



**Gerçek Zamanlı Otomatik Göl İzleme Sistemi
ile Göl Metabolizması ve Fitoplankton
Biyokütlesinin Uç Olaylar ve Çevresel
Değişkenlere Göre Değişiminin Araştırılması**

Program Kodu: COST 2515

Proje No: 114Y415

Proje Yürütücüsü:

Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU

Araştırmacılar:

Prof. Dr. Fatih Evrendilek

Doç. Dr. Nusret Karakaya

Bursiyerler:

Eti Ester Levi

Duygu Tolunay

Müşerref Büşra Yağlı

Nur Filiz Erol

Uğur Işkın

MART 2018
ANKARA



ÖNSÖZ

Dünya'daki su kütlesinin %2'sinden çok daha az bir kısmını kaplayan tatlı su kaynakları hem insan yaşamının devamlılığı hem de diğer canlılar için çok büyük önem arz etmektedir. Günümüzde bu kaynaklar, iklim değişikliği ve insan etkisi sebebi ile tehdit altındadır. Bu kaynakların korunması için geliştirilmiş yerinde örneklemeler artık yetersiz kalmaktadır. Teknoloji ile yüksek frekanslı otomatik sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu doğrultuda istenilen sıklıkta su kaynaklarından toplanan veriler hem ekosistemlerin değişen çevre koşullarına verdiği tepkileri değerlendirmemizde yardımcı olmakta hem de geleceğe yönelik yapılan projeksiyonları güçlendirmektedir.

TUBİTAK tarafından COST 2515 program kodu altında NETLAKE Cost- Aktivitesi ile uyumlu 114Y415 proje numaralı "Gerçek zamanlı otomatik göl izleme sistemi ile göl metabolizması ve fitoplankton biyokütlesinin uç olaylar ve çevresel değişkenlere göre değişiminin araştırılması" adlı desteklenen projemiz ile de Eymir Gölü'nde yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu (YFOİ) kurmayı hedefledik. Bu amaç doğrultusunda üç yıl boyunca göl ekosistemi yakından incelenmiş, çevre ile olan etkileşimleri değerlendirilmiştir. Projenin bilimsel ayağının yanı sıra vatandaş bilimi ayağı eklenmiş, Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı (EGEEP) geliştirilmiştir. Projede elde edilen bilimsel bilgiler 5. ve 7. sınıf öğrencileri ile paylaşılmış, öğrencilerde çevre bilinci oluşturulması amaçlanmıştır. TUBİTAK tarafından desteklenen çok yönlü 114Y415 numaralı proje Türkiye'de otomatik izleme sistemlerinin yaygınlaşması, eğitimde bilimsel düşüncenin öne çıkması ve vatandaşlara çevre bilincinin aşılması açısından çok önemli bir rol oynamaktadır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	2
3. GEREÇ VE YÖNTEM	6
3.1 İstasyon Kurulumu ve Saha Ölçümleri	6
3.1.1 Yüksek Frekanslı Otomatik İzleme İstasyonu (YFOİİ) Veri İşlenmesi, Boşluklarının Doldurulması ve Modellenmesi	7
3.2 Metabolizma ve Bileşenlerinin Hesaplanması	11
3.3 Vatandaş Bilimi	12
4. BULGULAR.....	16
4.1 İP-1: İstasyon Kurulumu ve Saha Ölçümleri.....	16
4.1.2 Saha Ölçümleri ve Analizler	17
4.2 İP-2: Veri Transferi ve paylaşımı.....	20
4.3 İP3: Veri işleme, analizler ve modelleme.....	23
4.3.1 Metabolizma ve Bileşenlerinin Sonuçları	29
4.3.2 Metabolizma Hesaplamaları ile Tespit Edilen Uç Olaylar	32
4.3.3 Çevresel Değişkenler ile Göl Metabolizması Bileşenleri Arasındaki İlişki	43
4.4 İP4: Vatandaş Bilimi ve Bilgi Paylaşımı	46
4.4.1 Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı'nın (EGEEP) Amacı.....	46
4.4.2 Vatandaş Bilimi Uygulamaları: Sınıf İçi Eğitimler	46
4.4.3 Vatandaş Bilimi Uygulamaları: Sınıf Dışı Eğitimler.....	50
4.4.4 Seminerler	61



4.4.5 Değerlendirme Anketi	62
4.5 Bakanlık ve Alanında Uzmanlar için Çalıştay.....	63
5. TARTIŞMA/SONUÇ	66
5.1 Metabolizma Sonuçları ve Çevresel Değişkenler	66
5.2 Göl Metabolizma Hesabı Üzerine Gelecek Planları.....	68
5.3 Vatandaş Bilimi	69
KAYNAKÇA.....	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Proje süresince yapılan arazi çalışmaları	6
Şekil 2. YFOİİ'nin gölün en derin noktasına tahsis edilmesi	16
Şekil 3. a) Her yarım metrede bir yerinde ölçüm yapılan parametrelerin ortalama değerleri b) Analizi yapılan toplam fosfor (TP), toplam azot (TN) ve amonyum değerleri	19
Şekil 4. a) Klorofil-a konsantrasyonunun ve b) SRP ve Seki disk derinliği değişimi	19
Şekil 5. Veri transferi saha kablosu	20
Şekil 6. Sonda ile modem arasında iletişim sağlayan Veri Toplama Platformu.....	20
Şekil 7. Loggernet bilgisayar yazılımı ve telefon uygulaması ile sisteme erişim	21
Şekil 8. Loggernet yazılımı kullanılarak uzaktan veri erişiminde sonda ve meteorolojik veriler ile iletişim kurulması	22
Şekil 9. Loggernet yazılımı ile YFOİİ'ye bağlandıktan sonra canlı olarak parametrelerin takibi..	22
Şekil 10. Uzaktan erişilen YFOİİ sistemindeki verilerin bilgisayara indirilmesi.	23
Şekil 11. YFOİİ'den elde edilen 10'ar dakikalık a) rüzgar hızı, b) sıcaklık ve c) çözülmüş oksijen verileri	28
Şekil 12. YFOİİ'den elde edilen klorofil-a verileri ile çevresel parametreler arasındaki ilişki a) Rüzgar hızı, b) Çözülmüş oksijen, c) Sıcaklık ve d) Bulanıklık.....	29
Şekil 13. 2015 ve 2016 yılları boyunca termostat zincirinden elde edilen verilerden oluşturulan derinliğe bağlı sıcaklık grafikleri ve karışım derinliği (siyah çizgi).....	30
Şekil 14. 2017 yılı boyunca termostat zincirinden elde edilen verilerden oluşturulan derinliğe bağlı sıcaklık grafikleri ve karışım derinliği (siyah çizgi).	31
Şekil 15. Aylık ortalama GPP, RES ve NEP	32
Şekil 16. Üç yıllık dönem boyunca fDOM bakımından 2015 yılının 334. (25.1 RFU) ve 2017 yılının 226. takvim gününde (14.8 RFU) (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 334. ve 956. takvim gününde) gerçekleşen iki uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.	36
Şekil 17. Üç yıllık dönem boyunca rüzgâr hızı bakımından 2016 yılının 144. takvim gününde (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 509. takvim gününde) (5.1 m/s) gerçekleşen uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.	36
Şekil 18. Üç yıllık dönem boyunca klorofil-a bakımından 2017 yılının 228. takvim gününde (116.8 µg/l) (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 958. takvim gününde) gerçekleşen uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.	37



Şekil 19. Eylül uç olayında d) rüzgar hızı (m/s), e) çözülmüş oksijen (mg/l)	38
Şekil 20. Eylül uç olayında a) karışım derinliği (m), b) flüoresan çözülmüş organik madde(fDOM) ve c) metabolizma değerleri (mg.O ₂ /l.gün)	39
Şekil 21. 2016 yılı Nisan ayı Eymir Gölü a) Metabolizma (mg.O ₂ /l.d), b) Rüzgar hızı (m/s), c) Birincil üretim (µg/l) değişimleri.....	40
Şekil 22. Nisan 2016 Dönemi sonrası a) metabolizma değerleri, Nisan 2016 uç olayı öncesi ve sonrası b) hava sıcaklığı değerleri.....	41
Şekil 23. Yaz 2017 dönemi Eymir Gölü a) Metabolizma (mg.O ₂ /l.d), b) Rüzgar hızı (m/s) ve c) Birincil üretim (µg/l).....	42
Şekil 24. Öğrencilerin tasarladığı ışık geçirgenliği ürünlerini test etmeleri	57
Şekil 25. Öğrencilerin verilerini paylaşmaları ve seki disk hakkında bilgilendirmeleri.....	58
Şekil 26. Öğrencilerin çay poşeti ve ibutton protokollerini yapmaları ve mikroskopta yaptıkları gözlemler ile fitoplanktonları sınıflandırmaları	59
Şekil 27. Öğrencilerin çay poşeti ve ibutton protokollerini yapmaları, mikroskopta yaptıkları gözlemler ile zooplanktonları sınıflandırmaları, balık örneklerini incelemeleri ve su örnekleme kabını tanımaları.....	60
Şekil 28. Öğrencilere verilen seminerlerden görüntüler	62



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Temel süreç becerileri ve üst düzey süreç becerileri	5
Tablo 2. YFOİİ'den toplanan ham veriler, üst ve alt aykırı değer tespit kuralları ve boşluk doldurma statüsü.....	8
Tablo 3. Boşluk doldurma için kullanılan en iyi uyumlu çoklu doğrusal regresyon modellerinin yanıt değişkenleri ile kestiricileri	10
Tablo 4. “k” sabitinin hesaplanmasında kullanılan 7 farklı metod	11
Tablo 5. Metabolizma hesabında kullanılan 5 model ve yapısal özellikleri	12
Tablo 6. EGEEP Eğitimi Konuları.....	15
Tablo 7. Sistemdeki sondaların ölçtüğü değişkenler	17
Tablo 8. Meteoroloji istasyonunun ve termostat zincirinin ölçtüğü değişkenler	17
Tablo 9. Proje dönemi boyunca yapılan 33 su örneklemeyle yerinde ölçüm ve analizi yapılan parametrelerin ortalama, minimum ve maksimum değerleri.....	18
Tablo 10. Boşluğu doldurulan verilerin betimleyici istatistikleri.....	24
Tablo 11. Boşluk doldurma işlemi sonrası yıllara göre betimleyici istatistikler	25
Tablo 12. 2015 yılı 178. takvim günü ile 2017 yılı 304. takvim günü arasında gerçekleşen uç çevresel olayların üç yıllık dönem bazında tespiti (kalın yazı ve gri dolgu ile belirtilmektedir) ($n = 416$).....	33
Tablo 13. 2015 yılı 178. takvim günü ile 2017 yılı 304. takvim günü arasında gerçekleşen uç çevresel olayların yıl bazında tespiti (kalın yazı ve gri dolgu ile belirtilmektedir) $n = 110$ (2015 için); 207 (2016 için); 99 (2017 için).....	34
Tablo 14. Uç olaylara denk gelen günlerin metabolizma değerleri ile bir gün önceki ve sonraki metabolizma değerlerinin karşılaştırılması.	37
Tablo 15. GPP ve RES'in zamana ve besi maddelerine bağlı olarak değişimini açıklayan en uyumlu çoklu doğrusal olmayan model sonuçları.....	44
Tablo 16. GPP için en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin katsayıları (SE = 2.5; $r^2_{düz} = \%43.6$; $r^2_{tah} = \%43.18$; Durbin-Watson = 0.9; $n = 416$)	45
Tablo 17. R için en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin katsayıları (SE = 3.0; $r^2_{düz} = \%36.98\%$; $r^2_{tah} = \%31.79$; Durbin-Watson = 1.3; $n = 416$)	45
Tablo 18. Sınıf İçi Eğitim Etkinlikleri	47
Tablo 19. Eymir Gölü EGEEP Pratik Eğitim Etkinlikleri	51
Tablo 20. EGEEP kapsamında verilen seminerler	61
Tablo 21. Proje kapsamında yapılan sunumlar	64



ÖZET

Ocak 2015 - Ocak 2018 dönemini kapsayan üç yıllık 4 iş paketinden (İP) oluşan TUBİTAK 114Y415 numaralı projesinin 1. İP si olan Eymir Gölü'nde yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonunun (YFOİİ) kurulması 2015 Haziran ayı itibari ile gerçekleştirilmiştir. İP2 kapsamında planlanan online veri transferi ise ODTÜ, Limnoloji Laboratuvarında tahsis edilen bilgisayara uygun yazılımlar aracılığı ile aktarılmıştır. İP3, YFOİİ'den alınan verilerin kontrolü ve takibi, manuel su kalite örnekleme, YFOİİ verileri ile metabolizma hesabı, bu verilerin birincil üretim ve uç olaylarla ilişkilendirilmesini kapsamaktadır. İP3 paketinden elde edilen sonuçlar ile Eymir Gölü'nün ötrofik bir göl olmasına rağmen yılın çoğu zamanı heterotrofik (Net Ekosistem Üretimi (NEP) <0) özellikte olduğu yani atmosfere karbon salınımı yaptığı tespit edilmiştir. Fitoplankton aşırı artışlarına ise genellikle Ağustos ve Eylül aylarında su girişinin olmadığı göl suyunun durgun, hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde rastlanılmıştır. Bu dönemlerde göl metabolizmasının ototrofik (NEP>0) olduğu yani ekosistemin karbon tuttuğu tespit edilmiştir. Bu durumun uzun yıllarca yürütülen restorasyon amaçlı evsel atıksu uzaklaştırılması ve biyomanipulasyonun olumlu etkisi olduğu düşünülmektedir. Bunların yanı sıra Eymir Gölü ani meteorolojik ve çevresel değişimlerden hızlıca etkilenmektedir. Özellikle rüzgar göldeki sıcaklık tabakalaşmasını değiştirmekte ve epilimnion tabakasında metabolizmanın salınımlar göstermesine sebep olmaktadır. Ancak bu değişkenlerin eski değerlerine dönmesi ile sistem kendini kısa sürede toparlayabilmektedir.

Ayrıca yine projenin 4. İP si kapsamında, ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreçle tanışması, doğa ve göl ekolojisi bilincinin ve duyarlılığının gelişmesini amaçlayan "*Eymir Gölü Elçileri*" eğitim paketi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında geliştirilen eğitim programı ODTÜ Ankara Geliştirme Vakfı Ortaokulu ve Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulundan 5. ve 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Ayrıca proje çıktıları www.lem.bio.metu.edu.tr adresinden güncel olarak paylaşılmıştır. Toplanan verilerin ilgili kurumlarla paylaşılması içinde site içerisinde şifre ile girilen bir sekme açılmıştır. Yine bilgiyi yayma kapsamında 9 Mart 2018 tarihinde ilgili birimlerin davet edildiği mini-çalıştay düzenlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: çevresel faktörler, gerçek zamanlı otomatik su kalitesi izleme sistemi, göl metabolizması, iklim değişimi, iklimsel uç olaylar, vatandaş bilimi, veri transferi



ABSTRACT

The establishment of a high-frequency automated monitoring station (HFAMS) was carried out in June 2015 in Lake Eymir as the first work package (WP1) with four WPs in the TÜBİTAK project (project number: 114Y415) which covered the period of January 2015 to January 2018. The online data transfer planned within the scope of the second WP was provided through the proper software embedded in a computer allocated to Limnology Laboratory, METU. WP 3 included a manual of water quality sampling to control and monitor data from HFAMS, further data quality control and assurance of the HFAMS, metabolism estimates from, and relating these data to net primary productivity and extreme events. According to data from HFAMS obtained in WP 3, Lake Eymir was determined to be heterotrophic (net ecosystem production (NEP) < 0) for most of the year which means that it released carbon dioxide to the atmosphere, although it is an eutrophic lake. This is mostly owing to the positive impacts of biomanipulations carried out for years for restoration purposes through increased grazing pressure of zooplankters on phytoplankton. Algal blooms were only observed generally in August and September during which there was no water intake to the lake, lake water was warm and stagnant, and air temperatures were high. During these periods, lake metabolism was autotrophic (NEP > 0). Moreover, Lake Eymir was rapidly subjected to the sudden meteorological and environmental changes. In particular, high wind speeds destroyed the lake stratification and caused instant fluctuations in metabolism in the epilimnion layer. However, when wind speed returned to their previous phases, the system was restored back in a short period of time.

Within the scope of the WP 4, it is aimed at devising a training package called “Lake Eymir Ambassadors” for secondary school students with the purpose of having them recognize scientific processes and developing their awareness and sensitivity about nature and lake ecology. This training programme was applied to students of the fifth and seventh grades of ODTÜ Ankara Geliştirme Vakfı (ODTÜ GVO) and Gölbaşı Cemil Yıldırım secondary schools. Project outputs and data have been shared and updated online from this address (www.lem.bio.metu.edu.tr). Also, a mini-workshop to disseminate information was organized on 9 March 2018 by which people from the relevant departments were invited.

Keywords: Environmental factors, real-time automated water quality monitoring system, lake metabolism, climate change, meteorological extreme events, citizen science, data transfer



1. GİRİŞ

Su bütün canlılar için yaşamsal kaynaktır. Su kaynakları içerisinde kısıtlı bir kaynak olan tatlısu ekosistemleri sundukları ekosistem hizmet ve ürünleriyle çok büyük ekolojik ve ekonomik öneme sahiptir. Ancak artan tatlısu ihtiyacı ve düzensiz atık su yönetimi göller üzerinde olumsuz bir baskı oluşturmaktadır. Bunların yanında son yıllarda artan iklim değişikliği etkileri ve ötrofikasyon nedeniyle göller sayısız problemle karşı karşıya kalmaktadır. Bu problemleri önlemek, önceden önlem almak ve meydana gelen anlık değişimleri anlamak için göller hakkında uzun süreli izleme verilerin olması büyük önem taşımaktadır. Yerinde gerçek zamanlı olarak yapılan su kalitesi parametreleri ölçümleri uzun süreli veri ihtiyacını gidermede en başta gelen çözüm noktasıdır.

Bu araştırma projesi 4 iş paketinden oluşmuştur (İP): İP1; yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu Eymir Gölü'nde kurulmasıdır. İstasyon, dikey ve otomatik olarak su sıcaklığı, derinlik, bulanıklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen, pH, toplam alg (klorofil-a ve siyanobakteri) ve floresan çözünmüş organik madde parametreleri ölçümünü kapsar. Ayrıca, meteoroloji istasyonu ile hava sıcaklığı, rüzgâr yönü ve şiddeti, barometrik basınç ve güneş radyasyonu parametreleri ölçülmüştür. Bu veriler kullanılarak göl metabolizması hesaplanmıştır. İP2 kapsamında ise istasyonda ölçülen veriler, sistem üzerindeki modem aracılığı ile ana bilgisayara aktarılmış ve bu veriler programlar aracılığı ile projenin internet sitesine (www.lem.bio.metu.edu.tr) iletilmiştir. Proje bilgileri de bu sitede detaylı olarak paylaşılmıştır. İP3; elde edile verilerin işlenmesi, modellenmesi, uçveri ve boşluk analizlerinin yapılması, metabolizma hesaplanması ve metabolizmanın çevresel faktörlerle ilişkisinin belirlenmesini kapsamaktadır. İP4 ise göl ekosistem işlev ve değerlerinin önemini daha iyi anlatabilmek, toplum ve bilimi bu bağlamda bir araya getirebilmek için “*vatandaş bilimi*” ve bilginin yaygınlaştırılmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda temel bilim ve eğitim bilimleri uzmanları tarafından orta öğretim okullarına yönelik bir eğitim programı hazırlanmış ve 2016-2017 Sonbahar döneminde ODTÜ Ankara Geliştirme Vakfı Okulları'ndan (ODTÜ GVO) seçilen örneklem grubu ile pilot teorik ve pratik uygulamalar içeren çalışma yapılmıştır. Daha sonra elde edilen pilot program geliştirilerek 2016-2017 İlkbahar döneminde Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulu'ndan seçilen örneklem grubu ile uygulanarak son haline getirilmiştir.

15-16 Aralık 2016 tarihlerinde ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi'nde gerçekleşen Eymir Sempozyumu'nda proje ve projenin ODTÜ Ankara Geliştirme Vakfı Okulları'nda devam etmekte olan çalışmaları tanıtılmış ve kamuoyu bilgilendirilmiştir. Bu esnada, ODTÜ Mimarlık Fakültesi



yayını olarak Mart 2018'de basılması planlanan Eymir Araştırmaları derleme kitabı için, Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı'nın (EGEEP) tanıtımı ve projenin bilimsel çıktılarının özeti hazırlanmıştır. Ayrıca proje çıktıları, (SIL 2016, SEFs 2017) 2 tane sözlü 1 poster (EEBST, 2016) olmak üzere 3 uluslararası konferansta paylaşılmıştır. Yine bilgiyi yayma kapsamında 9 Mart 2018 tarihinde ilgili birimlerin davet edildiği mini-çalıştay düzenlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Göller diğer ekosistemlere göre birim su yüzeyi başına düşen üretkenlik ve biyoçeşitlilik bakımından çok zengindir (Wetzel, 2001). Göller insan kaynaklı çevresel değişimlerden (arazi ve su kullanımı, kentleşme vb.) dolayı olumsuz olarak etkilenmektedir. Nüfus artışının getirdiği düzensiz kentleşme, sanayi ve tarım alanlarının plansız kurulması birçok gölün havzasına zarar vermektedir ve göl sularının ötrofikleşmesini tetiklemektedir (Jeppesen, 2009, 2011). Tüm bu etkilerle birleşen iklim değişimi, göllerin su sıcaklığının artmasına, artan buharlaşma ile su seviyesinin azalmasına ve daha fazla ötrofikleşmesi sonucu su kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır (Mainstone ve ark., 2000; Jeppesen ve ark., 2009; Özen ve ark., 2010). Göllerde ötrofikasyon sonucu ekosistem yapısı ve metabolizması bozulmakta (örneğin içme ve sulama suyu, C tutulumu, balıkçılık) biyoçeşitlilik azalmaktadır.

Göllerde meydana gelen büyük çaplı ve uzun süreli değişimler, yapılan uzun süreli izleme, zaman yerine mekân yaklaşımı, yerinde deneyler vb. araştırmalar sayesinde ortaya çıkarılmaktadır. Ancak çoğu zaman ani ve uç değişimlerin nedenleri, zamansal çözünürlüğü yüksek, uzun süreli ve düzenli ölçüm yapabilecek otomatik sistemler ile takip edilebilmektedir. Gelişen teknoloji ile bu sistemler sayesinde meteorolojik ve ekosistem parametreleri yakından takip edilebilmekte, elde edilen büyük veri setleri ile gölün güncel statüsü ve geleceğe yönelik projeksiyonları ortaya konulabilmektedir. Yerinde otomatik ölçüm sistemleri ile birden fazla noktadan toplanan yüksek frekanslı veriler, su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimi, düşük frekanslı su kalitesi izleme sonuçlarına göre daha etkili ve güvenilir olarak ölçmek için kullanılabilir (Horsburgh ve ark., 2010). Bu sayede yerinde ölçüm sistemleri, sağladıkları kolaylık ve doğruluk sayesinde su kalitesi izlenmesi aşamalarında önemini artırmaktadır.

