunca ölçülen değerlere bakıldığında, hem nitrat hem de fosfat değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Özellikle biyodeneylelerin başlangıç günü olan 22.07.2008 günü her iki besin tuzunun da su sütunu boyunca oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunduğu görülmüştür. Sapanca gölünde azot ve fosforun her ikisinde fitoplankton biyoması için sınırlayıcı faktör oldukları açıktır. Tüfekçi (1999) karbon 14 yöntemi kullanarak yıl boyunca Sapanca gölünde sınırlayıcı besin tuzlarının belirlemeye çalışmış ve yaptığı çalışmada azot ve fosforun Sapanca gölünde sınırlayıcı olduğunu bulmuştur.

Bu çalışmada azot ve fosfora ilave olarak silikanın sınırlayıcı etkisi olup olmadığına bakılmamıştır. Çünkü, silika konsantrasyonları Sapanca gölünde daima yüksek miktarlarda tespit edilmiştir (Akçaalan, 2004; Tüfekçi, 1999, Aykulu ve diğ., 2006). Tüfekçi (1999) yaptığı çalışmada silikanın tek başına sınırlayıcı etkiye sahip olmadığını bulmuştur. Bu çalışmada da yaz boyunca silika miktarları gerek göl suyunda gerek deney ortamlarında $400 \mu\text{g l}^{-1}$ 'in altına düşmemiştir. Sadece laboratuvar deney düzeneğinde epilimniyonda azot+fosfor ilavesinin yapıldığı ortamda 8. günde $52 \mu\text{g l}^{-1}$ 'a kadar azalmış, bu örnekte de diyatomelelerin yüksek sayıya ulaştıkları görülmüştür.

Bu çalışmanın yılın farklı zamanlarında tekrarlanması gölde sınırlayıcı besin tuzlarının zamana bağlı olarak değişimi konusunda daha net bilgilerin ortaya konmasını

sağlayacaktır. Diğer taraftan, tabakalanma dönemlerinde özellikle de bu periyodun sonuna doğru besin tuzlarının suyun üst tabakalarında azaldığını ve daha az miktarlarda fitoplankton biyomasını desteklediği bilinmektedir. Bu durum, Sapanca gibi derin ve tabakalanma gösteren oligo-mezotrofik göllerde ışığın daha derin tabakalara ulaşmasını sağlamaktadır. Bu da *Planktothrix rubescens* gibi düşük ışık şiddetini tercih eden türlerin gelişimi için avantaj yaratmaktadır. Sapanca Gölü'nde Secchi disk derinliği yaz boyunca ortalama 5.5 m olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla, epilimniyonda canlı veya cansız olsun askıda madde miktarının düşük olduğunu göstermektedir. Üst tabakalarda fitoplankton biyomasının artışı Sapanca gölünün trofik düzeyinin artması ile paralel olarak gerçekleşebilir. Biyodeneyin gerçekleştirildiği tarihlerde göl suyundaki toplam biyomas miktarı epilimniyon ve metalimniyonda en fazla $691 \mu\text{g l}^{-1}$ olarak tespit edilmiş, besin tuzu ilavesi yapılan ortamlarda ise arazi koşullarında $3349 \mu\text{g l}^{-1}$ 'ye ve laboratuvar ortamında $10410 \mu\text{g l}^{-1}$ 'ye kadar ulaşmıştır. Aynı durum klorofil-a miktarları için de geçerlidir. Dolayısıyla, Sapanca gölünün ötrofik bir karakter kazanması muhtemelen gölde aşırı artış yapan toksik *P. rubescens*'in ortadan kalkmasına yol açacaktır. Çünkü, besin tuzunca zengin göllerin epilimniyonu fitoplankton türlerinin çoğalabilmesi için uygun ortam sağlayacağından alt tabakalara ulaşan ışık miktarı azalacak ve *P. rubescens*'in metalimniyonu terk edip değişken ortam koşullarına sahip olan epilimniyona çıkmasına yol açacaktır. Epilimniyonda artan sıcaklık ve ışık şiddeti ile beraber sürekli karışımın olması, algin zarar görmesine ve popülasyonun azalmasına yol açacaktır. Zürih gölünde 1960'li yıllarda artan ötrofikasyonun bir sonucu olarak *P. rubescens* ortadan kalktığı ve alınan önlemler sonucu göle giren fosfor miktarı azaldığında tekrar ortaya çıktığı belirtilmiştir (Walsby ve Shanz, 2002).

