

**EYMİR GÖLÜ'NDE REAKTİF AZOT
DÖNGÜSÜNÜN İNCELENMESİ**

**DETERMINATION OF THE REACTIVE
NITROGEN CYCLE AT LAKE EYMİR**

EZGİ ÖĞÜN

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2012

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI** 'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :
Yrd. Doç. Dr. Emre ALP

Üye (Danışman) :
Doç. Dr. Selim L. SANİN

Üye :
Prof. Dr. A. Gülen GÜLLÜ

Üye :
Öğr. Gör. Dr. Türkay ONACAK

Üye :
Öğr. Gör. Dr. Hatice ŞENGÜL

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Fatma Sevin DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bir süre, bir çeşit dar mantıkla formüle edilmiş ve daha sonra özellikleri incelenmiş basit modellerin oluşturulmasıyla ilerleme sağlanmaya çalışıldı. Buna ‘bilimin mantıksal tekrarı’ deniyordu. Bu mantıksal tekrarlar sayesinde, bilimin kullandığı karmaşık yöntemlerin ardında yatan düzenin ortaya çıkması bekleniyordu. Oysa bugün bilimin, mantıkçıların düşündüğünden çok daha karmaşık olduğu, düzensizliğin yalnızca yüzeysel bir fenomen olmadığı ve bilimin, bu karmaşıklığı ve kısmen de tutarsızlığı sayesinde işlediği, ilerlediği ve buluşlara ulaştığı anlaşılmıştır.”

Paul Feyerabend

Afrika’da kanat çırpın kelebeğe, suların özgürlüğüne

ve Sedat Koçak’ın anısına

atfedilmiştir.

EYMİR GÖLÜ'NDE REAKTİF AZOT DÖNGÜSÜNÜN İNCELENMESİ

Ezgi Öğün

ÖZ

Azot döngüsü sırasında ortaya çıkan azot protoksit gazının (N_2O / nitroz oksit) küresel ısınmaya etkisi karbondioksit (CO_2) gazından daha yüksektir. Sudaki çözünürlüğü düşük olan N_2O 'in yaygın salım kaynaklarından biri de ötrofik göllerdir ve üzerinde çok çalışılmamış bir alan olarak önemli bir inceleme konusu oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında, Eymir Gölü'nün fiziksel yapısı ve trofik seviyesi ortaya konmuş, reaktif azot bileşiklerinin göl içindeki dağılımları ve döngüsü (saatlik, mevsimsel ve bölgesel) incelenmiştir.

Eymir Gölü, dimiktik ve hiperötrofik bir göldür. Sediman tane boyu dağılımları gölün piston akışlı reaktör mekanizmasına benzer bir mekanizmaya sahip olabileceğini göstermiştir.

Göl sedimanı, su ve hava fazlarında yapılan azolu bileşik analizlerine göre; Eymir'de nitrifikasyon ve denitrifikasyonun aynı anda gerçekleşen ve birbirini takip eden süreçler olduğu belirlenmiştir. Tez çalışması Eymir gölünde N_2O salımının bentik ve fotik zonlarda ters orantılı olduğunu, sedimanın 2-3 cm'lik yüzeyinin, N_2O 'in ana salım kaynağı olarak görev yaptığını ve sedimanda üretilen gazın fazlar arası taşınım ile atmosfere aktarıldığını göstermiştir. Laboratuvarda inkübe edilen sediman numuneleri ile N_2O salımının ilk dört gün içinde 20 kat kadar artabileceği belirlenmiştir. En yüksek N_2O konsantrasyonları sedimanda sonbahar; su ve hava fazında ise hem sonbahar hem de ilkbahar aylarında ölçülmüştür. Gölün bir metre karelik alanından atmosfere salınan saatlik ortalama N_2O konsantrasyonu $3,38 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}\text{sa}^{-1}\text{m}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Tüm göl yüzeyinden ise saatte $230,5 \text{ g L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ N_2O salımı olmaktadır ve bu da $71500 \text{ g L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ CO_2 salımına eşdeğerdur.

Elde edilen sonuçlara göre ötrofik göl ekosistemlerinin, reaktif azotlu bileşiklerin, rezervuarlar arası taşınımında etkili olduğu, özellikle N_2O 'in atmosfere salım kaynağı oldukları belirlenmiştir. Bu çalışmada antropojenik olarak kirletilmiş doğal ekosistemlerin sera gazı salımı üzerindeki etkisini ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eymir Gölü, ötrofikasyon, denitrifikasyon, azot fiksasyonu, nitroz oksit salımı.

Danışman: Doç. Dr. Selim L. SANİN, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

DETERMINATION OF THE REACTIVE NITROGEN CYCLE AT LAKE EYMİR

Ezgi Öğün

ABSTRACT

Nitrogen protoxide (N_2O / Nitrous oxide) is released in the course of nitrogen cycle has a higher effect on global warming than carbon dioxide (CO_2). One of the non-point sources of N_2O , which is known for its low solubility in water, is eutrophic lakes and there are limited academic studies on this topic, therefore, it is an important field to investigate. In this thesis, physical structure and trophic level of the Lake Eymir is determined; distribution and cycle (hourly, seasonally and regional) of the reactive nitrogen compounds in Eymir lake was investigated.

Lake Eymir is a dimictic and hypereutrophic lake. Sediment grain size distributions indicate that the lake is acting like a plug-flow reactor.

According to nitrogenous compound analysis results of the lake sediment, water and air columns and interphases, nitrification and denitrification processes proceed simultaneously and consecutively in Eymir. The results shows that, N_2O emissions from benthic and photic zones are inversely correlated, top 2-3 cm of the sediment acts as a primary emission source of N_2O and gases produced in sediment are transferred to the atmosphere through diffusion between phases. It was determined that, N_2O emissions can increase up to 20 times during the first four days of incubation, in laboratory. The highest N_2O concentrations were measured during autumn, in the sediment phase. N_2O concentrations were high both in autumn and spring in the water and the air phases. The concentration of N_2O emitted into the atmosphere was calculated as $3.38 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}\text{h}^{-1}\text{m}^{-1}$ from Eymir Lake. N_2O emission from total surface area of the lake is also calculated as $230.5 \text{ g L}^{-1}\text{h}^{-1}$ which is equivalent to $71500 \text{ g L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ of CO_2 emissions.

Obtained results show that eutrophic lake ecosystems have an effect on reactive nitrogen compound transport between reservoirs; the effect is especially shown for N_2O emissions from sediment to atmosphere transport. In this study, the potential of anthropogenically contaminated natural ecosystems on greenhouse gas emission is shown.

Keywords: Lake Eymir, eutrophication, denitrification, nitrogen fixation, nitrous oxide emission

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Selim L. SANIN, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; TÜBİTAK 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programına dahil olan, 108 Y 116 No'lu proje kapsamında Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümleri işbirliği içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmaya dahil olmamı sağlayan ve bilimsel heyecanı ile bana yaratıcılığı ve merak etmeyi aşıl原因an değerli tez danışmanım ve proje yürütücümüz Doç. Dr. Selim Sanin'e, projenin yardımcı araştırmacısı Doç. Dr. Ayşegül Aksoy'a sonsuz teşekkürler. Prof Dr. Dilek Sanin'e birçok konuda yol gösterici olduğu ve Dr. Türkey Onacak'a bu uzun yola başlama fırsatı verdiği için çok teşekkür ederim.

Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri; Prof. Dr. Cemal Saydam, Prof. Dr. Gülen Güllü, Prof. Dr. Ayşenur Uğurlu, Yrd. Doç. Dr. Merih Aydınalp Köksal ve Dr. Hatice Şengül'e sorularımı sabırla cevapladıkları ve tüm destekleri için teşekkür ederim. H.Ü. Çevre Mühendisliği Araştırma Görevlileri, sevgili arkadaşlarım S. Yeşer Aslanoğlu ve Nihal Dilek Sümer Türel'iye tüm destekleri için teşekkürler. Başta, Arş. Gör. Fadime Kara, Laboratuvar Asistanı Mehmet Dumanogulları, adlarını bilmediğim Taşıt İşleri görevlileri olmak üzere tüm ODTÜ personeline yardımları ve beni yabancı hissettirmedikleri için teşekkürler.

Proje ekibine dahil olan çalışma arkadaşlarım, Tolga Pilevneli, Onur Yüzügüllü, Selen Atiker, Amir Hadji Ali Ghandi, Minoo Pourhassan, Caner Gök, Sevilay Tekin ve sevgili dostum Ceren Serap Akın olmadan projenin sonu gelmeyeceği için hepimize sonsuz teşekkürler. Marina Büfe işletmeci ve personeli ile ODTÜ Kürek Takımı, arazi çalışmalarımız sırasında bize her sıkıntımızda yardımcı olmuş ve çalışmanın devam edebilmesine katkı sağlamışlardır. Faruk Seyfi'ye yaptığı çaylar ve sağladığı temiz ortam nedeniyle teşekkürler.

Sevgili dostlarım, Doruk Aracagök ve Ayşe Akanser'e laboratuvarda geçirdiğimiz uzun saatler ve her şey için çok teşekkürler. Sevgili yol arkadaşım Deniz Dalak'a, biricik dostum Şilan Deniz Öztürkçü'ye, annem Ayten Sarılar, ağabeyim Eray Öğün ve babam Ertuğrul Öğün'e yanımda oldukları her an için ve her şey için teşekkürler. Son olarak dostum Ulvi'ye miyavlamaları ile beni uyanık tuttuğu için çok teşekkürler.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Azot Döngüsü.....	2
1.1.1. Nitrifikasyon.....	3
1.1.2. Denitrifikasyon.....	3
1.1.3. Azot Fiksasyonu.....	4
1.2. Göllerin Sınıflandırılması.....	6
1.2.1. Kökenlerine Göre Göller.....	6
1.2.2. Sıcaklık Değişimlerine Göre Göller.....	7
1.3. Göllerin Trofik Seviyeleri ve Ötrofik Göller.....	9
1.4. Göl İçerisindeki Bölgelelendirmeler.....	11
1.5. Eymir Gölü.....	12
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	16
2.1. Sediman – Su Fazında Yürütülen Çalışmalar.....	16
2.2. Su Kolonunda Yürütülen Çalışmalar.....	23
2.3. Hava – Su Arafazında Yürütülen Çalışmalar.....	27
3. AMAÇ VE KAPSAM.....	31
4. MATERYAL VE METOT.....	33
4.1. Deney ve Gözlem Prosedürleri.....	33
4.1.1. Haziran 2009 – Nisan 2011 dönemi:.....	33
4.1.2. Haziran – ağustos 2011 Dönemi:.....	35

4.1.3. Eylül 2011 – Haziran 2012 Dönemi:	37
4.1.4. Arazide kullanılan su kolonunun kurulumu	38
4.2. Analitik Yöntemler	39
4.2.1. Göl Havasında amonyum azotu analizi	41
4.2.2. Karbondioksit analizi	41
4.2.3. Metan analizi	42
4.2.4. Nitroz oksit analizi	46
4.2.5. NO _x gazlarının analizi	48
5. SONUÇLAR	50
5.1. Göl Sedimanının Genel Değerlendirmesi	51
5.2. Eymir Gölü'nün Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi	59
5.2.1. Arazide Ölçülen Su Kalitesi Parametreleri	59
5.2.2. Laboratuvarda ölçülen su kalitesi parametreleri	69
5.3. Göl Suyunda Nitrit, Nitrat ve Amonyum Azotu Analizleri	74
5.4. Eymir Gölü'nde N ₂ O gazının Sediman ve Sudaki Konsantrasyonları	77
5.4.1. Sedimanda N ₂ O konsantrasyonları	77
5.4.2. Göl sedimanının N ₂ O salım potansiyeli	81
5.4.3. Göl suyunda N ₂ O konsantrasyonları	87
5.4.4. Göl suyunun N ₂ O üretim potansiyeli	90
5.5. Eymir Gölü'nde Reaktif Azotlu Bileşiklerin Atmosferik ve Hava Fazındaki Konsantrasyonları	95
5.5.1. NO _x Gazlarının Atmosferik Konsantrasyonları	95
5.5.2. Atmosferik NO _x Gazı Akıları	98
5.5.3. Gaz halindeki Amonyakın hava fazındaki konsantrasyonları	99
5.5.4. N ₂ O gazının hava fazındaki konsantrasyonları	101
5.6. Verilerin İstatiksel Analizi	104
5.6.1. Göl sedimanında ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi	104
5.6.2. Göl suyunda ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi	107
5.6.3. Göl atmosferi ve hava fazında ölçülen azotlu bileşiklerin istatistiksel analizi	117

5.6.4. Eymir Gölü'nde fazlar arası ilişkilerin istatistiksel analizi	127
5.6.5. Fazlar arası N ₂ O verilerinin mevsimsel olarak değerlendirilmesi	131
6. GENEL SONUÇLAR	138
7. TARTIŞMA	148
8. ÖNERİLER	150
EKLER	158
Ek 1. Analitik Yöntemler	158
Ek 2. Göl Sedimanının Saatlik N ₂ O Salım Potansiyeli Grafikleri	174
Ek 3. Göl Suyunun Saatlik N ₂ O Salım Potansiyeli Grafikleri	177
Ek 4. Korelasyon Tabloları	180

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Azot döngüsünün şematik gösterimi	2
Şekil 1.2. Farklı rezervuar ve ekosistemlerde azotlu bileşiklerin dağılımı ve taşınımının şematik gösterimi.....	5
Şekil 1.3. Sıcaklık düzenlerine göre sınıflandırılan göller.. ..	8
Şekil 1.4. Enlem ve boylamlara göre göllerin dahil olduğu sıcaklık sınıflandırmaları	9
Şekil 1.5. Göllerdeki teorik habitat bölgeleri.....	11
Şekil 1.6. Göllerdeki pelajik ve littoral bölgelerin gösterimi	12
Şekil 1.7. Eymir Gölü topografyası	13
Şekil 4.1. İlk dönem arazi çalışmalarında kullanılan örnekleme noktaları	33
Şekil 4.2. Haziran – Ağustos 2011 dönemi arazi tarihlerine göre örnekleme noktaları	35
Şekil 4.3. 06.07.2011 arazisi ölçüm noktaları	36
Şekil 4.4. 23.08.2011 arazisi ölçüm noktaları	36
Şekil 4.5. Eylül 2011 – Haziran 2012 döneminde su kolonunun yerleştirildiği noktalar	37
Şekil 4.6. 23.09.2011 arazisi ölçüm noktaları	38
Şekil 4.7. Arazide kullanılan su kolonuna ait çizim	39
Şekil 4.8. Su kolonuna ait fotoğraflar	39
Şekil 4.9. GC-µECD-FID sisteminin akım şeması	45
Şekil 4.10. CH ₄ gazı sinyali 0,9. Saniyede görülmektedir.	46
Şekil 4.11. Metan gazı kalibrasyon grafiği	46
Şekil 4.12. N ₂ O gazı kalibrasyon grafiği.	47
Şekil 5.1. Eymir Gölü tane boyu – birikimli % elekalıtı grafiği.	51
Şekil 5.2. Eymir Gölü, beş bölgeden alınan numunelerde tane boyu – birikimli % elekalıtı grafiği	52
Şekil 5.3. Birinci bölge sediman görüntüsü.....	53
Şekil 5.4. İkinci bölge sediman görüntüsü.	54
Şekil 5.5. İkinci bölge sediman görüntüsü	54

Şekil 5.6. Üçüncü bölge sediman görüntüsü.	54
Şekil 5.7. Üçüncü bölge sediman göntüsü.....	55
Şekil 5.8. Dördüncü bölge sediman görüntüsü.	55
Şekil 5.9. Beşinci bölge sediman görüntüsü.	55
Şekil 5.10. Birinci bölge sediman görüntüsü.....	56
Şekil 5.11. İkinci bölge sediman görüntüsü	56
Şekil 5.12. Üçüncü bölge sediman görüntüsü.	57
Şekil 5.13. Dördüncü bölge sediman görüntüsü.	57
Şekil 5.14. Beşinci bölge sediman görüntüsü.	58
Şekil 5.15. Eymir Gölü sedimanında ortalama katı madde yüzdeleri.....	58
Şekil 5.16. Farklı bölge sedimanlarında katı madde yüzdeleri.....	59
Şekil 5.17. Sedimanın yüzeyi ve 15 cm dibinden alınan numunelerde organik ve anorganik madde yüzdeleri	59
Şekil 5.18. Eymir Gölü 2. Arazi döneminde, bölgelere göre derinliğin zamanla değişimi.	60
Şekil 5.19. Eymir Gölü'nün üç farklı bölgesindeki ortalama derinlik profilleri	61
Şekil 5.20. Kayıkhane bölgesinde haziran 2011-2012 tarihleri arasında derinlik ve secchi derinliğinin değişimi.	61
Şekil 5.21. Temmuz 2011 – Haziran 2012 arasında ortalama aydınlanma şiddetinin derinlik ile değişimi	62
Şekil 5.22. İlkbahar, sonbahar ve kış mevsiminde günün farklı saatlerinde, aydınlanma şiddetinin derinlik ile değişim grafiği.	63
Şekil 5.23. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde sıcaklığın zamanla değişimi	64
Şekil 5.24. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde iletkenliğin zamanla değişimi....	64
Şekil 5.25. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde tuzluluğun zamanla değişimi	65
Şekil 5.26. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde toplam çözünmüş katı konsantrasyonun zamanla değişimi.	65
Şekil 5.27. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun zamanla değişimi	66
Şekil 5.28. Fotik, profundal ve bentik zonlarda ÇO-sıcaklık dağılım grafiği.	67

Şekil 5.29. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde pH'ın zamanla değişimi	67
Şekil 5.30. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde oksidasyon redüksiyon potansiyelinin zamanla değişimi	68
Şekil 5.31. Alkalinite – pH dağılım grafiği.	68
Şekil 5.32. Karbonik asit, bikarbonat ve karbonat iyonlarının pH'a bağlı değişim grafiği	69
Şekil 5.33. Fenolftaleyn ve metil oranj alkalinitesinin zamanla değişimi	69
Şekil 5.34. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde askıda katı madde miktarının zamanla değişimi.....	70
Şekil 5.35. Askıda katı madde – klorofil –a dağılım grafiği.	71
Şekil 5.36. Fotik, profundal ve bentik zonlarda klorofil-a konsantrasyonunun zamanla değişimi.	71
Şekil 5.37. Ortalama klorofil – a ve feofitin – a konsantrasyonlarının zamanla değişimi	72
Şekil 5.38. Klorofil-a – secchi derinliği dağılım grafiği.....	72
Şekil 5.39. Toplam fosfat fosforu konsantrasyonunun zamanla değişimi	73
Şekil 5.40. Klorofil –a – fosfat fosforu dağılım grafiği.....	73
Şekil 5.41. Toplam KOİ konsantrasyonunun zamanla değişimi	73
Şekil 5.42. Fotik, profundal ve bentik zonlarda NO ₃ -N konsantrasyonunun zamanla değişimi	74
Şekil 5.43. Fotik, profundal ve bentik zonlarda NO ₂ -N konsantrasyonunun zamanla değişimi	74
Şekil 5.44. Fotik, profundal ve bentik zonlarda amonyum konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	75
Şekil 5.45. Nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonlarının haziran 2011-2012 dönemindeki değişimi	75
Şekil 5.46. Nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonlarının zamanla değişimi.	76
Şekil 5.47. Alkalinite – nitrat azotu dağılım grafiği.	76
Şekil 5.48. Eylül 2011'de sediman N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.	77
Şekil 5.49. 23 Eylül 2011 arazisinde, farklı bölgelerdeki sedimanın 2-3cm ve 15cm'sinde N ₂ O konsantrasyonunun değişimi.	78

Şekil 5.50. 05.10.2011 arazisi sedimanda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi	79
Şekil 5.51. 25.11.2011 arazisi sedimanda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi	79
Şekil 5.52. 08.12.2011 arazisi sediman N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.	80
Şekil 5.53. 04.06.2012 arazisi sediman N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.	81
Şekil 5.54. Eylül ayı, sedimandan ortalama N ₂ O salım potansiyeli (4°C'de inkübe edilmiştir).....	82
Şekil 5.55. Ekim ayı, yüzey sedimanı numunelerinde N ₂ O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).	82
Şekil 5.56. Ekim ayı, dip sedimanı numunelerinde N ₂ O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).	83
Şekil 5.57. Kasım ayı, yüzey sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	83
Şekil 5.58. Kasım ayı, dip sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	84
Şekil 5.59. Aralık ayı, yüzey sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	85
Şekil 5.60. Aralık ayı, dip sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	85
Şekil 5.61. Haziran ayı, yüzey sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	86
Şekil 5.62. Haziran ayı, dip sedimanı N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	87
Şekil 5.63. Eylül 2011'de, göl suyunda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.	88
Şekil 5.64. Ekim ayı, göl suyunda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.....	88
Şekil 5.65. Kasım ayı, göl suyunda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi. ...	89
Şekil 5.66. Aralık ayı, göl suyunda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi. ...	89
Şekil 5.67. Haziran ayı, göl suyunda N ₂ O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.	90
Şekil 5.68. Eylül 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N ₂ O salım potansiyeli (4°C'de inkübe edilmiştir).....	91

Şekil 5.69. Ekim 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N ₂ O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).....	91
Şekil 5.70. Kasım 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	92
Şekil 5.71. Aralık 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N ₂ O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).....	93
Şekil 5.72. Haziran 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N ₂ O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).....	94
Şekil 5.73. Eymir Gölü NO konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	95
Şekil 5.74. Eymir Gölü NO ₂ konsantrasyonunun zamanla değişimi	96
Şekil 5.75. Eymir Gölü NO _x konsantrasyonunun zamanla değişimi.....	96
Şekil 5.76. Eymir Gölü NO konsantrasyonunun saatlik değişimi.	97
Şekil 5.77. Eymir Gölü NO ₂ konsantrasyonunun saatlik değişimi.	97
Şekil 5.78. Eymir Gölü NO _x konsantrasyonunun saatlik değişimi	98
Şekil 5.79. Pasif NO _x örnekleyicilerin Eymir Gölü kıyısında yerleştirildiği bölgeler.	98
Şekil 5.80. Gölün farklı bölgelerindeki saatlik NO _x akıları	99
Şekil 5.81. Eymir Gölü'nün farklı bölgelerindeki NO _x akıları	99
Şekil 5.82. Ekim ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi	100
Şekil 5.83. Kasım ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi	100
Şekil 5.84. Aralık ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi	101
Şekil 5.85. Haziran ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi.	101
Şekil 5.86. Eylül ayı N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.	102
Şekil 5.87. Ekim ayı N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.	102
Şekil 5.88. Kasım ayı N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.....	103
Şekil 5.89. Aralık ayı N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.....	103
Şekil 5.90. Haziran ayı N ₂ O konsantrasyonunun saatlik değişimi.....	103

Şekil 5.91. Yüzey ve dip sedimanı Box-Whisker grafiği.....	105
5.92. İkinci gün yüzey ve dip sedimanına ait Box-Whisker grafiği.	106
Şekil 5.93. Üçüncü gün yüzey ve dip sedimanlarına ait Box – Whisker grafiği....	107
Şekil 5.94. Fotik N ₂ O ve NO ₃ veri setlerinin karekök-y log-x modeline uygun regresyon grafiği.....	109
Şekil 5.95. Profundal N ₂ O ve NO ₂ veri setlerinin çift kare modeline uygun regresyon grafiği.....	112
Şekil 5.96. Profundal N ₂ O ve NH ₄ veri setlerinin çift kare modeline uygun regresyon grafiği.....	112
Şekil 5.97. Profundal NH ₄ ve NO ₂ verilerinin x kare modeline uygun regresyon grafiği	113
Şekil 5.98. Bentik N ₂ O ve NH ₄ verilerinin logaritmik – x modeline uygun regresyon grafiği.	115
Şekil 5.99. Bentik N ₂ O ve NO ₃ verilerinin y-kare modeline uygun regresyon grafiği.	116
Şekil 5.100. Bentik NO ₂ ve NH ₄ verilerinin çift kare modeline ait regresyon grafiği.	116
Şekil 5.101. Gölün hava fazında N ₂ O ve NH ₄ verilerinin kök-y karekök-x modeline uygun regresyon grafiği.....	118
Şekil 5.102. Bölgesel NO _x akısı veri setlerinin Box-Whisker grafiği	120
Şekil 5.103. KD, GB bölgeleri NO _x akısı verileri arasında modele uygun regresyon grafiği	121
Şekil 5.104. Aylık NO _x veri setlerinin Box-Whisker grafiği.	122
Şekil 5.105. NO veri setinin saatlik değişiminin modele uygun regresyon grafiği.	124
Şekil 5.106. NO ₂ verilerinin saatlik değişiminin modele uygun regresyon grafiği.	125
Şekil 5.107. NO ve NO ₂ değişkenlerinin modele uygun regresyon grafiği.	126
Şekil 5.108. Akşam saatlerine ait NO ₂ – saat değişkenlerinin modele uygun regresyon grafiği.....	127
Şekil 5.109. Eymir Gölü'nde fazlar arası ölçülen tüm veri setlerine ait Box-Whisker grafiklerinin karşılaştırması.....	128
Şekil 5.110. Fotik NO ₂ ve profundal NH ₄ veri setlerine ait, çift kare modeline uygun regresyon grafiği.....	131

Şekil 5.111. Fazlar arası aylık N ₂ O verilerine ait Box-Whisker grafikleri.....	133
Şekil 5.112. Aylık sediman N ₂ O verilerinin ANOVA grafiği	134
Şekil 5.113. Aylık sediman N ₂ O verilerinin % 95 güven aralığında median grafiği	135
Şekil 5.114. Aylık su N ₂ O verilerinin ANOVA grafiği	135
Şekil 5.115. Aylık su N ₂ O verilerinin % 95 güven aralığında median grafiği.	136
Şekil 5.116. Aylık hava fazında N ₂ O verilerinin ANOVA grafiği	137
Şekil 5.117. Aylık hava fazında N ₂ O verilerinin Box – Whisker grafikleri.....	137

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Kökenlerine göre sınıflandırılmış göl tipleri	7
Çizelge 1.2. Trofik sınıflandırma sistemine göre OECD sabit sınır değerleri	9
Çizelge 1.3. Ötrofikasyonun alıcı ortama etkileri ve insanlar üzerinde yarattığı problemler	10
Çizelge 2.1. Dünya çapında, göl ve göletlerden rapor edilen N ₂ O akıları	29
Çizelge 3.1. Reaktif azotlu bileşiklere ait bölgesel ve zamansal veri seti matriksi.	32
Çizelge 4.1. Farklı arazi dönemlerinde yapılan analiz ve ölçümler	34
Çizelge 4.2. Tez kapsamındaki analiz ve testlerde uygulanan metotlar	40
Çizelge 4.3. N ₂ O analizleri için kullanılan kalibrasyon tablosuna bir örnek.....	48
Çizelge 5.1. Sonuçlar tablosu.....	50
Çizelge 5.2. Tane boyu analizi için istatistik özeti.....	51
Çizelge 5.3. Oksijenin sudaki çözünürlüğü	66
Çizelge 5.4. Fotik, profundal ve bentik zonların N ₂ O konsantrasyonu – zaman dağılımına uygun, regresyon türleri ve regresyon denklemleri.	94
Çizelge 5.5. Sedimanda ilk gün ölçümüne ait veri setlerinin, istatistik özeti.....	104
Çizelge 5.6. Sediman ilk gün ölçümlerine ait veri setleri için kurulan hipotezler ve p değeri	105
Çizelge 5.7. Sedimanda ikinci gün ölçümüne ait veri setlerinin istatistik özeti	105
Çizelge 5.8. Sediman ikinci gün ölçümlerine ait veri setleri için kurulan hipotezler ve p -değeri	106
Çizelge 5.9. Sediman İkinci gün ölçümlerine ait veri setlerinin, istatistik özeti.	106
Çizelge 5.10. Sediman üçüncü gün ölçümleri için kurulan hipotezler ve p-değeri.	107
Çizelge 5.11. Fotik zona ait veri setlerinin istatistik özeti	108
Çizelge 5.12. Fotik zon parametreleri için Spearman korelasyon tablosu	109
Çizelge 5.13. Profundal zona ait veri setlerinin istatistik özeti	110
Çizelge 5.14. Profundal zon parametreleri için Pearson korelasyon tablosu	111
Çizelge 5.15. Profundal zon, çoklu regresyon analizinin p değerleri	113

Çizelge 5.16. Bentik zona ait veri setlerinin istatistiksel analizi.....	114
Çizelge 5.17. Bentik zon parametreleri için Pearson korelasyon tablosu.	114
Çizelge 5.18. Gölün hava fazına ait veri setlerinin istatistik özeti	117
Çizelge 5.19. Gölün hava fazında, N ₂ O ve NH ₄ verilerinin regresyon analizi verileri	118
Çizelge 5.20. Bölgesel NO _x akılarına ait istatistik özeti.....	118
Çizelge 5.21. Bölgesel NO _x akısı veri setlerinin Levene's testi p değerleri.	119
Çizelge 5.22. Bölgesel NO _x akısı veri setlerinin regresyon analizi özeti.	120
Çizelge 5.23. Sürekli ölçülen NO, NO ₂ ve NO _x veri setlerinin istatistik özeti.....	121
Çizelge 5.24. Aylık NO _x veri setlerinin Levene's ve Kruskal – Wallis test sonuçları.	122
Çizelge 5.25. Ekim ve Temmuz ayı NO _x veri setlerine ait hipotez testi sonucu ...	122
Çizelge 5.26. Kasım ve Temmuz ayı NO _x veri setlerine ait hipotez testi sonucu.	123
Çizelge 5.27. NO, NO ₂ ve saat veri setlerinin Pearson korelasyon tablosu.....	123
Çizelge 5.28. Akşam saatlerine ait saat, NO ve NO ₂ veri setlerinin Pearson korelasyon tablosu.	124
Çizelge 5.29. NO - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.....	125
Çizelge 5.30. NO - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.....	125
Çizelge 5.31. NO ve NO ₂ değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.	126
Çizelge 5.32. Akşam saatlerindeki NO ₂ - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.....	127
Çizelge 5.33. Fazlar arası veri setleri için uygulanan Pearson korelasyonuna göre aralarında anlamlı ilişki bulunan çiftler.....	129
Çizelge 5.34. Fazlar arası değişkenlere ait basit regresyon analizinin özeti.....	130
Çizelge 5.35. Fazlar arası değişkenlerin uygun modele ait regresyon denklemleri.	131
Çizelge 5.36. Fazlar arası ve aylık N ₂ O veri setlerine ait istatistik özeti.....	132
Çizelge 5.37. Fazlar arası aylık N ₂ O verilerine uygulanan testler ve p değerleri .	133
Çizelge 5.38. Fisher anlamlı fark prosedürüne göre aylık sediman veri setlerinin karşılaştırılması	134
Çizelge 5.39. Aylık hava fazında N ₂ O verilerinin fisher ve levene's testi değerleri.	136

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

μECD	: Mikro elektron yakalama dedektörü
μM	: Mikro molar
ADP	: Adenozin di fosfat
ASKİ Müdürlüğü	: Ankara Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel
ATP	: Adenozin tri fosfat
BOI_5	: 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı
CaCO_3	: Kalsiyum karbonat
CH_4	: Metan
Chl-a	: Klorofil – a
CO_2	: Karbondioksit
ÇO	: Çözünmüş oksijen
DSİ	: Devlet Su İşleri
e^-	: Serbest elektron
FID	: Alev iyonlaştırma dedektörü
GB	: Güneybatı
GC	: Gaz kromatografisi
GPS	: Küresel konumlama sistemi
H^+	: Hidrojen iyonu
H_0	: Sıfır hipotezi
H_1	: Alternatif hipotez
H_2O	: Su
H_2SO_4	: Sülfürik asit
HNO_3	: Nitrik asit
In-situ	: Yerinde
K	: Kayıkhane
Kcal	: Kilo kalori
KCl	: Potasyum klorür

KD	: Kuzeydoğu
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
N	: Normalite
N ₂	: Serbest azot
N ₂ O	: Nitröz oksit / Azot protoksit
NaNO ₂	: Sodyum nitrit
NaNO ₃	: Sodyum nitrat
ng/μl	: Nanogram / mikrolitre
NH ₄	: Amonyum iyonu
NH ₄ -N	: Amonyum azotu
NH ₄ NO ₃	: Amonyum nitrat
NO	: azot oksit
NO ₂	: Nitrit
NO ₃	: Nitrat
NO _x	: Azot oksitler
O ₂	: Oksijen
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
ORP	: Oksidasyon redüksiyon potansiyeli
pH	: Yüzey iyon yükü
P _i	: Serbest fosfor
POA	: Partiküler organik azot
POM	: Partiküler organik madde
ppb	: Milyarda bir parça
S ⁻²	: Sülfür
SCI	: Science Citation Index (Bilimsel Atıf İndeksi)
SD	: Secchi Disk
SEM	: Tarama Elektron mikroskobu
SMWW	: Su ve Atıksularda Standart Metotlar
SO ₄ ⁻²	: Sülfat iyonu

Sqrt	: Karekök
TÇK	: Toplam çözünmüş katı
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TgN	: Ton gram azot
TKM	: Toplam katı madde
TN	: Toplam azot
TOC	: Toplam organik karbon
TP	: Toplam fosfor
$\Delta G_0'$: Gibbs serbest enerji

1. GİRİŞ

Bugüne kadar tatlı su sistemlerinin, özellikle küçük tatlı su göllerinin önemi, kapladıkları yüzey alanlarının küçük ve sularının sığ olması nedeni ile diğer sistemlere göre daha az algılanmıştır. Büyük su sistemlerindeki azotlu bileşiklerin dağılımları ve kaderleri ise yoğun olarak çalışılan konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmalar özellikle deniz ve okyanuslar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte küçük göl ve sulak alanların azotlu bileşiklerin çevriminde ve sera gazlarının salımında önemli bir rol oynadığı yakın zamanda yapılan çalışmalar ile ortaya konmaya başlamıştır. Ancak bu konuda sınırlı sayıda akademik çalışma bulunmaktadır, ayrıca süreç ve taşıma mekanizmalarında cevaplandırılması gereken çok sayıda bilimsel soru vardır.

Ötrofik göller; azot ve fosfor gibi besin kaynaklarının konsantrasyonunun çok yüksek olduğu ekosistemlerdir. Bu nedenle, bu sistemlerde azot döngüsü sırasında üretilen bileşiklerin konsantrasyonları da azımsanmayacak düzeydedir.

Nitrifikasyon sürecinde, sudaki oksijen hızla tüketilir ve ortaya çıkan nitrat iyonu denitrifikasyon ile azot gazına indirgenir. Bu işlem sırasında yan ürün olarak sudaki çözünürlüğü düşük N_2O , NO gazları atmosfere salınır. Azot fiksasyonu ile atmosferdeki serbest azot, amonyağa indirgenir. Yavaş olan bu süreç 20. Yüzyılın başında Haber-Bosch Prosesi'nin ortaya çıkışı ile beraber hızlanmıştır. Böylece NH_3 molekülünün toprak ve göl gibi alıcı ortamlara ulaşması hızlanmıştır.

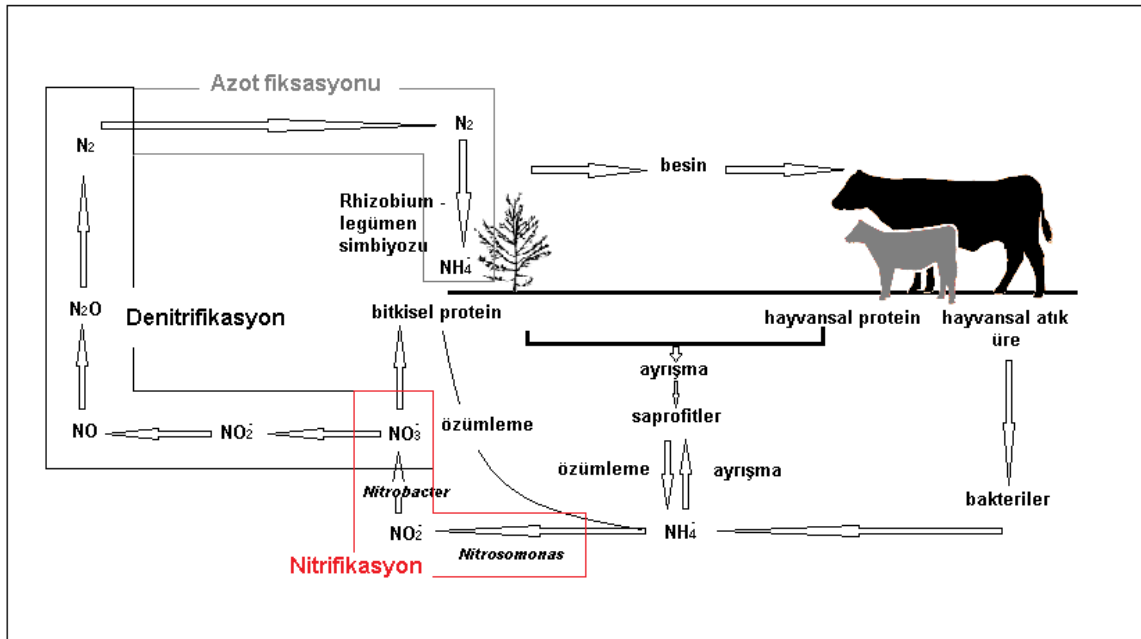
EPA' ya göre CH_4 gibi N_2O molekülü de uzun ömürlü bir sera gazıdır ve N_2O molekülünün küresel ısınmaya etki etme potansiyeli tek bir CO_2 molekülünün 298 katıdır. NO molekülü atmosferde NO_x gazlarının birikimi ile asit yağmurlarının oluşmasına neden olur. Gaz halindeki amonyak ise, H_2SO_4 gibi nötralize edici bileşiklerle birleşerek önemli asit yağmuru çekirdekleri olan atmosferik aerosollerini oluşturur.

Eymir Gölü ekosistemi, evsel atıksular ve mezbaha atıkları gibi azotlu kirlenici kaynakların alıcı ortamı olması nedeniyle azot döngüsü sırasında oluşan gazların incelenmesi için uygun bir bölgedir. Atmosfere salınan bu gazların kinetikleri ve akı tanımlamalarındaki eksikliği doldurabilmek için yapılacak çalışmalara uygun sığ bir göl sistemi olması nedeniyle çalışma alanı olarak seçilmiştir.

1.1. Azot Döngüsü

Azot, atmosferin gaz içeriğinin büyük bir kısmını oluşturmasına rağmen, %2'sinden daha azı canlılar tarafından kullanılabilir olan reaktif azot formundadır. Reaktif azotun büyük bir kısmı, yıllık 90-130 TgN'luk miktarı biyolojik azot fiksasyonu ile üretilir. Yaklaşık 150 TgN yıl⁻¹lik miktarı ise tarımsal üretim, gübre ve enerji üretimi gibi antropojenik aktiviteler ile meydana gelir. Üretimin %1'lik bir kısmı ise şimşek gibi doğa olayları sırasında gerçekleşir (Wetzel, 2001).

Azot döngüsü üç temel süreçten meydana gelir. Bunlar; azot fiksasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon olarak adlandırılır. Bu süreçler biyolojik aktiviteler olmadan çok yavaş ilerler. Mikroorganizmalar birçok farklı hücrel enzim yardımı ile reaksiyonları katalizler ve süreçleri hızlandırır. Enerji kaynakları anorganik olduğu için bu mikroorganizmalar kemolitotroflar olarak sınıflandırılır (Jacoby, 2004). Azot döngüsünün basamakları olan nitrifikasyon, denitrifikasyon ve azot fiksasyonuna ait genel denklemler Eşitlik 1.1 ve 1.3 arasında verilmiş, şematik olarak ise Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

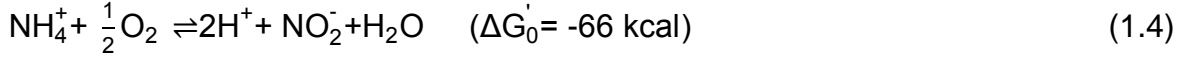


Şekil 1.1. Azot döngüsünün şematik gösterimi



1.1.1. Nitrifikasyon

Nitrifikasyon; organik ve inorganik azotlu bileşiklerin indirgenmiş halden yükseltgenmiş hale dönüşmesi başka bir ifade ile oksidasyonu olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki reaksiyon amonyumun nitrite oksidasyonunu göstermektedir ve genellikle *Nitrosomonas* cinsi bakteriler tarafından yürütülür (Eş. 1.4.).



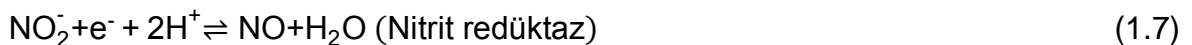
Nitritin nitrata oksidasyonu ise Nitrobakter cinsi bakteriler tarafından gerçekleştirilir (Eş. 1.5.).



Nitrifikasyon oksijenli ortamda gerçekleşen bir süreçtir ancak çözünmüş oksijen konsantrasyonu 0,3mg/L'nin altına düşene kadar devam edebilir. Nitrifikasyon hızı, çözünmüş hümik, organik madde miktarı yüksek olan nötral veya alkali göllerde düşük olmakla birlikte, pH 5'in altında olan asidik göllerde de yavaş ilerler (Wetzel, 2001).

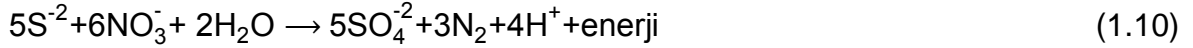
1.1.2. Denitrifikasyon

Denitrifikasyon, genellikle fakültatif anaerobik, birçok heterotrofik bakteri tarafından yürütülür. Bu bakteriler organik maddelerin oksidasyonu sırasında Nitrit ya da Nitratı son elektron alıcısı olarak kullanıp NO, N₂O, N₂ üretirler (Seitzinger, 1988). Denitrifikasyon sürecinde nitratın azot gazına indirgenmesi suyun alkalinitesini artırırken aşamalı gerçekleşen bu süreçte farklı enzim kullanımı gerekmekte ve yan ürün olarak sudaki çözünürlüğü düşük azotlu gazlar oluşmaktadır. Denitrifikasyon ürünleri elektron vericilerin türüne göre değişmesine rağmen suya olan alkalinite katkısı değişmemektedir. Yüksek oksijen konsantrasyonlarında veya sudaki düşük organik madde miktarına bağlı olarak bu gazların ortamda birikimi gözlenmektedir. Aşağıdaki reaksiyonlar bu süreci göstermektedir (Eş. 1.6. – 1.9.).





Denitrifikasyon oksijenin olmadığı veya çok az olduğu ortamlarda gerçekleşir. *Thiobacilluys denitrificans* sık rastlanan kemolitotrofik denitrifikasyon bakterisidir ve Eşitlik 1.10'daki reaksiyonu gerçekleştirir.



Micrococcus, *Serratia*, *Pseudomonas* ve *Achromobacter* gibi cinsler de düşük oksijen konsantrasyonlarında yaşamlarına devam eden heterotrofik denitrifikasyon bakterileridir (Jacoby, 2004)

1.1.3. Azot Fiksasyonu

Azot fiksasyonu atmosferdeki serbest azotun amonyağa indirgenmesidir ve nitrogenaz enzimi ile katalizlenir. Azot fiksasyonu prokaryotik organizmalar tarafından gerçekleştirilir. Ancak ökaryotik yeşil bitkiler de, N_2 fikse edici bakteriler ile simbiyotik ilişki kurarak bu işlemi gerçekleştirebilir. *Archaea* ve *Eubacteria* gibi birçok mikroorganizma N_2 fiksasyonu yapabilir (Cammack et al., 2001).

Azotun amonyuma redüksiyonu yüksek endergonik bir reaksiyondur ve ATP formunda metabolik enerji gerektirir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için en az 16 ATP'ye ihtiyaç vardır. Genel reaksiyon Eşitlik 1.11'de verilmiştir (Cammack et al., 2001).

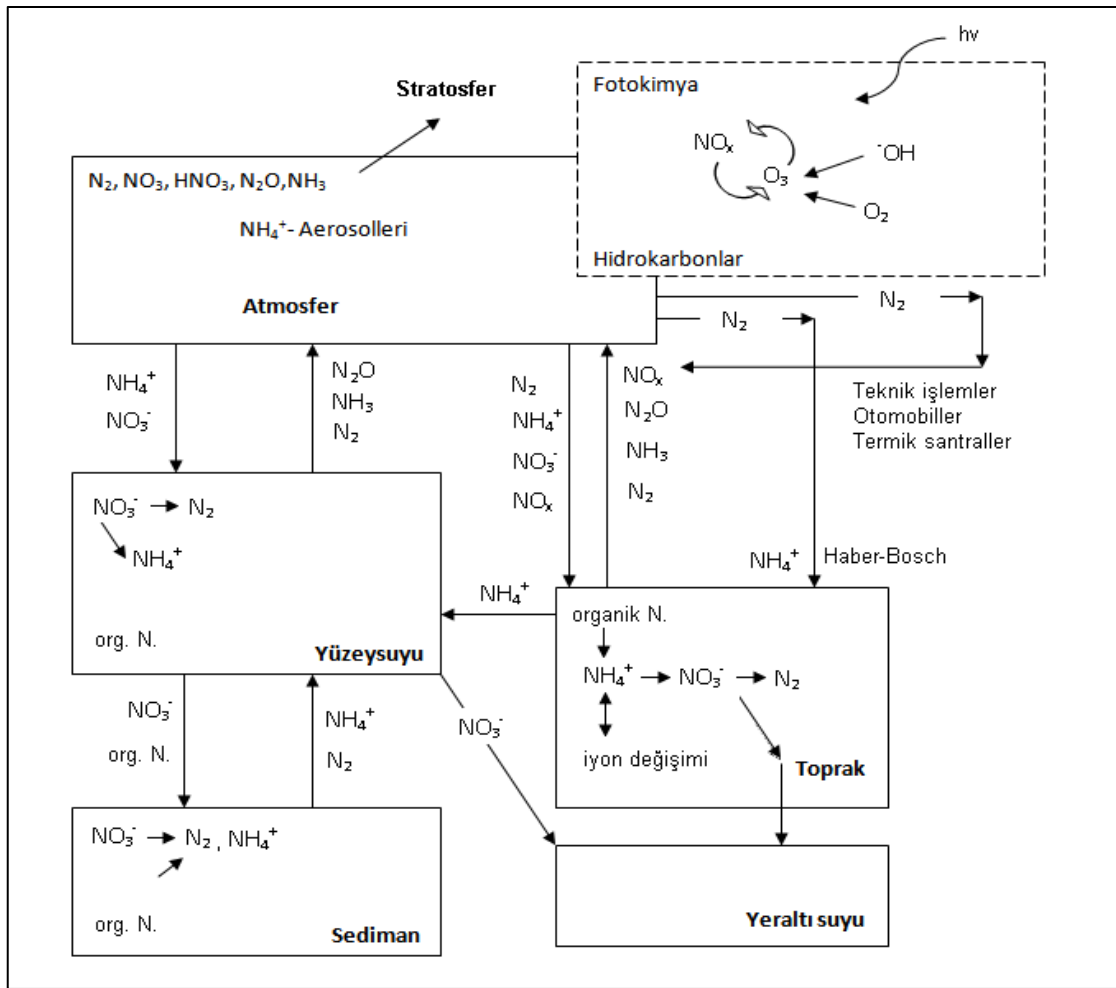


Atmosferdeki serbest azotun bağlanması antropojenik olarak da gerçekleşmektedir. Haber-Bosch Prosesi ile N_2 yüksek basınç, sıcaklık ve uygun katalizörler yardımı ile NH_3 'a çevrilir. Serbest azot, araç motorlarında, termik santrallerde olduğu gibi petrol ve fosil yakıtların yanması sırasında da Nitrojen oksitlere (NO_x) dönüşür. Tarımda kullanılan azotlu gübreler ve atmosfere NO_x gazlarının salımı toprak, su ve atmosferdeki reaktif azotların dağılım dengesini değiştirir. Birçok azotlu bileşiğin; atmosferde, sucul ve karasal ekosistemlerde olumsuz etkileri görülmektedir (Stumm and Morgan, 1995).

NH_3 buharlaşabilen bir bileşiktir ve çoğunlukla hayvan çiftliklerindeki gübrelerden atmosfere salınır. Amonyum çoğunlukla termik santrallerde oluşan NO_x kirliliğini azaltmak için de kullanılır (Eş. 1.12.).



NH_4^+ 'un nitrifikasyonu yağışlarla birlikte toprağın asitlenmesine neden olur. Amonyum ayrıca NO_2^- iyonu ile birlikte balıklarda toksik etki yaratır ve içme sularının klorlanmasına neden olarak klor ihtiyacını artırır (Stumm and Morgan, 1995).



Şekil 1.2. Farklı rezervuar ve ekosistemlerde azotlu bileşiklerin dağılımı ve taşınımının şematik gösterimi (Stumm and Morgan, 1995).

Çoğunlukla yanma sonucu oluşan NO ve NO_2 gazları; yağmur damlaları, sis ve bulutlardaki su içerisinde absorblanarak havadaki tozlar içinde taşınan amonyak ile birlikte asitleri (HNO_3) meydana getirir. Havadaki tozlar ve buharın birleşmesi ile birlikte aerosoller oluşmuş olur ve genellikle NH_4NO_3 içerir. NO ve NO_2 gazları

troposferde ozon oluşumuna neden olur ve bitkiler üzerinde toksik etkileri vardır. N₂O gazı stratosferdeki ozona zarar verir. (Stumm and Morgan, 1995).

N₂O gazının antropojenik kaynakları; özellikle simbiyotik azot fiske eden ürünlerin ve otlakların bulunduğu tarımsal alanlarda kullanılan suni ve doğal gübreler ile fosil yakıtlar, endüstriyel süreçler, atıksu arıtımıdır. N₂O gazı uzun ömürlü bir gazdır ve atmosferik yaşam süresi 114 yıl civarındadır. Antropojenik olarak yüz yıldan uzun bir süredir üretilen her bir N₂O molekülünün küresel ısınmaya etkisi tek bir CO₂ molekülünden 298 kat fazladır. 2000 yıllık buz verilerine (ice core) göre, N₂O konsantrasyonlarında 1800 yıl boyunca ufak değişimler olmasına rağmen, sanayi devrimi ile birlikte, göreceli olarak hızlı bir artış görülmüştür (EPA, 2010).

1.2. Göllerin Sınıflandırılması

Göller tüm hidrolojik sistemler ile yakından bağlantılı olmalarına rağmen dünya genelinde kapladıkları su hacmi çok düşüktür. Göllerdeki su oranı, yer altı suyu sirkülasyonu ve atmosferik su buharı ile karasal yeryüzü sularının yaklaşık %9'unu oluşturur. Tatlı su göllerinin toplam suyunun yaklaşık % 57'sini tektonik havzalardaki göller, %40'ının ise buzul alanlardaki göller oluşturur (O'Sullivan and Reynolds, 2005).

1.2.1. Kökenlerine Göre Göller

Göllerin, jeolojik süreçler ile oluşumlarına, yani kökenlerine göre sınıflandırılması 1800'lü yıllarda başlamıştır. Bu konudaki en detaylı çalışma 1957'de Hutckinson tarafından yapılmıştır. Buna göre 11 farklı formasyona ait 76 tip göl tanımlanmıştır. Buna yakın bir sınıflandırma Çizelge1.1'de görülmektedir (O'Sullivan and Reynolds, 2005).

Havzaların morfolojik şekilleri göllerin oluşum kökenleri hakkında bilgi verebilir. Dairesel şekilli göller genellikle volkanik patlamalar sonucu oluşan krater gölleridir. Eliptik şekilli olanlar kıyı alanlarında aşınma sonucu oluşmuştur. Üçgen şekilli olanlar vadilerin önlerinin kum tepeleri ile kapanması ya da yapay baraj gölleri gibi göllerdir. Çatallı şekiller vadi tabanlarının taşkına uğraması ile oluşur. Belirli bir şekli olmayan göller ise en karışık yapıda, genellikle havzaların birleşmesi ve taşkına uğraması ile oluşmuş göllerdir (O'Sullivan and Reynolds, 2005).

Çizelge 1.1. Kökenlerine göre sınıflandırılmış göl tipleri (O'Sullivan and Reynolds, 2005).

Tektonik havza gölleri
Volkanik göller
Toprak kaymaları (hareketleri) ile oluşan göller
Donmuş toprak ve buzulların hareketleri ile oluşan göller
Karstik olaylar ve çözünme prosesleri ile oluşan havza gölleri
Akarsu, delta ve taşkın havzalarında oluşan göller
Kıyı gölleri
Rüzgar aşındırması ile oluşan göller
Bitkisel birikim ve hayvansal aktiviteler ile oluşan göller
Yapay göl ve rezervuarlar
Meteorik çarpışmalar ile oluşan göller

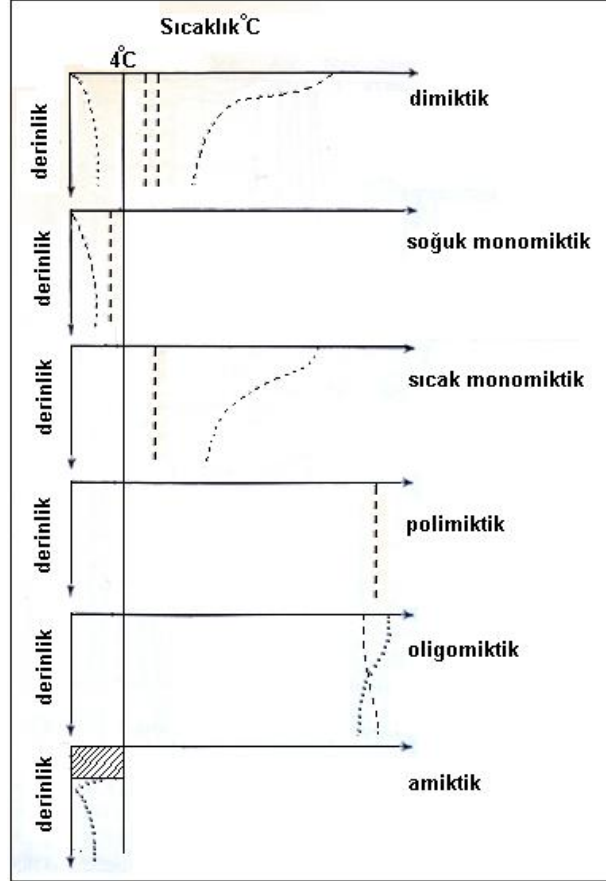
Göllerin potansiyel su kaynakları; yağışlar, karasal akışlı akarsular ve yer altı sularıdır. Su kayıpları ise buharlaşma, akarsular ve yer altı suları ile gerçekleşir. Hidrolik bekleme süresi; akış hızının sabit olduğu kabul edilerek, göldeki suyun yer değiştirmesi için geçen zamandır. Bu süre göllerin yapısına göre farklılık gösterir. Volkanik göller ya da buzul aşındırması sonucu oluşan göller Genellikle uzun hidrolik bekleme süresi gösterirken, özellikle yapay ve sığ göllerdeki hidrolik bekleme süresi daha kısadır (O'Sullivan and Reynolds, 2005).

1.2.2. Sıcaklık Değişimlerine Göre Göller

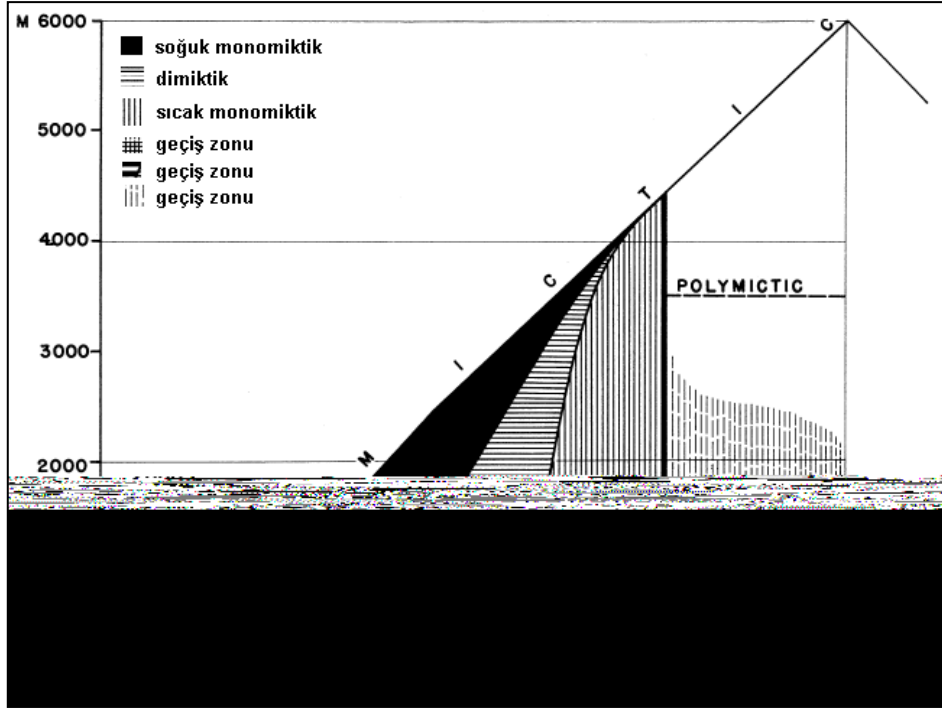
Göller sıcaklık değişimlerine göre de sınıflandırılabilir. Yılda iki kez dikey karışım gösteren göller dimiktik, bir kez karışım gösterenler monomiktik göller olarak tanımlanır. Yıllık sıcaklık değişimlerine göre sınıflandırılan göl tipleri Şekil 1.3'te gösterilmektedir (Jacoby, 2004). Şekil 1.4'te ise enlem ve boylamlara göre, göllerin hangi sıcaklık sınıflandırmasına dahil olduğu görülmektedir.

Dimiktik göller yaz ve kış tabakalaşması gösterirler. Kışın buz ile kaplı olan göl yüzeyi ilkbaharda ısınmaya başlar ve tüm su kolonunun karışması için ufak bir enerji yeterli olur. Bu karışımlarda yüzey alanı, rüzgar, derinlik gibi faktörler de etkilidir. Yaz aylarında göl yüzeyinin ısınması ile göl tabakaları arasında sıcaklık farkları görülür ve bu süreç gölde yoğunluk farkının da etkisi ile üç farklı tabakanın

görülmesine neden olur. Yüzeyleki homojen tabaka epilimnion, dipteki homojen tabaka ise hipolimnion tabakası olarak adlandırılır. Aradaki yüksek sıcaklık değışimi gösteren tabaka ise termoklin tabakası olarak isimlendirilir. Sonbaharda, göl yüzeyine etkiyen güneş enerjisi ve sıcaklık düşer ve dikey karışım başlar. Kış aylarında sıcaklığın 4°C'nin altına düşmesi ile dipte yoğun su bulunurken, yüzeyde buz oluşumu başlar. Böylece kış tabakalaşması başlamış olur (Jacoby, 2004).



Şekil 1.3. Sıcaklık düzenlerine göre sınıflandırılan göller. Noktalı çizgiler yaz ve kış tabakalaşmalarını, kesikli çizgiler ise dikey karışım derecelerini göstermektedir. Taralı alan buz katmanını gösterir (Jacoby, 2004).



Şekil 1.4. Enlem ve boylamlara göre göllerin dahil olduğu sıcaklık sınıflandırmaları (Wetzel, 2001).

1.3. Göllerin Trofik Seviyeleri ve Ötrofik Göller

OECD verilerine göre göllerin farklı trofik seviyelerine göre sınır değerleri belirlenmiştir. Bu sabit sınır değerler çeşitli su kalitesi parametrelerine dayandırılarak oluşturulmuştur (Çizelge 1.2.). Buna göre göller genel olarak, oligotrofik, mezotrofik ve ötrofik göller olarak sınıflandırılır.

Çizelge 1.2. Trofik sınıflandırma sistemine göre OECD sabit sınır değerleri (Mason 1996).

Trofik kategori	Ortalama fosfor konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)	Ortalama klorofil konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)	Maksimum klorofil konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)	Yıllık secchi - disk derinliği (m)	Minimum yıllık secchi - disk derinliği (m)
Ultra-oligotrofik	$\leq 4,0$	$\leq 1,0$	$\leq 2,5$	$\geq 12,0$	$\geq 6,0$
Oligotrofik	$\leq 10,0$	$\leq 2,5$	$\leq 8,0$	$\geq 6,0$	$\geq 3,0$
Mezotrofik	10-35	2,5-8	8-25	6-3	3-1,5
Ötrofik	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7
Hiperötrofik	≥ 100	≥ 25	≥ 75	$\leq 1,5$	$\leq 0,7$

Ötrofikasyon alıcı ortamlarda (göllerde) yaşlanma sonucu besin maddesi birikiminin artması ve bunların algler ve siyanobakteriler tarafından parçalanması sonucu sudaki birincil üretimin artışı olarak tanımlanabilir. Bu besin maddeleri genellikle azot ve fosfordur. Ötrofikasyon, antropojenik aktiviteler ile oluştuğu gibi doğal yollarla da meydana gelebilir (Mason, 1996).

Bazı bölgelerin jeomorfolojisi, su derinliği, gel-git dalgalarının şekli gibi doğal nedenlerle mineralizasyon artar ve oksijen konsantrasyonu azalabilir. Bu durum doğal ötrofikasyona örnek oluşturur. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan ötrofikasyon, noktasal ve noktasal olmayan kaynaklardan alıcı ortama deşarj edilen besin yükleri ile gerçekleşir. Tarımsal alanlar sentetik gübreler ve hayvan gübreleri, orman ve kentsel alanlardan gelen yüzey akışları noktasal olmayan kaynaklara, evsel ve endüstriyel atıksular ise noktasal kaynaklara örnektir. (Ekdal ve Tanık,2008). Ötrofikasyonun çevreye olan etkileri ve yarattığı problemler Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.3. Ötrofikasyonun alıcı ortama etkileri ve insanlar üzerinde yarattığı problemler (Mason, 1996).

Etkiler	Problemler
Tür çeşitliliği azalır ve baskın türler değişir.	Kullanma suyu arıtımı zorlaşabilir ve kaynaklarda kötü koku ve tat görülebilir.
Bitki ve hayvan biyokütlesi artar.	Su kaynakları sağlık için zararlı hale gelebilir.
Bulanıklık artar	Su kalitesi düşebilir.
Sedimentasyon hızı artar, gölün yaşam süresi kısalır.	Vejetasyonun artışı su akışını engelleyebilir.
Anoksik koşullar gelişebilir.	Ticari önemi olan türler ortadan kalkabilir.

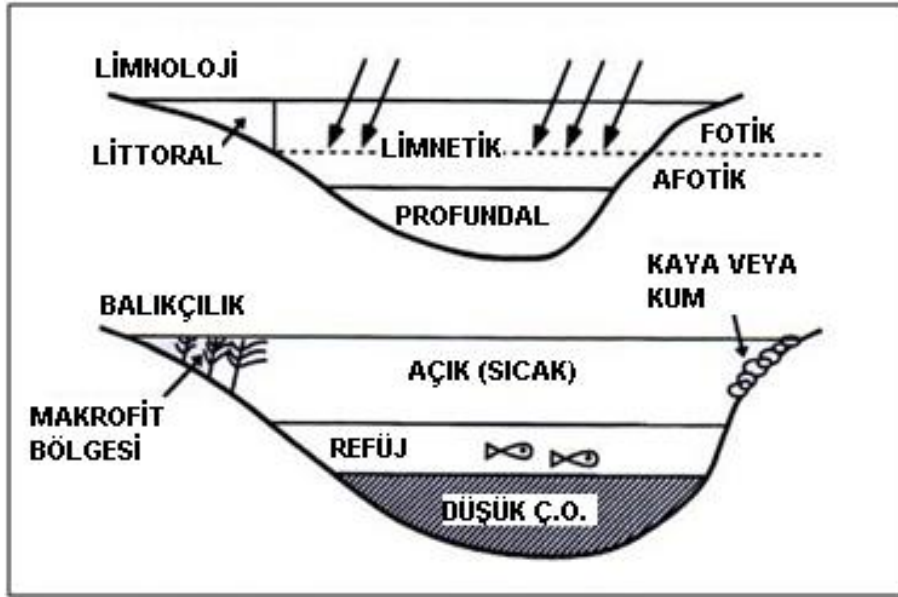
Bu bölüme kadar göller kökenlerine, sıcaklık değişimlerine ve trofik seviyelerine göre sınıflandırılmıştır. Son olarak göllerin farklı parametrelere göre hangi bölgelere ayrıldığı anlatılacaktır.

1.4. Göl İçerisindeki Bölgelemler

Derinlik ve ışık geçirgenliğine göre göl suyu fotik ve afotik zonlara ayrılır. Kıyıya yakınlık ve uzaklığa göre littoral ya da pelajik zon, derinliğe göre ise limnetik ve profundal zonlara ayrılır. Tüm bu zonlardaki, fitoplankton, zooplankton ve diğer canlı formların birincil aktiviteleri farklılık gösterir (Matthews, 1998).

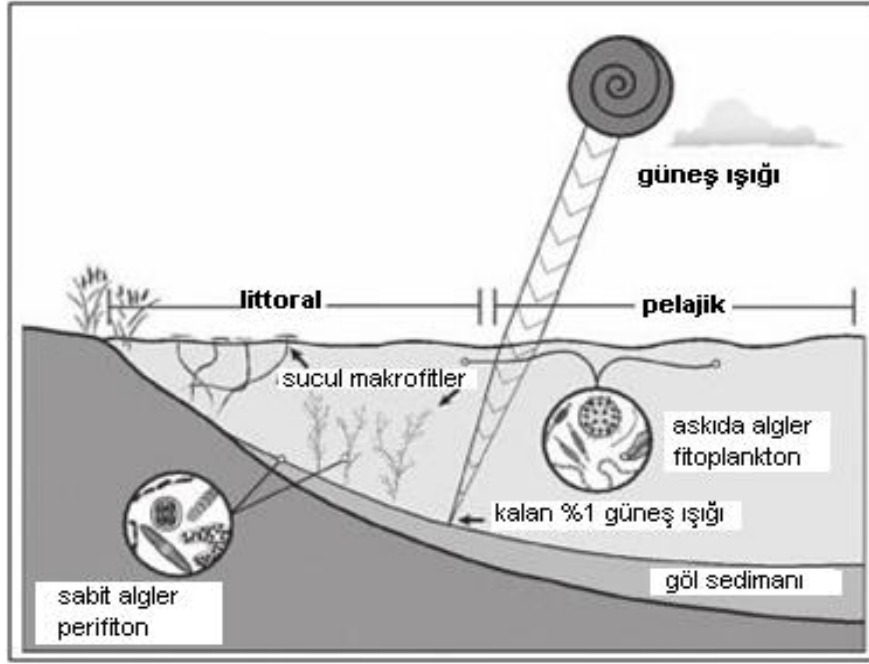
Littoral zon boyunca sucul makrofitler ve bunların yaprakları arasında yaşayan simbiyotik algler (perifiton) görülür. Pelajik zonda görülen tek ototrofik grup ise su kolonunda askıda kalan fitoplanktonlardır. Şekil 1.5'te bu bölgeler görülmektedir.

Bentik zon, sedimanın birkaç santimetre üstü ve altını kaplayan bölgedir. Bu bölge dar olmasına rağmen ekosistem açısından önemli bir bölgedir ve güneş ışığı ulaşmadığı için ototrofları barındırmaz. Oksik bentik zon omurgasızlar açısından zenginken, anoksik bentik zon sadece anaerobik bakteriler ve bazı özel protozoalara ev sahipliği yapar (Matthews, 1998).



Şekil 1.5. Gollerdeki teorik habitat bölgeleri (Matthews, 1998).

Fotik ya da limnetik zon güneş ışınlarının yaklaşık olarak en az %1'e kadar ulaştığı derinliktir. Bu zonun altında afotik ya da profundal zonda ise negatif ya da göz ardı edilebilecek derecede fotosentez gerçekleşir. Şekil 1.6'da bu bölgeler görülmektedir (Lewis, 2009)

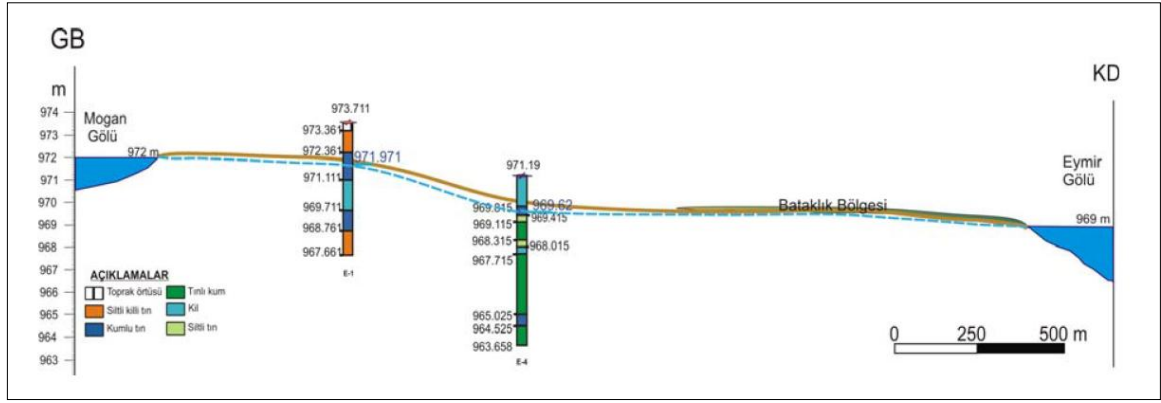


Şekil 1.6. Göllerdeki pelajik ve littoral bölgelerin gösterimi (Lewis, 2009).

1.5. Eymir Gölü

Eymir Gölü küçük tatlı sulardaki azotlu bileşiklerin çevrimini ve taşınımı incelemek için ideal bir göl sistemidir. Eymir Gölüne su girişi 972 m kotunda bulunan Mogan Gölünden gelen bir kanal ile sağlanmaktadır (Şekil 1.7.). İki göl arasında 3 metrelik bir su seviyesi farkı vardır. İki göl arasındaki alüvyonlu bölge (yaklaşık 2,5 km) yeraltı suyunun sisteme sınırlı ancak sürekli giriş yapmasına imkân vermektedir. Yeraltı suyu, alüvyonlu bölgede yüksek tutuklama kapasitesi ve düşük akış hızı nedeni ile gölün piston akış mekanizmasına destek vermektedir.

Eymir Gölü, İmrahor Deresi'nin kanyon şekilli vadisinin, Elmadağ doruklarından gelen Alicin Deresi'nin vadi ağzında oluşturduğu birikinti konisinin setleşmesi sonucunda oluşmuştur. Gölün S şeklinde oluşu ve kanyon vadi yamacındaki akarsu şekillerinin korelasyonu, akarsuyun şistlerden oluşan temele gömülü bir menderes morfolojisinde yerleşerek, bükümlü kanyon vadisini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. 100-200 m arasında derinlikte olan kanyon, epirojenik yarma vadi özelliği göstermektedir (Altınbilek vd., 1995).



Şekil 1.7. Eymir Gölü topografyası (Yurtseven, 2006).

Mogan Gölü'nün K-KD'sunda yer alan Eymir Gölü uzunluğu ortalama 4,9 km, eni 330 m, göl alanı 1.214 km² ve hacmi 3.509×10⁶ m³ tür. Göl su seviyesi deniz seviyesinden ortalama 968,24 m yükseklikte bulunmaktadır. EİE tarafından Ocak-1999 ve Aralık-2004 tarihleri arasında yapılan aylık ölçümlere göre Eymir Gölü'ndeki su seviyesi Nisan ve Mayıs aylarında maksimum (ortalama 968,57 m), Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise minimum (ortalama 968,02 m) olmaktadır.

Eymir Gölü, hidrodinamik ve su kalitesi açısından zamanla değişikliğe uğramıştır. 1969 Yılındaki aşırı yağışların Mogan Gölü'ndeki su seviyesini yükseltip maddi zarara yol açmasını takiben, 1972 yılında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapımı tamamlanan bir kanal vasıtasıyla Mogan Gölü'nün fazla suları kendisinden 3 metre daha alçakta olan Eymir Gölü'ne akıtılmaya başlamıştır. Gölbaşı Belediyesi, TEDAŞ Sosyal Tesisleri ve göl yakınlarındaki mezbahanın atık sularına maruz kalan Eymir Gölü çok hızlı bir ötrofikleşme sürecine girmiştir. 22 Ekim 1990 tarihli ve 90/1117 sayılı kararname ile Özel Çevre Koruma Alanı ilan edilen Eymir Gölü, Özel Çevre Koruma Kurumunun yetkisi altına verilmiştir. 1992 Yılına kadar Orta Doğu Teknik Üniversitesinin içme suyu ihtiyacı Eymir Gölü'nden karşılamakta iken, bozulan su kalitesi nedeniyle Eymir Gölü'nden içme suyu amacıyla yararlanılmasından vazgeçilmiştir (Altınbilek vd., 1995).

Bu olumsuz gelişmeleri engellemek ve Eymir Gölü'ndeki su kalitesini iyileştirmek için 1994 yılından itibaren çeşitli önlemler alınmıştır. Gölün yakınında bulunan mezbaha Gölbaşı Belediyesi tarafından kapatılmıştır. TEDAŞ Sosyal Tesislerinin atık suları ise Gölbaşı Belediyesi kanalizasyon şebekesine bağlanmıştır. Gölbaşı Belediyesi'nin atık sularının Eymir Gölü'nü by-pass geçmesi için Ankara Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ)

tarafından gölün etrafından geçen bir kanal döşenmiş ve 1998 yılında hizmete girmiştir. Ancak bu kanalın hemen başında bulunan pompa istasyonunun düzgün çalışmaması sonucunda Eymir Gölü Gölbaşı'ndan gelen atık sular için alıcı ortam olmaya devam etmiştir (Altınbilek vd., 1995).