Aynı zamanda, yüksek frekanslı ve gerçek zamanlı su kalitesi parametreleri göllerde metabolizma hesaplamalarında kullanılır (Odum 1956, Staehr ve ark. 2010; 2012b). Metabolizma kolektif olarak bir ekosistemin içerisindeki tüm organizmalarının üretim ve solunum



sonucu karbon kullanımı veya mineralizasyonunu tespit eden ve açıklayan temel bir ekosistem sürecidir. Bu nedenle bütün bir gölün metabolizması göldeki karbon döngüsü sonucu oluşan besin zincirindeki enerji değişimini ifade eder. Yüksek frekanslı ve gerçek zamanlı su kalitesi verileriyle hesaplanan göl metabolizmasının günlük değerleri, göllerde meydana gelen hızlı gelişen değişiklikleri anlamada önemli olabilir (Staeher ve ark., 2007). Çözünmüş oksijen konsantrasyonu değişimi değerleri kullanılarak sucul ekosistemin metabolizması hesaplanmaktadır (Staeher ve ark., 2007; 2010; 2012a; 2012b). Yüksek frekanslı çözünmüş oksijen (DO) değişimini belirlemek için yerinde ölçüm yapan otomatik su sensörleri göl sistemlerindeki brüt birincil üretim (Gross primary production: GPP), solunum (respiration:R) ve sonucunda net ekosistem üretimi (Net Ecosystem Production: NEP) hesaplamalarında öngörü gücünü arttırmaktadır. Bu sensörlerin kullanımıyla sürekli ve güvenilir şekilde O₂ veya CO₂ gibi çözünmüş gazları ölçmek araştırmacılara tüm sistem metabolizmasını tahmin etmek için yüksek frekanslı uzun süreli veri sağlamaktadır (Bogert ve ark., 2007). Çözünmüş oksijen miktarından göl metabolizması aşağıdaki formüle göre hesaplanabilmektedir. Horward T. Odum (1956) tarafından geliştirilmiş olup;

$$\Delta O_2 / \Delta t = GPP - R - F - A$$

$\Delta O_2 / \Delta t$: çözünmüş oksijen miktarının zaman içerisindeki değişimi (mg O₂ m⁻³ h⁻¹),

GPP: brüt birincil üretim (mg O₂ m⁻³ h⁻¹),

R: solunum (mg O₂ m⁻³ h⁻¹),

F: atmosfer ile değişen oksijen miktarı (mg O₂ m⁻³ h⁻¹),

A: çözünmüş oksijen miktarındaki diğer değişimler (mg O₂ m⁻³ h⁻¹)

Göllerde yerinde ölçüm ile ilgili araştırma ve teknoloji geliştirme bakımından en önde gelen organizasyonlardan biri Küresel Göl Ekosistem İzleme Ağı (GLEON) (www.gleon.org), göl ekosistemlerinde karşılaşılan su kullanımı, havza değişimleri, ötrofikasyon, balıkçılık baskısı ve istilacı türlerin ortaya çıkardığı değişimleri araştırmak için gerekli olan teknolojileri geliştirmek ve uluslararası bilimsel iletişim koordinasyonu sağlamak amacıyla bir grup araştırmacı tarafından kurulmuştur. GLEON organizasyonu içerisindeki Avrupa ülkelerinden üyeler tarafından geliştirilen COST-Aksiyonu NETLAKE ise bilim insanları, teknoloji ve uzmanlık sağlayan kuruluşlar, ile göl yönetim kararlarını alan mekanizmalar arasında Avrupa su kaynakları için potansiyel erişilebilir ağ kurulmasını amaçlayan bir projedir. Ancak projenin bitişinden sonra da bu ağ, ilgili gruplar arasında iletişim, fikir alışverişi ve en önemlisi geri bildirim sağlamak devam etmektedir. KLEON (Kore göl ekolojisi izleme ağı) ise limnologlar ve ekolojlara göl ekolojisi



çalışmaları için gerekli olan yüksek çözünürlüklü sensör teknolojilerini geliştirmektedir. Ayrıca göl ekolojisi gözlemleriyle elde edilen verilerin işlenmesine ve analizlerinin yapılmasına yardımcı olmaktadır. Birleşik Krallık ekoloji ve hidroloji merkezi tarafından UKLEON projesi kapsamında 11 gölde otomatik, yerinde, yüksek çözünürlüklü ölçüm istasyonu kurulmuştur. Bu göllerde yapılan ölçümler sayesinde gerçek zamanlı göl ekosistem tepkilerinin takibi, atmosferik ve karbon değişiminin göl üzerinde etkilerinin izlenmesi ve göllerdeki mevsimsel değişimleri daha iyi gözlemlene olanağı sunmaktadır (Maberly, 2013). Ülkemizde ise Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesinde Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nde İzleme Daire Başkanlığı tarafından çevrimiçi izleme sistemlerinin kurulması çalışmaları görüşme aşamasındadır ("Gerçek zamanlı su," 2013).

Bilginin topluma yayılmasında öğrenme ve öğretme yaklaşımı çok önemlidir. Eğitimde temel amaç, bireyin mevcut bilgiyi ezberlemesi yerine o bilgiye ulaşma, o bilgiyi içselleştirme ve gerektiğinde kullanma becerilerini kazanması olmalıdır. Bu, ancak bilgi kavranarak öğrenilirse mümkündür. Gerçek öğrenme ortamlarına yönelik ve öğrencilerin aktif olduğu yapılandırmacı öğrenme kuramını temel alan sorgulamaya dayalı öğrenme yaklaşımı ile öğrenciler yaparak, düşünerek ve sorgulayarak öğrenir. Bunun için bilim insanları gibi bilgiye ulaşmaları, bilgiyi sorgulamaları ve bu süreçte kullandıkları bilimsel becerileri (Tablo 1) geliştirmeleri önemlidir. Fen eğitiminin amaçlarından biri de öğrencilere bilimsel süreç becerilerini kazandırmaktır (MEB, 2013 ve 2017). Öğretmenin öğrencilere bu becerileri kazandırmak ve etkili öğrenmeyi sağlamak için ne kadar rehberlik edeceği öğrencilerin yaş grubuna ve düzeyine göre belirlenir. Bilimsel süreç becerilerini kazanmak sadece bilim insanlarına özgü bir durum değildir. Sorgulamaya dayalı öğrenme, Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) alanlarının disiplinlerarası bir yaklaşımla öğretilmesine imkan sağlar (Crippen & Archambault, 2012). STEM eğitiminin amacı öğrencilere, disiplinlerarasında anlamlı ilişkiler kurarak bilimsel bilginin yapılandırılması ile gerçek yaşam problemleri çözebilme becerileri sağlamaktır (Smith, & Karr-Kidwell, 2000). Ayrıca, STEM entegrasyonu yaratıcılık, eleştirel düşünme, problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine de olanak sağlar (Bybee 2010). STEM disiplinlerinin entegrasyonu mühendislik tasarım süreçleri çerçevesinde gerçekleştirilebilmektedir (Cantrell, Pekcan, Itanı, & Velasquez-Bryant, 2006; Householder ve Hailey, 2012; NAE ve NRC, 2009). Bu kapsamda sorgulamaya dayalı fen öğretimi yaklaşımına mühendislik alanı eklenmiş ve özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde tasarım temelli fen eğitimi oldukça önem kazanmıştır (NGGS, 2013; NRC, 2012). MEB tarafından hazırlanan ülkemizdeki 2017 Fen Bilimleri dersi öğretim programına, 2013 Fen Bilimleri dersi öğretim programından farklı olarak Fen ve Mühendislik Uygulamaları isminde bir ünite eklenmiş ve 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıf öğrencilerinin her eğitim-öğretim döneminin



son üç haftasında mühendislik uygulamalarını deneyimlemeleri önemsenmiştir (MEB, 2013 ve 2017).

Tasarım temelli öğrenme ile hazırlanan etkinlikler, öğrenciler karşılaştıkları bir durumda problem belirleme, yaratıcı fikirler ile çözüm önerileri sunma, modeller tasarlama, test etme, değerlendirme ve gerekirse yeniden tasarlama gibi etkinliklere katılırlar (NAE & NRC, 2009; NGSS, 2013; NRC, 2012).

Sorgulamaya dayalı öğrenme, soru sorma, bilgiyi sorgulama ve bir olayla ilgili yeni fikirler bulma yoludur. Sorgulamaya dayalı eğitimde, öğrenciler sebep sonuç ilişkisini kullanarak, eleştirel düşünerek ve bilimsel bilgiyi ve süreci bir araya getirerek öğrenir (Parim, 2009). Bu yaklaşım sayesinde öğrenci bilgiye kendi kendine ulaşır; öğretmen, öğrencinin bilgiye ulaşmasına sorular ve yönlendirmelerle rehberlik eder. Ayrıca öğrenciler kendilerini diğer öğrencilerden soyutlanmış hissetmez, aksine ortak çalışmalar yaparlar ve hayat boyu takımla çalışma becerilerini sürdürürler (Bennett, 2015).

Tablo 1. Temel süreç becerileri ve üst düzey süreç becerileri

<i>Temel süreç becerileri</i>	<i>Üst düzey süreç becerileri</i>
Gözleme	Hipotez kurma ve sınamama
Ölçme	Değişkenleri belirleme
Sınıflandırma	Verileri yorumlama
Sayı ve uzay ilişkileri kurma	İşlemsel tanımlama
Tahminde bulunma	Deney yapma
Çıkarım yapma	
İletişim kurma	

TÜBİTAK tarafından desteklenen bu proje de yüksek frekanslı otomatik izleme sistemlerinde geçişte ve bilginin topluma sistematik şekilde yayılmasında araçların geliştirilmesinde ülkemize öncü olacak bir proje olacağına inanılmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 İstasyon Kurulumu ve Saha Ölçümleri

2015 Ocak ayında başlayan proje kapsamında ilk 6 ay yurt dışından ve Türkiye'den gerekli ekipman alımı yapılmış, yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu (YFOİİ) sisteminin Eymir Gölü'ne kurulmadan önceki fizibilite çalışmaları kapsamında gölün en derin yeri tespit edilmiş, şamandıra sistemi için gerekli halat, tonoz vb. ihtiyaçlar en uygun şekilde tamamlanmıştır.

Yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonunun verilerini değerlendirmek ve besin tuzları, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından bilgi sahibi olmak için her 15 günde bir istasyonun bulunduğu noktadan manuel su örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Su örnekleri 0.5 metre derinlik aralığı ile su kolonu boyunca Ruttner su örnekleme kabı ile alınmıştır. Alınan tüm su örnekleri temiz bir kova içinde toplanmış ve iyice karıştırılarak kompozit su numunesi hazırlanmıştır. Alınan örneklerin ODTÜ Limnoloji Laboratuvarında toplam fosfor (TP), çözünmüş reaktif fosfor (SRP), silikat, askıda katı madde (SS), alkaliniti, nitrit, nitrat ($\text{NO}_2\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$), amonyum ($\text{NH}_4\text{-N}$) ve toplam azot (TN), analizleri yapılmıştır. Ayrıca düzenlenen arazilerde, her yarım metrede bir YSI 556 MPS çoklu probu ile yerinde derinlik, sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde ve tuzluluk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, o güne ait ya da o ayın ortalama metabolizması ile karşılaştırılmış, çevresel etkenlerin göl metabolizması ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Proje süresince yapılan arazi çalışmaları

3.1.1 Yüksek Frekanslı Otomatik İzleme İstasyonu (YFOİİ) Veri İşlenmesi, Boşluklarının Doldurulması ve Modellenmesi

YFOİİ'den elde edilen ham verilerin analiz süreci önkeşifsel (istikşafi) analiz aşaması ile başlatılmıştır. Bu aşama hatalı değer tespiti ve ayıklanması, aykırı değer tespiti ve ayıklanması ve boşluk tespiti ile doldurulması faaliyetlerinden ibarettir. Bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için betimleyici istatistikler hesaplanmış ve serpilme grafikleri çizdirilmiştir. Aykırı değerlere hassas olmadığı için çeyreklikler arası aralık (IQR) istatistiği hatalı ve aykırı değer tespitinde karar kuralı olarak benimsenmiştir. Boşluk doldurma işlemi için metabolizma hesaplarında kullanılacak değişkenlere öncelik verilmiştir. Böylece, boşluklar ekosistem metabolizma bileşenlerinin hesaplanması için gerekli değişkenler (V_{emb}) ve eşilk eden değişkenler ($V_{eş}$) olmak üzere iki sınıfa ayrılmış ve boşlukların yüzdesi ve doldurulma statüleri çıkarılmıştır. Tüm bu bilgilerin özeti Tablo 2'de verilmektedir. Boşlukların doldurulması işlemi için gerçekleştirilen interpolasyonların hangi kestiricilere dayandırıldığı bilgisi Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 2. YFOİİ'den toplanan ham veriler, üst ve alt aykırı değer tespit kuralları ve boşluk doldurma statüsü

Değişken	N	N*	Ort	SD	CV	Min	Maks	Med
Rüzgar hızı	86294	1900	1.4	1.5	108.9	0.0	10.8	0.9
Hava sıcaklığı	86294	1900	14.8	9.3	62.6	-15.8	35.3	15.7
Bağıl nem	86294	1900	61.1	22.8	37.2	5.9	100.0	61.6
Barometrik basınç	86294	1900	906.1	4.7	0.5	892.0	926.0	906.0
Kısa dalga radyasyonu	86294	1900	204.1	292.3	143.2	0.0	1223	7.7
pH	43101	45093	9.0	0.5	5.5	8.2	9.9	8.8
Fluoran çözünmüş organik madde (fDOM)	43093	45101	19.6	2.2	11.2	13.6	26.1	19.4
Doymun çözünmüş oksijen	42771	45423	73.8	32.2	43.7	0.0	198.3	69.2
Çözünmüş oksijen	42771	45423	6.5	2.7	41.2	0.0	18.3	6.2
Klorofil-a	40467	47727	18.2	20.5	113.0	0.0	149.2	13.6
Mavi yeşil alg	40268	47926	36.3	33.6	92.8	0.0	151.0	27.7
Bulanıklık	43101	45093	4.1	11.2	272.5	0.1	17.8	4.2
Tuzluluk	43101	45093	1.1	0.1	7.2	0.1	1.2	1.1
İletkenlik	43094	45100	2108.2	140.9	6.7	1583.4	2307.5	2126.2
Toplam çözünmüş katı madde	43094	45100	1362.2	93.8	6.9	1013.0	1490.0	1378.0
Derinlik	43095	45099	1.4	0.1	4.6	1.2	1.6	1.4
Su sıcaklığı	26183	62011	16.9	4.3	25.3	7.6	23.6	17.8
İletkenlik_4.5 m	23624	64570	1692.7	178.3	10.5	1317.0	2065.0	1743.0
Toplam çözünmüş katı madde_4.5 m	23624	64570	1.3	0.0	2.1	1.3	1.4	1.3
Tuzluluk_4.5 m	23624	64570	1.0	0.0	2.2	1.0	1.1	1.0
Derinlik_4.5m	26179	62015	4.6	0.1	2.5	3.6	4.8	4.6
Su sıcaklığı_0.5m	50446	37748	20.8	4.9	23.7	7.7	28.6	22.5
Su sıcaklığı_1m	54498	33696	20.1	4.8	23.7	7.7	28.3	20.6
Su sıcaklığı_1.5m	26340	61854	20.6	4.0	19.6	11.3	27.8	22.1
Su sıcaklığı_2.0	53869	34325	20.4	4.6	22.6	7.7	27.6	21.9
Su sıcaklığı_2.5	58885	29309	19.9	4.6	23.1	7.6	27.9	21.0
Su sıcaklığı_3.0	54158	34036	20.6	3.8	18.3	10.6	26.7	21.6
Su sıcaklığı_3.5	58885	29309	19.5	4.5	23.0	7.7	26.5	20.5
Su sıcaklığı_4.0	47171	41023	18.8	4.5	24.1	7.7	26.1	19.6
Su sıcaklığı_4.5	1576	86618	22.2	0.4	1.9	21.4	22.9	22.4
Su sıcaklığı_5.0	50480	37714	18.0	3.9	21.7	7.2	23.9	19.3
Su sıcaklığı_5.5	23451	64743	18.1	3.7	20.5	9.6	22.4	19.1

Tablo 2. YFOİİ'den toplanan ham veriler, üst ve alt aykırı değer tespit kuralları ve boşluk doldurma statüsü (devamı)

Değişken	Q1	Q3	IQR	Q1-2.2*IQ R	Q3+2.2*IQ R	V _{emb}	V _{eş}	N* (%)	BDS
Rüzgar hızı	0.1	2.3	2.2	0.0	7.0	X		2.2	☑
Hava sıcaklığı	8.2	21.7	13.5	-21.4	51.3	X		2.2	☑
Bağıl nem	42.8	80.4	37.6	0.0	100.0	X		2.2	☑
Barometrik basınç	903.0	909.0	6.0	889.8	922.2	X		2.2	☑
Kısa dalga radyasyonu	0.0	373.6	373.6	0.0	1195.5	X		2.2	☑
pH	8.5	9.5	0.9	6.5	11.5		X	51.1	☑
Fluoran çözünmüş organik madde (fDOM)	18.3	20.7	2.4	12.9	26.0		X	51.1	☑
Doymun çözünmüş oksijen	52.9	90.5	37.6	0.0	173.2	X		51.5	☑
Çözünmüş oksijen	4.7	8.3	3.5	0.0	16.1	X		51.5	☑
Klorofil-a	2.4	25.5	23.0	0.0	76.2		X	54.1	
Mavi yeşil alg	31.3	19.6	18.9	0.0	61.1		X	54.3	
Bulanıklık	1.3	5.8	4.4	0.0	15.5		X	51.1	
Tuzluluk	1.0	1.2	0.2	0.6	1.5	X		51.1	☑
İletkenlik	1946	2245	298.8	1289	2902.3			51.1	
Toplam çözünmüş katı madde	1262.0	1452.0	190.0	844.0	1870.0			51.1	
Derinlik	1.4	1.5	0.1	1.2	1.7			51.1	
Su sıcaklığı	13.0	21.0	8.0		38.5			70.3	
İletkenlik_4.5 m	1523.0	1843.0	320.0	819.0	2547.0			73.2	
Toplam çözünmüş katı madde_4.5 m	1.3	1.3	0.0	1.2	1.4			73.2	
Tuzluluk_4.5 m	1.0	1.1	0.0	1.0	1.1			73.2	
Derinlik_4.5m	4.5	4.6	0.1	4.2	4.9			70.3	
Su sıcaklığı_0.5m	17.7	24.9	7.1	2.0	40.6	X		42.8	☑
Su sıcaklığı_1m	16.7	24.3	7.6	0.0	41.1	X		38.2	☑
Su sıcaklığı_1.5m	16.8	24.0	7.2	0.9	39.9	X		70.1	☑
Su sıcaklığı_2.0	17.9	24.4	6.5	3.6	38.7	X		38.9	☑
Su sıcaklığı_2.5	16.6	24.2	7.6		40.9	X		33.2	☑
Su sıcaklığı_3.0	17.7	24.2	6.4	3.5	38.4	X		38.6	☑
Su sıcaklığı_3.5	16.1	23.8	7.7		40.7	X		33.2	☑
Su sıcaklığı_4.0	15.2	22.9	7.7		39.9	X		46.5	☑
Su sıcaklığı_4.5	21.7	22.5	0.8	19.9	24.3	X		98.2	☑
Su sıcaklığı_5.0	14.9	21.3	6.4	0.9	35.3	X		42.8	☑
Su sıcaklığı_5.5	15.8	21.3	5.5	3.9	33.3	X		73.4	☑

N: örnek sayısı; N*: kayıp değer sayısı; Ort: ortalama; CV: varyasyon katsayısı; Min: minimum; Maks: maksimum; Q1: birinci çeyrek; Q3: üçüncü çeyrek; Med: medyan; IQR: çeyreklikler arası aralık; V_{emb}: ekosistem metabolizma bileşenlerinin hesaplanması için gerekli değişkenler; V_{eş}: eşlik eden değişkenler; BDS: boşluk doldurma statüsü

Tablo 3. Boşluk doldurma için kullanılan en iyi uyumlu çoklu doğrusal regresyon modellerinin yanıt değişkenleri ile kestiricileri

Yanıt Değişkeni	Açıklayıcı Değişkenler									
Rüzgar hızı (m/s) (RH)	Yil	Saat	DOY							
Sıcaklık (C°) (S)	Yil	Saat	DOY	RH						
Bağıl nem (%) (BN)	Yil	Saat	DOY	RH	S					
Barometrik Basınç (BP)	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN				
Kısa dalga boyu radyasyonu (w/m ²) (KDBR)	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN	BP			
Doymun çözünmüş oksijen (%) (DÇO)	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN	BP	KDBR		
Çözünmüş oksijen (mg/L) (ÇO)	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN	BP	KDBR	DÇO	
Tuzluluk (psu) (T)	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN	BP	KDBR	DÇO	ÇO
Su sıcaklığı_0.5m (SS05)		Saat			S					
Su sıcaklığı_1.0m (SS1)	SS05									
Su sıcaklığı_1.5m (SS1.5)	SS1									
Su sıcaklığı_2.0m (SS2)	SS1.5									
Su sıcaklığı_2.5m (SS2.5)	SS1.5									
Su sıcaklığı_3.0m (SS3)	SS1.5									
Su sıcaklığı_4.5m (SS4.5)	SS4									
Su sıcaklığı_5.0m (SS5)	SS4								SS3.5	SS3
Su sıcaklığı_5.5m	SS5									
pH	Yil	Saat	DOY	RH	S	BN	BP			
Fluoran çözünmüş organik madde (RFU) (fÇOM)	Yil								pH	
Klorofil-a (µg/l) (Chl)	Yil				S				pH	fÇOM
Mavi Yeşil alg (µg/l) (MYA)			DOY						fÇOM	Chl
Bulanıklık (FNU) (B)	Yil								pH	fÇOM

DOY: takvim günü

3.2 Metabolizma ve Bileşenlerinin Hesaplanması

Göl metabolizması YFOİİ'den toplanan 10'ar dakikalık ham verilerin ve uygulanan boşluk doldurma yöntemlerinden elde edilen verilerin saatlik ortalaması ile hesaplanmıştır. Eymir Gölü'nde de metabolizma bileşenleri Staehr ve ark. (2010) makalesinde verilen günlük oksijen değişimi denklemleri ile hesaplanmıştır:

$$\Delta O_2/\Delta t \text{ (NEP)} = GPP - R \pm F - A$$

Bu eşitlikte bulunan (F);

$$k_{600} \text{ (m h}^{-1}\text{)} = (2.07 + 0.215 U_{10}^{1.7})/100$$

$$k \text{ (m h}^{-1}\text{)} = k_{600} \text{ (m h}^{-1}\text{)} \times ([Sc/600]^{-0.5})$$

$$F \text{ (g O}_2\text{ m}^{-2}\text{ h}^{-1}\text{)} = k \text{ (O}_{2\text{meas}} - \text{O}_{2\text{sat}})$$

denklemleri ile hesaplanmıştır. Metabolizma tahminleri için R yazılım dilinde hazırlanmış "LakeMetabolizer" (<https://github.com/GLEON/LakeMetabolizer>) ve "rLakeAnalyzer" (<http://lakeanalyzer.gleon.org/>) paketleri kullanılmıştır. "LakeMetabolizer", metabolizma hesabı yapılırken gerekli katsayıların elde edilmesi için hazırlanmış kodların bulunduğu bir pakettir. Bu paket yardımı ile farklı bilim insanlarının önerdikleri farklı katsayı hesaplama yöntemleri de kullanılabilir. Eymir Gölü için 7 farklı piston hızı (k) değeri, 5 farklı metabolizma hesabı yapılmıştır (Tablo 4-5).