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada azot ve fosforun beraber Sapanca gölü fitoplanktonu üzerinde sınırlayıcı etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ancak, göldeki tabakalanmanın ve bu tabakalardaki tür çeşitliliğinin farklı olması bu etkinin derecesini de değiştirmektedir. Göl yönetimi açısından bakıldığında, gölün besin tuzu yükünün artması fitoplankton biyomasını destekleyecektir. Bu da *P. rubescens*'in yüksek sayılara ulaşan bir popülasyon oluşturmalarını engelleyecektir. Bu açıdan bakıldığında, durum olumlu gibi görünse de, besin tuzlarının artması fitoplankton biyomasını arttıracığından içme suyu olarak kullanılan bu gölde suyun arıtım maliyetlerini arttıracak ve koku ve tat

problemlerine yol açacaktır. Ayrıca, bu durum diğer cyanophyta türlerinin artmasına ve cyanotoksin tehditinin yine devam etmesine yol açabilir. İçme suyu olarak kullanılan bu gölde yapılacak en iyi yönetim planı, göle giren besin tuzu yükünü azaltmak ve *P. rubescens*'in gölde bulunduğunun ve toksik olduğunun bilinerek buna göre gerekli önlemleri almak olacaktır. Bu da gölün su kalitesinin dikey olarak yıl boyunca izlenmesini ve *P. rubescens*'in bulunduğu derinliklerin ve biyomasının takip edilerek içme suyunun alındığı derinliklerin ayarlanması olacaktır. Ayrıca, zaman zaman tüm su tabakasının toksin tehlikesine maruz kalabileceği düşünülerek alternatif bir su kaynağı bulunmalıdır. Diğer bir çözüm de arıtım sistemlerinin toksin giderimine uygun hale getirilmesi olacaktır.

KAYNAKLAR

AKÇAALAN. R., 2004, Sapanca gölünde hepatotoksin (microcystin) üreten mavi-yeşil alglerin (cyanophyta) bulunuşu ve su kalitesi ile olan ilişkileri. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.

AKÇAALAN. R., ALBAY M., GÜREVİN C., ÇEVİK. F., 2007, The influence of enviromental conditions on the morphological variability of phytoplankton in an oligomesotrophic Turkish Lake, *Ann. Limnol.- Int. J. Lim*, 43(1), 21-28

ALBAY, M., AKÇAALAN, R., AYKULU, G., TÜFEKÇİ, H., BEATTIE, K.A., CODD, G.A., 2003, Occurrence of toxic cyanobacteria before and after copper sulphate treatment in a water reservoir, İstanbul, Turkey, *Algological Studies* 109. (Cyanobacterial Research 4), 67-78.

AYKULU, G., ALBAY, M., AKÇALAN, R., TÜFEKÇİ, H., ve AKTAN, Y., 2006, Species composition, abundance and seasonality of phytoplankton in a moderately deep Turkish Lake, *Beiheft zur Nova Hedwigia*, 130(325), 325-338.

BAYKAL, B.B., GÖNENÇ, İ.E., MERİÇ, M., TANIK, A., TUNAY, O., 1996, An alternative approach for evaluation of lake water quality: lake sapanca – a case from Turkey, *Water Sci. Tech*, 34 (12), 73-81.

BEARDALL, J., YOUNG,E., ve ROBERTS, S., 2001, Approaches for determining phytoplankton nutrient limitation, *Aquat.sci.*, 63, 44–69.

DSI (1989) Seminar on water quality observation and control case study, The Sapanca Lake and its drainage area. *DSI Publication* pp. 228-300.

GARDNER,E.M., MCKNIGHT, D.M., LEWIS, Jr .W.M., ve MILLER, M.P., 2008, Effects of Nutrient Enrichment on Phytoplankton in an Alpine Lake, Colorado, U.S.A., *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 40 (1), 55–64.

GÖNENÇ İ.E., ÇETİNER A., EROSKAY O, ERUZ, E., BAYKAL, B.B., ÖZTÜRK, İ., İNCECİK, S., TANIK, A., İNCE, O., KEFLİ, E., ÖKTEM, Y., MERİÇ, M., DOĞANLI, E., GÜREL, M., 1994, “T.C Çevre Bakanlığı Çevre Koruma Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Kaynağı olarak Sapanca Gölünün Korunması Projesi” İTÜ, İstanbul.

HAMMED et al., 1999, Physiological tests and bioassays: aids or super⁻uities to thediagnosis of phytoplankton nutrient limitation ? A comparativestudy in the Broads and the Meres of England, *Eur. J. Phycol.*, 34, 253-269.

HUBER-PESTALOZZİ, G., 1975, *Das Phytoplankton Des Sübwassers. Teil: 2 Diatomeen*, Schweizerbartscee Verlags Buchh and Lung, Stutgard, XVI.

HUSTEDT, F., 1930, *Bacillariophyta (Diatomeae) Heft. 10. In Pascher. Die Süsswasserflora Mitteleuropas*, Gustav Fischer Pub. Jena, Germany, 466.

HUSTEDT, F., 1985, *The Pennate Diatoms*, Koeltz Scientific Books Koenigstein, 3, 87429-246-0.

KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H., 1986, *Bacillariophyceae. 3. Teil. Centrales*, Gustav Fischer Verlag, 2/3.