Eymir Gölü için noktasal kaynaklar incelendiğinde, göle kirlilik taşıyan en büyük unsurun Gölbaşı'nın atık sularının boşaltıldığı Mogan ve Eymir Göllerini birbirine bağlayan kanal olduğu tespit edilmiştir. Bu nokta kaynağın Eymir Gölü'ne taşınan toplam kirliliğin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) olarak %84.37'sini; 5 günlük Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ5) olarak %96.66'sını; Toplam Fosfat Fosforu olarak %83.54'ünü; Toplam Katı Madde olarak %27.46'sını; Toplam Kjeldahl Azotu olarak %93.33'ünü ve Potasyum olarak %97.21'ini oluşturmaktadır. Kışlakçı Deresi ise %72.54'lük toplam katı madde kaynağı olarak dikkat çekmektedir (Korkusuz, 1998; Altınbilek vd., 1995; Bayar vd., 1997).

Eymir Gölü'nde pek çok kişinin değişik zamanlarda yaptığı farklı çalışmalar göldeki değişimi göz önüne sermektedir. 1949 yılında Geldiay, "Çubuk Barajı ve Eymir Gölü'nün makro ve mikro faunasının mukayeseli incelenmesi" adlı çalışmasında gölü ötrofik olarak sınıflandırmış ve maksimum 9 metre derinlik ölçmüştür. Altınbilek ve diğerlerinin (1995) çalışmalarında 1969 ve 1984 yıllarına ait batimetrik haritalar incelenmiş, 25 yıllık süre zarfında, Eymir Gölü'nde biriken sediman miktarının 456000 m³ olduğu hesaplamıştır. Bu çalışma kapsamında, 1993 yılının Temmuz, Eylül, Kasım ve Aralık ayları ile 1994 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında, dört nokta ve bu noktalardaki üçer farklı derinlikte su kalitesi parametreleri incelenmiştir. Sıcaklığın yükseldiği aylarda 1-2 metre derinlikten aşağısının tamamıyla oksijensiz kaldığı; ortalama klorofil-a (Chl-a) derişiminin 24 mg/m³, ortalama toplam fosfor (TP) derişiminin 150 mg/m³, ortalama toplam azot (TN) derişiminin 2276 mg/m³ olduğu belirlenmiştir. Secchi disk (SD) derinlikleri 0.25 - 0,7 metre arasında değişmiştir. Yapılan ölçümler, çalışma yapılan zaman aralığında gölün hipertrofik bir göl olduğunu göstermiştir. Fitoplankton birincil üreticiler olarak belirlenmiş, makrofitlerin etkisi minimal düzeyde kalmıştır.

1997-1998 periyodunda yapılan çalışmada (Beklioğlu vd., 2003) ortalama TP, Chl-a ve SD değerleri sırasıyla 324 µg/l, 19 µg/l ve 101 cm olarak belirlenmiştir. Bu dönemde by-pass hattı devrededir. 1998-1999 yılında gölde biyomanipülasyon uygulaması başlatılmıştır (Beklioğlu vd., 2003). Bu süreçte ortalama TP, Chl-a,

TKM ve SD değerleri sırasıyla 381 µg/l, 9,4 µg/l, 11,4 mg/l ve 262 cm, olarak kaydedilmiştir. 2001 yılında kuraklığa bağlı 1 m derinlik azalması gözlenmiştir. Dip bölgesinin makrofitlerle kaplanan alan oranı %90'lara ulaşmış, 2002'de su seviyesinin artmasına paralel olarak bu oran %63'e düşmüştür. Bu dönemde ortalama Chl-a derişimi 21 µg/l olarak ölçülmüştür (Beklioğlu vd., 2003).

Elahdab (2006) tarafından yapılan çalışmada 2004-2005 döneminde 4 ayrı noktadan ve üç ayrı derinlikte olmak üzere örnekler alınmış ve çeşitli su kalitesi parameterleri incelenmiştir. Bu çalışmada su kalitesinin aşırı alg üremesine ve su derinliğindeki azalmaya bağlı olarak daha da bozulduğu ortaya çıkmıştır. Yaz aylarında gölde gözlenen pH değerinin 9'a, Ekim ayında ise 10'a kadar çıktığı rapor edilmiştir. Bu durum göldeki azotun atmosfere salınmasına olanak sağlayacak koşulların oluşabileceğinin bir göstergesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Karasal iç sular ve göller, azotlu bileşiklerin noktasal olmayan önemli salım kaynaklarıdır. Tatlı sularda azot döngüsünün basamakları ve bu basamakları etkileyen hidrolojik ve kimyasal faktörlerin tam olarak ortaya çıkarılamamış olması yapılan çalışmaları önemli hale getirmiştir.

Bu konuda; SCI' e giren hakemli dergilerde yayınlanan makaleler, alt başlıklar halinde incelenmiştir. Bölüm 2.1'deki makalelerde, sediman su fazları arasındaki nitrifikasyon, denitrifikasyon mekanizmaları yerinde ve laboratuvar mikrokozmlarında incelenmiştir. Ardından, bu mekanizmalar üzerinde; farklı iyonların ve sediman organik madde içeriğinin etkisinin incelendiği çalışmalar ile devam edilmiştir. Tatlı sulardaki makro ve mikroorganizmaların, azot metabolizmasına olan etkisinin incelendiği çalışmalara da değinilmiştir.

Bölüm 2.2'deki makalelerde, tatlı suların su fazları arasındaki azot metabolizmaları mevsimsel olarak özellikle profundal bölgede çalışılmış, sediman üzerindeki hipolimnion tabakasının anoksik durumunu inceleyen makalelere yer verilmiştir. Bunun dışında, kütle denkliği ile matematiksel modeller oluşturularak azot yükleri incelenen çalışmalara da değinilmiştir.

Son olarak; bölüm 2.3'te, reaktif azotlu bileşiklerin su – hava ara fazındaki akıları, bunların üzerindeki antropojenik etkiler ve çeşitli göllere ait sera gazı salımlarını inceleyen çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Sediman – Su Fazında Yürütülen Çalışmalar

Bu konu hakkında yakın dönemde yapılan çalışmalar, yöntemlerine ve incelenen parametrelere göre gruplanabilir. Çalışmaların büyük bir kısmı sediman - su fazı arasındaki akılar ve nitrifikasyon - denitrifikasyon hızları ile ilgilidir. Yerinde “*in – situ*” olarak yürütülen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Huron Gölü sediman – su fazları arası azot akıları, “yerinde bentik çember deneyi” ile araştırılmıştır. Kumlu sediman yapısı gösteren gölün, amonyum salım hızı 74 - 350 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{sa}^{-1}$ arasında ölçülmüştür (Gardner et al., 2001).

Güneybatı Polonya'daki dört rezervuarın sedimanında, denitrifikasyon ve oksijen tüketim hızları, in-situ olarak kapalı bir su çemberi içinde ölçülmüştür. Denitrifikasyon hızları tüm göller için $1100 \mu\text{mol N}_2 \text{ m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olarak, O_2 tüketim hızları ise $141 - 1890 \text{ mmol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olarak bulunmuştur. İki proses de 23°C 'de 12°C 'ye göre daha yüksek hızda ölçülmüştür. Sudaki yüksek nitrat konsantrasyonu ve sedimanda yüksek organik madde içeriği denitrifikasyon hızını arttırırken organik madde konsantrasyonu O_2 tüketim hızını etkilememiştir. Denitrifikasyonun ara ürünü olarak N_2O üretimi muhtemelen düşük pH ($\text{pH} < 7,3$) nedeniyle gözlenememiştir (Tomaszek and Czerwieńiec, 2003).

Hiperötrotfik Taihu Gölü littoral ve pelajik bölgelerinde statik çember metoduyla çalışılmış ve sediman – su ara fazlarında N_2O akıları incelenmiştir. Zamansal olarak littoral bölgedeki N_2O akısının $-278 - 2101 \mu\text{g m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$, pelajik bölgedeki N_2O akısının ise $-177 - 164 \mu\text{g m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ arasında değiştiği ölçülmüştür. En yüksek N_2O salımları, alg patlaması döneminde gözlenmiştir. Littoral bölgede geniş bölgesel değişiklikler görülmektedir. Redoks potansiyeli, sıcaklık ve azot kaynakları infralittoral bölgedeki N_2O konsantrasyonunu kontrol ederken pelajik bölgede bu etkiler zayıftır. Bu da azot döngüsünün littoral bölgede daha şiddetli olduğunu göstermektedir (Wang et al., 2007). Aynı göl üzerinde yapılan bir diğer çalışma Mikroalgal fotosentez ile ilişkili O_2 dinamikleri ve sediman – su ara fazındaki organik madde ayrışmasının N_2O üretimine oldukça kısa sürelerde etki ettiğini göstermiştir. Ayrıca aynı çalışma, N_2O doygunluk derecesinde gün içinde de önemli farkların olduğunu ortaya çıkarmıştır. (Wang et al., 2010).

Genellikle ötrofik göl sedimanında yürütülen çalışmaların diğer bir türü, laboratuvar mikrokozmu deneyleri ile yapılan çalışmalardır. Aşağıda özetlenen çalışmalarda nitrifikasyon ve denitrifikasyon hızları ölçülmüş, bu süreçler üzerinde etkili olan parametreler incelenmiştir. Sonuç olarak NO_3 konsantrasyonunun, denitrifikasyon üzerinde etkili bir faktör olduğu gözlenmiştir.

Hiperötrotfik göl sedimanından alınan numuneler ile sürekli karışimli kesikli inkübasyon ile havalandırılan bir sistem kurulmuştur. Sistemde nitrifikasyonun ilk basamağı $0,36 \text{ mg N L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ 'lik reaksiyon hızı göstermiş, ikinci basamak ise amonifikasyon ile oluşan NH_4^+ üretim hızına göre sınırlanarak $0,15 \text{ mg N L}^{-1} \text{ sa}^{-1}$ ölçülmüştür. Denitrifikasyon hızı da NO_3 miktarı ile limitlenmiş ve sınırsız NO_3

konsantrasyonuna sahip koşullar altında hızı $0,11 \text{ mg L}^{-1} \text{ sa}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Sedimanın ilk 27 cm'sinde denitrifikasyon temel prosesken, 27cm'den derin bölgelerinde nitrifikasyon baskın proses haline gelmiştir (Dangelo and Reddy, 1993).

Japonya Suwa Gölü'nde, bu kez sadece sediman denitrifikasyon hızı değil mevsimsel değişimler de incelenmiştir. Denitrifikasyon hızının bahar ve kış aylarında yüksek yazın ise nispeten düşük olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada da NO_3 'ün denitrifikasyon üzerindeki birincil kontrol faktörü olduğu öne sürülerek, su kolonunda NO_3 konsantrasyonunun düşmesi ile yaz aylarında denitrifikasyon hızının da düştüğü bulunmuştur. Günlük denitrifikasyon hızı $0-1800 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ arasında değişmekte, yıllık denitrifikasyon hızı ise $0,15 \text{ mol N m}^{-2} \text{ yıl}^{-1}$ olarak ölçülmektedir. Denitrifikasyon ile yıllık azot yükünün %5'i giderilmektedir (Hasegawa and Okino, 2004).

ABD'nin Waco sulak alanında yapılan çalışmada, sedimanın sulak alan NO_3 gideriminin %50'sini gerçekleştirdiği ve amonyum üretim kaynağı olduğu, sulak alanların ise amonyum giderimi yaptığı belirlenmiştir. Bu bölgede NO_3 konsantrasyonunun %90'ının su giriş noktasının ilk 500 metresinde harcandığı görülmüştür. Potansiyel sediman denitrifikasyonunun $54 - 278 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$, potansiyel nitrat – amonyum redüksiyonunun $1,3 - 33 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olduğu, azot fiksasyonunun ise $0 - 426 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ arasında değiştiği ölçülmüştür. (Scott et al., 2008).

Sediman üzerinde yürütülen laboratuvar çalışmalarında, sera gazlarının sediman – su ara fazındaki akısı değişik faktörlerin etkisi altında incelenmiştir. Aşağıda bu çalışmalar yer almaktadır.

Finlandiya'da ötrofik bir boreal gölün, littoral sedimanından alınan ve vejetasyon barındıran numuneler ile CO_2 , CH_4 ve N_2O akıları çalışılmıştır. Sediman üzerindeki su tabakasının arttırılması, CH_4 salımını arttırmış ancak CO_2 salımını düşürmüştür. Sıcaklık artışı ise her iki gazın da salımını arttırırken, N_2O salımında değişme olmamıştır. Düşük nitrat konsantrasyonu N_2O üretimini büyük bir şekilde düşürmüştür, sisteme nitrat katkısı yapıldığında ise N_2O üretimi yüz kat artmıştır. Ortama NH_4^+ eklenmesinin, N_2O akısını arttırmaması, sedimanın düşük nitrifikasyon kapasitesi olduğunu göstermiştir (Liikanen, et. al., 2003c). Hiperötrofik

Kevaton Gölü sedimanında yapılan çalışmada da sediman yüzeyindeki suda NO_3 konsantrasyonu arttığında N_2O salımının arttığı görülmüştür. Bu çalışmada O_2 , NO_3 ve SO_4^{2-} varlığının CO_2 , CH_4 ve N_2O akısına olan etkisi incelenmiştir. Sığ (4m) ve düşük organik madde içeren bölge sedimanında tüm oksidanlar CH_4 çıkışını baskılamıştır. Yüksek organik madde içeren, derin bölge (9m) sedimanında ise O_2 varlığı CH_4 çıkışını baskımlarken, SO_4^{2-} 'in bir etkisi görülmemiştir (Liikanen et al., 2002).

Aynı Göl üzerinde yapılan bir başka çalışmada, bu kez mevsimlerin ve oksijen varlığının etkisi incelenmiştir. Littoral ve sığ profundal bölgelerden yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde alınan bozulmamış sediman numuneleri, aerobik ve anaerobik koşullarda inkübe edilmiştir. Sediman yüzeyinde artan oksijen varlığı CH_4 , NH_4^+ ve P salımını düşürürken, N_2O , NO_2 ve NO_3 akılarında yükselme görülür. CO_2 konsantrasyonunda ise bir etki görülmemiştir. En yüksek CO_2 , CH_4 , NH_4^+ ve P salımları yaz ve ilkbahar aylarında derin profundal sedimanda ve yüksek karbon varlığında en yüksek ölçülmüştür. Kış aylarında, yaz ve sonbahara göre ölçümlerin düşük olması, birincil üretimden sağlanan taze organik maddeden kaynaklanıyor olabilir. Sığ profundal sedimanda, CH_4 , NH_4^+ ve P akışları düşük olmasına rağmen diğer örneklem noktalarına göre en yüksek N_2O konsantrasyonu burada ölçülmüştür. Geniş yüzey alanları nedeniyle littoral ve sığ profundal bölgeler tüm gaz ve nütrient bütçesi açısından en yüksek öneme sahiptirler (Liikanen et al., 2003a).

Benzeri bir çalışma, Kanada, Ontario Gölü'nün littoral ve profundal bölgelerinden alınan numuneler üzerinde yapılmıştır. Profundal bölge sedimanında 0,5 - 2mm'lik, littoral bölge sedimanında ise 2,5 - 6mm'lik ince oksik tabakalar bulunduğu ve metan, amonyum oksidasyonunun bu bölgelerde gerçekleştiği öne sürülmüştür. Sediman yüzeyinden ölçülen CH_4 , NH_4^+ ve O_2 akıları sırasıyla 0 – 23 $\text{mmol m}^{-2} \text{gün}^{-1}$, 0 - 2,5 $\text{mmol m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ve 0 – 14 $\text{mmol m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Buna göre metan; metanotroflar ve nitrifikasyon bakterileri arasında oksijen ve amonyum için olan yarışma nedeniyle, nitrifikasyonu baskılıyor olabilir. Nitrifikasyon için metan tüketimi, oksijen tüketiminden daha önemli olabilir (Roy et al., 1996). Yine Kanada'da yürütülen başka bir çalışmada, sedimanda metan gazı ilavesinin etkileri incelenmiştir. Hamilton Limanı'ndan alınan tatlı su sedimanı örneklerine 1 – 24 μM metan gazı ilavesi yapılmış ve katkı yapılmış numunelerin, katkı yapılmamış

olanlara göre daha hızlı nitrifikasyon ve N₂O üretimi yaptıkları görülmüştür. 84µM ve üstündeki CH₄ konsantrasyonlarında, nitrifikasyonun baskılanması, metanotroflar ve amonyum okside eden mikroorganizmalar arasında O₂ için ya da mineral N için bir yarışma olma ihtimalini gösterir (Roy and Knowles, 1994).

Ötrofik bir göl sedimanında yapılan başka bir çalışmada da metan ve nitroz oksit dinamikleri amonyum iyonundan çok oksijen ile ilişkili bulunmuştur. Alınan numuneler ile oluşturulan mikrokozmoz deneyinde, anoksik ve oksik şartlarda ve değişen NH₄⁺ iyonu konsantrasyonlarında çalışılmıştır. Anoksik koşullarda sedimandan 7,9 mmol m⁻² gün⁻¹ lük CH₄ salımı görülmüştür. En yüksek N₂O salımı, NH₄⁺ iyonu yokluğunda ve oksijenli ortamda 7,6 mmol m⁻²gün⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bu çalışmaya göre ötrofik göllerde anoksik koşulların CH₄ üretimi bakımından baskın olduğu söylenebilir (Lilkanen and Martikainen, 2003b).

Sedimanın organik madde içeriği gibi özelliklerinin nitrifikasyon ve denitrifikasyon hızı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bunu belirlemek amacı ile farklı organik içerikteki sedimanları karşılaştırmak üzere yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

İlk çalışmada araziden bozulmadan alınan ve NH₄⁺ ile zenginleştirilen laboratuvar inkübasyonu işlemlerinden sonra elde edilen iki tür göl sedimanı, nitrifikasyon hızları açısından karşılaştırılmıştır. Doğal sedimanda bölgesel heterojenlikler görülmekle birlikte nitrifikasyon hızı ve NH₄, NO₂ oksitleyen bakteri miktarı daha düşük ölçülmüş, mikrokozmoz sedimanın ise işlem görmüş olması heterojenliğin düşmesini sağlamış, nitrifikasyon hızı ve bakteri sayısı ise doğal sedimana göre daha yüksek bulunmuştur (Altmann et al., 2004). Benzeri bir çalışma da sığ ve ötrofik bir göl olan Nuldernauw Gölü'nde, kumlu ve çamurlu sediman numuneleri incelenerek yapılmıştır. Sediman numuneleri bir yıl boyunca inkübasyona bırakılmış, oksik ve anoksik koşullarda, 2,12 ve 23°C'lerde, N₂, NH₄⁺ ve CH₄ akıları ölçülmüştür. 12°C'de tüm akıların arttığı gözlenmiştir. Aynı sıcaklıkta N₂ akıları çamurlu sedimanda daha fazla ölçülmüştür. Bu durum, çamurlu sedimanda daha çok tüketilebilir organik madde olması ile ilişkili olabilir. Denitrifikasyon miktarları da bundan etkilenir. Çamurlu sedimanda toplam azotun %75-90'ı denitrifiye olurken, kumlu sedimanda %45-65 kadarı denitrifikasyona uğramıştır. Fitoplanktonların ilkbahar patlamasından hemen sonra alınan sediman

numunelerinde, diğer tarihlerde alınanlara nazaran daha yüksek NH_4^+ akısı daha düşük NO_x akısı gözlenmiştir. İlerleyen dönemlerde ise oksijenin tamamen tüketilmesi ile birlikte çok daha az neredeyse hiç denitrifikasyon meydana gelememiştir (Van Luijn et al., 1999).

Organik madde açısından zengin ve fakir, iki tatlı su sedimanı üzerinde yapılan bir başka çalışmada, sedimanlar amonyak ve nitrit ile zenginleştirilmiş ve mikrokozmlarda inkübe edilmiştir. Sedimanın üstündeki ince oksik yüzey katmanı başlangıç nitrifikasyonu açısından yüksek hıza sahiptir. 4 haftalık inkübasyondan sonra iki sediman türünde de amonyum tüketimi düşmüş nitrit tüketimi ise organik açıdan zengin olan sedimanda azalmıştır (Stief et al., 2003).

Tropikal bölgelerde göllerin littoral bölgelerin kurak ve sulak dönemler yaşanmaktadır. Bu dönemlerde sedimanda nitrifikasyon ve denitrifikasyon hızları değişmektedir. Bunu belirlemek amacıyla, Japonya'daki Biwa Gölü'nde, bu iki dönemde, littoral bölge sedimanları denitrifikasyon hızlarına göre incelenmiştir. Atmosfere açık olan kuru alanda nitratın potansiyel denitrifikasyon hızı $0,77 - 1,5 \mu\text{g N m}^{-3} \text{sa}^{-1}$ arasında değişirken, su altında kalan alanda $0,13 - 0,26 \mu\text{g N m}^{-3} \text{sa}^{-1}$ arasında değişmektedir. Kurak ve sulak dönemlere göre maksimum denitrifikasyon hızındaki dalgalanma denitrifikasyon bakterilerinin oksijenli solunumdan etkilendiğini ve denitrifikasyon enzimlerinin, kuru dönemdeki nitrifikasyon sırasında üretilen nitrat ile harekete geçtiğini göstermektedir. Yarı doygunluk katsayısı verilerinden ise denitrifikasyon bakterilerinin; kuru dönemde yüksek nitrat afinitesi gösterenler, ıslak dönemde ise düşük nitrat afinitesi gösterenler ile yer değiştirdiği anlaşılmaktadır (Akatsuka and Mitamura, 2011).

Benzeri bir çalışma Amazon'da, taşkın havzasında yer alan bir gölde yürütülmüştür. Kurak dönemden bir hafta sonra inorganik azotun büyük bir kısmı ortadan kalkar. Bu kayıptaki en önemli mekanizma nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleridir. 10 günlük bir süreç içerisinde kurak dönemin toplam denitrifikasyonunun %59'u toplam nitrifikasyonunun ise %94'ü gerçekleşir. Denitrifikasyon sedimanın üst katmanlarındaki düzensiz dağılmış oksidasyon ve redüksiyon bölgeleri ile ayarlanır (Koschorreck, 2005).

Son olarak sedimanda gelişen, makrofitler ve sazlıkların nitrat redüksiyonuna etkisi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, sazlıkların azot tüketim bölgeleri olduğu görülmektedir.

Taihu Gölü littoral bölgesinde, sazlıklı bir bölüm ve boş göl kıyısı olmak üzere iki farklı özellik gösteren alan üzerinde çalışılmıştır. Sazlık bölgesi gölün azot tüketim noktasıyken, boş kıyı bölgesi hiçbir etki göstermez. Büyüme döneminde sazlık bölgesinde, boş kıyıya göre 3-5 kat daha yüksek NO_3 konsantrasyonu ölçülürken, NH_4^+ konsantrasyonu düşer. Toplam çözünmüş azot miktarı bölgesel olarak önemli bir değişim göstermezken, zamansal olarak gösterir. Bu da sedimandan salınan azotun büyük bir kısmının açık suda hareket etmediği sonucunu doğurur. Ocak ayında, toplam çözünmüş azot ve NH_4^+ konsantrasyonları en yüksekken, mart ayında NO_3 konsantrasyonu en yüksek ölçülmüştür. En düşük konsantrasyonlar ise temmuz ve ağustos döneminde görülür. Sonuç olarak sazlık bölgesinin yüksek azot dönüşüm potansiyeli göstermekte olduğu söylenebilir (Wang et al., 2007).

Çin'deki sığ Baiyangdian Gölü'nde yapılan başka bir çalışmada, sazlık bölgesinden salınan N_2O 'nun, sedimandan salınan toplam N_2O 'nun %45,8 - 52,8'ini oluşturduğu belirlenmiştir. Sazlık bölgesindeki N_2O salımı, sazlıkların büyüme döneminde mezokozm deneyleri ile ölçülmüştür. Aylık ve günlük N_2O emisyonlarının sazlık yerüstü biyokütlesi ve hava sıcaklığı değişimi ile pozitif korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Sucul ve karasal alanlar arasındaki geçiş bölgesinden salınan N_2O konsantrasyonu, su altında kalan bölgeye göre % 9,4 - 26,1 fazla bulunmuştur. Gölden yıllık N_2O salımının, yaklaşık 114,2 ton olduğu tahmin edilmektedir (Yang et al., 2012).

Third Gölü sedimanı ile kurulan mezokozm deneylerinde ise sazlıklar dışında, göldeki diğer bitki grupları ve sediman bakterilerinin nitrat özümsemesindeki etkisi incelenmiştir. En yüksek nitrat özümsemesinin $29,5 \text{ mg N m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ ile makrofitler tarafından gerçekleştirildiği, ardından sediman mikroorganizmaları ($14,4 \text{ mg N m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) ve epifitlerin ($5,7 \text{ mg N m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$) geldiği görülmüştür. Nitrat kaybının %84'ü denitrifikasyon ile $292,4 \text{ mg N m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir (Kreiling et al., 2011). Nitrat konsantrasyonu üzerinde halkalı solucanlar şubesi "oligochaete" lerin de etkisi de incelenmiştir. Ötrofik Ringsjon Gölü sedimanı, elekten geçmiş ve

bozulmamış olarak, ayrıca iki farklı nitrat konsantrasyonunda, mezokozm deneylerinde kullanılmıştır. Nitrifikasyon ve toplam denitrifikasyon hızları oligochaete biyokütlesi ile pozitif korelasyon göstermiştir. Metrekarede 0 - 4 g kuru oligochaete ağırlığı başına, 33 – 268 μM nitrat ölçülmüştür. Yüksek nitrat konsantrasyonunda denitrifikasyon “oligochaete” ler tarafından daha çok arttırılmıştır. Nitrifikasyon ise metrekarede 3 – 5 g oligochaete yoğunluğunda en yüksek olarak ölçülmüştür (Svensson et al., 2001).

Bir başka çalışmada azot açısından zengin bir gölde archaeal ve bakteriyel amonyak oksitleyici mikroorganizmaların littoral bölgedeki dağılımı incelenmiştir. Bakteriyel amoA geni ile bakterilerin sediman yüzeyinde dominant ancak alt tabakalarda çok azalmakta olduğu gözlenmiştir (Wang et al., 2012).

2.2. Su Kolonunda Yürütülen Çalışmalar

Göl sedimanlarında yapılan çalışmalara nazaran su kolonunda daha az çalışmaya rastlanmaktadır. Ancak göllerin, özellikle profundal bölgelerinden alınan numuneler ile yapılan analizler önemli sonuçlar vermektedir. İncelenen çalışmalardan, nitrifikasyonun genellikle sonbahar ve kış aylarında, denitrifikasyonun ise ilkbahar ve yaz aylarında artış gösterdiği sonucu çıkarılabilir. Yapılan çalışmalar aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Alp eteklerindeki mezotrofik bir göl olan Bled Gölü'nde, gölün en derin noktasından alınan su numunelerindeki çözünmüş ve partiküler organik maddenin yapısındaki kararlı karbon ve azot izotopları ile yapılan çalışmada, ağustos ve eylül aylarında 24 metrenin altında POM'nin ana kaynağının metanotrofik bakteriler olduğu, saptanmıştır. 12-18 metrelerde eylül ve ekim aylarında nitrifikasyonun, ekim ayında denitrifikasyonun aktif olduğu, aralık ayında ise organik maddenin parçalanmasını takiben parçalanmış ürünlerin nitrifikasyonunun arttığı görülmüştür (Bratkic et al., 2012). Kaliforniya Mono Gölü'nde yapılan başka bir çalışmada su kolonunda en yüksek amonyak oksidasyon aktivitesi 12-14m'lerde görülmüştür. Maksimum bütünleşmiş nitrifikasyon hızı ise Kasım ayında gözlenmiştir (Carini and Joye, 2008).

Mississippi Nehri'nin kuzey bölgesinde yapılan bir çalışmada, nitrat akısının dağılımı incelendiğinde, ortalama denitrifikasyon hızları sonbaharda 0,02

İlkbaharda ise $0,4 \mu\text{g N cm}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Laboratuvar deneyleri denitrifikasyonun, NO_3 eklenmesi ile arttığını, glukoz eklenmesi ile çok az bir artış olduğunu göstermiştir. Denitrifikasyon sonucu giderilen yıllık azot miktarı 6939 N ton/yıl olarak bulunmuştur. Bu da yıllık toplam NO_3 yükünün %6,9'una denk gelmektedir (Richardson et al., 2004). Termal tabakalaşma gösteren ötrofik bir rezervuarda yapılan başka bir çalışmada da denitrifikasyon hızının ilkbahar aylarında arttığı gözlenmiştir. N_2 ve N_2O üretimini belirlemek için hipolimnion tabakasındaki gaz birikimi in-situ olarak incelenmiş, ortalama N_2 üretimi $183 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. İlkbahar tabakalaşması başlangıcında $538 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ gibi yüksek ve aynı dönemde $90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ 'lik düşük N_2 konsantrasyonları ölçülmüştür. Yazın NO_3 konsantrasyonundaki düşüş ile N_2O konsantrasyonu yükselmiş, $4.62 - 51 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ arasında ve ortalama $26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ sa}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Deemer et al., 2011).

Bir kutup altı gölünde; kararlı azot 15 izotopları kullanılarak gerçekleştirilen araştırmada, yıllık amonyum, nitrat, çözünmüş organik azot ve partiküler organik azot konsantrasyonu ölçümleri yapılmıştır. Bahar aylarında N_2 fikse eden siyonabakteri patlaması ile birlikte tüm ölçülen azot türü miktarlarında düşüş görülmüştür. Yaz aylarında fitoplanktonların amonyum tüketimi artarken partiküler azot miktarında artış görülmektedir. Kış mevsimi başlarında nitrifikasyonun hızlanması ile beraber, NH_4^+ ve NO_3 izotopları arasındaki fark en yüksek değerine ulaşmıştır. Buz tabakasının kırılmaya başlaması ile birlikte ışık şiddeti artarken fitoplanktonların NH_4^+ asimilasyonunda büyük bir artış gözlenmiştir. Klorofil – a ve POA miktarları arasında pozitif bir korelasyon, POA ve NH_4^+ konsantrasyonları arasında ise negatif korelasyon olması POA'nın azot üretimi ve NH_4^+ konsantrasyonu açısından kullanışlı bir ortam oluşturduğunu göstermektedir. Çözünmüş organik azot miktarlarının yıllık olarak büyük bir farklılık göstermemiştir. Bunun nedeni, büyük boyutlu ve dayanıklı molekül yapılarının olması biyolojik olarak parçalanmaya uygun olmaması olabilir (Gu, 2012).

Göllerin oksijeni yüksek üst tabakaları ve oksijen oranı düşük katmanlarında yapılan çalışmalarda N_2O birikiminin oksik bölgelerde daha düşük olduğu görülmüştür. Japonya'daki Kizaki Gölü'nde, derin ve oksijeni az olan ortamda hem düşük hem de yüksek N_2O birikim konsantrasyonları ölçülmüşken, oksijeni bol olan bölgelerde birikimin düşük olduğu görülmüştür. Azot izotop verileri düşük

oksijen konsantrasyonu gösteren bölgedeki N₂O gazının %75'inin önceden N₂'ye redüklenmiş N₂O gazı olduğunu göstermiştir (Sasaki et al., 2011).

Onbeş farklı Alpin göl üzerinde yapılan benzeri bir çalışmada, N₂O konsantrasyonlarının O₂ konsantrasyonu ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu, oksik yüzey tabakasının altında azalan O₂ konsantrasyonu ile birlikte N₂O konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. N₂O gölün sediman-su ara fazına kadar tüm katmanlarında üretilir. Ancak anoksik tabakalarda sular N₂O açısından doygun değildir (Mengis et al., 1997).

Sedimanın üzerindeki hipolimnion tabakasında anoksi durumunu gidermek için havalandırma metodunun etkisi üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan iki çalışmada sediman ve hipolimnion tabakasında azot birikiminin azaldığı görülmüştür.

Nevada, Walker gölünde, hipolimnion tabakası oksijen ihtiyacı ve amonyak birikim miktarı, arazi ve laboratuvar deneyleri ile çalışılmıştır. Kısmen havalandırılan deney kaplarında, sedimanda amonyak birikimi 16,3 – 23,5 mg N m⁻² gün⁻¹ arasında, hipolimnetik oksijen ihtiyacı ise 1,2 g O₂ m⁻² gün⁻¹ olarak bulunmuştur. Buna göre amonyak birikiminin engellenmesi için, sediman – su ara fazına yüksek miktarda (yaklaşık 10mg/L) oksijen sağlanması önerilebilir (Beutel, 2001). Dlugie Gölü'nde yapılan çalışmada ise havalandırma sonucunda sedimandan azot salımının düştüğü ve bunun sedimandaki azotlu bileşik miktarını da etkilediği bulunmuştur (Brzozowska and Gawronska, 2009).

Göllerdeki azot döngüsü ile ilgili çalışmalar genel perspektifte kütle denkliliği hesapları üzerinden de yürütülmektedir. Göle giren, gölden çıkan ve göl bünyesinde tutulan veya kaybedilen azot miktarları matematiksel model ve deneysel çalışmalar ile incelenmiştir.

Göle giren azot yükünün, denitrifikasyon ile kaybı farklı çalışmalarda ölçülmüştür. Aşağıdaki çalışmalar incelendiğinde denitrifikasyon kaybının %5 ile % 26 arasında değiştiği görülmüştür.

İlk çalışmada, İki farklı ötrofik gölde, mikrobiyolojik faaliyet sonucu oluşan azot akıları, gölün giriş ve çıkış suyunun ölçümü temel alınarak hesaplanmıştır. Göle giren azot yükünün yıllık denitrifikasyon kaybı % 5 – 25 arasında, daha önce rapor

edilmiş verilere kıyasla düşük miktarda bulunmuştur. Göle giren azot yükünün %14-33'ü, sedimanda kalıcı olarak tutulur (Ahlgren et al., 1994).

Mezotrofik Solina Rezervuarı'nda ise farklı olarak azot bekleme süresi ve denitrifikasyon hızı giriş ve çıkış kütle dengelerine göre çalışılmıştır. Denitrifikasyon hızını sıcaklık ve organik madde yani substrat miktarının belirlediği ortaya çıkarılmıştır. Azot bekleme süresi mevsimsel olarak -25 ile 175,9 mg N m⁻² gün⁻¹ olarak bulunmuştur. Giren azot yükünün, ortalama %4,9'unun denitrifikasyona uğradığı bulunmuştur (Koszelnik et al., 2007).

Hongfeng Gölü'nde yürütülen bir çalışmada ise göle giren azot yükünün artması ile bahar ve kış aylarında gölden salınan azot miktarı, şiddetli artış göstermiştir. Burada amaç giren azot yükü ve gölden salınan azot arasındaki farkı belirlemektir (Xiao and Liu, 2004).

Diğer bir çalışmada, asidik bir göl olan Plesne Gölü'nün azot dışında karbon ve fosfor döngüleri de incelenmiştir. Gölün deşarj noktalarındaki yıllık ortalama, çözülmüş organik karbon, inorganik azot ve toplam fosfor konsantrasyonları sırasıyla 644, 52 ve 0,72 µmol/L olarak ölçülmüştür. Göle giren yıllık toplam organik karbon, toplam azot ve toplam fosfor yükleri sırasıyla, 7,2 - 864 ve 8,6 mmol m⁻² yıl⁻¹'dir. Bu TOC, TN ve TP yüklerinden, göl içi prosesler ile sırasıyla 4,551 – 211 ve 4,6 mmol m⁻²yıl⁻¹'lık bir kısmı giderilir. TOC gideriminin %50'si oksijenli solunum, %40'ı sedimantasyon, %10'u ise fotooksidasyon ile gerçekleşir. TN gideriminin %74'ü sedimantasyon % 26 denitrifikasyon ile olur. TP gideriminin ise tamamen sedimantasyon ile gerçekleşir (Kopacek et al., 2004).

Genel olarak yukarıdaki çalışmalar incelendiğinde sedimanda tutulan azot miktarları en fazla %74 ve en az %14 olarak ölçülmüştür.

Arazi çalışmaları dışında matematiksel modellemeler ile yürütülen çalışmalara örnek olarak; Yunanistan'daki Karla Gölü'nün yapısı temel alınmıştır. Oluşturulan matematiksel model sonucunda, göle giren azot yükünün büyük bir kısmı tutulurken, %6,7'sinin denitrifikasyon ile atmosfere salındığı, birincil üreticilerin azot döngüsünde önemli bir rolü olduğu, besin yükünün önemli bir bölümünün ise kalıcı olarak sedimanın derinlerinde tutulduğu gösterilmiştir (Laspidou et al., 2011). Bir başka çalışmada reaktif taşınım modeli ile tatlı su sedimanının azot giderimi

incelenmiş, sedimanın amonyuma mineralize olmasından sonra NO₃ redüksiyon hızı 133 µmol N cm⁻² yıl⁻¹ olarak bulunmuş, nitratın amonyuma redüksiyonunda, denitrifikasyona göre %40 azalma görülmüştür (Canavan et al., 2007).

Atmosferik azot yükünün karasal ve tatlı su ekosistemleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla ABD’de gerçekleştirilen bir çalışmada, kritik besin azotu yükü 1 – 39 kg N ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak bulunmuştur (Pardo et al., 2011). Oksijen katmanlı, hümik ve asidik dokuz farklı göl üzerinde yürütülen bir çalışmada ise, “sürekli akışlı izotop oranı kütle spektrofotometresi” kullanılarak. Denitrifikasyona uğramış N₂ miktarı -5,3 ile 0,7 ppm arasında bulunmuştur (Tirola et al., 2011).

2.3. Hava - Su Ara fazında Yürütülen Çalışmalar

Şimdiye kadar özetlenen çalışmalar, göllerin sediman ve su katmanlarındaki azotlu bileşiklerin akıları üzerine yapılmış araştırmaları içermektedir. Bu çalışmalar göl yüzeyinden atmosfere salınan gaz halindeki azotlu bileşiklerin konsantrasyon ve akıları hakkında bilgi vermemektedir. Azotlu gazların atmosferde ve yeryüzündeki etkileri düşünüldüğünde bu konu üzerinde çalışılması gerektiği ortaya çıkar. Göllerdeki su – atmosfer akıları hakkında yapılmış birkaç çalışma aşağıda verilmiştir. Bu çalışmalardan ikisi antropojenik etkilerin salım miktarlarını nasıl etkilediği konusuna açıklık getirmektedir. Bu amaçla Çin’in, üzerinde hidroelektrik barajı kurulu olan Wujiang nehrine ait iki rezervuarda çalışılmıştır. Bu rezervuarlarda N₂O salımı ve akısının zamansal ve bölgesel dağılımı incelenmiştir. İlk rezervuarda N₂O doygunluğu %388, ikinci rezervuarda ise % 312 olarak bulunmuş bu da aşırı doygun olan sudan, atmosfere N₂O salındığını kanıtlamıştır. Rezervuarlardaki ortalama N₂O akısı 0,64 µmol m⁻² sa⁻¹ ve 0,45 µmol m⁻² sa⁻¹ olarak ölçülmüştür. Hidroelektrik santralinin çıkış suyunda yıllık N₂O emisyonu ilk rezervuar için 3,6x10⁵ mol ve diğeri için 2,15x10⁵ mol’dür. Bu da rezervuar yüzeylerinden salınan yıllık N₂O konsantrasyonları ile benzer değerdedir (Liu et al., 2011a).

Bir başka çalışma ekolojik olarak heterojen ötrofikasyon gösteren Taihu Gölü’nün çıkış suyunda yürütülmüştür. Diğer bölgeler ile karşılaştırıldığında antropojenik olarak arttırılmış anorganik azot girdisinin, N₂O doygunluk derecelerinin bölgesel

dağılımı üzerinde, birincil sınırlayıcı faktör olduğu bulunmuştur. Tahiü gölü drenajı N₂O emisyonunun ana kaynağını oluşturur (Wang et al., 2009).

Su – atmosfer azot akısı hakkındaki diğer iki çalışma Antarktika ve İrlanda’da gerçekleştirilmiştir.

Antarktika’nın algal açıdan zengin üç gölünün, littoral bölgesi N₂O akıları ölçülmüştür. Ortalama N₂O akıları; 3,1±6,7 µg m⁻² sa⁻¹, 2,5±2,8 µg m⁻² sa⁻¹ ve 7,2±6,9 µg m⁻² sa⁻¹ olarak bulunmuştur. N₂O akısındaki bölgesel değişimlerin NO₃ konsantrasyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Akılar mevsimsel olarak günlük güneş radyasyonu ve hava sıcaklığı ile pozitif korelasyon, derinlik ile negatif korelasyon gösterir. Yaz mevsimi hava – su akıları 6,7 mg m⁻², 5,4 mg m⁻² ve 25,6 mg m⁻² olarak bulunmuştur (Liu et al., 2011b).

İrlanda da ise 121 küçük polimiktik kaynak gölünde yapılan çalışmada, su kimyası ve hidroloji parametreleri ile ilişkili olarak CO₂ CH₄ ve N₂O gazlarının çözünmüş konsantrasyonlarının akıları incelenmiştir. Göllerin çoğu CO₂ ve N₂O konsantrasyonu bakımından doygunken göllerin tümü CH₄ konsantrasyonu bakımından doyguluk derecesinin altında bulunmuştur. Düşük rakımlardaki bölgelerde, buharlaşıcı hidrolojik karakterinden ve yüksek organik karbon konsantrasyonlarından dolayı CH₄ doyguluk miktarları en yüksek çıkmıştır. Farklı olarak N₂O doyguluk miktarları düşük organik karbona sahip ve yüksek rakımdaki bölgelerde daha yüksek çıkmıştır. Sudan atmosfere salınan ortalama CO₂, CH₄ ve N₂O akıları sırasıyla 14, 0,36 ve 1,3.10⁻³ mmol m⁻² gün⁻¹ olarak bulunmuştur (Whitfield et al., 2011).

N₂O ve NO’in sudaki çözünürlükleri, 15°C ve 1 atm basınç altında sırasıyla 785 ml/L ve 55ml/L’dir (Molstad et al., 2007). Amonyanın sudaki çözünürlüğü ise diğerlerinden çok daha yüksek 40°C’de 1,8 atm basınç altında 51 g /kg’dır (Rumpf et al., 1999). Bu değerler, göl suyu ve sedimanında denitrifikasyon sonucu oluşan azotlu bileşiklerin, sudaki çözünürlüklerinin düşük olması nedeni ile kolayca atmosfere difüze olabileceklerini gösterir. Göllerin yüzeyinden atmosfere salınan N₂O akıları az sayıda çalışmada ve dünyanın yalnızca birkaç farklı bölgesinde incelenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen, metrekairelik alandan salınan günlük akılar µmol cinsinden sıralanmıştır (Bkz. Çizelge 2.1.). Tablodaki verilerden de

anlaşılacağı gibi göllerden N₂O salımı azımsanmayacak düzeydedir. Tüm bunlar dikkate alınarak tez çalışmasının öncelikli amacı ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 2.1. Dünya çapında, göl ve göletlerden rapor edilen N₂O akıları (Whitfield, Aherne et al., 2011).

Ekosistem türü (göl veya gölet)	Bölgeler	Salım ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{gün}$)	Alıntılanan kaynak
121 küçük oligotrofik göl	İrlanda	-3,8 – 6,9	Whitfield et.al. (2011)
Oligotrofik Makijarvi Gölü	Finlandiya	-0,24 – 2,1	Huttunen et al. (2003)
Mezotrofik Jankalaisenlampi Göleti	Finlandiya	0,34	Huttunen et al. (2003)
Mezotrofik Kotsamolampi Göleti	Finlandiya	-0,14	Huttunen et al. (2003)
Oligotrofik – ötrofik büyük göller (Laurentian)	Kanada / ABD	-80 – 80	Lemon and Lemon (1981)
Ötrofik Okaro krater gölü	Yeni Zelanda	0,6	Downes (1991)
Postilampi Ötrofik Gölü	Finlandiya	-0,11 – 7	Huttunen et al. (2003)
Heinalampi Ötrofik Gölü	Finlandiya	-1,48 – 0,48	Huttunen et al. (2003)
Kevaton Ötrofik Gölü	Finlandiya	-0,56 – 7	Huttunen et al. (2003)
Vehmasjarvi Ötrofik Gölü	Finlandiya	-0,13 – 5,9	Huttunen et al. (2003)
Hipolimnion tabakası oksijenlendirilen ötrofik Baldegg Gölü	İsviçre	8 – 16	Megis et al. (1996)
Hiperötrofik Taihu Gölü Körfezi	Çin	Littoral: 54 – 234 Pelajik: 9	Wang et al. (2006)

Göllerdeki azot döngüsü ile ilgili birçok çalışma yürütülmesine rağmen, çalışmalar genellikle sediman – su ara fazı ile kısıtlı kalmıştır. Su – hava ara fazı hakkında yürütülen çalışmalar ise şu an için yetersizdir ve sadece birkaç parametre ile kısıtlıdır. Bu tezin konusunu oluşturan çalışmada ise, sedimandan su tabakalarına, sudan ise atmosfere salınan N₂O, CH₄, CO₂, NH₄ ve NO_x gazları su ve sedimandaki reaktif azot ve organik madde konsantrasyonları, toplam fosfor, aydınlanma şiddeti, gölün kimyasal ve hidrolojik özellikleri ile birlikte incelenmiş, sera gazı akıları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmanın literatürden farkı hem içerik hem de metodolojik olarak değerlendirilebilir. İçerik olarak literatürden farkı aynı anda hem sediman – su hem de sudan atmosfere taşınan sera gazı akısının aynı anda incelenmesi, nitrifikasyon, denitrifikasyon süreçlerinin reaktif azotlu

bileşiklerin ölçülmesi ile kapsamlı olarak araştırılması ve bunun yanında gölün su kalitesi ile ilgili parametrelerinin de ölçülmesidir. Ölçümlerin aylık, günlük ve bölgesel olarak gerçekleştirilmesi çalışmaya, zaman mekân ve derinlik olarak üç boyut kazandırmıştır. Metodolojik farklılıkları ise göl içerisine yerleştirilen su kolonu oluşturmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda bentik çember veya statik çember metotları kullanılmış olsa da bu metotlar yalnızca sedimandan su fazına olan geçişi göstermektedir ve sediman üzerine yerleştirilen sistemler ile ölçüm yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan su kolonu ise sedimandan su yüzeyine kadar gölün enine kesitinin incelenmesine olanak sağlamış, neredeyse bir mikrokozmos çalışmasının benzeri göl içerisinde gerçekleştirilmiştir.

3. AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın öncelikli amacı, Eymir Gölü'nün farklı fazlarında, günlük ve mevsimlik N₂O salım konsantrasyonunu ölçmek, üretim potansiyelini belirlemek ve bunların birbirleri ile ilişkilerini istatistiksel analizler yardımı ile ortaya koymaktır. Bunun için numuneler; aylık olarak, gün içinde farklı saatlerde, yüzey – dip sedimanı, bentik – profundal – fotik su ve hava zonlarından alınmıştır. Çalışmanın diğer amaçları;

- Çeşitli analizler ile göl sedimanının yapısını ve bölgesel farklılıklarını belirlemek,
- Çeşitli parametrelerin ölçülmesi ile gölün su kalitesi ve güncel trofik seviyesini incelemek.
- Su kalitesi parametrelerindeki mevsimsel değişimleri ve bu parametrelerin birbirleri ile ve gölün farklı bölgelerindeki ilişkilerini göstermek.
- Göl suyunda Nitrat, Nitrit Amonyum, Nitröz oksit ölçümleri yaparak nitrifikasyon ve denitrifikasyonun aynı anda gerçekleşen ve birbirini takip eden prosesler olduğunu göstermek.
- Göl sedimanının 2-3cm'lik yüzey tabakası ve 15 cm'lik dip bölgesinde N₂O salım farklarını ve üretim potansiyeli farklarını belirlemek.
- Göl yüzeyinden hava fazına nitröz oksit ve amonyum salımı ölçmek ve birbirleri ile ilişkilerini belirlemek
- Göle yerleştirilen havuz sistemi ile ölçülen tüm parametrelerin birbirleri ile ilişkilerini faktör analizleri ile ortaya çıkarmak.
- Son olarak da, Eymir Gölü atmosferinden salınan azot oksitlerin bölgesel, mevsimsel ve saatlik ölçümlerini yaparak birbirleri arasındaki ilişkileri belirlemektir.

Tez çalışmasında birbirleri ile karşılaştırılan değişkenler, azotlu bileşik ölçümleri için tablo haline getirilerek Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Mavi ve Kırmızı bölge birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.1. Reaktif azotlu bileşiklere ait bölgesel ve zamansal veri seti matrisi.

	Aylık	Saatlik	
Sediman	N ₂ O	N ₂ O	
Su	N ₂ O, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ ⁺	N ₂ O, NO ₂ NO ₃ , NH ₄ ⁺	
Hava	N ₂ O, NH ₄ ⁺	N ₂ O, NH ₄ ⁺	
	Aylık	Saatlik	Bölgesel
Göl atmosferi	NO, NO ₂ , NO _x	NO, NO ₂ NO _x	NO, NO ₂ NO _x

Yapılmış olan çalışma; göldeki bölgesel ve zamansal, su kalitesi, sediman yapısı, azotlu bileşik analizleri ve bunların birbirleri ile ilişkisini kapsar. Araştırma sırasında, göle giren yer altı suyu ve diğer su kaynaklarına ve gölden çıkan su kaynaklarına herhangi bir müdahalede bulunulmamıştır. Göle giren ve gölden çıkan kirlenici ve besin yükleri ölçülmemiş, göl kendi içinde kapalı bir sistem olarak değerlendirilmiştir. Ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelerin üzerinde etkisi olan makro ve mikro bitki ve hayvan populasyonları çalışmanın kapsamı dışındadır ve bunların etkisi incelenmemiştir. Azotlu bileşiklerin döngüsüne etki eden mikroorganizmalar çalışmanın kapsamı dışındadır.

4. MATERYAL VE METOT

Çalışmada uygulanan materyal ve metotlar, daha kolay anlaşılabilmesi için deney ve gözlem prosedürleri ve analitik yöntemler olarak iki başlık altında incelenmiştir.

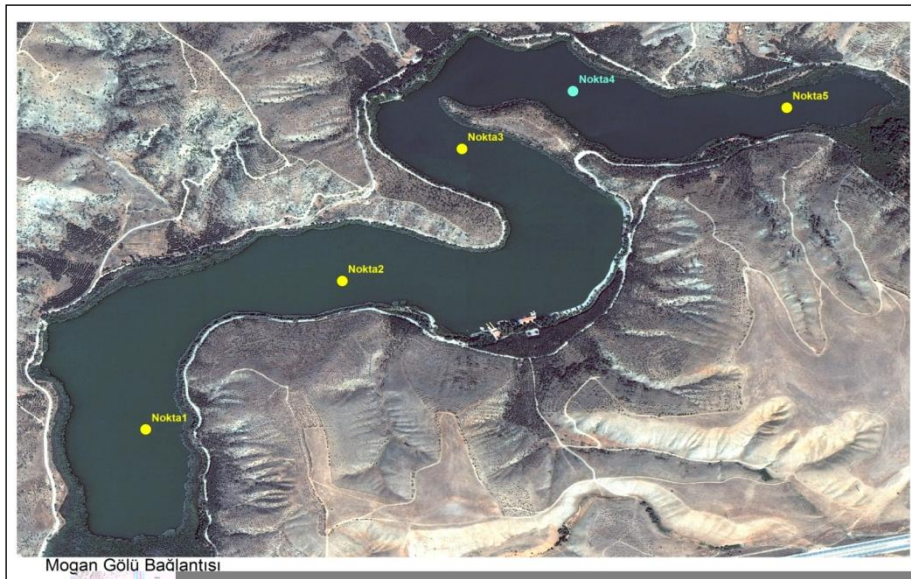
4.1. Deney ve Gözlem Prosedürleri

Arazi çalışmaları üç farklı zaman diliminde birbirinden farklı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu dönemlerde yapılan analiz ve ölçümler tablo 4.1'de görülmektedir.

Tüm arazi çalışmalarında su ve sediman numuneleri aynı malzemeler kullanılarak toplanmıştır. Sediman numuneleri Hydro – Bios, Ekman – Birge model 15x16cm boyutunda 225cm²'lik sediman alanını kavrayan çelik bir dip kapanı yardımı ile su numuneleri ise Wildco, 1120-G45 modeli 2,2 lt'lik şeffaf akrilikten bir kapanı yardımı ile suyun fotik, profundal ve bentik zonlarından toplanmıştır.

4.1.1. Haziran 2009 – Nisan 2011 dönemi:

Bu dönemde, ayda iki kez, 09:00-12:00 saatleri arasında Magellan Sportrak GPS ile belirlenen 5 farklı noktadan su ve sediman numuneleri alınmıştır. Örnekleme noktalarının yerleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Su ve sediman örnekleri alındıktan sonra iki gün içinde analizlerinin yapılmasına dikkat edilmiş, analizler tamamlanana kadar örnekler 4°C'de ve karanlıkta saklanmıştır.



Şekil 4.1. İlk dönem arazi çalışmalarında kullanılan örnekleme noktaları

Çizelge 4.1. Farklı arazi dönemlerinde yapılan analiz ve ölçümler

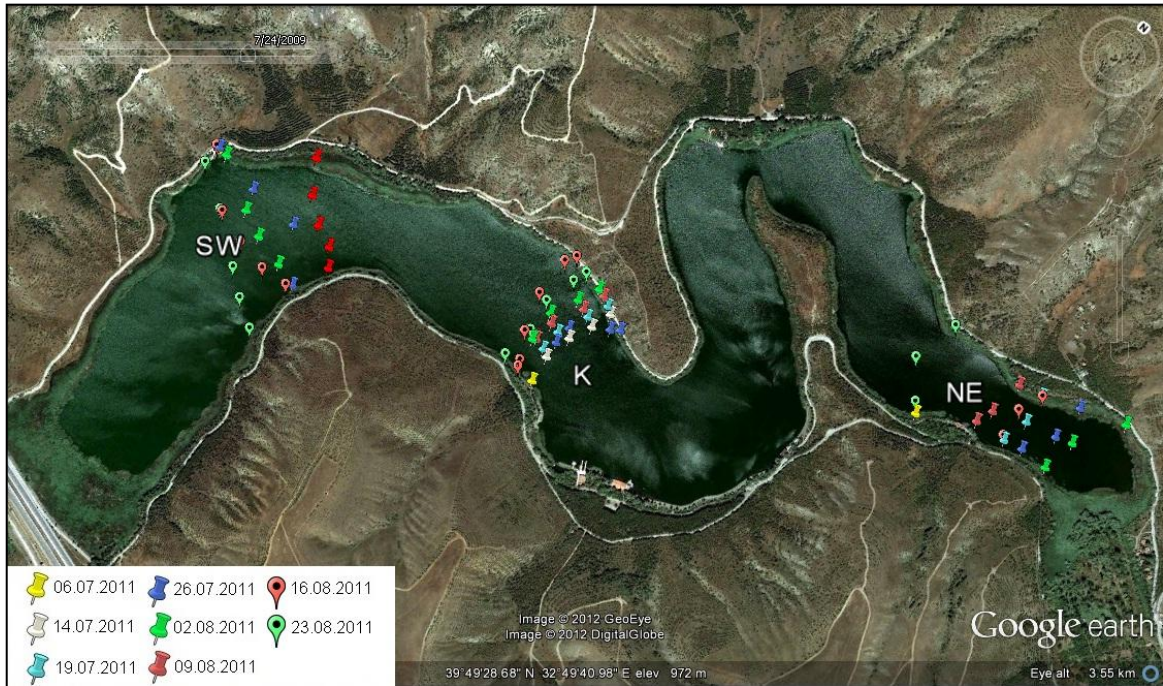
Ölçüm ve analizler	Dönemler		
	Haziran 2009 – Nisan 2011	Haziran – Ağustos 2011	Eylül 2011 – Haziran 2012
Derinlik	X	X	X
Secchi Disk	X	X	X
Aydınlanma şiddeti	X	X	X
Çözünmüş oksijen	X	X	X
pH	X	X	X
ORP		X	X
İletkenlik	X	X	X
Tuzluluk	X	X	X
Toplam çözünmüş katı	X	X	X
Sıcaklık	X	X	X
Nitrit	X	X	X
Nitrat	X	X	X
Amonyum	X	X	X
Fosfat	X	X	X
KOİ	X	X	X
Alkalinite	X	X	X
Askıda Katı Madde	X	X	X
Katı ve yarıkatı numunelerde toplam uçucu ve uçucu olmayan katı madde	X	X	X
Klorofil – a	X	X	X
CH ₄		X	X
N ₂ O		X	X
CO ₂			X
NO _x		X	X
Tane boyu analizi	X		
Tarama Elektron mikroskopisi	X		

4.1.2. Haziran – ağustos 2011 Dönemi:

Üç aylık dönemde, yaklaşık bir haftalık aralıklarla araziye çıkılmıştır. 09:00 – 16:00 saatleri arasında üç ana bölgede çalışılmıştır. Bunlar; Mogan bağlantısına yakın olan güneybatı (GB), orta nokta kayıkhaneye açıkları (K), İmrahor çıkışına yakın kuzeydoğu (KD) bölgeleridir. GB ve K bölgeleri gölün enine kesitinde 5 noktada, KD bölgesi ise enine kesitte 3 noktada incelenmiştir. Bu ara noktalar gölün littoral ve limnetik zonlarına aittir. Toplam 13 noktadan numune alınmıştır. Garmin Etrex Legend GPS ile belirlenen ölçüm noktaları, Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.

Bu dönemde su ve sedimanda gaz ölçümleri yapılmış ve sedimandan suya gaz akışı incelenmiştir. Gaz ölçümleri için yapılan günlük ölçümlerden sonra metan ve nitroz oksit üretim potansiyelini belirlemek için şişeler 4, 10 ve 25C sıcaklıklarda inkübasyona bırakılmıştır.

06.07.2011 tarihinde; gölün kıyılarından sediman, kum ve çakıl numuneleri alınmıştır. Bu numunelerden elde edilen analiz sonuçlarına göre sonraki analiz bölgeleri belirlenmiştir. 06.07.2011 arazisinin örnekleme noktaları Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Haziran – ağustos 2011 dönemi, arazi tarihlerine göre örnekleme noktaları.



Şekil 4.3. 06.07.2011 arazisi ölçüm noktaları.

23.08.2011 arazisinde gölün 19 değil 24 noktasında çalışılmıştır ve bu ek noktalarda pH, ORP, sıcaklık, ÇO, tuzluluk, iletkenlik, TÇK, derinlik ve secchi derinliği ölçümleri yapılmıştır. Bu noktalar Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



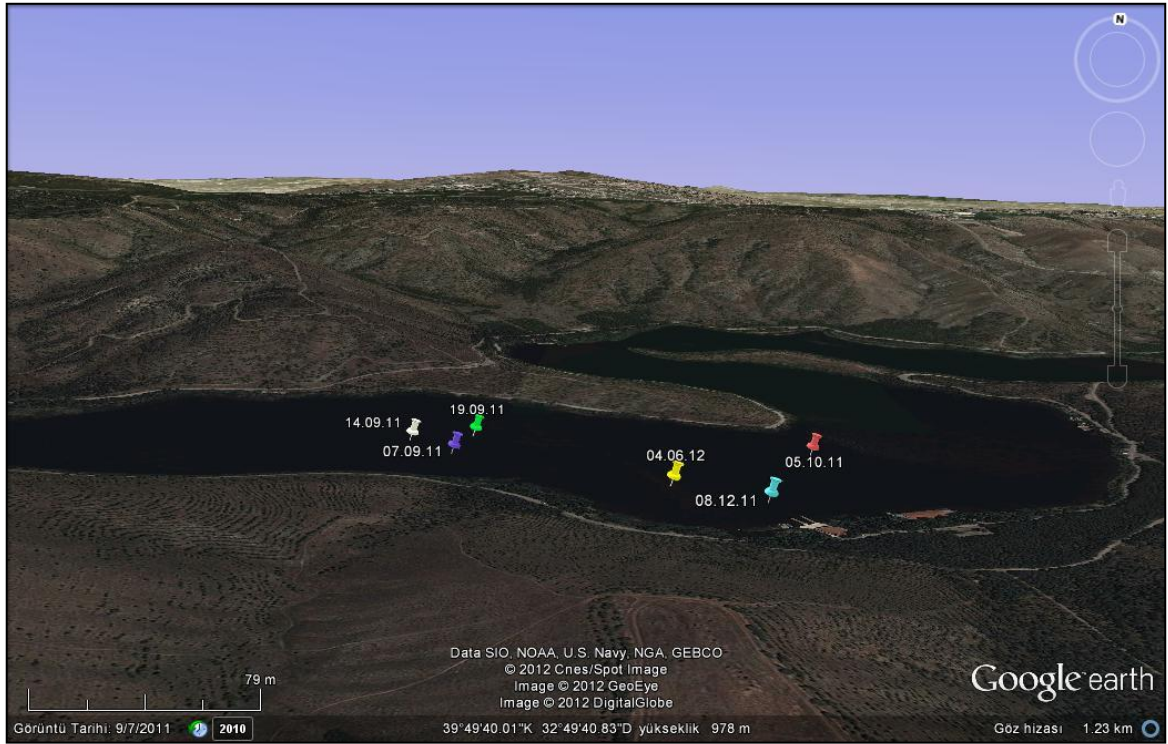
Şekil 4.4. 23.08.2011 arazisi ölçüm noktaları.

4.1.3. Eylül 2011 – Haziran 2012 Dönemi:

Bu dönemde amaç; göl üzerine yerleştirilen su kolonu ile sedimandan suya sudan hava fazına geçen gaz akısını belirlemektir. Örnekler bölgelere göre değil zamana göre ve mevsimlere göre belirlenen saatlerde toplanmıştır. Su kolonunun kurulumu kısım 4.1.4'te açıklanacaktır.

Su kolonu, bir önceki dönemde yapılan analizlere göre kayıkthane bölgesi yakınlarında GPS ile belirlenen noktalara yerleştirilmiştir. Örnekleme noktaları Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.

23 Eylül arazisinde gölün güneybatısından kuzeydoğusuna kadar belirlenen şekil 4.6.'da gösterilmiş olan 9 noktadan sediman numuneleri yüzey ve dip sedimanını incelemek için alınmıştır. Bu araziden sonra sediman numuneleri, yüzey ve dip sedimanı olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir.



Şekil 4.5. Eylül 2011 – Haziran 2012 döneminde su kolonunun yerleştirildiği noktalar

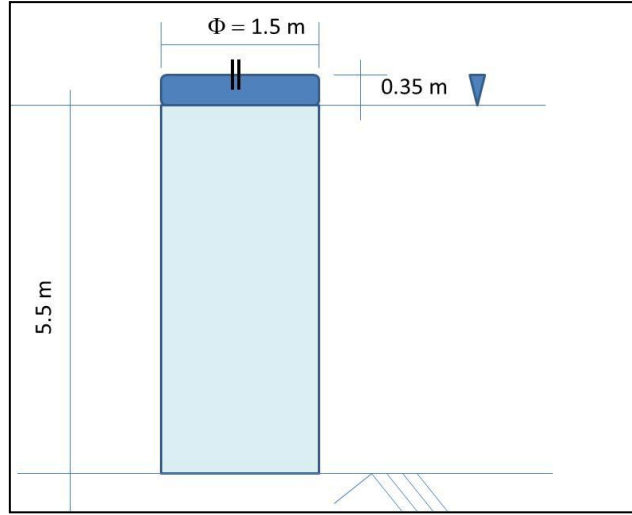
5-6 Ekim arazisinde gaz şişeleri bir önceki dönemde olduğu gibi metan ve nitroz oksit üretim potansiyelini belirlemek için inkübasyona bırakılmıştır.



Şekil 4.6. 23.09.2011 arazisi ölçüm noktaları

4.1.4. Arazide kullanılan su kolonunun kurulumu

Göl yüzeyinde; GPS ile belirlenen noktaya yerleştirilen su kolonu reaktörü ile çalışılmıştır. Kolonun gövdesi 1,5 metre çapında şeffaf plastik torbadan yapılmıştır. Su yüzeyinde ise ters çevrilmiş 147cm çapında 30 cm derinliğinde bir şişme havuz kullanılmıştır (şekil 4.7). Torba havuzun üstünden geçirilerek gölün dibine kadar uzanan silindir şeklinde bir kolon elde edilmiştir. Kolonun üst kısmı hava geçirmeyecek şekilde kapatılmış ve üzerine yerleştirilen strafor ile hem düz bir yüzey elde edilmiş hem de güneşin aşırı ısıtması engellenmiştir. Havuzun üstüne en düşük ve en yüksek sıcaklığı gösteren termometre yerleştirilmiş biriken gazın toplanması için ise silikon bir hortum dışarı uzatılmıştır. Numune alınmadığı zaman hortumun ucu kapatılarak dışarıya gaz kaçması engellenmiştir. Zamanla havuz içinde biriken gazdan; metan, nitroz oksit ve karbondioksit ölçümleri için numune alınmıştır. Su kolonuna ait fotoğraflar şekil 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.7. Arazide kullanılan su kolonuna ait çizim



Şekil 4.8. Su kolonuna ait fotoğraflar

4.2. Analitik Yöntemler

Bu bölümde; deney ve gözlem prosedürlerinde adı geçen gaz analizlerine ait prosedürler ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Diğer analiz ve testlerde kullanılan metotlar Çizelge 4.2'de verilmiş, prosedürleri ise, Ekler - EK 1. bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Çalışma sırasında kullanılan tüm testler ve analizler periyodik olarak kalibre edilmiştir. Analitik yöntemler ile elde edilen verilerin hesaplanması ve grafiklendirilmesi için Microsoft Office Excel 2007 yazılımı, istatistiksel analizler ve bunlara ait grafik çizimleri için ise Statgraphics Centurion XVI, Versiyon 16.1.18 yazılımı kullanılmıştır.

Çizelge 4.2. Tez kapsamındaki analiz ve testlerde uygulanan metotlar

Test / Analiz Adı	Standart Metot ve Kullanılan Cihaz	Referans
Alkalinite	SMWW 20 th Edition 2320 B titrasyon	Ek 1.1
Amonyum azotu	Hach 8038 ve Dr. Lange LCK 304 Spektrofotometrik	Ek 1.2
Askıda Katı Madde	SMWW 20 th Edition 2540D, 103-105°C'de kurutma	Ek 1.3
Aydınlanma Şiddeti	LI-COR LI250A Işıkkölçer, LI-193SA kuantum sensörü	Ek 1.4
ÇO konsantrasyonu	YSI 6600 EDS sonda, Jenway 970 oksijenmetre, elektrokimyasal	Ek 1.5
Derinlik ve secchi derinliği	Secchi disk	Ek 1.6
İletkenlik, tuzluluk, TÇK	YSI 6600 EDS sonda, WTW LF320 iletkenlik ölçer	Ek 1.7
Katı ve yarıkatı örneklerde uçucu ve sabit katı madde	SMWW 20 th Edition 2540 G, 550°C'de yakma	Ek 1.8
KOİ	Hach 8038, Dr. Lange LCK 314, spektrofotometrik	Ek 1.9
Klorofil-a, Feofitin-a	ISO 10260, 1992 St Etanol ekstraksiyon	Ek 1.10
Nitrat azotu	Hach 8171, Dr. Lange LCK 339 spektrofotometrik	Ek 1.11
Nitrit azotu	Hach 8507, Dr. Lange LCK 541, spektrofotometrik	Ek 1.12
pH, ORP, sıcaklık	YSI 6600 EDS sonda, Jenway 370 pH-metre	Ek 1.13
Tane boyu dağılımı	Sympa TEC Rodos T 4.1 X-ışınları sedigrafı yöntemi	Ek 1.14
Tarama elektron mikroskopisi	Zeiss EVO50 Tarama elektron mikroskopu	Ek 1.15
Toplam fosfat fosforu	Dr. Lange LCK 348	Ek 1.16

4.2.1. Göl Havasında amonyum azotu analizi

Hava numunelerine uygulanan amonyum analizinin amacı göl yüzeyinden atmosfere salınan amonyak gazı konsantrasyonunun asidik ortam üzerinde hapsedilerek spektrofotometrik olarak belirlenmesidir. Analiz sırasında uygulanan prosedürler aşağıdaki gibidir.

- 0.1N H₂SO₄ çözeltisi hazırlanır
- 100 ml'lik gaz yıkama şişesine hazırlanan asit çözeltisinden 50ml eklenir.
- Su yüzeyinde kurulan hava geçirimsiz su kolonuna biriken gazı toplayabilmek için bir gaz girişi bir de deşarj hattı olan vakum pompası kullanılır.
- Vakum pompasının akış hızı (L/dk) akış ölçer (Bios DCL-MH) ile ölçülüp kaydedilir.
- Vakum pompasının giriş hattı kolona diğer hattı ise gaz yıkama şişesine bağlanır.
- 10 dakika boyunca gaz asit içinden geçirilir.
- Gaz yıkama şişesindeki asit 50ml'lik kahverengi cam şişeye aktarılır ve analiz laboratuara götürülür.
- Alınan numunenin pH'sı 4 ile 10 arasına yükseltilene kadar 1N NaOH eklenir.
- Ek 1.2'deki Dr. Lange LCK 304 metodu ile NH₄-N konsantrasyonu belirlenir.

4.2.2. Karbondioksit analizi

Çalışmanın amacı; fotometrik CO₂ analizörü (Monitor Europe ML-9820) ile son dönem arazisinde CO₂ gazının anlık olarak ölçülmesidir. Uygulanan prosedür aşağıda sıralanmıştır.

- Akış hızı Bios DCL-MH akış ölçer ile ölçülen vakum pompasının giriş hattı arazi su kolonuna ve laboratuvar kolonuna çıkış hattı ise tedlar torbasına bağlanır.

- Önce Tedlar torba ve kolon hattı açılır sonra vakum pompası çalıştırılır.
- Tedlar torba dolunca önce torbanın vanası sonra vakum pompası kapatılır.
- CO₂ cihazı açılır ve arka planda sinyal şiddeti düşene ve dengeye gelene kadar beklenir.
- Cihazın başlangıçta ölçtüğü CO₂ konsantrasyonu kaydedilir.
- Ardından tedlar torba cihazın gaz giriş hattına bağlanır.
- Tedlar torbanın vanası açılır. Her 60 saniyede bir okunan CO₂ konsantrasyonu kaydedilir.
- Torbadaki hava boşalınca cihazdan çıkartılır.
- Cihazda okunan en yüksek değer CO₂ konsantrasyonunu gösterir.

Kalibrasyon

- Yüksek saflıkta N₂ gazı analizörün “zero” girişine bağlanır ve menüden kalibrasyon ayarları yapılır. Cihazın okuması sıfırlanınca N₂ gazı çıkarılır.
- Kalibrasyonun ikinci ve üçüncü noktası için N₂ balans gaz olmak üzere 2000ppm CO₂, 15ppm CH₄ içeren kalibrasyon gazı kullanılmıştır.
- Gaz bölücü yardımı ile 1000 ppm’e seyreltilerek “span” girişinden analizöre verilir.
- Ardından 1500 ppm’e seyreltilerek yine aynı şekilde analizöre gönderilir ve kalibrasyon tamamlanır.

4.2.3. Metan analizi

Çalışmanın amacı gaz kromatografisi (Agilent 6890N) mikro elektron yakalama ve alev iyonlaştırma dedektörleri (GC- μ ECD-FID) ile gölde yapılan in-situ çalışmalardaki CH₄ gazı konsantrasyonunun belirlenmesidir.

Arazi kolonundan alınan numuneler sisteme gaz halinde verilir. Bu nedenle sediman ve su numunelerinden salınan gazların sisteme enjekte edilmesi esastır. Hava fazından alınan numunelerin hazırlanma prosedürleri ise aşağıda sıralanmıştır.

- Vakum pompasının akış hızı, Bios DCL-MH akış ölçer ile ölçülür.
- Pompanın girişi, silikon hortum ile havuza, çıkışı ise tedlar torbaya bağlanır.
- Önce Tedlar torbanın vanası sonra havuzun girişi açılır, ardından pompa çalıştırılarak biriken gaz tedlar torbanın içine alınır.
- Gazın çekildiği süre kaydedilir.
- Önce havuz ve torbanın vanası sonra pompa kapatılarak işlem sona erdirilir.
- Tedlar torbalar arazi sonunda laboratuara taşınır.
- 14 Eylül 2011 arazisine kadar tedlar torbalar havuza bağlanarak bir saat boyunca havuzda üretilen gazın pasif olarak torba içinde birikmesi yöntemi kullanılmıştır.

Su fazından alınan numunelerin hazırlanma prosedürleri aşağıda sıralanmıştır.

- Numuneler kapan yardımı ile araziden hava almayacak şekilde toplanır.
- Vakit kaybetmeden 65ml'lik kahverengi cam şişelere, şişeler içinde hava boşluğu kalmayana kadar su doldurulur.
- Şişeler hızlıca septum tıpa ve vida kapak ile kapatılır.
- Numuneler toplandıktan sonra buz kutusu içerisinde laboratuara getirilir.
- 65ml'lik boş kahverengi cam şişeler yüksek saflıkta N₂ gazı ile 2 dakika boyunca yıkanır.
- Ardından boş şişelerin ağzı içine hava girmeden, septum tıpa ve plastik kapakla kapatılır.

- Steril plastik şırıngalar ile araziden alınan şişelerden 25ml su çekilerek N₂ ile yıkanmış boş şişelere aktarılır.
- Şişeler yaklaşık bir saat gaz dengesi sağlanana kadar bekletilerek ölçüme hazır hale getirilir.

Sediman fazından alınan numunelerin hazırlanma prosedürleri aşağıda sıralanmıştır.