Tablo 4. "k" sabitinin hesaplanmasında kullanılan 7 farklı metod

METOD	HAVA SICAKLIĞI	BAROMETRİK BASINÇ	UZUN DALGA RADYASYONU	BAĞIL NEM	KISA DALGA RADYASYONU	YÜZEY SUYU SICAKLIĞI	RÜZGAR HIZI	GÖL ALANI	ENLEM
K.COLE							X		
K.CRUSIUS							X		
K.VACHON							X	X	
K.MACINTYRE	X	X	X	X	X	X	X		
K.HEISKANEN	X	X	X	X	X	X	X		
K.READ	X	X	X	X	X	X	X	X	X
K.READ.SOLOVIEV	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 5. Metabolizma hesabında kullanılan 5 model ve yapısal özellikleri

MODEL	YAPISAL ÖZELLİK
BAYESIAN	Gözlemsel ve işlem hatası
BOOKEEP	İstatistiksel bir yaklaşım yok
KALMAN	Gözlemsel ve işlem hatası + ÇO için Kalman sabunlaması
MLE	İşlemsel hata
OLS	Gözlemsel ve işlem hatası

Çıkan sonuçlarda istatistiksel olarak büyük farklılık görülmediğinden piston hızı için en az parametre gerektiren Cole ve Caraco (1998) kullanılmıştır. Metabolizma hesabı aşamasında ise, verilere sabunlama tekniğini uygulayan “Kalman Filtresi” uygulanmıştır (Batt ve Carpenter 2012). Yorumlama yapılırken, metabolizma denkleminin hata verdiği günler çıkarılmış, uç olaylar ise ani metabolizma değişimlerinin olduğu günler olarak ele alınmıştır. “LakeMetabolizer” paketinde kullanılan kodlar aşağıdaki gibidir:

- *sw.to.par.base* : Kısa güneş ışınımını, uzun güneş ışınımına çevirmek için kullanılmaktadır.
- *wind.scale.base* : 10 metredeki rüzgar hızını bulmak için kullanılmaktadır.
- *k600.2.kGAS.base*: Oksijenin atmosfer ile olan değişim denkleminde bulunan “ k_{600} ” değerini bulmak için kullanılmaktadır.
- *k.cole* : Oksijenin atmosfer ile olan değişim denkleminde bulunan “k” değerini bulmak için kullanılmaktadır.
- *metab.kalman*: Metabolizma hesaplanması için kullanılmaktadır.

Karışım derinliği (Z_{mix}): Özellikle yaz aylarında hava sıcaklığının artması gölde sıcaklık tabakalaşmasına neden olmaktadır. Bu sebeple yıl boyunca karışım derinliği sabit olmayıp hava sıcaklığı, rüzgâr ve yağış gibi çevresel etmenlerden etkilenmektedir. Karışım derinliğindeki bu değişim oksijenin göl içinde dağılımını ve doğrudan da metabolizmayı etkilemektedir. “rLakeAnalyzer” paketi, termostat zincirinden alınan veriler ile gölün karışım derinliğini belirlemede kullanılmıştır. Bu veri ile hem metabolizma hesabı yapılmış hem de sıcaklık profilleri oluşturulmuştur.

3.3 Vatandaş Bilimi

Bu çalışmada hazırlanan Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı (EGEEP) MEB tarafından belirlenen 2013 ve 2017 Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı’nın temel aldığı yaklaşım



sorgulamaya dayalı eğitimidir. Bilimsel bilgi, öğretmen rehberliğinde öğrenciler tarafından tümdengelim yöntemiyle bireysel ya da sınıfça yapılan etkinlikler ile elde edilir. Etkinliklerin ilk aşamasında, öğrencilere dikkatlerini çekecek günlük hayatla ilgili örnekler verilmiş, basitten karmaşığa doğru sorular sorulmuş ve doğru ya da yanlış olması önemsenmeksizin fikirlerini ortaya atmaları istenmiştir. Bu esnada belgesellerden ve animasyonlardan da yararlanılmıştır. Etkinliklerin ikinci aşamasında ise, öğrencilerden kendileri ya da öğretmenleri tarafından belirlenmiş bir düşünceyi tartışmaları veya bir soruyu çözmeleri istenmiş ve bu esnada öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini (gözlem yapma, tahmin etme, vb) kullanmaları sağlanmıştır. Etkinliklerin her birinde öğretmenin ne kadar rehberlik edeceği, o etkinlikteki sorulara öğrencilerin verdiği cevaplara ve sınıf düzeylerine göre belirlenmiştir. Son aşamada ise öğretmen rehberliğinde elde edilen bilgiler ve beceriler tartışılmıştır. Öğrenci tarafından sorulan soru sayısının fazlalığı, merakın ve ilginin yüksek olması, bir bilim insanı gibi bilimsel süreç becerilerini kullanmaları, bilimsel içerikli tartışmaların olması, kendini, takımını ve diğer takımları saygılı eleştirmeleri, fikirlerini iyi ifade edebilme, öğretmenlerin ise sorulara hemen cevap vermek yerine öğrencinin düşünerek cevabı bulacağı başka sorular sorması, öğrencilere motivasyon kırıcı sözler söylememesi, onları cesaretlendirmesi ve yönlendirmesi etkinliklerin istenen doğrultuda ilerlediğini göstermiştir.

EGEEP içeriğinde STEM odaklı ve mühendislik tasarım sürecinin kullanıldığı iki adet etkinlik bulunmaktadır. Etkinliklerde öğrenciler bir sorun ile karşı karşıya bırakılmış ve tasarım görevi belirlenmiştir. Ardından öğrenciler takımlara ayrılmış ve çeşitli malzemelerin olduğu bir liste verilip öğrencilerin tasarımlarını planlamaları, düşüncelerini takım arkadaşlarıyla tartışmalarını ve tasarımlarını modellemeleri istenmiştir. Her öğrenci grubu istediği malzemeyi kullanarak farklı modeller geliştirmiş ve Eymir Gölü'ne pratik uygulamalar için gidildiğinde tasarım modellerini göl suyunda test etme imkanı bulmuştur. Ardından modellerini takım arkadaşlarıyla değerlendirmiş, gözden geçirmiş ve modellerini diğer takımlara sunmuşlardır. Tüm sınıf tartışmaya dahil edilerek problem çözümü üzerinde konuşulmuş ve etkinlikler sonlandırılmıştır.

Uluslararası düzeyde bilinen ve çevresel eğitim politikalarını konu alan Tiflis Konferansı'ndan sonra UNESCO-UNEP (Uluslararası Çevre Eğitim Programı) himayesinde ortaokul öğrencilerine yönelik 3 yıllık kapsamlı bir çevre eğitimi müfredatı hazırlanmıştır (Hungerford vd., 1994). Bu çevre eğitimi müfredatında belirlenen konular ve Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan Çevre Eğitimi dersi 2017 güncel öğretim programında yer alan konular incelenerek



eğitim programı kapsamında hazırladığımız göl ekosistemi bağlantılı etkinliklerin temaları aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Doğa ve denge
- Fiziksel çevre (abiyotik faktörler)
- Madde döngüleri (biyojeokimyasal döngüler)
- Biyolojik çevre (biyotik faktörler)
- Ekosistemlerde besin ve enerji ilişkileri
- Ekolojik piramitler: Enerji, biyokütle
- Ekosistemlerde rekabet

2016-2017 sonbahar dönemi, ODTÜ GVO Ortaokulu'ndan 5. sınıf öğrencileri ve 2016-2017 ilkbahar dönemi Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulu'ndan 7. Sınıf öğrencileri ile Bilim Uygulamaları dersi kapsamında (haftada iki saat sınıf içinde ve 4 hafta boyunca haftada üç saat Eymir Gölü'nde) 8 hafta boyunca EGEEP gerçekleştirilmiştir. ODTÜ GVO'dan 48, Gölbaşı CYO'dan 52, toplamda 100 öğrenciden elde edilen veriler ile EGEEP projesi değerlendirilmiştir. Etkinliklerin konuları Tablo 6'de yer almaktadır.

Tablo 6. EGEEP Eğitimi Konuları

	<i>SINIF İÇİNDE TEORİK EĞİTİM</i>	<i>EYMİR GÖLÜ PRATİK EĞİTİM</i>
1. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Suyun insanlar ve diğer canlılar için yeri ve önemi Su döngüsü Sucul ekosistemlerin evrimi 	
2. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Dünyadaki su kaynakları Tatlı su ve tuzlu su farkı Göl ve havza tanımı Göllerin oluşumu 	
3. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Abiyotik faktörlerden tuzluluk Sıcaklık, tuzluluk ve yaşam ilişkisi Abiyotik faktörlerden çözünmüş oksijen Çözünmüş oksijen sıcaklık ve yaşam ilişkisi Göllerde sıcaklık tabakalaşması 	
4. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Göller, hizmet ve ürünleri Göl havzası arazi kullanımı Abiyotik faktörlerden besin tuzları Karbon, fosfor ve azot döngüleri Abiyotik faktörlerden ışık 	<ul style="list-style-type: none"> Eymir Gölü tarihçesi ve ziyareti Eymir Gölü'ndeki istasyon ve sondaların tanıtımı Abiyotik faktörlerden ışık Besin ve büyüme ilişkisi
5. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Işık, bulanıklık, askıda katı madde ve yaşam ilişkisi Abiyotik faktörlerden sıcaklık 	<ul style="list-style-type: none"> Abiyotik faktörlerden sıcaklık Ayrışma
6. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Ekosistem, habitat, tür ve popülasyon kavramları Oksijenin evrimi Canlılar (üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar) Besin ve enerji akışı (besin zinciri, besin ağı, besin piramidi) 	<ul style="list-style-type: none"> Klorofil, fotosentez ve fitoplankton ilişkisi Fitoplankton ve zooplankton ilişkisi Balık ve zooplankton ilişkisi
7. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Canlıların beslenme ve rekabet ilişkileri Ötrofikasyon Göl metabolizması 	<ul style="list-style-type: none"> Omurgasız canlılar Sucul ve karasal kuşlar Göl dip çamuru ve paleoekoloji
8. HAFTA	<ul style="list-style-type: none"> Göl dip çamuru ve paleoekoloji Küresel ısınma İklim değişikliği 	

4. BULGULAR

4.1 İP-1: İstasyon Kurulumu ve Saha Ölçümleri

Projenin ilk 6 ayı içinde yurt dışından ve Türkiye'den gerekli ekipman alımı yapılmış, projenin 1. İP olan Yüksek Frekanslı Otomatik İzleme İstasyonu (YFOİİ) sistemi Eymir Gölü'nde kurulmuştur (Şekil 2). YFOİİ sistemi Eymir Gölü'nün 39° 49' 33.4" Kuzey – 32° 49' 57.3" Doğu koordinatlarındaki en derin noktasına (≈ 5.8 metre) yerleştirilmiştir. İlk olarak meteoroloji istasyonu, 2 m yüksekliğinde olacak şekilde tripot sistemi ile şamandıranın üzerine 25.06.2015 tarihinde kurulmuştur. Alınan veri kalitesi değerlendirildikten sonra kalibrasyonu ve laboratuvar çalışmaları tamamlanan sondalar yerleştirilmiştir. Bu proje kapsamında alımı yapılan **EXO2 YSI** sonda ile proje araştırmacıları olan Abant İzzet Baysan Üniversitesi Öğretim üyelerinde halihazırda bulunan **YSI 6600** sondalar kullanılmıştır. İki sondadan biri gölün epilimnion tabakasına (EXO2 1.5 m) diğeri ise hipolimnion tabakasına (YSI 6600 4.5 m) yerleştirmiştir. Gölün su sıcaklık profilini çıkarmak amacı ile 0.5 metreden itibaren sondaların bulunduğu derinlikler hariç her yarım metrede bir sıcaklık probu (HOBO) konulmuştur. Tüm sistem tam fonksiyonları olarak çalışacak durumu getirilip Eylül 2015 itibari ile veri alımına başlamıştır (Tablo 7 –Tablo 8).



Şekil 2. YFOİİ'nin gölün en derin noktasına tahsis edilmesi

Tablo 7. Sistemdeki sondaların ölçtüğü değişkenler

Değişkenler	EXO2 (1.5m)	YSI 6600 (4.5m)
pH	✓	✓
Çözünmüş oksijen (% , mg/L)	✓	✓
Klorofil-a (RFU, µg/L)	✓	X
Göl Sıcaklığı (°C)	✓	✓
İletkenlik (µS/cm)	✓	✓
Spesifik iletkenlik (µS/cm)	✓	✓
Tuzluluk (psu)	✓	✓
Toplam çözünmüş katı madde(mg/L)	✓	✓
Derinlik (m)	✓	✓
Oksidasyon İndirgenme Potansiyeli (mV)	✓	X
Mavi-yeşil alg fikosiyanın (RFU, µg/L)	✓	X
Basınç (psi)	✓	X
Toplam Askıda katı madde (mg/L)	✓	X
Bulanıklık (FNU)	✓	X
Renkli çözünmüş organik madde (RFU, QSU)	✓	X

✓ Sondanın ölçüm yaptığı değişkenler

X Sondanın ölçüm yapmadığı değişkenler

Tablo 8. Meteoroloji istasyonunun ve termostat zincirinin ölçtüğü değişkenler

Meteoroloji İstasyonu	Termostat zinciri
Rüzgar hızı m/s (maksimum,minimum, ortalama)	0.5- 5.5 m göl profilinde eşit aralıklarla göl suyu sıcaklığı ölçümü
Rüzgâr yönü (derece)	
Hava sıcaklığı (°C)	
Bağıl nem (%)	
Barometrik basınç (mbar)	
Güneş ışınımı (W/m ²)	

Dört buçuk metredeki YSI 6600 sondası bulunan sondanın klorofil-a probu ile, yeterli konsantrasyonlarda ölçüm alınmadığından ikinci dönem çıkartılmıştır. Ayrıca oksijen değişimi bu katmanda çok az ya da hiç olmadığından metabolizma denklemi bu derinliğe uygulanamamıştır. Su sıcaklığının +4 dereceden düşük olduğu kış dönemlerinde gölün de donma ihtimali göz önüne alınarak sondalar sudan çıkartılmış, temizlik ve bakımları yapılarak uygun koşullarda ODTÜ Limnoloji Laboratuvarında saklanmıştır.

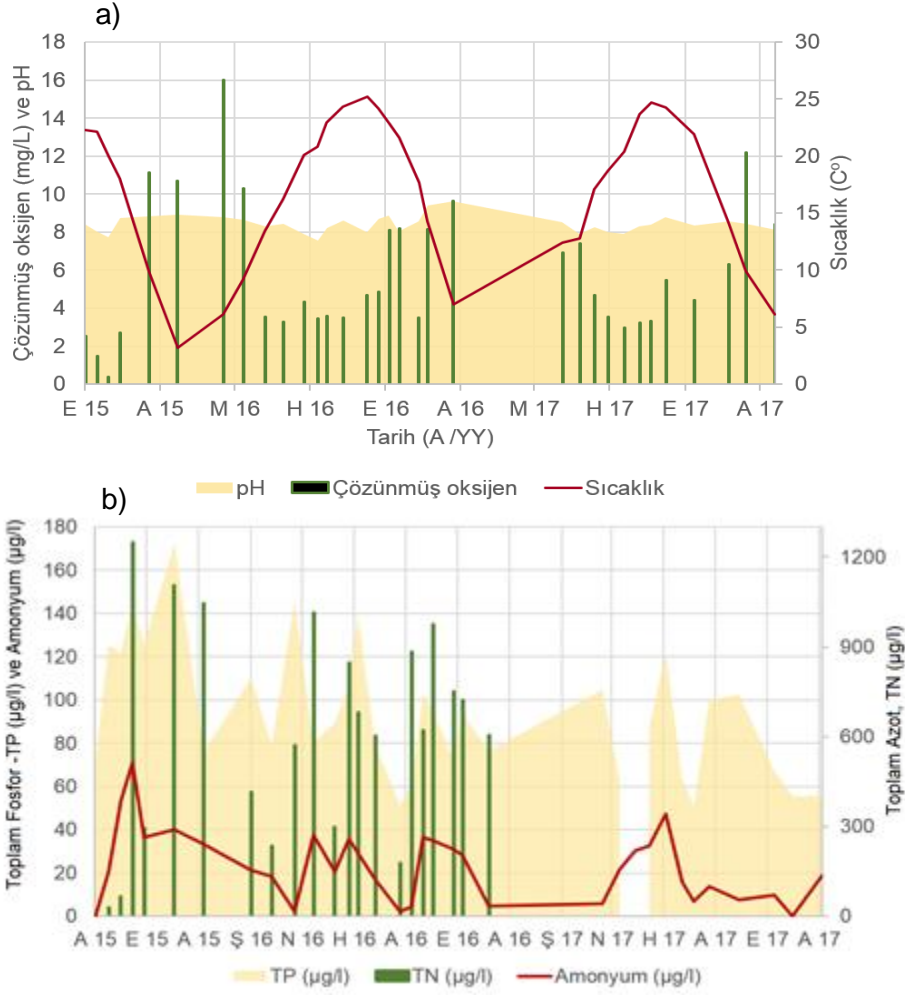
4.1.2 Saha Ölçümleri ve Analizler

Tüm şamandıra sisteminin kurulduğu Eylül 2015 ayından itibaren proje dönemi boyunca 33 adet yerinde su kalitesi için örnekleme yapılmış ve alınan su örnekler analiz edilmiştir (Tablo 9). Bu

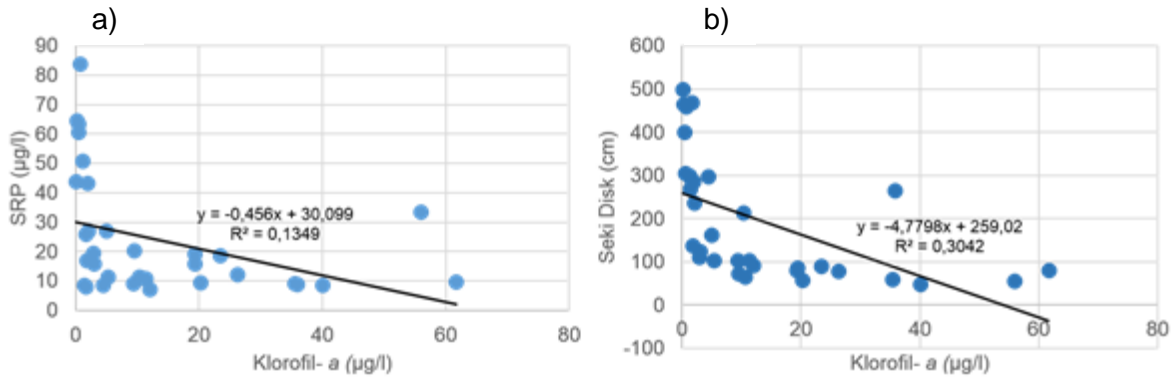
ölçümlerde gölün derinliği şamandıranın bulunduğu lokasyonda ortalama 5.74 m olarak tespit edilmiştir. Seki disk derinliği minimum 49 cm, maksimum 500 cm olarak ölçülmüştür. Ortalama göl suyu sıcaklığı ise 2016 Ağustos ayında maksimum değeri olan 25.3 C⁰'ye ulaşmıştır. Ortalama çözünmüş oksijen ilkbahar aylarında en yüksek değerlerde kaydedilirken özellikle yaz sonlarına doğru 5 mg/L'nin altına düşmüştür. Yerinde ölçümlerde kaydedilen iletkenlik, pH, tuzluluk, toplam çözünmüş madde gibi değerler üç yıl boyunca benzer seviyelerde devam etmiştir (Şekil 3a). Toplam azot, toplam fosfor ve amonyum konsantrasyonları en yüksek değerlerine sonbahar dönemlerinde ulaşmıştır (Şekil 3b). Manuel su örnekleme sonuçlarından elde edilen klorofil-a konsantrasyonu arttıkça göldeki SRP miktarı ve göl suyu berraklığı (Seki disk derinliği) azalmaktadır (Şekil 4).

Tablo 9. Proje dönemi boyunca yapılan 33 su örneklemeyle yerinde ölçüm ve analizi yapılan parametrelerin ortalama, minimum ve maksimum değerleri

Parametreler	Ortalama	Minimum	Maksimum
Askıda Katı Madde (mg/l)	11.3	0.4	49.6
Klorofil-a (µg/l)	14.1	0.1	61.7
Alkaliniti (meq/L)	8.4	0.5	11.6
Silikat (ppb)	4.0	0.5	6.7
Toplam Fosfor (µg/l)	94	51.1	172.
Çözünmüş Reaktif Fosfor (µg/l)	24	7.3	84
Nitrat+ nitrit (µg/l)	85	16.3	272
Ammonyum (µg/l)	25	2.1	71
Toplam Azot(µg/l)	893.	30.1	1954
Seki disk Derinliği (cm)	196	49	500
Derinlik (m)	5.7	5.3	6.5
Sıcaklık (°C)	17.4	3.2	25.2
İletkenlik (mS)	1.8	1.2	2.3
Toplam Çözünmüş Madde (g/l)	1.4	1.2	1.6
Tuzluluk ‰	1.1	0.9	1.3
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	5.8	0.4	16.0
pH	8.4	7.6	9.6



Şekil 3. a) Her yarım metrede bir yerinde ölçüm yapılan parametrelerin ortalama değerleri b) Analizi yapılan toplam fosfor (TP), toplam azot (TN) ve amonyum değerleri

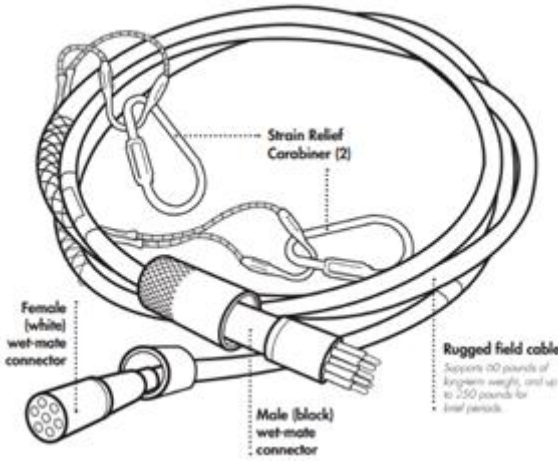


Şekil 4. a) Klorofil-a konsantrasyonunun ve b) SRP ve Seki disk derinliği değişimi

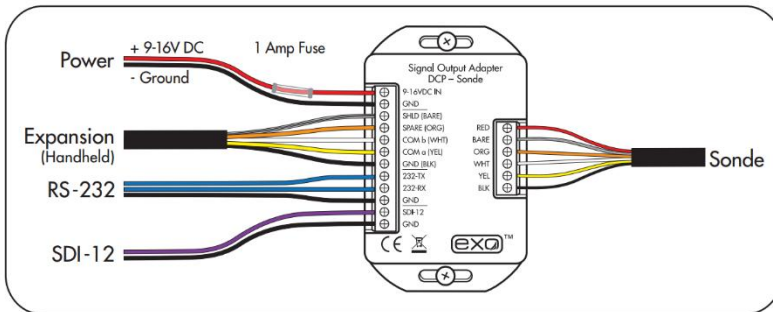
4.2 İP-2: Veri Transferi ve paylaşımı

Projenin 2. İP si verilerin otomatik izleme istasyonundan laboratuvarında belirlenen istasyona aktarılmasını kapsamaktadır. Proje kapsamında veri transferi kullanılan iki sonda farklı modellerde olup tüm sondalar için tek bir veri aktarım sistemi bulunmamaktadır. İkinci sonda ölçümleri ile metabolizme hesaplamasında mümkün olmadığı için daha gelişmiş teknolojiye sahip olan 1,5 metredeki EXO2 model sonda için uzaktan veri aktarımının sağlanması kararlaştırılmıştır. Veri transferinin sağlanması için **Auxiliary Port (Destek Portu)** kullanılmıştır.