LITCHMAN, E., KLAUSMEIER, C.A., BOSSARD, P., 2004, Phytoplankton nutrient competition under dynamic light regimes, *Limnol. Oceanogr.*, 49 (4- 2), 1457–1462

LİN, Y., HE, Z., YANG, Y., STOFELLA, J.P., PHILIPS, E.J., POWELL, C.A., 2008, Nitrogen versus phosphorus limitation of phytoplankton growth in Ten Mile Creek, Florida, USA *Hydrobiologia*, 605, 247–258

OKGERMAN, H. (2002). *Sapanca Gölü'nde Rutilus rutilus LINNAEUS, 1758 (Kızılğöz) ve Scardinius erythrophthalmus LINNAEUS, 1758 (Kızılkanaat) balık türlerinin besin tipleri ve beslenmelerindeki mevsimsel değişimleri*, Doktora Tezi., İ. Ü. Fen Bil. Ens.

PATRICK, R., REIMER, C.W., 1966, *The Diatoms of the United States*, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1.

PATRICK, R., REIMER, C.W., 1975, *The Diatoms of the United States*, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 1(2).

PERKINS, R. G., ve G. J. C., 2000, Underwood gradients of chlorophylla and water chemistry along an eutrophic reservoir with determination of the nutrient by in situ nutrient addition , *Wat. Res.*, Vol. 34, No. 3, pp. 713±724

RHEE, G.Y., 1974. Phosphate uptake under nitrate limitation by *Scenedesmus* sp. and its ecological implications, *J. Phycol.*, 10, 470–475.

RIEGMAN, R., W. STOLTE, A. A. M. NOORDELOOS, AND D. SLEZAK, 2000, Nutrient uptake and alkaline phosphatase activity of *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae) during growth under N and P limitation in continuous cultures, *J. Phycol.*, **36**, 87–96.

ROTT, H.E., 1981, Some result from phytoplankton counting intercalibration, *Schw. Zeitsch. Hydrol.*, 43, 35-62

ISHOAF, WT., 1978, Use of algal assays to determine the potential for phytoplankton growth, *Hydrological Sciences-Bulletin-des Sciences Hydrologiques*, 23, 4-12

SIEGE, D.C., 2004, *Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the freshwater environment* John Wiley and Sons, pp.524.

TANIK, A., BAYKAL, B.B., GÖNENÇ, İ.E., MERİÇ, S., ÖKTEM, Y., 1998, Effect and Control of Pollution in Catchment Area of Sapanca, Turkey, *Environmental Management*, 22(3), 407- 414.

TEMEL, M., 1995-1999, Sapanca gölü su kalitesi üzerine bir araştırma, *İ. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 9 -13 (1 – 10), 99-110.

TUĞRUL, S., MORKOÇ, E., ÇIKOĞLU, S., 1989, Determination of Limnological characteristics of the Sapanca Lake. *TUBITAK Publ.*, 234.

TUĞRUL. S., MORKOÇ. E. 1991, Determination of limnological characteristics of the Sapanca Lake, *Doga Tr. J. Engineering and Environmental Science*, 15, 265-282.

TÜFEKÇİ, H. 1999, *Sapanca Gölünde fitoplankton biyomasının ve birincil verimliliğinin dağılışı ve mevsimsel değişimleri*, Doktora Tezi.İ. Ü. Fen Bil. Enst.

WEVER, A., MUYLEAERT,K., LANGLET,D., ALLEMAN,L., DESCY§,J.P., ANDRE L., COCQUYT,C., VYVERMAN,W., 2008, Differential response of phytoplankton to additions of nitrogen, phosphorus and iron in Lake Tanganyika, *Freshwater Biology*, 53, 264–277

YALÇIN, N.; SEVİNÇ, V., 1993, Kınalı- Sakarya otoyolunun Sapanca Gölüne etkilerinin araştırılması, *Doğa-Tr. Jr. Of Engineering and Environmental Sciences* 17, 151-156.

YİĞİT, V., MÜFTÜGİL, N., ÖZALP, N., ERGEN, C., ARVAS, H., YOLCULAR, H., 1984, Sapanca gölünün su kirliliği ve besin durumu üzerinde bir araştırma, *Teknik rapor*, TÜBİTAK-MBEAE, Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Tekirdağ'da doğdum. İlköğretimimi Namık Kemal İlkokulu'nda, Orta ve Lise öğretimimi Tekirdağ Tuğlacılar Süper Lisesi'nde, tamamladım. 2000 yılında girdiğim İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden 2005 yılında mezun oldum. Aynı yıl İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, İçsular Biyolojisi Programında Yüksek Lisans Eğitimime başladım. 2007 yılından itibaren T.C Ziraat Bankası'nda servis görevlisi olarak çalışmaktayım.

Yabancı dilim İngilizcedir.