- Sediman numuneleri bentik zondan kapan yardımı ile toplanır.
- Plastik bir kaşık yardımı ile sedimanın 2-3cm'lik yüzeyinden örnek alınır ve plastik torbaya konulur.
- Torbanın ağzı sıkıca bağlanır.
- Kapana toplanan yüzey sedimanı, kaşık yardımı ile tamamen sıyrılarak atılır ve temiz bir plastik kaşık ile bu kez kapanın en dibinden (15cm) numune alınarak aynı işlemler uygulanır.
- Sedimanlar plastik kaplar içine konup, buz kutusunda laboratuvara gönderilir.
- Laboratuvarda torbaların ucu delinerek 65ml'lik kahverengi cam şişeler içerisinde 30±0.1g sediman eklenir.
- Şişelerin ağzı septum tıpa ve plastik kapak ile kapatılıp yaklaşık bir saat gaz dengesinin sağlanması için beklenerek ölçüme hazır hale getirilir.

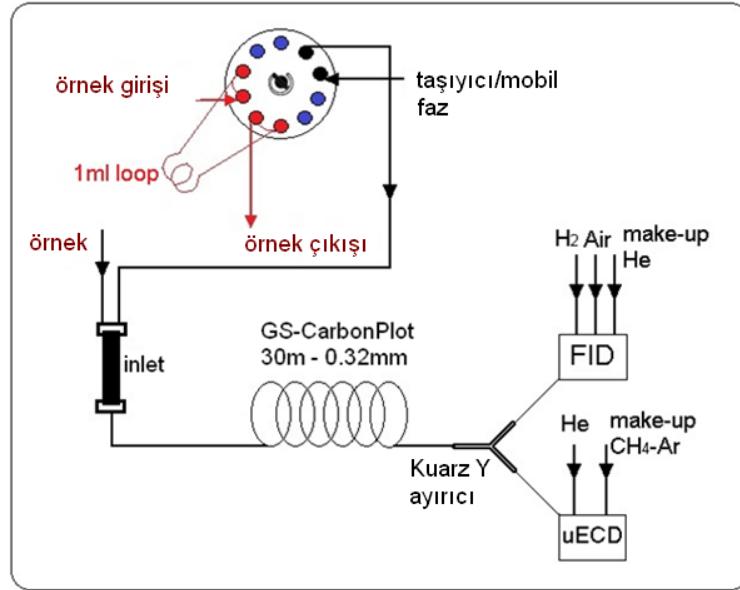
GC-µECD-FID sisteminin çalışma prensibi şematik olarak şekil 3.14'te gösterilmiştir. Sistem aynı anda hem valfli enjeksiyon ile sürekli olarak hem de manuel enjeksiyon ile istenilen zamanda kullanılabilir. Tedlar torba ve şişelerde biriktirilen gazlar 250µl'lik "gaz tight" şırınga ile "split/splitless inlet"ten manuel olarak enjekte edilir.

Enjekte edilen gaz inlet'te 1:10 bölünme oranı ile kolona gönderilir. GS-CarbonPlot 30m-0.32mm'lik kolonda ayrılır ve Quarz Y-splitter (kuvars Y ayırıcı) ile aynı anda

FID ve μ ECD dedektörlere gönderilir. Ayrılan gazların tanımlaması dedektörde gerçekleşir.

Metan gazı FID'de 0.9 dakikada sinyal vermektedir (şekil 3.15).

- İnlet sıcaklığı: 225°C
- Split ratio: 1/10
- Kolonun akış hızı: 5ml/dak. Basıncı: 20,85 psi sıcaklığı: 60°C'dir.
- Metot süresi: 1,35 dakikadır.
- FID sıcaklığı: 250°C, make-up: Helyum, akış hızı:15ml/dk, H₂ gaz akış hızı: 350ml/dk, Kuru hava akış hızı: 15 ml/dak
- μ ECD sıcaklığı: 300°C, make-up: %5CH₄ %95 Ar akış hızı: 60ml/dak.



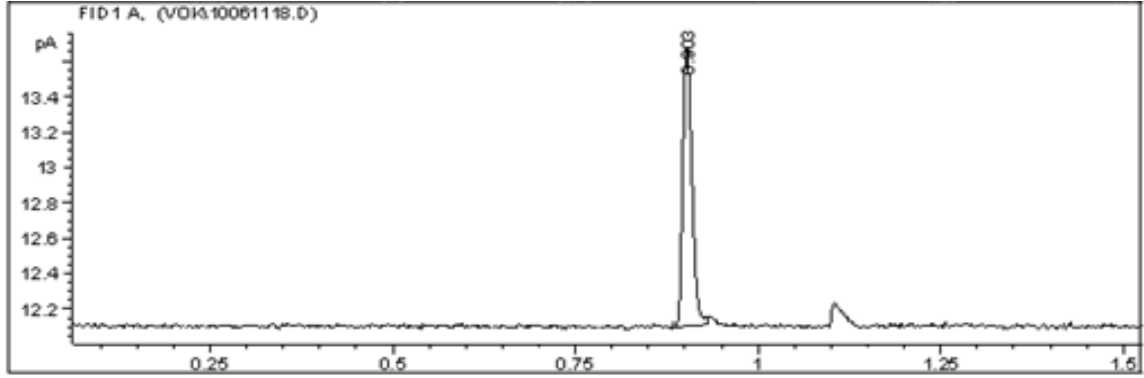
Şekil 4.9. GC- μ ECD-FID sisteminin akım şeması

Belirli aralıklarla kalibrasyonu yapılan GC- μ ECD-FID sisteminde; metan gazını programa tanıtmak ve kalibre etmek için üç kademeli gaz, sıfır kalibrasyonu için ise yüksek saflıkta azot gazı kullanılmıştır. Bu gazlar aşağıdaki gibidir;

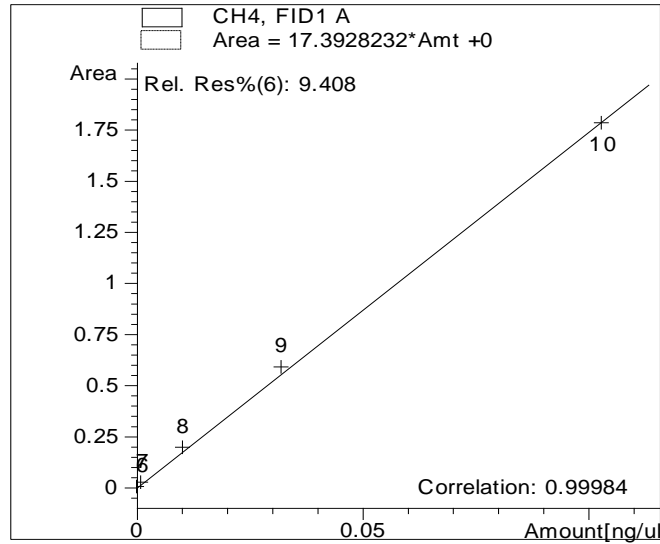
- 1.Kademe: 1 ppm CH₄, 20 ppm CO₂ balans gaz N₂
- 2.Kademe: 15 ppm CH₄, 2000ppm CO₂ balans gaz N₂

3.Kademe: %5 CH₄ balans gaz Ar

Tüplerden (YS N₂ dâhil),1atm basınç ve 25°C sıcaklık altında, 250 µl gaz çekilmiş ve sisteme enjekte edilmiştir. Gazların beklenen ve ölçülen değerleri sisteme tanıtılarak kalibrasyon grafiği çizilmiştir (Şekil 3.11.).



Şekil 4.10. CH₄ gazı sinyali 0,9. Saniyede görülmektedir.

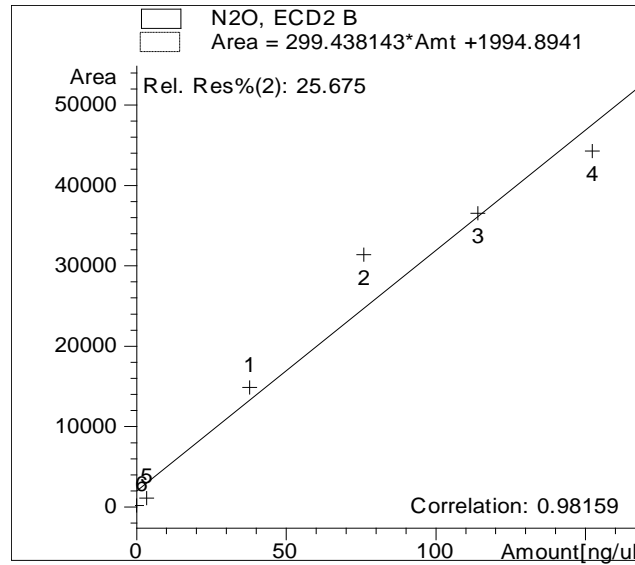


Şekil 4.11. Metan gazı kalibrasyon grafiği

4.2.4. Nitroz oksit analizi

Çalışmanın amacı gaz kromatografisi (Agilent 6890N) mikro elektron yakalama ve alev iyonlaştırma dedektörleri (GC-µECD-FID) ile gölde yapılan in-situ çalışmalardaki N₂O gazı konsantrasyonunun belirlenmesidir. Numunelerin hazırlanma prosedürleri ve GC-µECD-FID sisteminin çalışma prensibi bölüm 3.2.12'de anlatıldığı gibidir. Kalibrasyon işlemleri için ise N₂O gazının 6 noktalı kalibrasyonu yapılmıştır. Bunun için %97,8 saflıkta N₂O gazı seyreltilerek kullanılmıştır.

- 2 ml'lik viyaller yüksek saflıkta azot gazı ile bir dakika boyunca yıkanır.
- %97,8'lik N₂O tüpünün çıkış basıncı 1 atm'e ayarlanır.
- 25°C laboratuvar sıcaklığında, regülatörün çıkışından "gas tight" şırınga ile 250µl gaz çekilir ve 2ml'lik vialin içine enjekte edilir.
- Gaz enjekte edilen viyalden aynı şırınga ile 250 µl çekilerek yeni bir azotla yıkanmış viyale enjekte edilir.
- Bu işlem dört kez tekrarlanarak N₂O gazı 6 kez seyreltilmiş olur.
- $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$ ve $P \times V = n \times R \times T$ formülüne göre enjekte edilen gaz konsantrasyonu ng/µl cinsinden hesaplanır.
- Viyelerdeki gazlar üç tekrarlı olarak sisteme enjekte edilir.
- GC'de okunan sinyallerin altında kalan alan ölçülen N₂O konsantrasyonunu verir.
- Hesaplanan ve okunan değerler arasındaki ilişkiye göre programa korelasyon katsayısı hesaplatılır. Kalibrasyon grafiği şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. N₂O gazı kalibrasyon grafiği. Korelasyon katsayısı 0,981 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. N₂O analizleri için kullanılan kalibrasyon tablosuna bir örnek

#	RT	Signal	Compound	Lvl	Amt[ng/ul]	Area	Rsp.Factor	Ref	ISTD	#
2	1.304	ECD2 B	N2O	6	3.8160e-1	26.015	1.4668e-2	No	No	
				5	3.816	958.910	3.9797e-3			
				1	38.162	14728.000	2.5912e-3			
				2	76.325	31229.000	2.4440e-3			
				3	114.490	36409.000	3.1444e-3			
				4	152.650	44147.000	3.4577e-3			

4.2.5. NO_x gazlarının analizi

Çalışmanın amacı göl atmosferinde üretilen NO_x gazlarının ölçülmesidir. Bunun için iki ayrı metot ile iki ayrı çalışma uygulanmıştır. Bunlardan ilki, Horiba Apna-370 NO_x monitörü ile sürekli ölçüm metodudur. Bu uygulamanın amacı göl yüzeyinde üretilen NO, NO₂ ve NO_x gazlarının göl yakınına yerleştirilen cihaz sayesinde sürekli ölçümünü gerçekleştirmektir. Uygulanan prosedür bir sonraki paragrafta ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Göl yüzeyinde üretilen NO_x gazlarını ölçmek için cihaz, göl kıyısı yakınında kapalı bir alana yerleştirilir. Giriş hattı dışarıya verilerek dış ortam havasının cihaza çekilmesi sağlanır. Dış ortam havası cihaza entegre vakum pompası ile 0,8 l/dak. akış hızı ile çekilir. Cihaz kemolimunesans metodu ile çalışır. Kemolimunesans sırasında 600-3000nm arasında ışık şiddeti oluşur bu da NO moleküllerinin konsantrasyonu ile ilişkilidir. NO₂ konsantrasyonu ise NO_x konsantrasyonu ile NO konsantrasyonu arasındaki farktan elde edilir. Veriler, cihaza yerleştirilen bir “compact flash” ile ölçüldüğü anda kaydedilir. Veriler 3 dakikalık periyotlarla kaydedilmiştir.

Cihazın sıfır kalibrasyonu “zero” girişine bağlanan yüksek saflıkta N₂ gazı ile yapılır. Ölçülen NO ve NO₂ değerleri sıfırlanınca kaydedilir. Ardından NO kalibrasyon gazı “span” girişine bağlanır ve istenen değer okununcaya kadar beklenir. Cihazda istenen değer okunduğu zaman kaydedilir ve kalibrasyon tamamlanmış olur.

Kullanılan diğer metot Passam ag NO_x pasif örnekleyici metodudur. Bu çalışmada ise amaç göl yakınına yerleştirilen örnekleyiciler yardımı ile bilinen bir zaman diliminde biriken toplam NO_x konsantrasyonunun belirlenmesidir. Uygulamanın prosedürleri aşağıda sıralanmıştır.

- Göl kıyısında yerden yaklaşık 2 metre yüksekliğinde uygun bir bölge bulunur.
- Örnekleyicilerin altındaki kapak çıkartılır
- Yağmur gibi koşullardan etkilenmemesi için plastik bir koruma içerisinde uygun noktaya tüplerin açık kısmı yere bakacak şekilde yerleştirilir.
- Tüplerin yerleştirildiği tarih ve saat not edilir.
- Yaklaşık iki haftalık bir süre arazide bekletilen tüpler bu süre sonunda toplanır ve kapakları kapatılır.
- Toplanan tarih ve saat not edilir.
- Tüpler analize gönderilir ve veriler $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{sa}$ cinsinden alınır.

5. SONUÇLAR

Sonuçlar bölümü altı alt başlık altında incelenmiştir. Bu alt başlıkların kısımları ve içerdikleri konular tablo halinde verilmiştir (Bkz. Çizelge 5.1.). Çizelgeye göz atılarak incelenen konulara daha hızlı ulaşılabilir.

Çizelge 5.1. Sonuçlar tablosu

5.1 Göl Sedimanının Genel Değerlendirmesi					
	5.2.1.	5.2.2.			
5.2 Eymir Gölü'nün Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi	Arazide Ölçülen Su Kalitesi Parametreleri	Laboratuvarda ölçülen su kalitesi parametreleri			
5.3 Göl Suyunda Nitrit, Nitrat ve Amonyum Azotu Analizleri					
	5.4.1.	5.4.2.	5.4.3.	5.4.4.	
5.4 Eymir Gölü'nde N2O gazının Sediman ve Sudaki Konsantrasyonları	Sedimanda N2O konsantrasyonları	Göl sedimanının N2O üretim potansiyeli	Göl suyunda N2O konsantrasyonları	Göl suyunun N2O üretim potansiyeli	
	5.5.1.	5.5.2.	5.5.3.	5.5.4.	
5.5 Eymir Gölü'nde Reaktif Azotlu Bileşiklerin Atmosferik ve Hava Fazındaki Konsantrasyonları	NOx Gazlarının Atmosferik Konsantrasyonları	Atmosferik NOx Gazı Akıları	Gaz halindeki Amonyumun hava fazındaki konsantrasyonları	N2O gazının hava fazındaki konsantrasyonları	
	5.6.1	5.6.2.	5.6.3.	5.6.4.	5.6.5.
5.6 Verilerin İstatistiksel Analizi	Göl sedimanında ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi Fazlar arası N2O verilerinin mevsimsel olarak değerlendirilmesi	Göl suyunda ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi	Göl atmosferi ve hava fazında ölçülen azotlu bileşiklerin istatistiksel analizi	Eymir Gölü'nde fazlar arası ilişkilerin istatistiksel analizi	N2O verilerinin mevsimsel olarak değerlendirilmesi

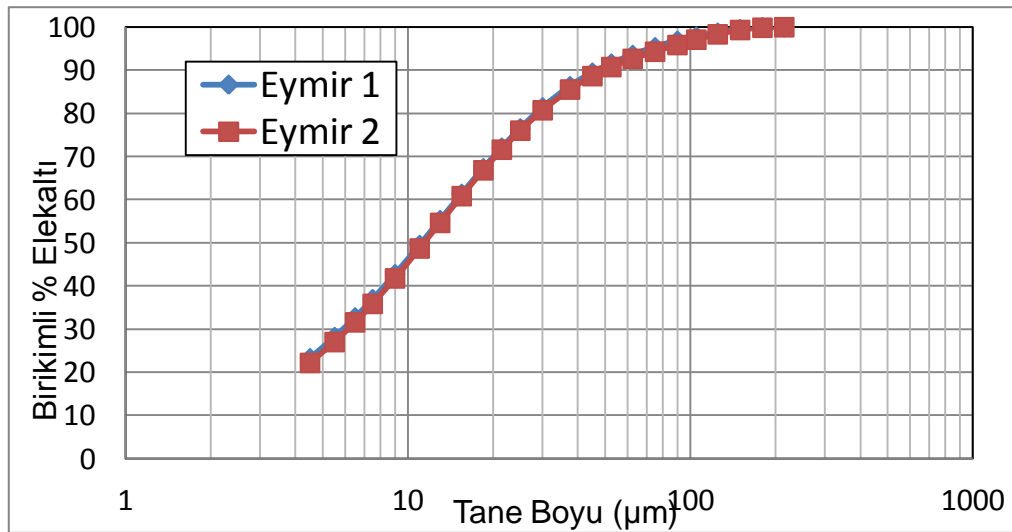
5.1. Göl Sedimanının Genel Değerlendirmesi

Eymir Gölü sedimanının tane boyu analizi; ilk aşamada gölün tek bir noktasından alınan 158,46 g'lık sediman örneğine uygulanan, yaş numunede X ışını yöntemi ile yapılmıştır. Sonraki aşamada ise; aynı yöntem, gölün 5 ayrı noktasından alınan en az 1 kg'lık yaş sedimana uygulanmıştır. Örneklerin 50-60°C'de kurutularak analizi denenmiş ancak kurutulup dövülmüş örneklerin, distile su içerisinde tekrar homojen bir şekilde dağılması mümkün olmamıştır. Bu durum, çamurun yapısındaki kil ile ilişkilidir. Daha sonra parçacık boyutu analizleri yaş yöntem ile yapılmıştır.

Tekrarlanabilirliği göstermek için, aynı numune ile birden fazla kez ölçüm yapıp birbirine en yakın ve en anlamlı değerleri veren iki ölçüm esas alınarak grafik çizilmiştir. 1. ölçüm ile 2. ölçüm arasında basit regresyon testi yapıldığında R-kare değeri %99,9897 çıkmıştır. Testin tekrarlanabilirliği yüksektir. Bu durumda her iki ölçümden biri ya da ölçümlerin ortalaması incelenebilir.

Çizelge 5.2. Tane boyu analizi için istatistik özeti

F-oranı	P-değeri	Korelasyon katsayısı	R ²
204199,00	0	0,999949	%99,99

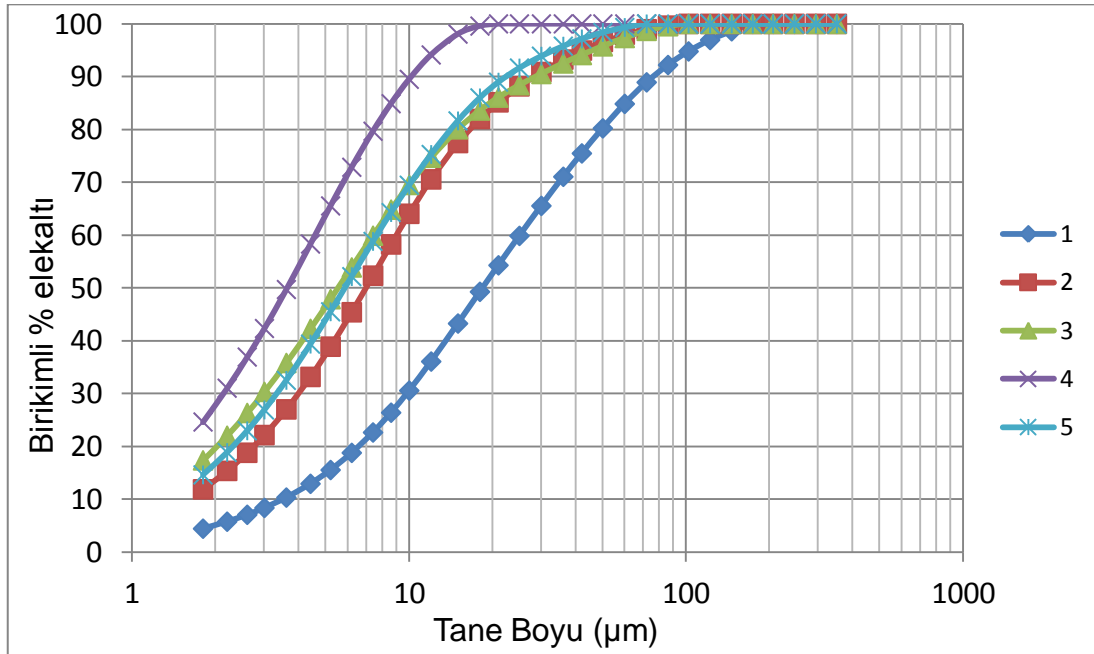


Şekil 5.1. Eymir Gölü tane boyu – birikimli % elek altı grafiği. Grafiğin x ekseninde 1000 µm'ye kadar parçacık büyüklüğünü y eksenine ise birikimli tanecik sayısı yüzdesini vermektedir.

Bu durumda; grafiğe göre, taneciklerin % 45'i 10 μm 'den ufak % 91'i 52,5 μm 'den daha ufaktır. Bu da 100 g örnek olduğu var sayılırsa 90 g'dan fazlasının 50 μm 'den küçük boyutta olduğunu gösterir.

İlk tane boyu analizinden sonra, gölü daha iyi belirleyebilmesi amacıyla beş ayrı bölgeden sediman numuneleri alınmış ve ayrı ayrı tane boyu analizi yapılmıştır. Grafiğe göre en ufak tane boyutu 4. bölgede görülmektedir ve taneciklerin % 89'u 8.6 – 10 μm arasında veya daha ufaktır. En büyük tane boyutu ise 1. bölgede görülür. Taneciklerin % 92'si 72 – 86 μm arasında veya daha ufaktır.

2. ve 3. Bölgelerin tanecik boyları birbirine çok yakın ve %90'ı, 25 – 30 μm 'den ufaktır. 5. Bölgede, taneciklerin %91'i 21 – 25 μm 'den ufaktır.



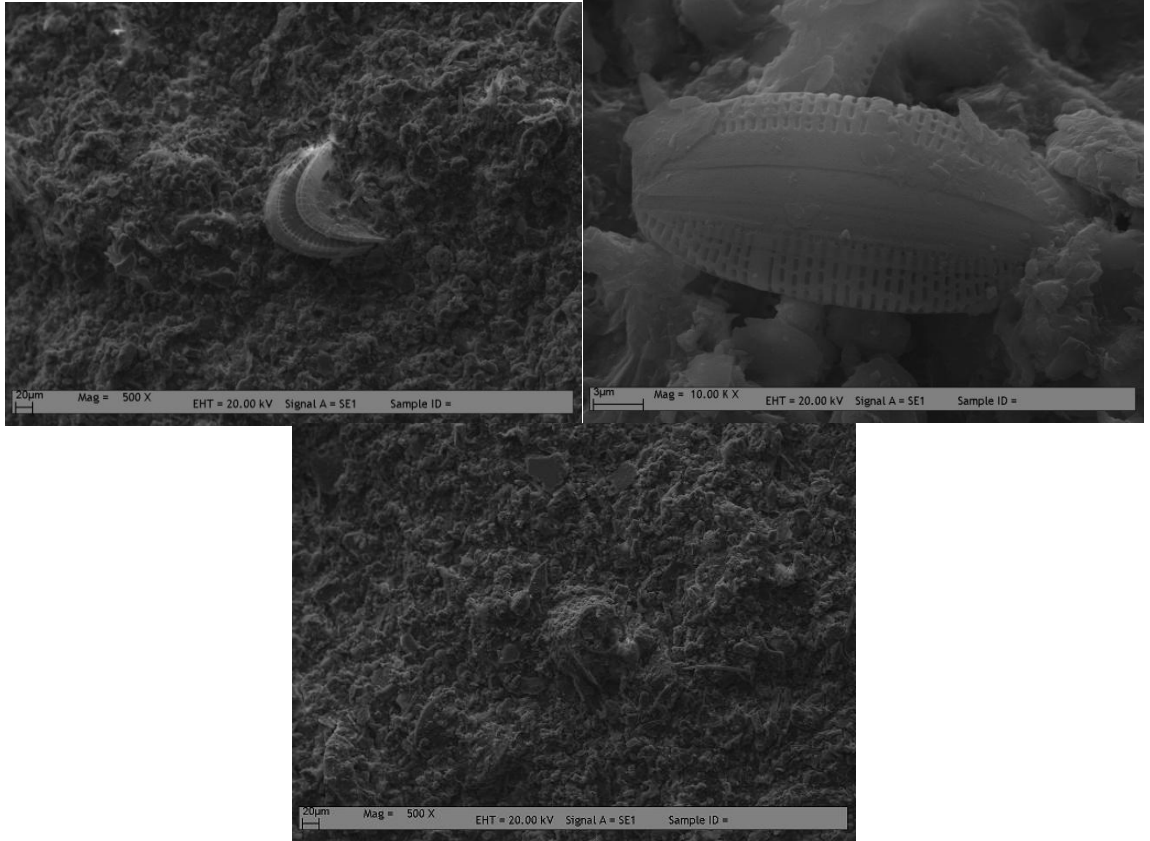
Şekil 5.2. Eymir Gölü, beş bölgeden alınan numunelerde tane boyu – birikimli % elek altı grafiği

İki analiz karşılaştırıldığında her ikisinde de parçacıkların 100 μm 'den küçük olduğu, en büyük parçacık boyutu, 10 μm ve daha ufak olan bölgelerin olabileceği görülmüştür. Farklı bölgelerin sedimanlarının farklı tane boyu büyüklüklerine sahip olduğu ve bölgeler arasında anlamlı bir fark olduğu da kabul edilebilir.

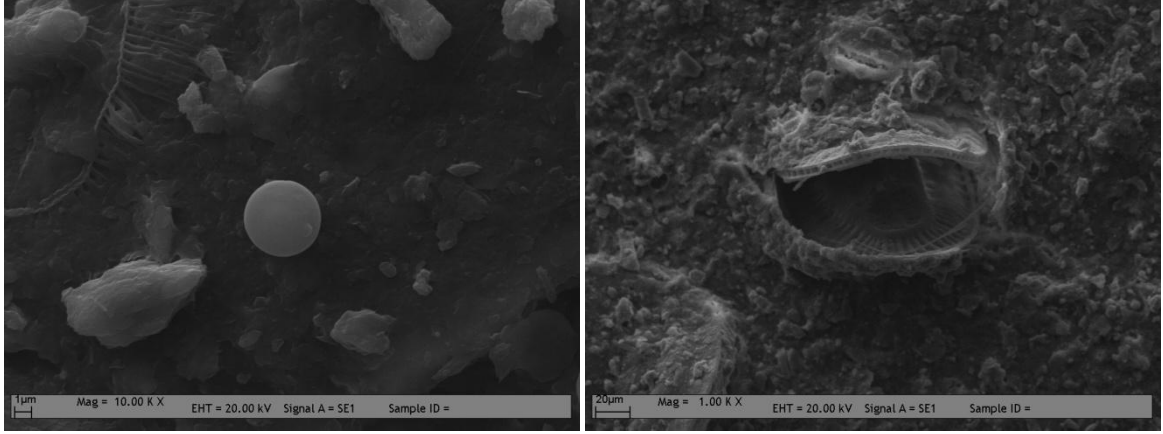
Eymir Gölü sediman yapısını belirlemek için beş ayrı bölgeden 15.07.2010 tarihinde alınan sediman örneklerinin, tarama elektron mikroskop (SEM) kullanılarak elde edilen görüntüleri (Zeiss EVO50 scan electron microscope) aşağıda verilmiştir.

Bu analizlerden sonra alınan elektron mikroskop görüntülerinin ölçeklerine göre tanecik büyüklükleri incelenmiştir. 1. Bölgenin 45-50 μm 'lik partiküller içermekle birlikte, tane boyunun genel olarak 40-50 μm 'den küçük olduğu, 2.bölgenin 10-20 μm 'den küçük, 3. bölgenin 40-50 μm 'den küçük, 4. ve 5. bölgenin ise 10 μm 'dan küçük tane boyutuna sahip olduğu görülmektedir. Hem tane boyu hem de elektron mikroskop analizlerine göre en küçük tanecik boyutu 4. bölgede en büyük ise 1. bölgede görülmektedir. Bu durumda iki analizin birbirini desteklediği söylenebilir. Büyük partiküllerin gölün su girişi olan Mogan tarafından İmrahora doğru çökmeye başladığı ve gölün piston akışı bir reaktör gibi davrandığı söylenebilir

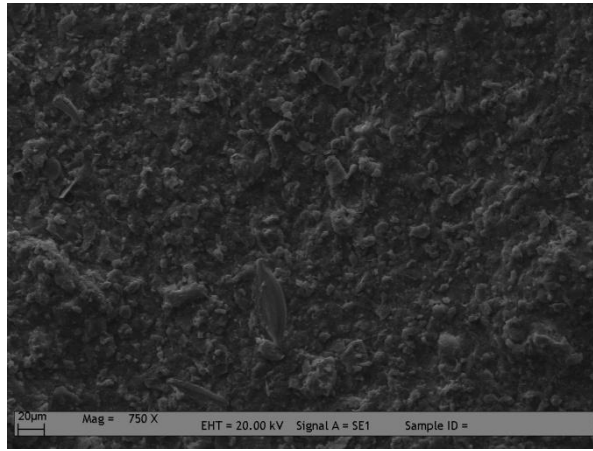
65°C'de fırında bekletilerek hazırlanmış sediman örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 5.3 ile Şekil 5.9 arasında verilmiştir.



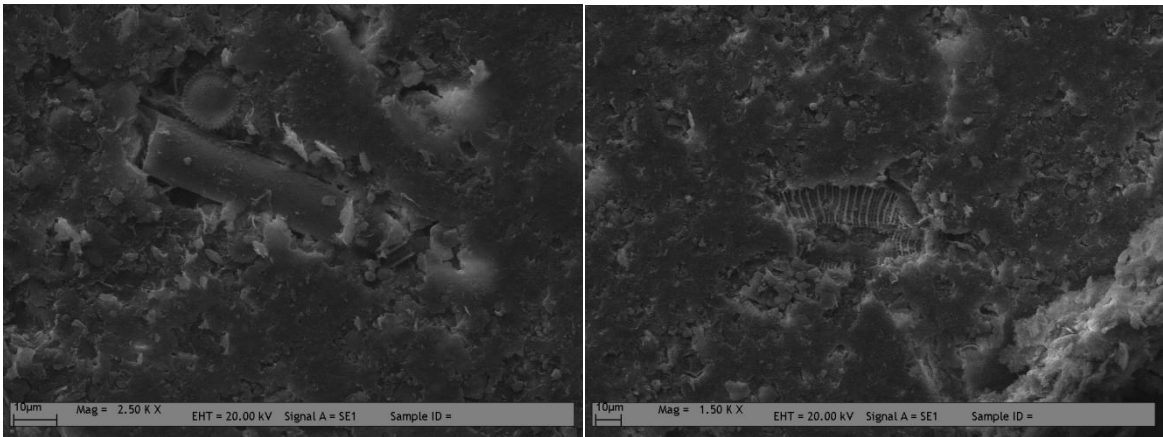
Şekil 5.3. Birinci bölge sediman görüntüsü. Sol üstteki görüntü 500X, sağ üstteki 10.0 KX alttaki ise 500 X büyütme ile görüntülenmiştir.



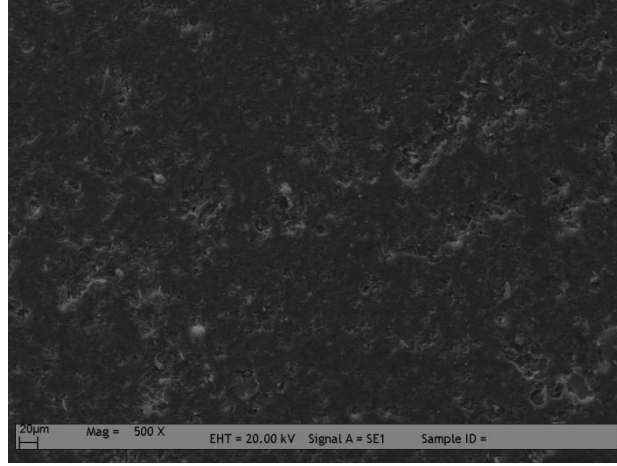
Şekil 5.4. İkinci bölge sediman görüntüsü. Soldaki görüntü 10.00 KX, Sağdaki ise 1.00 KX büyütme ile çekilmiştir.



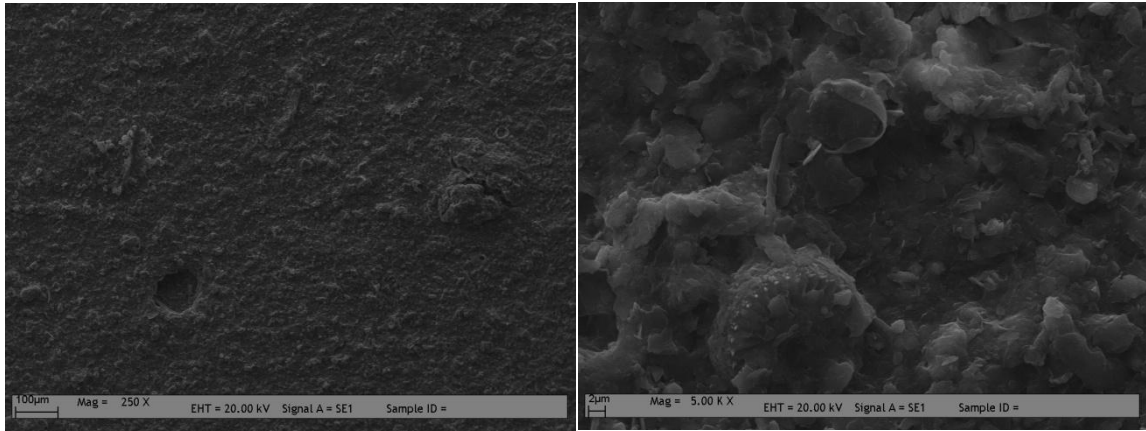
Şekil 5.5. İkinci bölge sediman görüntüsü 750X büyütmede çekilmiştir.



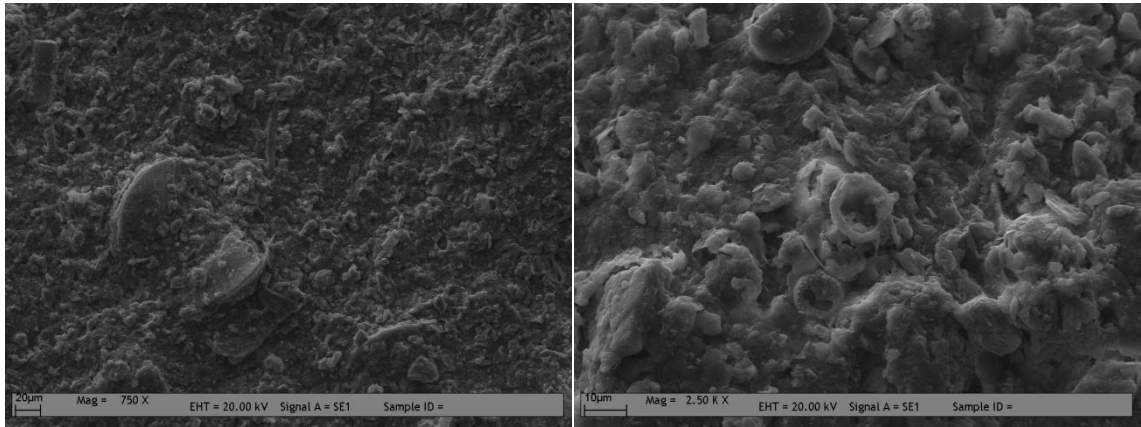
Şekil 5.6. Üçüncü bölge sediman görüntüsü. Soldaki 2.50 KX, sağdaki görüntü ise 1.50 KX büyütme ile çekilmiştir.



Şekil 5.7. Üçüncü bölge sediman görüntüsü. 500X büyütme ile çekilmiştir.

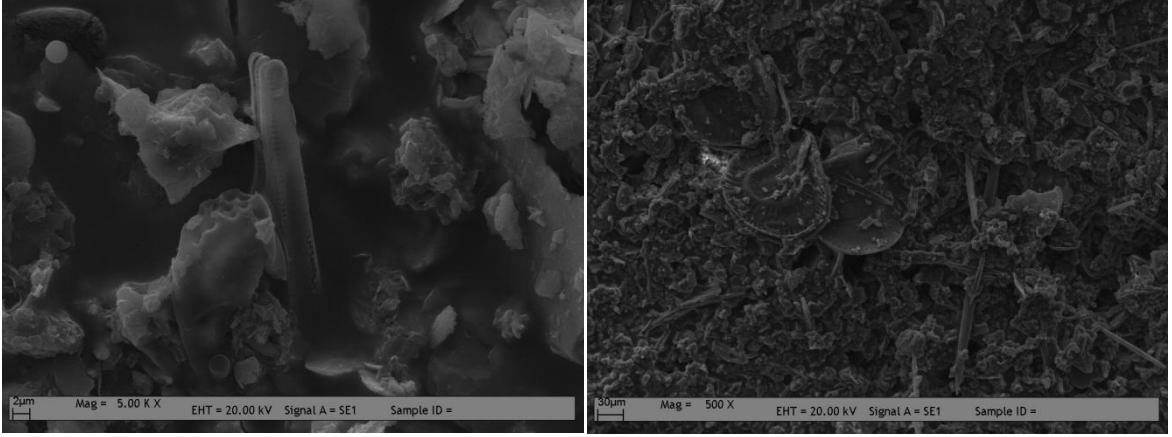


Şekil 5.8. Dördüncü bölge sediman görüntüsü. Soldaki görüntü 250X sağdaki ise 20.00KX büyütme ile çekilmiştir.

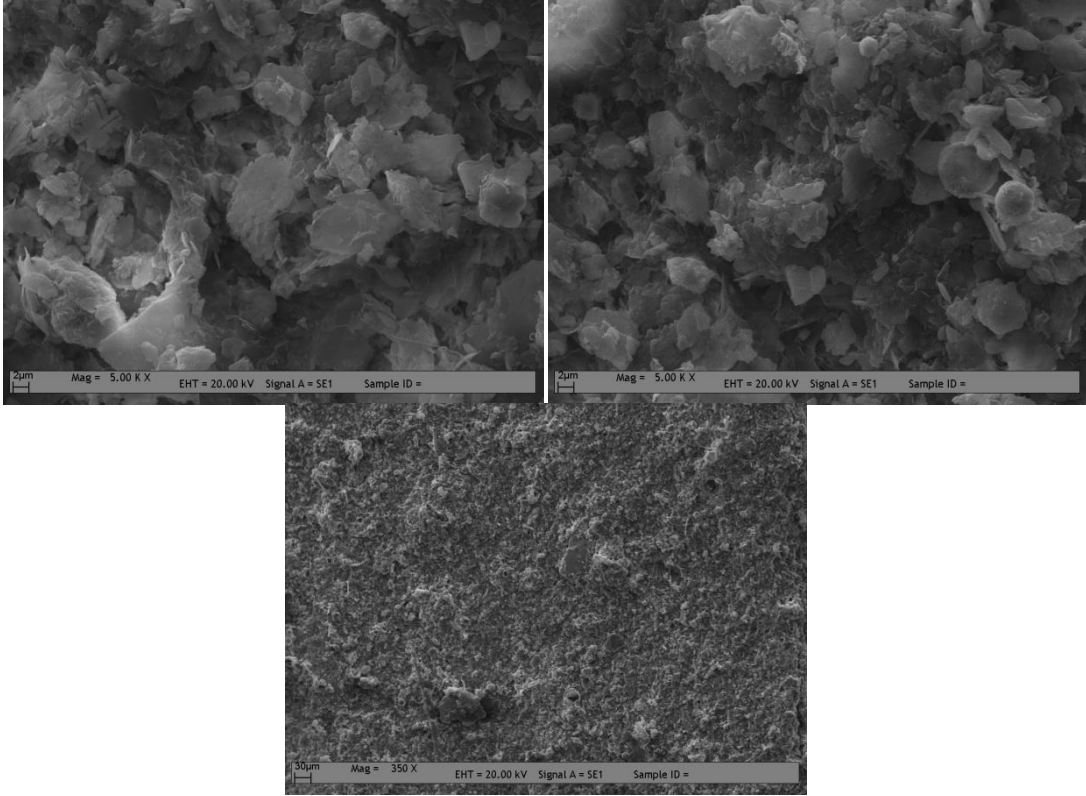


Şekil 5.9. Beşinci bölge sediman görüntüsü. Soldaki görüntü 750 X, sağdaki ise 2.50 KX büyütme ile çekilmiştir.

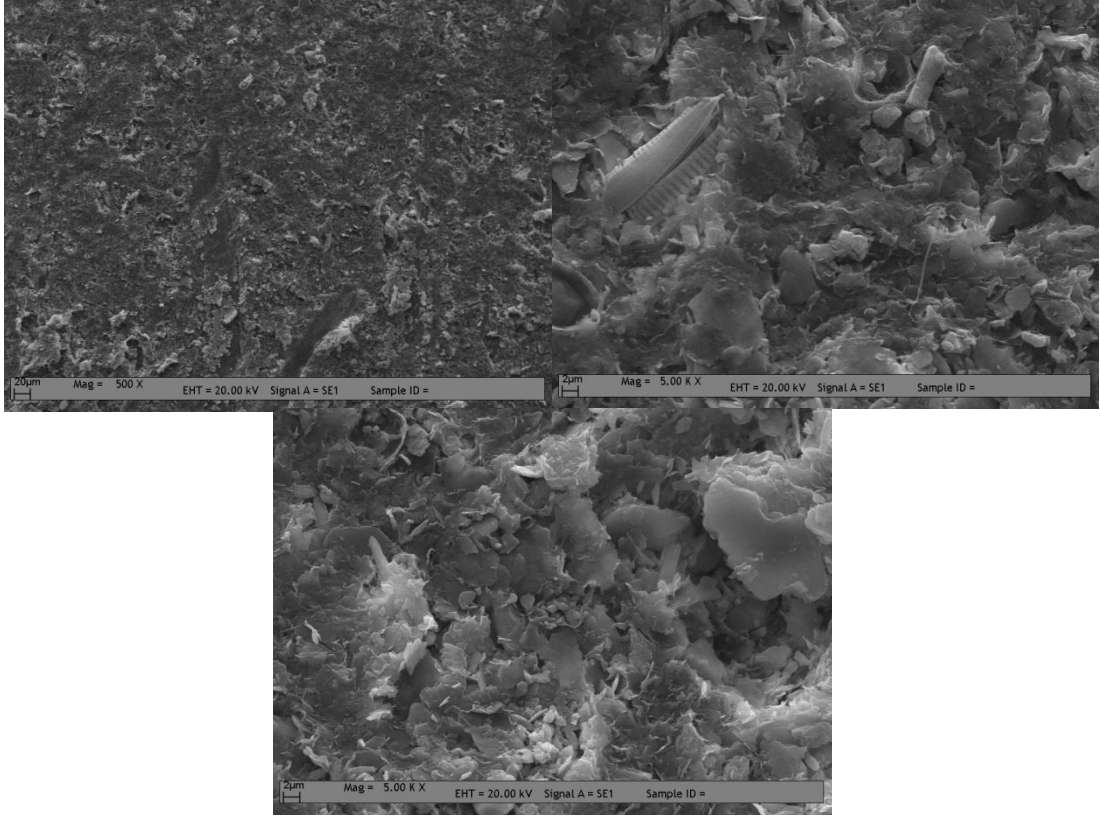
Etanol ile muamele edilmiş sediman örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 5.10. ile 5.14. arasında verilmiştir.



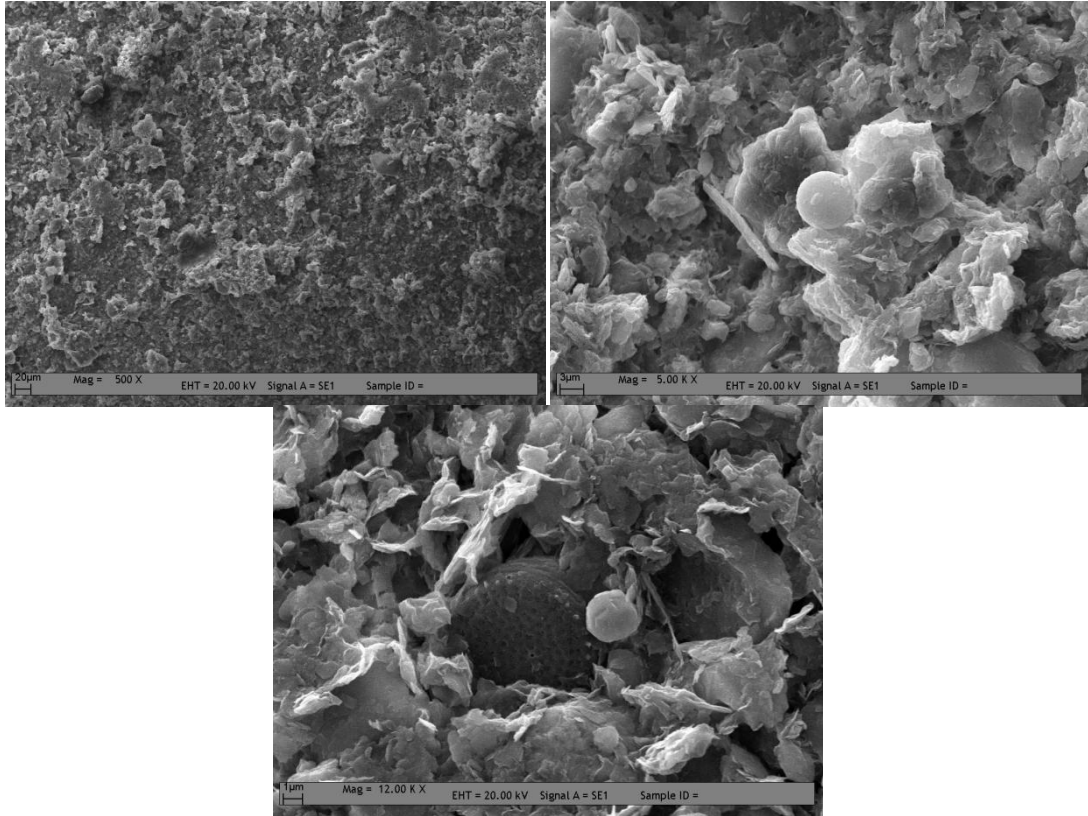
Şekil 5.10. Birinci bölge sediman görüntüsü Soldaki görüntü 5.00 KX, sağdaki ise 500X büyütme ile çekilmiştir.



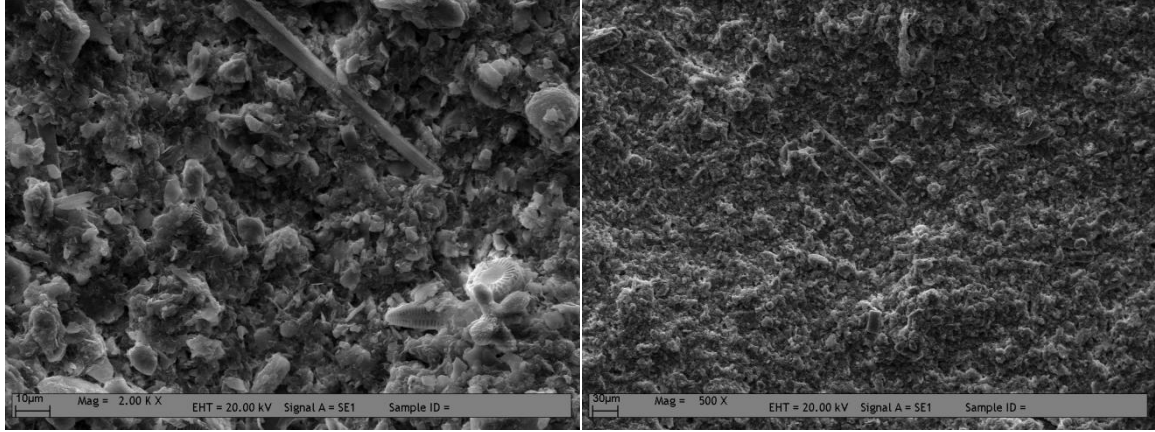
Şekil 5.11. İkinci bölge sediman görüntüsü Soldaki 5.00 KX, sağdaki ise 5.00KX, alttaki ise 350 X büyütme ile çekilmiştir.



Şekil 5.12. Üçüncü bölge sediman görüntüsü. Sol üstteki 500X, sağdaki 5.00KX, alttaki ise 5.00KX büyütme ile çekilmiştir.

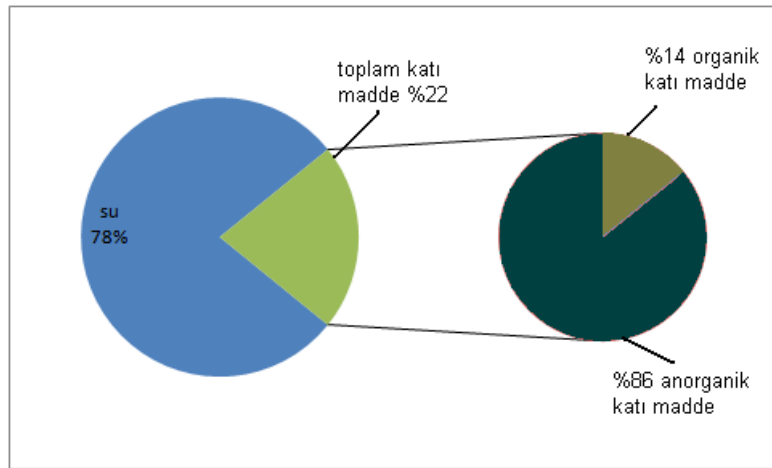


Şekil 5.13. Dördüncü bölge sediman görüntüsü. Sol üstteki 500X, sağdaki 5.00KX, alttaki ise 12.00 KX büyütme ile çekilmiştir.



Şekil 5.14. Beşinci bölge sediman görüntüsü. Soldaki 2.00 KX, sağdaki ise 500X büyütme ile çekilmiştir.

Sedimanda Toplam katı, uçucu organik ve sabit anorganik katıların yüzdesi standart metotlara göre belirlenmiştir. Tüm numunelerin, ortalama toplam katı madde oranı % 22'dir. Bunun % 86'sının anorganik, % 14'ünün ise organik katı maddeden oluştuğu bulunmuştur (Şekil 5.15.).

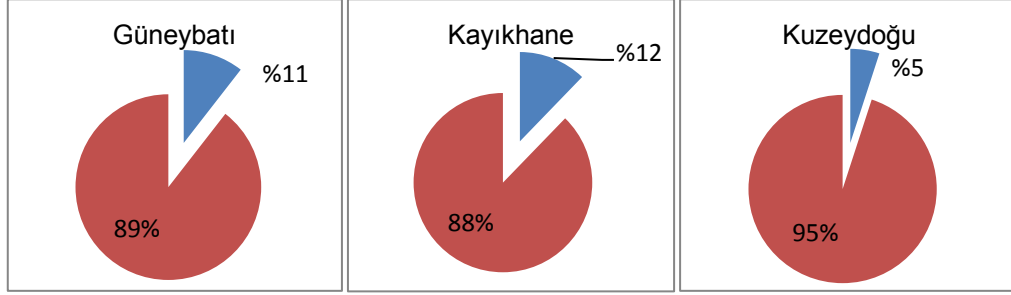


Şekil 5.15. Eymir Gölü sedimanında ortalama katı madde yüzdeleri

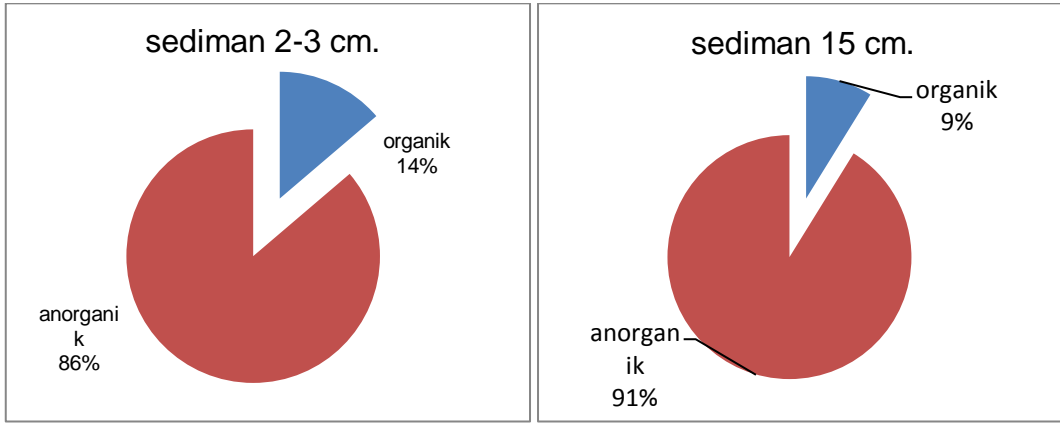
Sediman numuneleri bölgesel olarak incelendiğinde; gölün deşarj noktasına yakın olan kuzeydoğu bölgesinde organik madde miktarının diğer bölgelerden düşük olduğu görülür. Güneybatı bölgesinde sedimanın %11'i organik katı maddeden oluşurken, en yüksek organik madde içeriği Kayıkhane bölgesinde yani gölün ortasında gözlenmiştir (Şekil 5.16.).

Sediman numuneleri kendi içinde; yüzeyden itibaren 2-3 cm.'den ve 15 cm derinden alınan numuneler olarak ikiye ayrılıp incelenmiştir. İlk 2-3 cm'lik bölgenin

%14 ile daha yüksek organik madde içerdiği, 15cm'den alınan numunelerin ise %9 ile daha düşük organik madde içeriğine sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 5.17.).



Şekil 5.16. Farklı bölge sedimanlarında katı madde yüzdeleri. Kırmızı dilim anorganik mavi dilimler organik katı madde yüzdelerini göstermektedir.



Şekil 5.17. Sedimanın yüzeyi ve 15 cm dibinden alınan numunelerde organik ve anorganik madde yüzdeleri

5.2. Eymir Gölü'nün Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi

Eymir Gölü'nün su kalitesi parametrelerinin bir bölümü arazi sırasında diğer bölümü ise numuneler laboratuvara getirildikten sonra ölçülmüştür. Bu nedenle, yapılan ölçümler iki alt başlık altında incelenmiştir.

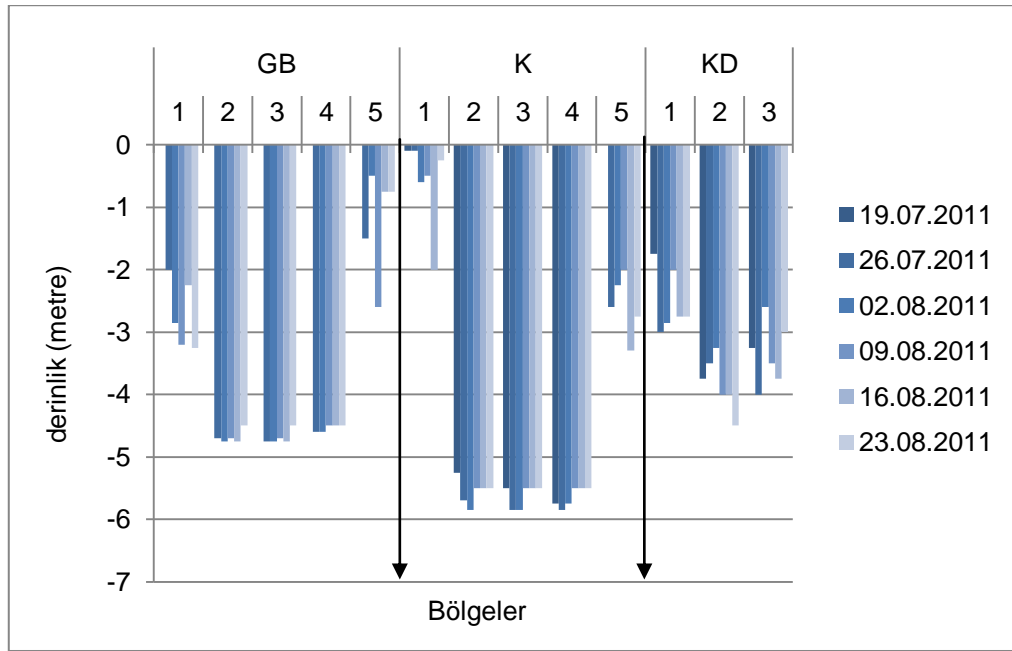
5.2.1. Arazide Ölçülen Su Kalitesi Parametreleri

Arazi sırasında anlık olarak; derinlik, secchi derinliği, aydınlanma şiddeti, pH, ORP, sıcaklık, çözünmüş oksijen, İletkenlik, tuzluluk ve toplam çözünmüş katı parametreleri ölçülmüştür. Bu ölçümlere ait sonuçlar sırayla verilecektir.

Şekil 5.18'deki bölgesel derinlik ve zaman grafiği temmuz – ağustos 2011 dönemindeki ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Grafikte bölgeler birbirinden ok ile

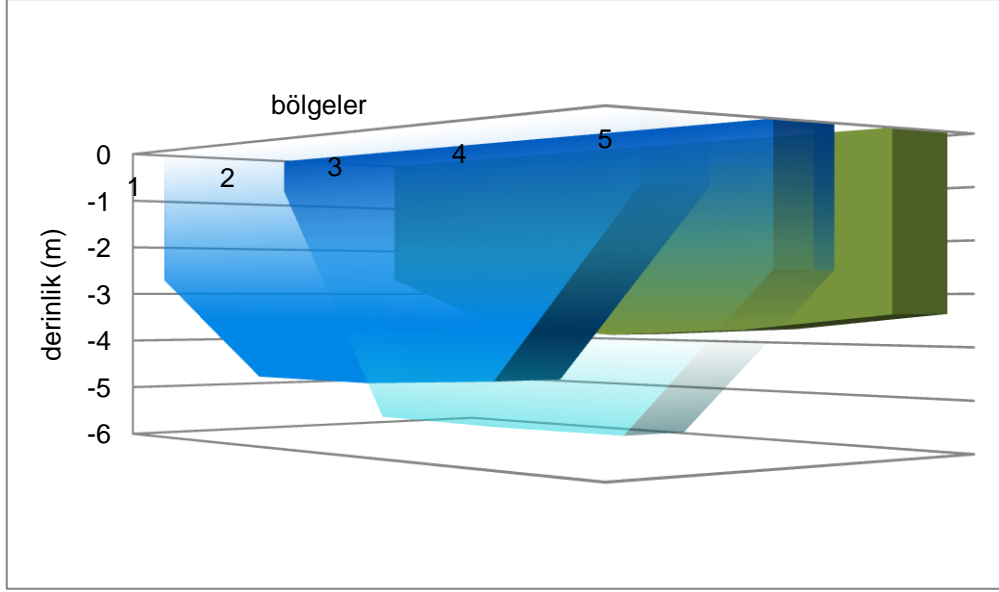
ayrılmıştır. Bu dönemde ve önceki iki senelik ölçüm sonuçlarına göre uzun vadede gölün en derin bölgesi; ortalama 5,6 metre ile kayıkthane bölgesidir. Güneybatı bölgesinin ortalama derinliği 4,6 kuzeydoğu bölgesinin ise 3,8 metredir. Gölün littoral bölgelerinde ise sazlık örtüsünün bitiminden itibaren ortalama derinlik 2,3 metre olarak ölçülmüştür.

Gölün Mogan su girişi ve Imrahor su çıkışına yakın olan noktalarda 23 eylül 2011 arazisi ölçümüne göre sırasıyla 3m ve 2.5m derinlik ölçülmüştür. Bu noktalarda birikim fazla ve sazlık örtüsü çok olduğundan derinlik de azalmaktadır.



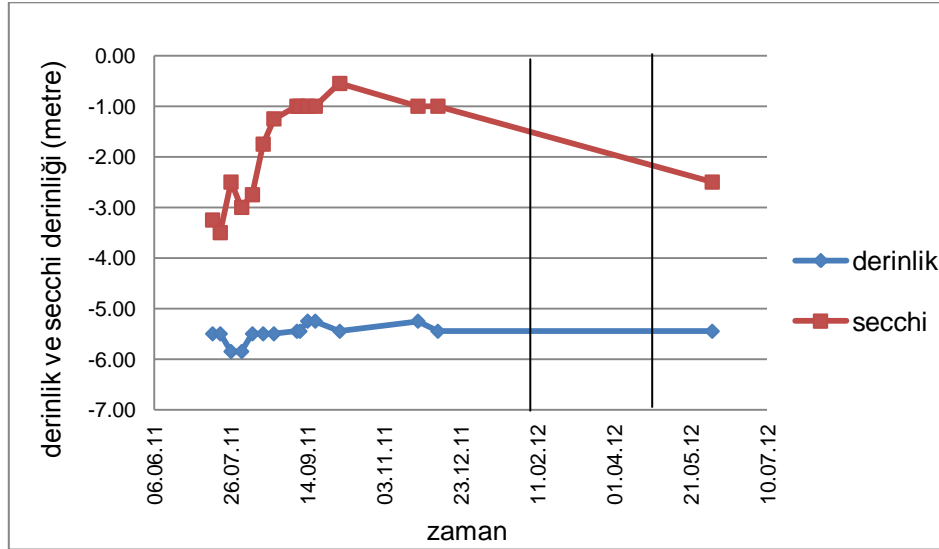
Şekil 5.18. Eymir Gölü 2. arazi döneminde, bölgelere göre derinliğin zamanla değişimi. GB-güneybatı, K-Kayıkthane, KD-kuzeydoğu, 1,5 ve KD-3 noktaları gölün littoral bölgesini, diğerleri ise pelajik bölgesini göstermektedir.

Şekil 5.19'da gölün üç farklı bölgesindeki derinlik profilleri üç boyutlu ve gölün kuzey ve güney kıyılarını gösterecek şekilde saydam olarak grafiğe aktarılmıştır.



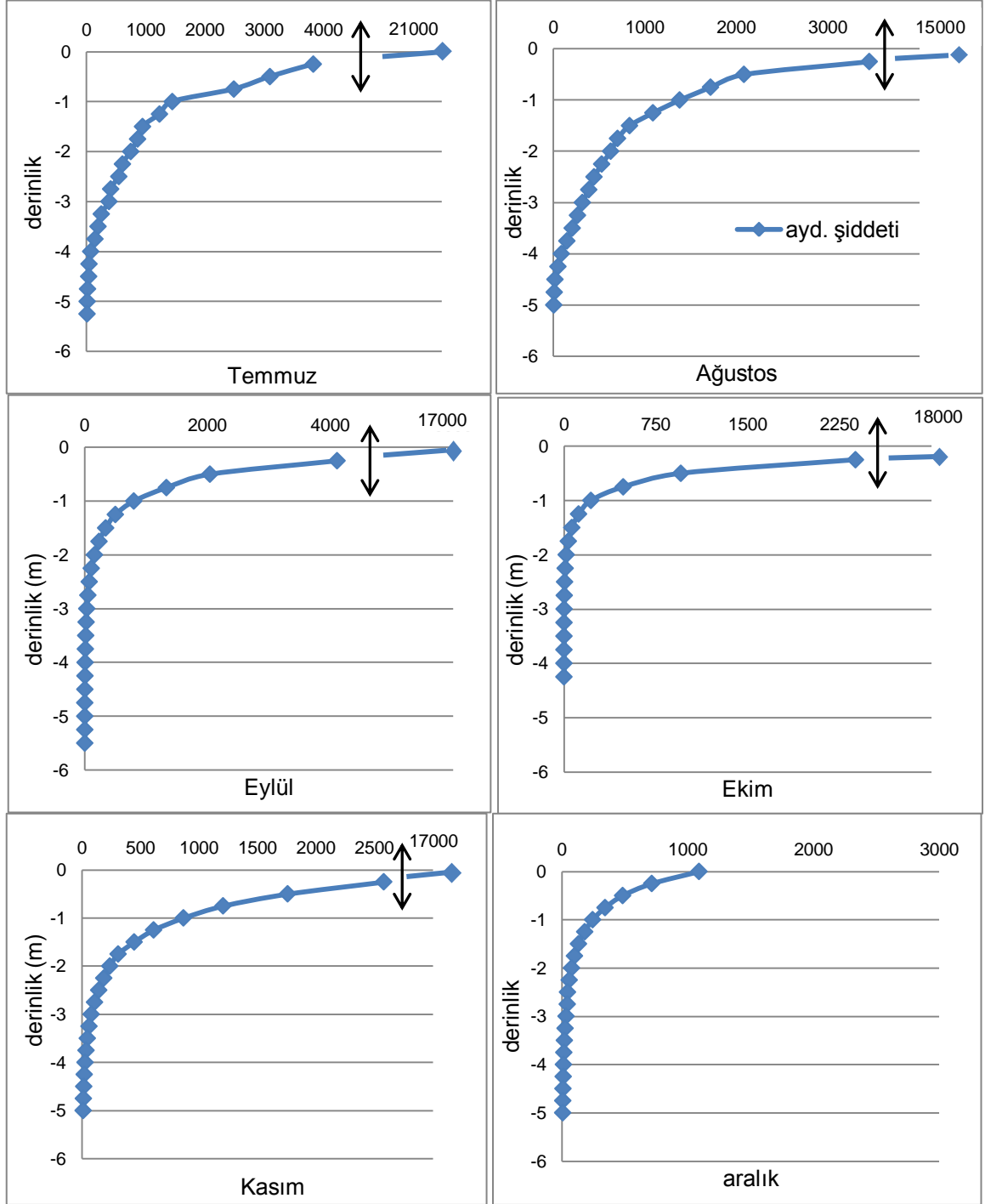
Şekil 5.19. Eymir Gölü'nün üç farklı bölgesindeki ortalama derinlik profilleri

Üçüncü dönem arazisi gölün “kayıkane” bölgesinde gerçekleştirilmiştir ve bu bölgede derinliğin zamana göre değişimi incelenmiştir (Şekil 5.20.). Yüzeyin buz tabakası ile kaplanması nedeniyle ocak – nisan 2012 tarihleri arasında ölçüm yapılamamıştır. Ölçümlere göre secchi derinliğinin ağustos ayında düşmeye başladığı sonbahar ve kış aylarında 1 metre civarında kaldığı ilkbahar sonunda tekrar yükseldiği görülmüştür.



Şekil 5.20. Kayıkane bölgesinde haziran 2011-2012 tarihleri arasında derinlik ve secchi derinliğinin değişimi. İki çizgi arası buz ile kaplı dönemi göstermektedir.

Temmuz 2011 ile Haziran 2012 arasında ölçülen ortalama aydınlanma şiddetine ait grafikler aynı gösterge çizelgesi üzerinde karşılaştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.21.) Yaz aylarında aydınlanma şiddeti artarken kış aylarında keskin bir düşüş görülür.

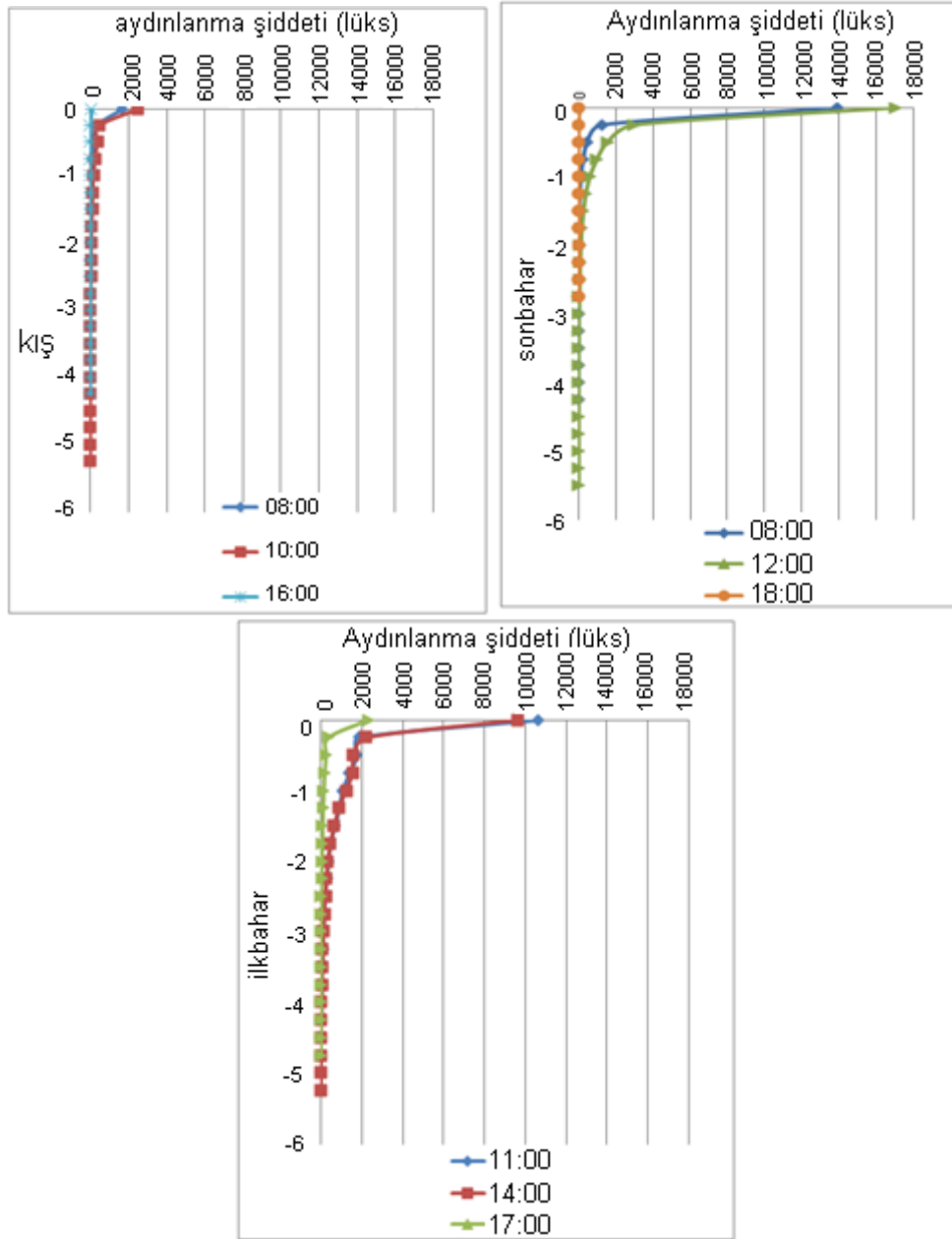


Şekil 5.21. Temmuz 2011 – Haziran 2012 arasında ortalama aydınlanma şiddetinin derinlik ile değişimi

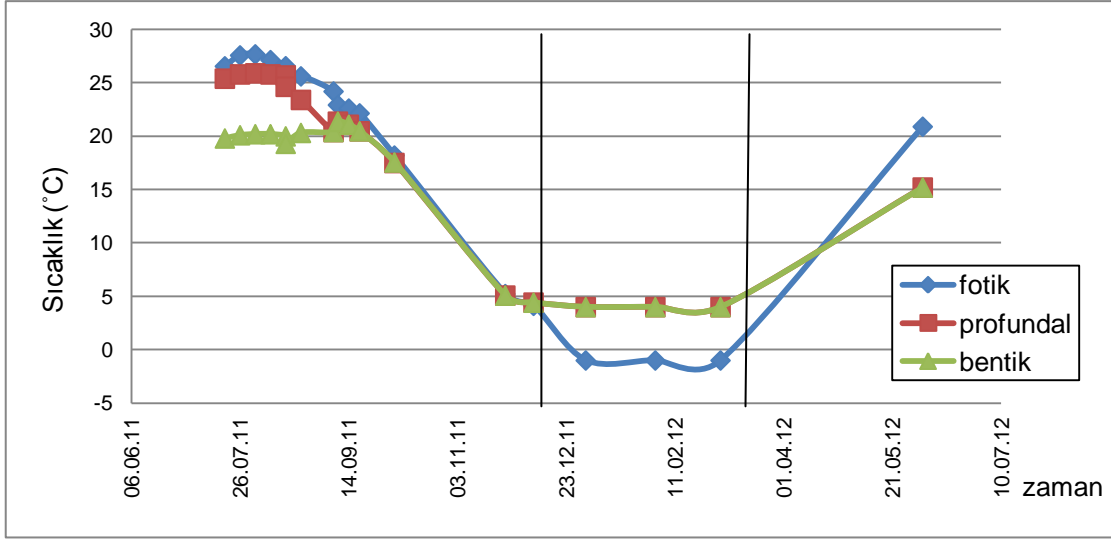
Yaz aylarında gölün neredeyse dibine kadar (4 metre) ulaşan güneş ışınları, eylül ayından itibaren 2 metreden derin noktalara ulaşmamakta ve göl dibi neredeyse

karanlık olmaktadır. Ekim ve kasım ayında yüzeyin 25 cm altına ulaşan aydınlanma şiddeti, yaz aylarına göre neredeyse yarı yarıya düşmüştür. Aralık ayında ise bu değer 1000 lüks'ün de altında ölçülmüştür.