Bu porttan bağlantı açık uçlu (konektörsüz), su geçirmeyen ve dayanıklı saha kablosu ile sağlanmıştır (Şekil 5). Bu kablunun bir ucu sondaya bağlanırken diğer ucu, sonda ile Veri Toplama Platformu - VTP (*Data Collection Platform - DCP*) 'nu birbirine bağlayan çeviriciye aşağıda gösterildiği şekilde bağlanmaktadır. Daha sonra bu çeviriciden RS-232 ya da SDI-12 gibi dijital ara yüzler aracılığıyla alınan veri, VTP görevi yapan Data-Logger cihazına aktarılması planlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Veri transferi saha kablosu



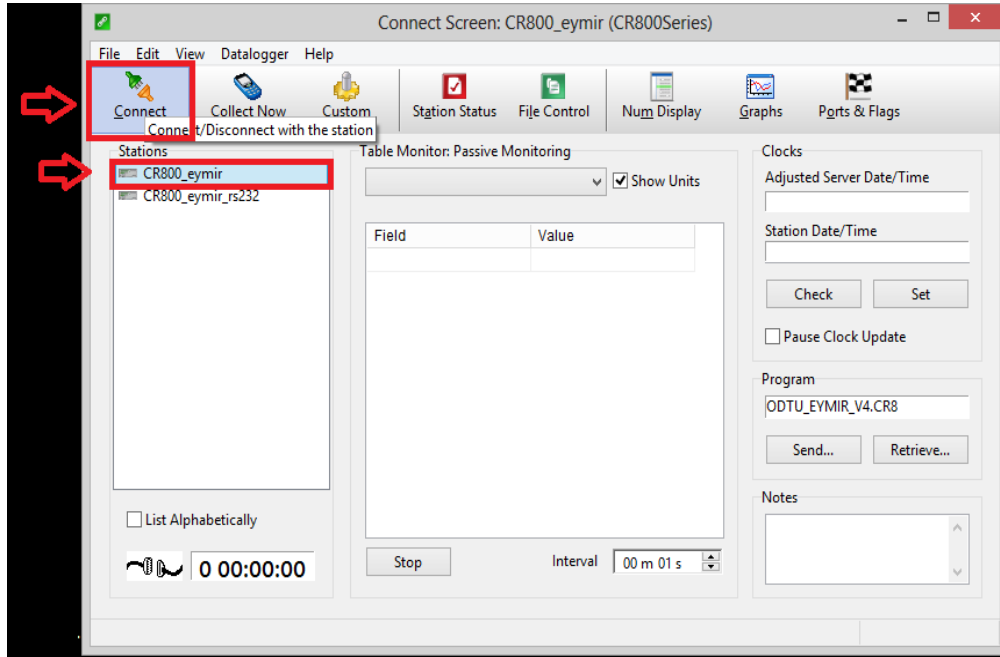
Şekil 6. Sonda ile modem arasında iletişim sağlayan Veri Toplama Platformu

EXO2 sondası için uzaktan aktarım sistemi, tüm laboratuvar denemelerini tamamladıktan sonra 2017 ölçüm döneminde sisteme eklenmiştir. Ancak sistemi batarya ile desteklemek yeterli gelmediğinden yeni bir yöntem uygulanarak meteoroloji istasyonunun aküsünden enerji alınmıştır. Bu sebeple, 2017 döneminde YFOİİ, göle geç tesis edilmiştir.

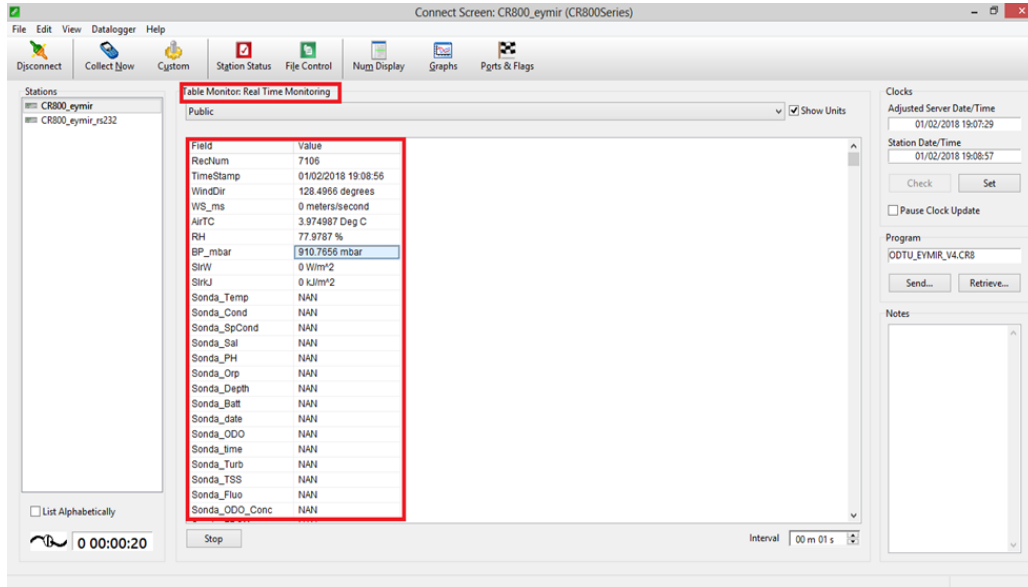
Uzaktan veri aktarımı, hem meteorolojik veriler hem de 1.5 metredeki EXO2 sonda verilerini kapsayacak şekilde, bilgisayar üzerinden LoggerNet programı ve telefon üzerinden LoggerLink uygulaması kullanılarak erişilmiştir (Şekil 7). Otomatik izleme sisteminin, yüksek frekanslı ve dolayısı ile büyük boyutlu olması, anlık görüntüleme ve kontrol aşamasında yararlı olan cep telefonu uygulamasını, bütün verilerin transferinde yetersiz kılmıştır. Bu nedenle bütün verilerin transferi için LoggerNet bilgisayar programı kullanılmıştır. Veri tabanı oluşturulurken kullanılan bilgisayar yazılımı, detayları ile şekil 7-8-9'da aktarılmıştır. Ayrıca www.lem.metu.edu.tr adresinden, "YFOİİ" menüsündeki "Yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu veritabanı" sekmesindeki link aracılığı ile üç yıl boyunca alınan veri sistemine Kullanıcı adı: 114Y415, Şifre: Ver!_+@ban!, olacak şekilde erişim mümkün kılınmıştır.



Şekil 7. Loggernet bilgisayar yazılımı ve telefon uygulaması ile sisteme erişim

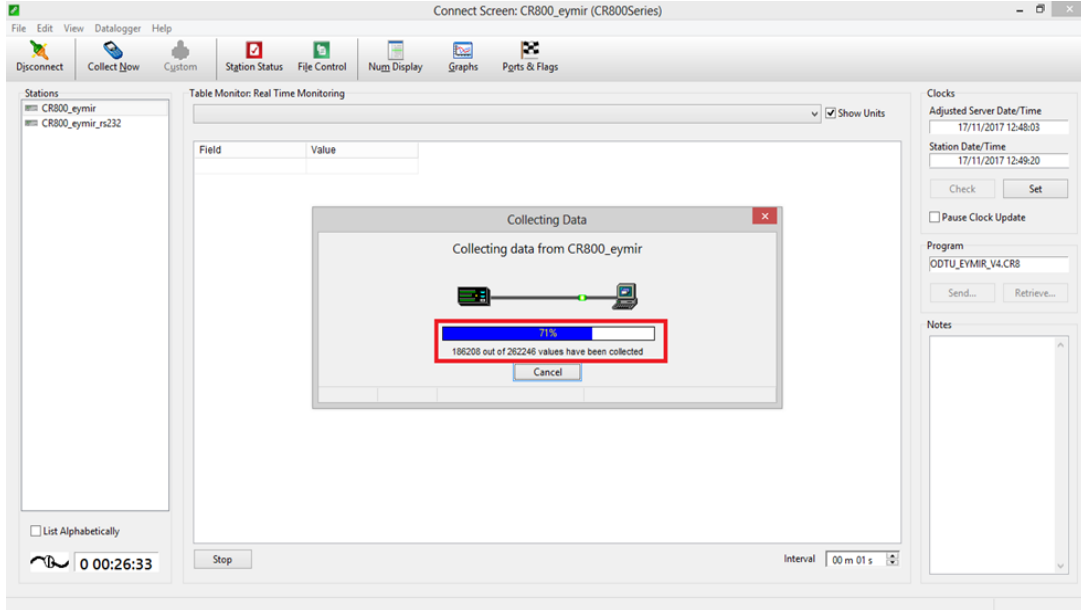


Şekil 8. Loggernet yazılımı kullanılarak uzaktan veri erişiminde sonda ve meteorolojik veriler ile iletişim kurulması



Şekil 9. Loggernet yazılımı ile YFOİ'ye bağlandıktan sonra canlı olarak parametrelerin takibi

Loggernet yazılımına önceden tanıtılan IP adresi ile YFOİİ sistemine doğrudan erişim sağlanmaktadır. Erişim yazılımındaki “connect” butonu ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 8). Yazılım üzerinden tüm veriler canlı olarak görülebilmekte ve değişimi takip edilebilmektedir (Şekil 9). Ardından yazılımda bulunan “collect now” butonu ile tüm veriler bilgisayara çok kısa sürede indirilebilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Uzaktan erişilen YFOİİ sistemindeki verilerin bilgisayara indirilmesi.

4.3 İP3: Veri işleme, analizler ve modelleme

Yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu (YFOİİ) ile elde edilen 3 yıllık veri seti için öncelikle uygun regresyon modeli tespit edilmiş ardından boş olan veriler bu model doğrultusunda doldurulmuştur. Boşluğu doldurulan verilerin betimleyici istatistikleri belirlenmiş ve birbirleri ile ilişkisine bakılmıştır (Tablo 10-11).

Eymir Gölü ekosistemini en çok etkileyen meteorolojik parametrelerin rüzgar hızı ve hava sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple bu iki parametrenin oksijen üzerindeki etkisi daha yakından incelenmiştir (Şekil 11). Özellikle sıcaklık tabakalaşmasının oluşmasında ve bozulmasında rol oynayan bu iki parametre çözülmüş oksijenin tabakalar arasındaki geçişini etkileyerek metabolizmada ani salınımlara neden olmaktadır. Bu etki, 2015 Sonbahar döneminde suyun üst tabakasındaki (epilimnion) çözülmüş oksijen konsantrasyonunda kısa dönemli salınımlar ile en belirgin gözlemlenmiştir.

Tablo 10. Boşluğu doldurulan verilerin betimleyici istatistikleri

Değişken	N	Ort	SD	Min	Med	Maks	SE	$r^2_{düz}$ (%)
Rüzgar hızı (m/s)	1470	1.4	0.9	-0.5	1.3	2.9	0.36	85.24
Sıcaklık (C°)	1900	19.1	8.1	-1.0	29.6		3.42	86.35
Bağıl nem (%)	1900	53.8	19.3	27.1	52.7	94.1	10.34	79.36
Barometrik Basınç (bp)	1900	904.1	2.5	898.6	903.4	912.3	0.89	91.20
Kısa dalga radyasyonu (w/m ²)	1900	274.0	323.7	-76.6	138.0	874.3	105.25	87.04
Doygun çözünmüş oksijen (%)	45423	24.4	171.9	-1205.1	67.1	319.1	5.25	94.88
Çözünmüş oksijen (mg/L)	45423	6.4	5.5	-4.4	6.2	32.4	0.07	99.93
Tuzluluk (psu)	45093	1.1	0.2	0.5	1.0	1.7	0.02	95.25
Su sıcaklığı_0.5m	324	10.6	1.4	6.7	10.9	14.0	1.92	84.93
Su sıcaklığı_1.0m	33696	17.5	6.7	-9.4	14.8	27.3	1.12	94.51
Su sıcaklığı_1.5m	61854	18.3	5.9	7.0	18.7	28.1	0.33	99.34
Su sıcaklığı_2.0m	34325	16.3	5.9	4.4	14.8	26.1	0.37	99.34
Su sıcaklığı_2.5m	29309	16.2	6.4	4.3	13.5	25.9	0.49	98.87
Su sıcaklığı_3.0m	34036	15.3	6.2	3.7	12.8	25.4	0.62	97.33
Su sıcaklığı_4.5m	86618	19.0	4.2	10.0	18.7	26.4	0.05	98.83
Su sıcaklığı_5.0m	37714	15.6	5.0	1.9	15.0	21.4	0.80	95.74
Su sıcaklığı_5.5m	64743	15.7	4.6	5.7	16.4	23.1	0.38	98.92
pH	45093	8.8	0.3	8.3	8.7	9.7	0.05	98.93
Fluoran çözünmüş organik madde (RFU)	45101	20.8	1.8	13.7	20.6	25.2	1.07	76.11
Klorofil-a (µg/l)	47727	14.4	10.6	-1.3	14.5	205.3	11.85	66.61
Mavi Yeşil alg (µg/l)	47926	13.7	65.5	-3005.5	24.3	159.6	13.32	84.32
Bulanıklık (FNU)	45104	4.0	2.4	-10.0	4.6	18.8	1.52	71.95

N: örnek sayısı; Ort: ortalama; SD: standart sapma; Min: minimum; Maks: maksimum; Med: medyan; SE: standart hata; $r^2_{düz}$: düzeltilmiş belirleme katsayısı.

Tablo 11. Boşluk doldurma işlemi sonrası yıllara göre betimleyici istatistikler

Değişken	Yıl	N	N*	Ort	SD	CV	Min	Med	Maks
Rüzgar hızı (m/s)	2015	26409	0	1.2	1.3	114.0	0.0	0.7	9.6
	2016	45510	0	1.5	1.6	105.9	0.0	1.0	10.8
	2017	16275	0	1.3	1.4	101.5	-0.5	1.0	8.8
Hava sıcaklığı (C°)	2015	26409	0	14.9	9.5	64.0	-8.9	16.3	34.3
	2016	45510	0	13.5	9.2	68.5	-15.8	13.9	35.3
	2017	16275	0	18.7	7.6	40.6	-2.5	19.3	35.2
Bağıl nem (%)	2015	26409	0	64.7	23.0	35.5	7.7	66.5	100.0
	2016	45510	0	61.7	22.3	36.2	5.9	62.2	100.0
	2017	16275	0	52.8	21.3	40.4	8.0	52.7	100.0
Barometrik basınç (bp)	2015	26409	0	907.4	4.9	0.5	897.0	907.0	923.0
	2016	45510	0	905.6	4.6	0.5	892.0	905.0	922.0
	2017	16275	0	905.3	3.8	0.4	894.0	905.0	917.0
Kısa dalga radyasyonu (w/m ²)	2015	26409	0	190.1	285.3	150.1	0.0	2.3	1187.0
	2016	45510	0	207.8	293.4	141.2	0.0	12.0	1223.0
	2017	16275	0	225.7	302.9	134.2	0.0	18.8	1062.0
pH	2015	26409	0	8.6	0.1	1.7	8.2	8.6	9.7
	2016	45510	0	8.8	0.3	3.1	8.4	8.8	9.5
	2017	16275	0	9.6	0.2	2.1	9.2	9.6	9.9
Flürosan çözünmüş organik madde (RFU)	2015	26409	0	21.3	2.6	12.0	13.7	20.9	26.1
	2016	45510	0	20.4	1.2	5.7	15.3	20.4	23.2
	2017	16275	0	17.9	1.3	7.2	13.6	18.3	20.6
Doymun çözünmüş oksijen (%)	2015	26409	0	88.7	40.7	45.9	0.0	90.0	319.1
	2016	45510	0	58.7	41.1	70.1	0.0	58.7	275.1
	2017	16275	0	75.4	28.0	37.2	12.4	73.6	188.7
Çözünmüş oksijen (mg/l)	2015	26409	0	8.4	4.4	52.1	0.0	8.5	32.4
	2016	45510	0	5.5	4.1	74.3	0.0	5.3	26.4
	2017	16275	0	6.6	2.2	34.0	1.1	6.7	14.8
Klorofil-a (µg/l)	2015	26409	0	21.0	10.0	48.0	1.5	19.2	205.3
	2016	45510	0	8.4	7.8	93.2	0.0	5.8	108.0
	2017	16275	0	30.0	25.7	85.7	0.0	24.7	149.2
Mavi Yeşil Alg (µg/l)	2015	26409	0	52.1	33.3	64.0	0.0	46.5	199.2
	2016	45508	2	16.2	20.4	125.8	0.0	2.7	159.6
	2017	16144	131	44.8	31.2	69.6	0.0	44.7	422.7
Bulanıklık (FNU)	2015	26409	0	5.9	1.7	28.7	0.0	5.9	18.8

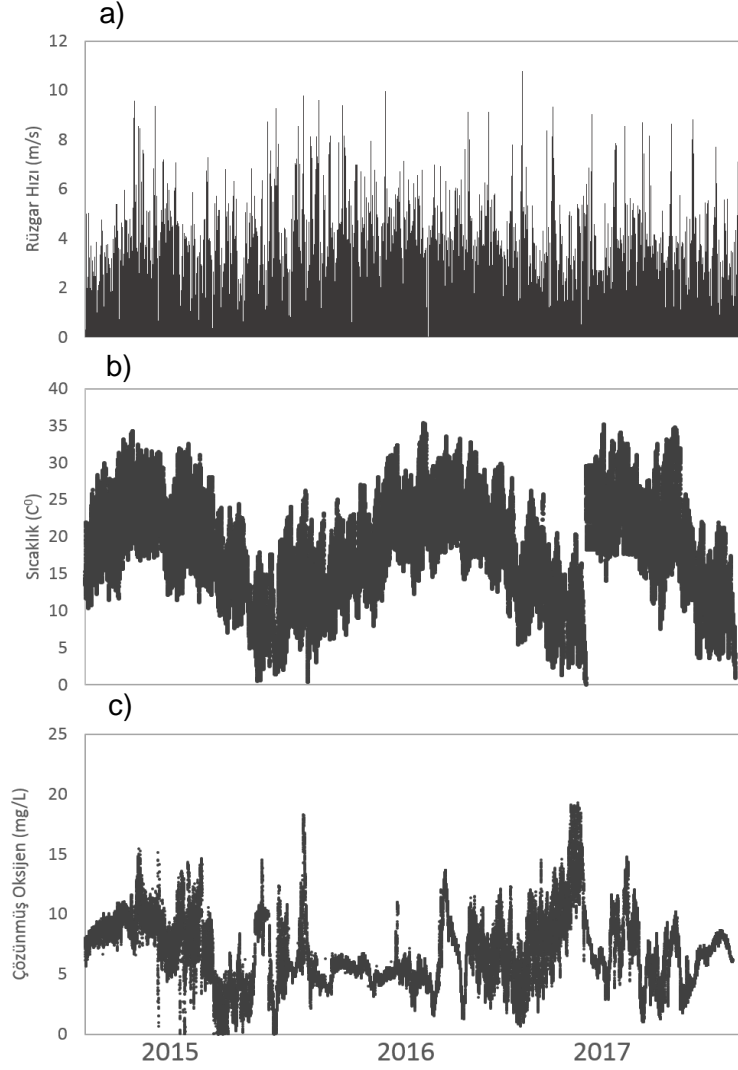
	2016	45510	0	2.5	2.2	87.6	0.0	1.6	17.8
	2017	16275	0	5.3	2.1	39.5	1.4	5.2	17.3
Tuzluluk (psu)	2015	26409	0	1.0	0.0	2.9	0.6	1.0	1.1
	2016	45510	0	1.1	0.2	18.2	0.5	1.1	1.7
	2017	16275	0	1.1	0.0	2.6	0.1	1.2	1.2
Toplam çözünmüş katı madde	2015	11525	14884	1239.6	18.8	1.5	1013.0	1240.0	1280.0
	2016	15300	30210	1360.0	62.1	4.6	1160.0	1347.0	1454.0
	2017	16269	6	1451.1	29.7	2.0	1087.0	1458.0	1490.0
Su sıcaklığı (C°)	2015	13223	13186	16.4	4.9	29.8	7.6	17.7	23.6
	2016	12960	32550	17.4	3.5	19.9	9.7	18.0	23.4
	2017	*	16275	*	*	*	*	*	*
İletkenlik (µS/cm)	2015	12240	14169	1659.4	189.3	11.4	1317.0	1737.0	1902.0
	2016	11384	34126	1728.6	158.0	9.1	1385.0	1747.0	2065.0
	2017	*	16275	*	*	*	*	*	*
Su sıcaklığı_0.5m	2015	26409	0	19.1	7.0	36.4	3.7	22.6	27.4
	2016	45510	0	17.2	6.6	38.3	-6.2	17.5	28.6
	2017	16275	0	21.8	4.4	20.1	11.3	23.4	28.4
Su sıcaklığı_1.0m	2015	26409	0	19.2	6.4	33.1	7.1	22.6	26.9
	2016	45510	0	18.1	5.5	30.5	-9.4	18.0	28.3
	2017	16275	0	21.6	4.3	19.9	11.3	23.1	27.9
Su sıcaklığı_1.5m	2015	26409	0	19.1	6.1	31.7	8.4	22.4	26.6
	2016	45510	0	18.0	5.3	29.1	7.0	17.9	28.1
	2017	16275	0	21.5	4.2	19.7	11.3	22.9	27.8
Su sıcaklığı_2.0m	2015	26409	0	18.9	6.1	32.4	7.0	22.1	26.1
	2016	45510	0	17.9	5.4	29.9	4.4	17.9	27.6
	2017	16275	0	21.3	4.1	19.4	11.4	22.7	27.3
Su sıcaklığı_2.5m	2015	26409	0	18.8	6.1	32.5	6.9	21.9	25.9
	2016	45510	0	17.7	5.3	30.1	4.3	17.7	26.9
	2017	16275	0	21.3	4.2	19.5	11.3	22.4	27.9
Su sıcaklığı_3.0m	2015	26409	0	18.7	6.0	32.1	6.7	21.8	25.4
	2016	45510	0	17.5	5.3	30.2	3.7	17.5	26.5
	2017	16275	0	21.0	4.0	19.0	11.3	22.2	26.7
Su sıcaklığı_3.5m	2015	26409	0	18.5	5.9	31.6	7.1	21.7	24.9
	2016	45510	0	17.3	5.2	30.1	4.5	17.2	26.4
	2017	16275	0	20.8	3.9	18.8	11.3	21.9	26.5
Su sıcaklığı_4.0m	2015	26409	0	18.1	5.7	31.3	6.9	21.6	23.7
	2016	45510	0	16.9	5.0	29.8	3.7	16.9	25.6



TÜBİTAK

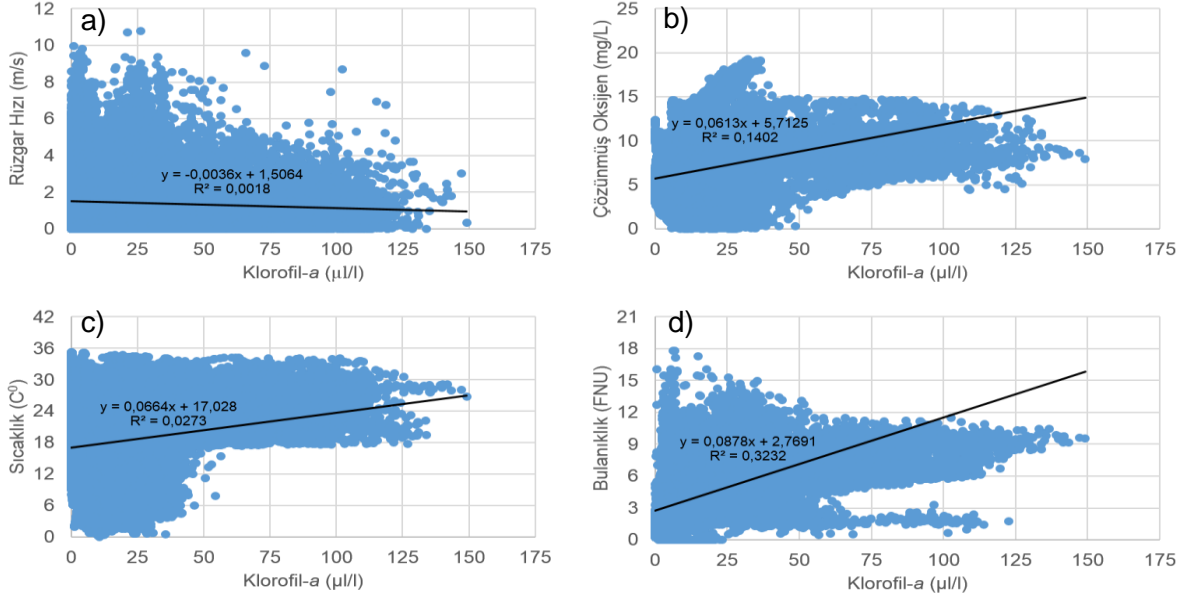
Su sıcaklığı_4.5m	2017	16275	0	20.5	3.6	17.7	11.3	21.7	26.1
	2015	26409	0	19.3	4.5	23.4	11.5	21.6	24.5
	2016	45510	0	18.2	4.1	22.5	10.0	17.6	26.1
Su sıcaklığı_5.0m	2017	16275	0	21.0	3.3	15.7	13.8	21.7	26.4
	2015	26409	0	17.1	4.9	28.7	6.8	20.6	21.4
	2016	45510	0	16.0	4.5	28.1	1.9	16.3	23.9
Su sıcaklığı_5.5m	2017	16275	0	19.4	2.8	14.4	11.5	20.6	23.4
	2015	26409	0	16.6	4.9	29.4	7.4	20.1	20.9
	2016	45510	0	15.4	4.4	28.7	5.7	15.6	22.4
	2017	16275	0	18.7	2.9	15.7	10.8	20.1	23.1

N: örnek sayısı; *N**: kayıp değer sayısı; Ort: ortalama; CV: varyasyon katsayısı; Min: minimum; Maks: maksimum; Med: medyan; SD: standart sapma.



Şekil 11. YFOİİ'den elde edilen 10'ar dakikalık a) rüzgar hızı, b) sıcaklık ve c) çözülmüş oksijen verileri

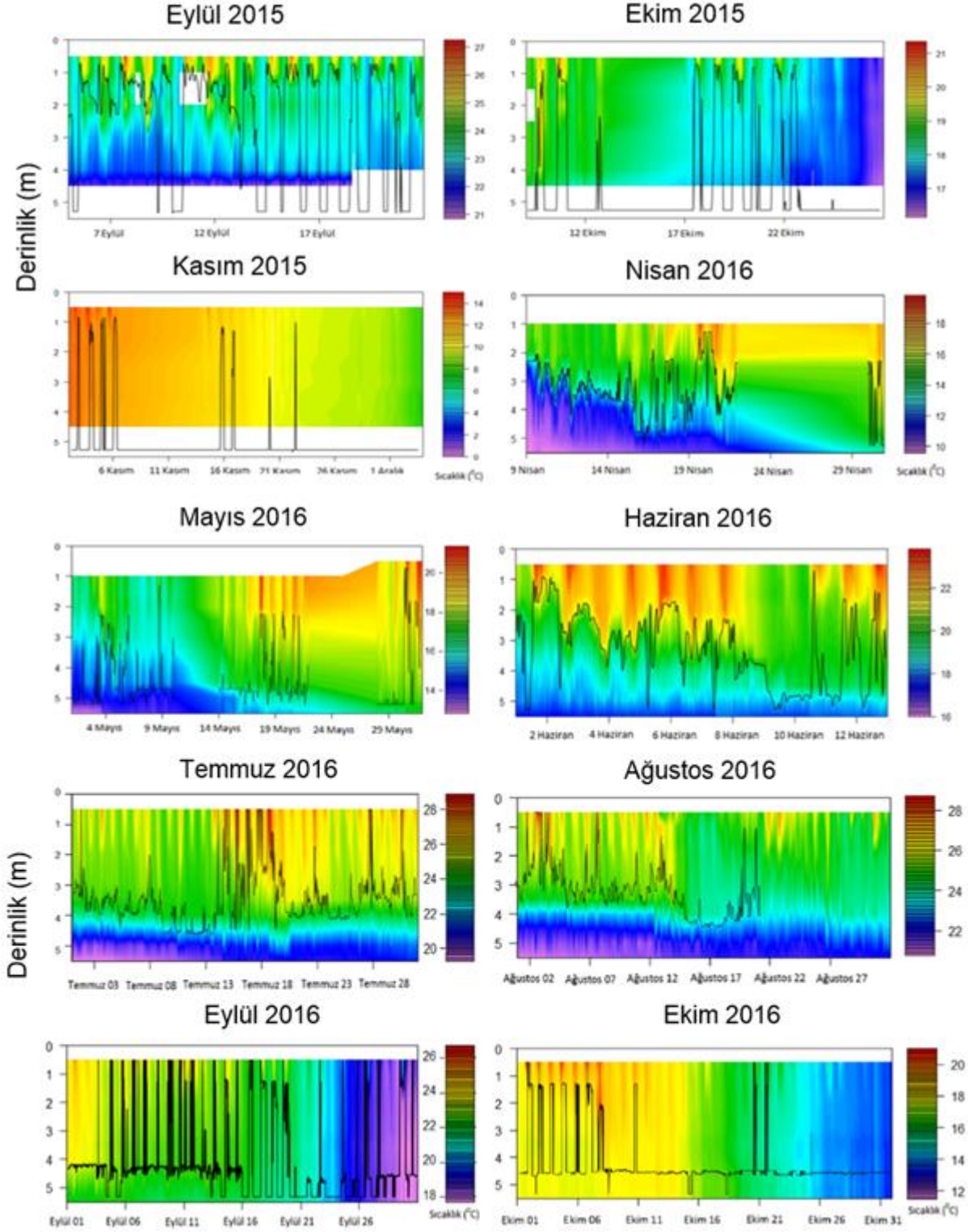
Birincil üretimin göstergesi klorofil-a parametresinin bu iki parametre ile ilişkisine bakıldığında sıcaklık ile pozitif bir eğim yakalanırken, rüzgar hızından doğrudan etkilenmemektedir. Bunun yanı sıra oksijen konsantrasyonunu arttıran birincil üreticiler, göldeki bulanıklığın oluşmasında da etkili olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 12).



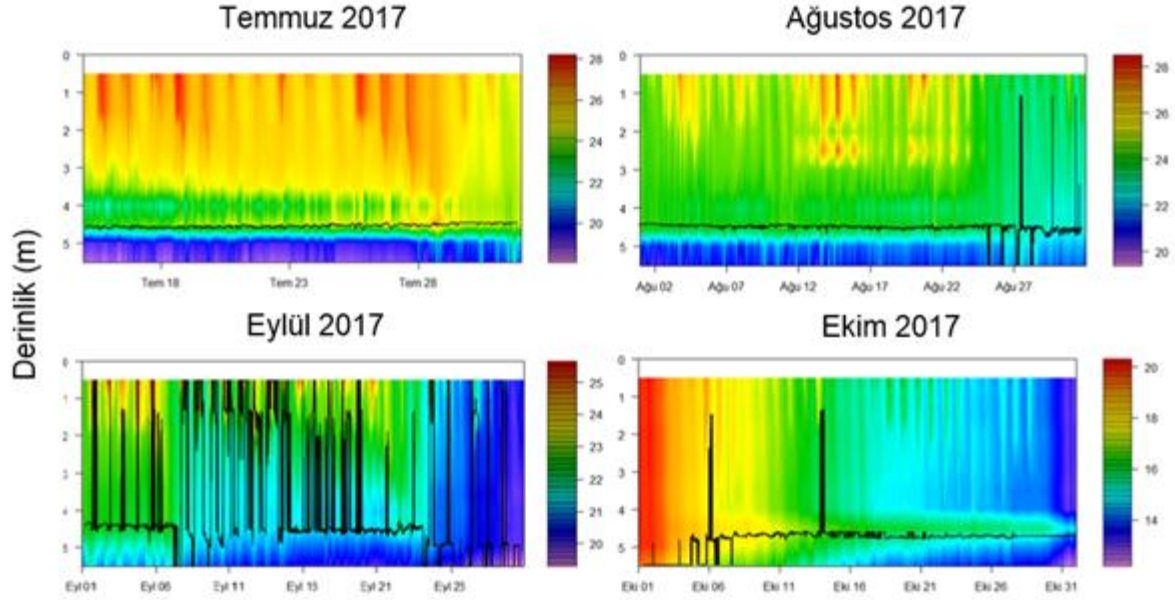
Şekil 12. YFOİ’den elde edilen klorofil-a verileri ile çevresel parametreler arasındaki ilişki a) Rüzgar hızı, b) Çözünmüş oksijen, c) Sıcaklık ve d) Bulanıklık

4.3.1 Metabolizma ve Bileşenlerinin Sonuçları

Metabolizma hesaplamalarında kullanılan en önemli parametrelerden birisi olan karışım derinliği (Z_{mix}) R programlama dilinde yazılmış olan “rLakeMetabolizer” paketi yardımı ile hesaplanmıştır. Termostat zincirindeki verilerden sıcaklık grafikleri elde edilerek karışım derinliği bu grafiklerin üzerine işlenmiştir (Şekil 13-14). Üç yıllık verileri temsil eden grafikler değerlendirildiğinde Eymir Gölü’nün özellikle Eylül ayında ekosistem stabilitesi çok hassas olduğu kaydedilmiştir. Şiddetli rüzgarların ve sıcaklık değişikliklerinin gerçekleştiği Eylül dönemi, gölün yaz boyunca durağan seyreden koşullarını değiştirerek gölün alt tabakası ile üst tabakası arasındaki madde geçişlerini hızlandırmıştır. Ayrıca 2016 yazında daha fazla sıcaklık tabakalaşması yaşayan göl 2017 yazını karışım derinliği açısından oldukça stabil geçirmiştir (Şekil 13-14). Ancak kısa süreli mikro sıcaklık tabakalaşmaları grafikler incelendiğinde bu iki ay içinde tespit edilebilmektedir.

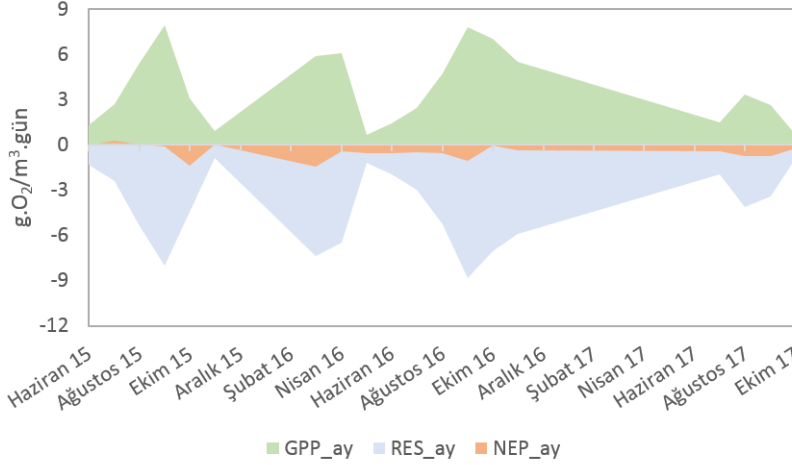


Şekil 13. 2015 ve 2016 yılları boyunca termostat zincirinden elde edilen verilerden oluşturulan derinliğe bağlı sıcaklık grafikleri ve karışım derinliği (siyah çizgi).



Şekil 14. 2017 yılı boyunca termostat zincirinden elde edilen verilerden oluşturulan derinliğe bağlı sıcaklık grafikleri ve karışım derinliği (siyah çizgi).

Yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonundan elde edilen ham veriler, boşlukların doldurulmasının ardından R programlama dilindeki “LakeMetabolizer” paketi yardımı ile birincil üretim (GPP), solunum (RES) ve net ekosistem üretimi (NEP) hesaplamalarında kullanılmıştır. Kalman filtri ile olası hatalı ölçümler azaltılmıştır. Sondanın sistemde olmadığı ve hesaplama yönteminden kaynaklı hatalı ölçümler çıkartıldığında toplam 416 gün için metabolizma değeri elde edilmiştir (Şekil 15). Elde edilen bu değerlere bakıldığında, GPP ortalama $3.9 \text{ g.O}_2/\text{m}^3.\text{gün}$, RES $-4.38 \text{ g.O}_2/\text{m}^3.\text{gün}$ ve NEP $-0.4 \text{ g.O}_2/\text{m}^3.\text{gün}$ olarak hesaplanmıştır. Göl, 416 gün içinde 156 gün ototrofik (NEP>0), 260 gün heterotrofik (NEP<0) özelliktedir. Aylık ortalama değerler grafiği incelendiğinde epilimnion tabakasında solunumun birincil üreticiler tarafından desteklendiği gözlemlenmiştir. Durağan ve sıcak geçen 2015 Temmuz ve Ağustos ayları hariç diğer aylarda göl negatif net ekosistem üretimine sahip olup atmosfere karbon salınımı yapmaktadır.



Şekil 15. Aylık ortalama GPP, RES ve NEP

4.3.2 Metabolizma Hesaplamaları ile Tespit Edilen Uç Olaylar

Uç olayların tespiti için kullanılan IQR karar kuralına göre üç yıllık ve yıllık olmak üzere sırasıyla Çizlege 12 ve 13'de sunulmaktadır. Üç yıllık süre referans alındığında uç olaylar rüzgâr hızı, fDOM ve klorofil-a değişkenlerinde yaşanmıştır. Rüzgar hızı bakımından uç olay 5.1 m/s ile 2016 yılının 144. takvim gününde gerçekleşmiştir. fDOM bakımından minimumdan aşağı ve maksimumdan yukarıda olmak üzere sırasıyla 2017 ve 2015 yıllarının 226. ve 334. takvim günlerinde iki uç olay tespit edilmiştir. Klorofil-a bakımından uç olay 2017 yılının 228. takvim gününde gerçekleşmiştir. Bu uç olayların üç yıllık normal seyirlerinin durumu Tablo 12'de ortalama, ortanca ve standart sapma istatistikleri ile ifade edilmektedir. Aynı işlemler yıllık bazda gerçekleştirilmiş ve Tablo 13'te sunulmuştur. Ancak, uç olayların tespitinde uzun dönemli verilerin kullanılması temsiliyet açısından daha anlamlı olduğu için üç yıllık veriler üzerine odaklanılmıştır. IQR kuralına göre %99 güven aralığında tespit edilen bu uç olayların GPP ve R (NEP) metabolizma bileşenleri üzerindeki etkileri Şekil 16, 17 ve 18'da gösterilmiştir. Metabolizma bileşenleri saatlik değil günlük hesaplandığı için uç olayların oluş saati yerine oluş takvim günleri kullanılmıştır. Uç olayların olduğu günler ile eğer mevcut ise bir önceki ve sonraki güne denk gelen metabolizma bileşenlerinin değerleri arasındaki farklılıklar Tablo 14'te sunulmuştur. Tablo 13'e göre rüzgâr hızının aşırı artışı, önceki ve sonraki günler ile karşılaştırıldığında GPP ve R değerlerinde düşüşe sebebiyet vermiştir. fDOM değerinin aşırı düşüşü GPP'yi azaltmış ve R'yi artırmıştır. fDOM değerinin aşırı artışı ise hem GPP'yi hem de R'yi artırmıştır. Aşırı klorofil artışı GPP ve R'de önemli bir yükselişe neden olmuştur.

Tablo 12. 2015 yılı 178. takvim günü ile 2017 yılı 304. takvim günü arasında gerçekleşen uç çevresel olayların üç yıllık dönem bazında tespiti (kalın yazı ve gri dolgu ile belirtilmektedir) ($n = 416$).

Değişken	Ort	SD	CV	Min	Maks	Alt sınır (Q1- 2.2*IQR)	Üst sınır (Q3+ 2.2*IQR)	Yıl	Takvim günü
DOY				83	334				
GPP	3.9	3.4	86	0	16	0	17		
R	-4.4	3.8		-18	0	-18	0		
NEP	-0.5	1.7		-8	6	-4	4		
Rüzgar hızı	1.5	0.7	51	0.3	5.1	0.0	4.0	2016	144
Sıcaklık	15.8	8.1	51	-10.5	28.2	-16.1	49.1		
Bağıl nem	56.3	12.0	21	30.7	87.8	6.6	100.0		
Barometrik basınç	905.3	3.4	0	895.4	915.6	892.9	917.7		
Kısa dalga boyulu radyasyon	234.6	80.5	34	24.4	364.4	0.0	577.4		
pH	8.9	0.4	5	8.4	9.9	7.1	10.7		
Fluoran	19.5	1.5	8	14.8	25.1	15.5	23.7	2017/2015	226/334
çözünmüş organik madde									
Doygun çözünmüş oksijen	77.2	28.8	37	12.3	158.8	0.0	184.7		
Çözünmüş oksijen	6.9	2.6	38	1.1	15.0	0.0	16.5		
Klorofil-a	16.7	15.5	93	0.0	116.8	0.0	57.4	2017	228
Mavi Yeşil alg	30.3	25.3	83	0.0	107.7	0.0	142.5		
Bulanıklık	4.2	2.5	59	0.0	12.0	0.0	15.3		
Tuzluluk	1.1	0.1	11	0.9	1.5	0.6	1.5		
Su sıcaklığı_0.5m	21.0	5.4	26	3.5	27.2	1.1	42.0		
Su sıcaklığı_1.0m	21.2	4.7	22	6.8	27.0	2.5	40.6		
Su sıcaklığı_1.5m	21.0	4.6	22	8.3	26.7	2.5	40.2		
Su sıcaklığı_2.0m	20.9	4.6	22	6.8	26.5	3.1	39.5		
Su sıcaklığı_2.5m	20.7	4.6	22	6.7	26.4	2.6	39.5		
Su sıcaklığı_3.0m	20.5	4.6	22	6.4	25.9	2.8	39.1		
Su sıcaklığı_3.5m	20.3	4.5	22	6.9	25.7	3.0	38.5		
Su sıcaklığı_4.0m	19.9	4.3	22	6.6	24.6	4.0	36.8		
Su sıcaklığı_4.5m	20.6	3.7	18	11.3	25.5	4.9	36.8		
Su sıcaklığı_5.0m	18.6	3.7	20	6.4	22.7	6.7	31.4		
Su sıcaklığı_5.5m	18.0	3.7	21	7.2	22.3	5.2	31.6		

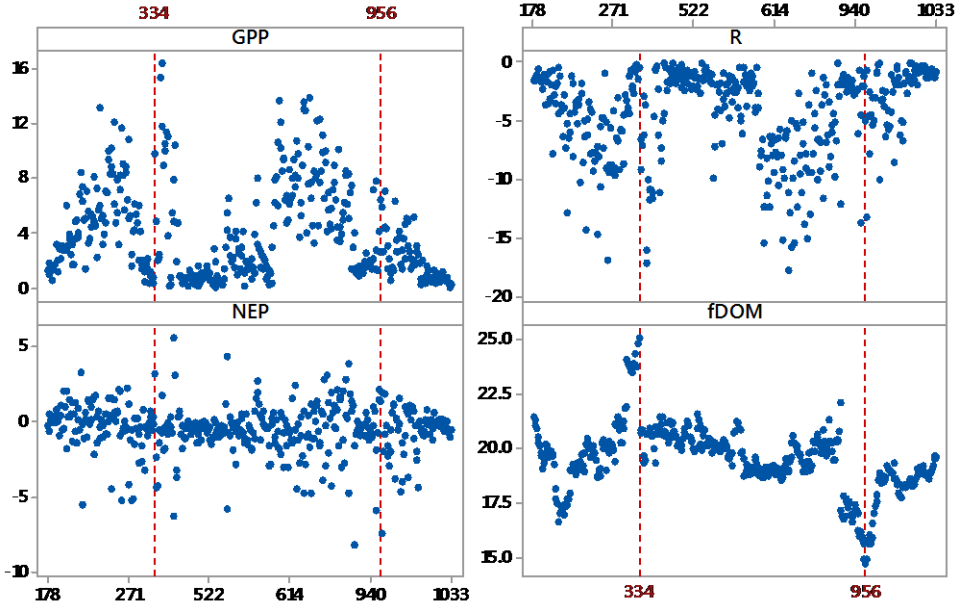
Tablo 13. 2015 yılı 178. takvim günü ile 2017 yılı 304. takvim günü arasında gerçekleşen uç çevresel olayların yıl bazında tespiti (kalın yazı ve gri dolgu ile belirtilmektedir) n = 110 (2015 için); 207 (2016 için); 99 (2017 için).