Eylül 2011 ve haziran 2012 ayları arasında arazide saatlik ölçümler yapılmıştır. Özellikle gün batımından hemen önce aydınlanma şiddetinde ani düşüş görülmektedir. (50-100 lüks) Güneş ışınlarının en dik düştüğü öğle saatlerinde göl yüzeyine etkiyen aydınlanma şiddeti değerleri de en yüksek değerine ulaşmaktadır.

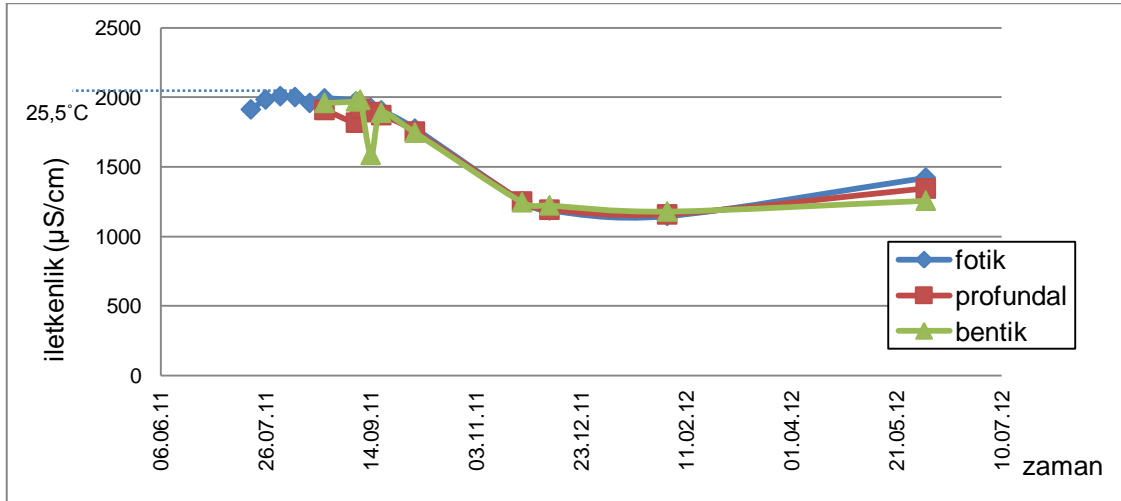


Şekil 5.22.İlkbahar, sonbahar ve kış mevsiminde günün farklı saatlerinde, aydınlanma şiddetinin derinlik ile değişim grafiği.



Şekil 5.23. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde sıcaklığın zamanla değişimi

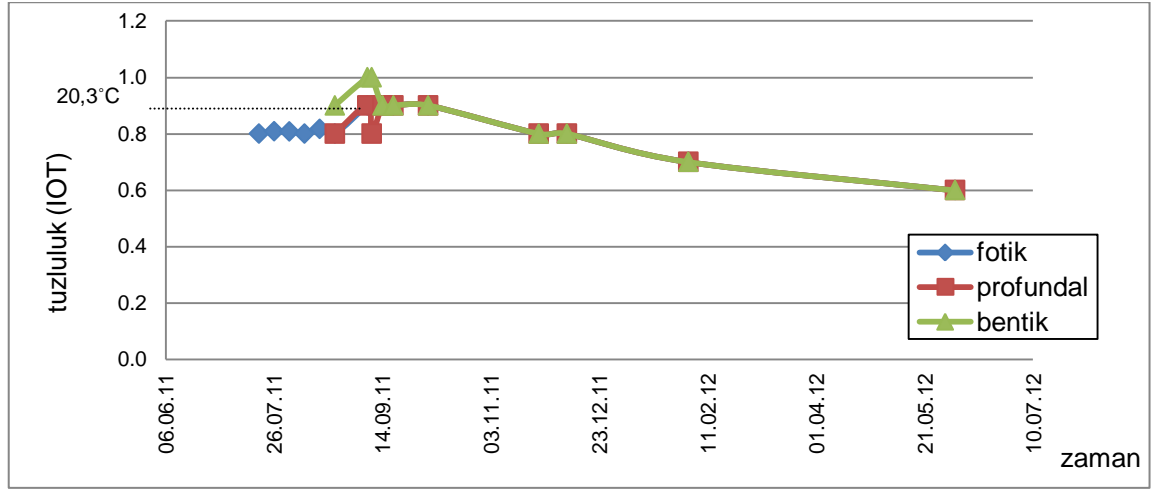
Bir yıllık periyotta, sıcaklık yaz aylarında 27-28°C'lerden kış aylarında 4°C'ye kadar düşmüştür. Şekil 5.23'deki iki siyah çizgi arası göl yüzeyinin buz ile kaplı olduğu dönemi göstermektedir. Bu dönemde yüzey sıcaklığı 0°C'nin altında iken profundal ve bentik bölgede su yoğunluğunun en yüksek olduğu 4°C'ye kadar yükselmekte ve termal tabakalaşma görülmektedir. İlkbahar ve sonbaharda fotik, profundal ve bentik zon sıcaklıkları eşitlenip dikey karışım oluşurken, yaz aylarında ikinci termal tabakalaşma görülmektedir.



Şekil 5.24. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde iletkenliğin zamanla değişimi

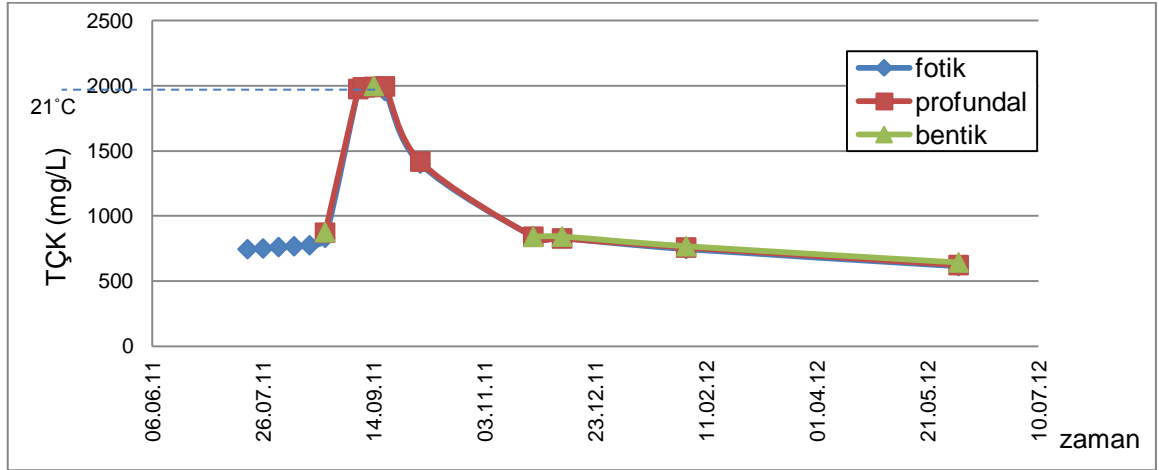
İletkenlik, tuzluluk ve sıcaklık parametreleri birbirleri ile ilişkili olarak değişmektedir. Yaz aylarında sıcaklığın artması ile katıların sudaki çözünürlüğü artar ve sudaki tuz konsantrasyonunun artması iletkenliğin de yükselmesine neden olur. Kış

aylarında ise sıcaklığın düşmesi ile tuzların çözünürlüğü azalır. Böylece hem iletkenlik hem de tuzluluk değerleri düşer.



Şekil 5.25. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde tuzluluğun zamanla değişimi

Toplam çözülmüş katı konsantrasyonları, sıcaklığın 20-25°C arasında değiştiği ağustos ve eylül aylarında yükselmektedir. En yüksek TÇK konsantrasyonları eylül ayında ölçülmüştür. Bu durum bahar aylarında gerçekleşen suyun dikey karışım göstermesi ile açıklanabilir.



Şekil 5.26. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde toplam çözülmüş katı konsantrasyonunun zamanla değişimi.

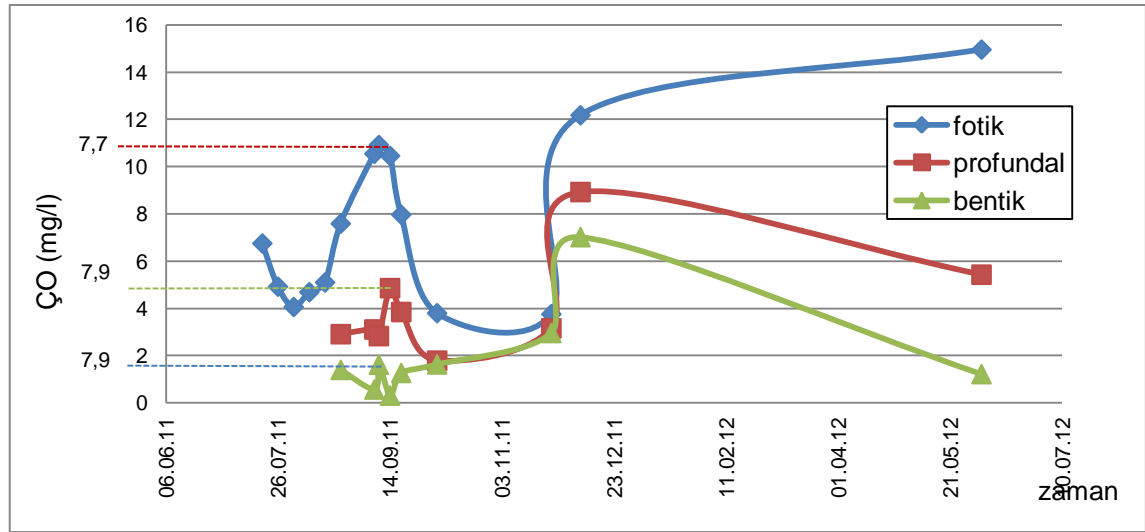
Ekim ve kasım aylarında su sıcaklığı tüm zonlarda aynıdır ve dikey karışım başlamıştır. Dikey karışımla oksijenin alt tabakalara taşınması ve su sıcaklığının düşmesi, bentikteki oksijen konsantrasyonunun yaz aylarına göre yükselmesine neden olmuştur. Bununla birlikte, Şekil** de görüleceği gibi, aynı tarihlerde klorofil-a konsantrasyonunun azalması, fotikteki oksijen konsantrasyonunun, yaz aylarına

göre düşük kalmasına neden olmuştur. Tablo 5.3'te 14 eylül 2011 arazisindeki sıcaklık ve iletkenlik ölçümlerine göre oksijenin sudaki çözünürlüğü verilmiştir.

Çizelge 5.3. Oksijenin sudaki çözünürlüğü (USGS, 2012).

Sıcaklık (°C)	İletkenlik (µS/cm)	Oksijenin çözünürlüğü (mg/L)
22,6	1924,4	7,75
21,1	1893,4	7,90
21,1	1586,2	7,91

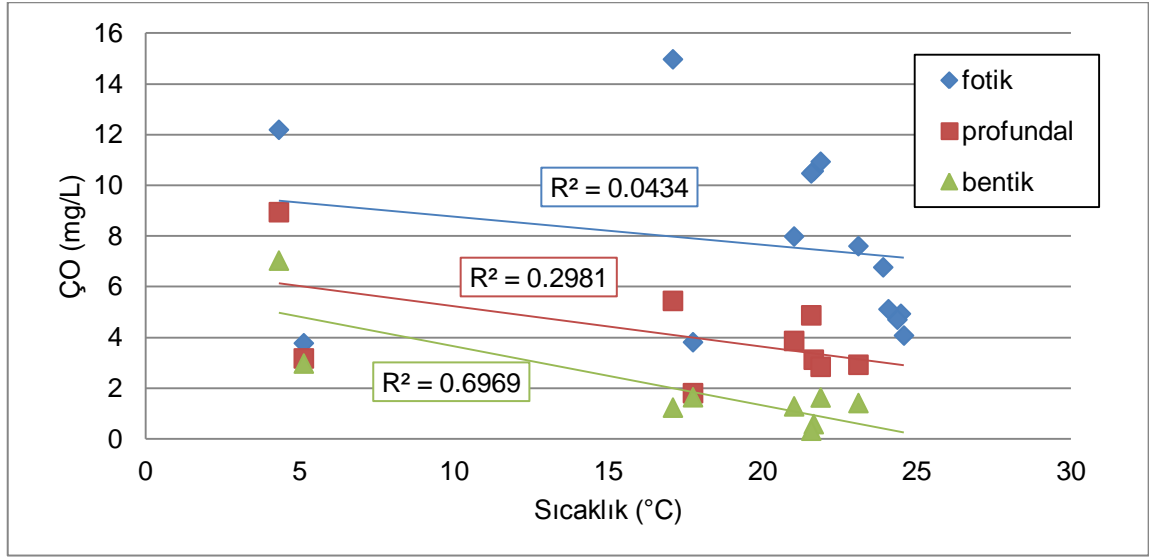
14 eylül 2011 tarihli ölçümde fotik zondaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu 10,5 mg/L'dir. Tablo ve grafik ile karşılaştırıldığında, yüzey suyunun bu tarihte oksijen konsantrasyonu açısından aşırı doygun olduğu söylenebilir. Profundal zonda ÇO konsantrasyonu 4,9 mg/L, bentik zonda ise 0,31 mg/L'dir. Bu da, gölün 3 metreden derin bölgelerinde suyun oksijen bakımından aşırı seyreltik olduğunu gösterir. ÇO konsantrasyonu olması gerekenden aşırı derecede düşüktür. Göl dibinde anoksik koşullara yakın bir durum görülmektedir.



Şekil 5.27. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde çözülmüş oksijen konsantrasyonunun zamanla değişimi.

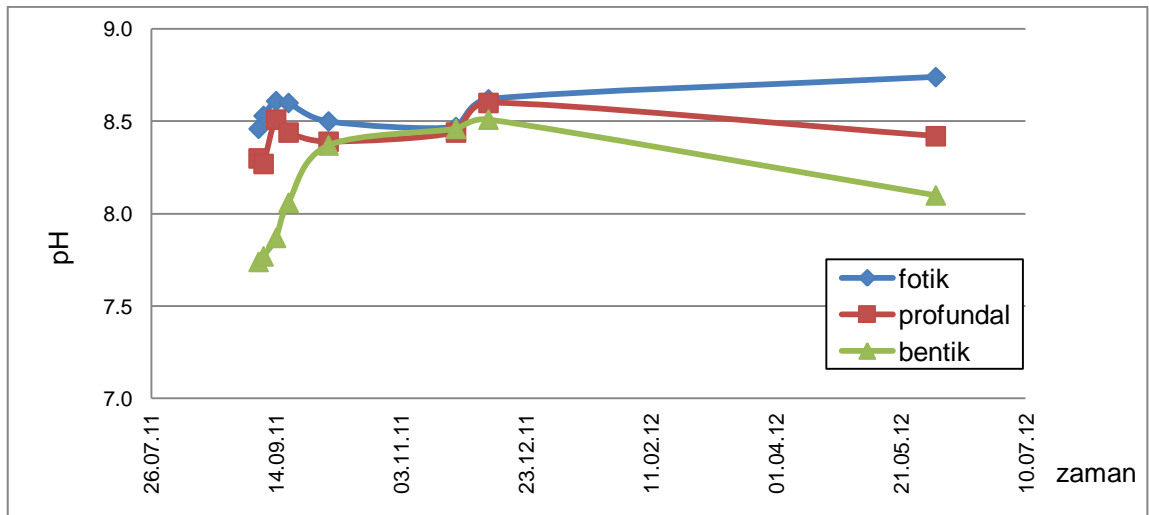
Yaz aylarında da görülen ve 14 Eylül arazisinde incelenen bu durum ÇO – sıcaklık dağılım grafiği ile daha iyi açıklanabilir. Sıcaklığın artması ile tüm zonlarda çözülmüş oksijen konsantrasyonu düşmektedir. Ancak bu ilişki en yüksek bentik zonda R^2 %70 oranında gözlenirken fotik zonda çok zayıftır. Bunun nedeni fotik

zonda yaz aylarında sıcaklığın artması ile klorofil-a üretiminin artması ve buna bağlı olarak oksijen üretiminde aşırı bir artış gözlenmesidir.



Şekil 5.28. Fotik, profundal ve bentik zonalarda ÇO-sıcaklık dağılım grafiği.

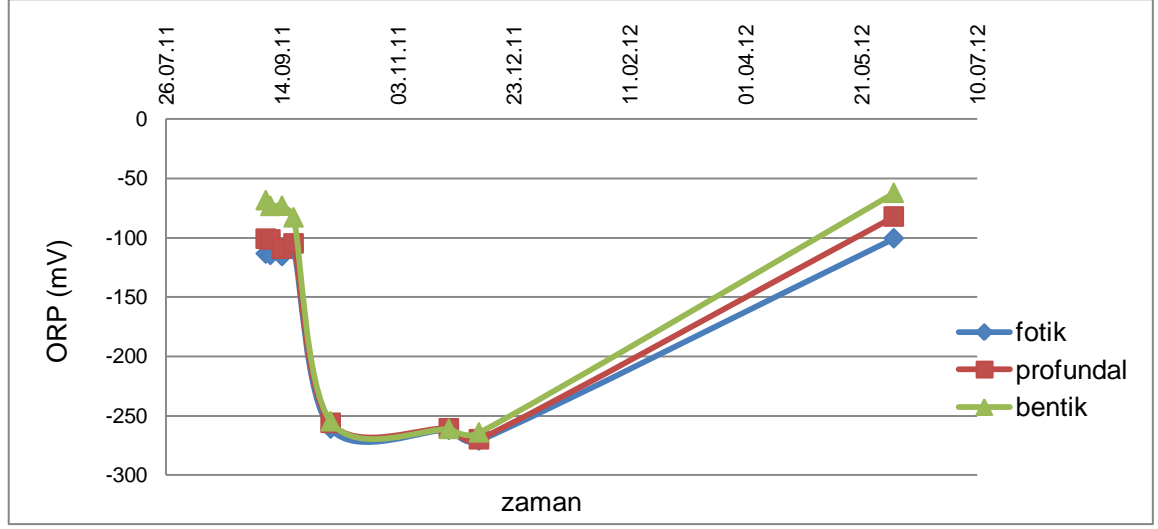
Yaz ve ilkbahar aylarında özellikle epilimnion tabakasında yüksek mikrobiyal parçalanma ve alkalinitenin yükselmesi ile pH ve ORP değerlerinde artış görülür (Hamilton-Taylor et al., 2005; Petrucio, et al., 2006). Şekil 5.28 ve 5.29'da fotik zonda pH ve buna bağlı olarak ORP değerlerinin özellikle yaz aylarında arttığı görülmektedir.



Şekil 5.29. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde pH'ın zamanla değişimi.

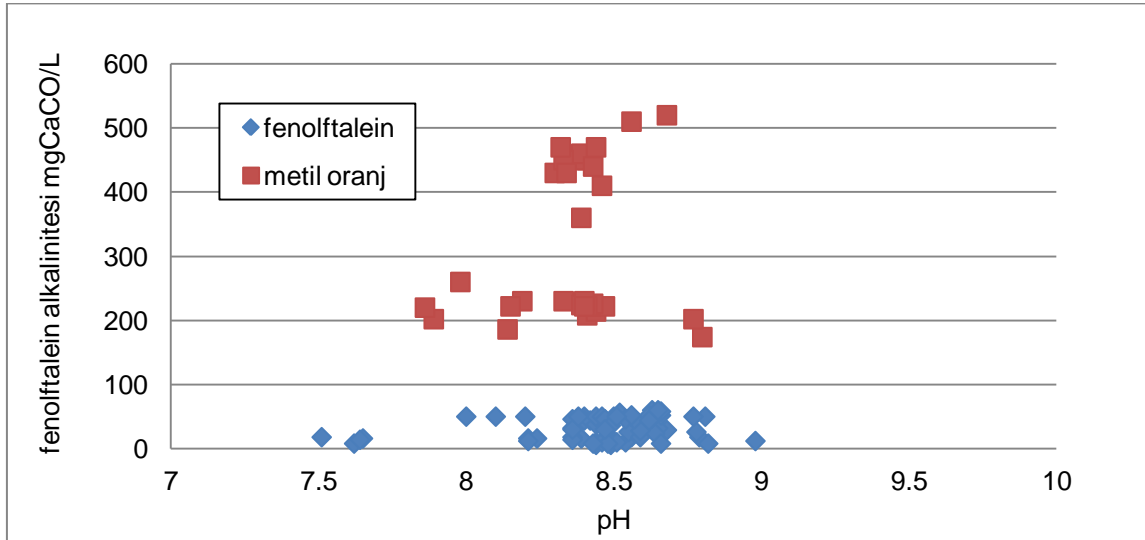
Önceki grafiklerde özellikle yaz aylarında bentik zonda çözülmüş oksijen konsantrasyonunun düşük olduğu görülmüştür. Bu koşullarda anaerobik

parçalanma ile sudaki CO₂ ve H₂ iyonlarında artış olmakta ve suyun pH'sı düşmektedir. 5.29'da göl dibinde pH'nın 7,7'ye kadar düştüğü görülmektedir.

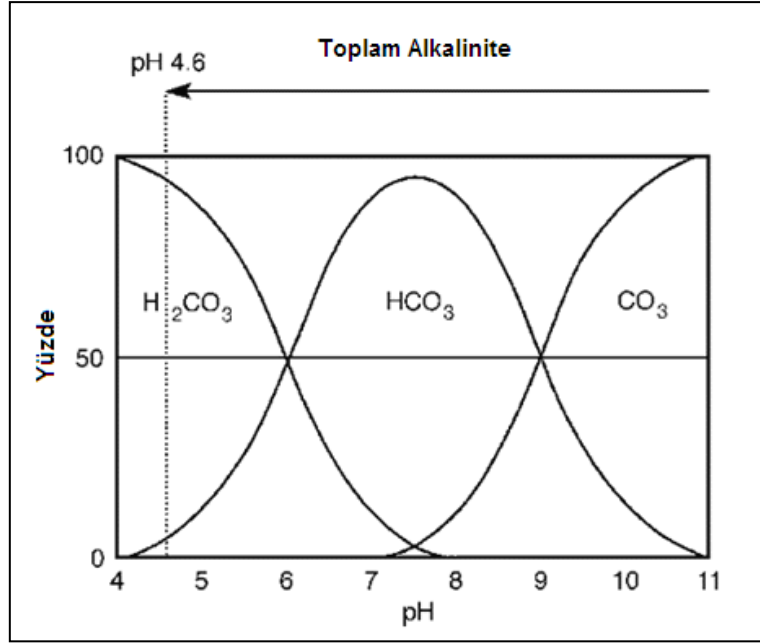


Şekil 5.30. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde oksidasyon redüksiyon potansiyelinin zamanla değişimi.

Eymir Gölü'nün pH'sı genellikle 8,5 civarındadır. Bu durumda Şekil 5.32'ye göre toplam alkalinitenin yaklaşık % 25'i karbonat, % 75'i ise bikarbonat alkalinitesidir. Bu nedenle Şekil 5.31'de hem fenolftalein hem de metil oranj alkalinitesi gözlenmiştir. pH 8'in altında iken neredeyse tamamen metil oranj, 9'un üstünde ise sadece fenolftalein alkalitesi ölçülmüştür. Eymir Gölünde yalnızca bentik zonda ve sonbaharda pH 8'in altına düşmektedir.



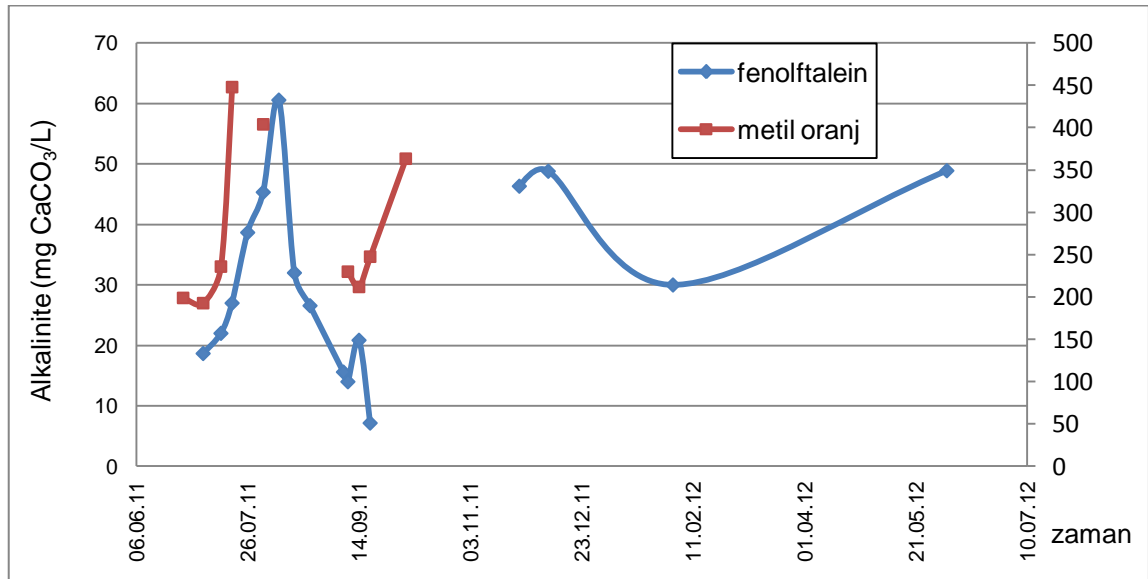
Şekil 5.31. Alkalinite – pH dağılım grafiği.



Şekil 5.32. Karbonik asit, bikarbonat ve karbonat iyonlarının pH'a bağlı değişim grafiği (Terlizzi, 2002).

5.2.2. Laboratuvarda ölçülen su kalitesi parametreleri

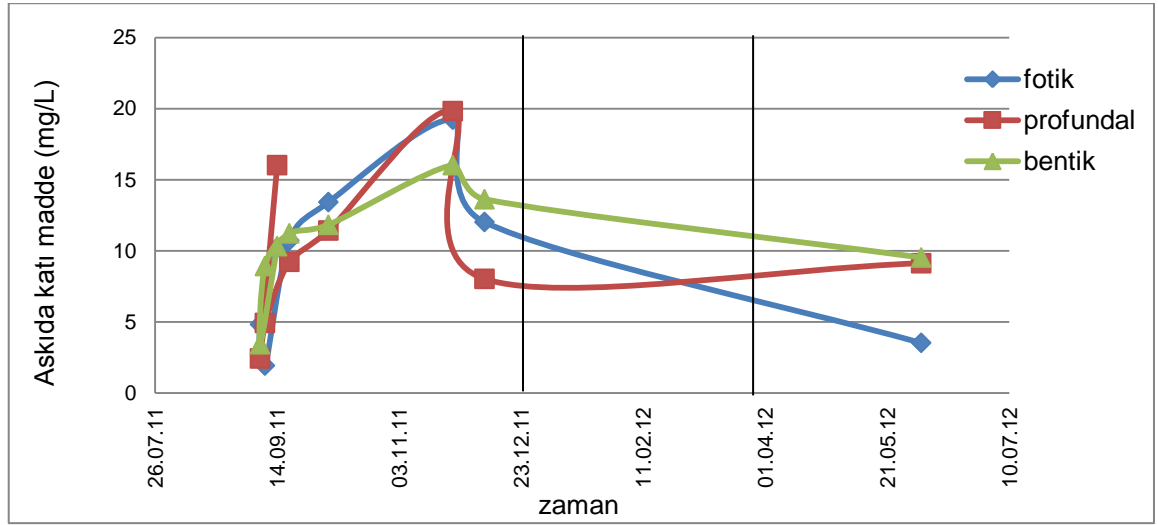
Araziden alınan su numuneleri ile laboratuvarda alkalinite, askıda katı madde, klorofil- α feofitin- α , toplam fosfor ve toplam kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri yapılmıştır. Temmuz 2011 ile Haziran 2012 arasında fenolftalein ve metil oranj alkalinitesinin değişimi şekil 5.33'teki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.33. Fenolftaleyn ve metil oranj alkalinitesinin zamanla değişimi.

Yaz aylarında pH'nın da yükselmesi ile fenolftalein alkalitesi artmıştır. pH'nın 8,5'in üzerinde olduğu yaz dönemlerinde fenolftalein alkalitesi görülmektedir. Temmuz ve eylül aylarında görülen metil oranj alkalitesi pH'sı 7,5-8 aralığında değişen bentik zona aittir. Yüzeysel pH'sının 8.5 civarında ölçüldüğü ve dikey karışım gözlenen ekim ayında ise tüm zonlarda metil oranj alkalitesi ölçülmüştür.

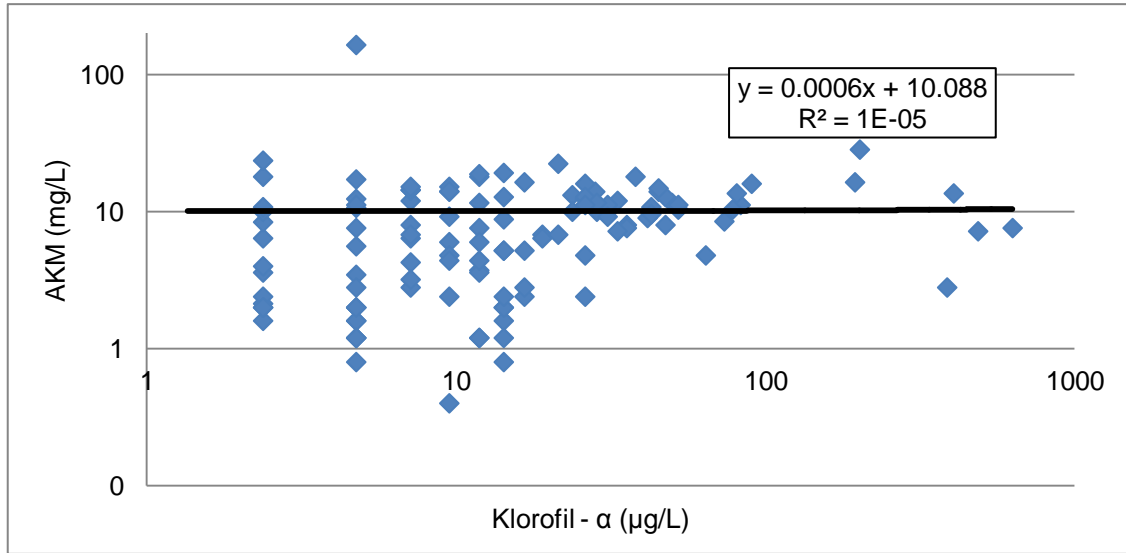
Ortalama askıda katı madde konsantrasyonu ilkbahar ve yaz aylarında düşerken, sonbahar ve kış aylarında yükselmektedir. Bu durum secchi derinliği ile paralel değişim göstermektedir (Bkz. Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Fotik, profundal ve bentik bölgelerde askıda katı madde miktarının zamanla değişimi.

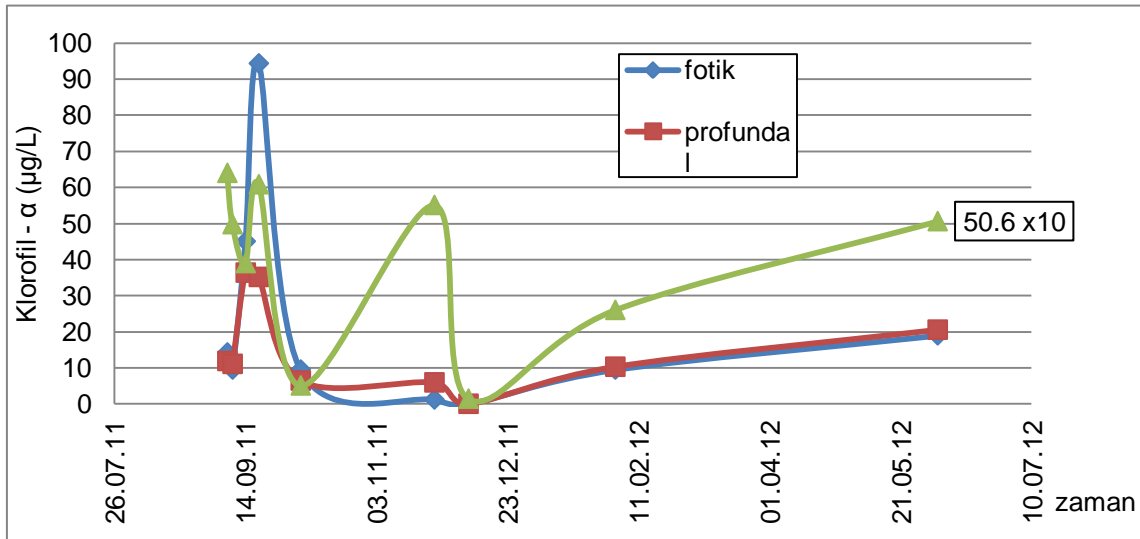
Sonbahar aylarında göl içerisinde dikey karışım görülmesi fotik profundal ve bentik zonlardaki askıda katı madde miktarının giderek eşitlenmesine neden olmuştur. Aralık ayında ise termal tabakalaşma ile konsantrasyonlar ayrılmaya başlar. Şekil 5.34'deki iki siyah çizgi arası göl yüzeyinin buz tabakası ile kaplandığı dönemi göstermektedir ve termal tabakalaşma vardır.

Askıda katı madde - klorofil-a konsantrasyonu dağılımı Şekil 5.35'te logaritmik ölçekte verilmiştir. Gölün ortalama AKM konsantrasyonu 10 mg/L civarındadır ve klorofil-a ile değişim göstermez. Bununla birlikte klorofil-a'nın konsantrasyonu arttıkça dağılımın sabitlendiği ve AKM'nin büyük bir kısmını klorofil-a'nın oluşturduğu söylenebilir. Düşük konsantrasyonlarda su içerisindeki farklı boyutlarda organik ve inorganik (polen, toz vb.) partiküllerin dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.35. Askıda katı madde – klorofil –a dağılım grafiği.

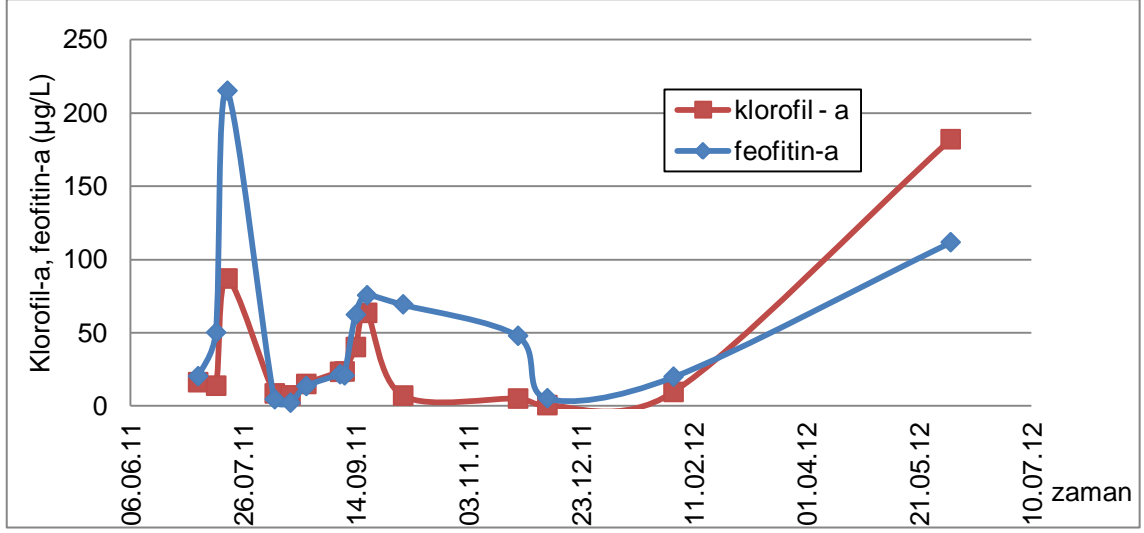
Klorofil –a konsantrasyonu güneş ışınlarının ve sıcaklığın artması ile bahar ve yaz aylarında yüksek, kış aylarında düşük ölçülmüştür. Kış aylarında bentik zonda klorofil-a konsantrasyonunun artması göl yüzeyinin buz tabakası ile kaplanması ve mikroorganizmaların dibе çökmesi ile ilişkili olabilir. 4 haziran arazisinde bentik zonda ölçülen klorofil-a konsantrasyonu buzların erimesinin de etkisi ile aşırı yükselerek 506µg/L'ye ulaşmıştır. Yaz sonunda ise fotik zonda da artış görülmektedir.



Şekil 5.36. Fotik, profundal ve bentik zonlarda klorofil-a konsantrasyonun zamanla değişimi.

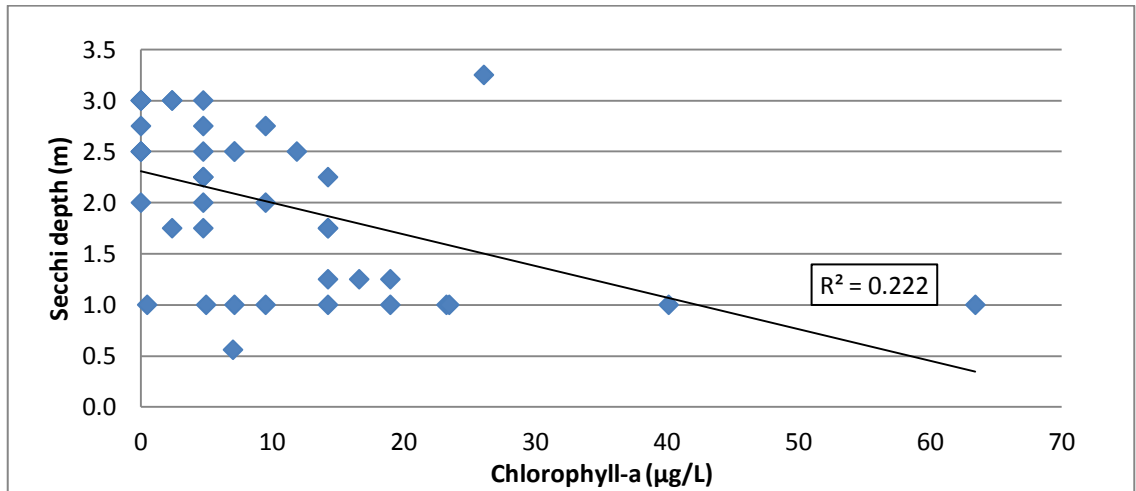
Feofitin – a pigmenti ise haziran ayı dışında klorofil–a'dan daha yüksek konsantrasyon göstermiştir (Bkz. Şekil 5.37). Kışın güneş ışınlarının azalması ile

fotosentezin gerçekleşmesini sağlayan klorofil-a pigmentinin yerini feofitin-a pigmenti almış olabilir.



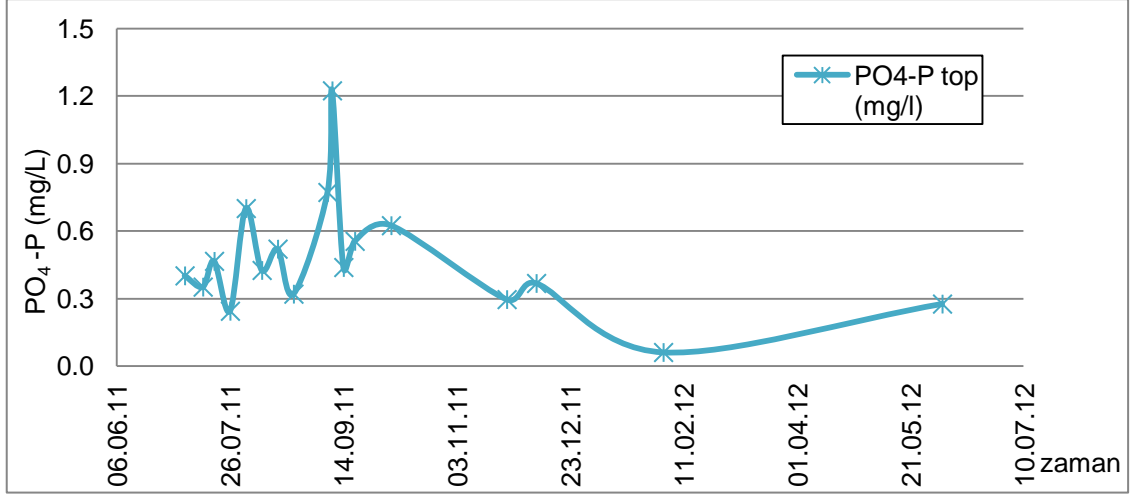
Şekil 5.37. Ortalama klorofil - a ve feofitin - a konsantrasyonlarının zamanla değişimi.

Klorofil-a konsantrasyonu arttıkça güneş ışınlarının göl yüzeyinden alt tabakalara ulaşmasını engelleyerek secchi derinliğinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durum ötrofik göllerde sıkça rastlanan bir olaydır (Bkz. Şekil 5.38.).

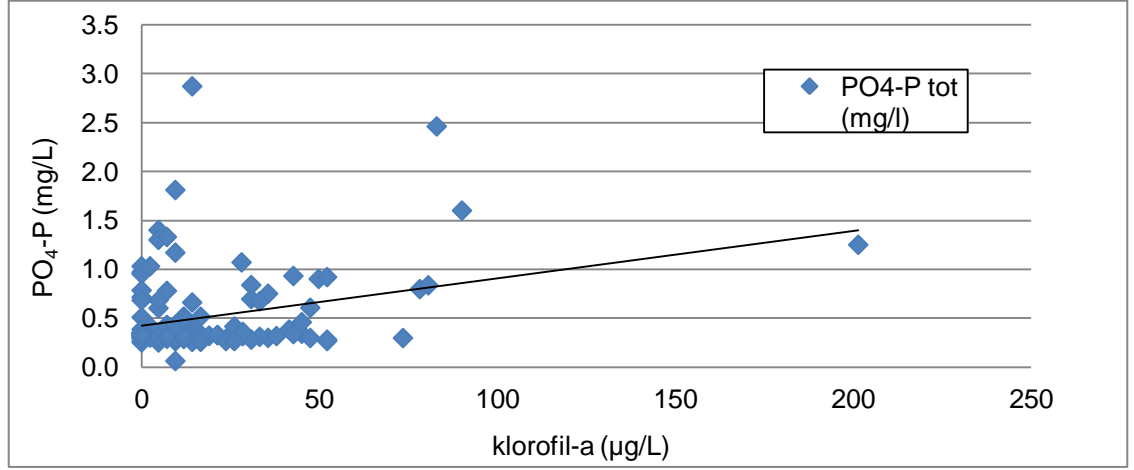


Şekil 5.38. Klorofil-a – secchi derinliği dağılım grafiği.

Toplam fosfat fosforu klorofil-a ile paralel artış göstermektedir. Fotosentez sırasında ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması için fosfora ihtiyaç duyulması bu paralellığe neden olur. Özellikle ötrofik göllerde besin maddesi olarak fosfor girişi Şekil 5.40'taki klasik durumun görülmesine yol açar.

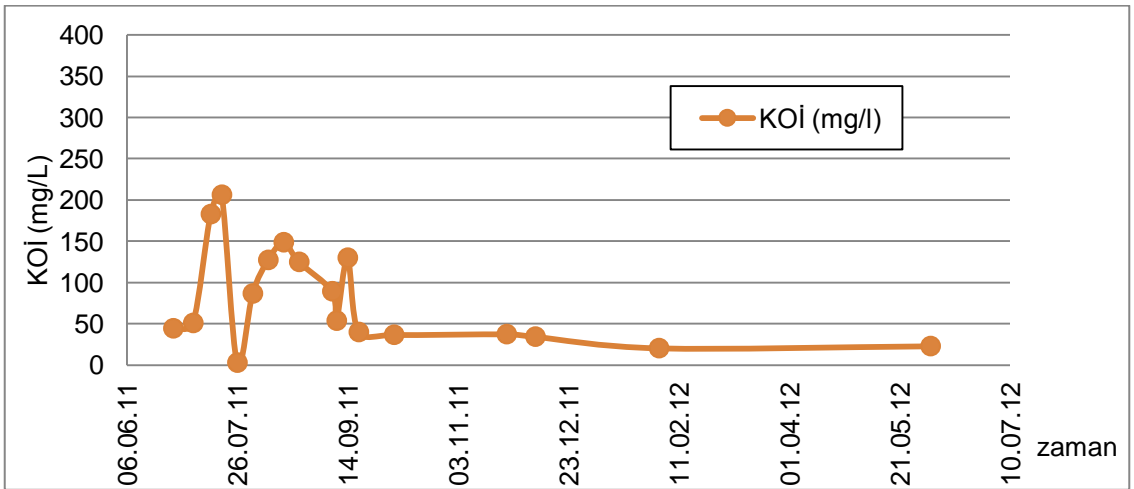


Şekil 5.39. Toplam fosfat fosforu konsantrasyonunun zamanla değişimi.



Şekil 5.40. Klorofil -a – fosfat fosforu dağılım grafiği.

Kimyasal oksijen ihtiyacı ise besin maddesinin özellikle yaz ve sonbaharda aşırı birikimi ile yükseliş göstermektedir.

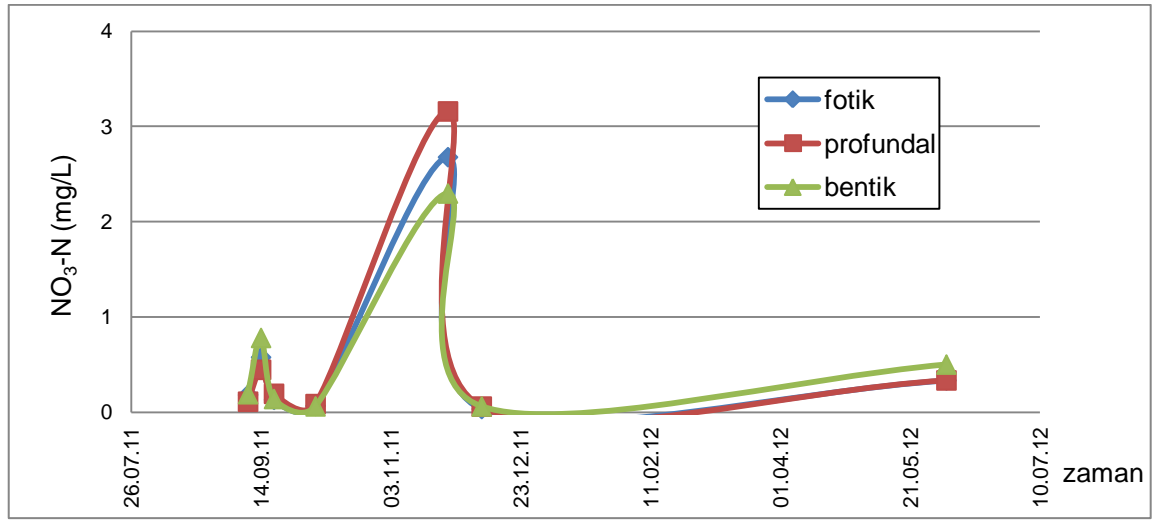


Şekil 5.41. Toplam KOİ konsantrasyonunun zamanla değişimi

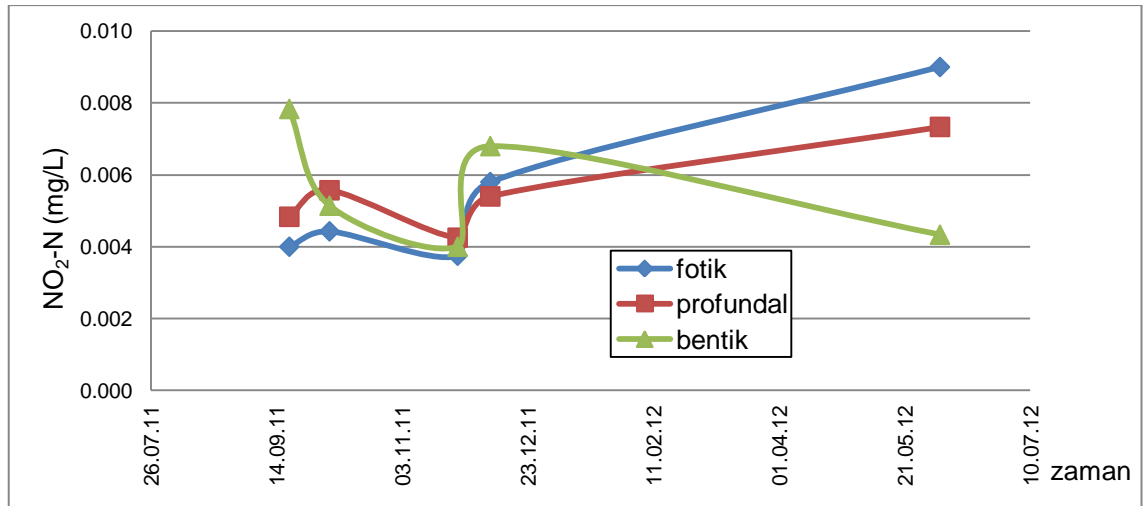
5.3. Göl Suyunda Nitrit, Nitrat ve Amonyum Azotu Analizleri

Göl suyunun fotik, profundal ve bentik bölgelerinde, nitrat azotu, nitrit azotu ve amonyum azotu konsantrasyonları ölçülmüştür. Aşağıdaki grafiklerde konsantrasyonların zamanla ve birbirlerine göre değişimleri verilmiştir.

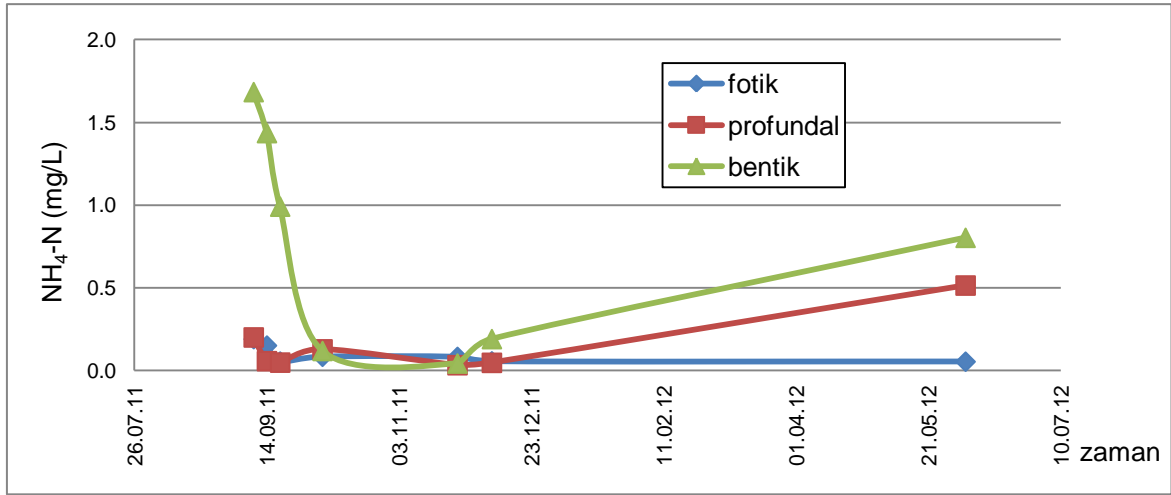
Fotik, profundal ve bentik bölgelerin nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonları, yaz ve kış termal tabakalaşma dönemlerinde birbirinden farklılık gösterir. Bahar aylarında ise dikey karışımdan dolayı konsantrasyonlar birbirine yakındır (Bkz. Şekil 5.42., 5.43., 5.44.).



Şekil 5.42. Fotik, profundal ve bentik zonalarda $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi

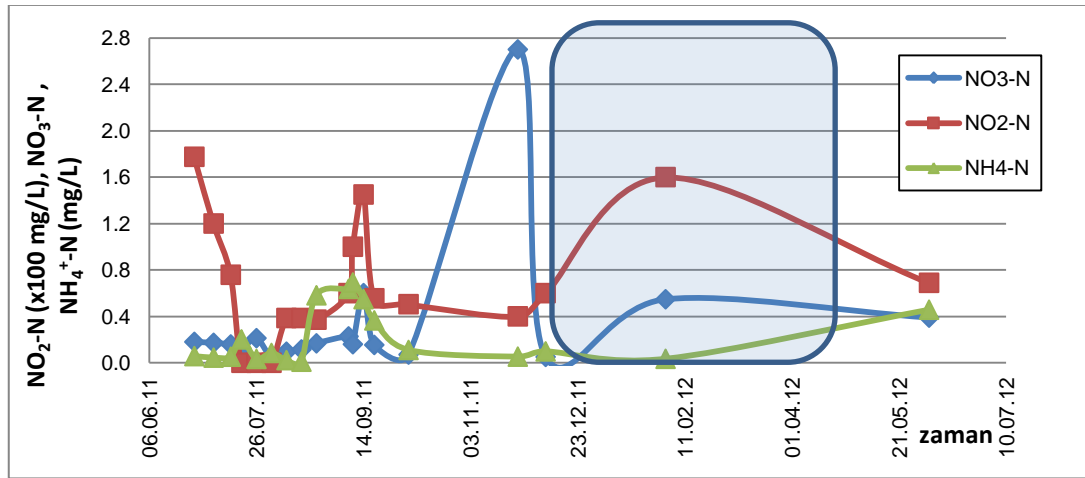


Şekil 5.43. Fotik, profundal ve bentik zonalarda $\text{NO}_2\text{-N}$ konsantrasyonunun zamanla değişimi



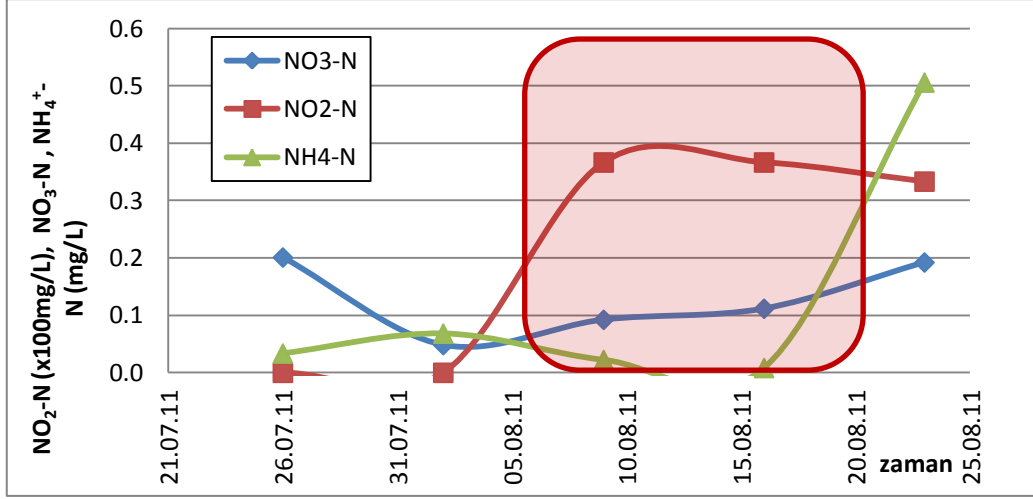
Şekil 5.44. Fotik,profundal ve bentik zonlarda amonyum konsantrasyonunun zamanla değişimi

Göl suyunda nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonları birbirine göre de değişmektedir. Bu değişimler aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir. Şekil 5.45'teki mavi kutu içerisinde nitrifikasyon $\text{NH}_4 \rightleftharpoons \text{NO}_3$ reaksiyonuna göre tersinerek Nitrat ve nitritin azalması sonucu amonyum konsantrasyonu artmıştır.



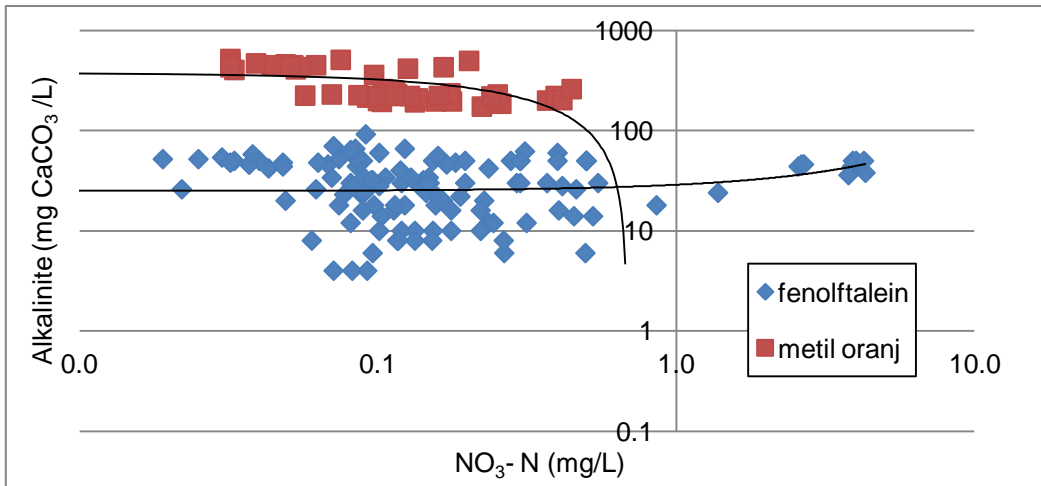
Şekil 5.45. Nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonlarının Haziran 2011-2012 dönemindeki değişimi

Temmuz – ağustos 2011 tarihleri arasında konsantrasyonlar arasındaki değişim şekil 5.46'da daha ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Bu durum da bir önceki reaksiyona göre açıklanabilir. Denitrifikasyon sonucunda NO₃ iyonunun azalıp NO₂'in artması, nitrifikasyon sonucunda ise amonyum azalırken nitrit ve nitratın artması yaz ve kış aylarında devam eden reaksiyonlar şeklinde kendini göstermektedir.



Şekil 5.46. Nitrit, nitrat ve amonyum azotu konsantrasyonlarının zamanla değişimi. Kutu içindeki bölge, konsantrasyonların birbirine göre değişimini vurgulamaktadır.

Nitrifikasyon sonucunda NO₃ iyonunun artması ($\text{NH}_4 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$), denitrifikasyon reaksiyonunun sağ tarafa doğru hızlanmasına neden olur ve ortamdaki hidrojen iyonları kullanılarak ortamın pH'sı yükselir ($\text{NO}_3 + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Şekil 5.32'de pH yükseldikçe fenolftalein alkalinitesinin arttığı gösterilmiştir. Buna göre Nitrat konsantrasyonu arttıkça fenolftalein alkalinitesi görülmektedir (Bkz. Şekil 5.47.).



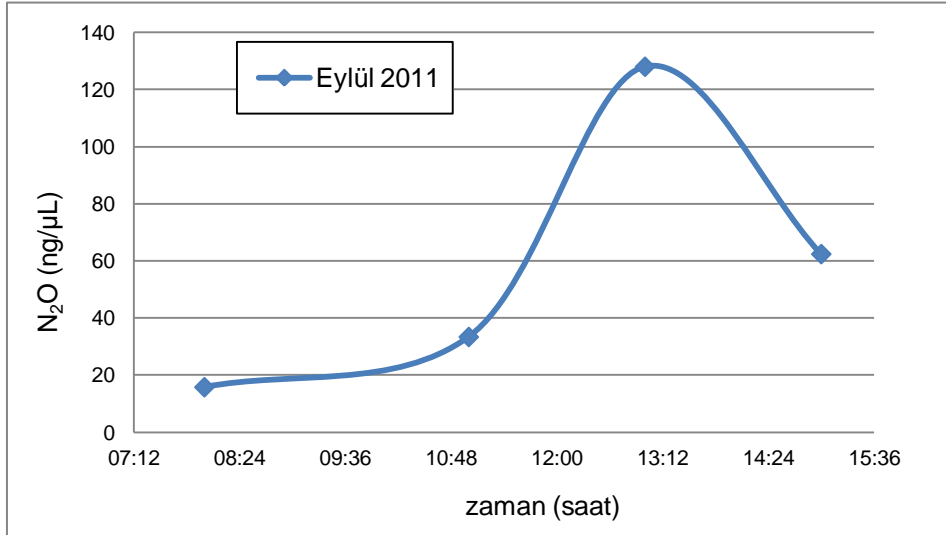
Şekil 5.47. Alkalinite – Nitrat azotu dağılım grafiği.

5.4. Eymir Gölü'nde N₂O gazının Sediman ve Sudaki Konsantrasyonları

Eylül 2011 ve Haziran 2012 tarihleri arasında, gölün Kayıkhane bölgesinde, 24 saatlik periyotta sediman ve su zonlarından alınan numunelerin N₂O konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu bölümün alt başlıklarında bu ölçümlere ait grafikler ve açıklamaları yer almaktadır.

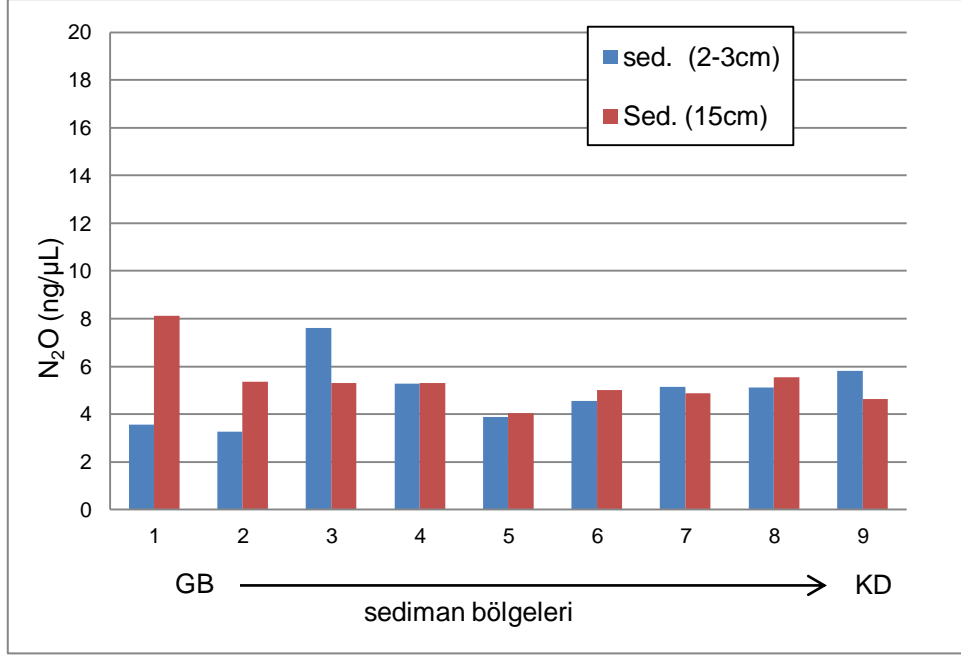
5.4.1. Sedimanda N₂O konsantrasyonları

Eylül 2011 ile Haziran 2012 tarihleri arasında gün içinde saatlik olarak N₂O konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu saatlik değişimler aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir (Şekil 5.48. – 5.53.). Eylül ayında N₂O konsantrasyonu sabah saatlerinde düşükken öğle saatlerine doğru en yüksek seviyesine ulaşır akşamüstü tekrar azalmaktadır.



Şekil 5.48. Eylül 2011'de Sediman N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi.

23 Eylül 2011 tarihli arazide, gölün güneybatı kuzeydoğu yönünde 9 farklı noktadan alınan sediman örnekleri ilk defa iki aşamada incelenmiştir. Sedimanın 2-3 cm'lik yüzeyinden alınan numuneler, sedimanın 15 cm derininden alınan numuneler ile karşılaştırıldığında N₂O konsantrasyonlarında farklılıklar gözlenmektedir. 3., 7. ve 9. Bölgeler dışında tüm bölgelerde ilk gün N₂O konsantrasyonları 15cm'lik sediman numunelerinde daha yüksek ölçülmüştür.



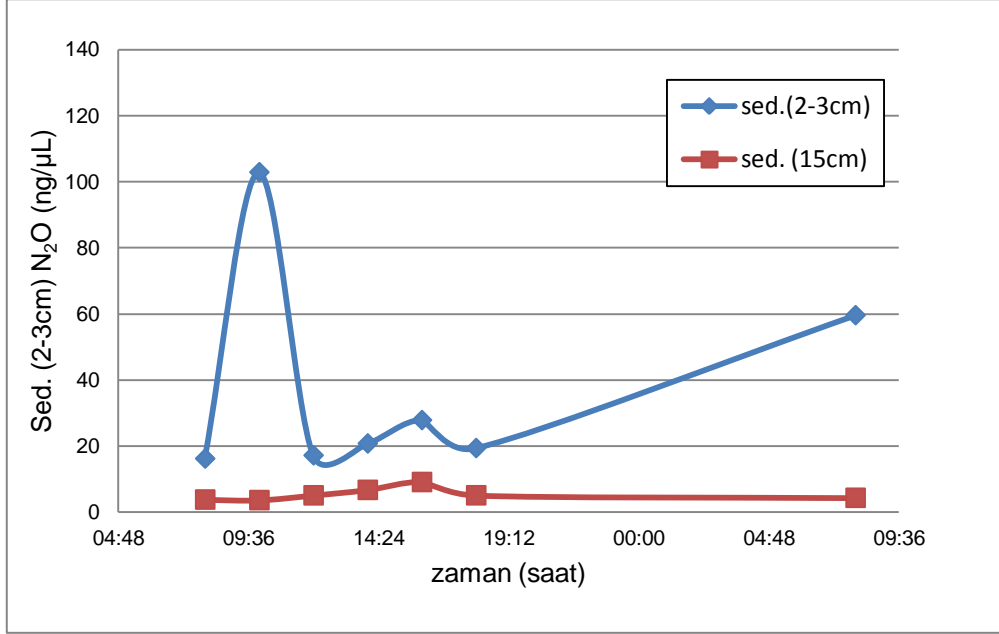
Şekil 5.49. 23 Eylül 2011 arazisinde, farklı bölgelerdeki sedimanın 2-3cm ve 15cm'sinde N₂O konsantrasyonunun değişimi.

05.10.2011 arazisinde, numuneler bir önceki arazide olduğu gibi yüzey ve dip sedimanı olarak ayrılmış ve 24 saati tamamlayacak şekilde gün içerisinde ölçüm yapılmıştır.

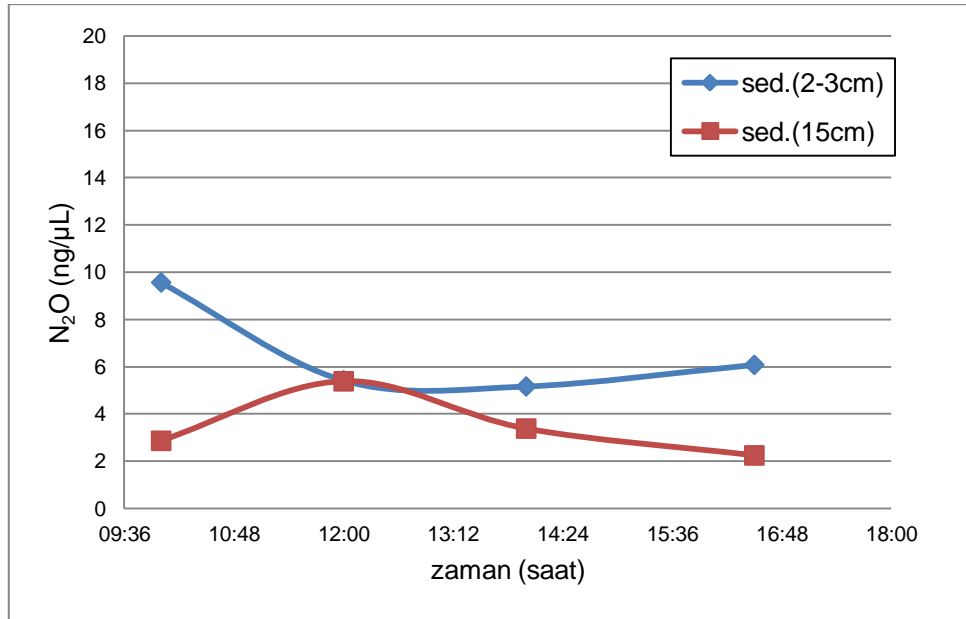
Yüzey sedimanı N₂O konsantrasyonlarının dip sedimanından açık bir şekilde yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki sedimanın N₂O konsantrasyonlarının, öğleden sonra 14:00 - 18:00 saatleri hariç, birbirleri ile ters orantılı şekilde değiştiği görülmektedir. Dip sedimanı için N₂O konsantrasyonunun sabah saatlerinden itibaren artarken saat 16:00'dan sonra düşmeye başladığı görülmektedir. Yüzey sedimanında ise sabah saatlerinde ani yükselişler görülmekte öğle saatlerinde ise dip sedimanına göre yüksek olsa da kendine göre düşük N₂O konsantrasyonu ölçülmüştür. (Şekil 5.50.).

25 Kasım arazisinde de yüzey ve dip sedimanında gün içerisinde saatlik ölçüm yapılmıştır. N₂O konsantrasyonunda, 5 ekim arazisinde olduğu gibi yüzey ve dip sedimanı arasında ters orantı görülmektedir. Dip sedimanı N₂O konsantrasyonu öğlen 12:00'de en yüksek seviyede ölçülmüş öğleden sonra ise düşmüştür. Sabah 10:00'da yapılan ölçüm yüzey sedimanı için en yüksek seviyeyi göstermektedir ve gün içerisinde üretim azalmaktadır. Genel olarak bakıldığında ise yüzeydeki salım

yaklaşık 2 kat daha yüksektir ve bu 5 ekim arazisine göre oldukça düşük bir farktır (Şekil 5.51.).



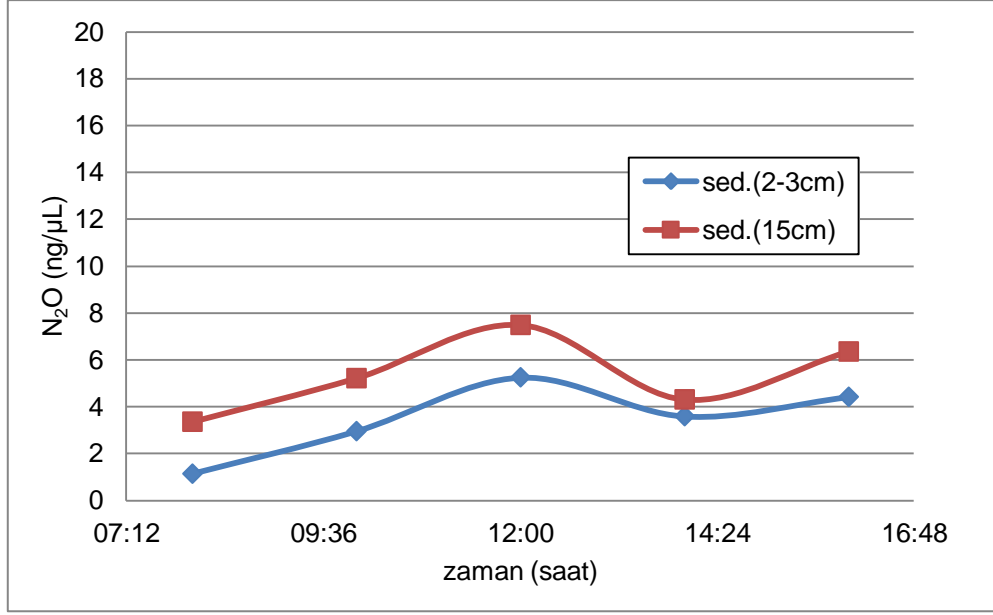
Şekil 5.50. 05.10.2011 Arazisi sedimanda N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi



Şekil 5.51. 25.11.2011 Arazisi sedimanda N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

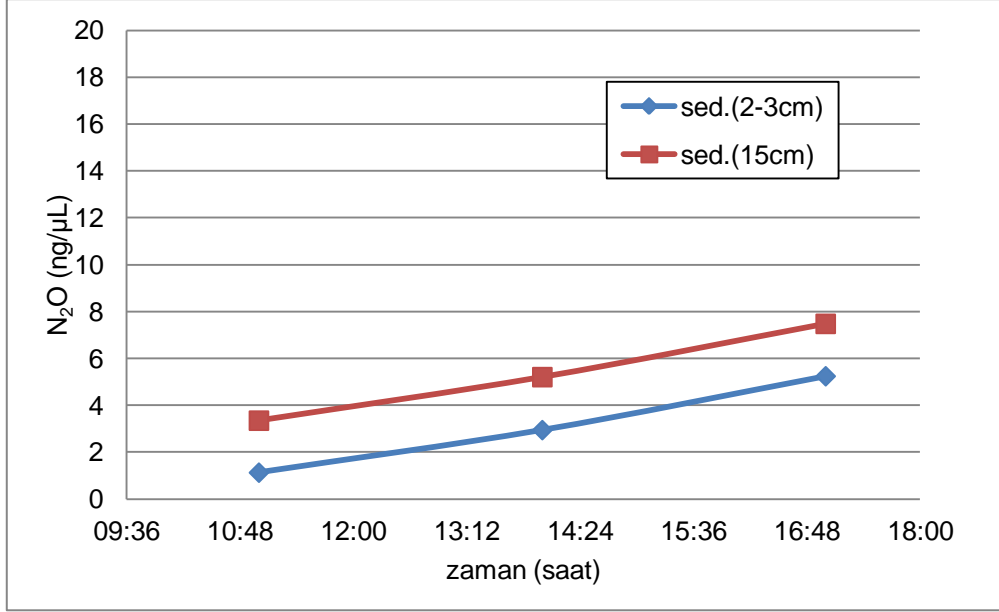
8 Aralık Arazisi yüzey ve dip sedimanının gün içerisindeki saatlik değişimine ait grafik Şekil 5.51'de verilmiştir. Grafiğe göre N₂O konsantrasyonu dip sedimanında yüzey sedimanına göre daha yüksektir ancak bu fark bir önceki arazinin ölçümleri ile karşılaştırıldığında daha azdır. Hava ve su sıcaklığının oldukça düşük olduğu

bu arazide N₂O konsantrasyonları da diğer aylara göre oldukça düşüktür ve en yüksek N₂O konsantrasyonu 7,5 ng/μl olarak ölçülmüştür. Bir diğer fark ise yüzey ve dip sedimanı konsantrasyonlarının doğru orantılı olarak değişmesidir. Gün içerisinde konsantrasyonlar en yüksek seviyeye öğlen 12:00'de ulaşmış, öğleden sonra ise dalgalanma göstermiştir. En düşük ölçüm ise sabah saat 08:00'de alınmıştır.