Değişken	Yıl	Ort	SD	Min	Maks	Alt sınır (Q1- 2.2*IQR)	Üst sınır (Q3+ 2.2*IQR)	Takvim günü
GPP	2015	4.5	2.9	0.2	13.2	0.0	15.2	
	2016	4.5	3.8	0.0	16.4	0.0	22.1	
	2017	2.0	1.7	0.0	7.8	0.0	6.7	
R	2015	-4.7	3.4	-17.0	-0.1	-18.2	0.0	
	2016	-5.1	4.2	-17.7	0.0	-21.9	0.0	
	2017	-2.6	2.6	-13.7	-0.1	-7.8	0.0	
NEP	2015	-0.2	1.6	-5.5	3.3	-3.5	3.6	
	2016	-0.6	1.8	-8.2	5.6	-4.6	3.7	
	2017	-0.6	1.5	-7.4	2.1	-3.3	2.5	
Rüzgar hızı	2015	1.3	0.6	0.3	3.5	0.0	3.6	
	2016	1.6	0.8	0.3	5.1	0.0	4.7	144
	2017	1.4	0.6	0.3	3.6	0.0	3.3	303
Sıcaklık	2015	19.7	5.1	5.1	27.4	2.8	37.5	
	2016	12.3	8.7	-10.5	28.2	-22.5	48.5	
	2017	18.9	5.8	4.9	27.5	-12.5	48.9	
Bağıl nem	2015	58.2	12.3	38.8	87.8	10.8	100.0	
	2016	57.1	11.2	30.7	87.1	12.0	100.0	
	2017	52.3	12.7	31.8	87.2	4.4	97.4	
Barometrik basınç	2015	905.4	2.9	899.4	913.7	895.1	915.5	
	2016	905.3	3.5	895.4	913.4	892.3	918.6	
	2017	905.2	3.6	896.2	915.6	893.0	917.4	
Kısa dalga boyulu radyasyon	2015	236.3	83.2	36.8	356.6	0.0	548.3	
	2016	238.2	80.9	44.5	364.4	0.0	589.5	
	2017	225.4	76.7	24.4	339.9	0.0	537.7	
pH	2015	8.6	0.1	8.4	8.9	8.2	9.0	
	2016	8.8	0.3	8.4	9.2	7.3	10.3	
	2017	9.6	0.2	9.2	9.9	8.6	10.5	
Flürosan çözünmüş organik madde	2015	20.1	1.9	16.7	25.1	15.0	24.9	334
	2016	20.0	0.8	18.6	22.1	16.5	23.5	
	2017	17.9	1.2	14.8	19.7	13.1	22.8	
Doymun çözünmüş oksijen	2015	89.1	31.3	15.5	151.7	10.7	180.4	
	2016	71.9	26.6	12.3	158.8	0.0	156.4	215
	2017	74.9	26.5	22.6	156.8	0.0	150.4	226
Çözünmüş oksijen	2015	7.6	2.5	1.4	12.2	1.4	14.8	
	2016	6.6	2.7	1.1	15.0	0.0	14.3	314
	2017	6.5	2.1	1.9	12.6	0.0	14.0	
Klorofil-a	2015	21.8	9.5	7.6	62.6	6.3	34.1	
	2016	8.8	7.5	0.0	29.4	0.0	46.3	

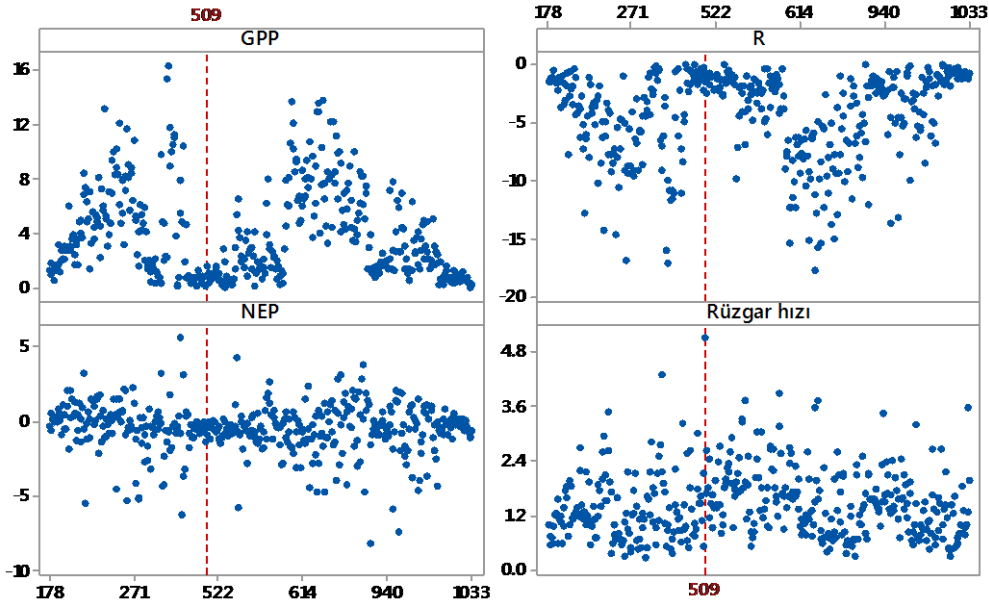
	2017	27.4	22.9	0.7	116.8	0.0	73.8	228
Mavi Yeşil alg	2015	38.2	26.0	2.0	107.2	0.0	135.5	
	2016	20.1	19.4	0.0	58.9	0.0	121.0	
	2017	42.9	26.7	0.3	107.7	0.0	146.3	
Bulanıklık	2015	6.1	1.6	1.7	12.0	2.4	9.8	208/217
	2016	2.8	2.2	0.0	6.3	0.0	14.7	
	2017	5.3	2.0	2.0	9.6	0.0	11.6	
Tuzluluk	2015	1.0	0.0	0.9	1.1	0.9	1.0	
	2016	1.2	0.1	1.0	1.5	0.6	1.7	
	2017	1.1	0.0	1.1	1.2	1.1	1.2	
Su sıcaklığı_0.5m	2015	22.9	4.3	9.2	26.3	14.3	33.5	334
	2016	19.6	6.0	3.5	27.2	-6.0	46.4	
	2017	21.9	4.2	13.2	26.9	0.7	42.5	
Su sıcaklığı_1.0m	2015	22.7	4.2	9.2	25.9	15.0	32.4	334
	2016	20.1	5.0	6.8	27.0	-0.5	42.0	
	2017	21.7	4.1	13.1	26.8	1.2	41.7	
Su sıcaklığı_1.5m	2015	22.5	4.1	9.8	25.6	14.9	32.1	334
	2016	20.0	4.8	8.3	26.7	-0.7	41.7	
	2017	21.6	4.0	13.1	26.6	1.4	41.3	
Su sıcaklığı_2.0m	2015	22.2	4.1	9.2	25.3	14.9	31.7	334
	2016	19.9	4.9	6.8	26.3	-0.4	41.5	
	2017	21.4	3.9	13.2	26.5	2.1	40.3	
Su sıcaklığı_2.5m	2015	22.1	4.0	9.1	25.2	15.0	31.5	334
	2016	19.6	4.9	6.7	26.0	-1.3	41.9	
	2017	21.4	4.0	13.2	26.4	1.8	40.7	
Su sıcaklığı_3.0m	2015	21.9	4.0	9.0	24.8	15.4	30.7	334
	2016	19.4	4.9	6.4	25.6	-2.6	42.6	
	2017	21.1	3.8	13.1	25.9	2.4	39.6	
Su sıcaklığı_3.5m	2015	21.7	3.8	9.2	24.5	15.9	29.8	334
	2016	19.2	4.8	6.9	25.2	-3.0	42.5	
	2017	20.9	3.7	13.1	25.7	2.7	38.9	
Su sıcaklığı_4.0m	2015	21.2	3.8	9.0	23.6	15.9	28.7	334
	2016	18.8	4.7	6.6	24.4	-2.3	41.1	
	2017	20.6	3.4	13.1	24.6	4.4	36.6	
Su sıcaklığı_4.5m	2015	21.8	3.1	12.5	24.2	15.5	29.7	334
	2016	19.7	3.9	11.3	24.9	0.5	39.8	
	2017	21.1	3.2	14.9	25.5	4.6	37.2	
Su sıcaklığı_5.0m	2015	19.8	3.2	9.0	21.4	18.1	23.6	334
	2016	17.6	4.1	6.4	22.7	0.6	35.5	
	2017	19.5	2.6	13.4	22.4	8.8	30.3	
Su sıcaklığı_5.5m	2015	19.2	3.2	8.8	20.9	17.3	23.3	334
	2016	17.1	4.1	7.2	22.3	0.3	34.5	
	2017	18.8	2.7	12.5	22.0	7.3	30.5	



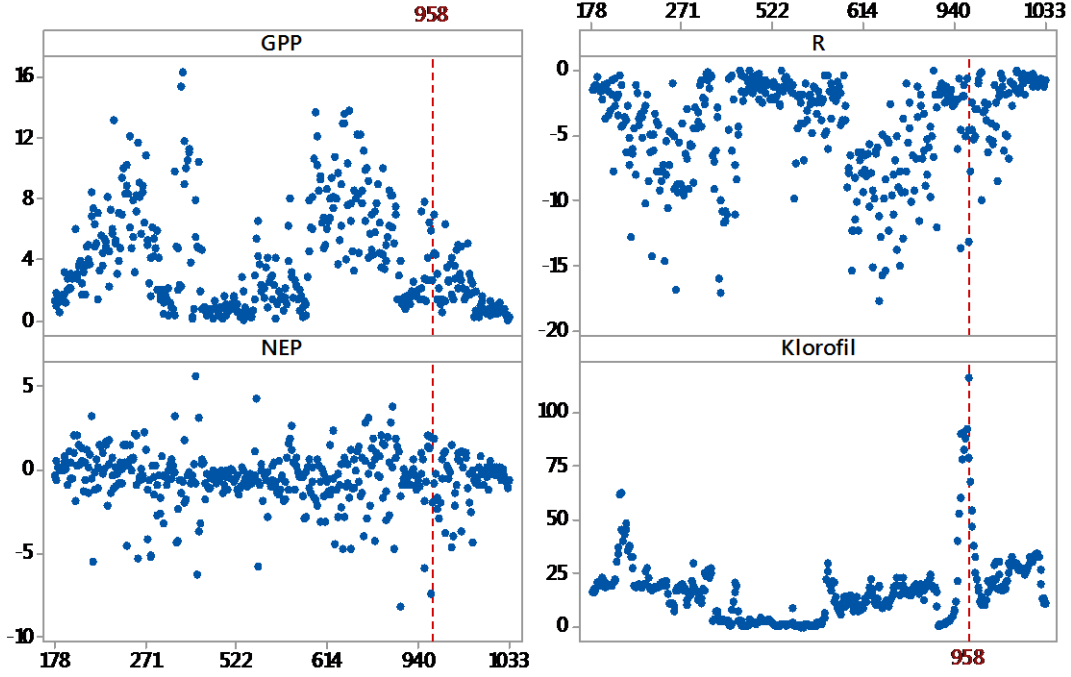
TÜBİTAK



Şekil 16. Üç yıllık dönem boyunca fDOM bakımından 2015 yılının 334. (25.1 RFU) ve 2017 yılının 226. takvim gününde (14.8 RFU) (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 334. ve 956. takvim gününde) gerçekleşen iki uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.



Şekil 17. Üç yıllık dönem boyunca rüzgâr hızı bakımından 2016 yılının 144. takvim gününde (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 509. takvim gününde) (5.1 m/s) gerçekleşen uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.

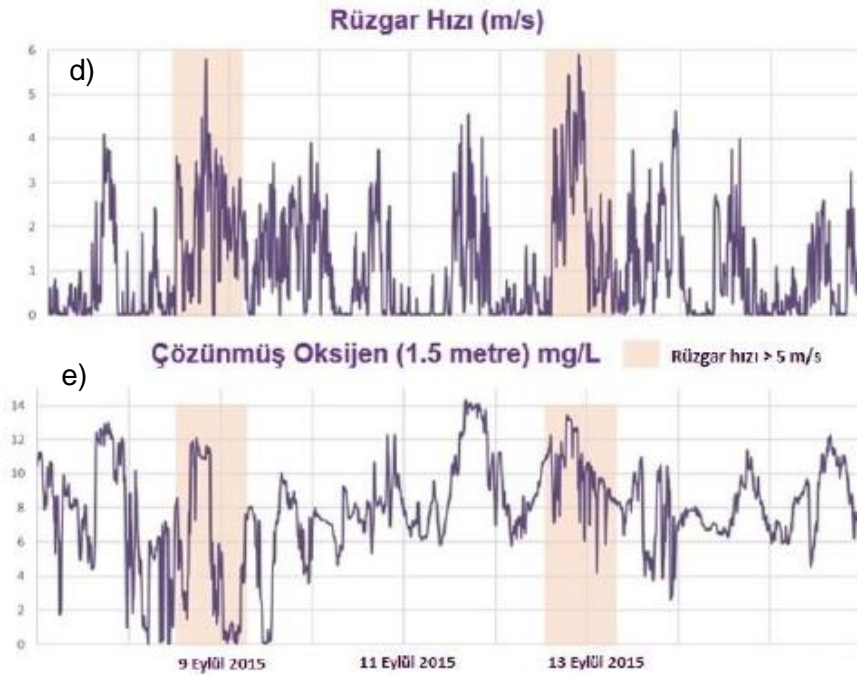


Şekil 18. Üç yıllık dönem boyunca klorofil-a bakımından 2017 yılının 228. takvim gününde (116.8 µg/l) (2015 yılı 178. takvim gününden itibaren sürekli olarak devam edildiğinde 958. takvim gününde) gerçekleşen uç olayın göl metabolizma bileşenlerine etkisi.

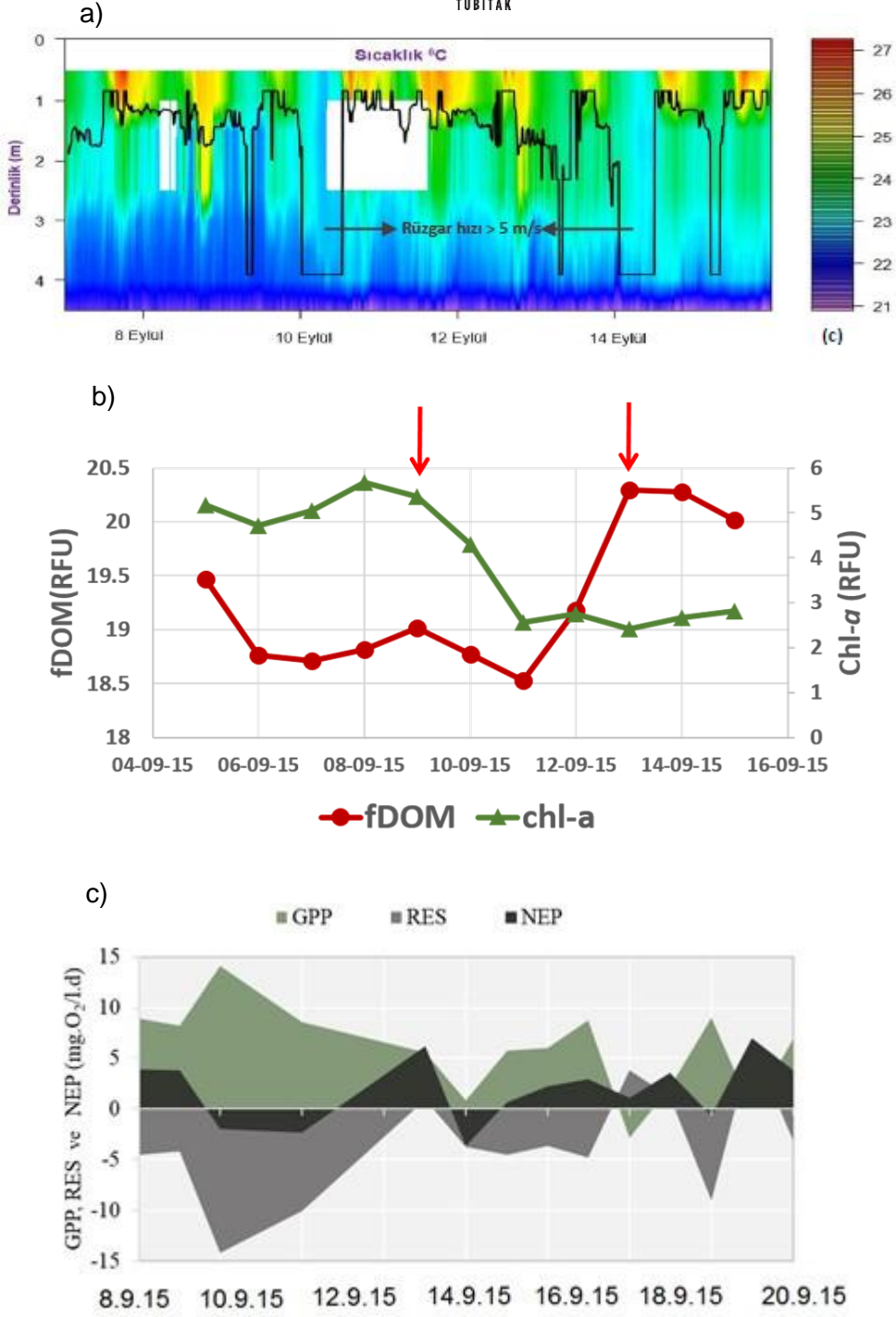
Tablo 14. Uç olaylara denk gelen günlerin metabolizma değerleri ile bir gün önceki ve sonraki metabolizma değerlerinin karşılaştırılması.

Uç olay	DOY	Yıl	GPP	R	NEP
Önceki gün	143	2016	0.82	-2.17	-1.35
Rüzgâr hızı	144	2016	0.12	-1.51	-1.38
Sonraki gün	145	2016	1.57	-2.43	-0.85
Önceki gün	333	2015	0.67	-0.36	0.30
fDOM	334	2015	0.32	-0.46	-0.14
Önceki gün	225	2017	4.08	-1.97	2.11
fDOM	226	2017	6.39	-5.03	1.35
Sonraki gün	227	2017	2.63	-0.69	1.93
Önceki gün	227	2017	2.63	-0.69	1.93
Klorofil-a	228	2017	5.87	-13.24	-7.37

Yapılan istatistiksel yaklaşımların yanı sıra veriler incelendiğinde metabolizmada ani değişim yaratan üç olay tespit edilmiştir. Bu olaylardan ikisi farklı parametreler tarafından değerlendirilen istatistiksel yaklaşımlardan elde edilen sonuçlar ile aynı dönemi kapsamaktadır. İlk olay tüm sistemin tesis edilmesinden hemen sonra Eylül 2015 ayında gerçekleşmiştir. Temmuz ve Ağustos dönemini rüzgarsız geçiren gölde Ağustos sonunda sıcaklıkların da atması ile aşırı alg artışı meydana gelmiştir. Bu artış göldeki birincil üretimi arttırıp metabolizmayı pozitif yöne doğru çekmiştir. Ancak Eylül ayında rüzgar hızının ve yağışların artması ile göldeki aşırı alg artışı aniden düşmüş, gölün alt oksijensiz alt tabakası ile üst tabakası karıştığından takibi günlerde göl ototorofk statüden heterotorofik statüye geçmiştir (Şekil 19-20). Bu süreçte rüzgar hızının 5 m/s'den fazla olması ve sürekli devam etmesi göl sıcaklık tabakalaşmasını bozmuştur. Bir buçuk metredeki metabolizma değeri Eylül 2015 başlarında $1.54 \text{ g.O}_2 \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{gün}^{-1}$ iken takip eden günlerde $-4.48 \text{ g.O}_2 \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{gün}^{-1}$ 'e kadar düşmüştür. Gölün rüzgar vasıtası ile karışması alttaki oksijensiz tabakayı üst tabakalara taşımıştır. Bu durum da göl içerisindeki çözülmüş organik madde miktarını arttırmıştır (Şekil 19-20).

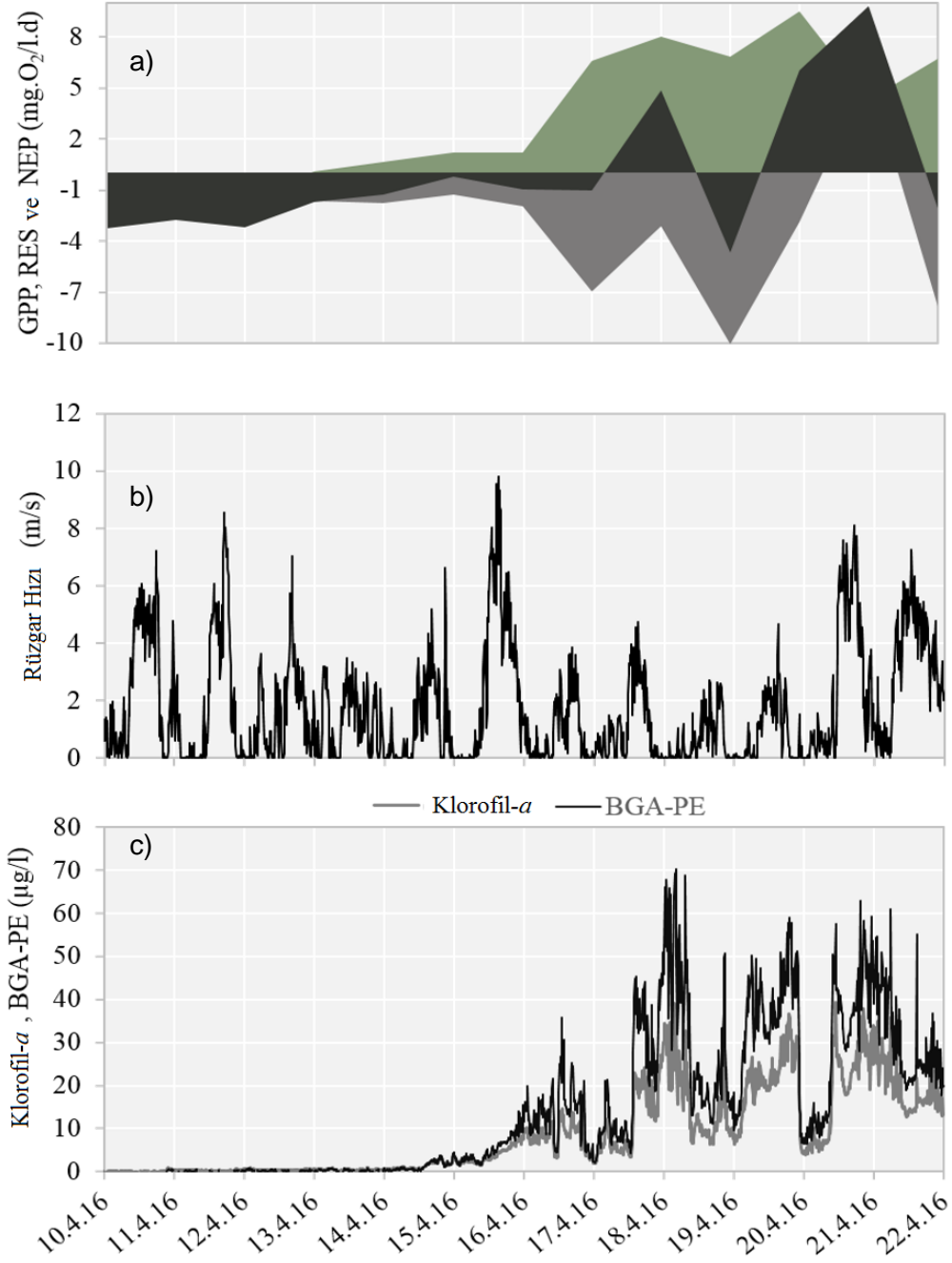


Şekil 19. Eylül uç olayında **d)** rüzgar hızı (m/s), **e)** çözülmüş oksijen (mg/l)



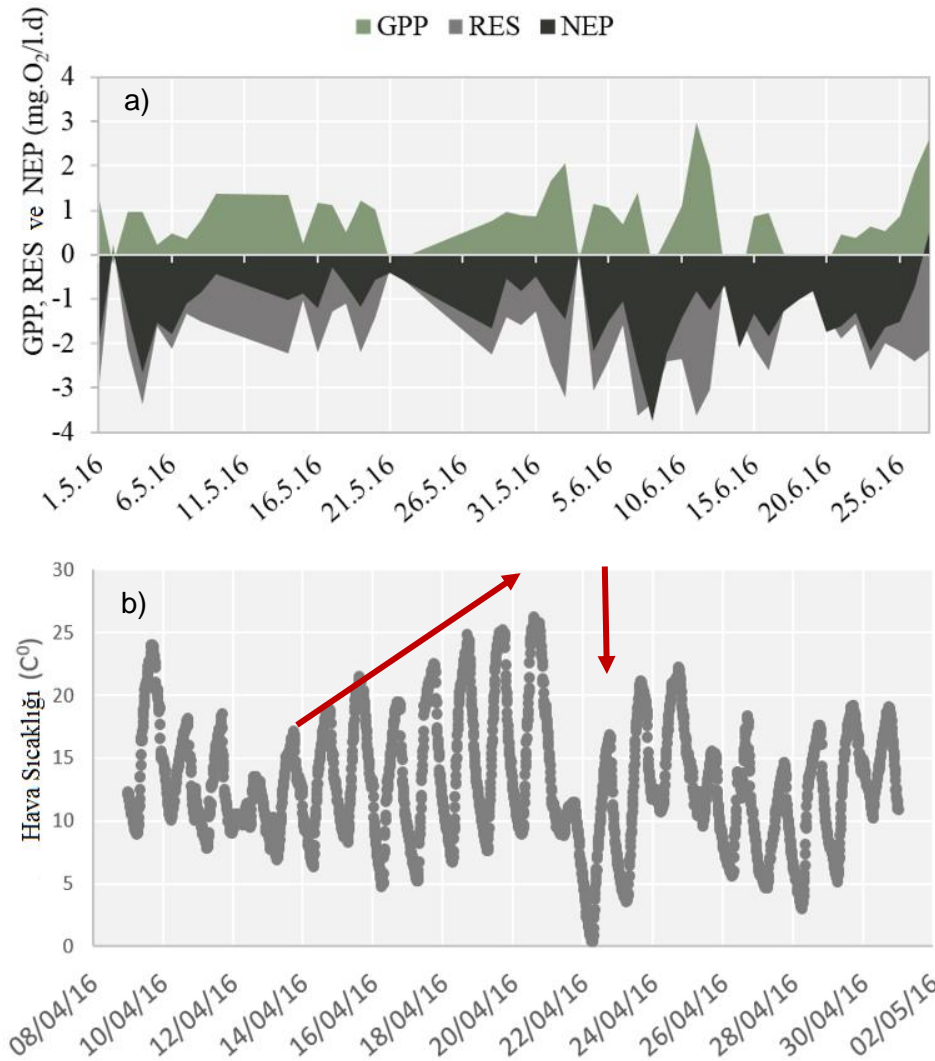
Şekil 20. Eylül uç olayında **a)** karışım derinliği (m), **b)** flüoresan çözünmüş organik madde(fDOM) ve **c)** metabolizma değerleri (mg.O₂/l.gün)

■ GPP ■ RES ■ NEP

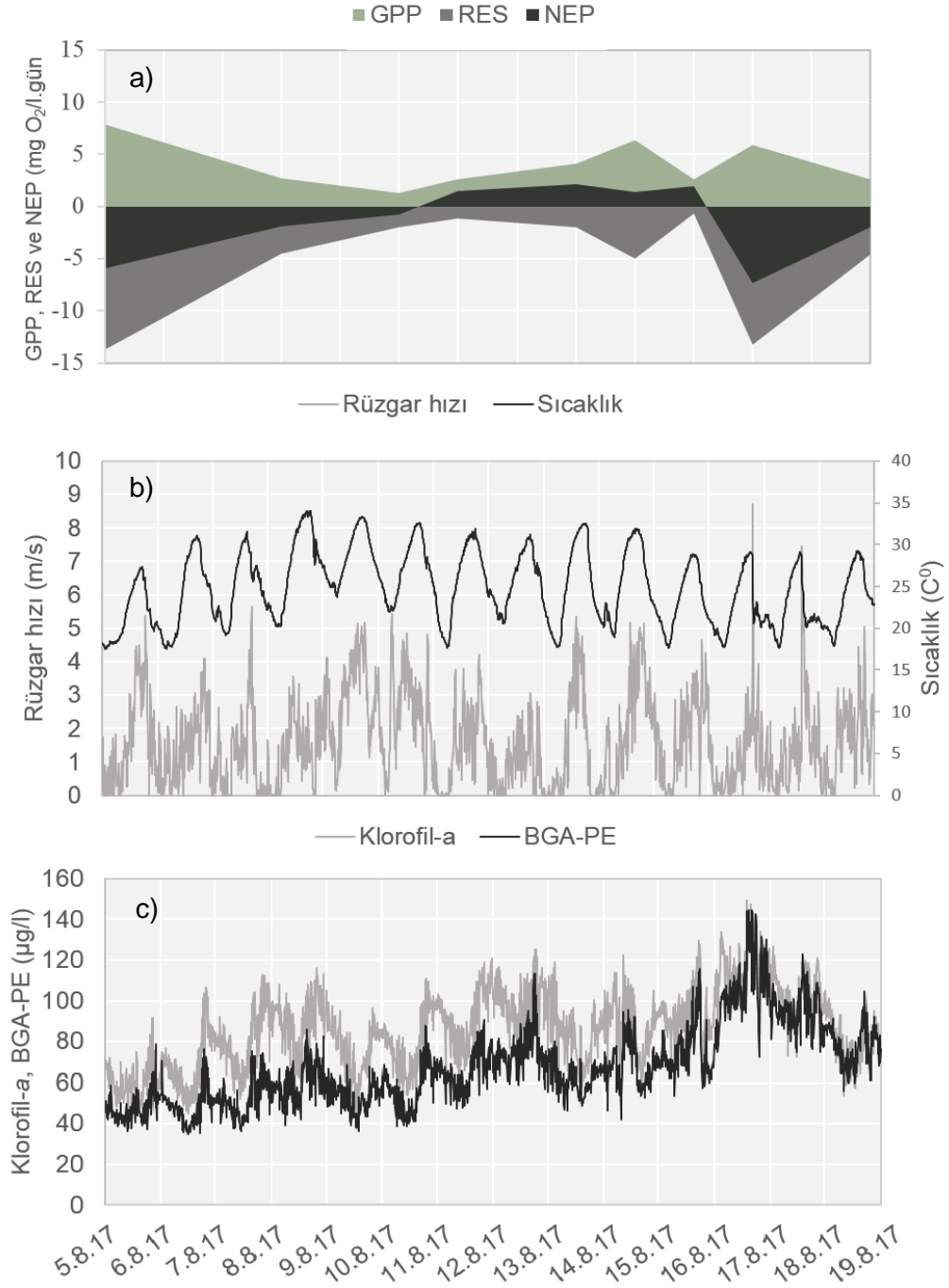


Şekil 21. 2016 yılı Nisan ayı Eymir Gölü a) Metabolizma (mg.O₂/l.d), b) Rüzgar hızı (m/s), c) Birincil üretim (µg/l) değişimleri

2016 yılında ise hem Nisan döneminde ani metabolizma salınımı kaydedilmiştir. 2016 yılında Nisan 15'e kadar durağan bir metabolizma sergileyen Eymir Gölü'nde ardından ani bir fitoplankton artışı gözlemlenmiştir (Şekil 21c). Aynı dönemde, rüzgar hızı ortalama 3m/s, hava sıcaklığı ise 25 °C'ye kadar yükselmiştir (Şekil 21b). Bu dönemdeki aşırı fitoplankton artışı 21 Nisan'da hava sıcaklığının aniden 11 °C'ye düşmesi ile GPP değerleri de normale gerilemiştir ve yaz ortalarına kadar RES'den düşük olarak seyir etmiştir (Şekil 21-22). Bu dönemde, Eylül 2015'te gerçekleşen olaydan farklı olarak oksijen konsantrasyonu "0" dolaylarında gözlemlenmemiştir.



Şekil 22. Nisan 2016 Dönemi sonrası a) metabolizma değerleri, Nisan 2016 uç olayı öncesi ve sonrası b) hava sıcaklığı değerleri



Şekil 23. Yaz 2017 dönemi Eymir Gölü a) Metabolizma (mg.O₂/l.d), b) Rüzgar hızı (m/s) ve c) Birincil üretim (µg/l)

Son olarak 2017 döneminde diğer dönemlere kıyasla daha kısa süreli meydana gelen ani fırtına gölde solunumu desteklemiş ve metabolizmayı negatif yönde ani bir değişikliğe uğratmıştır (Şekil 23). Gölün karışmasından dolayı gölün oksijensiz alt tabakası üst yüzeylere ulaşmış ve solunumu desteklemiştir. Bir buçuk meterede okunan klorofil-a konsantrasyonu karışım etkisi ile birden artmasına rağmen, gölün stabilitesinin bozulmasından ötürü bu değer ilerleyen günlerde gittikçe azalmıştır (Şekil 23).

4.3.3 Çevresel Değişkenler ile Göl Metabolizması Bileşenleri Arasındaki İlişki

Çevresel değişkenler ile göl metabolizması bileşenleri arasındaki ilişkiler iki farklı şekilde incelenmiştir; (1) Besin tuzları ile göl metabolizması arasındaki ilişkiler, (2) diğer çevresel değişkenler ile göl metabolizması arasındaki ilişkiler. En iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelleri GPP ve R için değişkenliklerin sırasıyla %43.6 ve %36.9'unu izah etmiştir. Göl metabolizması bileşenlerinin stokastik doğası geliştirilen regresyon modelleri yoluyla yanıt değişkenlerindeki varyasyonların ($r^2_{düz}$) yakalanmasını ve tahmin (r^2_{tah}) edilmesini güçleştirmiştir. r^2_{tah} ve $r^2_{düz}$ değerlerinin birbirine yakınlığı sistematik hataların olmadığını bir göstergesidir. Durbin-Watson istatistikleri otokorelasyonun orta derecede mevcut olduğunu göstermektedir. 40'ın üzerindeki VIF değerleri ise çoklu doğrudaşlık sorununa sahip olan değişkenleri işaret etmektedir. Bir rassal değişkenlik ölçüsü olarak standart hata (SE) değerleri ortalama olarak tahminlerin ölçümlere karşı mesafesini yanıt değişkenlerinin birimi ile göstermektedir

Besin tuzları ve göl metabolizması bileşenleri arasındaki ilişkiler için en uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelleri Tablo 15'te verilmiştir. Elde edilen modellerin GPP'yi zamana ve besi maddelerine bağımlılığını açıklama gücü ($R^2_{düz}$) % 89.62 iken RES'i açıklama gücü % 84.11 olmaktadır. Elde edilen modellerin GPP'yi tahmin gücü (R^2_{tah}) %66.48, RES'i tahmin gücü ise %75.20 olmaktadır.

Tablo 15. GPP ve RES'in zamana ve besin maddelerine bağlı olarak değişimini açıklayan en uyumlu çoklu doğrusal olmayan model sonuçları

Model	Terim	Katsayı	SE	T-Value	VIF	$R^2_{düz}$ (%)	R^2_{tah} (%)	<i>n</i>	<i>p</i>
GPP	Kesen	3.32	0.786	4.22					0.0001
	TN*Gün	-0.000462	0.000107	-4.30	12.67				0.0001
	Silikat*SRP*TN	-0.000026	0.000013	-2.05	9.42				0.0001
	SRP*DIN*Gün	-0.000011	0.000011	-0.94	6.34				0.01
	Amonyum*TN*Gün	-0.000022	0.000005	-4.67	19.67				0.0001
	TP*Silikat*Gün*Gün	-0.000093	0.000009	-10.19	17.52				0.0001
	TP*Amonyum*Amo nyum*Gün	-0.000002	0.000001	-2.53	18.46	89.62	66.48	23	0.0001
	TP*TN*Gün*Gün	0.000001	0.000001	8.82	43.77				0.0001
	Silikat*Silikat*Silikat *SRP	0.001683	0.000248	6.80	4.63				0.0001
	Ay*Ay*Gün	-0.000207	0.000033	-6.28	6.25				0.0001
	Amonyum*Yıl*Yıl*G ün	0.000001	0.000001	5.86	36.43				0.0001
	DIN*TN*TN*TN	0.000001	0.000001	0.57	6.83				0.001
	RES	Kesen	-3709	1773	-2.09				
Yıl		1.837	0.879	2.09	1.78				0.054
Ay*DIN*DIN		-0.000037	0.000023	-1.65	13.52				0.120
Gün*Ay*Ay*Amony um		-0.000138	0.000023	6.01	3.46	84.11	75.20	23	0.001
Gün*Ay*Chl-a*TN		-0.000002	0.000001	3.72	12.46				0.002
Gün*Chl- a*Nitrate+Nitrit*TN		-0.000001	0.000001	-6.58	13.18				0.001
TP*DIN*DIN*TN		0.000001	0.000001	2.84	9.94				0.012

R^2_{adj} : düzeltilmiş belirleme katsayısı; R^2_{pred} : çapraz validasyon belirleme katsayısı; VIF: varyasyon enflasyon faktörü; SE: standart hata, *n*: örnek sayısı, TN: toplam azot ($\mu\text{g L}^{-1}$), Chl-a: klorofil-a ($\mu\text{g L}^{-1}$), TP: toplam fosfor ($\mu\text{g L}^{-1}$), DIN: çözünmüş inorganik azot ($\mu\text{g L}^{-1}$), SRP: çözünmüş reaktif fosfor ($\mu\text{g L}^{-1}$), Silikat ($\mu\text{g L}^{-1}$), Amonyum ($\mu\text{g L}^{-1}$)

Diğer çevresel değişkenler ve göl metabolizması arasındaki ilişkileri gösteren en uyumlu doğrusal olmayan regresyon modellerinin sonuçları Tablo 16 ve Tablo 17’te verilmiştir.

Tablo 16. GPP için en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin katsayıları (SE = 2.5; $r^2_{düz} = \%43.6$; $r^2_{tah} = \%43.18$; Durbin-Watson = 0.9; $n = 416$)

Terim	Katsayı	P	VIF
Kesen	-209.9	0.001	
pH	29.48	0.001	> 40
DOY ³	-0.0000001	0.001	15
fÇOM ² *Bulanıklık	0.01432	0.001	> 40
fÇOM*MYA*Bulanıklık	0.002293	0.001	> 40
pH ⁴	-0.0082	0.001	> 40
fÇOM ⁴	0.000028	0.002	13
DOY*Bulanıklık ³	-0.000009	0.001	7
pH ² *MYA ²	-0.000013	0.001	11
fÇOM ³ *Bulanıklık	-0.000672	0.001	> 40
fÇOM ² *MYA*Bulanıklık	-0.000058	0.082	> 40
fÇOM ² *Bulanıklık ²	-0.000198	0.038	32

Tablo 17. R için en iyi uyumlu çoklu doğrusal olmayan regresyon modelinin katsayıları (SE = 3.0; $r^2_{düz} = \%36.98\%$; $r^2_{tah} = \%31.79$; Durbin-Watson = 1.3; $n = 416$)

Terim	Katsayı	P	VIF
Kesen	-6.318	0.001	
Klorofil	0.0949	0.001	8
DOY*fÇOM*Bulanıklık	-0.000631	0.001	> 40
DOY ⁴	-0.0000001	0.001	> 40
Bulanıklık ⁴	-0.000714	0.002	8
DOY ³ *pH	0.0000001	0.001	> 40
DOY ² *Bulanıklık ²	0.000001	0.001	40
DOY*ÇOM ² *Bulanıklık	0.000015	0.001	> 40
fÇOM ² *Bulanıklık ²	0.000852	0.001	39
fÇOM*Klorofil* Bulanıklık ²	-0.000069	0.099	23
fÇOM*MYA ² *Bulanıklık	0.000013	0.001	18
fÇOM*MYA*Bulanıklık ²	-0.000228	0.001	30
Klorofil*MYA ³	-0.0000001	0.083	6



4.4 İP4: Vatandaş Bilimi ve Bilgi Paylaşımı

4.4.1 Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı'nın (EGEEP) Amacı

Vatandaş bilimi ve bilgi paylaşımı iş paketinde yer alan “*Gölümü Tanıyorum, Seviyorum ve Koruyorum*” sloganıyla hazırlanmış eğitim programının temel amacı, küresel çevre sorunlarına yerel çözümler bulmak adına ortaokul öğrencilerinin göl ekosistemi konusunda bilimsel aktivitelere dahil ve destek olabilmesine olanak sağlamaktır. Bunun yanı sıra, bu program; araştıran, bilimsel sorgulama yapabilen, günlük hayatta karşılaştıkları olayları ve olguları bilimle ilişkilendirip sebep sonuç ilişkisi kurabilen, karşılaştıkları problemleri çözerken bilimsel yöntemler kullanabilen ve dünyaya bilim insanı gözüyle bakabilen bireyler yetiştirmeyi amaçlar. Bu program sayesinde öğrencilerin sorgulama, problem belirleme, gözlemlene, çıkarım yapma, tahmin etme, tasarlama, ölçme, ölçümleri kaydetme, problem çözme, grupla çalışma ve tartışma gibi yeteneklerin gelişmesine ek olarak; öğrencilerin doğa farkındalığının artması ve su, su döngüsü, su kaynakları, göl ekosistemi, göl ekosistem işlev ve fonksiyonları, besin zinciri, göl suyundaki sıcaklık ve oksijen değişimleri, ötrofikasyon ve küresel iklim değişikliği konularında bilgilenmesini de hedeflemiştir.

4.4.2 Vatandaş Bilimi Uygulamaları: Sınıf İçi Eğitimler

Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı (EGEEP) sınıf içi eğitimleri, “Bilim Uygulamaları” dersinde gerçekleştirilmiştir. Beşinci sınıftan sekizinci sınıfa kadar seçmeli ders statüsünde alınan “Bilim Uygulamaları” dersi öğrencilerin; doğayı bilimsel bilgileri kullanarak açıklama, bilimsel bilginin özelliklerini deney ve uygulamalar ile kavrama ve bilim insanları gibi düşünerek bilimsel çalışmalar yürütme gibi özelliklerini kazanıp geliştirmesini hedefler (MEB, 2012). Bilim Uygulamaları dersinin belirtilen amaçlarına ulaşmak için öğretmenlerin eğitim materyallerine ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır (Çavuş ve Kaplan, 2013; Bozdoğan vd., 2014).

Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı (EGEEP), Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından 2012 yılında Bilim Uygulamaları dersi için belirtilen bütün kazanımları kapsamaktadır. Sınıf içi eğitimler, EGEEP konu listesindeki teorik eğitimlerden oluşmaktadır. Sınıf içi etkinliklerde öğrencilere belgeseller ve animasyonlar izletilmiş, simülasyonlar ve oyunlar oynatılmış, deneyler, tasarımlar ve tartışmalar yapılmıştır. Öğrenciler etkinlikler sürecinde aktif olarak bilimsel süreç becerilerini kullanmış; öğretmenler ise öğrencilerin tüm öğrenme sürecine rehberlik ederek öğrencilerin merak etmesini ve sorular sormasını sağlamış, ilginç olaylarla ve günlük hayattaki örneklerle konuyu zenginleştirmiş, öğrencilerin motivasyonunu yüksek tutmuştur. ODTÜ Geliştirme Vakfı Ortaokulu'nda yapılan pilot uygulama sonrası düzenlenen ve geliştirilerek Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulu'nda uygulanan ve sorgulamaya dayalı eğitim ve STEM eğitimi yaklaşımlarını temel alan EGEEP sınıf içi etkinliklerinden Tablo 18'de kısaca bahsedilmektedir.

Tablo 18. Sınıf İçi Eğitim Etkinlikleri

<i>Etkinlik adı</i>	<i>Etkinlik özeti</i>
<i>1. Hafta</i> Su döngüsü deney modellerinin tasarlanması ve seçilen deneyin uygulanması	:Bu etkinlik öğrencilerin su döngüsü, sıcaklık ve tuzluluk ilişkisi kurarak bu ilişkiyi günlük hayatta kullanılan malzemelerle farklı deney modelleri tasarlayıp çizerek ifade edebilmesi, suyun canlılar için yaşamsal önemini hatırlayabilmesi, tuzun ise canlı çeşitliliği üzerine etkisini tartışabilmesi için yapılmıştır. Tuzlu ve tatlı suyun özellikleri ile canlı çeşitliliğine etkileri kıyaslandıktan sonra su döngüsünde nasıl yer aldıkları konuşulmuş, bunu ifade edebilen deney modelleri öğrenciler tarafından tasarlanmış, tasarlanan deney modelleri tahtaya çizilerek tartışılmış ve modellerden biri seçilip sınıfta öğrenciler tarafından uygulanarak görselleştirilmiştir.
<i>2. Hafta</i> Gazlı içecek ve göl suyundaki gazların kıyaslanması ve deney modellemelerin tasarlanması	:Bu etkinlik öğrencilerin gazlı içeceklerdeki gazlar ile göl suyundaki gazları kıyaslayabilmesi, çözünmüş oksijen miktarının canlılığa ve canlı çeşitliliğine etkisini tartışabilmesi, göllerdeki çözünmüş oksijen miktarını arttırabilmek için farklı deney modellerini tasarlayabilmesi için yapılmıştır. Bu amaçla sınıfa getirilen gazlı içecek öğrenciler tarafından gözlenmiş, içecekteki kabarcıklar göl suyundaki kabarcıklar ile kıyaslanarak bir cansız faktörün göl suyu ve göl suyunda yaşayan canlılar için önemi tartışılmıştır.
<i>3. Hafta</i> Sıcaklık tabakalaşması deneyi	:Bu deney öğrencilerin göllerde sıcaklık değişimlerinin sebep olacağı değişimleri anlayabilmesi ve göl ekosisteminde yaşayan canlıların yaşamlarına olan etkisini tartışabilmesi için yapılmıştır. Kırmızı gıda boyası eklenmiş sıcak su dolu bardak üzerine kapatılan bir plaka, mavi gıda boyası eklenmiş soğuk su dolu bardak ile üst üste getirilmiş ve aradaki plaka hızlıca çekilmiştir. Bu işlem sıcak su üstte,



soğuk su altta ve soğuk su üstte sıcak su altta olacak şekilde iki kez yapılmıştır. Bu deney ile farklı mevsimlerde göl suyunda oluşabilecek ani sıcaklık değişimleri sonucu gerçekleşen sıcaklık tabakalaşması olayı ve bu olayın göl ekosisteminde yaşayan canlılara olan etkisi ilişkilendirilmiştir.

- 4. Hafta** Göllerde ışık geçirgenliği :Öğrencilerin sudaki ışık miktarı ve bitkiler ve fotosentez ilişkisini anlayabilmesi, bu belirlenmesi amaçlı ürün ilişkiyi kendisinin tasarladığı yaratıcı ürünlerle ifade edebilmesi, tasarım ürünlerini tasarlanması sınıf arkadaşlarına tanıtabilmesi ve ürünlerini gölde sınavabilmesi için yapılmıştır. Öğrenciler ışık geçirgenliğini belirlemek üzere günlük hayatta herkesin erişebileceği çeşitli malzemelerle kendi yaratıcı ürünlerini tasarlamış, tanıtmış, gölde denemiş ve elde ettikleri veriler ile limnolojik araştırmalarda kullanılan aletlerin sağladığı verileri kıyaslayarak ürünlerini geliştirebilecek değişiklikler üzerinde tartışmışlardır.
- 5. Hafta** Göl suyunda ışık geçirgenliği :İnteraktif bir simülasyon ile (mainelakedata.org/recertify/disk.php) öğrencilerin, besin tuzu miktarları ve ışık geçirgenliği birbirinden farklı olan göllerde, limnolojik araştırmalarda kullanılan ışık geçirgenliğini ölçen Seki diski deneyebilmesi ve ölçümlerin farklılıklarını göl ekosisteminde yaşayan canlılar bakımından yorumlayabilmesi için yapılmıştır. Buna ek olarak, seki disk okuma simülasyonu sınıf dışı aktiviteye gelemeyen öğrencilerin de ışık geçirgenliğini ölçen bilimsel bir ölçüm aletini kullanabilmelerine olanak sağlamıştır.
- 6. Hafta** Su örnekleme kabı ürün :Bu tasarım öğrencilerin su sıcaklığı ve derinliği arasında bir ilişki olup olmadığını anlayabilmesi, bu ilişkiyi tasarımları aracılığıyla ifade edebilmesi, tasarım fikirlerini sınıf arkadaşlarına tanıtabilmesi, tasarladıkları ürünlerini gölde test edebilmesi, elde ettikleri veriler ile limnolojik araştırmalarda kullanılan aletlerin sağladığı



TÜBİTAK

verileri kıyaslayabilmesi ve ürünlerini geliştirebilecek değişiklikleri yeniden modelleyebilmesi için yapılmıştır. Ayrıca öğrenciler gölün dip kısmından tasarladıkları aletlerle aldıkları örneklerin sıcaklığını not ederek, yüzey kısmındaki örneklerin sıcaklığı ile kıyaslamış ve sıcaklık tabakalaşmasının olup olmadığına dair yorumlar yapmışlardır.