Şekil 5.52. 08.12.2011 Arazisi sediman N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

4 Haziranda yapılan ölçüme göre aralık ayında olduğu gibi yüzey ve dip sedimanı N₂O konsantrasyonları arasında doğru orantı görülmektedir. Haziran ayı başında hava ve göl suyu sıcaklıkları yükselmeye başlamış ancak dip suyunda sıcaklık 15°C civarında kalmıştır ve N₂O konsantrasyonlarında da bir yükselme görülmemiştir. Bu arazi için, bir öncekinde olduğu gibi dip sedimanı konsantrasyonlarının yüzeyden yüksek olduğu söylenebilir. Konsantrasyonlar her iki numune için de sabahtan öğle saatlerine kadar artmış ve saat 17:00'ye kadar artış devam etmiştir (Şekil 5.53.).



Şekil 5.53. 04.06.2012 Arazisi sediman N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

5.4.2. Göl sedimanının N₂O salım potansiyeli

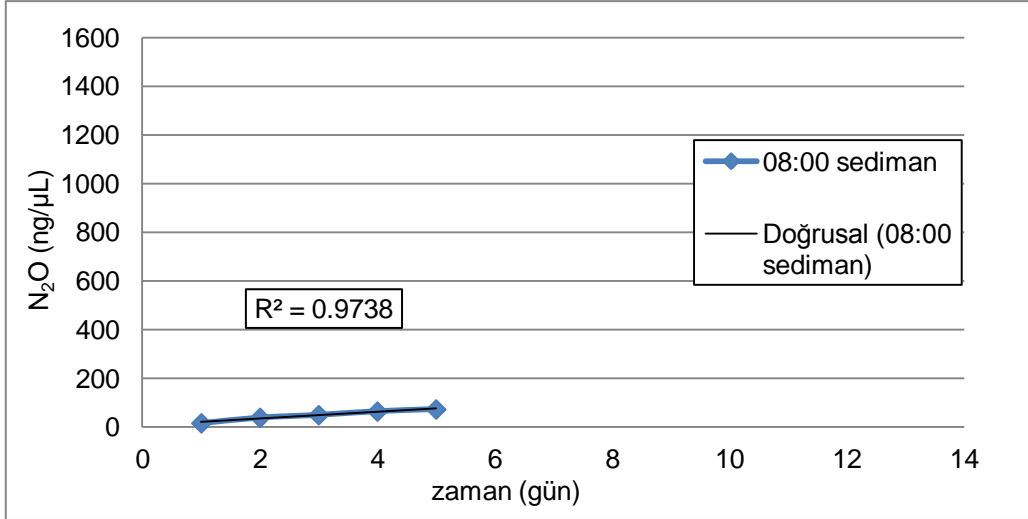
Bu bölüme kadar sedimanın ilk gün ölçümleri ile belirlenen N₂O konsantrasyonlarının zamanla değişimi incelenmiştir. Bu bölümde, aynı sediman numunelerinin farklı sıcaklık koşulları altında birkaç günlük inkübasyonu sonrası, N₂O konsantrasyonlarının değişimi incelenecektir. Bunun sonucunda eşitlik 5.1'de gösterilen k sabitinin hesaplanması mümkün olacaktır ve sedimanın N₂O salım potansiyeli eğrisi ortaya çıkarılacaktır.

$$\frac{dC}{dt} = kt \quad (5.1)$$

Gün içinde alınan sediman numunelerinin salım potansiyelleri farklılık göstermektedir. Bu nedenle; farklı saatlerde alınan sediman numunelerinin N₂O salımları, Ek 2'deki konsantrasyon – gün grafikleri üzerinde gösterilmiştir.

Eylül ayında sabah saat 08:00'de alınan sediman numunesi 5 gün boyunca 4°C'de karanlık ortamda inkübe edilmiştir ve N₂O konsantrasyonunda zamanla doğrusal olarak R-kare %97'lik bir uyumla artış gözlenmiştir. N₂O – zaman regresyonu ile elde edilen denklem Eşitlik 5.2de verilmiştir. N₂O konsantrasyonunun ulaştığı maksimum değer 5. gün sonunda 72,6 ng/µl olarak ölçülmüştür (Şekil 5.54.).

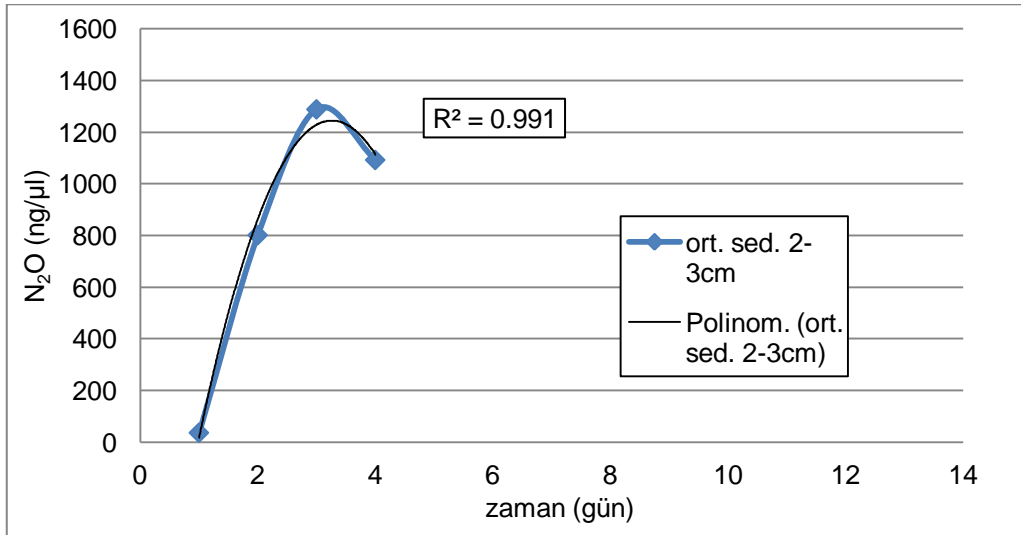
$$y = 13,945x + 6,1272 \quad (5.2)$$



Şekil 5.54. Eylül ayı, sedimandan ortalama N₂O salım potansiyeli (4°C'de inkübe edilmiştir).

Ekim ayında sedimanlar, 25°C'de karanlık ortamda 8 gün boyunca inkübe edilmiştir. N₂O salım konsantrasyonu, 3. güne kadar artış göstermiş ardından düşmeye başlamıştır. Dağılım grafiği, 2. dereceden polinom denklemi ile R-kare %99'luk bir uyum göstermektedir ve uygun denklem eşitlik 5.3'te verilmiştir.

$$y = -240,1x^2 + 1565,9x - 1308,4 \quad (5.3)$$

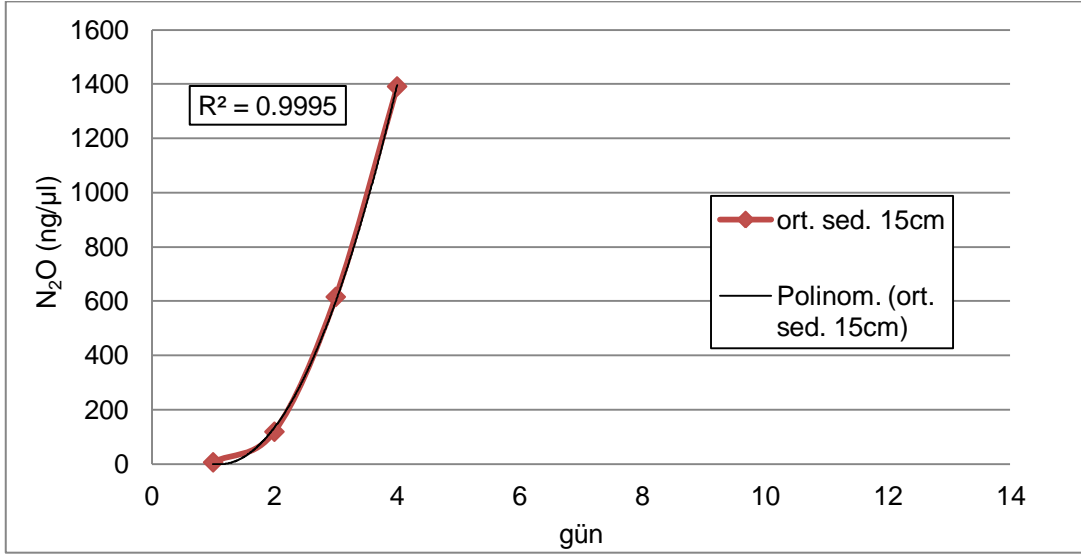


Şekil 5.55. Ekim ayı, yüzey sedimanı numunelerinde N₂O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).

Ekim ayı dip sedimanı numuneleri de 4 gün boyunca 25°C'de karanlık ortamda inkübe edilmiştir. Konsantrasyonlar 4. güne kadar artış göstermiştir. Bu numuneye ait, Şekil 5.56'da görülen dağılım eğrisi, ikinci dereceden polinom modeli ile R-kare %99 oranında uyum göstermektedir. Modele ait denklem Eşitlik 5.4'te verilmiştir.

$$y=165,74x^2-363,31+197,6$$

(5.4)

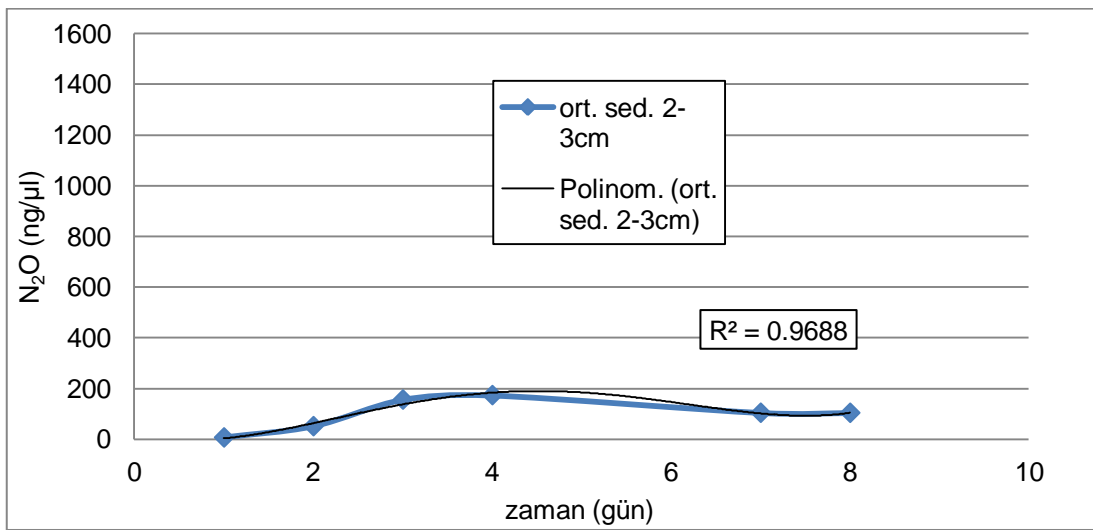


Şekil 5.56. Ekim ayı, dip sedimanı numunelerinde N₂O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).

Kasım ayı yüzey sedimanına ait numuneler 8 gün boyunca 10°C'de karanlıkta inkübe edilmiştir. En yüksek N₂O konsantrasyonu 4. gün 173,5 ng/µl olarak ölçülmüştür. 4. günden sonra ise salımda düşüş gözlenmiştir (Şekil 5.57.). Grafik eğimi 4. dereceden polinom modeli ile R-kare %97 oranında uyum göstermektedir. Modele uygun denklem eşitlik 5.5'te verilmiştir.

$$y=1,02x^4-17,15x^3+84,65x^2-89,32x+24,42$$

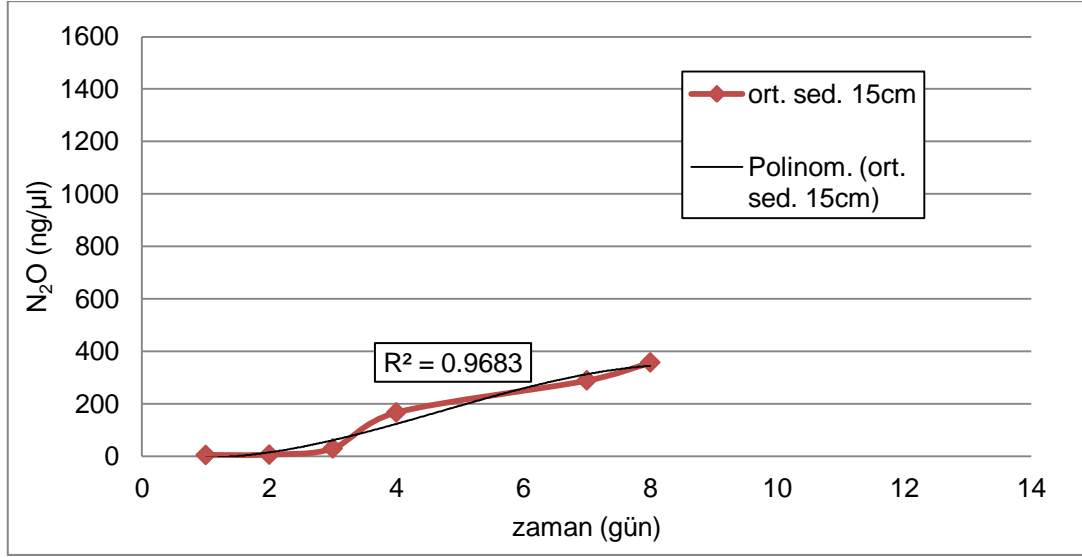
(5.5)



Şekil 5.57. Kasım ayı, yüzey sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Kasım ayı dip sedimanı da, yüzey sedimanı ile aynı koşullar altında 8 gün boyunca inkübe edilmiştir. N₂O salımında ilk iki gün durgunluk görülmekteyken 3. Günden itibaren hızlanan ardından yavaşlayan ve tekrar hızlanan bir artış görülmektedir (Şekil 5.58.). Grafik eğimine 3. dereceden polinom denklemi R-kare %97'lik oranda uymaktadır. Modele uygun denklem Eşitlik 5.6'da verilmiştir.

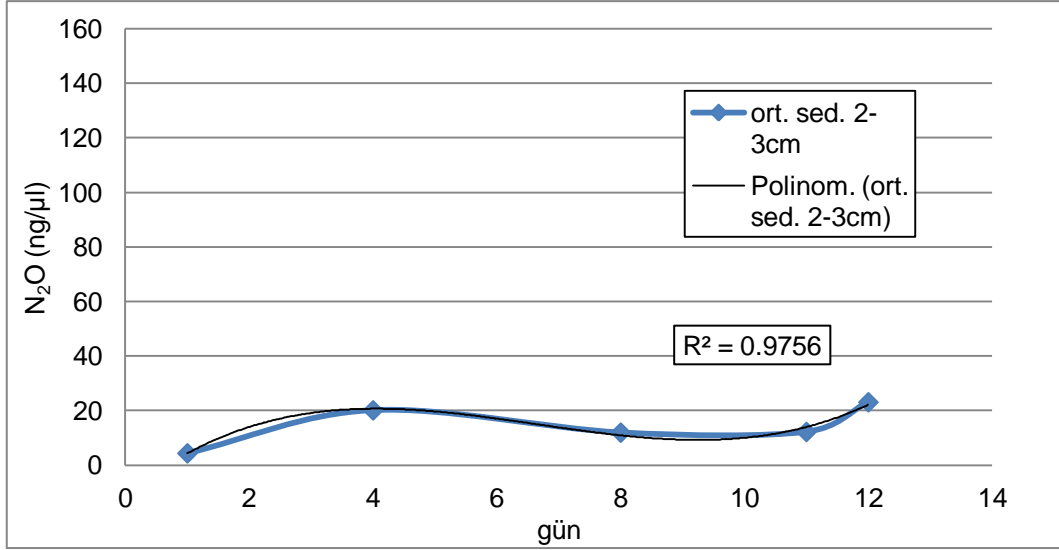
$$y = -1,59x^3 + 22,47x^2 - 36x + 10,02 \quad (5.6)$$



Şekil 5.58. Kasım ayı, dip sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Aralık ayı yüzey sedimanı 12 gün boyunca 10°C sıcaklıkta karanlık ortamda inkübe edilmiştir. N₂O salımında zamanla birbirini takip eden artış ve azalışlar görülmektedir. Grafiğin eğimi 3. dereceden polinom modeli ile % 98 oranında uyum göstermektedir. Modele uygun denklem Eşitlik 5.7'de verilmiştir. N₂O salım potansiyeli diğer aylara göre oldukça düşüktür ve en yüksek konsantrasyon 12. günde 23 ng/µl olarak ölçülmüştür (Şekil 5.59.).

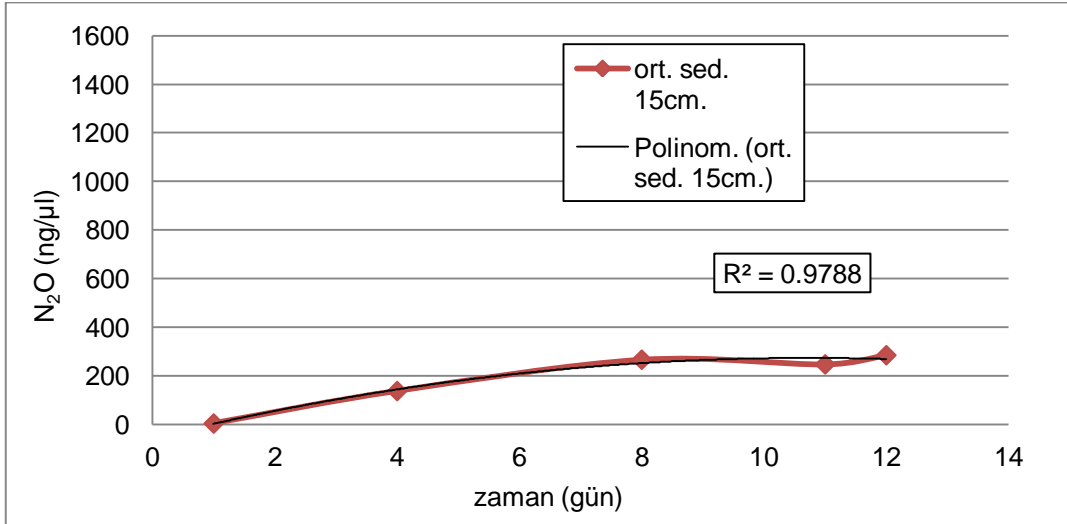
$$y = 0,16x^3 - 3,24x^2 + 18,28x - 1,94 \quad (5.7)$$



Şekil 5.59. Aralık ayı, yüzey sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Aralık ayı dip sedimanı yüzey sedimanı ile aynı koşullar altında inkübe edilmiştir. N₂O konsantrasyonunun ulaştığı en yüksek değer yüzey sedimanına göre oldukça yüksektir. Konsantrasyon 8. güne kadar zamanla artmış 8.günden sonra azalma başlamıştır (Şekil 5.60.). Grafik eğimi 2.dereceden polinom ile % 98 oranında uyum göstermektedir. Modele uygun denklem Eşitlik 5.8'de verilmiştir.

$$y = -2,86x^2 + 61,35x - 55,22 \quad (5.8)$$

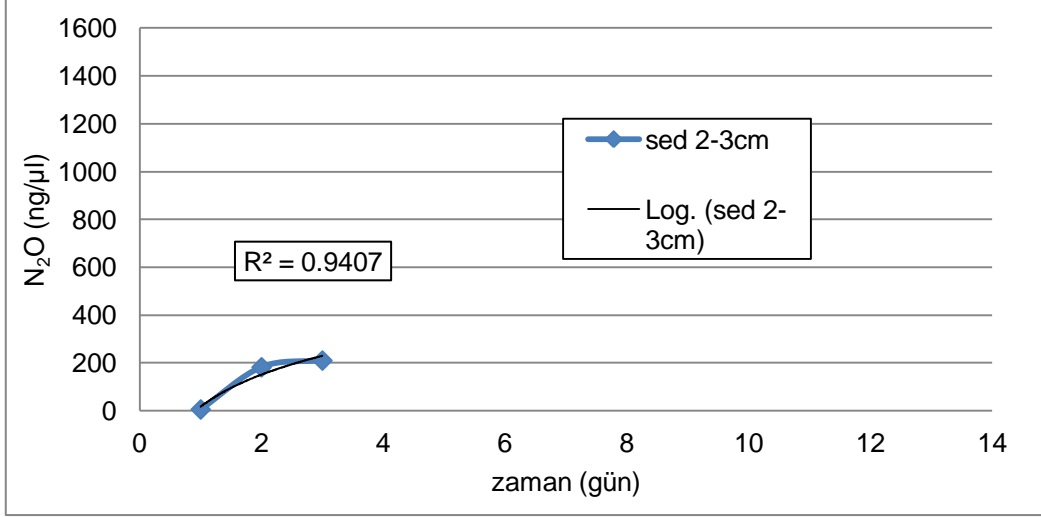


Şekil 5.60. Aralık ayı, dip sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Haziran ayı yüzey sedimanı 25°C'de karanlık ortamda üç gün boyunca inkübe edilmiştir. N₂O konsantrasyonunda 2. güne kadar artış gözlenmiş ardından üretim

hızı azalmıştır. Grafiğin eğimi logaritmik olarak R-kare %94 oranında artmaktadır. Modele uygun grafik ise Eşitlik 5.9'da verilmiştir.

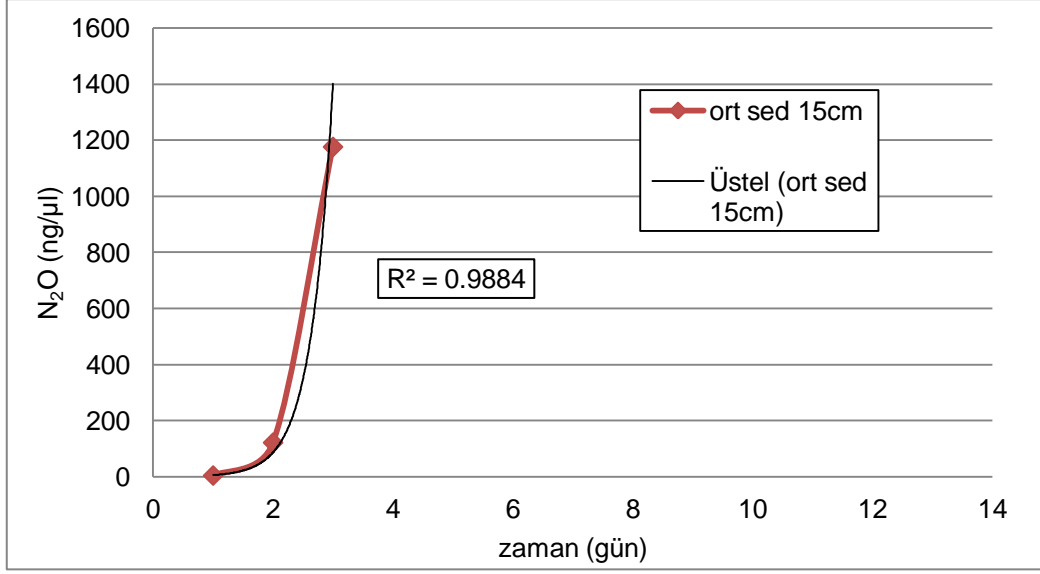
$$y = 193,55 \ln x + 16,968 \quad (5.9)$$



Şekil 5.61. Haziran ayı, yüzey sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Haziran ayı dip sedimanı da yüzey sedimanı ile aynı koşullarda inkübe edilmiştir. Ancak dip sedimanında ilk iki gün N₂O konsantrasyonu yüzeye göre daha yavaş bir artış, 2. ve 3. günler arasında ise hızlı bir yükselme göstermiştir (Bkz. Şekil 5.62.). Grafik eğimine uygun model ise yüzey sedimanından tersi olarak üstel artış göstermiştir. R-kare değeri ise %98'dir. Modele uygun denklem Eşitlik 5.10'da verilmiştir.

$$y = 0,32e^{2,79x} \quad (5.10)$$

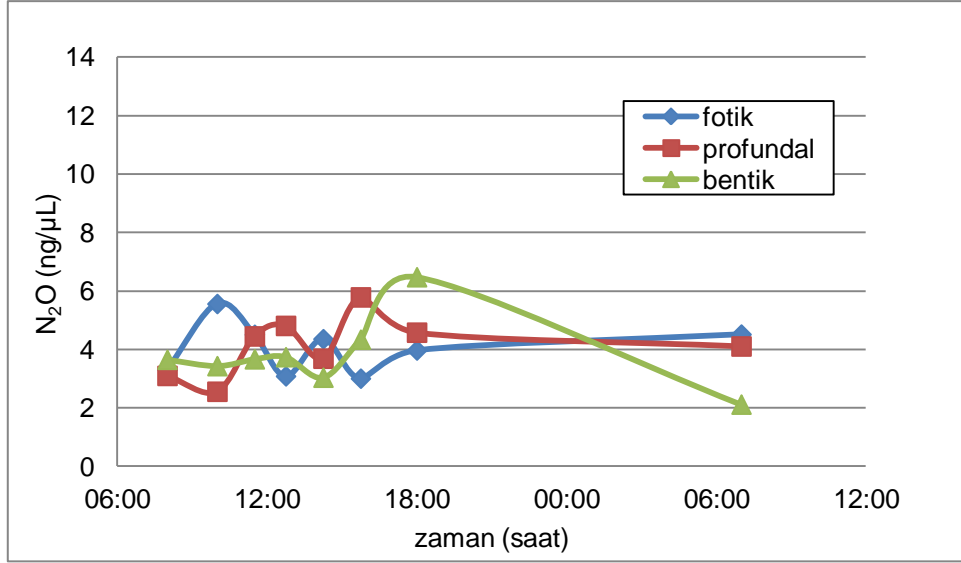


Şekil 5.62. Haziran ayı, dip sedimanı N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

5.4.3. Göl suyunda N₂O konsantrasyonları

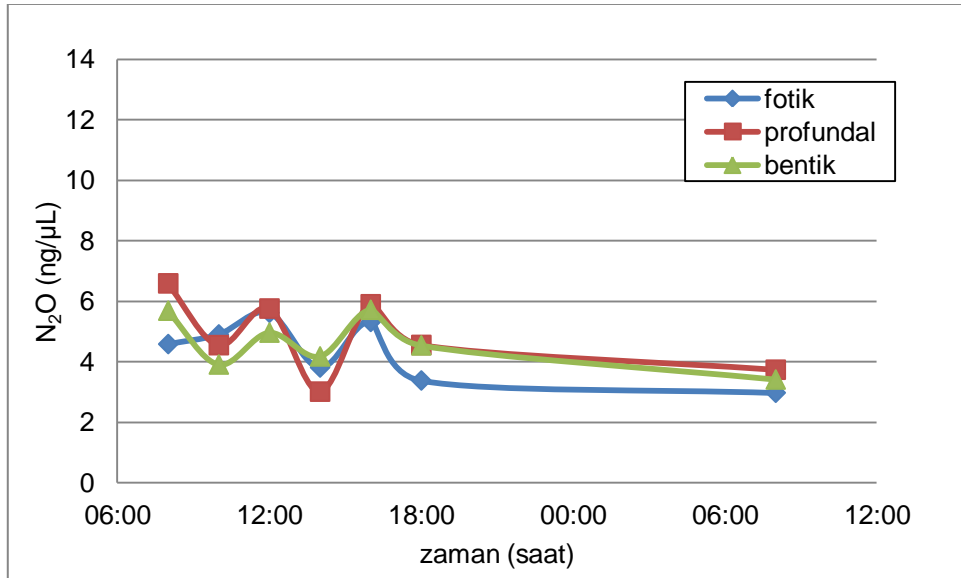
Bu kısımda; eylül 2011 - haziran 2012 tarihleri arasında, göl suyunun fotik, profundal ve bentik zonlarından, saatlik alınan su numunelerinin N₂O konsantrasyonu değişimleri incelenmiştir. Oluşturulan grafikler numunelerin inkübasyona bırakılmadan önceki ilk gün ölçümlerine aittir.

Eylül 2011'de her bir zondaki N₂O konsantrasyonu artış ve azalışı gün içinde dalgalanma gösterirken akşamüstü 18:00'dan, sabah 07:00'ye kadar bentik zonda keskin bir düşüş görülmüş fotik ve profundal zonda ise büyük bir değişim görülmemiştir. 24 Saat içerisinde fotik zon bentik ve özellikle profundal zon ile ters orantılı N₂O salımı göstermiştir. Ortalama N₂O konsantrasyonlarının 4-5 ng/µl civarında olduğu söylenebilir (Bkz. Şekil 5.63.).



Şekil 5.63. Eylül 2011’de, göl suyunda N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

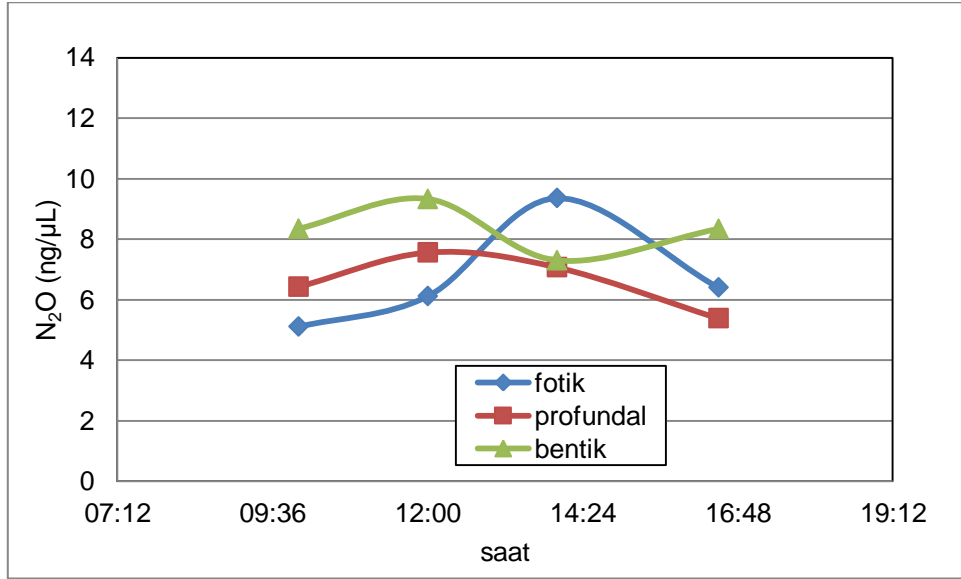
Ekim 2011 arazisinde ise N₂O konsantrasyonları fotik, profundal ve bentik zonlarda birbiri ile doğru orantılı olarak değişim göstermiştir. Bir önceki arazide olduğu gibi konsantrasyonlarda gün içinde artış azalış dalgalanmaları vardır ve ortalama N₂O, 4-5 ng/μl civarında ölçülmüştür. Gece boyunca her üç zonda da N₂O üretiminin azaldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.64.).



Şekil 5.64. Ekim ayı, göl suyunda N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

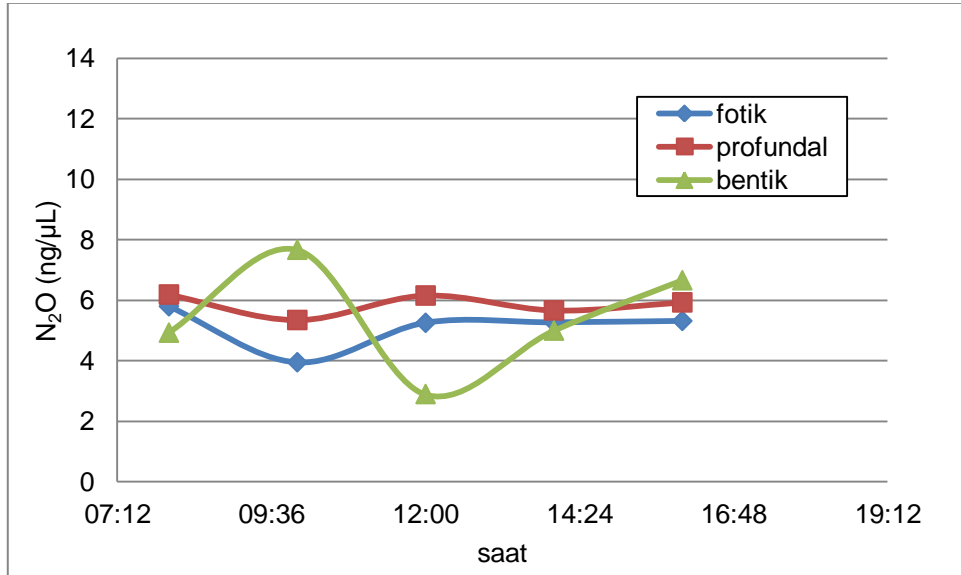
Kasım ayında da gün içindeki N₂O konsantrasyonu dağılımları dalgalanma göstermektedir. Fotik ve bentik zon konsantrasyonları arasında ters orantılı bir değişim vardır. Profundal zonda ise öğle saatlerine doğru görülen konsantrasyon artışı akşam saatlerine doğru azalmaktadır. Fotik zonda ise en yüksek N₂O

konsantrasyonu öğleden sonra saat 14:00'de gözlenmiştir. Kasım ayı ortalama N_2O konsantrasyonları 7-8 $ng/\mu l$ olarak ölçülmüştür (Bkz. Şekil 5.65.).



Şekil 5.65. Kasım ayı, göl suyunda N_2O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

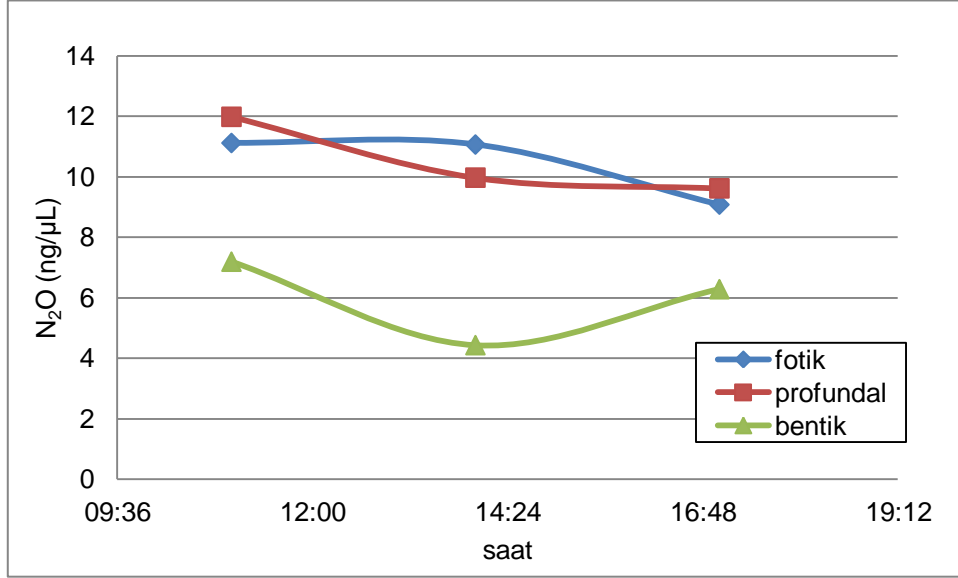
Aralık ayında fotik ve profundal zonlarda N_2O konsantrasyonu birbirleri ile doğru, bentik zon ile ters orantılı dağılım göstermektedir. Bentik zonda N_2O konsantrasyonu sabah saatlerinde artmakta öğle saatlerinde azalmaktadır. Ortalama konsantrasyon 5-6 ng/μ arasında değişmektedir (Bkz. Şekil 5.66.).



Şekil 5.66. Aralık ayı, göl suyunda N_2O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

Haziran 2012'de profundal ve bentik zon birbiri ile doğru orantılı fotik zonla ise ters orantılı nitroz oksit dağılımı göstermektedir. Profundal ve bentik zonda öğle

saatlerinde azalan konsantrasyon fotik zonda artmaktadır. Bentik zonda fotik ve profundal zona göre N₂O konsantrasyonu, neredeyse yarı yarıya düşük seviyede ölçülmüştür (Bkz. Şekil 5.67.).

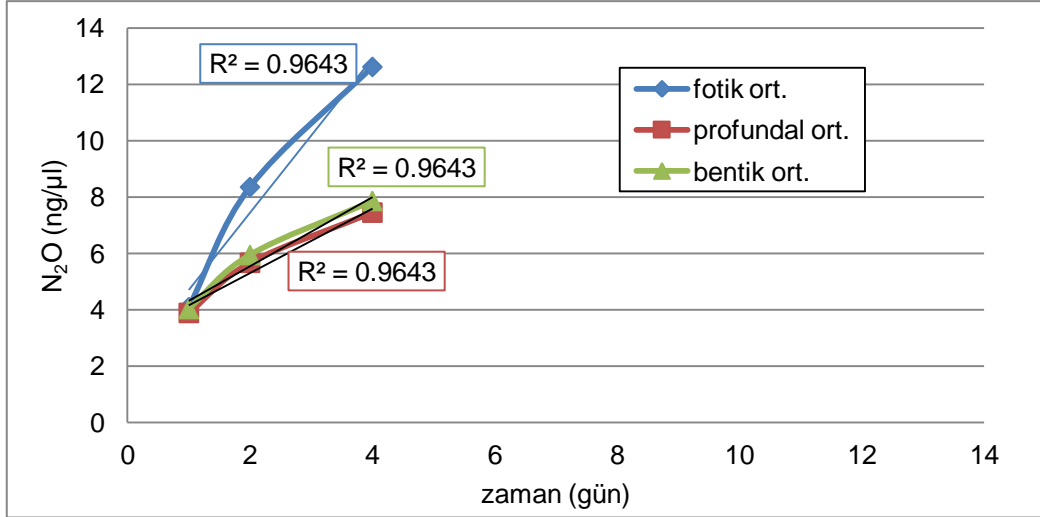


Şekil 5.67. Haziran ayı, göl suyunda N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişimi.

5.4.4. Göl suyunun N₂O üretim potansiyeli

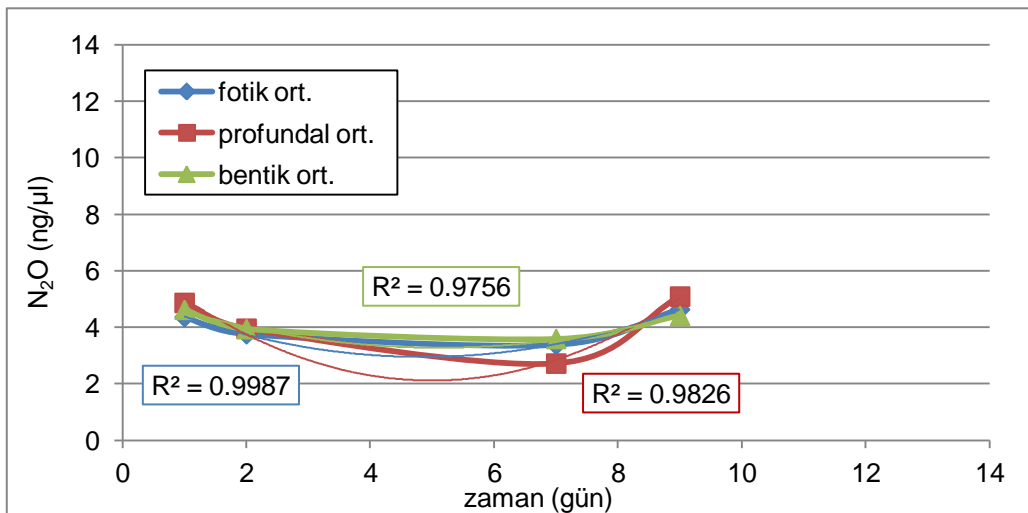
Göl suyu fotik, profundal ve bentik zonlarından saatlik olarak alınan su numunelerinin günlük ortalamaları alınmış ve farklı koşullarda inkübasyona bırakılarak N₂O salım potansiyelleri incelenmiştir. Bu ölçümler sonucunda eşitlik 5.1'deki denkleme göre grafiğin eğiminden salım potansiyeli katsayısı hesaplanmıştır.

Eylül 2011'de alınan su numuneleri 4°C'de karanlık ortamda 4 gün boyunca inkübe edilmiştir. İlk iki gün her üç zonda da zamanla N₂O konsantrasyonunda artış gözlenmiş 2. ve 4. Günler arasında salım hızı yavaşlamıştır. Fotik zondaki üretim hızı bentik ve profundal zonlara göre neredeyse iki kat yüksektir ve N₂O konsantrasyonu en yüksek 12,6 ng/µl'ye bu zonda ulaşmıştır. Grafiklerin eğimleri R-kare %96 oranında doğrusal olarak artış göstermektedir (Bkz. Şekil 5.68.).



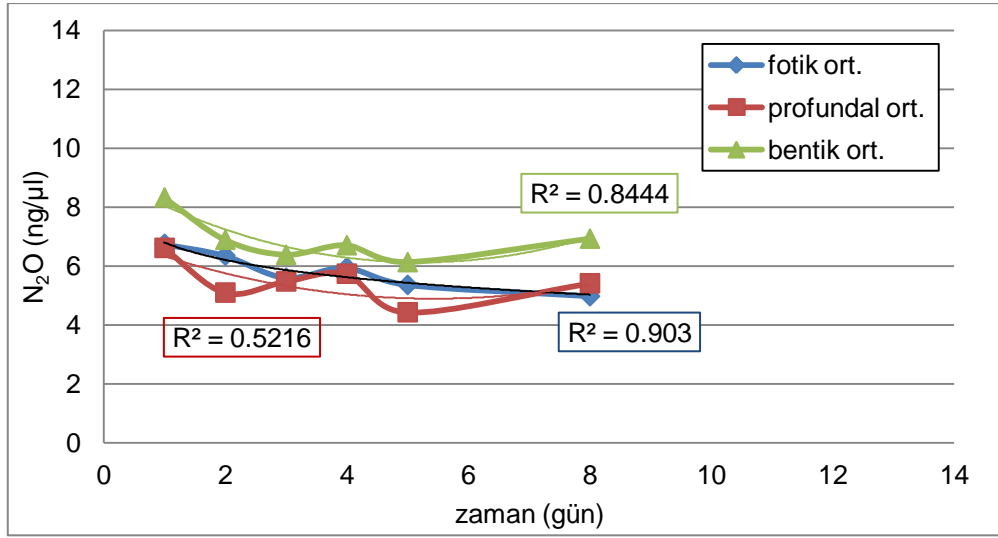
Şekil 5.68. Eylül 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N₂O salım potansiyeli (4°C'de inkübe edilmiştir).

Ekim 2011 tarihinde alınan su numuneleri 10°C'de karanlık ortamda inkübe edilmiştir. N₂O üretim hızında ilk hafta zamanla düşüş gözlenmiş, 7. – 8. Günler arasında ise konsantrasyonlar artmıştır. Ekim ayı inkübasyon sıcaklığı eylül ayı inkübasyon sıcaklığından yüksek olmasına rağmen, ekim ayında N₂O konsantrasyonları daha düşüktür. Buna örnek olarak, ölçülen en yüksek konsantrasyonun, profundal zonda 5,1 ng/μl olması gösterilebilir. Grafik eğimleri 2. Dereceden polinom regresyon türü ile R-kare > %97 olmak üzere uyum göstermektedir. Konsantrasyonların zamanla değişimi için R- kare değeri bentik zonda % 97, profundal zonda %98 ve Fotik zonda % 99 olarak hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 5.69.).



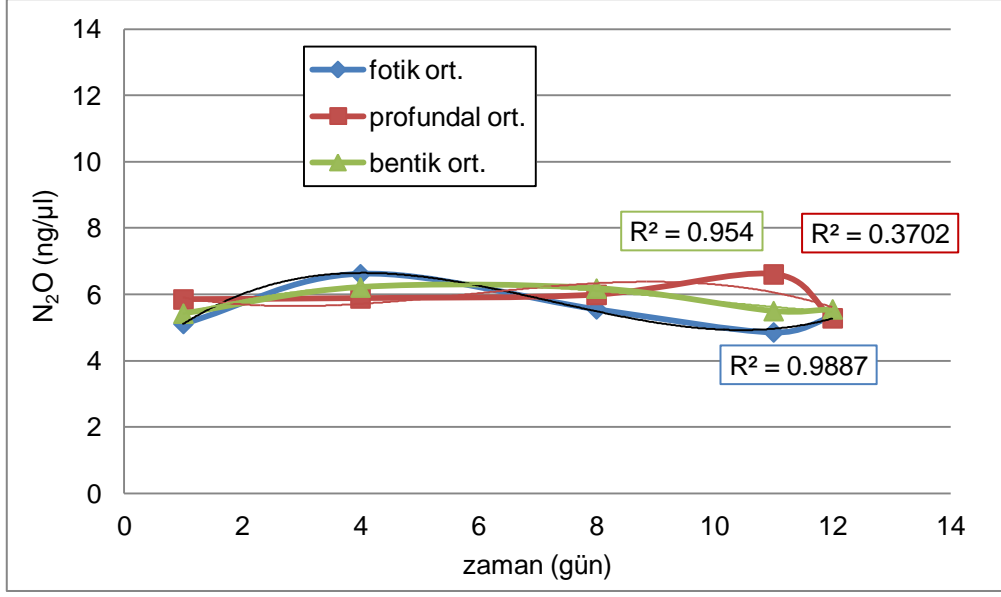
Şekil 5.69. Ekim 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N₂O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).

Kasım 2011'de alınan su numuneleri 25°C'de karanlıkta 8 gün boyunca inkübe edilmiştir. N₂O üretimlerinde her üç zonda da ilk iki gün düşüş görülmüş, 3. ve 5. günler arası artışı takip eden bir azalış görülmüştür. 5. ve 8. günler arasında ise profundal ve bentik zonlarda konsantrasyonlar artmış, fotik zonda ise azalmaya devam etmiştir. Her üç zon için, en yüksek konsantrasyonlar ilk gün ölçülmüş, 8 gün içerisinde ilk güne göre herhangi bir yükselme olmamıştır. Tüm zonlar içerisinde en yüksek konsantrasyonlar ise bentik zona aittir. Grafik eğimlerine uygun regresyon türleri fotik zon için logaritmik, bentik ve profundal zon için ise 2. dereceden polinomdur. R-kare değeri ise fotik zonda %90, profundal zon için %52 ve bentik zon için ise %84 olarak hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 5.70.).



Şekil 5.70. Kasım 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

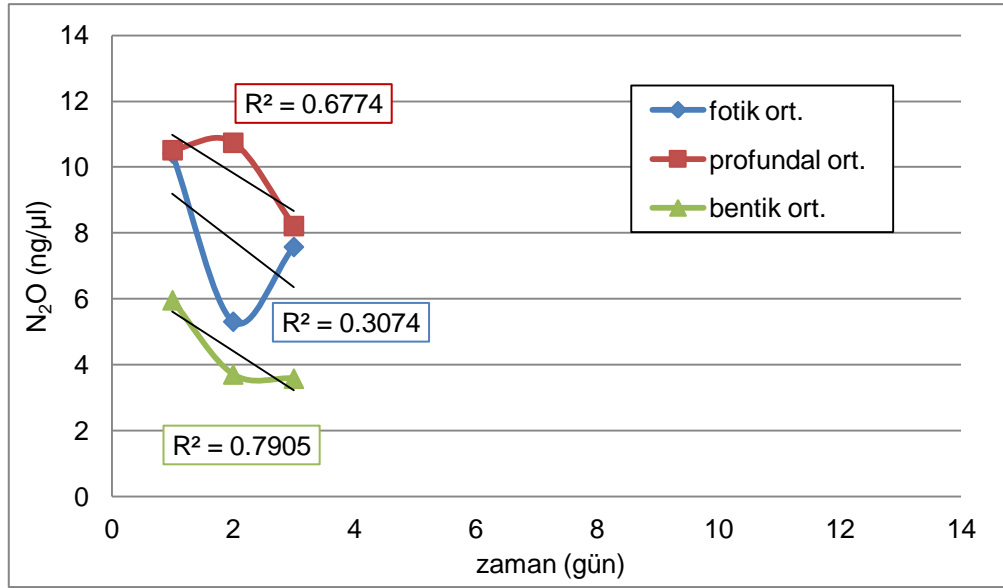
Aralık 2011'de su numuneleri 10°C'de karanlık ortamda 12 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Fotik ve bentik zonlarda ilk 4 gün boyunca N₂O konsantrasyonu artarken, 4. günden 11. güne kadar azalma gözlenmiş, 11 ve 12. günler arasında ise ufak bir artış görülmüştür. Fotik ve bentik zon 3. dereceden polinom denklemi ile R-kare > 95 olmak üzere yüksek bir uyum göstermiştir (R-kare fotik zonda %98, bentik zonda %95). Profundal zon için ise ilk 8 gün N₂O konsantrasyonu değişiminde bir durgunluk varken, 8 ve 11. günler arasında artış 11. günden 12 güne kadar ise hızlı bir azalış gözlenmiştir. Profundal zonda, grafik eğiminin en uygun olduğu regresyon türü, 3. dereceden polinomdur. Ancak R-kare değeri % 37 ile diğer zonlara göre oldukça zayıf bir uyum göstermektedir (Bkz. Şekil 5.71.).



Şekil 5.71. Aralık 2011, fotik, profundal ve bentik zonalarda ortalama N₂O salım potansiyeli (10°C'de inkübe edilmiştir).

Haziran 2012'de alınan su numuneleri 25°C'de karanlık ortamda 3 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. N₂O konsantrasyonları fotik ve bentik zonalarda doğru orantılı olarak profundal zonda ise bunlar ile ters orantılı olarak değişim göstermiştir. Fotik ve bentik zon N₂O konsantrasyonları, 1. günden 2. güne kadar azalma göstermiş 2.-3. günler arası ise artmıştır. Profundal zonda ise 2.günden itibaren N₂O konsantrasyonu düşmeye başlamıştır. Her üç zon içinde en yüksek konsantrasyonlar profundal zonda, en düşük ise bentik zonda gözlenmiştir. N₂O miktarları haziran ayında eylül ayı ile benzerlik göstermekte ve 10-12 ng/μl'lere kadar çıkmaktadır. Bu durum ölçüm yapılan aylardaki hava, su sıcaklığı, aydınlanma şiddeti ile ya da inkübasyon sıcaklığı ile ilgili olabilir. Haziran ayında her üç zonda grafik eğimleri doğrusal olarak R-kare > %30 oranında uyum göstermektedir (Bkz. Şekil 5.72.).

Eylül 2011 – Haziran 2012 tarihleri arasında fotik, profundal ve bentik zonalarda incelenen N₂O salım potansiyellerinin zamanla değişimine uygun regresyon türleri ve regresyon denklemleri Çizelge 5.4'te verilmiştir. Göl suyunun inkübasyon sonrası R-kare değerleri sedimanda yapılan ölçümlere göre oldukça düşük çıkmıştır. Buna dayanarak göl suyunun N₂O salım potansiyelinin oldukça düşük olduğu söylenebilir. Nitröz oksitin ana üretim kaynağı gölün sediman fazıdır.



Şekil 5.72. Haziran 2011, fotik, profundal ve bentik zonlarda ortalama N₂O salım potansiyeli (25°C'de inkübe edilmiştir).

Çizelge 5.4. Fotik, profundal ve bentik zonların N₂O konsantrasyonu – zaman dağılımına uygun, regresyon türleri ve regresyon denklemleri.

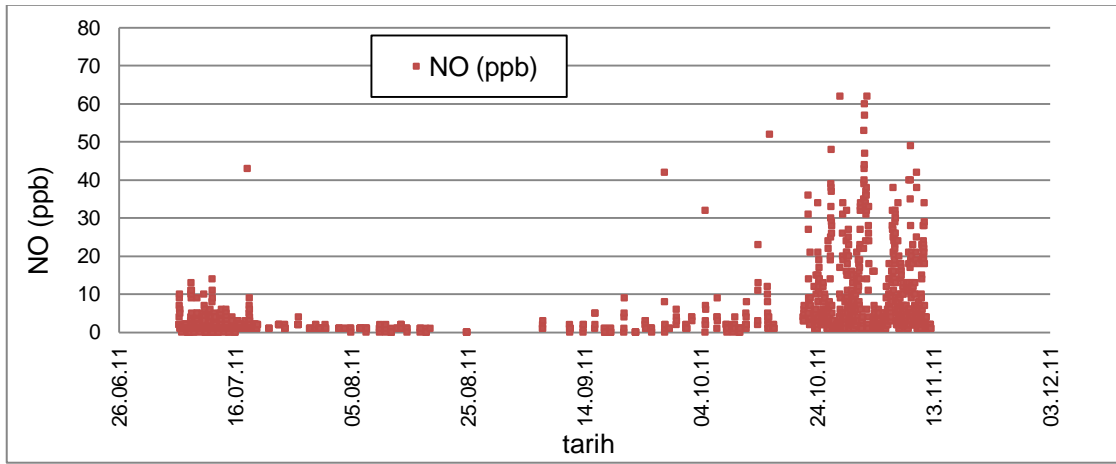
		Regresyon türü	Denklem
Eylül	Fotik	Doğrusal	$y = 2,74x + 1,97$
	Profundal	Doğrusal	$y = 1,23x + 3,08$
	Bentik	Doğrusal	$y = 1,14x + 3$
Ekim	Fotik	2.dereceden polinom	$y = 0,1x^2 - 0,94x + 5,23$
	Profundal	2.dereceden polinom	$y = 0,18x^2 - 1,82x + 6,66$
	Bentik	2.dereceden polinom	$y = 0,08x^2 - 0,78x + 5,28$
Kasım	Fotik	Logaritmik	$y = -0,85 \ln x + 6,80$
	Profundal	2.dereceden polinom	$y = 0,7x^2 - 0,80x + 7,06$
	Bentik	2. dereceden polinom	$y = 0,11x^2 - 1,13x + 9,08$
Aralık	Fotik	3. dereceden polinom	$y = 0,01x^3 - 0,29x^2 + 1,67x + 3,71$
	Profundal	3.dereceden polinom	$y = -0,01x^3 + 0,12x^2 - 0,51x + 6,3$
	Bentik	3. dereceden polinom	$y = 0,003x^3 - 0,08x^2 + 0,62x + 4,87$
Haziran	Fotik	Doğrusal	$y = -1,42x + 10,6$
	Profundal	Doğrusal	$y = -1,15x + 12,1$
	Bentik	Doğrusal	$y = 1,19x + 6,8$

5.5. Eymir Gölü'nde Reaktif Azotlu Bileşiklerin Atmosferik ve Hava Fazındaki Konsantrasyonları

5.5.1. NO_x Gazlarının Atmosferik Konsantrasyonları

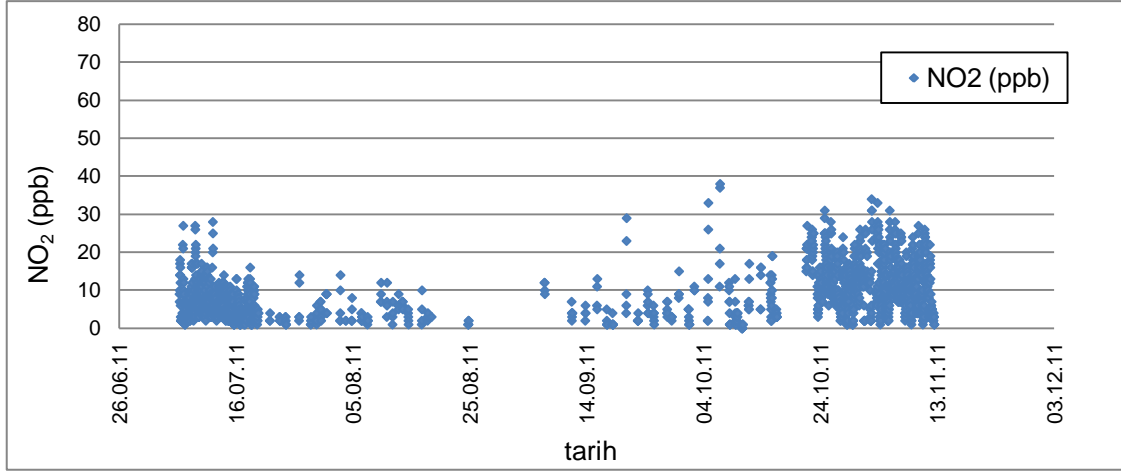
Temmuz – Kasım 2011 tarihleri arasında Eymir Gölü'nün kayıkthane bölgesinde, göl kıyısına yakın bir bölgeye yerleştirilen Horiba Apna-370 NO_x monitörü ile sürekli olarak NO, NO₂ ve NO_x konsantrasyonları ölçülmüştür. Bunlara ait konsantrasyon-zaman grafikleri aşağıda verilmiştir (Bkz. Şekil 5.73., 5.74., 5.75.).

Ekim ve kasım aylarında ortalama NO konsantrasyonları diğer aylara göre daha yüksek ölçülmüştür. Ortalama NO konsantrasyonu 0 -10 ppb civarında ise de, 60 ppb'in üzerine çıktığı anlık yükselişler de görülmüştür (Bkz. Şekil 5.73.).



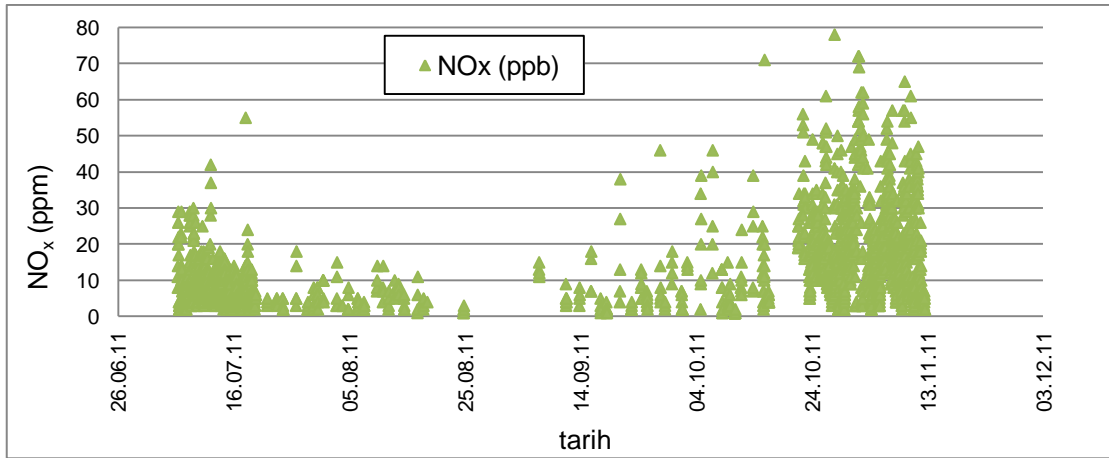
Şekil 5.73. Eymir Gölü NO konsantrasyonunun zamanla değişimi

NO₂ konsantrasyon değişimi NO'ye göre daha normal bir dağılım göstermekte mevsimsel farklar belirgin olarak görülmemektedir. Ortalama NO₂ konsantrasyonu 10 ppb civarındadır ve en yüksek değerler ekim ayında ortalama 15 ppb olarak ölçülmüştür. En düşük konsantrasyonlar ise NO de olduğu gibi ağustos ayında ölçülmüştür (Bkz. Şekil 5.74.). Giriş bölümünde belirtildiği gibi, NO_x gazlarının salım kaynaklardan bazılarının petrol ve fosil yakıtlar olması kış aylarındaki yükselişi açıklayabilir. Bununla birlikte göl yüzeyindeki yüksek oksijen ve düşük organik madde konsantrasyonu NO gazının N₂' dönüşmeden atmosfere salınmasına da neden olabilir.



Şekil 5.74. Eymir Gölü NO₂ konsantrasyonunun zamanla değişimi

NO_x konsantrasyonları NO ve NO₂ konsantrasyonlarının toplamından elde edilmiştir. Bu nedenle en yüksek NO_x konsantrasyonu yaklaşık 80 ppb civarındadır (Bkz. Şekil 5.75.). Şekil 5.74 – 5.76 arasındaki grafiklerde, ağustos ve eylül ayları arasında görülen, ölçüm noktalarındaki seyreklik, cihazın yerleştirildiği bölgede elektriğin kapatılmasından dolayı 24 saat boyunca ölçüm alınamamasından kaynaklanmaktadır.

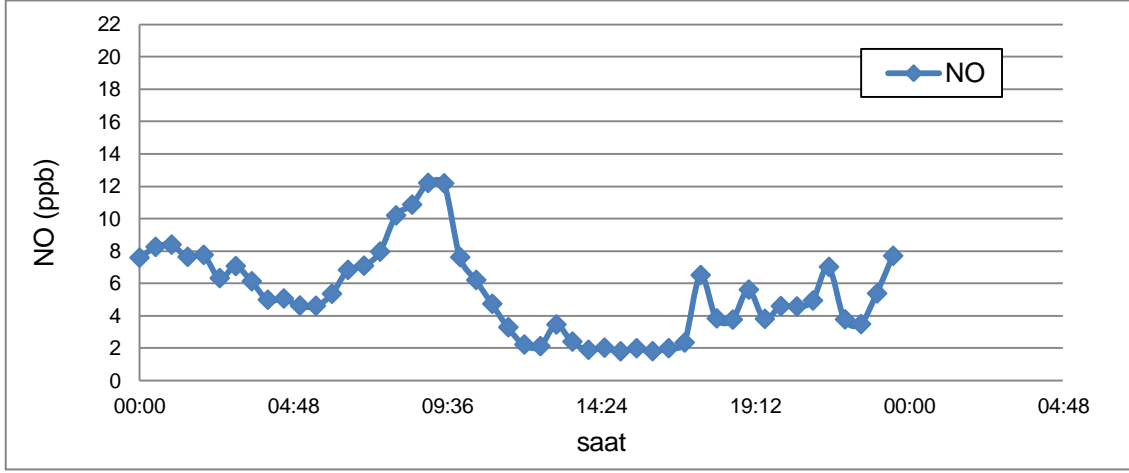


Şekil 5.75. Eymir Gölü NO_x konsantrasyonunun zamanla değişimi

Haziran – Kasım 2011 tarihlerinde, gün içerisinde yarım saate bir alınan ölçümler bir araya getirilmiş ve saatlik ortalamalar hesaplanmıştır. Gün içerisinde; NO, NO₂ ve NO_x konsantrasyonlarının saatlik değişimleri Şekil 5.76 – Şekil 5.78 arasında verilmiştir.

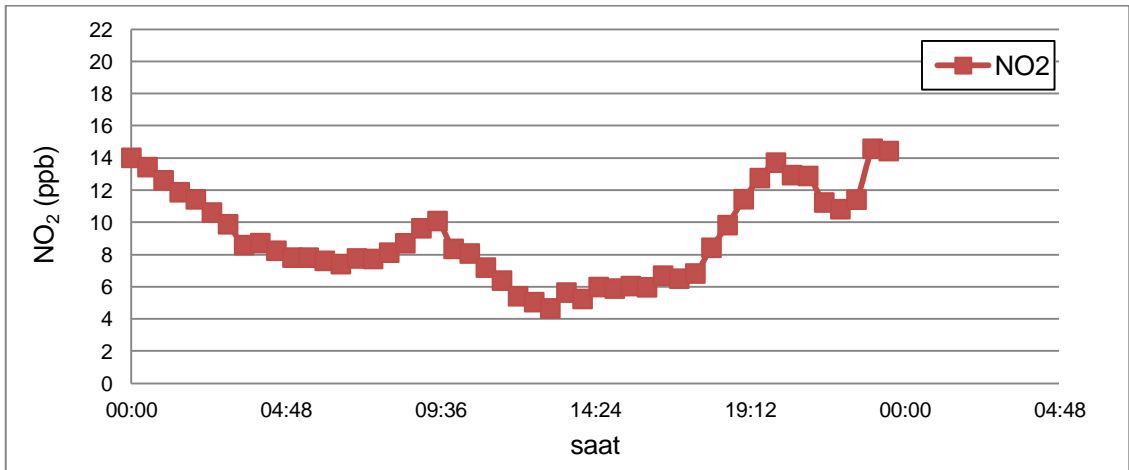
Tüm ayların ortalama NO konsantrasyonu; sabah havanın aydınlanmaya başladığı saatlerde artışa geçip sabah saat 09:00'da tepe noktasına ulaşır. Gün içerisinde

tekrar azalmaya başlayan NO konsantrasyonu akşam özellikle trafiğin de yoğun olduğu saat 17:00'den itibaren gün bitene kadar yüksek seviyede kalır (Bkz. Şekil 5.76.).



Şekil 5.76. Eymir Gölü NO konsantrasyonunun saatlik değişimi.

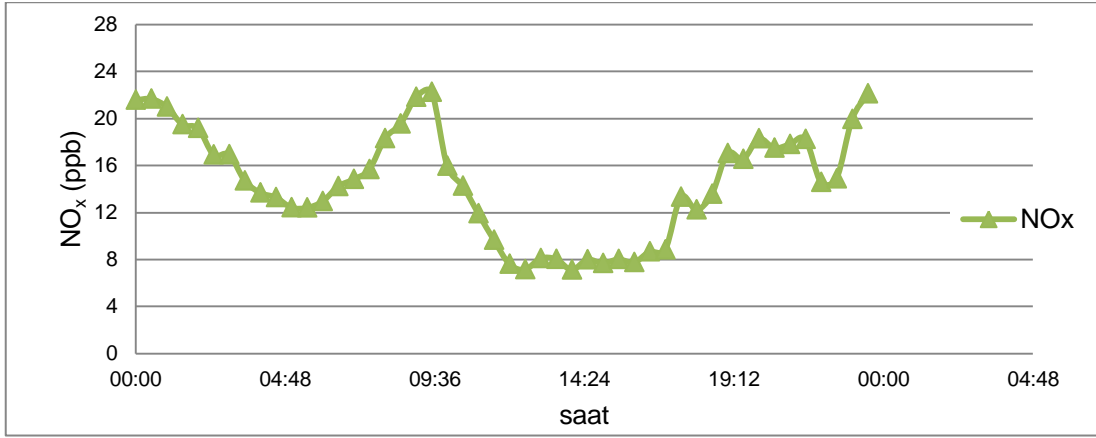
Gün içinde ortalama NO konsantrasyonu 4 – 6 ppb seviyesindeyken, NO₂ konsantrasyonu 8 – 10 ppb civarında ölçülmüştür. NO₂ konsantrasyonu da NO gibi sabah saatlerinde yükselir öğle saatlerinde düşmeye başlar ve akşam saatlerinden itibaren tekrar yükselmeye başlar. NO₂ konsantrasyonu NO konsantrasyonundan farklı olarak en yüksek değerlerine akşam 20:00 ile 00:00 arasında ulaşır (Bkz. Şekil 5.77.).



Şekil 5.77. Eymir Gölü NO₂ konsantrasyonunun saatlik değişimi.

NO_x konsantrasyonları NO ve NO₂ verilerinin toplamına eşittir ve gün içindeki ortalaması 14 ppb civarındadır. Göl atmosferindeki azot oksitler sabah saat 09:00'da ve gece yarısı civarında tepe noktasına ulaşır. Gün içerisinde öğle

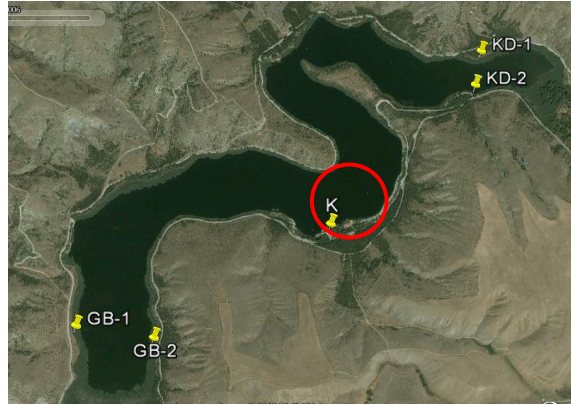
saatlerinden akşam 17:00'ye kadar ve gece boyunca düşük seviyelerde ölçülmüştür (Bkz. Şekil 5.78.).



Şekil 5.78. Eymir Gölü NO_x konsantrasyonunun saatlik değişimi

5.5.2. Atmosferik NO_x Gazı Akıları

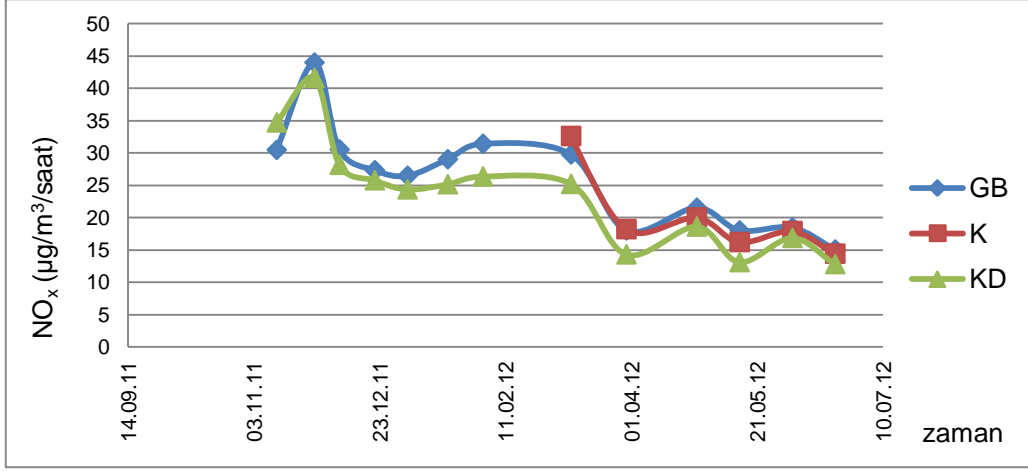
Kasım 2011 tarihinden sonra sürekli ölçüm yapan Horiba NO_x cihazı göl arazisinden kaldırılıp laboratuvara alınmış, gölün Şekil 5.79'de gösterilen 5 farklı noktasına "Passam ağı" NO_x pasif örnekleyicileri yerleştirilmiştir. Pasif örnekleyiciler ile yaklaşık iki haftalık aralıklarla biriken NO_x gazı konsantrasyonu toplam saate bölünerek saatlik NO_x akısı hesaplanmıştır.



Şekil 5.79. Pasif NO_x örnekleyicilerin Eymir Gölü kıyısında yerleştirildiği bölgeler.

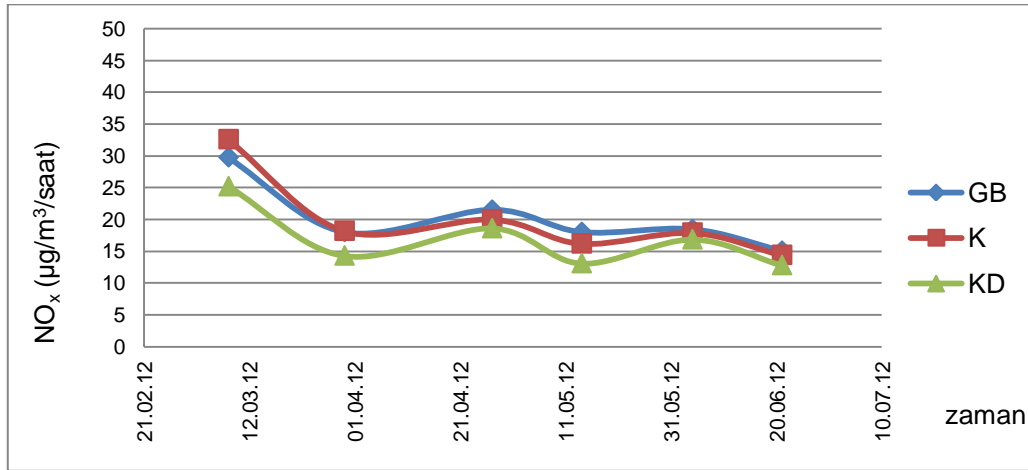
Kasım 2011 ile Haziran 2012 tarihleri arasında Güneybatı, kuzeydoğu ve kayıkthane bölgelerinde ölçülen, saatlik NO_x akılarının zamanla değişimi Şekil 5.80'deki grafikte verilmiştir. Akılar aylık (iki ölçümde bir) frekanslarla artış ve azalış göstererek sonbahardan yazı doğru giderek düşmektedir. Bölgelerin NO_x akıları arasında, kasım ayı sonu ve mart ayı başı hariç, büyük bir farklılık yoktur.

En yüksek saatlik NO_x akısı; kasım ayında KD bölgesinde, en düşük ise nisan ayında ölçülmüştür. Mart ayında en yüksek akı K bölgesinde ölçülmüştür.



Şekil 5.80. Gölün farklı bölgelerindeki saatlik NO_x akıları

Kasım ile mart ayları arasında genel olarak akılar GB bölgesinde daha yüksek ölçülmüştür. Mart ayından sonra da konsantrasyonlar birbirine çok yakın olsa da akıların azalan sırayla, gölün su akış yönüyle paralel olarak GB – K – KD sırasıyla ölçüldüğü söylenebilir. Bunun üzerinde, göl yakınından geçen otoyolun GB noktasına yakın olmasının etkisi olabilir.



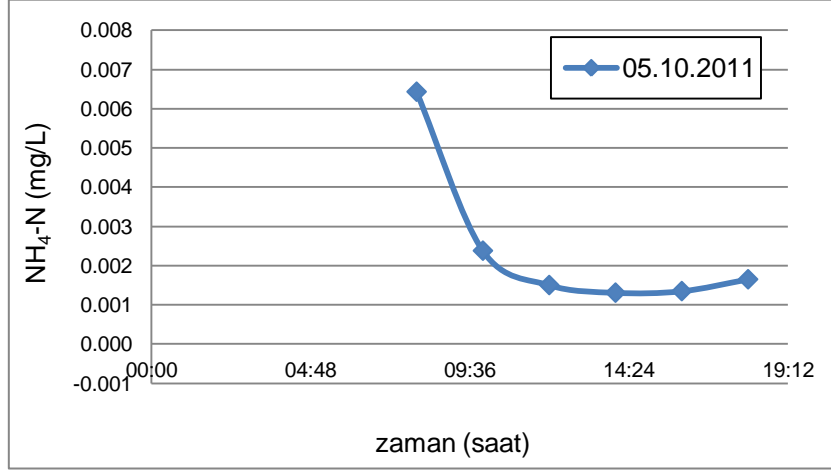
Şekil 5.81. Eymir Gölü'nün farklı bölgelerindeki NO_x akıları

5.5.3. Gaz halindeki Amonyakın hava fazındaki konsantrasyonları

Eymir Gölü'ne kurulan su kolonu düzeneğinde biriken, gaz halindeki amonyak, sülfürik asitten geçirilip çözdürülerek amonyum azotu halinde sabitlenmiştir. Bu kısımda, su kolonundaki amonyum azotu ölçümlerine ait grafikler incelenmiştir.

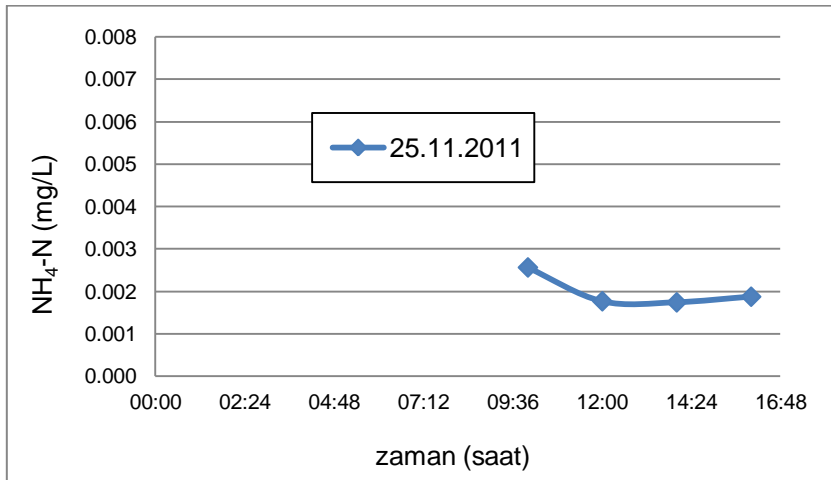
Grafiklerde; amonyum azotu konsantrasyonunun, gün içerisindeki saatlik değişimleri verilmiştir.

Ekim ayında en yüksek $\text{NH}_4^+\text{-N}$ konsantrasyonu sabah saatlerinde ölçülmüş gün içerisinde ise azalış göstermiştir (Şekil 5.82.).



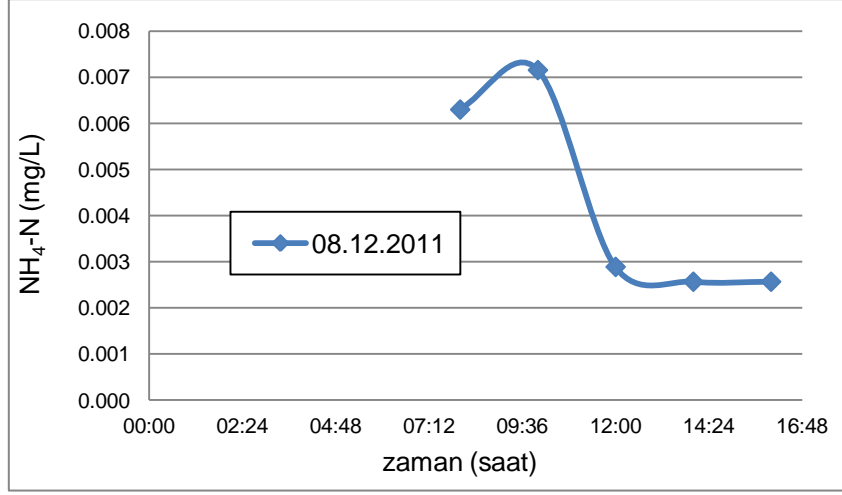
Şekil 5.82. Ekim ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi

Kasım ayında yapılan amonyum azotu ölçümlerinde ekim ayındaki gibi sabah saatlerinde daha yüksek konsantrasyon gözlenmiştir (Şekil 5.83.).



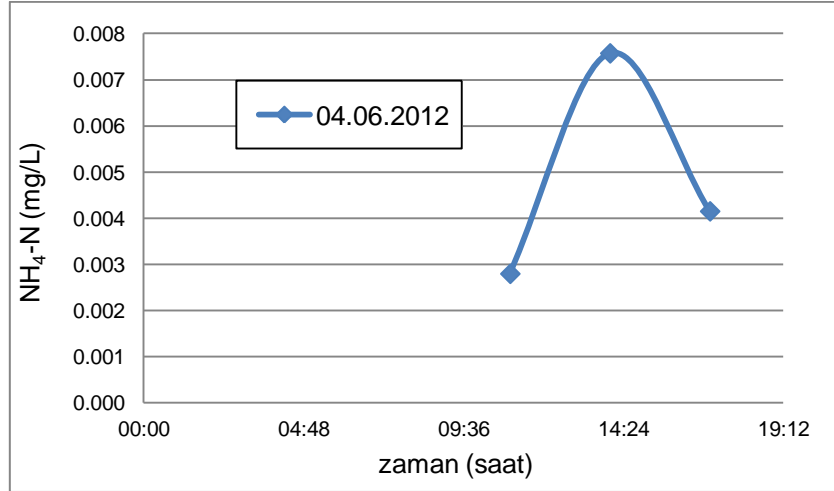
Şekil 5.83. Kasım ayı göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi

Aralık ayı amonyum azotu konsantrasyonları aynı şekilde sabah saatlerinde yüksek akşam saatlerinde ise daha düşük ölçülmüştür (Şekil 5.84.).



Şekil 5.84. Aralık ayı Göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi

Haziran ayında diğer aylardaki ölçümlerden farklı olarak en yüksek konsantrasyon öğle saatlerinde ölçülmüştür (Şekil 5.85.).



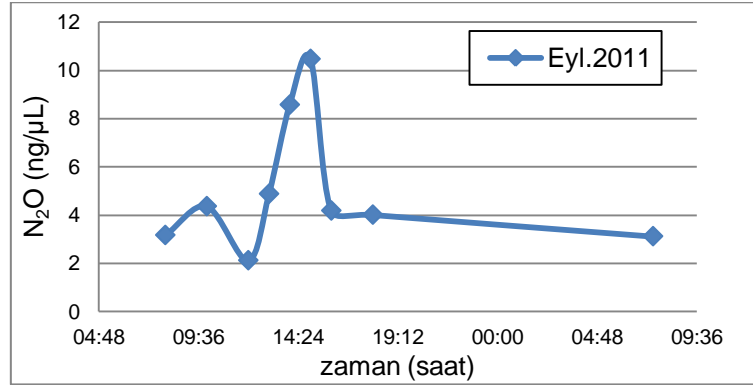
Şekil 5.85. Haziran ayı Göl hava fazındaki amonyum konsantrasyonunun saatlik değişimi.

5.5.4. N₂O gazının hava fazındaki konsantrasyonları

Eymir Gölü'nde kurulan su kolonu sisteminde, havuz içerisinde biriken gazların gaz kromatografisi ile N₂O konsantrasyonları ölçülmüştür. Eylül 2011 – haziran 2012 tarihleri arasında gün içerisinde N₂O konsantrasyonlarının saatlik değişim grafikleri Şekil 5.86 ile Şekil 5.90 arasında verilmiştir.

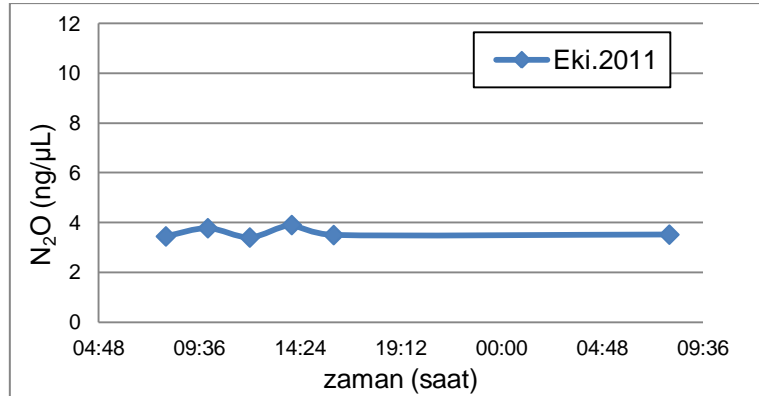
Eylül ayında sabahın erken saatlerinde 3 ng/µl arasında ölçülen N₂O konsantrasyonu saat 10:00'a kadar yükselirken öğlen 12:00'de düşmüş, öğleden

sonra ise tekrar yükselerek saat 15:00'de 10,5 ng/μl ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır.



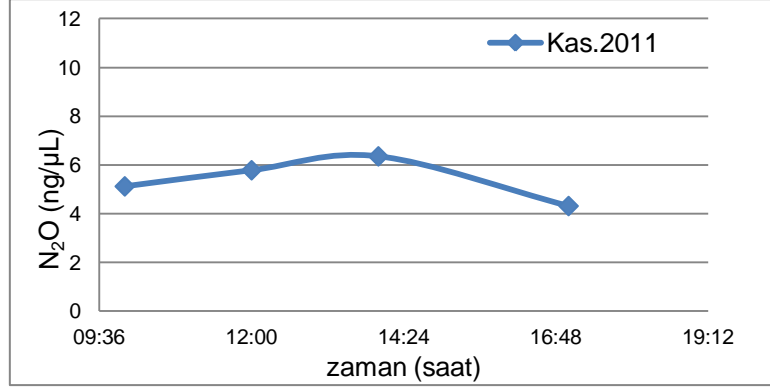
Şekil 5.86. Eylül ayı hava fazındaki N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi.

Ekim 2011'de N₂O konsantrasyonu gün içerisinde büyük bir değişim göstermemekle birlikte en yüksek seviyeye saat 14:00'te ulaşmıştır. Ekim ayı konsantrasyonları eylül ayı ile kıyaslandığında (4 ng/μl'nin altında) daha düşük seviyede kalmıştır (Şekil 5.87.).



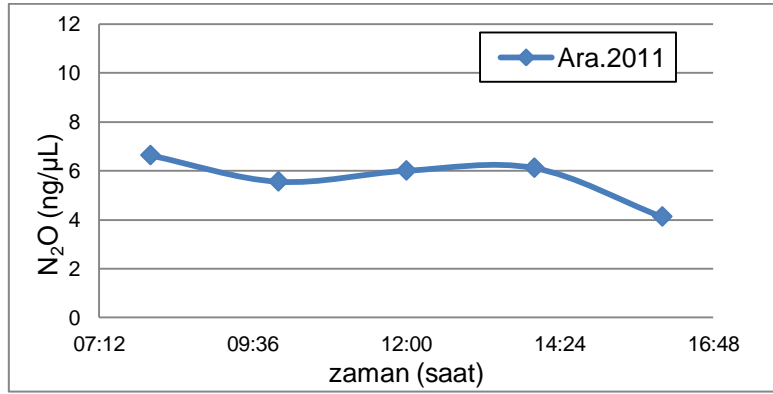
Şekil 5.87. Ekim ayı hava fazındaki N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi.

Kasım ayı N₂O ölçümleri ekim ayına göre daha yüksek konsantrasyonda 4 – 7 ng/μl arasında ölçülmüştür. Konsantrasyonlar sabah saatlerinde düşükken gün içinde yükselmiş ve en yüksek seviyeye saat 14:00'de 6,4 ng/μl ile ulaşmıştır (Şekil 5.88.).



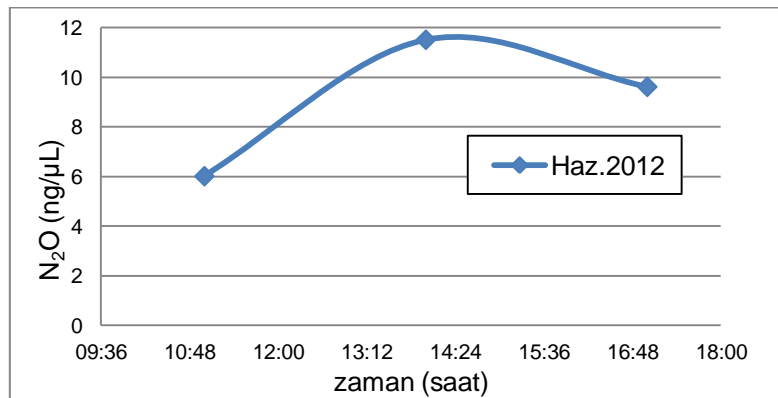
Şekil 5.88. Kasım ayı hava fazındaki N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi

Aralık ayı N₂O konsantrasyonları kasım ayındaki gibi 4-7 ng/µl arasında değişmiştir. Sabah saatlerinde yüksek olan konsantrasyonlar gün içinde dalgalanma göstermiş öğleden sonra 16:00'da ise tekrar düşmeye başlamıştır (Şekil 5.89.).



Şekil 5.89. Aralık ayı hava fazındaki N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi.

Haziran ayı başındaki N₂O konsantrasyonları eylül ayında olduğu gibi 12 ng/µl seviyelerine kadar yükselmiş ve en yüksek ölçüm saat 14:00'de yapılmıştır (Şekil 5.90.).



Şekil 5.90. Haziran ayı hava fazındaki N₂O konsantrasyonunun saatlik değişimi.

5.6. Verilerin İstatistiksel Analizi

5.6.1. Göl sedimanında ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi

Göl sedimanında N₂O konsantrasyonları, iki ayrı fazda ölçülmüştür. İnce yüzey tabakasından ve bunun 15cm derininden alınan numuneler önce birbirleri ile karşılaştırılmış ardından da gün içindeki değişimler incelenmiştir.

Yüzey sedimanı ile dip sedimanı N₂O salımları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı; ilk gün, ikinci ve üçüncü gün ölçümlerinin karşılaştırılması ile test edilmiştir. Bunun için öncelikle verilerin normal dağılıp dağılmadığı incelenmiştir.

Şu ana kadar literatüre geçmiş neredeyse 40 farklı normalite analizi testi vardır. Bunlardan biri olan Kolmogorov – Smirnov testi beklenen ve gözlenen en geniş dikey ilişkiye dayalıdır. Shapiro – Wilk testi ise genel olarak örneklem sayısı 50'nin altında olan veri setleri için kullanılır ve yüksek gücü olan bir test olduğundan tercih edilmektedir. Ancak veri sayısı azaldıkça testlerin kuvvet farklılıkları azalmaktadır ve 30'dan küçük veri setleri için uygun analiz halen tespit edilmeye çalışılmaktadır (Razali and Wah, 2011). Bu tez çalışmasında veri sayısı 50'den küçük olduğu için Shapiro – Wilk testi, veriler çoklu değişkenlerin etkisi altında olduğundan yüksek hassasiyete gerek duyulduğundan ise de Kolmogorov – Smirnov testleri birlikte uygulanmıştır.

Analiz sonucunda, yüzey sedimanının p>0,05 olduğundan % 95 güven aralığında lognormal dağıldığı, dip sedimanının ise (p>0,05) % 95 güven aralığında normal dağıldığı bulunmuştur (Çizelge 5.5.).

Çizelge 5.5. Sedimanda İlk gün ölçümüne ait veri setlerinin, istatistik özeti

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Sediman 2-3cm İlk gün	11,49	15,72	Kolmogorov-Smirnov	0,13	Lognormal
Sediman 15cm İlk gün	5,07	1,60	Shapiro-Wilk	0,25	Normal

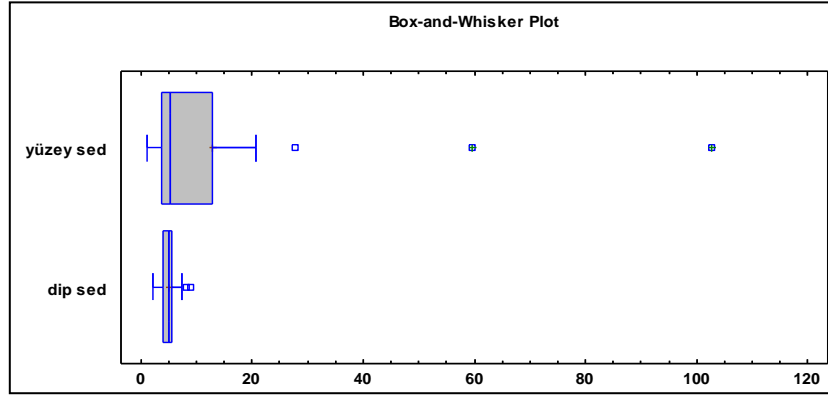
İki veri setinin ortalamaları kullanılarak, karşılaştırma yapmak için hipotez testi uygulanmış, kurulan hipotezler ve p-değeri Çizelge 5.6'da verilmiştir. Buna göre % 95 güven aralığında H₀ hipotezi red edilir ve güven sınırı 1,42'ye eşit ya da büyük

olduğu için alternatif hipotez kabul edilir. Böylece, yüzey sedimanının dip sedimanına göre daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.6. Sediman ilk gün ölçümüne ait veri setleri için kurulan hipotezler ve p değeri

Test türü: Hipotez testi
$H_0: ortalama_{yüzey} - ortalama_{dip} = 0$
$H_1: ortalama_{yüzey} - ortalama_{dip} > 0$
$p = 0,018$
Güven sınırı $\geq 1,42$

Yüzey ve dip sedimanlarının ilk gün ölçümlerine ait Box-Whisker grafikleri, Şekil 5.91'de karşılaştırıldığında; yüzey sedimanı ortalamasının büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.91. Yüzey ve dip sedimanı box-whisker diyagramı

İkinci gün ölçümleri yüzey ve dip sedimanı için karşılaştırılmıştır. Öncelikle verilerin dağılım türleri Çizelge 5.7'de incelenmiştir. Her iki veri setinin de p değeri 0,05'ten büyük olmak üzere %95 güven aralığında lognormal dağıldığı söylenebilir

Çizelge 5.7. Sedimanda ikinci gün ölçümüne ait veri setlerinin istatistik özeti

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Sediman 2-3cm İkinci gün	653,76	4166,24	Kolmogorov-Smirnov	0,39	Lognormal
Sediman 15cm İkinci gün	127,76	309,69	Shapiro-Wilk	0,98	Lognormal

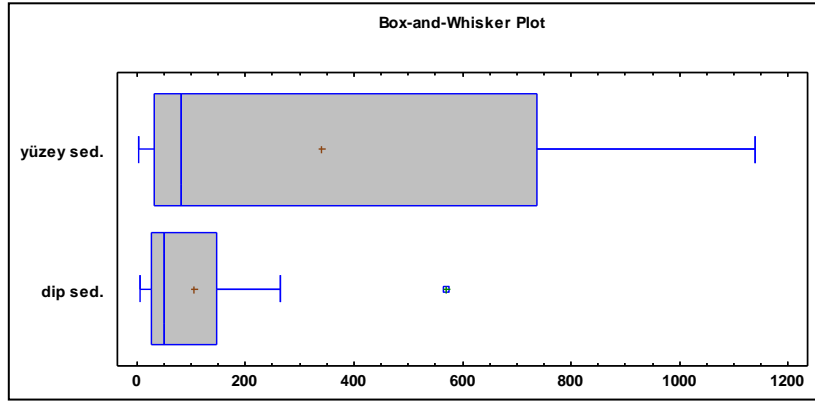
İkinci gün sediman veri setlerinin ortalamaları t-testi ile karşılaştırılmıştır. Kurulan hipotezler ve p değerleri Çizelge 5.8'de verilmiştir. Buna göre p değeri 0.05'den

büyük olduğu için H_0 hipotezi red edilir. Ortalamaları karşılaştırıldığında; İkinci gün yüzey sedimanının, dip sedimanından daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.8. Sediman ikinci gün ölçümüne ait veri setleri için kurulan hipotezler ve p -değeri

Test türü: t- test
H_0 : ortalama _{yüzey} = ortalama _{dip}
H_1 : ortalama _{yüzey} > ortalama _{dip}
p = 0,010

İkinci gün yüzey ve dip sedimanına ait Şekil 5.92'deki box-whisker grafikleri iki veri setinin ortalamalarının farkını görsel olarak ortaya koymaktadır.



5.92. İkinci gün yüzey ve dip sedimanına ait box-whisker grafiği.

Üçüncü gün yüzey ve dip sedimanı ölçümlerine ait veri setlerinin dağılım türleri Çizelge 5.9'da verilmiştir. Buna göre her iki veri setinin de % 95 güven aralığında $p > 0,05$ olmak üzere lognormal dağıldığı kabul edilir.

Çizelge 5.9. Sediman ikinci gün ölçümlerine ait veri setlerinin, istatistik özeti.

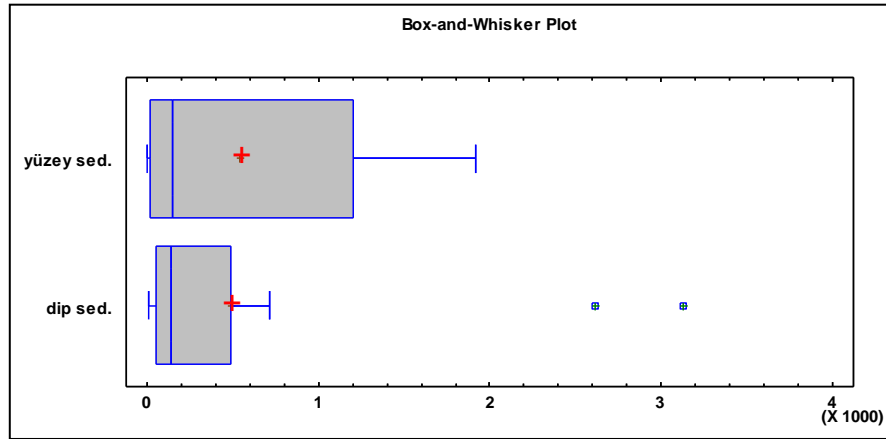
Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Sediman 2-3cm Üçüncü gün	1310.01	11970.7	Kolmogorov-Smirnov	0,77	Lognormal
Sediman 15cm Üçüncü gün	515.86	1512.68	Shapiro-Wilk	0,95	Lognormal

Veri setlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan hipotez testinde p değeri 0,05'ten büyük çıkmıştır. Bu nedenle H_0 hipotezi kabul edilir ve yüzey ile dip sedimanı üçüncü gün ölçümlerinin ortalamaları arasında, % 95 güven aralığında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir.

Çizelge 5.10. Sediman üçüncü gün ölçümleri için kurulan hipotezler ve p-değeri.

Test türü: Hipotez testi
H_0 : ortalama _{yüzey} - ortalama _{dip} = 0
H_1 : ortalama _{yüzey} - ortalama _{dip} > 0
p = 0,39
Güven sınırı = -3997,9

Sediman üçüncü gün veri setlerine ait Şekil 5.93'te verilen box – whisker grafiği iki veri seti ortalamasının (kırmızı + işareti) birbirine yakın olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.93. Üçüncü gün yüzey ve dip sedimanlarına ait box – whisker grafiği.

5.6.2. Göl suyunda ölçülen parametrelerin istatistiksel analizi

Göl suyu numuneleri, fotik, profundal ve bentik zonlardan alınmıştır. Bu bölümde her zon öncelikle kendi içinde değerlendirilerek; N_2O , NO_2 , NO_3 ve NH_4^+ konsantrasyonları arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Analizler ilk gün ölçümleri kullanılarak yapılmıştır.

Fotik zonda, Eylül 2011 – haziran 2012 tarihleri arasında yapılan ölçümlere ait veri setlerinin dağılım türleri Çizelge 5.11'de verilmiştir. Buna göre p değerleri 0,05'ten

büyük olmak üzere %95 güven aralığında N_2O ve NH_4 'ün lognormal NO_2 ve NO_3 veri setinin ise normal dağılım gösterdiği bulunmuştur.

Çizelge 5.11. Fotik zona ait veri setlerinin istatistik özeti

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Fotik N_2O	5,43	2,25	Kolmogorov-smirnov	0,17	normal
Fotik NO_2	0,02	1,01	Kolmogorov-smirnov	0,22	lognormal
Fotik NO_3	1,78	4,75	Kolmogorov-smirnov	0,60	lognormal
Fotik NH_4	0,09	0,06	Kolmogorov-smirnov	0,56	normal

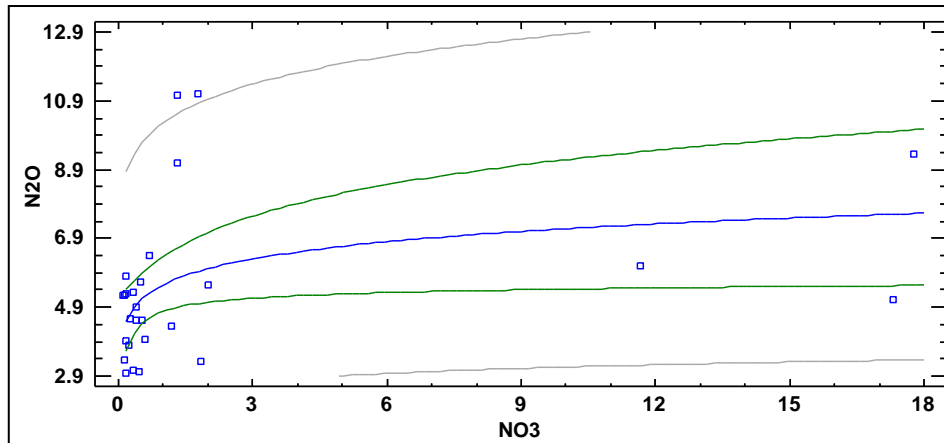
Spearman dizi korelasyonu; veri setinin dağılımı Pearson ürün momenti korelasyonuna göre yanıltıcı ya da anlamlı olmadığı durumlarda kullanılır. Spearman korelasyonu Pearson'dan farklı olarak değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmasını gerektirmez ve büyük veri setlerinde dahi Pearson korelasyonuna rehberlik edebilir. Ancak iki veri arasındaki ilişkinin gücünü ortaya koymak için Spearman korelasyonuna gereğinden fazla anlam yüklenmemek gerekir. Aynı veri setleri için bir teste göre negatif hesaplanan katsayı, diğerinde pozitif olarak hesaplanabilir (Hauke and Kossowski, 2011).

Tez çalışmasında veri setlerinin çoklu değişken analizleri, öncelikle Spearman testi ardından da Pearson testi uygulanarak hesaplanmıştır. Sonuçlar korelasyon tablosu üzerinde gösterilmiştir. Tablonun ilk satırı veriler arasındaki korelasyon katsayısını, ikinci satırı örneklem sayısını, üçüncü satır ise p değerini vermektedir. Tabloda; 0,05'ten küçük p-değerlerine sahip değişkenler (sarı işaretli) arasında % 95 güven aralığında anlamlı - 0'dan farklı - bir korelasyon olduğu söylenebilir. Bu durumda N_2O ile NO_3 arasında pozitif, NO_2 ile NO_3 arasında negatif, NH_4 ile NO_2 arasında negatif ve anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. (Çizelge 5.12.).

Çizelge 5.12. Fotik zon parametreleri için Spearman korelasyon tablosu (gri renkli hücreler p-değerlerini göstermektedir).

	N ₂ O	NO ₃	NO ₂	NH ₄
N ₂ O		0,42	-0,02	-0,28
		(27)	(24)	(27)
		0,03	0,92	0,15
NO ₃			-0,45	0,01
			(24)	(27)
			0,03	0,96
NO ₂				-0,44
				(24)
				0,04

Korelasyon tablosundan yola çıkarak basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. En yüksek ilişkiyi gösteren; nitrat ve nitroz oksit arasındaki regresyon analizi olmuştur. Analiz sonucu en uygun modelin karekök-y log-x modeli olduğu bulunmuştur ve modele uygun grafik Şekil 5.94'te gösterilmiştir.



Şekil 5.94. Fotik N₂O ve NO₃ veri setlerinin karekök-y log-x modeline uygun regresyon grafiği.

Basit regresyon testi sonucunda p değeri 0,02, R-kare değeri ise %21 olarak bulunmuştur. P değerinin 0,05'ten küçük olması %95 güven aralığında NO₃ ve N₂O verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu gösterir.

Korelasyon katsayısının 0,46 olması değişkenler arasında göreceli olarak pozitif ve zayıf bir ilişkinin olduğunu gösterir. Bu durumda, nitroz oksit konsantrasyonunun, nitrata bağlı olarak artış gösterdiği söylenebilir. Modele uygun hesaplanan eşitlik aşağıda verilmiştir (Eş. 5.11.)

$$N_2O = (2,56548 + 0,141115 \times \ln(NO_3))^2 \quad (5.11)$$

NH₄ - NO₂ ve NO₃ – NO₂ değişkenleri arasında regresyon analizi yapıldığında sırasıyla p değerleri 0,05 ve 0,28 olarak bulunmuştur. p - Değerleri 0,05'e eşit ve büyük olduğundan, her iki veri seti için, % 95 güven aralığında değişkenler arasında, anlamlı bir ilişki olmadığı söylenebilir.

Profundal zonda aynı tarihler arasında ölçülen parametrelerin dağılım analizleri yapılmış ve Çizelge 5.13'teki değerler elde edilmiştir. Buna göre; %95 güven aralığında p değerleri 0,05'ten büyük olduğundan, N₂O ve NO₃ verilerinin normal, NO₂ ve NH₄ verilerinin ise lognormal dağıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 5.13. Profundal zona ait veri setlerinin istatistik özeti

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Profundal N ₂ O	5,72	2,16	Kolmogorov-smirnov	0,52	normal
Profundal NO ₂	0,02	0,005	Kolmogorov-smirnov	0,07	lognormal
Profundal NO ₃	0,74	0,62	Kolmogorov-smirnov	0,32	normal
Profundal NH ₄	0,14	0,25	Kolmogorov-smirnov	0,83	lognormal

NO₃ veri setinin box-whisker grafiği çizildiğinde 3 veri outlier olarak bulunmuştur. Bunların veri setinden çıkartılması ile normal dağılım elde edilmiştir. Ancak, fotik zondaki NO₃ verilerinde de aynı dönemde bir yükselmeye rastlandığı ve bu dönemin mevsimlik değişimlerden etkilendiği düşünülerek veriler çıkartılmadan korelasyon analizinin yapılmasına karar verilmiştir.

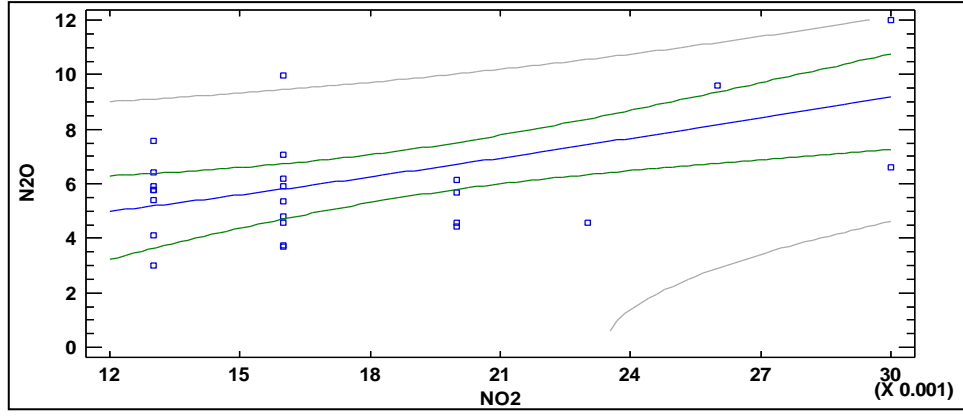
Veri setleri arasında çoklu değişken analizi Pearson korelasyonuna göre yapılmıştır. Korelasyon katsayıları ve p değerleri Çizelge 5.14'te verilmiştir. Buna göre % 95 güven aralığında, p değerleri 0,05'ten küçük olan ve aralarında anlamlı ve sıfırdan farklı bir korelasyon olan veri setleri sırasıyla, N₂O – NO₂, N₂O – NH₄ ve NO₂ – NH₄ olarak bulunmuştur. Tüm veri setleri arasında pozitif korelasyon vardır. Parantez içerisindeki rakamlar ise katsayıları hesaplamak için kullanılan veri sayısını göstermektedir.

Çizelge 5.14. Profundal zon parametreleri için Pearson korelasyon tablosu (gri renkli hücreler p değerini vermektedir).

	N ₂ O	NO ₃	NO ₂	NH ₄
N ₂ O		0,24	0,47	0,53
		(25)	(25)	(25)
		0,26	0,02	0,01
NO ₃			-0,23	-0,08
			(25)	(25)
			0,26	0,69
NO ₂				0,54
				(25)
				0,01

Korelasyon analizi sonrasında veri setleri arasında basit ve çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. N₂O ve NO₂ arasında basit regresyon yapıldığında en uygun modelin çift kare modeli olduğu bulunmuştur (Şekil 5.95.). Analiz sonucunda ANOVA tablosu p değeri 0,005 olarak bulunmuştur. P değeri 0,05'ten küçük olduğu için % 95 güven aralığında N₂O ve NO₂ arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısının 0,54 olması değişkenler arasında pozitif güçlü bir ilişkinin olduğunu gösterir. Bu durumda N₂O konsantrasyonunun NO₂ konsantrasyonunun artışı ile çift kare modeline göre arttığı söylenebilir. Uygulanan modele göre N₂O üzerindeki değişime R-kare değerinin etkisi %29,57'dir. Modele uygun hesaplanan eşitlik aşağıda verilmiştir (Eş. 5.12.).

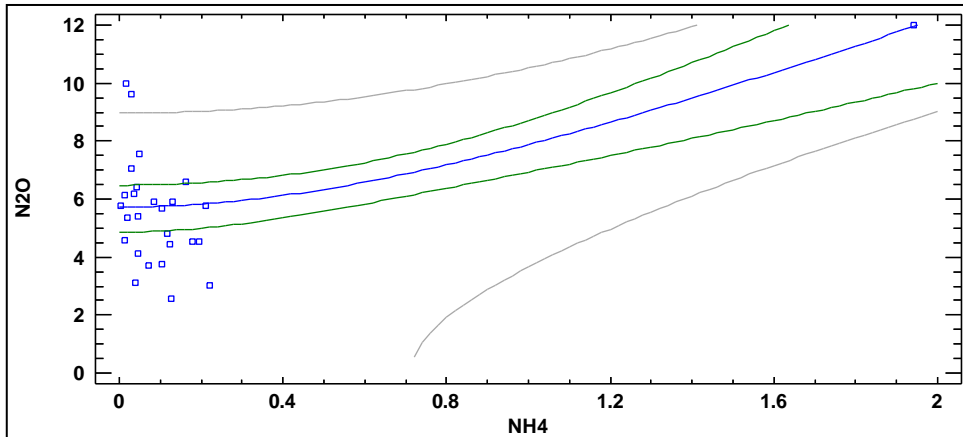
$$N_2O = \text{sqrt}(13,66 + 78320,1 \times (NO_2)^2) \quad (5.12)$$



Şekil 5.95. Profundal N₂O ve NO₂ veri setlerinin çift kare modeline uygun regresyon grafiği

N₂O ve NH₄ arasında uygulanan basit regresyon analizine göre uygun olan model bir önceki gibi çift kare modelidir. Modele uygun grafik şekil 5.96'da verilmiştir. Analiz sonucunda p değeri 0,0001 olarak bulunmuştur ve 0,05'ten küçük olduğu için %95 güven aralığında N₂O ile NH₄ konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. R-kare değeri %47,5 korelasyon katsayısı ise 0,69 olarak bulunmuştur. Bu durumda NH₄⁺ konsantrasyonuna bağlı N₂O değerinin arttığı ve aralarında görece güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Modele uygun hesaplanan eşitlik ise aşağıda verilmiştir (Eş. 5.13.).

$$N_2O = \text{sqrt}(32.81 + 29,17 \cdot NH_4^2) \quad (5.13)$$

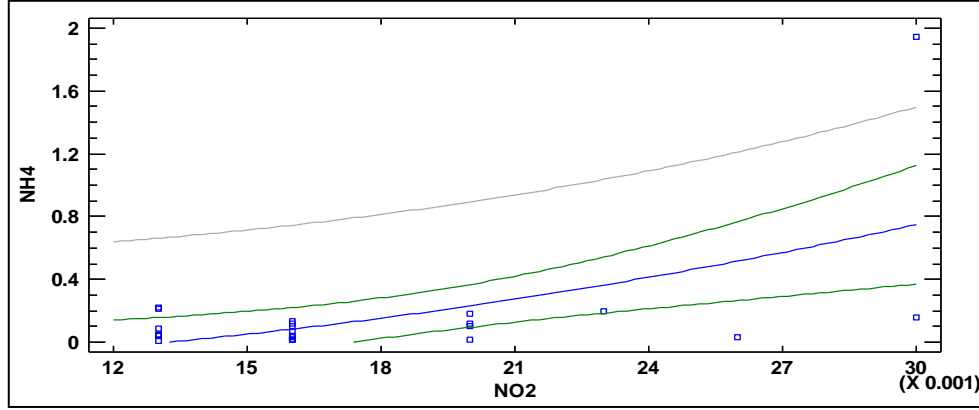


Şekil 5.96. Profundal N₂O ve NH₄ veri setlerinin çift kare modeline uygun regresyon grafiği

NH₄ konsantrasyonuna bağlı NO₂ konsantrasyonunun değişimini belirlemek için yapılan basit regresyon analizi yapılmış ve en uygun model x-kare, P değeri ise 0,002 olarak bulunmuştur (Şekil 5.97.). Bu durumda %95 güven aralığında

değişkenler arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısı 0,58 R-kare değeri ise %33,9 olarak bulunmuştur. Buna göre NH₄ konsantrasyonunun artması ile NO₂ konsantrasyonunun arttığı ve iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Analiz sonucu bulunan denklem aşağıda verilmiştir (Eş.5.14.).

$$NH_4 = -0,18 + 1032,55 \times (NO_2)^2 \quad (5.14)$$



Şekil 5.97. Profundal NH₄ ve NO₂ verilerinin X kare modeline uygun regresyon grafiği

Tüm veri setleri arasında çoklu regresyon analizi uygulandığında en yüksek R-kare değeri %44,86 ile NO₂, NO₃, NH₄ konsantrasyonuna bağlı N₂O değişimine ait olduğu bulunmuştur. Analize uygun model çoklu lineer regresyon modelidir ve hesaplanan denklem aşağıda verilmiştir (Eş. 5.15).

$$N_2O = 2.79 + 0.13 \times NO_3 + 142,87 \times NO_2 + 2.06 \times NH_4 \quad (5.15)$$

ANOVA tablosuna göre p değeri 0,005 olarak bulunmuştur ve %95 güven aralığında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Değişkenlere ait p değerleri ise Çizelge 5.15'te verilmiştir. Bu durumda en düşük ilişki derecesinin NO₂' e ait olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.15. Profundal zon çoklu regresyon analizinin p değerleri

Parametre	p-değeri
Sabit	0,06
NO ₃	0,048
NO ₂	0,089
NH ₄	0,065

Bentik su numunelerine ait veri setlerinin istatistik özeti Çizelge 5.16'da verilmiştir. Çizelgeye göre p değerleri 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında anlamlı olarak; N₂O normal, NO₂, NO₃ ve NH₄ verileri ise lognormal dağılım göstermektedir.

Çizelge 5.16. Bentik zona ait veri setlerinin istatistiksel analizi.

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Bentik N ₂ O	5,23	1,90	Shapiro-Wilk	0,27	normal
Bentik NO ₂	0,02	0,01	Kolmogorov-smirnov	0,15	lognormal
Bentik NO ₃	1,84	4,42	Kolmogorov-smirnov	0,35	lognormal
Bentik NH ₄	0,63	1,45	Kolmogorov-smirnov	0,55	lognormal

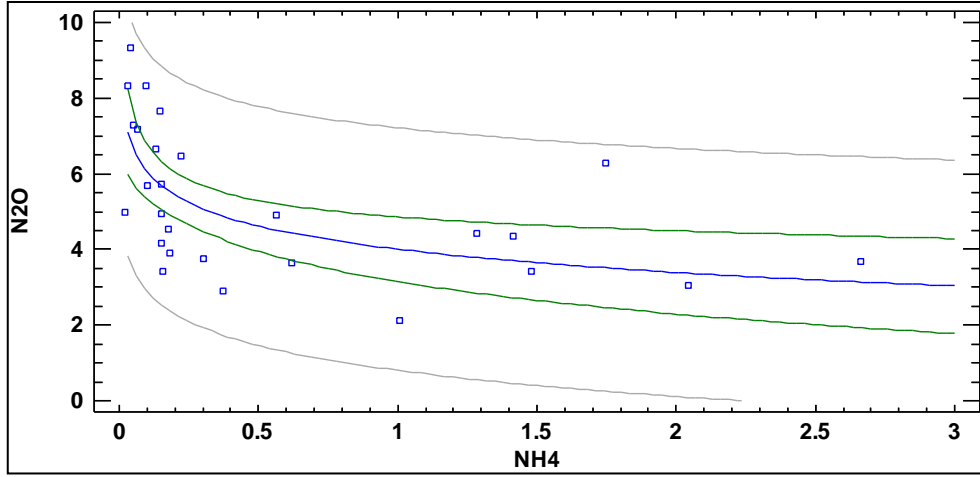
Veriler arasında çoklu değişken analizi Pearson korelasyonuna göre yapılmıştır ve analiz sonucunda elde edilen tablo verilmiştir (Çizelge 5.17.). Korelasyon katsayıları +1 ile -1 arasında değişmektedir. Çizelgede parantez içindeki rakamlar korelasyonları belirlemek için kullanılan veri sayısını, en alttaki değerler ise p değerlerini göstermektedir. 0,05'ten küçük olan p değerleri, %95 güven aralığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı sıfırdan farklı bir korelasyon olan veri setlerini göstermektedir. Bu durumda; N₂O - NH₄ arasında negatif, N₂O - NO₃ ve NH₄ - NO₂ arasında pozitif bir korelasyon olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.17. Bentik zon parametreleri için Pearson korelasyon tablosu (gri renkli hücreler p değerini vermektedir).

	N ₂ O	NH ₄	NO ₂	NO ₃
N ₂ O		-0,46	-0,21	0,64
		(26)	(26)	(26)
		0,02	0,31	0,0005
NH ₄			0,55	-0,18
			(26)	(26)
			0,004	0,38
NO ₂				-0,21
				(26)
				0,30

N_2O ve NH_4 arasında basit regresyon analizi yapıldığında p değeri 0,0004 korelasyon katsayısı -0,63, R - kare değeri ise %40,09 olarak bulunmuştur. Bu durumda % 95 güven aralığında NH_4 konsantrasyonuna bağlı N_2O değeri arasında görece kuvvetli, anlamlı ve negatif bir ilişki vardır. Bu regresyona en uyumlu model logaritmik – x modelidir (Bkz. Şekil 5.98.) ve modele uygun denklem aşağıda verilmiştir (Eş.5.16.).

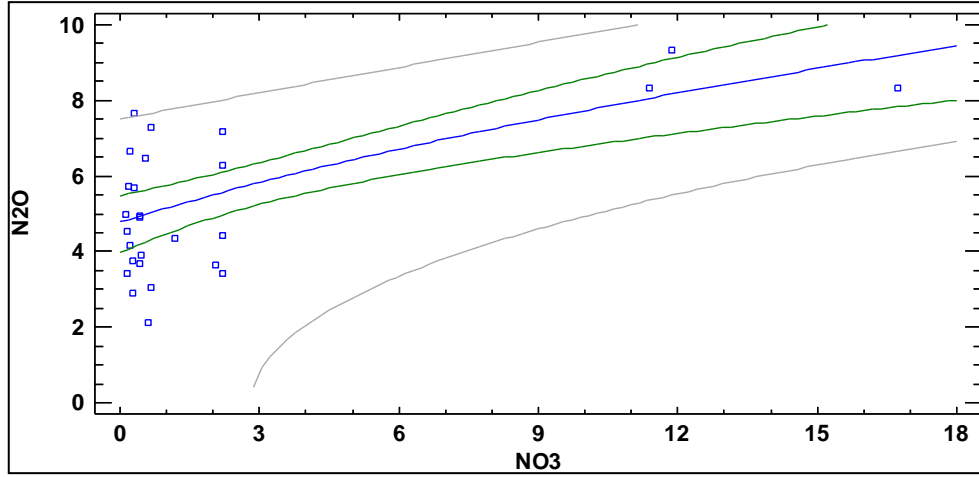
$$N_2O = 3,7863 - 0,884789 \cdot \ln(NH_4) \quad (5.16)$$



Şekil 5.98. Bentik N_2O ve NH_4 verilerinin logaritmik – x modeline uygun regresyon grafiği.

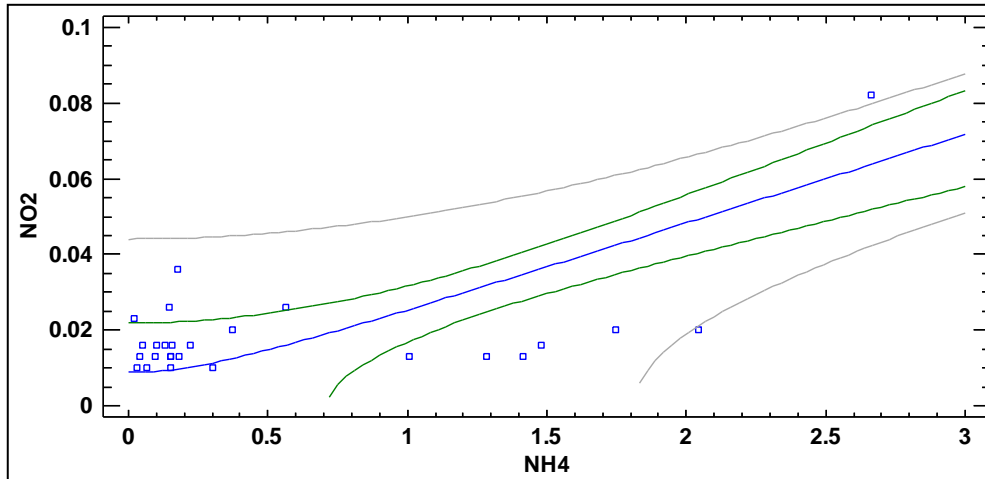
NO_3 ile N_2O arasında yapılan regresyon analizinde en uygun model y-kare modelidir ve modele uygun grafik Şekil 5.99'da görülmektedir. Analiz sonucunda p değeri 0, korelasyon katsayısı 0,7, R-kare değeri ise %49,45 olarak bulunmuştur. Buna göre %95 güven aralığında NO_3 ve N_2O konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısı, değişkenler arasında görece güçlü ve doğru orantılı bir ilişki olduğunu gösterir. N_2O konsantrasyonu NO_3 konsantrasyonuna bağlı olarak y-kare modeline göre artmaktadır. Modele uygun olarak hesaplanan denklem aşağıda verilmiştir (Eş.5.17.).

$$N_2O = \text{sqrt}(22,85 + 3,69 \times NO_3) \quad (5.17)$$



Şekil 5.99. Bentik N_2O ve NO_3 verilerinin y-kare modeline uygun regresyon grafiği. NH_4 ve NO_2 konsantrasyonları arasında yapılan regresyon analizinde en uygun model çift kare modeli olarak bulunmuştur. Modele uygun grafik Şekil 5.100'de görülmektedir. Analiz sonucunda p değeri 0 olarak bulunmuştur ve % 95 güven aralığında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısı 0,74 ve R-kare değeri %54,8 olarak bulunmuştur. Bu da değişkenler arasında görece güçlü ve doğru orantılı bir ilişki olduğunu gösterir. Bu durumda NO_2 konsantrasyonunun NH_4 konsantrasyonuna bağlı olarak arttığı söylenebilir. Analiz sonucunda bulunan modele uygun denklem aşağıda verilmiştir (Eş.5.18.).

$$NO_2 = \text{sqrt}(0,000076 + 0,00056 \times (NH_4)^2) \quad (5.18)$$



Şekil 5.100. Bentik NO_2 ve NH_4 verilerinin çift kare modeline ait regresyon grafiği.

5.6.3. Göl atmosferinde ve hava fazında ölçülen azotlu bileşiklerin istatistiksel analizi

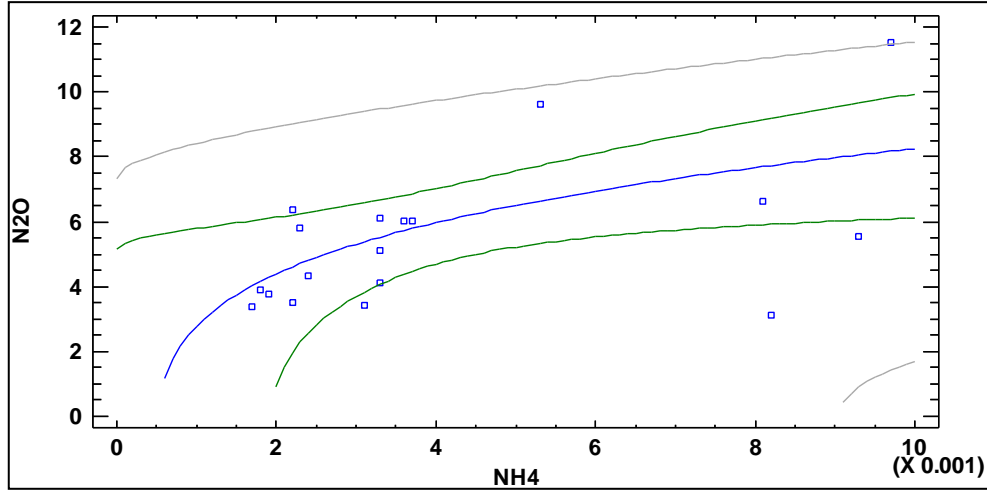
Göl atmosferinde gaz ölçümleri üç farklı şekilde yapılmıştır. İlkinde, göle yerleştirilen su kolonu düzeneği ile Eymir Gölü yüzeyinden hava fazına salınan NH_4 ve N_2O gazları ölçülmüş, ikincisinde NO_x ölçüm cihazı ile Eymir Gölü bölgesindeki (atmosferindeki) NO ve NO_2 konsantrasyonlarının sürekli ölçümü yapılmış, sonuncuda ise pasif örnekleyicilerde biriken NO_x gazı akıları ölçülmüştür. Her bir ölçüm şekli birbirinden farklı olduğu için, istatistiksel olarak birbirinden bağımsız analiz edilmişlerdir.

Gölün hava fazında ölçülen NH_4 ve N_2O konsantrasyonu (mg/L) veri setlerinin istatistik özeti Çizelge 5.18'de görülmektedir. Buna göre her iki veri seti de %95 güven aralığında normal dağılım göstermektedir.

Çizelge 5.18. Gölün hava fazına ait veri setlerinin istatistik özeti

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
N_2O Hava	5,32	2,35	Kolmogorov-smirnov	0,37	normal
NH_4 Hava	0,004	0,003	Kolmogorov-smirnov	0,09	normal

İki veri arasında yapılan regresyon analizine göre en uygun model, kök-y karekök $-x$ modelidir. Modele uygun grafik Şekil 5.101'de verilmiştir. Çizelge 5.19'a göre p değeri 0,05'ten küçüktür ve %95 güven aralığında değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Korelasyon katsayısı değişkenler arasında kısmen kuvvetli bir ilişki olduğu gösterir. Veriler, modeli doğrusallaştırmak için logaritmik ölçeğe çevrildikten sonra N_2O konsantrasyonundaki değişim %29,52 oranında açıklanmaktadır. Buna göre gölün hava fazından salınan N_2O konsantrasyonunun NH_4 konsantrasyonu ile birlikte doğru orantılı arttığı söylenebilir.



Şekil 5.101. Gölün hava fazında N₂O ve NH₄ verilerinin kök-y karekök-x modeline uygun regresyon grafiği.

Çizelge 5.19. Göl hava fazında N₂O ve NH₄ verilerinin regresyon analizi verileri

P –değeri	0,02
Korelasyon katsayısı	0,54
R-kare	29,52
Modele göre hesaplanan eşitlik	$N_2O = \sqrt{-20,24 + 883,13 \times \sqrt{NH_4}}$

NO_x akıları pasif örnekleyiciler ile gölün güneybatı, kuzeydoğu ve kayıkhane bölgelerinde ölçülmüştür. Öncelikle bu bölgelere ait veri setlerinin dağılım türleri belirlenmiştir (Çizelge 5.20.).

Çizelge 5.20. Bölgesel NO_x akılarına ait istatistik özeti.

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
GB-NO _x	0,07	0,04	Shapiro-Wilk	0,47	normal
KD-NO _x	0,06	0,04	Kolmogorov-smirnov	0,85	normal
K-NO _x	0,05	0,03	Shapiro-Wilk	0,06	normal

Kayıkhane bölgesindeki pasif örnekleyici ölçümleri, güneybatı ve kuzeydoğu bölgelerinden 1,5 ay sonra başlatılmıştır. Bu nedenle önce GB ve KD bölgeleri arasında hipotez testi uygulanmıştır. Kurulan hipotezler aşağıda verilmiştir (Eş. 5.19. ve Eş. 5.20.).

$$H_0: \bar{X}_{GB} - \bar{X}_{KD} = 0 \quad (5.19)$$

$$H_1: \bar{X}_{GB} - \bar{X}_{KD} \neq 0 \quad (5.20)$$

Test sonucunda p değeri 0,53 olarak bulunmuştur. Bu nedenle %95 güven aralığında H_0 hipotezi kabul edilir. GB ve KD bölgelerinin NO_x akıları arasında anlamlı bir fark yoktur.

8 Mart ve 21 Haziran 2012 tarihleri arasında ölçülen NO_x akılarının ortalamaları arasında bir fark olup olmadığı test etmek amacıyla ANOVA testi yapılmış, p değeri 0,63 olarak hesaplanmıştır. P değerinin 0,05'ten küçük olması her üç değişken arasında %95 güven aralığında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir.

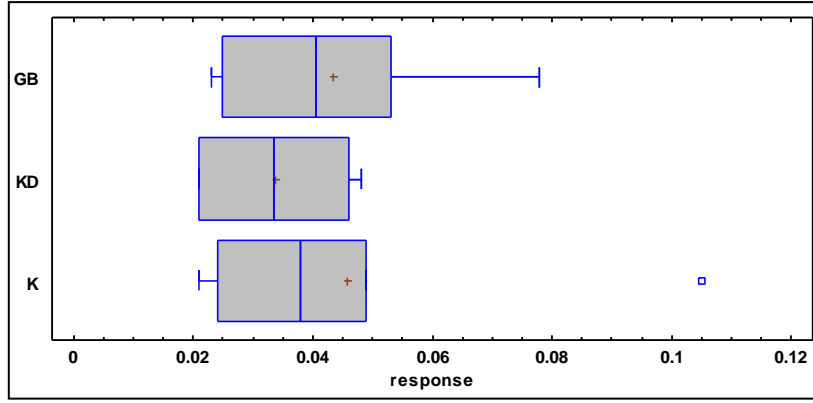
Levene's testi değişkenlerin standart sapmaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını kontrol etmek amacıyla uygulanmıştır. Gruplar arası hesaplanan p – değerleri Çizelge 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Bölgesel NO_x akısı veri setlerinin Levene's testi p değerleri.

Karşılaştırma	Sigma 1	Sigma 2	P-değeri
GB / KD	0.02	0.01	0.31
GB / K	0.02	0.03	0.39
KD / K	0.01	0.03	0.07

P –değerlerinin 0,05'ten büyük olması nedeniyle %95 güven aralığında değişkenlerin standart sapmaları arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir.

Son olarak Kruskal-Wallis testi ile değişkenlerin medianları incelenmiş ve P- değeri 0,67 olarak bulunmuştur. P- değeri 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında medianlar arasında anlamlı bir fark olmadığı söylenebilir. Bölgelerin Box-Whisker grafikleri Şekil 5.102'de verilmiştir.



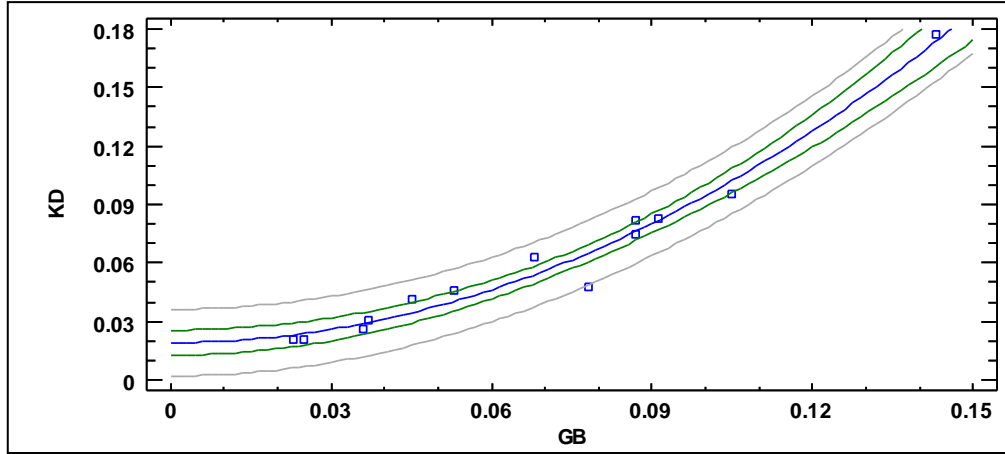
Şekil 5.102. Bölgesel NO_x akısı veri setlerinin box-whisker diyagramı

GB, KD ve K bölgeleri arasında yapılan regresyon analizlerinin özetleri Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Bölgesel NO_x akısı veri setlerinin regresyon analizi özeti.

Karşılaş tırma (x-y)	p-değeri	Korelasyon katsayısı	R-kare %	Modele uygun eşitlik
GB-zaman	0,0009	-0,8	64,8	tarih = 22814.3 - 1734.58*GB
KD-zaman	0,0007	-0,8	66,6	tarih = 22409.6 - 96.858*ln(KD)
GB-KD	0	0,98	97,4	KD = 0.0191251 + 7.54671*GB^2
GB,KD,K - zaman	0,73		42,2	tarih = 22782.6 + 19.8427*GB + 1137.55*KD - 1170.45*K
K-zaman	0,15	-0,66	44,1	tarih = 22787.2 - 6496.49*K^2

Tabloya göre GB – zaman, KD – zaman ve GB – KD değişkenleri arasında % 95 güven aralığında anlamlı bir ilişki vardır. Buna rağmen K – zaman ve GB,KD,K – zaman değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Korelasyon katsayıları ve R-kare değerlerine göre; GB ve KD bölgelerinde zamana bağlı ters orantılı bir değişim varken, KD ve GB bölgelerinin NO_x değerlerinin doğru orantılı olarak değiştiğini göstermektedir. KB ve KD değişkenlerine uygun model X-kare modelidir ve modele uygun grafik Şekil 5.103'te gösterilmektedir.



Şekil 5.103. KD, GB bölgeleri NO_x akısı verileri arasında modele uygun regresyon grafiği

Bundan sonraki istatistiksel analizlerde, temmuz – kasım 2012 tarihleri arasında sürekli olarak ölçülen NO ve NO₂ konsantrasyonları arasındaki ilişkiler incelenecektir. Yapılan tüm NO ve NO₂ ölçümlerinin ortalamaları alınarak gün içinde 30 dakikada bir gösterdikleri değişimler incelenmiştir. Ayrıca NO_x konsantrasyonlarının aylık ortalamaları alınarak her ayın kendi içinde 30 dakikalık sıklıklarla değişimleri incelenmiştir. Veri setlerine ait dağılım türleri Çizelge 5.23'te verilmiştir.

Çizelge 5.23. Sürekli ölçülen NO, NO₂ ve NO_x veri setlerinin istatistik özeti.

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p-değeri	Dağılım türü
Saatlik NO	5,45	2,71	Kolmogorov-smirnov	0,84	Normal
Saatlik NO ₂	9,10	2,82	Kolmogorov-smirnov	0,33	Normal
Temmuz saatlik NO _x	7,73	3,28	Kolmogorov-smirnov	0,09	Normal
Ekim saatlik NO _x	18,81	6,07	Kolmogorov-smirnov	0,61	Normal
Kasım saatlik NO _x	20,06	6,89	Kolmogorov-smirnov	0,87	Normal

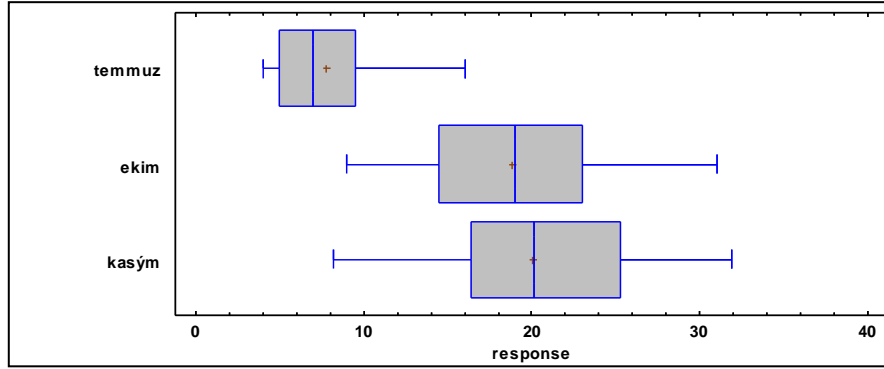
Tabloya göre tüm verilerin Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılım gösterdiği bulunmuştur. Temmuz, ekim ve kasım aylarında ölçülen NO_x değerlerinin ortalamaları karşılaştırıldığında ANOVA tablosunun p –değerinin 0,05'ten küçük olduğu bulunmuştur. Bu durumda üç veri setinin ortalamaları arasında % 95 güven aralığında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Aynı zamanda Levene's testine göre standart sapmaların ve Kruskal Wallis testine göre de medianların arasında anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. Bu fark, ortalamaya

ve standart sapmaya göre temmuz ayına aittir. Temmuz ayı NO_x değerlerinin ekim ve kasım ayından farklılık gösterdiği söylenebilir (Çizelge 5.24.).

Çizelge 5.24. Aylık NO_x veri setlerinin Levene's ve Kruskal – Wallis test sonuçları.

Karşılaştırma	Fark	+/- Limit	
Temmuz - ekim	-11.0833	2.27096	
Temmuz - kasım	-12.3312	2.27096	
Ekim - kasım	-1.24792	2.27096	
	Sigma1	Sigma2	P-Value
Temmuz / ekim	3.27946	6.0658	0.0000
Temmuz / kasım	3.27946	6.88918	0.0000
Ekim / kasım	6.0658	6.88918	0.3860

Temmuz ayının diğer veri setlerinden farklılığı Box-Whisker grafiğinde de görülmektedir (Şekil 5.104.).



Şekil 5.104. Aylık NO_x veri setlerinin box-whisker diyagramı.

Grafiğe ve diğer analizlere göre temmuz ayı NO_x konsantrasyonlarının ekim ve kasım ayından daha düşük olduğu görülmektedir. Bunu kanıtlamak için ekim – temmuz ve kasım-temmuz ayları arasında hipotez testi uygulanmıştır.

Ekim – temmuz ayları için kurulan hipotezler ve p değeri Çizelge 5.25'te verilmiştir.

Çizelge 5.25. Ekim ve temmuz ayı NO_x veri setlerine ait hipotez testi sonucu

$H_0 : \bar{X}_{\text{temmuz}} - \bar{X}_{\text{ekim}} = 0$
$H_1 : \bar{X}_{\text{temmuz}} - \bar{X}_{\text{ekim}} \leq 0$
P-değeri: 0

P – değeri 0,05'ten küçük olduğu için H_0 red edilir. Ortalamalar arası fark ise -9,43 veya daha düşük olarak bulunmuştur.

Kasım – temmuz ayları için kurulan hipotezler ve p değerleri ise Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Kasım ve Temmuz ayı NO_x veri setlerine ait hipotez testi sonucu.

$H_0 : \bar{X}_{temmuz} - \bar{X}_{kasım} = 0$
$H_1 : \bar{X}_{temmuz} - \bar{X}_{kasım} \leq 0$
P-değeri: 0

Bu analiz sonucunda da H_0 red, H_1 kabul edilmiştir. Ortalamalar arası fark ise – 10,5 veya daha düşüktür.

Bu durumda, temmuz ayında ölçülen NO_x konsantrasyonlarının ekim ve kasım aylarına göre farklı ve daha düşük olduğu söylenebilir.

Saatlik ortalama NO ve NO_2 veri setlerinin, konsantrasyon – zaman grafikleri çizildiğinde saat 17:30'a kadar ters orantılı, 17:30 – 00:00 arası ise doğru orantılı değiştiği görülmüştür. Bunu doğrulamak için veri setleri ikiye ayrılarak incelenmiştir. Bunun için öncelikle iki veri seti grubu arasında çoklu korelasyon analizleri yapılarak aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenler belirlenmiştir (Çizelge 5.27. ve Çizelge 5.28.).

Çizelge 5.27. NO, NO_2 ve saat veri setlerinin Pearson korelasyon tablosu

	saat	NO	NO_2
saat		-0.6054 (35)	-0.8411 (35)
		0.0001	0.0000
NO	-0.6054 (35)		0.6996 (35)
	0.0001		0.0000
NO_2	-0.8411 (35)	0.6996 (35)	
	0.0000	0.0000	

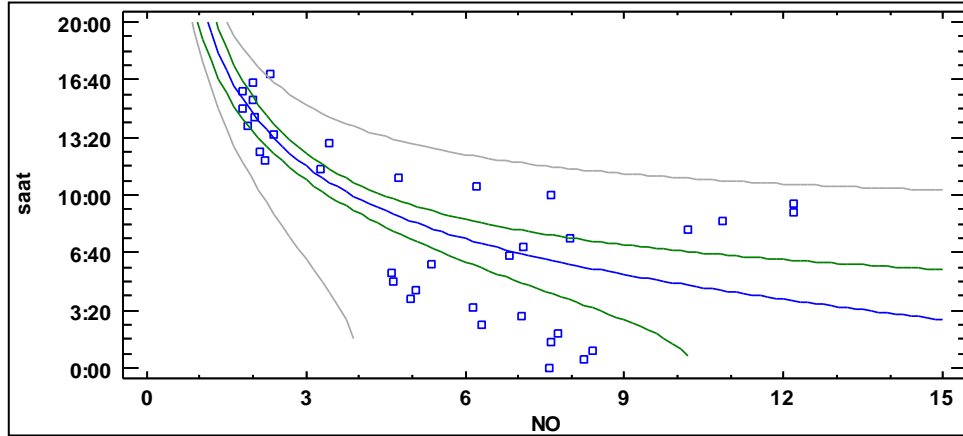
Pearson korelasyon tablosuna göre aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenler saat – NO, saat – NO_2 ve NO – NO_2 olarak bulunmuştur. İkinci veri seti grubunda

ise aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenler yalnızca saat2 – NO₂'dir (Bkz. Çizelge 5.28.).

Çizelge 5.28. Akşam saatlerine ait saat, NO ve NO₂ veri setlerinin Pearson korelasyon tablosu.

	saat2	NO akşam	NO2 akşam
saat2		0.2338	0.7196
		(13)	(13)
		0.4421	0.0056
NO akşam	0.2338		0.1316
	(13)		(13)
	0.4421		0.6684
NO2 akşam	0.7196	0.1316	
	(13)	(13)	
	0.0056	0.6684	

Aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenlerin ilişki derecelerini ve uygun modele göre hesaplanan eşitliklerini belirlemek için basit regresyon analizleri yapılmıştır. Saat 17:30'a kadar NO konsantrasyonunun zamanla değişimi için uygun modelin grafiği Şekil 5.105'te verilmiştir.



Şekil 5.105. NO veri setinin saatlik değişiminin modele uygun regresyon grafiği.

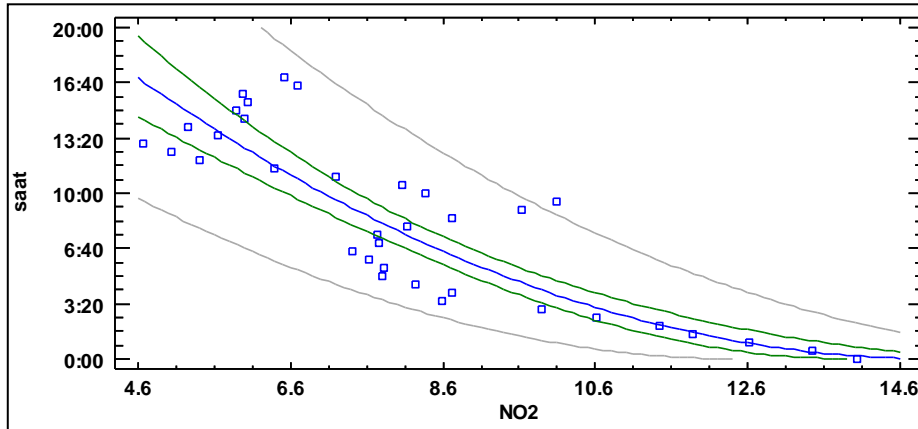
Grafikte gösterilen kök y 1/x modeline uygun hesaplanan eşitlik ve analiz sonucu bulunan değerler Çizelge 5.29'de verilmiştir.

Çizelge 5.29. NO - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.

Korelasyon katsayısı	0,86
R-kare	74,2
P - değeri	0
saat = $\sqrt{-87455.1 + 1.73044E6/NO}$	

Tabloya göre NO konsantrasyonu zamanla değişimi arasında anlamlı ve doğru orantılı bir ilişki vardır. R-kare ve korelasyon katsayısı değerleri iki değişken arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. NO konsantrasyonu zamanla uygun modele göre azalma göstermektedir.

NO₂ ve zaman değişkenleri arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan modelin karekök y modeli olduğu bulunmuştur. Modele uygun grafik Şekil 5.106'da görülmektedir.



Şekil 5.106. NO₂ verilerinin saatlik değişiminin modele uygun regresyon grafiği
Regresyon analizi sonuçları ve modele uygun eşitlik Çizelge 5.30'da verilmiştir.

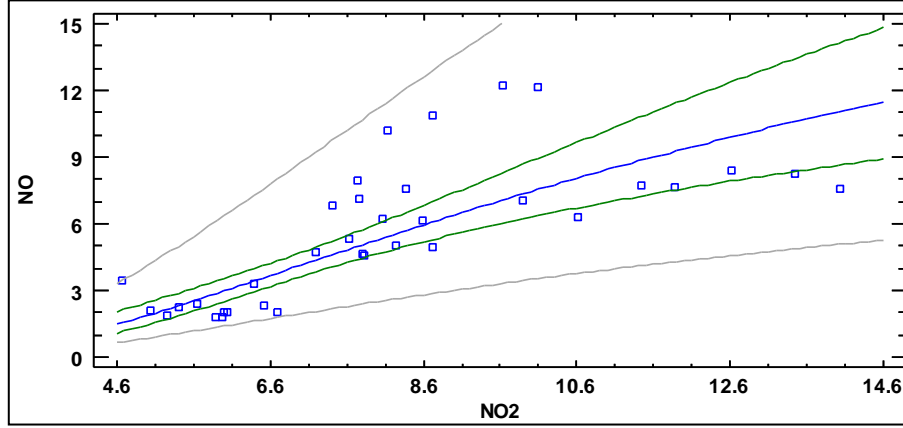
Çizelge 5.30. NO₂ - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.

Korelasyon katsayısı	-0,89
R-kare	80,4
P - değeri	0
saat = $(45.892 - 3.0399*NO_2)^2$	

Tabloya göre NO₂ konsantrasyonu ile zaman arasında anlamlı ve negatif bir ilişkinin bulunduğu söylenebilir. Bu ilişki korelasyon katsayısınının -1'e yakın olması

ve R-kare yüzdesinin yüksek olması nedeniyle güçlü bir ilişkidir. Analiz sonucunda NO₂ konsantrasyonunun zamanla azaldığı söylenebilir.

Saat 17:30' a kadar incelenen NO ve NO₂ konsantrasyonları arasında da s – eğrisi modeline uygun anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Şekil 5.107.).



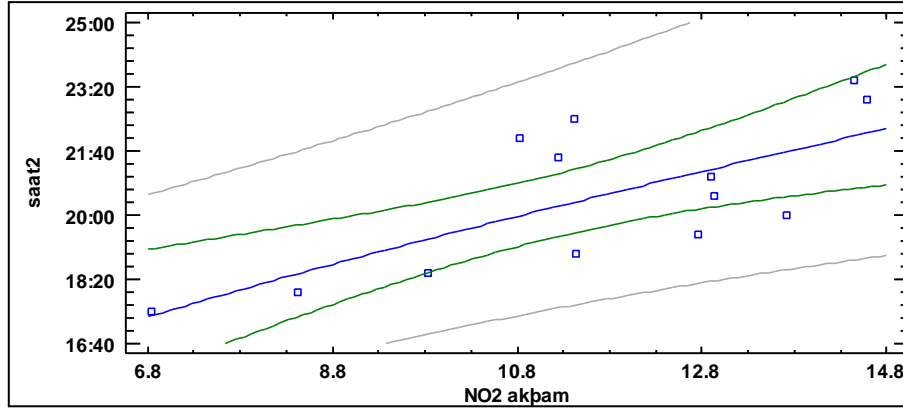
Şekil 5.107. NO ve NO₂ değişkenlerinin modele uygun regresyon grafiği.

Çizelge 5.31. NO ve NO₂ değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları.

Korelasyon katsayısı	-0,81
R-kare	66.4
P - değeri	0
NO = exp(3.38339 - 13.7553/NO ₂)	

Çizelge 5.25'e göre ise saat 00:00 ile 17:30 arasında, NO ve NO₂ veri setlerinin, görece kuvvetli doğru orantılı bir ilişkiye sahip olduğu söylenebilir.

Son olarak saat 17:30'dan sonra ölçülen NO₂ değerlerinin zamanla değişimi incelenmiştir. Buna göre 1/y logaritmik x modelinin en uygun model olduğu bulunmuş ve değişkenler arasında görece kuvvetli doğru orantılı bir ilişkinin bulunduğu gösterilmiştir (Çizelge 5.32.).



Şekil 5.108. Akşam saatlerine ait NO₂ – saat değişkenlerinin modele uygun regresyon grafiği

Çizelge 5.32. Akşam saatlerindeki NO₂ - saat değişkenlerinin regresyon analizi sonuçları

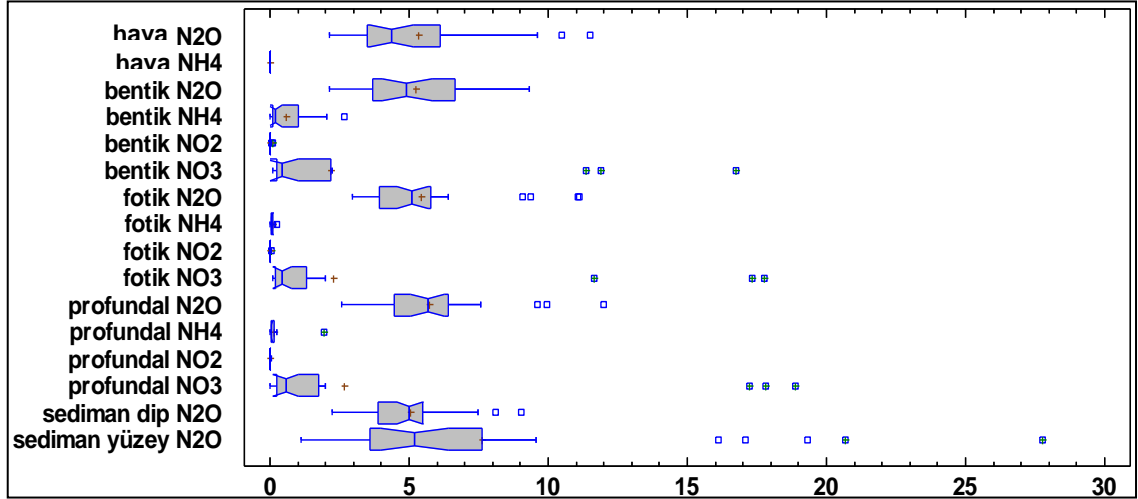
Korelasyon katsayısı	-0,75
R-kare	56,6
P - değeri	0,003
saat2 = 1/(0.00147924 - 0.000270873*ln(NO2 akşam))	

5.6.4. Eymir Gölü'nde fazlar arası ilişkilerin istatistiksel analizi

Önceki kısımlarda, Eymir Gölü'nde ölçülen azotlu bileşikler, sediman su ve hava fazlarında ayrı ayrı incelenmiştir. Bu kısımda tüm dikey fazlarda ölçülen azotlu bileşiklerin oluşturduğu 16 veri seti arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için faktör analizi uygulanmıştır.

Faktör analizine geçmeden önce, verilerin dağılım şekillerini hatırlatmak gerekebilir. Sediman yüzey N₂O, fotik NO₂, fotik NO₃, profundal NO₂, profundal NH₄, bentik NO₃, bentik NO₂, bentik NH₄ veri setleri % 95 güven aralığında lognormal; sediman dip N₂O, fotik N₂O, fotik NH₄, profundal N₂O, profundal NO₃, bentik N₂O, hava N₂O ve hava NH₄ veri setleri ise normal dağılım göstermektedir. Bu da veri setlerinin yarısının lognormal diğer yarısının ise normal dağıldığını ve verilerin medianlarının karşılaştırılmasının daha uygun olacağını ortaya koymaktadır.

16 değişkenin medianlarını karşılaştırmak için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Testin H_0 hipotezi tüm veri setlerinin medianlarının aynı olduğudur. Test sonucunda p değeri "0" olarak bulunmuştur ve 0,05'ten büyük olduğu için % 95 güven aralığında veri setlerinin medianları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Hangi veri setlerinin diğerlerinden farklı olduğu ise Box – whisker grafiğinde görsel olarak incelenebilir (Şekil 5.109.). Grafiklerin ortasındaki daralan mavi çizgi medianları göstermektedir. Bu durumda veri setleri, medianlarına göre 4 ayrı grupta incelenebilir. Yüzey, dip sedimanı, fotik, profundal, bentik su ve hava fazında ölçülen N_2O verileri birinci grubu, fotik, profundal, bentik NO_3 ve bentik NH_4 ikinci grubu, fotik, profundal, bentik NO_2 , hava, fotik, profundal NH_4 ise üçüncü grubu oluşturur. Veri setinden "outlier" olan veriler çıkartıldığında veri seti bozulduğu için bu veriler çıkartılmadan grafik çizdirilmiştir.



Şekil 5.109. Eymir Gölü'nde fazlar arası ölçülen tüm veri setlerine ait Box-whisker grafiklerinin karşılaştırması.

Veri setleri arasında Pearson Ürün Momenti Korelasyonu uygulanmıştır. Korelasyon katsayıları +1 ile -1 arasında değişmektedir. Her bir değişken arasında hesaplanan katsayılar ve p değerleri Çizelge Ek 4.1 ve Çizelge Ek 4.2'de verilmiştir. P –değeri 0,05'ten küçük olup % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı sıfırdan farklı bir ilişki olan değişken çiftleri Çizelge 5.33'te sıralanmıştır.

Çizelge 5.33. Fazlar arası veri setleri için uygulanan Pearson korelasyonuna göre aralarında anlamlı ilişki bulunan çiftler.

Hava N ₂ O – Hava NH ₄	bentik N ₂ O ve fotik NO ₃
Hava N ₂ O – Bentik NH ₄	bentik N ₂ O ve profundal NO ₃
Hava N ₂ O – Fotik N ₂ O	bentik NH ₄ ve fotik N ₂ O
Hava N ₂ O – Fotik NO ₂	bentik NO ₃ ve fotik NO ₃
Hava N ₂ O – Profundal N ₂ O	bentik NO ₃ ve profundal NO ₃
Hava N ₂ O – Fotik NH ₄	fotik N ₂ O ve profundal NH ₄
Hava N ₂ O – Sediman yüzey N ₂ O	fotik NO ₂ ve profundal NH ₄
Hava NH ₄ – Fotik NH ₄	fotik NO ₂ ve profundal NO ₂
Hava NH ₄ – Sediman yüzey N ₂ O	fotik NO ₃ ve profundal NO ₃
Hava NH ₄ – Fotik N ₂ O	profundal NH ₄ ve profundal NO ₂
Hava N ₂ O – Bentik NO ₃	sediman dip N ₂ O ve sediman yüzey N ₂ O

Pearson ürün momenti korelasyonuna göre aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenleri daha ayrıntılı incelemek için, basit ve çoklu regresyon testleri uygulanmıştır. Aralarında en yüksek ilişki bulunan değişkenler sırayla incelenmiştir.

Yüzey sedimanı N₂O veri setiyle diğer 15 veri seti arasında çoklu regresyon analizi yapılmış ve sadece atm NH₄ veri seti analizden çıkartıldığında p değeri 0,02, R-kare değeri ise % 93,83 bulunmuştur. Bu durumda, yüzey sedimanı N₂O veri setine bağlı 14 değişken arasında % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Analiz sonucunda bulunan doğrusal modele uygun denklem Eşitlik 5.19'da gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
 \text{Sed. yüz. N}_2\text{O} = & 25,17 - 0,33 \times \text{atm N}_2\text{O} - 4.61 \times \text{fotik NH}_4 + 0.88 \times \text{sed. dip N}_2\text{O} \\
 & + 0.61 \times \text{fotik N}_2\text{O} + 5.51 \times \text{fotik NO}_3 - 1229.48 \times \text{fotik NO}_2 + 0.44 \times \text{profundal N}_2\text{O} \\
 & - 3.75 \times \text{profundal NO}_3 + 310.58 \times \text{profundal NO}_2 + 29.25 \times \text{profundal NH}_4 \\
 & - 1.74 \times \text{bentik N}_2\text{O} - 2.02 \times \text{bentik NO}_3 - 106.75 \times \text{bentik NO}_2 \\
 & - 6.17 \times \text{bentik NH}_4
 \end{aligned} \tag{5.19}$$

Fotik, profundal ve bentik NO₃ veri setleri arasında çoklu regresyon analizi uygulandığında p değeri 0, R-kare değeri ise % 97,93 olarak bulunmuştur. Doğrusal modele uygun hesaplanan denklem Eşitlik 5.20'de verilmiştir. Bu

durumda % 95 güven aralığında fotik NO₃'a bağlı profundal ve bentik NO₃ veri setleri arasında anlamlı ve güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir.

$$\text{fotik NO}_3 = -0.20 + 0.20 \times \text{bentik NO}_3 + 0.77 \times \text{profundal NO}_3 \quad (5.20)$$

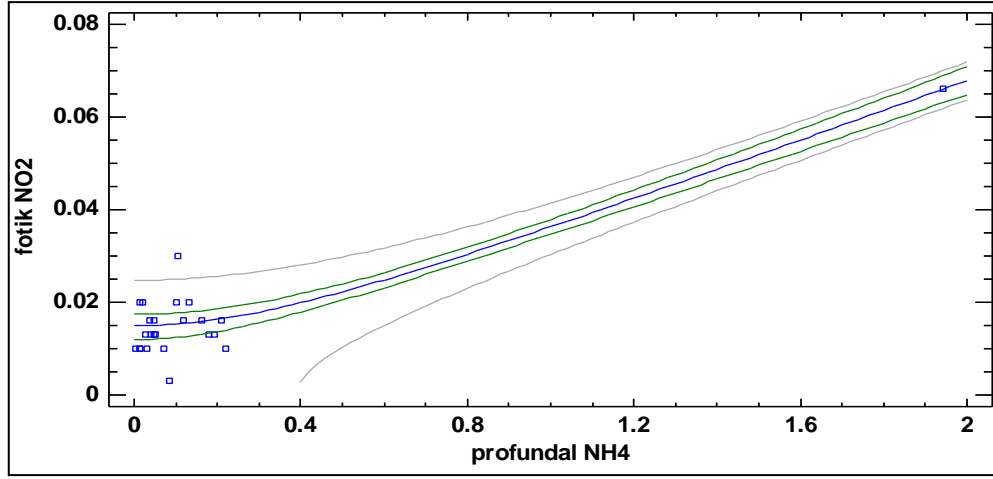
Hava fazı, fotik ve profundal N₂O veri setlerine çoklu regresyon analizi uygulandığında p değeri 0,003 R-kare ise % 39,68 olarak bulunmuştur. Bu durumda veri setleri arasında % 95 güven aralığında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Doğrusal modele uygun denklem Eşitlik 5. 21'de verilmiştir.

$$\text{profundal N}_2\text{O} = 1.92 + 0.31 \times \text{fotik N}_2\text{O} + 0.40 \times \text{atm N}_2\text{O} \quad (5.21)$$

Son olarak değişkenler arasında basit regresyon analizleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlara ait analiz özetleri çizelge 5.34'te verilmiştir. Çizelgeye göre tüm değişken çiftleri arasında p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için % 95 güven aralığında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Yüzey sedimanı N₂O ve hava N₂O veri setleri arasında negatif, diğer veri seti çiftleri arasında ise pozitif korelasyon görülmektedir. En yüksek R-kare değeri fotik NO₂ ile Profundal NH₄ veri setleri arasında % 95,61' e ulaşmıştır. Bu regresyon analizi için modele uygun çizilen grafik Şekil 5.110'da verilmiştir.

Çizelge 5.34. Fazlar arası değişkenlere ait basit regresyon analizinin özeti.

X	Y	p-değeri	Korelasyon katsayısı	R-kare	Model türü
Sed. Yüz. N ₂ O	Atm. N ₂ O	0,005	-0,55	%30,06	Logaritmik -x
Fotik N ₂ O	Atm NH ₄	0,0497	0,48	%23,29	x-kare
Profundal NH ₄	Fotik N ₂ O	0,003	0,56	%31,03	Çift-kare
Profundal NH ₄	Fotik NO ₂	0	0,98	% 95 ,61	Çift -kare
Profundal NO ₂	Fotik NO ₂	0,004	0,56	% 31,91	Çift -kare
Fotik NO ₃	Bentik N ₂ O	0,0002	0,66	%44,17	Çift -kare



Şekil 5.110. Fotik NO₂ ve Profundal NH₄ veri setlerine ait, çift kare modeline uygun regresyon grafiği.

Basit regresyon analizi sonucunda veri setleri arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayacak model türü bulunmuş ve grafikleri çizilmiştir. Uygun modele ait denklemler ise Çizelge 5.35'te x ve y değişkenleri belirtilerek sıralanmıştır.

Çizelge 5.35. Fazlar arası değişkenlerin uygun modele ait regresyon denklemleri.

X	Y	Denklem
Sed. Yüz. N ₂ O	Hava N ₂ O	Hava N ₂ O = 8,24 – 1,65 x ln(sediman yüzey N ₂ O)
Fotik N ₂ O	Hava NH ₄	Hava NH ₄ = 0,0025 + 0,000036 x (fotik N ₂ O) ²
Profundal NH ₄	Fotik N ₂ O	Fotik N ₂ O = sqrt(30,72 + 24,43 x (profundal NH ₄) ²)
Profundal NH ₄	Fotik NO ₂	Fotik NO ₂ = sqrt(0.0002 + 0.001 x (profundal NH ₄) ²)
Profundal NO ₂	Fotik NO ₂	Fotik NO ₂ = sqrt(-0.0003 + 2.24 x (profundal NO ₂) ²)
Fotik NO ₃	Bentik N ₂ O	Bentik N ₂ O = sqrt(25.70 + 0.17 x (fotik NO ₃) ²)

5.6.5. Fazlar arası N₂O verilerinin mevsimsel olarak değerlendirilmesi

Önceki kısımlarda, göl içerisine kurulan kolon sisteminde ölçülen N₂O veri setlerinin fazlar arası ve diğer azotlu bileşikler ile ilişkisi incelenmiştir. Bu bölümde ise sediman su ve hava fazında, eylül, ekim, kasım, aralık ve haziran aylarında ölçülen N₂O veri setlerinin istatistiksel olarak incelemesi yapılmıştır.

Veri setleri oluşturulurken önceki bölümlerde yüzey, dip, fotik, profundal ve bentik olarak ayrılan sediman ve su veri setleri birleştirilerek iki veri seti halinde incelenmiş ancak bu kez aylık olarak ayrılmıştır. Bu nedenle veri setlerinin dağılım türleri ve genel istatistikleri tekrar incelenmiştir (Çizelge 5.36.). Buna göre, p – değerleri 0,05'ten büyük olmak üzere, % 95 güven aralığında tüm veri setlerinin normal dağılım gösterdiği söylenebilir.

Veri setlerinin tümü, N₂O ölçümlerine ait ve aynı dağılım türünü gösterdiği için ortalamalarının karşılaştırılması anlamlı olacaktır. Öncelikle tüm veri setleri arasında çoklu örneklem karşılaştırması yapılmıştır. Bunun sonucunda veri setlerinin ortalamaları, standart sapmaları ve medianları arasında p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. Yapılan testler ve p değerleri Çizelge 5.37'de verilmiştir.

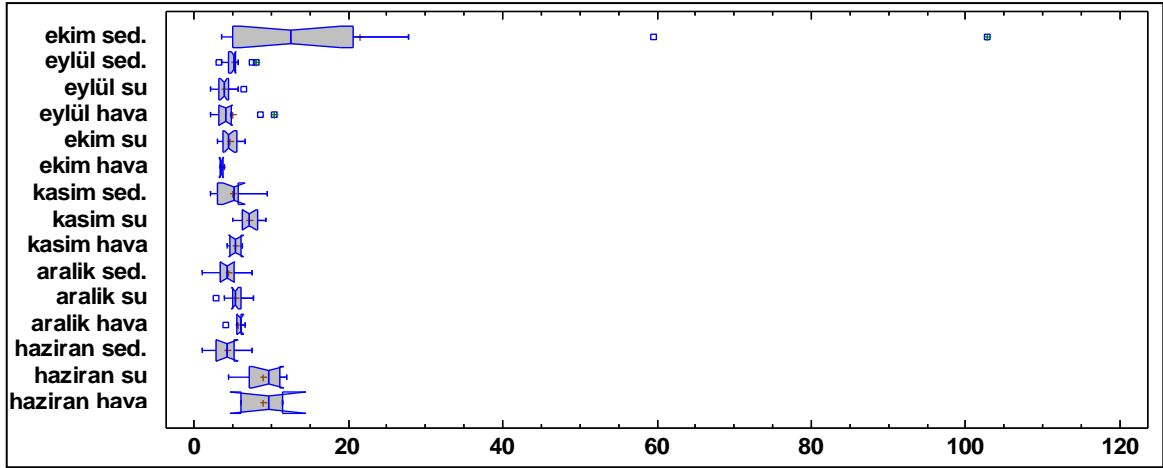
Çizelge 5.36. Fazlar arası ve aylık N₂O veri setlerine ait istatistik özeti.

Veri seti	Ortalama	Standart sapma	Analiz türü	p- değeri	Dağılım türü
Eylül sed.	5,13	1,22	Kolmogorov-smirnov	0,46	Normal
Eylül su	4,00	1,02	Shapiro-Wilk	0,63	Normal
Eylül hava	4,99	2,74	Kolmogorov-smirnov	0,43	Normal
Ekim sed.	21,47	27,75	Kolmogorov-smirnov	0,17	Normal
Ekim su	4,62	1,03	Shapiro-Wilk	0,93	Normal
Ekim hava	3,58	0,20	Shapiro-Wilk	0,18	Normal
Kasım sed.	5,01	2,30	Shapiro-Wilk	0,36	Normal
Kasım su	7,22	1,41	Shapiro-Wilk	0,67	Normal
Kasım hava	5,40	0,88	Shapiro-Wilk	0,93	Normal
Aralık sed.	4,40	1,80	Shapiro-Wilk	0,99	Normal
Aralık su	5,46	1,11	Shapiro-Wilk	0,47	Normal
Aralık hava	5,69	0,95	Shapiro-Wilk	0,37	Normal
Haziran sed.	4,23	2,22	Shapiro-Wilk	0,91	Normal
Haziran su	8,98	2,51	Shapiro-Wilk	0,52	Normal
Haziran hava	9,05	2,79	Shapiro-Wilk	0,66	Normal

Çizelge 5.37. Fazlar arası aylık N₂O verilerine uygulanan testler ve p değerleri

Test adı	p-değeri
ANOVA	0
Levene's	6,5E-11
Kruskal - Wallis	1,02E-8

Çoklu örneklem testine göre Ekim ayı sedimanı ortalaması diğer veri setlerinden farklıdır. Şekil 5.111'deki box – whisker grafikleri ortalama ve medianlar arasındaki farkları görsel olarak açığa çıkarmaktadır. Grafikten de anlaşılacağı gibi Ekim ayı sedimanı diğer veri setlerinden ayrılmaktadır.



Şekil 5.111. Fazlar arası aylık N₂O verilerine ait Box-Whisker grafikleri.

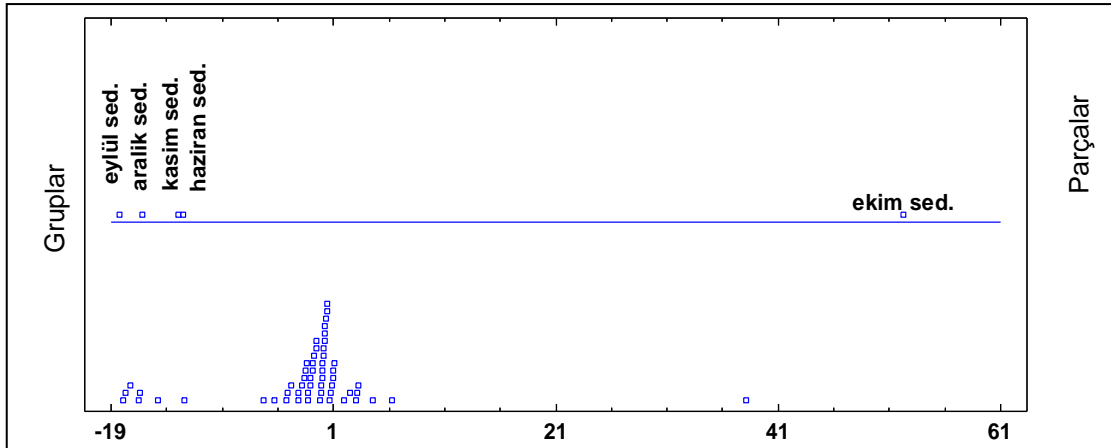
Tüm veri setleri bir arada incelendikten sonra, sediman su ve hava numuneleri kendi içinde ayrılarak mevsimsel farkların etkisi incelenmiştir.

Sediman N₂O numuneleri için yapılan ANOVA, Levene's ve Kruskal Wallis testlerinde p – değerleri sırasıyla 0,01 – 0,0001 ve 0,04 olarak bulunmuştur. p – değerleri 0,05'ten küçük olduğu için veri setlerinin ortalama, standart sapma ve medianları arasında % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Fisher'ın anlamlı fark prosedürüne göre ortalamalar iki gruba ayrılmıştır (Çizelge 5.38.). Buna göre ekim ayında sedimanda yapılan ölçümlerin diğer tüm aylar ile uyumsuz olduğu görülmektedir.

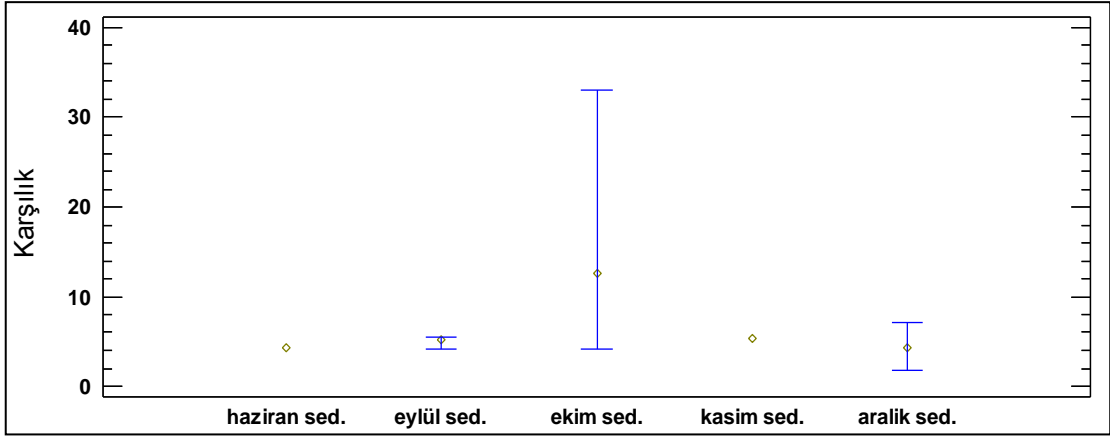
Çizelge 5.38. Fisher anlamlı fark prosedürüne göre aylık sediman veri setlerinin karşılaştırılması

Karşılaştırma	Fark	+/- Limit
haziran sed. - eylül sed.	-0.903389	13.3342
haziran sed. - ekim sed.	-17.2404	13.8022
haziran sed. - kasım sed.	-0.779	15.2762
haziran sed. - aralık sed.	-0.1737	14.6068
eylül sed. - ekim sed.	-16.337	10.0797
eylül sed. - kasım sed.	0.124389	12.0192
eylül sed. - aralık sed.	0.729689	11.1562
ekim sed. - kasım sed.	16.4614	12.5364
ekim sed. - aralık sed.	17.0667	11.7115
kasım sed. - aralık sed.	0.6053	13.4172

Sedimanda ölçülen mevsimsel N₂O veri setleri için ANOVA ve medyan grafikleri Şekil 5.112 ve Şekil 5.113'te verilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi ekim ayı sediman N₂O miktarı diğer aylardan oldukça yüksektir.

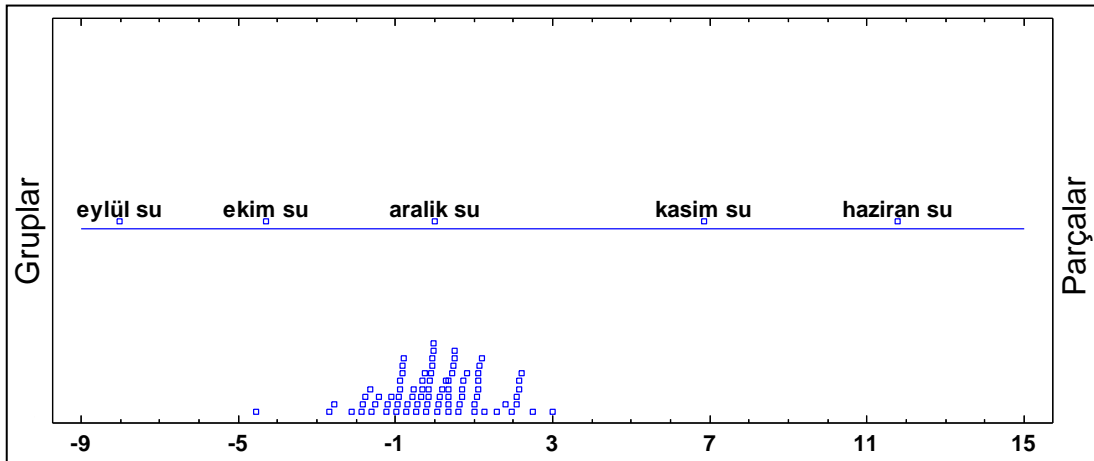


Şekil 5.112. Aylık sediman N₂O verilerinin ANOVA grafiği

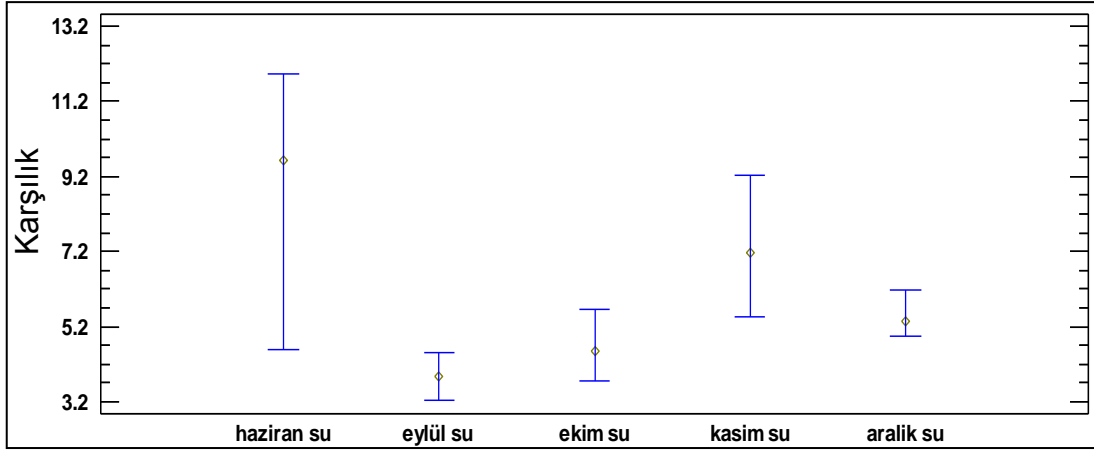


Şekil 5.113. Aylık sediman N₂O verilerinin % 95 güven aralığında medyan grafiği

Suda ölçülen N₂O numuneleri için yapılan ANOVA, Levene's ve Kruskal –Wallis testlerinin p – değerleri sırasıyla 0 – 0,001 ve 3,48E-7'dir. Bu durumda p – değerleri 0,05'ten küçük olduğu için % 95 güven aralığında veri setlerinin ortalama ve medyan ve standart sapma değerleri arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Veri setlerinin ortalamaları arasında, Fisher's testine göre yalnızca, eylül – ekim ve ekim – aralık ayları arasında fark yoktur. Levene's testine göre ise standart sapmalar arasında Haziran ayı ile eylül, ekim ve aralık ayları arasında anlamlı bir fark vardır. Şekil 5.114 ve Şekil 5.115'te eylül, ekim ve aralık aylarının medyan ve ortalamalarının birbirine yakın haziran ve kasım aylarının ise bunlara uzak olduğu görülmektedir. Veri setleri içinde en yüksek medyan ve ortalama haziran ayında görülmektedir.



Şekil 5.114. Aylık su N₂O verilerinin ANOVA grafiği



Şekil 5.115. Aylık su N₂O verilerinin % 95 güven aralığında medyan grafiği.

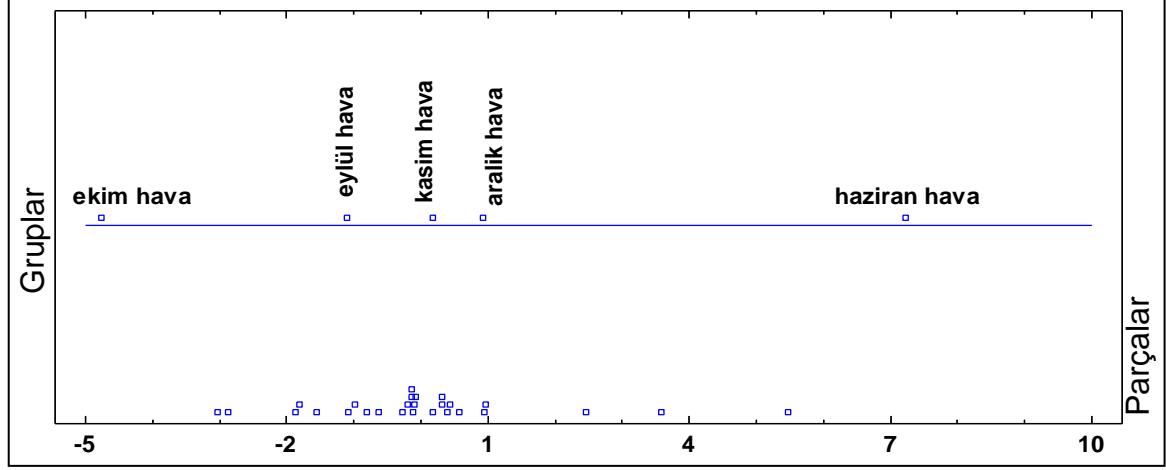
Hava numunelerinde ölçülen aylık N₂O verilerinin; ortalama, standart sapma ve medianları, ANOVA, Levene's ve Kruskal- Wallis testlerine göre incelendiğinde p - değerleri sırasıyla, 0,01 – 0,03 ve 0,01 olarak bulunmuştur. Buna göre % 95 güven aralığında hava fazı veri setlerinin ortalama, standart sapma ve medianları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.39'a göre Fisher's testi sonucunda, haziran ayı ile eylül, ekim, kasım ve aralık ayları arasında hesaplanan değerler limit dışındadır ve bu nedenle bu verilerin ortalamaları arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir. Levene's testine göre ise p değeri 0,05'ten küçük olan veri setlerinin standart sapmaları arasında % 95 güven aralığında anlamlı bir fark vardır. Bu veri setleri ise ekim ayı ile eylül, kasım, aralık ve haziran ayları arasında ölçülen p değerlerine karşılık gelmektedir. Bu durumda haziran ve ekim aylarında ölçülen N₂O verilerinin diğer aylarda ölçülen veri setlerinden farklı olduğu söylenebilir.

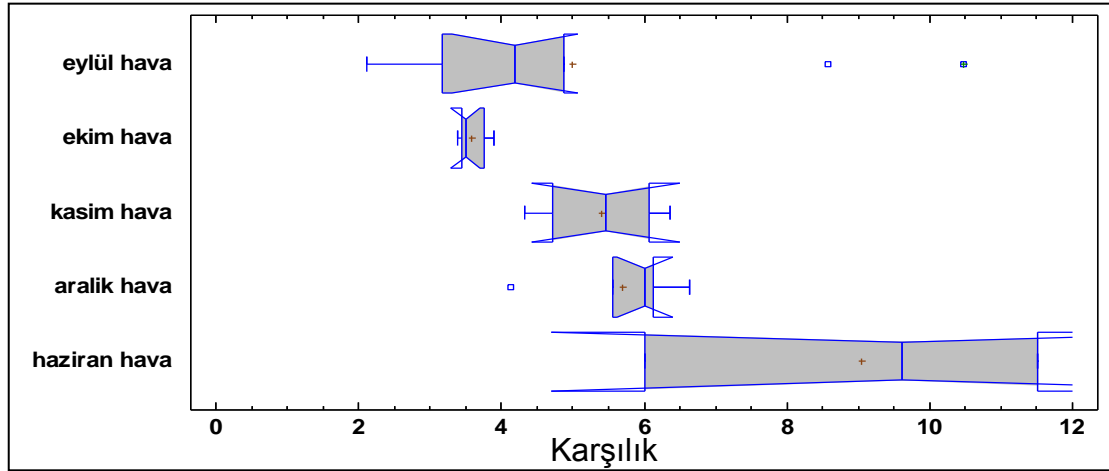
Çizelge 5.39. Aylık hava fazında N₂O verilerinin Fisher ve Levene's testi değerleri.

Karşılaştırma	Fisher's testi		Levene's testi
	Fark	+/- Limit	p- değeri
Eylül hava - ekim hava	1.40633	2.10523	0.0000
Eylül hava - kasım hava	-0.412917	2.40033	0.0878
Eylül hava - aralık hava	-0.703467	2.22796	0.0584
Eylül hava - haziran hava	-4.06033	2.66292	0.7930
Ekim hava - kasım hava	-1.81925	2.57837	0.0072
Ekim hava - aralık hava	-2.1098	2.41872	0.0043
Ekim hava - haziran hava	-5.46667	2.82446	0.0000
Kasım hava - aralık hava	-0.29055	2.67952	0.9281
kasım hava - haziran hava	-3.64742	3.05076	0.0927
aralık hava - haziran hava	-3.35687	2.91709	0.0716

Şekil 116 ve Şekil 117’de ise ekim ve haziran ayında hava fazında ölçülen N_2O verilerinin diğer veri setlerinden ayrıldığı açık bir şekilde görülmektedir. En düşük ortalama ve medyan değeri ekim ayında en yüksek ise haziran ayında ölçülmüştür. Bu durumda hava fazı N_2O ölçümlerinin haziran ayında diğer aylara göre anlamlı bir şekilde daha yüksek bulunduğu söylenebilir.



Şekil 5.116. Aylık hava fazında N_2O verilerinin ANOVA grafiği



Şekil 5.117. Aylık hava fazında N_2O verilerinin box – whisker grafikleri.

6. GENEL SONUÇLAR

Bu tez çalışmasının temel amacı; azot döngüsü sonucu, ötrofik bir göl olan Eymir Gölü'nde oluşan, önemli bir sera gazı olan N₂O gazının, günlük ve mevsimlik salımını ölçmek ve üretim potansiyelini belirlemektir. Bunun dışında elde edilen bulgular ana amacı destekleyecektir.

Ölçümler ve analizler sonucunda göl sedimanının yapısı hakkında elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir;

- Eymir Gölü sedimanının tane boyutu, 1., 2., 3., 4. ve 5. bölgelerin yaklaşık % 90'ı için sırasıyla; $\leq 86 \mu\text{m}$, $\leq 30 \mu\text{m}$, $\leq 30 \mu\text{m}$, $\leq 10 \mu\text{m}$ ve $\leq 25 \mu\text{m}$ 'dir. En büyük tane boyunun, su girişine yakın olan 1. Bölgede, en küçük tane boyunun ise deşarj noktasına yakın olan 4. ve 5. bölgelerde ölçülmesi gölün piston akışlı bir reaktör gibi işlediğini göstermektedir.
- Sedimanın organik madde miktarı, bölgesel olarak ve sediman derinlik seviyesine göre farklılık göstermektedir. Uçucu organik madde miktarları, GB, K ve KD bölgeleri için sırasıyla, %11, %12 ve %5 olarak ölçülmüştür. Sedimanın 2-3cm'lik yüzeyinde organik madde oranı %14 iken 15cm derinde %9'a düşmektedir.

Gölün su kalitesi parametrelerine ait bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Gölün en derin bölgesi, ortalama 5,6 m ile Kayıkane bölgesidir. GB bölgesi ortalama derinliği 4,6 m, KD bölgesi ortalama derinliği ise 3,8 m'dir. Littoral bölgede, sazlık bitiminden itibaren ortalama derinlik 2.3m'dir. Kayıkane bölgesinde ölçülen secchi derinlikleri en yüksek temmuz ayında 3.5m iken sonbahar ayında düşmeye başlayıp kışın 1 metreye kadar düşmektedir.
- Aydınlanma şiddeti; göl yüzeyinden 25 cm derinde, temmuz, ağustos ve eylül aylarında 4000 lüks, ekim ve kasımda 2000 lüks civarında ölçülürken, aralık ayında 1000 lüksün altına düşmektedir. Gün içerisinde; aydınlanma şiddetinin en yüksek olduğu zaman öğle vaktine denk gelmekte, sabahın erken saatlerinde hızla artıp akşam güneş batmadan önce hızla düşmektedir.

- Göl sıcaklığı en yüksek yaz aylarında, fotik zonda 27-28°C civarında, en düşük ise kışın fotik zonda 0°C'nin altına düşmekte ve yüzeydeki buz tabakasının altında profundal ve bentik zonda 4°C'lik yoğun su katmanı vardır. Eymir Gölü'nde yaz ve kış mevsimlerinde toplam iki kez termal tabakalaşma, bahar mevsiminde ise dikey karışım görülmektedir. Bu nedenle Eymir Gölü'nün dimiktik bir göl olduğu söylenebilir.
- Göl suyunun iletkenliği yazın 2000 µS/cm civarındayken kış aylarında 1200 µS/cm'ye kadar düşmektedir. İletkenliğe bağlı olarak tuzluluk ağustosta 1 IOT iken haziran başlarında 0.6 IOT'ye kadar düşer. TÇK ise aynı şekilde eylülde 2000mg/L ile en yüksek seviyedeysen, ortalama 500-1000 mg/L civarında ölçülmektedir.
- Yıl boyunca en düşük ÇO konsantrasyonu her zaman bentik zonda ölçülmüştür. Termal tabakalaşmanın görüldüğü dönemlerde ise en yüksek konsantrasyon fotikte 14.94 mg/L olarak ölçülmüştür ki bu da suyun aynı koşullardaki oksijen çözünürlüğü seviyesi olan 7,7 mg/L'nin çok üzerinde yani aşırı doygundur. Aynı dönemlerde en düşük ÇO konsantrasyonu bentikte 0.31mg/L ile neredeyse anoksik, profundalde ise 4.86mg/L ile normal çözünürlük seviyesi olan 7,9 mg/L'nin oldukça altındadır.
- Göl suyunun pH'sı en yüksek yaz aylarında fotik zonda 8,5'un üzerinde ve ORP değeri -70mV civarındadır. Aynı dönemde bentikte pH 8'in altında ORP ise -100mV'tur. Kış aylarında ise faz farkı düşüktür ve pH ortalama 8,5, ORP ise -250mV'tur.
- Yaz aylarında fotik zonda fenolftalein alkalinitesi (en yüksek 60 mg/L CaCO₃) bentikte ise metil oranj alkalinitesi (en yüksek 448 mg/L CaCO₃) görülür ve göl pH değerleri ile ilişki içindedir. Kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise fenolftalein alkalinitesi vardır ve konsantrasyonlar 50mg/L CaCO₃'tan azdır.
- AKM miktarı secchi derinliği ile uyumludur ve sonbahardan kışa doğru artmakta ve en yüksek 18,3 mg/L'ye ulaşmakta, ilkbahardan yazı doğru azalmakta ve 2,2 mg/L'ye kadar düşmektedir. AKM konsantrasyonları termal tabakalaşma varlığı ile uyumludur. Tüm bölgeler için ortalama AKM miktarı ise 5 mg/L'dir.

- Klorofil – a ve feofitin –a pigmentlerinin konsantrasyonları en yüksek ilkbahar ve yaz aylarında ölçülmüştür. En yüksek feofitin-a konsantrasyonu temmuzda 248 µg/L, klorofil –a konsantrasyonu ise haziranda 182 µg/L olarak ölçülmüştür. En düşük feofitin – a konsantrasyonu ağustos ayında 2,13 µg/L, klorofil – a ise aralıkta 0,47 µg/L olarak ölçülmüştür.
- KOİ ve PO₄ – P konsantrasyonları da klorofil – a ile doğru orantılı olarak değişmektedir. En yüksek PO₄ – P konsantrasyonu eylülde 1,2 mg/L, en düşük ise şubat ayında 0,06 mg/L'dir. En yüksek KOİ konsantrasyonu da yine eylül ayında 371 mg/L, en düşük ise şubat ayında 20,5 mg/L olarak ölçülmüştür.
- Su kalitesi verileri OECD trofik sınıflandırma sistemine göre Eymir Gölü'nün hiperötrofik bir göl olduğunu göstermektedir.

Göl suyunda yapılan reaktif azotlara ait ölçümlerin bulguları aşağıda değerlendirilmiştir.

- Göl suyunda reaktif azotlu bileşiklerin konsantrasyonları incelendiğinde; amonyum azotu en yüksek bahar aylarında bentikte, eylülde 1,7mg/L, haziranda ise 0,8 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük konsantrasyon ise kışın yine bentikte 0,043 mg/L'dir. Nitrat azotu en yüksek kasım ayında profundal zonda 3,2 mg/L, en düşük aralıkta fotik zonda 0,033 mg/L olarak ölçülmüştür. Nitrit azotu en yüksek fotik zonda haziran ayında 0,009 mg/L ve en düşük kasım ayında tüm zonlarda 0,004 mg/L'dir.
- Grafıklere göre birbirini takip eden süreçler şekilde amonyum konsantrasyonu azalırken nitrit azotu konsantrasyonu artmaktadır ve bu durum hem yaz hem de kış aylarında gözlenmiştir.

Sedimanda ölçülen N₂O konsantrasyonuna ait saatlik verilerin bulguları aşağıda özetlenmiştir.

- Eylül ayında yapılan saatlik ölçümlere göre N₂O konsantrasyonu en yüksek öğlen 13:00'de 128 ng/µL olarak, en düşük ise saat 08:00'de 15,8 ng/µL olarak ölçülmüştür.

- 23 Eylül arazisinde gölün GB ucundan KD ucuna kadar yapılan ölçümler sonucunda 3, 7 ve 9. bölgeler dışında sedimanın 15 cm derininden alınan numunelerde daha yüksek N₂O konsantrasyonu ölçülmüştür. En yüksek konsantrasyon 1. bölgenin dip sedimanında 8,1 ng/μL olarak bulunmuştur.
- Ekim ayında yüzey sedimanı, dip sedimanından daha yüksek N₂O salımı göstermiştir. İki sediman türü konsantrasyonları arasında sabah saatlerinde ters orantı, öğleden sonra akşama kadar ise doğru orantılı değişim gözlenmiştir. Konsantrasyonlar yüzey sedimanında 100 ng/μL'ye kadar yükselmiştir.
- Kasım ayında yüzey ve dip sedimanı N₂O üretimleri arasında gün boyunca ters orantı görülmektedir. En yüksek konsantrasyon yüzey sedimanında saat 10:00'da 9,6 ng/μL, en düşük ise dip sedimanında saat 16:30'da 2,2 ng/μL'dir.
- Aralık ayında yüzey ve dip sedimanı N₂O konsantrasyonları arasında doğru orantı vardır ve konsantrasyonlar birbirine yakındır. En yüksek konsantrasyon dip sedimanında saat 12:00'de 7,5 ng/μL, en düşük ise yüzey sedimanında sabah 08:00'de 1,1 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Haziranda da dip ve yüzey sedimanı konsantrasyonları doğru orantılıdır ve dip sedimanı yüzey sedimanından daha yüksek konsantrasyona sahiptir. En yüksek konsantrasyon saat 17:00'de dip sedimanında 7,5 ng/μL, en düşük ise yüzey sedimanında saat 11:00'de 1,1 ng/μL olarak ölçülmüştür.

Sedimanda N₂O salım potansiyeline ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Eylül ayında toplanan ve 5 gün boyunca 4°C'de inkübe edilen sediman numunelerinde N₂O salımı sürekli artış göstermiş ve 5. günün sonunda 72,6 ng/μL'ye ulaşmıştır. Grafiğin eğrisi R – kare 0,97 oranında doğrusal denklem ile uyumludur.
- Ekim ayında numuneler 25°C'de inkübe edilmiştir. Yüzey sedimanı en yüksek seviyeye 3. Gün 1289 ng/μL N₂O ile ulaşmıştır ve salım 2.dereceden polinom ile 0,99 oranında uyumludur. Dip sedimanında N₂O salımı da 2.dereceden

polinom denklemi ile R-kare 0,99 oranında uyumludur ve 4. Günde 1391 ng/ μ L ile en yüksek seviyesine ulaşır.

- Kasım ayında sediman numuneleri 10°C'de inkübe edilmiştir ve yüzey sedimanında salım 4. güne kadar artarak 173,5 ng/ μ L'ye ulaşmıştır. Grafik ise 4. dereceden polinom denklemi ile R-kare 0,97 oranında uyum göstermektedir. Dip sedimanında da salım 8. Güne kadar artmış ve 357,3 ng/ μ L'ye ulaşmıştır. 3. Dereceden polinom denklemi ile 0,97 oranında uyum göstermektedir.
- Aralık ayında da numuneler 10 °C' de inkübe edilmiştir. Yüzey sedimanında 4. güne kadar artan N₂O salımı düşüşe geçmiş ve 12. gün tekrar artıp 23 ng/ μ L'ye kadar ulaşmıştır. Grafik ise 3. dereceden polinom denklemi ile 0,98 oranında uyumludur. Dip sedimanı ise 2. Dereceden polinom denklemi ile 0,98 oranında uyumludur ve salım 8. Güne kadar artış göstermiş ardından düşerek 12. Gün tekrar yükselişe geçip 285,6 ng/ μ L'ye ulaşmıştır.
- Haziran ayında numuneler 25 °C' de inkübe edilmiştir. Yüzey sedimanı N₂O salımı R-kare 0,94 oranında logaritmik fonksiyon ile uyumludur ve üretim 3. Gün 210 ng/ μ L'ye ulaşmıştır. Dipte ise R-kare 0,99 oranında üstel fonksiyon ile uyumludur ve 3. Gün N₂O konsantrasyonu 1177 ng/ μ L'ye ulaşmıştır.

Göl suyunda ölçülen N₂O verilerine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Eylülde fotik zon N₂O konsantrasyonu profundal ve bentik zon ile ters orantılıdır. Gün içinde konsantrasyonlar dalgalanmakla birlikte en yüksek konsantrasyon saat 18:00'de bentikte 6,5 ng/ μ L ve en düşük sabah 07:00'de bentikte 2,1 ng/ μ L olarak ölçülmüştür.
- Ekim ayında tüm zonlar birbiri ile doğru orantılı değişim görülmektedir. En yüksek N₂O salımı saat 08:00'de profundal zonda 6,6 ng/ μ L, en düşük ise ertesi gün yine sabah 08:00'da fotik zonda 2,97 ng/ μ L olarak ölçülmüştür.
- Kasım ayında fotik ve bentik zonlarda N₂O konsantrasyonu değişimi ters orantılıdır. En yüksek konsantrasyon fotik zonda saat 14:00'de 9,36 en düşük ise yine fotik zonda sabah 10:00'da 5,1 ng/ μ L olarak ölçülmüştür.

- Aralık ayında bentik zon, fotik ve profundal zon ile ters orantılı N₂O salımı göstermektedir. En yüksek konsantrasyon saat 10:00'da bentikte 7,7 ng/μL, en düşük ise saat 12:00'de yine bentik zonda 2,89 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Haziran ayında fotik zon, profundal ve bentik zon ile ters orantılı N₂O salımı göstermektedir. En yüksek konsantrasyon 11:00'de profundalde 11,98 ng/μL, en düşük 14:00'de bentikte 4,43 ng/μL'dir.

Göl suyunun N₂O üretim potansiyeline ait verilerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. Su numuneleri sediman numuneleri ile aynı koşullarda inkübasyona bırakılmıştır.

- Eylül ayında N₂O konsantrasyonu, 4 gün boyunca R-kare 1 oranında logaritmik olarak artmıştır. En yüksek konsantrasyon fotik zonda 4. gün 12,6 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Ekim ayında tüm zonlar 2. Dereceden polinom denklemi ile R-kare >0,97 oranında uyum göstermektedir. 9 güne kadar salım düşüktür. En yüksek salım ise 9. Gün profundal zonda 5,1 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Kasım ayında konsantrasyonlar tüm zonlarda 8. Güne kadar düşüş göstermiştir. En yüksek regresyon R-kare 0,9 ile fotik zonda görülmektedir. En yüksek N₂O konsantrasyonu ilk gün bentik zonda 8,3 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Aralık ayında fotik ve bentik zonlarda 4. güne, profundal zonda ise 11. güne kadar N₂O salımında artış görülmüştür. Ancak profundal zon için R-kare değeri 0,37 ile düşük seviyede kalmıştır.
- Haziran ayında fotik ve bentik zonlarda 2. ve 3. günler arası konsantrasyonlarda artış, profundal zonda ise azalış görülmektedir. Grafikler 2. Dereceden polinom ile R-kare 1 oranında uyum göstermektedir. En yüksek konsantrasyon ilk gün profundal zonda 10,52 ng/μL olarak ölçülmüştür.

Reaktif azotlu bileşiklerin atmosferik konsantrasyonları için elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir. İlk olarak NO_x gazının atmosferik konsantrasyonları ölçülmüştür.

- NO konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü aylar ortalama 30 ppb ile ekim, kasım ve aralık aylarıdır. Ancak konsantrasyonların 60 ppb'nin üstüne çıktığı da görülür. Temmuz ayında ortalama 10 ppb seviyesinde olan NO salımları ağustos ayında ise en düşük seviyededir.
- NO₂ konsantrasyonları yıl boyunca 30 ppb'nin üstüne çıkmamıştır. En yüksek konsantrasyonlar ekim kasım ve aralık aylarında ortalama 15 ppb iken, 5 ppb ile en düşük ağustos ayında ölçüm yapılmıştır.
- Günlük ortalama NO konsantrasyonları sabah 05:00 ile 09:00 saatleri arasında yükselip en yüksek seviyesine saat 09:00'da 12,1 ppb'ye ulaşır. Öğleden sonra 2 ppb ile en düşük seviyede ölçülen konsantrasyon akşam 16:30'dan itibaren yeniden yükselerek 5 ppb seviyesine ulaşır.
- Günlük ortalama NO₂ konsantrasyonu ise NO'den farklı olarak en yüksek seviyesine akşam 20:00 ile 00:00 saatleri arasında ulaşır. En yüksek konsantrasyon 23:00'de 14,6 ppb, en düşük ise saat 12:30'da 5 ppb olarak ölçülmüştür.

Pasif örnekleyiciler ile ölçülen atmosferik NO_x gazı akılarına ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- NO_x akıları sonbahar ve kış aylarında yüksekken ilkbahar ve yaza doğru düşmektedir. En yüksek akı 0,117 µg/m³/sa ile KD bölgesinde ölçülmüştür. En düşük akılar ise mart ve haziran aylarında tüm bölgelerde 0,021 µg/m³/sa olarak bulunmuştur.

Gaz halindeki NH₄ iyonunun hava fazındaki konsantrasyonuna ait ölçümlerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- Ekim ayında en yüksek NH₄ konsantrasyonu saat 08:00'de 0,006 mg/L (6 µg/L) olarak ölçülmüştür.
- Kasım ayında en yüksek NH₄ konsantrasyonu saat 10:00'da 0,003 mg/L olarak ölçülmüştür.

- Aralık ayında en yüksek konsantrasyon yine sabah 10:00'da 0,007 mg/L olarak ölçülmüştür. Ekim, kasım ve aralık aylarında konsantrasyonlar öğlen saatlerinden sonra düşmektedir.
- Haziran ayında en yüksek konsantrasyon gün ortasında saat 14:00'de 0,008 mg/L olarak ölçülmüş ve ardından düşmeye başlamıştır.

N₂O gazının hava fazındaki konsantrasyonlarına ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Eylül ayında en yüksek N₂O konsantrasyonu saat 15:00'de 10,5 ng/μL, en düşük ise saat 12:00'de 2,1 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Ekim ayında en yüksek N₂O konsantrasyonu saat 14:00'te 3,9 ng/μL, en düşük ise saat 12:00'de 3,4 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Kasım ayında en yüksek N₂O konsantrasyonu saat 14:00'te 6,4 ng/μL, en düşük ise saat 17:00'de 4,3 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Aralık ayında en yüksek N₂O konsantrasyonu saat 08:00'de 6,6 ng/μL, en düşük ise saat 16:00'da 4,1 ng/μL olarak ölçülmüştür.
- Haziran ayında en yüksek N₂O konsantrasyonu saat 14:00'de 11,5 ng/μL, en düşük ise saat 11:00'de 6 ng/μL olarak ölçülmüştür.

Şu ana kadarki sonuçlar, verilerin konsantrasyon – zaman dağılımlarına ait sonuçların bir özetini kapsamaktadır. Bundan sonra verilerin istatistiksel analizlerine ait sonuçlar özetlenecektir. Göl sedimanında ölçülen parametrelerin istatistiksel analizine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 2-3cm'lik yüzey ve 15 cm'lik dip sedimanlarının ilk gün ölçümlerine ait ortalamaları karşılaştırmak için hipotez testi yapılmış ve yüzey sedimanı, dip sedimanından daha yüksek konsantrasyona sahip olarak bulunmuştur.
- 2. Gün ölçümlerini karşılaştırmak için t-testi yapılmış ve sonuç ilk gün ölçümleri ile aynı; ortalama yüzey sedimanı > ortalama dip sedimanı olarak bulunmuştur.

- 3. Gün ölçümleri için uygulanan hipotez testine göre ise yüzey ve dip sedimanının ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Göl suyunda ölçülen parametrelerin istatistiksel analizlerine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Fotik zonda, Spearman korelasyon tablosuna göre, $N_2O - NO_3$ arasında pozitif, $NO_2 - NO_3$ ve $NH_4 - NO_2$ arasında negatif anlamlı bir ilişki bulunmuştur. En güçlü regresyon $N_2O - NO_3$ veri setleri arasında R-kare %21 oranında bulunmuştur.
- Profundal zonda Pearson korelasyonuna göre $N_2O - NO_2$, $N_2O - NH_4$ ve $NO_2 - NH_4$ veri setleri arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Aynı veri setleri arasında yapılan basit regresyon analizlerinde ise R-kare değerleri sırasıyla %29,57, % 47,5 ve % 33,9 olarak bulunmuştur.
- Bentik zonda Pearson korelasyonuna göre $N_2O - NH_4$ arasında negatif, $N_2O - NO_3$ ve NH_4-NO_2 arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Basit regresyon testine göre R-kare değerleri sırasıyla; %40,1, %49,5 ve % 54,8 olarak bulunmuştur.

Atmosferde ve hava fazında ölçülen azotlu bileşiklerin istatistiksel analizlerine ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hava fazı N_2O ve NH_4 verileri arasında pozitif korelasyon vardır ve basit regresyon testine göre R – kare değeri %29,5 olarak bulunmuştur.
- Pasif örnekleyiciler ile ölçülen bölgesel NO_x veri setleri için GB ve KD bölgesi akıları arasında hipotez testi uygulanmış ve ortalamalar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
- Bölgesel NO_x akılarının zamanla ve birbirlerine karşı regresyon analizleri yapılmış ve GB bölgesinde zamanla ters orantılı değişim R-kare % 64,8 oranında bulunmuştur. KD bölgesi de zamanla ters orantılı olarak R – kare % 66,6 oranında değişmekte, GB ile KD bölgeleri arasında ise R-kare % 97,4'lük pozitif regresyon vardır.

- Atmosferik NO_x konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri; ekim – temmuz ve kasım – temmuz aylarına ait veri setleri arasında, hipotez testi uygulanarak incelenmiştir. Buna göre temmuz ayı konsantrasyonu ortalama olarak diğer aylardan farklı ve daha düşük bulunmuştur.
- Atmosferik NO_x konsantrasyonlarının gün içindeki saatlik değişimleri basit regresyon analizi ile incelenmiştir. Saat 00:00 ile 17:30 arasında NO ve NO₂ konsantrasyonları zamanla ters orantılı ve R-kare değerleri sırasıyla, % 74,2 ve % 80,4 olarak bulunmuştur. NO ve NO₂ arasında doğru orantılı regresyon vardır ve R-kare değeri % 66,4'tür. Saat 17:30 – 00:00 arasında ise NO₂ konsantrasyonu zamanla doğru orantılı ve R-kare değeri % 56,6 olarak bulunmuştur.

Eymir Gölü'nde fazlar arası ilişkilerin istatistiksel analizine ait sonuçlar aşığıda özetlenmiştir.

- Yüzey sedimanı N₂O konsantrasyonu ile hava N₂O, dip sedimanı N₂O, fotik N₂O, NO₃, NH₄ ve NO₂, profundal N₂O, NO₃, NH₄ ve NO₂ ve bentik N₂O, NO₃, NH₄ ve NO₂ konsantrasyonları arasında yapılan çoklu regresyon analizine göre veri setleri arasında anlamlı bir ilişki vardır ve R – kare değeri % 93,83 olarak bulunmuştur.
- Fotik NO₃'a bağlı profundal ve bentik NO₃ konsantrasyonları arasında yapılan çoklu regresyon analizine göre R-kare % 97,93 olmak üzere anlamlı bir ilişki vardır.
- Profundal N₂O' e bağlı fotik ve hava fazı N₂O konsantrasyonları arasında ise R-kare % 39, 68 oranında anlamlı bir ilişki vardır.
- Veri setleri arasında yapılan basit regresyon testlerinin R-kare değerleri;

Yüzey sedimanı N₂O – hava fazı N₂O arasında negatif ve R-kare %30,1

Fotik N₂O – hava fazı NH₄ arasında pozitif ve R-kare % 23,4

Profundal NH₄ – fotik N₂O pozitif R-kare % 31

Profundal NH_4 – fotik NO_2 pozitif R-kare % 95,6

Profundal NO_2 – fotik NO_2 pozitif, R-kare % 31,9

Fotik NO_3 – bentik N_2O arasında ise pozitif korelasyon ve R – kare % 44,17 olarak bulunmuştur.

Fazlar arası N_2O verilerinin mevsimsel dağılımına ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Sediman N_2O konsantrasyonları incelendiğinde ekim ayının diğer aylar ile anlamlı bir ilişkiye sahip olmadığı ve yüksek konsantrasyonda olduğu görülmüştür.
- Kasım ve özellikle haziran ayında sudaki N_2O konsantrasyonları, diğer aylardan farklı ve yüksek olarak bulunmuştur.
- Hava fazında ölçülen N_2O verilerine bakıldığında ise haziran ayının ortalamasının diğer aylara göre oldukça yüksek ekim ayının ortalamasının ise diğer aylara göre oldukça düşük olduğu bulunmuştur.

7. TARTIŞMA

Eymir Gölü sedimanı ilk 15 cm'lik bölümünde fiziksel, kimyasal ve bu tezde incelenmemekle birlikte tahminen biyolojik olarak da farklılık gösteren iki tabakaya ayrılmıştır. İlk 2-3 cm'lik bölüm, bentik zonda ölçülen klorofil-a ve ÇO verileri dikkate alındığında; oksijen içeren ancak denitrifikasyon ve çürüme gibi reaksiyonlar nedeni ile organik katı madde yüzdesinin yüksek olduğu kısımdır. Bentikte çözülmüş oksijen konsantrasyonunun yılın büyük bir kısmında oldukça düşük olması ve sediman yüzeyinin organik maddelerce zengin olması, bu bölgede nitrifikasyonun çoğunlukla görülmemesi ve denitrifikasyonun hızlanmasına neden olur. Bunun sonucunda sediman yüzeyinden yüksek miktarda N_2O salımı olur ve fazlar arasında taşınarak fotik zona kadar ulaşır. Fotosentez sonucunda artan alkalinite ile fotik zonda H^+ iyon konsantrasyonu azalır ve denitrifikasyon sonucunda amonyum iyonunun, N_2 gazına indirgenmeden NO ve N_2O formunda atmosfere salımı gerçekleşir. Bu gazların sudaki çözünürlüğünün

düşük olması bahsi geçen süreci hızlandırır. Çalışma sırasında NO_x ölçümleri, göl kıyısında ve su yüzeyinden uzakta alındığından araç eksozu ve kışın artan yakıt tüketimi gibi dış çevresel faktörlerden de etkilenmiştir. Ancak göl yüzeyinden NO gazı çıkışının varlığı, N₂O gazına uygulandığı gibi kapalı bir sistem yardımı ile kanıtlanabilir. Gölün hava – su ara fazında, en yüksek N₂O konsantrasyonlarının eylül sonu ve haziran başında ölçülmesi bahar aylarındaki organik madde birikimi ile açıklanabilir. Aynı fazda, amonyum konsantrasyonunun, ppb seviyesinden yüksek ölçülememesi ise gölün fotik zonundaki alkalinite yükselişinin $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{s})$ denkleminin sağa doğru hızlanmasına neden olarak amonyumun suda çözülmüş formda kalmasını sağlamasından ileri gelir. Araziye kurulan su kolonunda biriken saatlik N₂O gazının ortalaması alınarak basit bir akı hesabı yapıldığında gölün bir metrekaresinden 3,38 ng $\mu\text{l}^{-1}\text{sa}^{-1}\text{m}^{-1}$ 'lik bir gaz salımı olduğu bulunur. Tüm göl yüzeyi yaklaşık olarak 1.200.000 metrekaresidir, bu iki değer çarpıldığında ise tüm göl yüzeyinden saatte 230,55 g $\text{L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ 'lik N₂O salındığı ortaya çıkar ki bu da senelik miktarın Tg cinsinden ifade edilebileceğini gösterir. Bu hesap gece-gündüz, yaz ve kış farklılıkları ile geliştirilecektir. EPA'ya göre bu ölçüm 71500 g $\text{L}^{-1}\text{sa}^{-1}$ CO₂ salımına eşdeğerdir.

Eymir Gölü'nün, askıda katı madde, çözülmüş oksijen, sıcaklık gibi parametreleri incelendiğinde; senede iki kez dikey karışım ve kışın göl yüzeyinin buz tutması ile iki kez termal tabakalaşma gösteren dimiktik bir göl olduğu söylenebilir. Klorofil-a, fosfat, secchi derinliği ölçümleri, özellikle klorofil-a arttıkça secchi derinliğinin azalması ve ufak fosfat artışlarında klorofil-a konsantrasyonunun hızla artması, Eymir'in ötrofik, hatta hiperötrofik bir göl olduğunu göstermektedir. Sediman tane boyu ise göle su girişi olan bölgelerde 100 μm civarındayken büyük partiküllerin çökmesi ile su çıkış noktasına doğru gittikçe azalır ve ince bir yapı alır. Gölün KD'sunda sediman organik madde miktarının yarı yarıya düşmesi de organik maddelerin dibe çökmesiyle birlikte tüketildiği ve gittikçe azaldığını gösterir. Bu durum piston akışlı bir reaktör mekanizmasına benzemektedir.

Sedimanın 2-3 cm'lik yüzeyindeki ve 15 cm'sindeki N₂O konsantrasyonları ilk iki gün sediman yüzeyinde istatistiksel olarak daha yüksek, üçüncü gün ise iki bölgede de eşit bulunmuştur. Bu durum, daha önce bahsedildiği gibi yüzeydeki organik maddenin fazlalığı ile ilgilidir ve tüm fazlar arasında en yüksek salım bu

bölgede görülmektedir. Dolayısıyla sediman yüzeyinin N_2O için ana salım kaynağı olduğu söylenebilir. İnkübasyonun üçüncü gününde konsantrasyonların her iki sediman numunesinde eşitlenmesi organik maddenin hızla tüketilmesi ile ilişkili olabilir. Bu ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için mikroorganizma tayinlerinin yapılması gerekmektedir. Bunlara ek olarak istatistiksel analizler sonucunda yüzey sedimanı N_2O konsantrasyonunun, tüm zonlardaki azotlu bileşikler ile kuvvetli bir regresyona sahip olduğunun bulunması, N_2O 'in denitrifikasyon ve nitrifikasyonu tetikleyici bir mekanizma olduğunu gösteriyor olabilir.

Fotik, profundal ve bentik su fazlarında N_2O konsantrasyonu gün içerisinde ters orantılı olarak değişmektedir. İstatistiksel analizler de fazlar arasında anlamlı bir korelasyon göstermektedir. Özellikle fotik NO_3 'a bağlı profundal ve bentik NO_3 arasında anlamlı bir ilişki olması profundal NH_4 ile fotik NO_2 arasında kuvvetli bir regresyonun varlığı denitrifikasyon ve nitrifikasyonun fazlar arasında birbirini takip ederek devam ettiğini gösterir. Fazlar kendi içlerinde incelendiğinde ise, N_2O , NO_2 , NO_3 ve NH_4 iyonları arasındaki istatistiksel korelasyon ve regresyonlar, nitrifikasyon ve denitrifikasyonun aynı anda gerçekleştiğini göstermektedir.

N_2O dağılımları mevsimsel olarak incelendiğinde, ortalama ve medyan tablolarına göre, denitrifikasyonun ilk olarak sonbaharda sedimanda başlayıp artış gösterdiği ardından su fazına geçtiği düşünülebilir. Kış aylarında görülen durgunluk, ilkbaharda su-hava ara fazındaki N_2O konsantrasyonu artışı ile değişim gösterir.

Tüm veri setleri incelendiğinde nitrifikasyon ve denitrifikasyon süreçlerinin günlük mevsimlik ve bölgesel olarak üç boyutta değiştiği söylenebilir. Eymir Gölü'nün biri kısa süreli diğeri uzun süreli olmak üzere iki reaktif azot döngüsü olduğu düşünülebilir. Kısa süreli döngüde; gün içerisinde, gölün dikey kesitinde sürekli olarak devam eden nitrifikasyon ve ardından denitrifikasyon süreci görülmektedir. Uzun vadede ise, kısa süreli döngünün salım hızı değişiminden etkilenen bir döngü gerçekleşmektedir.

8. ÖNERİLER

- Arazi çalışmaları ile toplanan veriler MATLAB, iThink gibi uygun yazılım ortamlarına aktarılarak ötrofik ve hiperötrofik göllerin azot döngüsü matematisel olarak modellenilebilir.

- Araziden alınan sediman ve su numuneleri ile oluşturulacak bir laboratuvar mikrokozmu ile belirli parametreler kontrol altına alınarak ve değiştirilerek, in-vivo süreçler in-vitro olarak incelenebilir.
- Laboratuvar ortamında elde edilen verilerin, göl ekosistemi ile uyumu istatistiksel olarak incelenebilir.
- Ötrofik ve hiperötrofik göllerin azot döngüsünde makro ve mikroorganizmaların etkisini incelemek amacıyla araziden numune alınarak tür tayini yapılabilir ve organizmaların döngüdeki yerleri belirlenebilir.
- Göle giren çıkan kirletici yükleri laboratuvar ortamında kontrollü olarak ya da arazide yapılacak ölçümler ile belirlenerek kütle denklığı oluşturulabilir ve gölün piston akışlı bir reaktör gibi çalışıp çalışmadığı kontrol edilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahlgren, I., Sorensson, F., Waara, T., Vrede, K., 1994, Nitrogen budgets in relation to microbial transformations in lakes, *Ambio* 23(6): 367-377.
- Akatsuka, T. and Mitamura O., 2011, Response of denitrification rate associated with wetting and drying cycles in a littoral wetland area of Lake Biwa, Japan, *Limnology* 12(2): 127-135.
- Altınbilek D., 1995, Gölbaşı Mogan- Eymir Gölleri için Su Kaynakları ve Çevre Yönetim Projesi, Ankara Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Cilt(I), ODTÜ, Ankara, 680s.
- Altmann, D., Stief, P., Amann, R., de Beer, D., 2004, Distribution and activity of nitrifying bacteria in natural stream sediment versus laboratory sediment microcosms, *Aquatic Microbial Ecology* 36(1): 73-81.
- Bayar, A., Soyupak S., Kilic B., Altınbilek D., Mukhallallati L., Kotoğlu Y., and Gökçay C.F., 1997, Use of Modelling for Development of Management Strategies in Control of Eutrophication for Lake System of Mogan and Eymir, *Fresenius Environmental Bulletin*, 6:115-120.
- Beklioglu, M., İnce Ö. and Tüzün, İ., 2003, Restoration of Eutrophic Lake Eymir, Turkey, by Biomanipulation Undertaken Following a Major External Nutrient Control I, *Hydrobiologia* 489: 93-105.
- Beutel, M. W., 2001, Oxygen consumption and ammonia accumulation in the hypolimnion of Walker Lake, Nevada, *Hydrobiologia* 466(1-3): 107-117.
- Bratkic, A., Sturm, M., Faganeli, J., Ogrinc, N., 2012, Semi-annual carbon and nitrogen isotope variations in the water column of Lake Bled, NW Slovenia, *Biogeosciences* 9(1): 1-11.
- Brzozowska, R. and Gawronska H., 2009, The influence of a long-term artificial aeration on the nitrogen compounds exchange between bottom sediments and water in Lake Dlugie, *Oceanological and Hydrobiological Studies* 38(1): 113-119.
- Cammack, R., Frey M., Robson, R., 2001, *Hydrogen as a Fuel: Learning from Nature*, Taylor & Francis, New York, 9.5.
- Canavan, R. W., Laverman, A. M., Slomp, C. P., 2007, Modeling nitrogen cycling in a coastal fresh water sediment, *Hydrobiologia* 584: 27-36.
- Carini, S. A. and Joye S. B., 2008, Nitrification in Mono Lake, California: Activity and community composition during contrasting hydrological regimes, *Limnology and Oceanography* 53(6): 2546-2557.

- Dangelo, E. M. and Reddy K. R., 1993, Ammonium oxidation and nitrate reduction in sediments of a hypereutrophic lake, *Soil Science Society of America Journal* 57(4): 1156-1163.
- Deemer, B. R., Harrison J.A., Whitling, E.W., 2011, Microbial dinitrogen and nitrous oxide production in a small eutrophic reservoir: An in situ approach to quantifying hypolimnetic process rates, *Limnology and Oceanography* 56(4): 1189-1199.
- Elahdab, T., 2006, Inspection of algae distribution in Eymir Lake using site measurements and remotely sensed data, *Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*, 96s.
- Gardner, W.S., Yang L.Y., Cotner, J.B., Johengen, T.H., Lavrentyev, P.J., 2001, Nitrogen dynamics in sandy freshwater sediments (Saginaw Bay, Lake Huron), *Journal of Great Lakes Research* 27(1): 84-97.
- Gu, B. H., 2012, Stable isotopes as indicators for seasonally dominant nitrogen cycling processes in a subarctic lake, *International Review of Hydrobiology* 97(3): 233-243.
- Hamilton-Taylor, J., Smith E. J., Davison, W., Sugiyama, M., 2005, Resolving and modeling the effects of Fe and Mn redox cycling on trace metal behavior in a seasonally anoxic lake, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 69(8): 1947-1960.
- Hasegawa, T. and Okino T., 2004, Seasonal variation of denitrification rate in Lake Suwa sediment, *Limnology* 5(1): 33-39.
- Hauke, J and Kossowski T., 2011, Comparison of values of pearson's and spearman's correlation coefficients on the same sets of data, *Quaestiones Geographicae*, 30(2).
- Jacoby, J. and Welch E. B., 2004, *Pollutant Effects in Fresh Waters: Applied Limnology*, 3rd Edition, Taylor & Francis, New York, 29p.
- Kopacek, J., Brzakova M., M. Hejzlar, J., Nedoma, J., Porcal, P., Vrba, J., 2004, Nutrient cycling in a strongly acidified mesotrophic lake, *Limnology and Oceanography* 49(4): 1202-1213.
- Korkusuz, E.A., 1998, Feasibility of a Controlled Wetland for the Mogan-Eymir System, *Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*, 215s.
- Koschorreck, M., 2005, Nitrogen turnover in drying sediments of an Amazon floodplain lake, *Microbial Ecology* 49(4): 567-577.
- Koszelnik, P., Tomaszek J.A., Gruca-Rokosz, R., 2007, The significance of denitrification in relation to external loading and nitrogen retention in a mountain reservoir, *Marine and Freshwater Research* 58(9): 818-826.

- Kreiling, R.M., Richardson W.B., Cavanaugh, J.C., Bartsch, L.A., 2011, Summer nitrate uptake and denitrification in an upper Mississippi River backwater lake: the role of rooted aquatic vegetation, *Biogeochemistry* 104(1-3): 309-324.
- Lewis, W. M., 2009, Ecological Zonation in Lakes. *Encyclopedia of Inland Waters*. E. L. Editor-in-Chief: Gene. Oxford, Academic Press: 416-422.
- Liikanen, A., Flojt, L., Martikainen, P., 2002, Gas dynamics in eutrophic lake sediments affected by oxygen, nitrate, and sulfate, *Journal of Environmental Quality* 31(1): 338-349.
- Liikanen, A., Huttunen J.T., Murtoniemi, T., Tanskanen, H., Vaisanen, T., Silvola, J., Alm, J., Martikainen, P.J., 2003a, Spatial and seasonal variation in greenhouse gas and nutrient dynamics and their interactions in the sediments of a boreal eutrophic lake, *Biogeochemistry* 65(1): 83-103.
- Liikanen, A. and Martikainen P.J., 2003b, Effect of ammonium and oxygen on methane and nitrous oxide fluxes across sediment-water interface in a eutrophic lake, *Chemosphere* 52(8): 1287-1293.
- Liikanen, A., Ratilainen E., Saarnio, S., Alm, J., Martikainen, P.J., Silvola, J., 2003c, Greenhouse gas dynamics in boreal, littoral sediments under raised CO₂ and nitrogen supply, *Freshwater Biology* 48(3): 500-511.
- Liu, X.L., Liu C.Q., Li, S.L., Wang, F.S., Wang, B.L., Wang, Z.L., 2011a, Spatiotemporal variations of nitrous oxide (N₂O) emissions from two reservoirs in SW China, *Atmospheric Environment* 45(31): 5458-5468.
- Liu, Y.S., Zhu R. B., Ma, D.W., Xu, H., Luo, Y.H., Huang, T., Sun, L.G., 2011b, Temporal and spatial variations of nitrous oxide fluxes from the littoral zones of three alga-rich lakes in coastal Antarctica, *Atmospheric Environment* 45(7): 1464-1475.
- Mason, C.F., 1996, *Biology of Freshwater Pollution*, Longman, UK, 93p.
- Matthews, W.J., 1998, *Patterns In Freshwater Fish Ecology*, Chapman & Hall, USA, 291s.
- Mengis, M., Gachter R., Wehrli, B., 1997, Sources and sinks of nitrous oxide (N₂O) in deep lakes, *Biogeochemistry* 38(3): 281-301.
- Molstad, L., Dorsch P., Bakken, L.R., 2007, Robotized incubation system for monitoring gases (O-2, NO, N₂O) in denitrifying cultures, *Journal of Microbiological Methods* 71(3): 202-211.
- O'Sullivan, P. and C.S. Reynolds, 2004 - 2005, *The Lakes Handbook: Lake Restoration and Rehabilitation Volume 1*, Blackwell Publishing, UK, 205p.

- Pardo, L.H., Fenn M.E., Goodale, C.L., Geiser, L.H., Driscoll, C.T., Allen, E.B., Baron, J.S., Bobbink, R., Bowman, W.D., Clark, C.M., Emmett, B., Gilliam, F.S., Greaver, T.L., Hall, S.J., Lilleskov, E.A., Liu, L.L., Lynch, J.A., Nadelhoffer, K.J., Perakis, S.S., Robin-Abbott, M.J., Stoddard, J.L., Weathers, K.C., Dennis, R.L., 2011, Effects of nitrogen deposition and empirical nitrogen critical loads for ecoregions of the United States, *Ecological Applications* 21(8): 3049-3082.
- Petrucio, M.M., Barbosa F.A.R., Furtado, A.L.S., 2006, Bacterioplankton and phytoplankton production in seven lakes in the Middle Rio Doce basin, south-east Brazil, *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 36(3): 192-203.
- Razali, N.M., Wah, Y.B., 2011, Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests, *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1): 21-33.
- Richardson, W.B., Strauss E.A., Bartsch, L.A., Monroe, E.M., Cavanaugh, J.C., Vingum, L., Soballe, D.M. et al., 2004, Denitrification in the Upper Mississippi River: rates, controls, and contribution to nitrate flux, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61, 1102-1112 DOI: 10.1139/f04-062.
- Roy, R., Knowles R., Charlton, M.N., 1996, Nitrification and methane oxidation at the sediment surface in Hamilton Harbour (Lake Ontario), *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53(11): 2466-2472.
- Roy, R. and Knowles R., 1994, Effects of methane metabolism on nitrification and nitrous-oxide production in polluted fresh-water sediment, *Applied and Environmental Microbiology* 60(9): 3307-3314.
- Rumpf, B., Kamps A.P.S., Sing, R., Maurer, G., 1999, Simultaneous solubility of ammonia and hydrogen sulfide in water at temperatures from 313 K to 393 K, *Fluid Phase Equilibria* 158: 923-932.
- Sasaki, Y., Koba K., Yamamoto, M., Makabe, A., Ueno, Y., Nakagawa, M., Toyoda, S., Yoshida, N., Yoh, M., 2011, Biogeochemistry of nitrous oxide in Lake Kizaki, Japan, elucidated by nitrous oxide isotopomer analysis, *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences* 116.
- Scott, J.T., McCarthy M.J., Gardner, W.S., Doyle, R.D., 2008, Denitrification, dissimilatory nitrate reduction to ammonium, and nitrogen fixation along a nitrate concentration gradient in a created freshwater wetland, *Biogeochemistry* 87(1): 99-111.
- Seitzinger, S.P., 1988, Denitrification in Freshwater and Coastal Marine Ecosystems: Ecological and Geochemical Significance, *Limnology and Oceanography* 33(4): 702-724.

- Stief, P., Schramm A., Altmann, D., de Beer, D., 2003, Temporal variation of nitrification rates in experimental freshwater sediments enriched with ammonia or nitrite, *Fems Microbiology Ecology* 46(1): 63-71.
- Stumm, W. and Morgan J. J., 1995, *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, John Wiley & Sons, New York, 928p.
- Svensson, J. M., Enrich-Prast A., Leonardson, L., 2001, Nitrification and denitrification in a eutrophic lake sediment bioturbated by oligochaetes, *Aquatic Microbial Ecology* 23(2): 177-186.
- Terlizzi, D., 1997, Water Quality Issues in Aquaculture: Alkalinity, Maryland Aquafarmer Online Newsletter. <http://www.mdsg.umd.edu/programs/extension/aquaculture/Aquafarmer/Spring97F/>
- Tirola, M.A., Rissanen A.J., Sarpakunnas, M., Arvola, L., Nykanen, H., 2011, Stable isotope profiles of nitrogen gas indicate denitrification in oxygen-stratified humic lakes, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 25(11): 1497-1502.
- Tomaszek, J.A. and Czerwieniec E., 2003, Denitrification and oxygen consumption in bottom sediments: factors influencing rates of the processes, *Hydrobiologia* 504(1-3): 59-65.
- Van Luijn, F., Boers P.C.M., Lijklema, L., Sweerts, Jpra, 1999, Nitrogen fluxes and processes in sandy and muddy sediments from a shallow eutrophic lake, *Water Research* 33(1): 33-42.
- Wang, S.L., Yeager K.M., Wan, G.J., Liu, C.Q., Tao, F.X., Fan, C.X., 2010, Short-Term Field Observations of Nitrous Oxide Saturations in Lake Taihu, China: The Need for High Temporal Resolution Studies, *Journal of Environmental Quality* 39(5): 1858-1863.
- Wang, S. L., Liu C. Q., et al., 2009, The spatial distribution and emission of nitrous oxide (N₂O) in a large eutrophic lake in eastern China: Anthropogenic effects, *Science of the Total Environment* 407(10): 3330-3337.
- Wang, H.J., Lu J.W., Wang, W.D., Huang, P.S., Yin, C.Q., 2007, Spatio-temporal distribution of nitrogen in the undulating littoral zone of Lake Taihu, China, *Hydrobiologia* 581: 97-108.
- Wang, Y., Zhu G.B., Ye, L., Feng, X.J., den Camp, Hjmo, Yin, C.Q., 2012, Spatial distribution of archaeal and bacterial ammonia oxidizers in the littoral buffer zone of a nitrogen-rich lake, *Journal of Environmental Sciences-China* 24(5): 790-799.
- Wetzel, R. G., 2001, *Limnology: Lake and River Ecosystems*, Academic Press, UK, 205p.

- Whitfield, C.J., Aherne J., Baulch, H.M., 2011, Controls on greenhouse gas concentrations in polymictic headwater lakes in Ireland, *Science of the Total Environment* 410: 217-225.
- Xiao, H. Y. and Liu C. Q., 2004, Discrimination between extraneous nitrogen input and interior nitrogen release in lakes, *Science in China Series D-Earth Sciences* 47(9): 813-821.
- Yang, Z.F., Zhao Y., Xia, X.H., 2012, Nitrous oxide emissions from Phragmites australis-dominated zones in a shallow lake, *Environmental Pollution* 166: 116-124.
- Yurtseven E., 2006, Mogan ve Eymir (Ankara) Gölleri Arasındaki Hidrojeolojik Birimlerin Nitrat ve Fosfat Kirlenici Taşınım Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,16s.

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Analitik Yöntemler

Ek 1.1. Alkalinite analizi

Yapılan çalışmanın amacı Eymir Gölü'nde yapılan in-situ çalışmalarda alkalinite değerinin tespit edilmesidir (SMWW 20th Edition 2320 B Titrasyon metodu). Analiz sırasında uyulan prosedürler aşağıdaki gibidir.

- 50 ml numune alınır.
- Numunenin pH'ı ölçülür.
- pH 8,3'ten yüksek ise, fenolftaleyn indikatörü eklenir.
- Çözelti rengini kaybedinceye kadar 0,02N H₂SO₄ kullanılarak titre edilir. Harcanan iktar kaydedilir.
- Çözeltinin pH'sı düşük ise metil oranj indikatörü eklenir.
- Çözeltinin rengi değişinceye kadar 0,02N H₂SO₄ ile titre edilir. Harcanan miktar kaydedilir. Analiz sonunda uygulanan hesaplamalar aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$\text{Alkalinite} \left(\text{mg} \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} \right) = \frac{A \times N \times 50000}{\text{ml numune}}$$

Normalite, N = 0,02

A (ml) = kullanılan standart asit miktarı

Ek 1.2. Amonyum azotu analizi

Çalışmanın amacı göl suyunda yapılan in-situ çalışmalardaki amonyum iyonu konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesidir. Suda amonyum analizi için iki farklı metot uygulanmıştır. İlk olarak Hach DR 2400 Spektrofotometre 8038 metodunun prosedürleri aşağıda verilmiştir.

- Numuneler dereceli silindir ile 25'er ml ölçülerek tüpe alınır.

- Başka bir dereceli silindirde ise 25 ml deiyonize su ölçülüp tüpe alınır. Bu kör tüpü olacaktır.
- Her bir tüpe 3 damla mineral sabitleyici eklenir.
- Tüplerin kapakları kapatılarak birer kez çalkalanır.
- Her bir tüpe 3 damla polivinil alkol, dispersiyon maddesi olarak eklenir.
- Tüpler kapatılıp tekrar birkaç kez çalkalanır.
- Reaksiyon periyodunun tamamlanması için bir dakika beklenir.
- Öncelikle kör tüpü, küvete boşaltılır
- Numune hücresi spektrofotometreye yerleştirilir ve sıfırlanır.
- Ardından tüm numuneler, küvete dökülür ve spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değerler mg/L NH₄-N cinsinden okunur.

Dr. Lange Cadas 200 Spektrofotometre LCK 304 metodunun prosedürleri aşağıdaki gibidir.

- Küvetlerin kapağındaki folyo çıkarılır
- Tüpler 5 ml numune ile doldurulur
- Tüplerin kapağı ters çevrilerek kapatılır
- Tüpün kapağındaki toz halindeki kimyasal çözülene kadar tüpler karıştırılır.
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için 15 dakika beklenir.
- Spetrofotometrenin Dr. Lange mensünden 304 NH₃ – N programı seçilir.
- Küvet, spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değer mg/L NH₄—N cinsinden okunur.

Ek 1.3. Askıda katı madde analizi

Çalışmanın amacı göl suyu numunelerinin askıda katı madde konsantrasyonunun belirlenmesidir (SMWW 20th Edition 2540D). Analiz sırasında uygulanan prosedürler aşağıda sıralanmıştır.

- 5 – 200 mg/L kalıntı bırakacak miktarda su örneği alınır.
- Cam yünü 0.45 µm'lik filtre 103 – 105 °C etüvde 1 saat kurutulur,
- Kurutulmuş filtre desikatörde kullanılıncaya kadar bekletilir,
- Analiz öncesi kuru filtreler hassas terazide tartılır,
- Su numunesi filtreden süzülür,
- Kalıntıları içeren filtre 103 – 105 °C etüvde 1 saat kurutulur
- Kurutulmuş filtre neminin alınması için 1 saat desikatörde bekletilir.
- Desikatörden alınan kalıntıların bulunduğu filtre tartılır. Analiz sonucunda uygulanan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

$$\text{Toplam Askıda Katı Madde } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \left(\frac{(A-B) \times 1000}{\text{numune hacmi (ml)}} \right)$$

A = Filtre ağırlığı+kalıntı (mg)

B = Filtre Ağırlığı (mg)

Ek 1.4. Aydınlanma şiddetinin ölçülmesi

Çalışmanın amacı göl suyunun yüzeyinden bentik bölgesine kadar etki eden aydınlanma şiddetinin ölçülmesidir. Uygulanan prosedür aşağıda sıralanmıştır.

- Aydınlanma şiddeti ölçme cihazının (LI-COR LI250A Işıkolçer) sensörü (LI-193SA küresel kuantum sensörü) takılır.
- Sensör göl yüzeyinde suya değmeyecek şekilde tutulur ve ilk ölçüm alınır.

- Ölçüm yapılırken “avg” butonuna basılarak ortalama aydınlanma şiddeti bulunur.
- Sensör suya daldırılarak her 25cm’de bir ölçüm yapılır ve ölçümler lüks cinsinden kaydedir.

Ek 1.5. Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun ölçülmesi

Çalışmanın amacı göl suyunun dikey kesitindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun ölçülmesidir. Kullanılan cihazlar ve kullanıldığı dönemler aşağıdaki gibidir.

- YSI 6600 EDS çoklu parametre ölçen sonda (1.dönem arazi çalışmaları)
- Jenway 970 portatif oksijen metre(arazi ve laboratuvar çalışmaları)

İlk cihaz için uygulanan prosedür aşağıda verilmiştir.

- Çoklu parametre ölçen sonda yavaşça suya indirilir.
- Okumalar her üç saniyede bir kaydedilir.
- Sondanın ucundaki su basıncı sensörü ile su derinliği tespit edilir.
- Bu sayede derinliğe bağlı çözünmüş oksijen değeri ölçülmüş olur.
- Doygun su buharı basıncı çözünmüş oksijenin otomatik kalibrasyonu için kullanılır.

İkinci cihaz ile yapılan ölçümde uyulan prosedürler aşağıda verilmiştir.

- Oksijen metrenin probu bağlanır ve açma butonundan cihaz çalıştırılır.
- Gölden su alınır alınmaz probun ucu suya daldırılır
- Cihazın okuması sabitlenince değerler mg/L ve % cinsinden not edilir.
- Laboratuvarda ise aynı işlem prob kolona daldırılarak yapılır.

- Kalibrasyon için cihazla birlikte gelen sodyum sülfid 150ml deiyonize su içinde çözülerek kullanılır.

Ek 1.6. Derinlik ve Secchi derinliğinin ölçülmesi

Çalışmanın amacı gölün farklı bölgelerde ve farklı zamanlardaki derinlik ve secchi derinliğinin ölçülmesidir. Uygulanan prosedür aşağıda sıralanmıştır.

- 20 cm çapında siyah beyaz dilimleri olan standart secchi diski suya daldırılır
- Disk suyun altında görülmeyene kadar indirilir. Görülmediği noktada derinlik not edilir.
- Ardından disk batırmaya devam edilir. Dibe değdiği noktada derinlik not edilir.
- Derinlikler, ipin suya giren kısmının uzunluğuna göre belirlenir.

Ek 1.7. İletkenlik, toplam çözünmüş katı ve tuzluluk konsantrasyonunun ölçülmesi

Çalışmanın amacı göl suyunda yapılan in-situ çalışmalardaki İletkenlik, toplam çözünmüş katı ve tuzluluk konsantrasyonunun ölçülmesidir. Kullanılan cihazlar aşağıdaki gibidir;

- YSI 6600 EDS çoklu parametre ölçen sonda (1.dönem arazi çalışmaları)
- WTW LF320 portatif iletkenlik ölçüm cihazı (arazi ve laboratuvar çalışmaları)

İlk cihaz için kullanılan prosedür aşağıda verilmiştir.

- Ek 1.5'te anlatıldığı gibidir.
- Kalibrasyon (Hach Lange) 2 standart kalibrasyon çözeltisi ve deiyonize su ile yapılır.

İkinci cihaz için uygulanan prosedür Ek 1.5'te anlatıldığı gibidir. Cihazın kalibrasyonu için cihaz ile gelen KCl çözeltisi kullanılır.

Ek 1.8. Katı ve yarıkatı örneklerde toplam, uçucu ve sabit katı madde analizi

Çalışmanın amacı Eymir Gölü'nden alınan sediman numunelerinde toplam, uçucu ve uçucu olmayan (organik) katı madde miktarlarının belirlenmesidir. SMWW 20th Edition 2540 G metodu uygulanmıştır ve prosedürler aşağıda verilmiştir.

- Porselen krezeler sadece toplam katı ölçülecek ise 105 °C'deki fırında; uçucu katılar ölçülecek ise 550 °C'de kül fırınında 1 saat bekletilir.
- Desikatörde soğutulur, tartılır ve kullanılabilece kadar desikatörde bekletilir.
- 25-50 g'lık numune hazırlanmış krozeye yerleştirilir, hassas terazide (Denver Instrument 0,01g – 220g, d=0,0001g, e=0,001g) tartılır.
- 103 – 105 °C'deki fırında gece boyunca bekletilir.
- Desikatörde soğutulur ve tartılır. Bu işleme ağırlık değişimi %4'den ya da 50 mg'dan az olana kadar devam edilir.
- Kurutulmuş sediman 550 °C'deki kül fırınında 1saat bekletilir.
- Desikatörde sabit tartıma gelmesi beklenir ve hassas terazide tartılır.
- Desikatörde soğutulur ve tartılır. Bu işleme ağırlık değişimi %4'den ya da 50 mg'dan az olana kadar devam edilir. Analiz sonrasında yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

$$\% \text{ Toplam katılar} = (A - B) * 100 / (C - B)$$

$$\% \text{ Uçucu katılar} = (A - D) * 100 / (A - B)$$

$$\% \text{ Organik (uçucu olmayan) katılar} = (D - B) * 100 / (A - B)$$

A: kuru ağırlık + kroze (mg)

B: kroze ağırlığı (mg)

C: yaş ağırlık + kroze (mg)

D: yanmadan sonraki ağırlık +kroze (mg)

Ek 1.9. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizi

Çalışmanın amacı göl suyundan alınan numunelerdeki KOİ konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesidir. Çalışma sırasında iki ayrı metot kullanılmıştır. İlki Hach DR 2400 Spektrofotometre 8038 metodudur. Uygulanan prosedür aşağıda verilmiştir.

- KOİ reaktörü analiz öncesi 150°C'ye ısıtılır.
- KOİ çürütme çözeltilisi tüplerinin kapağı açılır.
- Tüp 45° açıyla tutularak, temiz bir pipet yardımıyla 2.00 mL numune tüpe eklenir.
- Şahit numune için 3. Basamak saf su eklenmesi ile gerçekleştirilir.
- Tüplerin kapakları kapatılır ve ters-düz çevrilerek karışması sağlanır.

Not: Tüplerin reaksiyon sonucu ısınmasına dikkat etmek gereklidir.

- Daha önceden hazırlanmış olan KOİ reaktörüne tüpler yerleştirilerek 2 saat beklenir.
- 2 saat sonunda reaktör kapatılır ve 20 dakika boyunca 120°C veya daha düşük sıcaklığa düşmesi sağlanır
- Tüpler ters-düz çevrilerek karıştırılır ve oda sıcaklığına gelmesi beklenir.
- Spektrofotometrede 430 (COD LR) programı seçilir
- 16 mm'lik spektrofotometre adaptörü yerleştirilir.
- Şahit spektrofotometreye yerleştirilip analiz için spektrofotometre sıfırlanır.
- Numune hücresi hücre tutucuya yerleştirilir.
- Değer mg/L KOİ cinsinden okunur.

Uygulanan metot Dr. Lange Cadas 200 spektrofotometre LCK 314 metodudur ve uygulanan prosedür aşağıda sıralanmıştır.

- Lange LT 200 ısıtıcısı analiz öncesi 148°C'ye ısıtılır.
- KOİ çürütme çözeltisi tüpleri birkaç kez çalkalanıp sedimanın karışması sağlanır.
- Temiz bir pipet yardımıyla 2.00 mL numune tüpe eklenir.
- Tüplerin kapakları kapatılır ve ters-düz çevrilerek karışması sağlanır.
- Not: Tüplerin reaksiyon sonucu ısınmasına dikkat etmek gereklidir
- Daha önceden hazırlanmış olan ısıtıcıya tüpler yerleştirilerek 2 saat beklenir.
- Reaktör kapatılır ve 20 dakika boyunca 120°C veya daha düşük sıcaklığa düşmesi sağlanır.
- Tüpler 2 kez dikkatlice ters-düz çevrilerek karıştırılır ve oda sıcaklığına gelmesi beklenir.
- Spektrofotometrenin Dr. Lange menüsünden 314 COD programı seçilir.
- Küvet, spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değer mg/L KOİ cinsinden okunur.

Ek 1.10. Klorofil-a ve Feofitin-a analizi

Çalışmanın amacı yüzey sularındaki klorofil-a ve feofitin-a konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesidir Kullanılan "ISO 10260, 1992 St Ethanol Extraction" metodunun prosedürleri aşağıdaki gibidir.

- 250 mL su numenesi alınır
- Numune cam yünü-elyaf filtreden süzülür

- Vezin'e filtre ve 20 ml saf etanol eklenir
- Vezin 76°C sıcak su banyosunda 15 dakika bekletilir
- Vezin oda sıcaklığına soğutulup filtre içinden alınır
- Spektrofotometrede (Bechman DU 530) 665 nm ve 750 nm'de 1 cm x 1 cm makroküvette absorbands okunulur
- 0,1ml ve 0.1 N HCl eklenerek 35 dakika reaksiyon için beklenilir
- 665 nm ve 750 nm'de 1 cm x 1 cm makroküvette absorbands okunulur.

Analiz sonunda kullanılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

$$\text{Klorofil-a } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) = (A - A_a) \times 29,6 \times \frac{V_e}{V_n} \times 1$$

$$\text{Feofitin-a } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) = (A_a) \times 20,73 \times \frac{V_e}{V_n} \times 1$$

A = 665 nm ve 750 nm arasındaki absorpsiyon farkı

A_a = Asit eklemesinden sonra 665 nm ve 750 nm arasındaki absorpsiyon farkı

V_n = Örnek hacmi (L)

V_e = Kullanılan etanol hacmi (mL)

Ek 1.11. Nitrat azotu analizi

Çalışmanın amacı göl suyunda alınan numunelerin nitrat konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesidir. Bunun için iki metot kullanılmıştır. Hach DR 2400 spektrofotometre 8171 metodu ve uygulanan prosedürler aşağıda sıralanmıştır.

- Yuvarlak numune hücresi 10 mL örnek ile doldurulur.
- NitraVer 5 toz yastık kiti numune hücreğine ve hücrenin ağzı kapatılır.
- 1 dakika boyunca hızlı bir şekilde numune hücresi çalkalanarak karıştırılır.
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için 5 dakika boyunca beklenir.

- Bu sırada ikinci bir numune hücreesine 10 mL numune şahit olarak doldurulur.
- Programlardan 353 (N, Nitrate MR) seçilir.
- Şahit spektrofotometreye yerleştirilip analiz için spektrofotometre sıfırlanır. (0.0 mg/LNO₃-N)
- 2 dakika içinde numune hücresi hücre tutucuya yerleştirilir.
- Değer mg/L NO₃-N cinsinden okunur.

Dr. Lange Cadas 200 spektrofotometre LCK 339 metodu ve uygulanan prosedürler ise aşağıda sıralandığı gibidir.

- İçinde solüsyon bulunan LCK 339 test küvetine yavaşça 1 ml numune eklenir.
- Ardından yavaşça 0,2 ml LCK 339 A solüsyonu eklenir.
- Tüpün ağzı kapatılır ve birkaç kez çalkalanır.
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için 15 dakika boyunca beklenir.
- Spektrofotometrenin Dr. Lange menüsünden 339 NO₃ – N seçilir.
- Küvet, spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değer mg/L NO₃ – N cinsinden okunur.

Nitrat ölçümünde kullanılan doğrulama analizinde uygulanan prosedürler aşağıda verilmiştir.

- 1 mg/mL'lik standart çözeltinin hazırlanması amacıyla 500 mg NaNO₃ (Sodyum Nitrat), 300 mL saf suya eklenerek 500 mL'lik dereceli silindirde çözülür.
- 50 mL NH₄Cl tamponu eklenir
- Saf su ile toplam hacim 500 mL'ye tamamlanır
- Hazırlanan çözelti 4°C'de 1-2 hafta bozulmadan saklanabilir

- Doğrulama analizi için:
- 10 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 10 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 9.6 ve 9.5 mg/L NO₃-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 4.5% bir hataya denk gelmektedir.
- 5 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 5 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 4.7 ve 5.1 mg/L NO₃-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 4% bir hataya denk gelmektedir.
- 1 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 1 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 0.9 ve 0.9 mg/L NO₃-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 10% bir hataya karşılık gelmektedir.

Ek 1.12. Nitrit azotu analizi

Çalışmanın amacı göl suyundan alınan numunelerin nitrit konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesidir. Bunun için iki metot kullanılmıştır. Hach DR 2400 spektrofotometre 8507 metodu için uygulanan prosedürler aşağıda sıralanmıştır.

- Yuvarlak numune hücresi 10 mL örnek ile doldurulur.
- NitriVer 3 toz yastık kiti numune hücreğine ve hücrenin ağzı kapatılır.
- Kimyasal çözülünceye kadar numune hücresi çalkalanarak karıştırılır.
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için 20 dakika boyunca beklenir.
- Bu sırada ikinci bir numune hücreğine 10 mL numune şahit olarak doldurulur.
- Programlardan 371 (N, Nitrite LR) seçilir.

- Şahit spektrofotometreye yerleştirilip analiz için spektrofotometre sıfırlanır. (0.0 mg/L NO₂-N)
- Numune hücresi hücre tutucuya yerleştirilir.
- Değer mg/L NO₂—N cinsinden okunur.

Dr. Lange Cadas 200 spektrofotometre LCK 541 metodu için uygulanan prosedürler ise aşağıda sıralandığı gibidir.

- 50 mm'lik plastik küvete (LZP 341), (LCK 541 A) kuru mikrokap konur,
- Küvete 0,5 ml LCK 541 B solüsyonu ve 5 ml numune eklenir,
- Küvetin ağzı derhal kapatılır, kimyasallar çözülünceye kadar birkaç kez çalkalanır,
- 10 dakika reaksiyonun gerçekleşmesi için beklenir, sonra birkaç kez daha çalkalanır,
- Spektrofotometrenin Dr. Lange menüsünden 541 NO₂ – N seçilir.
- Plastik küvet, spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değer mg/L NO₂ – N cinsinden okunur.

Doğrulama Analizi

- 0.5 mg/L'lik standart çözeltinin hazırlanması amacıyla 250 mg NaNO₂ (Sodyum Nitrit), 300 mL saf suya eklenerek 500 mL'lik dereceli silindirde çözülür.
- 100 mL amonyak tamponu eklenir
- Saf su ile toplam hacim 500 mL'ye tamamlanır
- Hazırlanan çözelti 4°C'de 1 hafta bozulmadan saklanabilir
- Doğrulama analizi için:

- 600 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 0.3 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 0.295 ve 0.287 mg/L NO₂-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 3% bir hataya denk gelmektedir.
- 200 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 0.1 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 0.092 ve 0.107 mg/L NO₂-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 7.5% bir hataya denk gelmektedir.
- 10 mL standart çözelti alınarak 1 L'ye tamamlanır ve bu 0.005 mg/L konsantrasyonuna sahiptir
- Yapılan paralel doğrulama analizinde bu değer 0.004 ve 0.005 mg/L NO₂-N olarak okunmuştur. Bu ortalama 10% bir hataya denk gelmektedir.

Ek 1.13. pH, ORP ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi

Çalışmanın amacı göl suyundan alınan numunelerde pH, ORP ve sıcaklık konsantrasyonunun ölçülmesidir. Ölçüm için aşağıda sıralanan iki farklı cihaz kullanılmıştır.

1. YSI 6600 EDS çoklu parametre ölçen sonda (1.dönem arazi çalışmaları)
2. Jenway 370 portatif pH-metre (arazi ve laboratuvar çalışmaları)

İlk cihaz için uygulanan prosedür aşağıda sıralanmıştır.

- Ek 1.5'te anlatıldığı gibidir.
- Kalibrasyon (Hach Lange) 3 standart kalibrasyon çözeltisi (pH5, 7, 10) ile yapılır.

İkinci cihaz için uygulanan prosedür Ek 1.5'te anlatıldığı gibidir. Kalibrasyon için cihaz ile birlikte gelen pH4, pH7 ve pH10 çözeltileri kullanılır.

Ek 1.14. Tane Boyut Dağılım Tayini

Çalışmanın amacı Eymir Gölü'nün farklı bölgelerinden alınan sedimanlardaki tane büyüklüğünün dağılımının belirlenmesidir. Bunun için X-ışınları sedigrafı yöntemi kullanılmıştır. Uygulanan prosedür aşağıda verilmiştir.

- Örneğin içerdiği kil miktarına bağlı olarak kuru ya da yaş numuneden analiz yapılır.
- Kurutma sonrası madde öğütülemiyor ya da suyun içinde homojen dağılmıyor ise yaş numunenin bir miktar distile su içerisinde çözülmesinin ardından ölçüm yapılır.
- Tane boyu 150 μm 'den ufak olan özellikle kaolen ve kil gibi tabakalı yapıya sahip hammaddeler. X-ışınları yöntemi ile analiz edilir. (Sympa TEC Rodos T 4.1 Lazerli Tane Boyu ölçüm Cihazı)
- Homojen dağıtılmış katı ve sıvı karışımı ölçüm hücresine verilir,
- Katı partiküller bir miktar x-ışını enerjisini absorplar.
- X-ışını tarama yaparken karıştırma işlemi durur ve tanelerin çökmesine izin verilir.
- Tanelerin, viskozitesi ve yoğunluğu bilinen bir ortamda çökme hızı Stokes kanununa uyarlanarak tane partikül boyutu belirlenir.
- Sedigrafı ile hammadde, çamur ve sırların 0.1-300 μm arası tane boyutları ölçülebilmektedir.

Ölçüm sonucunda, d10, d50, d90 değerleri ile kümülatif kütle yüzde değerleri tespit edilir ve tane boyut dağılımı grafik olarak verilir.

Ek 1.15. Tarama elektron mikroskopisi

Çalışmanın amacı göl sedimanından alınan numunelerin tarama elektron mikroskop görüntülerinin alınmasıdır. Uygulanan prosedür aşağıda verilmiştir.

- Gölün 5 ayrı bölgesinden, 15.07.2010 tarihinde sediman numunesi alınmıştır. Tarama elektron mikroskop görüntüleri 03.08.2010 tarihinde fotoğraflanmıştır.
- Sediman numunelerinin bir seti küçük bir miktar saat camının üzerine alınarak 65°C'de fırında 2-3 gün boyunca bekletilir.
- Diğer bir set ise mikroorganizma görüntüsü alabilmek amacıyla petri kabı içerisinde absolute etanol ile karıştırılarak kapağı kapalı bir halde oda ısısında bekletilir.
- Görüntülemeye "Zeiss EVO50 scan electron microscope" kullanılmıştır.
- 65°C'de fırında bekletilen örnekler görüntü alınana kadar 50°C'de etüvde bekletilmiş, ardından gümüşe yatırılıp altın ile kaplandıktan sonra mikroskop içine yerleştirilmiştir.
- Etanol ile muamele edilen örnekler ise oda ısısında bekletilmiş yine gümüş içerisine yatırılıp altınla kaplanarak görüntülemeye hazır hale getirilmiştir.
- Örneklerin gümüşle kaplanmasının nedeni sedimanın pürüzlü yüzeyi ve üç boyutlu yapısı nedeniyle kenarlarındaki iletkenlik farkının etkisinin ortadan kaldırılmasıdır.

Ek 1.16. Toplam fosfat fosforu analizi

Çalışmanın amacı göl suyundan alınan numunelerde toplam fosfat fosforu konsantrasyonunun tespit edilmesidir. Dr. Lange Cadas 200 Spektrofotometre LCK 348 metodu kullanılmış ve prosedürleri aşağıda sıralanmıştır.

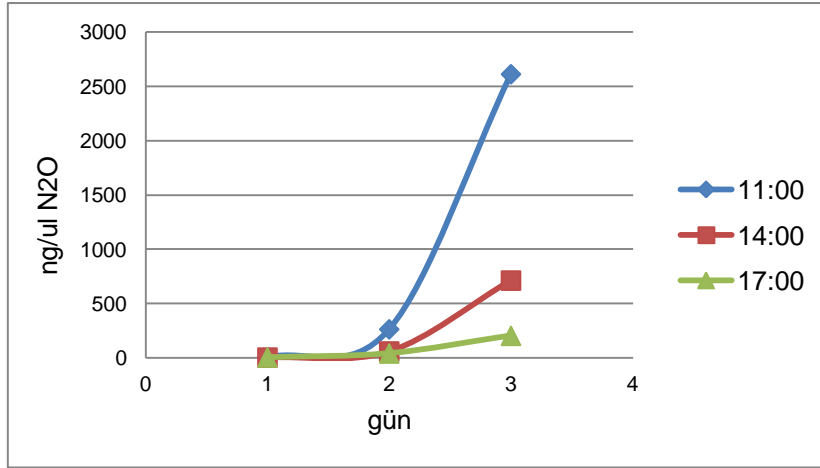
- Lange LT 200 ısıtıcısı analiz öncesi 100°C'ye ısıtılır.
- LCK 349 küvetlerinin kapağındaki folyo çıkarılır.

- Tüpler 2 ml numune ile doldurulur
- Tüplerin kapağı ters çevrilerek kapatılır
- Tüpün kapağındaki toz halindeki kimyasal çözülene kadar 2-3 kez tüpler karıştırılır.
- Daha önceden hazırlanmış olan ısıtıcıya tüpler yerleştirilerek 1 saat beklenir.
- 1 saat sonunda ısıtıcı kapatılır ve tüpler soğuyana kadar beklenir. (18-20°C)
- Tüplere 0,2 ml LCK 349 B reaktifi eklenir.
- Tüplerin ağzı LCK 349 C reaktifinin bulunduğu kapak ile kapatılır
- Reaktiflerin karışması için tüpler birkaç kez çalkalanır.
- Reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dakika beklenir.
- Spektrofotometrenin Dr. Lange menüsünden 349 PO₄ – P programı seçilir.
- Küvet spektrofotometreye yerleştirilir.
- Değerler mg/L PO₄ – P cinsinden okunur

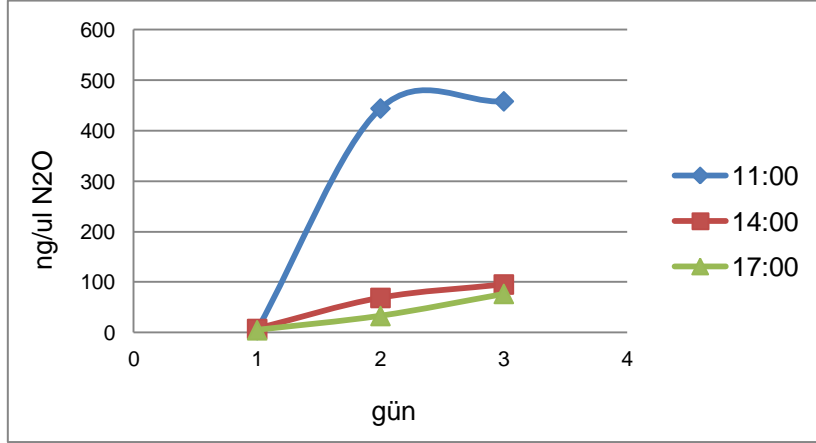
Gölden alınan sediman numunelerinin toplam fosfor konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak belirlenmesi amacıyla uygulanan LCK 348 metodunun prosedürleri ise aşağıda verilmiştir.

- Bir miktar çamur, 100°C fırında tamamen susuzlaşmaya kadar kurutulur.
- Numuneler kurutma aşamasından sonra desikatöre alınarak soğutulur.
- Kurutulmuş numuneler öğütülür.
- 10 gr numune tartılarak 100 ml saf su ilave edilir.
- Numuneler 16 saat boyunca karıştırılır.
- Numuneler santrifüjden geçirilerek sıvı ile çamur ayrılır.
- Numunelerin sıvı kısmı 45µm'lik filtre kağıdı kullanılarak süzülür.
- Sonraki aşama su numuneleri için uygulanan prosedür ile aynı şekilde devam eder.

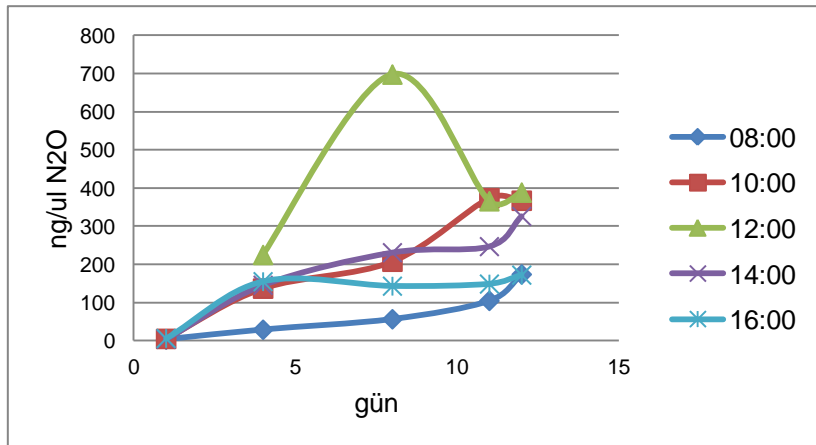
EK 2. Göl Sedimanının Saatlik N₂O Üretim Potansiyeli Grafikleri



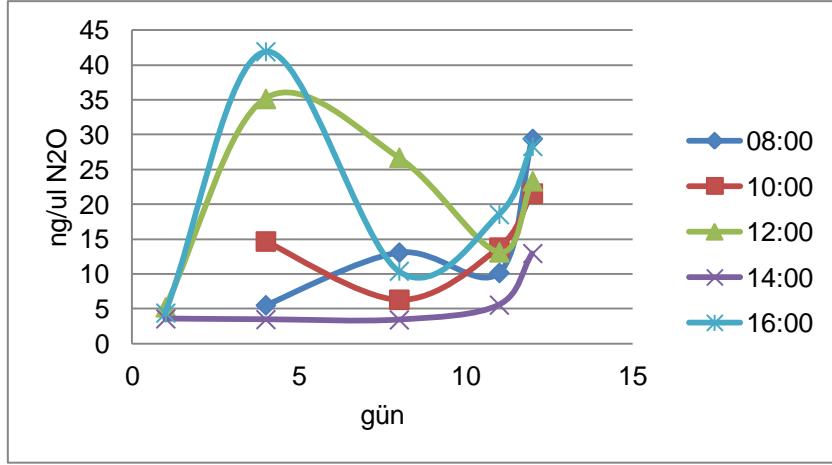
Şekil Ek 2.1. 04.06.2012 Arazisi 25°C'de inkübe edilen 15 cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.



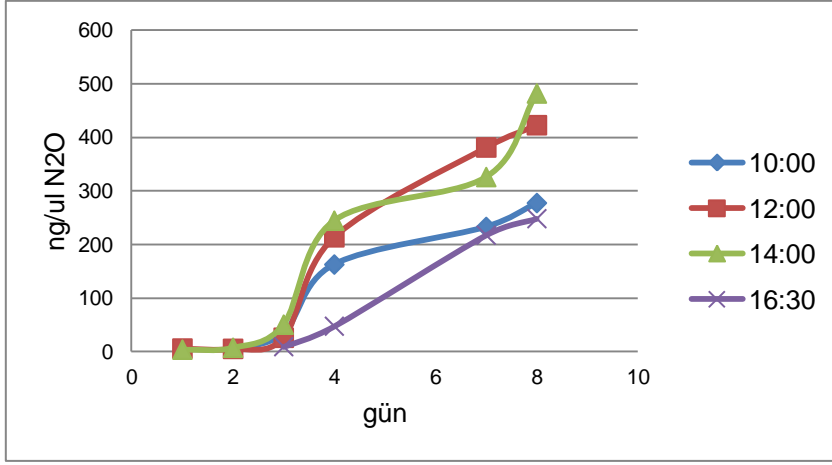
Şekil Ek 2.2. 04.06.2012 Arazisi 25°C'de inkübe edilen 2-3 cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.



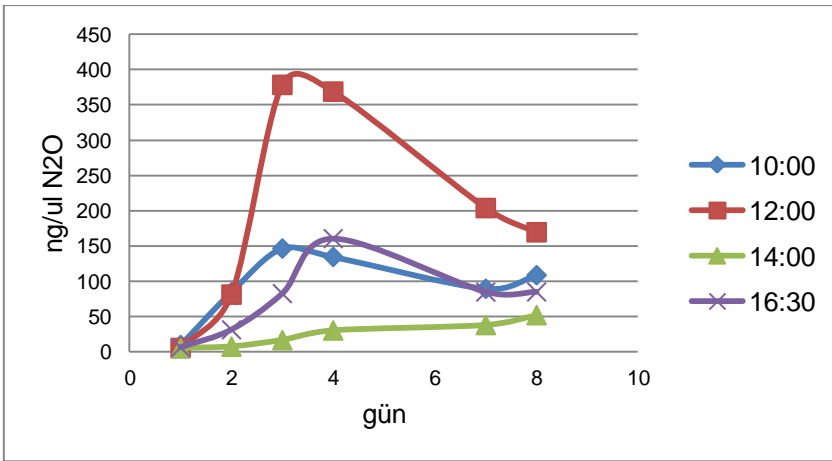
Şekil Ek 2.3. 08.12.2011 Arazisi 10°C'de inkübe edilen 15 cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.



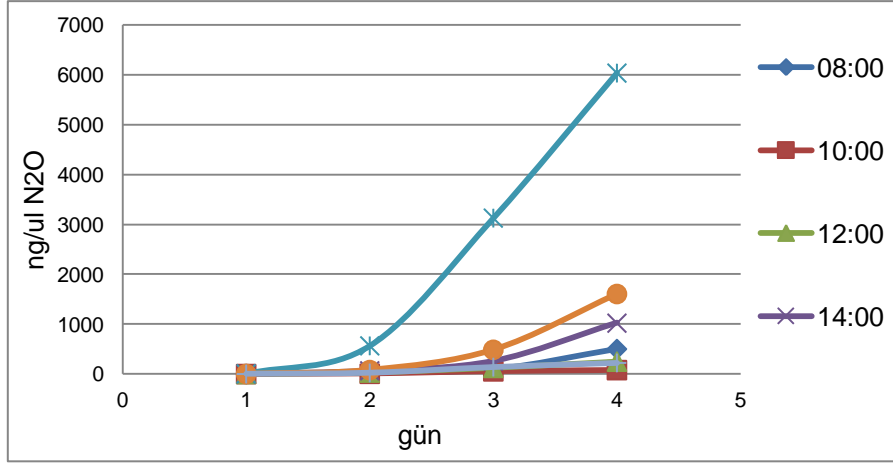
Şekil Ek 2.4. 08.12.2011 Arazisi 10°C'de inkübe edilen 2-3 cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.



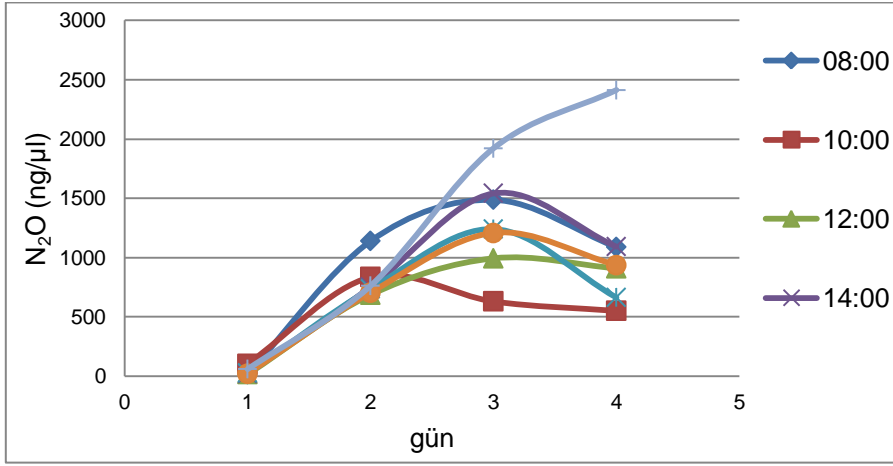
Şekil Ek 2.5. 25.11.2011 Arazisi 10°C'de inkübe edilen 15 cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.



Şekil Ek 2.6. 25.11.2011 Arazisi 10°C'de inkübe edilen 2-3cm'lik sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.

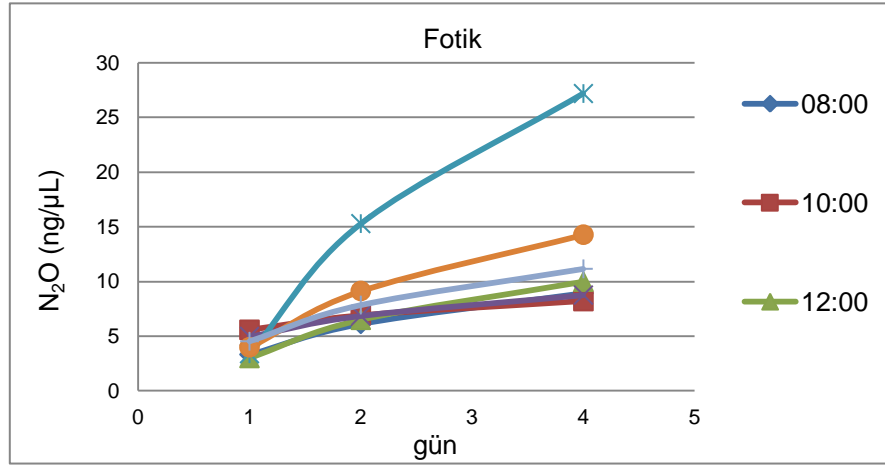


Şekil Ek 2.7. 05.10.2011 Arazisi, 25°C'de inkübe edilen 15 cm'den alınan sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.

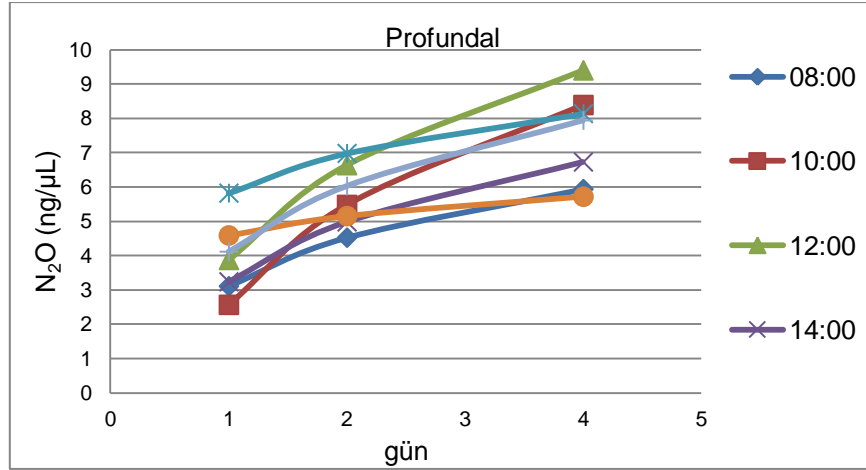


Şekil Ek 2.8. 05.10.2011 Arazisi, 25°C'de inkübe edilen 2-3 cm'den alınan sediman numunelerinin N₂O salım potansiyeli.

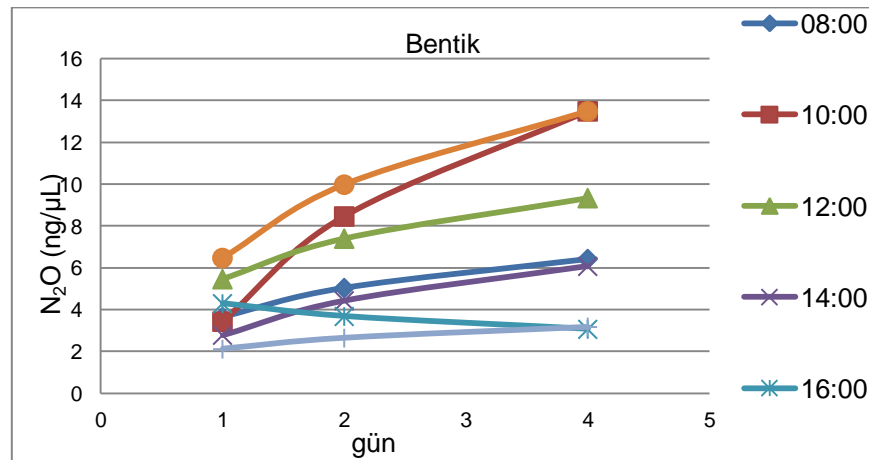
EK 3. Göl Suyunun Saatlik N₂O Üretim Potansiyeli Grafikleri



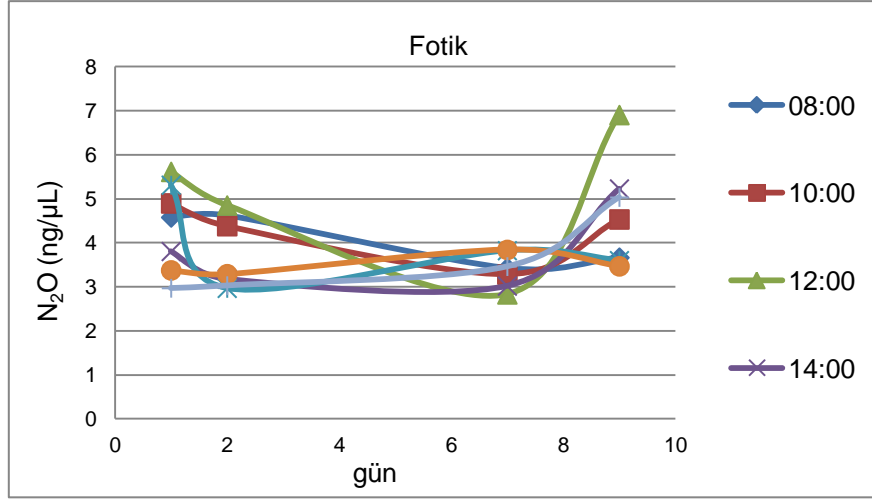
Şekil Ek 3.1. Eylül ayı fotik zonunda 4°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



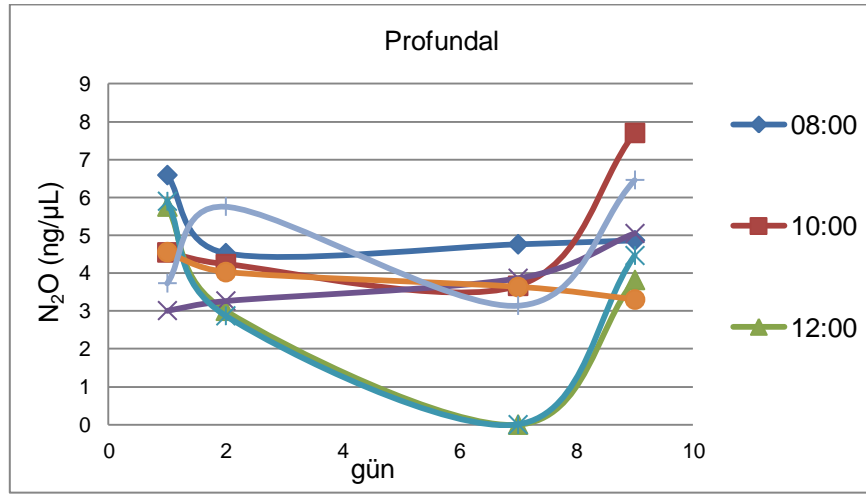
Şekil Ek 3.2. Eylül ayı profundal zonunda 4°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



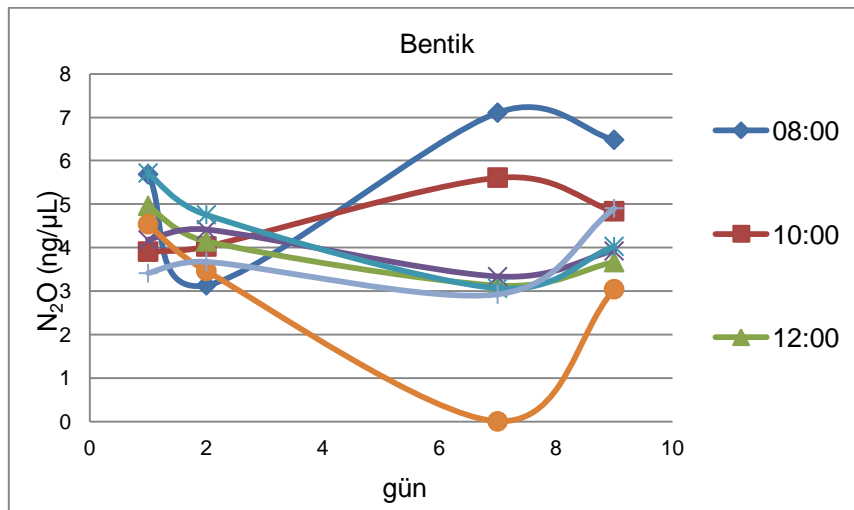
Şekil Ek 3.3. Eylül ayı bentik zonunda 4°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



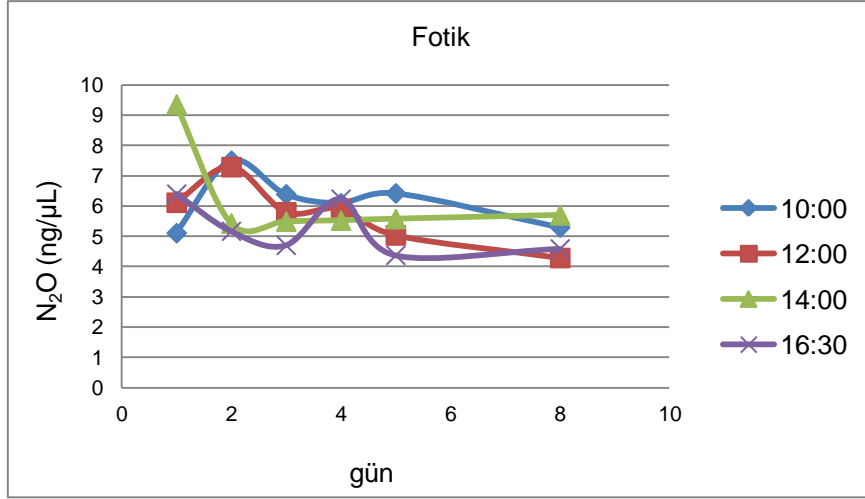
Şekil Ek 3.4. Ekim ayı fotik zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



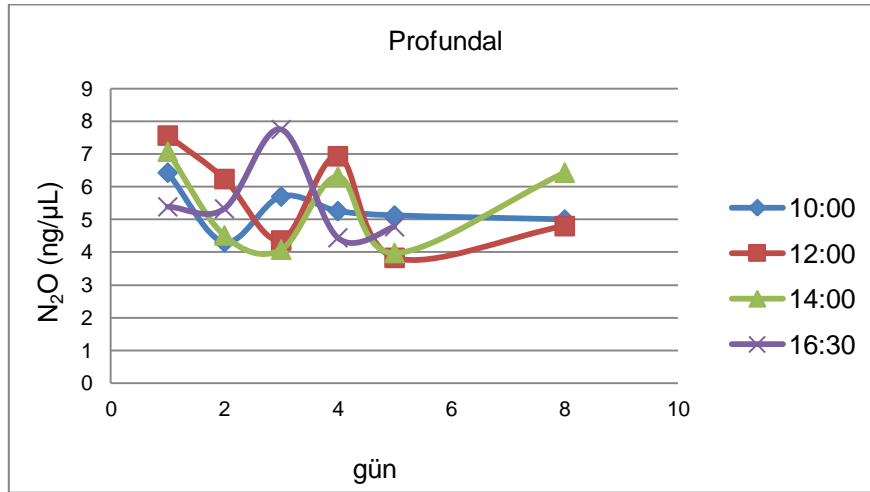
Şekil Ek 3.5. Ekim ayı profundal zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



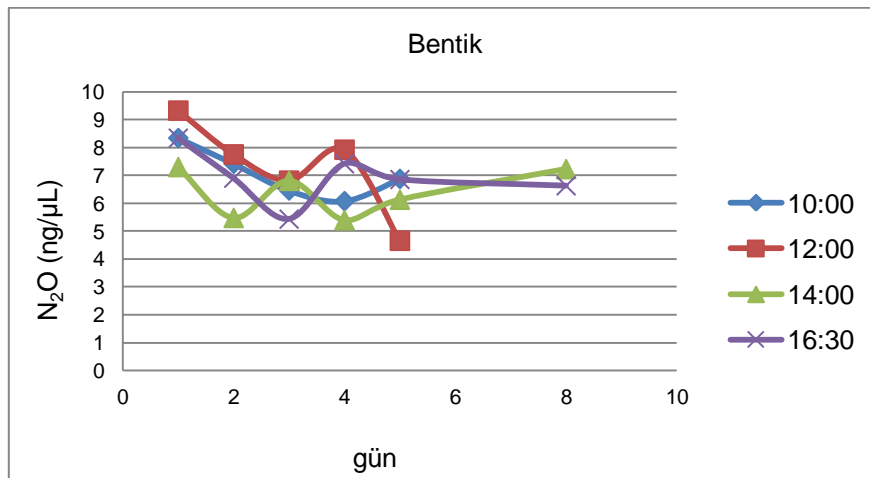
Şekil Ek 3.6. Ekim ayı bentik zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



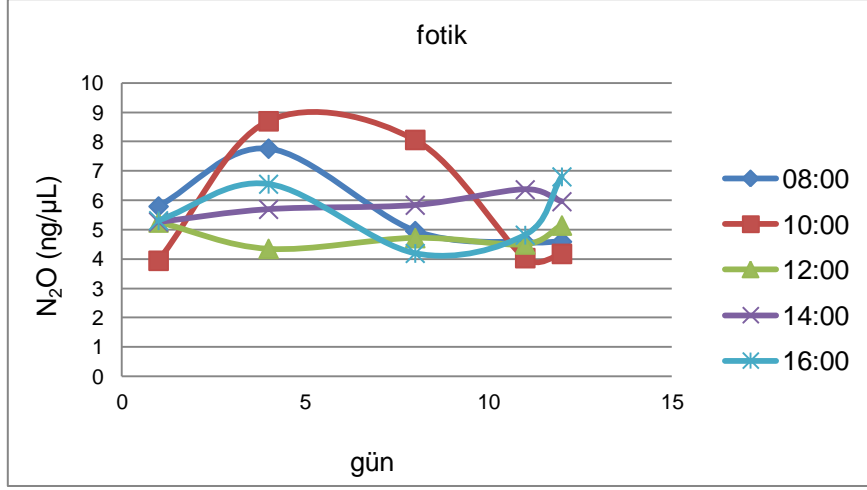
Şekil Ek 3.7. Kasım ayı fotik zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



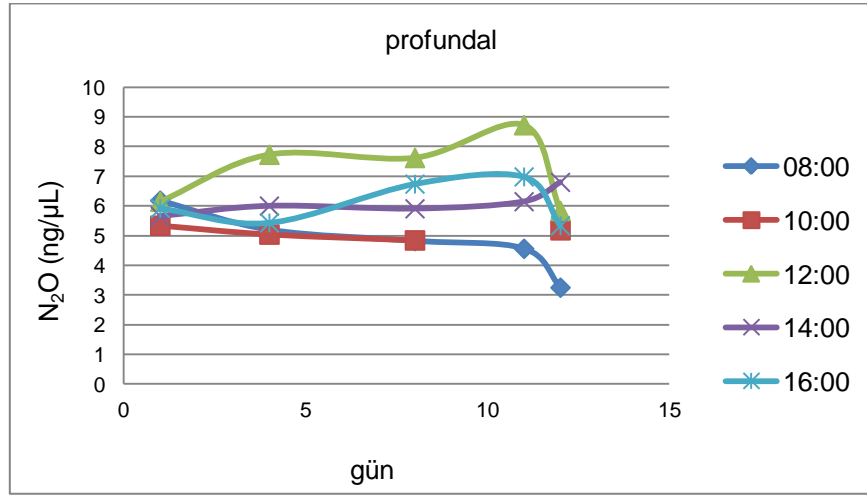
Şekil Ek 3.8. Kasım ayı profundal zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



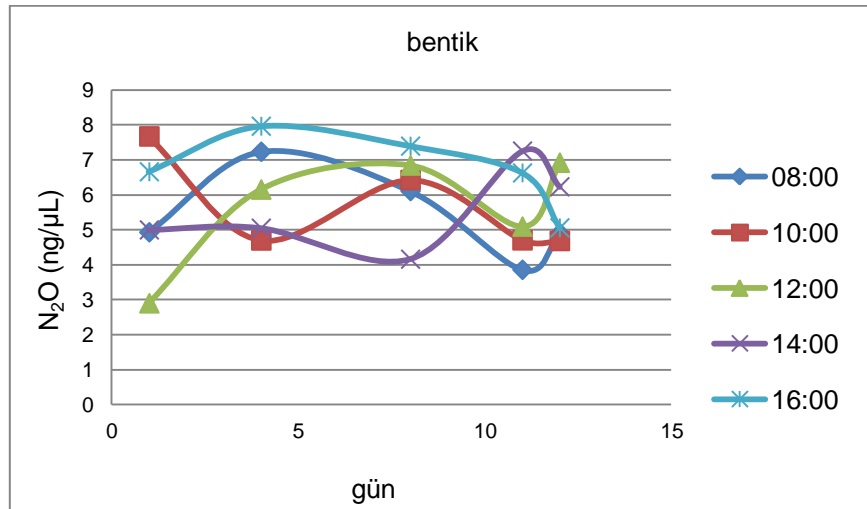
Şekil Ek 3.9. Kasım ayı bentik zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



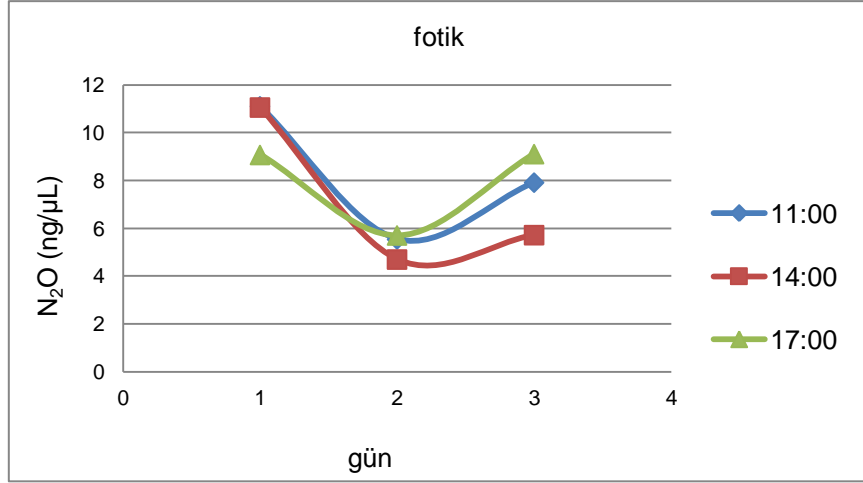
Şekil Ek 3.10. Aralık ayı fotik zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



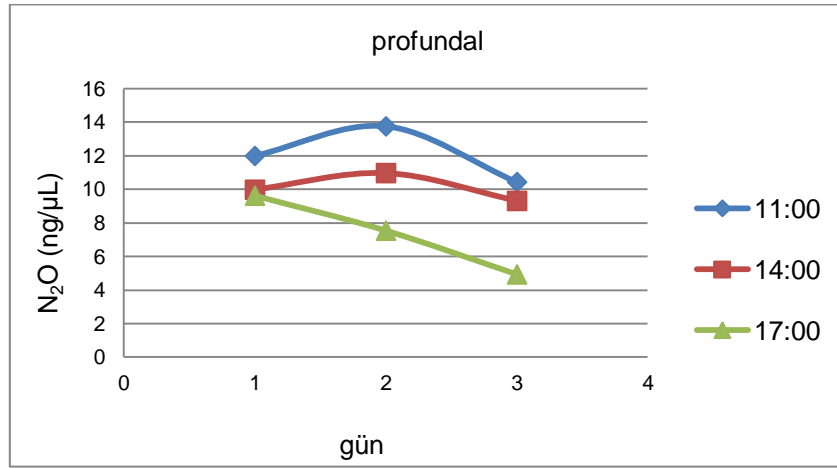
Şekil Ek 3.11. Aralık ayı profundal zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



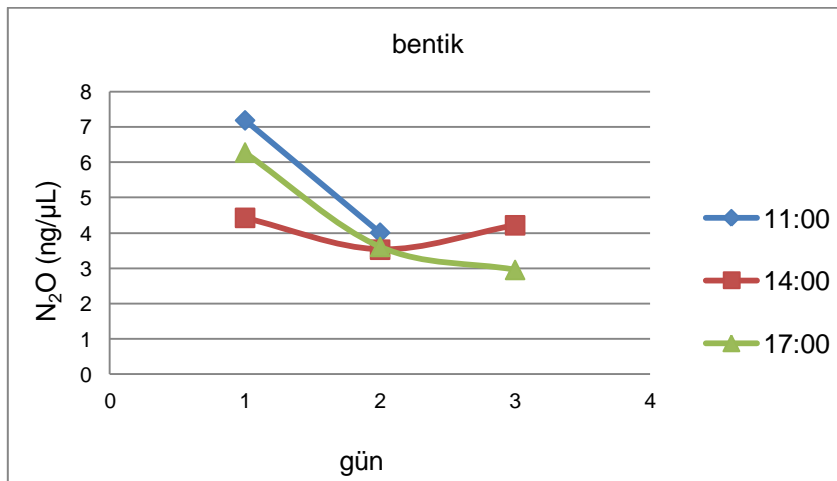
Şekil Ek 3.12. Aralık ayı bentik zonunda 10°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



Şekil Ek 3.13. Haziran ayı fotik zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



Şekil Ek 3.14. Haziran ayı profundal zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri



Şekil Ek 3.15. Haziran ayı bentik zonunda 25°C'de inkübe edilen numunelerin ortalama N₂O salım potansiyelleri

EK 4. Korelasyon Tabloları

Çizelge Ek 4.1. Pearson ürün momenti korelasyonu p - değerleri

	atm N2O	atm NH4	bentik N2O	bentik NH4	bentik NO2	bentik NO3	fotik N2O	fotik NH4	fotik NO2	fotik NO3	profund al N2O	profund al NH4	profund al NO2	profund al NO3	Sed dip N2O	Sed. Yüzey N2O
atm N2O		0.67	-0.01	0.80	-0.02	-0.02	0.73	-0.11	0.67	-0.02	0.72	0.62	0.32	-0.02	-0.25	-0.63
atm NH4	0.67		-0.08	0.54	0.27	-0.20	0.47	-0.18	0.57	-0.30	0.32	0.51	0.35	-0.32	-0.49	-0.55
Bentik N2O	-0.01	-0.08		-0.23	-0.27	0.64	0.15	0.31	-0.25	0.70	0.29	-0.26	-0.35	0.67	-0.28	-0.28
bentik NH4	0.80	0.54	-0.23		0.08	-0.13	0.77	-0.20	0.42	-0.24	0.48	0.48	0.29	-0.25	-0.17	-0.31
bentik NO2	-0.02	0.27	-0.27	0.08		-0.39	-0.09	-0.47	-0.27	-0.35	-0.29	-0.23	-0.23	-0.34	0.33	0.19
bentik NO3	-0.02	-0.20	0.64	-0.13	-0.39		0.34	0.45	-0.10	0.87	0.09	-0.06	-0.12	0.77	-0.39	-0.15
fotik N2O	0.73	0.47	0.15	0.77	-0.09	0.34		-0.15	0.44	0.22	0.44	0.52	0.28	0.20	-0.30	-0.43
fotik NH4	-0.11	-0.18	0.31	-0.20	-0.47	0.45	-0.15		0.07	0.37	0.21	0.10	0.18	0.27	-0.29	0.17
fotik NO2	0.67	0.57	-0.25	0.42	-0.27	-0.10	0.44	0.07		-0.16	0.43	0.93	0.69	-0.17	-0.29	-0.44
fotik NO3	-0.02	-0.30	0.70	-0.24	-0.35	0.87	0.22	0.37	-0.16		0.04	-0.12	-0.25	0.98	-0.35	-0.13
profund al N2O	0.72	0.32	0.29	0.48	-0.29	0.09	0.44	0.21	0.43	0.04		0.36	0.15	0.03	-0.05	-0.51
profund al NH4	0.62	0.51	-0.26	0.48	-0.23	-0.06	0.52	0.10	0.93	-0.12	0.36		0.62	-0.13	-0.20	-0.17
profund al NO2	0.32	0.35	-0.35	0.29	-0.23	-0.12	0.28	0.18	0.69	-0.25	0.15	0.62		-0.26	-0.24	-0.22
profund al NO3	-0.02	-0.32	0.67	-0.25	-0.34	0.77	0.20	0.27	-0.17	0.98	0.03	-0.13	-0.26		-0.30	-0.14
Sediman dip N2O	-0.25	-0.49	-0.28	-0.17	0.33	-0.39	-0.30	-0.29	-0.29	-0.35	-0.05	-0.20	-0.24	-0.30		0.51
Sed. yüzey N2O	-0.63	-0.55	-0.28	-0.31	0.19	-0.15	-0.43	0.17	-0.44	-0.13	-0.51	-0.17	-0.22	-0.14	0.51	

Çizelge Ek 4.2. Pearson ürün momenti korelasyon katsayıları

	atm N2O	atm NH4	bentik N2O	bentik NH4	bentik NO2	bentik NO3	fotik N2O	fotik NH4	fotik NO2	fotik NO3	profundal N2O	profundal NH4	profundal NO2	profundal NO3	sediman dip N2O	sediman yüzey N2O
atm N2O		0.01	0.97	0.00	0.95	0.94	0.00	0.69	0.01	0.94	0.00	0.01	0.25	0.95	0.37	0.01
atm NH4	0.01		0.77	0.04	0.33	0.48	0.08	0.52	0.03	0.28	0.24	0.05	0.20	0.24	0.06	0.03
bentik N2O	0.97	0.77		0.41	0.33	0.01	0.58	0.27	0.37	0.00	0.30	0.36	0.21	0.01	0.32	0.30
bentik NH4	0.00	0.04	0.41		0.78	0.65	0.00	0.47	0.12	0.40	0.07	0.07	0.30	0.36	0.54	0.26
bentik NO2	0.95	0.33	0.33	0.78		0.15	0.75	0.08	0.32	0.20	0.30	0.41	0.40	0.22	0.23	0.50
bentik NO3	0.94	0.48	0.01	0.65	0.15		0.22	0.09	0.72	0.00	0.75	0.83	0.67	0.00	0.16	0.59
fotik N2O	0.00	0.08	0.58	0.00	0.75	0.22		0.59	0.10	0.44	0.10	0.05	0.32	0.48	0.27	0.11
fotik NH4	0.69	0.52	0.27	0.47	0.08	0.09	0.59		0.79	0.17	0.45	0.73	0.53	0.33	0.29	0.54
fotik NO2	0.01	0.03	0.37	0.12	0.32	0.72	0.10	0.79		0.56	0.11	0.00	0.00	0.54	0.30	0.10
fotik NO3	0.94	0.28	0.00	0.40	0.20	0.00	0.44	0.17	0.56		0.89	0.67	0.38	0.00	0.20	0.64
profundal N2O	0.00	0.24	0.30	0.07	0.30	0.75	0.10	0.45	0.11	0.89		0.18	0.59	0.90	0.86	0.05
profundal NH4	0.01	0.05	0.36	0.07	0.41	0.83	0.05	0.73	0.00	0.67	0.18		0.01	0.64	0.47	0.55
profundal NO2	0.25	0.20	0.21	0.30	0.40	0.67	0.32	0.53	0.00	0.38	0.59	0.01		0.36	0.40	0.44
profundal NO3	0.95	0.24	0.01	0.36	0.22	0.00	0.48	0.33	0.54	0.00	0.90	0.64	0.36		0.27	0.61
sediman dip N2O	0.37	0.06	0.32	0.54	0.23	0.16	0.27	0.29	0.30	0.20	0.86	0.47	0.40	0.27		0.05
sediman yüzey N2O	0.01	0.03	0.30	0.26	0.50	0.59	0.11	0.54	0.10	0.64	0.05	0.55	0.44	0.61	0.05	

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ezgi Öğün

Doğum Yeri : Fatih

Doğum Yılı : 03.11.1987

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 2001 – 2004 : Fahrettin Kerim Gökay Anadolu Lisesi

Lisans2004 – 2008 : Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Yabancı Dil: İngilizce, Almanca

İş Tecrübesi:

2009: Ekolojik Araştırmalar Derneği

Proje Alan Sorumlusu