7. Hafta

Ötrofikasyon deney modellerinin tasarlanması

:Bu etkinlik öğrencilerin besin tuzu miktarı ve fitoplankton yoğunluğu ilişkisini anlayabilmesi, buna ilişkin deneyler tasarlayabilmesi, kullandıkları deterjanlardaki fosfor miktarının göl havzasında göle ulaşarak sudaki alg artışına olan sebep olduğu çıkarımını yapabilmesi ve duyarlı bir tüketici olması gerektiğini farkedebilmesi için yapılmıştır. Öğrencilere ötrofikasyon anlatılarak, fosfor artışının ötrofikasyona sebep olup olmadığına dair hipotezler yazmaları ve bu hipotezleri test edebilmeleri için değişkenlerini belirleyip deney modellerini tasarlamaları istenmiştir. Modeller tahtaya çizilip diğer öğrenciler tarafından yorumlanmış ve ötrofikasyona bireysel etkilerimiz ve yapılması gerekenler tartışılmıştır.



4.4.3 Vatandaş Bilimi Uygulamaları: Sınıf Dışı Eğitimler

Sınıf dışı eğitimler, EGEEP konu listesindeki pratik eğitimlerden oluşur. EGEEP kapsamında öğrencilerin öğrendikleri ya da öğrenecekleri teorik bilgilerin kalıcılığını arttırabilmek, doğada bilimsel çalışmalar yapabilmek, yaparak ve yaşayarak öğrenebilmek ve Eymir Gölü'nü tanıyabilmek üzere saha çalışmaları düzenlenmiştir. Çeşitli deneyler, ölçümler ve öğrenci tasarımlarının sınanması Eymir Göl'nde bulunan ve ODTÜ Biyoloji Bölümü'ne tahsis edilen Kemal Kurdaş Ekolojik Araştırma ve Eğitim İstasyonu'nda ve istasyona bağlı iskele de gerçekleştirilmiştir. Bu etkinliklerde dört veya beş kişilik öğrenci gruplarına göl ekosistemi hakkında ve pedagojik alanda araştırmacı tarafından bilgilendirilen ODTÜ, Biyolojik Bilimler Bölümü Biyogen Topluluğu üyeleri gönüllü olarak liderlik etmiştir. Liderlerin öncelikli görevi göle çımayı sağlayan iskelede aktivitelerin yapılacağı zaman gerekli güvenlik tedbirlerini almak (can yeleği giymek gibi) ve bu tedbirleri öğrencilerin de almasını sağlamaktır. Liderlerin genel rolü ise öğrencilere etkinlikler sürecinde rehberlik etmektir. Uygulama okullarının sınıf dışı eğitimlerinde Eymir Gölü'ne ulaşımı ODTÜ'nün Bilim otobüsü ile sağlanmıştır. Böylece öğrenciler hem göl suyunda gözlemler, ölçümler ve deneyler yaparken hem de ekolojik istasyonda laboratuvar malzemelerini kullanma fırsatı bulabilmiştir. Bunu dışında, öğrencilerin üniversitedeki bir laboratuvarın nasıl gözüktüğünü ve göl ekosistemi konusunda nasıl bilimsel çalışmalar yürütüldüğünü görebilmesi adına, öğrencilere ODTÜ Biyoloji Bölümü gezdirilmiş, çalışma alanları tanıtılmış ve Limnoloji Laboratuvarı'nda hep birlikte göl ekosistemi ile ilgili bilimsel aktiviteler gerçekleştirilmiştir.

Eymir Gölü'nde yapılan tüm eğitim etkinlikleri bilimsel açıdan gölü tanımaya yöneliktir ve aynı zamanda sorgulamaya dayalı eğitim ve STEM yaklaşımı ilkelerini temel almaktadır. Pratik eğitimin kısa özeti Tablo 19'da verilirken Şekil 24, 25, 26 ve 27'de pratik eğitim esnasında çekilen görüntüler yer almaktadır.



Tablo 19. Eymir Gölü EGEEP Pratik Eğitim Etkinlikleri

	<i>Etkinlik adı</i>	<i>Etkinlik özeti</i>
4. Hafta	Yaprak analizi protokolü	:Bu protokol NETLAKE Cost- aktivitesi tarafından geliştirilmiştir. Öğrencilerin Su kamışı (<i>Phragmites australis</i>) bitkisini bulmaları, yaprak genişliğini ölçmeleri, göldeki besin tuzu miktarı ile yaprak genişliği hakkında çıkarım yapmaları ve ölçüm sonuçlarını paylaşmaları için yapılmıştır. Geliştirilen protokollerde yer alan üsüle göre Su kamışı (<i>Phragmites australis</i>) bitkisini bulan öğrenciler yaprakların genişliğini ölçmüş, verilerini LakeObserver (www.lakeobserver.org) isimli GLEON tarafından geliştirilen mobil uygulamaya yüklemiş ve dünyanın başka yerlerindeki kullanıcılarla vatandaş bilimi kapsamında veri paylaşımında bulunmuşlardır.
4. Hafta	Göl rengi protokolü	:Bu protokol NETLAKE Cost- aktivitesi tarafından geliştirilmiştir. Öğrencilerin su rengini göldeki besin tuzu miktarı, ışık ve klorofil-a ile ilişkilendirmeleri ve verilerini EyeOnWater (www.eyeonwater.org) isimli mobil uygulama aracılığıyla vatandaş bilimi kapsamında paylaşmayı öğrenmeleri için yapılmıştır. Öğrenciler bu uygulamaya çektikleri göl suyu fotoğraflarını yüklemiş ve besin tuzu miktarı, ışık ve klorofil-a ile gölün farklı renklerde gözükmesinin nedenleri ilişkilendirilerek öğrenciler bilgilendirilmiştir.

4. Hafta	Derinlik ölçümü	:Bu ölçüm, öğrencilerin limnolojik araştırmalarda kullanılan ve derinlik ölçer aletini tanımaları, amacını anlamaları ve kullanmayı öğrenmeleri için yapılmıştır. Öğrencilere göl derinliğinin nasıl ölçülebileceğine dair tasarım fikirleri sorulmuş, derinlik ölçer ve çalışma prensibi tanıtılmış ve öğrenciler tarafından göl derinliği ölçülmüştür.
4. Hafta	Işık geçirgenliği ölçümü tasarımı ve sınanması	:Bu ölçüm öğrencilerin limnolojik araştırmalarda kullanılan bir ölçüm aletini (Seki disk) tanımaları, amacını anlamaları ve kullanmayı öğrenmeleri için yapılmıştır. Günümüzde halen kullanılan bu ölçüm aletinin alternatifleri öğrenciler tarafından alet hiç görülmeden yalnızca bir araştırma sorusu ve her türden çeşitli malzemeler verilerek tasarlanmış, göl suyunda sınanmış ve veriler seki disk ile yapılan ölçümlerden elde edilen verilerle kıyaslanarak tasarımlar tartışılmıştır.
5. Hafta	Derin sudan su örnekleme aleti tasarımı ve sınanması	:Bu tasarım öğrencilerin limnolojik araştırmalarda kullanılan bir ölçüm aletini (Ruttner su örnekleme kabı) tanımaları, amacını anlamaları ve kullanmayı öğrenmeleri için yapılmıştır. Günümüzde halen kullanılan bu ölçüm aletinin alternatifleri öğrenciler tarafından alet hiç görülmeden yalnızca bir araştırma sorusu ve her türden çeşitli malzemeler verilerek tasarlanmış, göl suyunda sınanmış ve veriler seki disk ile yapılan ölçümlerden elde edilen verilerle kıyaslanarak tasarımlar tartışılmıştır.
5. Hafta	iButton protokolü	:Bu protokol NETLAKE Cost- aktivitesi tarafından geliştirilmiştir. Öğrencilerin göl suyunun farklı derinliklerine yerleştirdikleri sıcaklık ölçümlerini kaydeden pillerle

kesintisiz veri toplayabilmeleri, sıcaklığın zaman ve derinliğe bağlı değişiminin olduğu grafiği inceleyebilmeleri ve sonucu sıcaklık tabakalaşmasıyla ilişkilendirebilmeleri için yapılmıştır. Öğrenciler sıcaklık tabakalaşmasının gölde olup olmadığını anlık yerine iki hata süreyle uzun zamanlı test etmek için hipotezlerini, değişkenlerini ve deney malzemelerini belirleyerek bir deney düzeneği tasarlamıştır. Deney düzeneğini imkanlar ve istekleri dahilinde hazırlayan ve gölde konumlandıran öğrenciler, iki hafta sonra deney düzeneklerini bağladıkları iskele ayağından almış ve elde ettikleri sıcaklık grafiklerini incelemiştir.

5. Hafta Çay poşeti protokolü

:Bu protokol NETLAKE Cost- aktivitesi tarafından geliştirilmiştir. Öğrencilerin, göl suyunun farklı derinliklerine yerleştirdikleri çözünmeye dirençli olmayan plastikten yapılmış poşetlerin içinde bulunan çay türlerinin ağırlığında farklı su seviyesinde kadar değişim gerçekleştiğini hesaplamaları, bunu ayrışma ve besin tuzu döngüleri ilişkileri ile bağdaştırarak yorumlayabilmeleri için yapılmıştır. Deney düzeneği kurulup iki hafta sonra iskeleden alındığında istenilen sonuca ulaşamadığı için pilot okulda yapılan ölçüm sonuçları üzerinden tartışmalar yapılmıştır.

5. Hafta	Çoklu prob ölçümü	:Bu ölçüm öğrencilerin limnolojik araştırmalarda kullanılan bir ölçüm aletini (multiprobe) tanımaları, amacını anlamaları ve kullanmayı öğrenebilmeleri ve ölçüm sonunda elde edilen verilerle sıcaklık, çözünmüş oksijen ve tuzluluk arasında bağlantı kurabilmeleri için yapılmıştır. Öğrenciler çoklu probu suyun derinine daldırdıkça hangi özelliklerin nasıl değiştiğini görmüş ve nedenlerine ilişkin tahminlerde bulunmuştur.
6. Hafta	Fitoplankton gözlemi	:Bu gözlem öğrencilerin benzerlilik ve farklılıklarına göre fitoplankton türlerini sınıflandırabilmesi, gelişmiş bir mikroskop (inverted mikroskop) kullanabilmesi ve fitoplanktonların boyutlarını anlayabilmesi için yapılmıştır. Öğrenciler mikroskoplar ve fitoplanktonlar hakkında bilgilendirildikten sonra fitoplankton örneğini mikroskop altında incelemiş ve türüne göre sınıflandırmıştır.
6. Hafta	Zooplankton gözlemi	:Bu gözlem öğrencilerin benzerlilik ve farklılıklarına göre zooplankton türlerini sınıflandırabilmesi, gelişmiş bir mikroskop kullanabilmesi (inverted mikroskop) ve zooplanktonların boyutlarını anlayabilmesi için yapılmıştır. Öğrenciler mikroskoplar ve zooplanktonlar hakkında bilgilendirildikten sonra zooplankton örneğini mikroskop altında incelemiş ve türüne göre sınıflandırmıştır.

6. Hafta Balık örneklerinden farklı balık türlerini ayırt etme :Bu gözlem öğrencilerin bilimsel laboratuvarlarda balık türü örnek kayıtlarının neden ve nasıl tutulduğunu öğrenebilmeleri için yapılmıştır. Bu konuda bilgilendirilen öğrenciler farklı balıkların boyutlarına ve yapılarına bakarak av avcı ilişkisini kurmuştur.

6. Hafta Klorofil çöktürme gözlemi :Bu gözlem öğrencilerin bilimsel laboratuvarlarda araştırmacıların takip ettikleri bilimsel süreçleri (tahmin, hipotez kurma, ölçüm yapma, veri toplama, yorumlama, çıkarım yapma, vb.) izleyebilmeleri, kullanılan teknolojik aletleri görebilmeleri için yapılmıştır. Öğrenciler gölde bulunan fitoplankton miktarının ölçülme sürecini gözlemlemiş ve üreticiler ile klorofil ilişkisi hakkında bilgilendirilmiştir.

7. Hafta Omurgasız canlı örneklenmesi ve gözlemi :Bu gözlem öğrencilerin göldeki omurgasız canlıların genellikle nerelerde yaşadığını anlayabilmesi, nasıl ve hangi aletlerle örneklem alındığını görebilmesi, benzerlilik ve farklılıklarına göre omurgasızların sınıflandırabilmesi ve omurgasızların boyutlarını anlayabilmesi için yapılmıştır. Limnoloji çalışmalarında kullanılan ve omurgasız örnekleme almaya yarayan bir alet ile göl dip çamuru çıkarılarak büyüteçler yardımıyla öğrenciler tarafından incelenmiş ve sınıflandırılmıştır.

7. Hafta	Kuş gözlemi	:Bu gözlem öğrencilerin sucul kuşların genellikle nerelerde yaşadığını anlayabilmesi, nasıl ve hangi aletlerle gözlemlendiğini görebilmesi, benzerlik ve farklılıklarına göre kuşları sınıflandırabilmesi için yapılmıştır. Öğrenciler dürbünler ile göl üzerindeki ve etrafındaki kuşları gözlemlemiş ve sınıflandırmışlardır.
7. Hafta	Paleoekolojik örnekleme	:Bu örnekleme öğrencilerin göl ekolojisi hakkında çalışmalar yapan araştırmacıların göl tarihi hakkında göl çamurundan aldıkları örneklerle nasıl bilgi sahibi olduğunu, bazı canlıların o dönemde yaşıyor olmasının göldeki diğer canlılar ve cansız faktörler hakkında nasıl bilgi verdiği, gölün geleceği hakkında nasıl öngörülerde bulunulmasını sağladığını algılayabilmesi, hangi aletler kullanarak ölçümler yapıldığını görebilmesi ve göl ekosisteminin işleyişini idrak edebilmesi için yapılmıştır. Öğrencilere paleoekolojik örnekleme aleti tanıtılarak konu hakkında bilgilendirilmiştir.



Şekil 24. Öğrencilerin tasarladığı ışık geçirgenliği ürünlerini test etmeleri



Şekil 25. Öğrencilerin verilerini paylaşmaları ve seki disk hakkında bilgilendirmeleri



Şekil 26. Öğrencilerin çay poşeti ve ibutton protokollerini yapmaları ve mikroskopta yaptıkları gözlemler ile fitoplanktonları sınıflandırmaları



Şekil 27. Öğrencilerin çay poşeti ve ibutton protokollerini yapmaları, mikroskofta yaptıkları gözlemler ile zooplanktonları sınıflandırmaları, balık örneklerini incelemeleri ve su örnekleme kabını tanımaları

4.4.4 Seminerler

Alanında uzman bilim insanları tarafından yapılan seminerlerin amacı, hem bilimsel bilginin öğrencilerle paylaşılması hem de öğrencilere gerçek bir bilim insanıyla tanışma ve sorular sorma fırsatını sağlamaktır. Bu seminerler yapılırken anlamlı bir bilgi aktarımı gerçekleştirilebilmesi için bilgi olabildiğince net ve basit bir dille fazla görselin ve etkileşimin kullanıldığı şekilde yapılmıştır. Öğrenciler bu seminerler sayesinde bilimin nasıl ilerlediği ve bilimsel çalışmaların nasıl yapıldığı hakkında fikir elde etmiş ve konu hakkında meraklandırılarak doğaya ve bilime yönelik olumlu tutum geliştirmeleri için fırsat sağlanmıştır. Seminerlerden istenilen konular okul idaresi, öğretmenler ve konuşmacıların ortak kararlaştırdığı 8 haftalık program sürecinin herhangi bir haftasında birer saati aşmayacak şekilde okulda gerçekleştirilmiştir. Tablo 20’de EGEEP kapsamında verilen seminerle ilgili bilgiler, Şekil 28’de ise seminerler esnasında çekilen görüntüler verilmektedir.

Tablo 20. EGEEP kapsamında verilen seminerler

<i>Konu</i>	<i>Konuşmacı</i>
Göl Elçileri Eğitimi: Gölümü Tanıyorum, Seviyorum ve Koruyorum	ODTÜ Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr. Meryem Beklioğlu
Canlıların Sınıflandırılması ve Çeşitliliği	ODTÜ Biyoloji Bölümü doktora öğrencisi, Mert Elverici ve Mert Kükreer
Yeryüzündeki Yaşam ve Ortak Kökenleri	Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof.Dr. Ergi Deniz Özsoy (Sağlık problemleri nedeniyle yalnızca ilk pilot okul öğrencilerine verilmiştir.)



Şekil 28. Öğrencilere verilen seminerlerden görüntüler

4.4.5 Değerlendirme Anketi

Göl eğitimi programı ardından Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulu'nda eğitimi alan örneklem grubu öğrencilerine araştırmacı tarafından hazırlanan eğitim değerlendirme anketi uygulanmıştır. Bu anket öğrencilerin eğitimle ilgili düşüncelere katılma oranlarını incelemek için hazırlanmıştır. Anket sonunda öğrencilerin neredeyse tamamı, eğitim sayesinde göl ekosistemi hakkında yeni bilgiler öğrendiği, eğitimin şimdiki ve ileriki hayatlarında işlerine yarayacağı, eğitimin sınıf seviyelerine uygun olduğu, eğitimler esnasında kullanılan materyallerin ilgi çekici olduğu, sınıf içi eğitimlerin faydalı ve süre bakımından (8 hafta) yeterli olduğu, sınıf dışı eğitimlerin sınıf içi eğitimlerle öğrenilen bilgilerin kalıcılığını arttırdığı, sınıf dışı eğitimlerin o alanda çalışan insanlardan doğrudan bilgi almak adına faydalı olduğu ve eğitimlerin başkalarına da verilmesinin önerildiği görüşlere katılıyorum seçeneğini işaretlemiştir. Öğrencilerden bazıları sınıf dışı eğitimlerin (4 hafta) ve seminerlerin sayı (2 hafta) ve süresinin az olduğu görüşüne katılmıyorum



seçeneğini işaretlemiştir. Öğrencilerin eğitimde en beğendikleri kısımlarda Eymir Gölü'nde yapılan sınıf dışı bilimsel aktiviteler ve üniversite laboratuvarını ziyaret etmek gelirken; eğitimde değiştirmek istedikleri kısım bu sürelerin uzatılması olmuştur.

4.5 Bakanlık ve Alanında Uzmanlar için Çalıştay

Proje başvurusunda belirtildiği üzere 9 mart 2018 tarihinde, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyolojik Bilimler Bölümünde, yerinde ölçüm sistemlerinin işleyiş akışı ve değerlendirmesi üzerine bir çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştaya T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü dahil olmak üzere, ilgili kurum, kişi ve akademisyenlerden oluşan toplam 65 kişi davet edilmiştir. Çalıştayda, proje kapsamında kurulumu ve işleyişi sağlanan yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonu tanıtılmış, veri ölçümleri, veri transferi ve işlenmesi sırasında kullanılan ekipman ve yöntemler katılımcılara tanıtılmış, göl metabolizması ve uç olayların metabolizma ile olan ilişkileri üzerine elde edilen bulgular paylaşılmıştır. Bunun yanı sıra proje kapsamında uygulanan vatandaş bilimi çerçevesindeki çalışmalar da çalıştayda katılımcılara aktarılmıştır. Çalıştay sırasında yerinde ölçüm sistemlerinin işleyişi, avantajları, yaygınlaştırılması üzerine bir tartışma ortamı oluşturulmuş, benzer uygulamalar yapan katılımcılar ile proje kapsamında uygulanan yöntem ve ekipman değerlendirilmiştir. Oluşturulan bu tartışma ortamı sayesinde, proje kapsamında, yerinde izleme sistemleri üzerine elde edilen bilgilerin ilgili kişilerce paylaşılması ve benzer uygulamalar için bu proje kapsamındaki bulgu ve tecrübelerin katkı sağlaması hedeflenmiştir. Hedeflenen paylaşım ve tartışma ortamına katılımcıların ilgi ve bilgileriyle ulaşılmış ve çalıştay amacına ulaşmıştır.

Çalıştay Programı

09 Mart 2018

09.30 - 10.00 Prof.Dr.Meryem Beklioğlu – Açılış ve Proje tanıtımı

10.00 - 10.30 Doç.Dr. Nusret Karakaya – Otomatik izleme sistemi kurulumu ve uygulamaları

11.00 - 11.20 Uğur Işkın – Uzaktan veri aktarım sistemi ve kullanımı

10.30 - 11.00 Doç.Dr. Nusret Karakaya – Göl metabolizması hesaplanması ve uç meteorolojik olaylar ile ilişkilendirilmesi

11.20 - 11.45 Müşerref Büşra Yağlı – Vatandaş bilim girişimi kapsamındaki uygulamalar

11.45 - 12.15 Tartışma

4.6 Proje Kapsamında Yapılan veya Yapılması Planlanan Yayınlar Sunumlar

Elde edilen bulgulardan bir veya iki adet uluslar arası yayım yapılması planlanmaktadır ve bu yayımların çalışılmasına başlanmıştır. Ayrıca proje bursiyerlerinden Müşerref Büşra Yağlı ve Duygu Tolunay yüksek lisans tezlerini bu projenin sağlamış olduğu bulgulardan yararlanarak yazacaklardır. Bunun dışında Tablo 21’de proje süresince yapılmış olan sözlü sunumların bir listesi verilmiştir.

Tablo 21. Proje kapsamında yapılan sunumlar

Sıra	Çıktı türü	Yazarlar	Başlık	Yayın yeri	Durumu
1	Sunum	<u>Duygu Tolunay</u>	Projenin Vatandaş Bilimi paketinin tanıtımı	NETLAKE Cost Aktivitesi, Brno Vatandaş bilimi toplantısı	20.03.2016 – 23.03.2016 tarihleri arası gerçekleşti.
2	Sözlü Sunum	<u>Duygu Tolunay</u> , Ali Serhan Çağan, Rojda Duygu Ögel, Nusret Karakaya, Fatih Evrendilek, Meryem Beklioğlu	Impact of Extreme Climatic Events on Metabolism of Lake Eymir using Real-time Automatic Lake Observation Station	International Society of Limnology (SIL) 2016 Travel Award	30.07.2016 – 06.08.2016 tarihleri arasında gerçekleşti.
3	Poster Sunumu	<u>Duygu Tolunay</u> , Ali Serhan Çağan, Rojda Duygu Ögel, Nusret Karakaya, Fatih Evrendilek, Meryem Beklioğlu	Assesing the impact of environmental variables together with a short extreme wind event on Metabolism Lake Eymir using HF data	3rd Ecology and Evolutionary Biology Symposium, Turkey, 2016	31.08.2016- 03.09.2016 tarihleri arasında gerçekleşti.

4	Sözlü Sunum	<u>Prof. Dr. Meryem Beklioğlu</u>	Assesing the impact of environmental variables together with a short extreme wind event on metabolism Lake Eymir using high frequency data	Netlake Cost aktivitesi, Avusturya toplantısı	04.06.2016 -08.06.2016 tarihleri arası gerçekleşti.
5	Sözlü Sunum	<u>Duygu Tolunay</u> , Nusret Karakaya, Fatih Evrendilek, Meryem Beklioğlu	Göl izlemeleri çalışmalarında teknoloji harikası: Ülkemizin tek yüksek çözünürlüklü izleme sistemi- Eymir Gölü uygulaması	ODTÜ Eymir Sempozyumu	15.12.2016-17.12.2016 tarihleri arası gerçekleşti.
6	Sözlü Sunum	<u>Müşerref Büşra Yağlı</u> , Duygu Tolunay, Evrim Baran, Jale Çakıroğlu, Meryem Beklioğlu	Eymir Gölü, Göl elçileri eğitimi: Gölümü tanıyorum, gölümü seviyorum ve koruyorum	ODTÜ Eymir Sempozyumu	15.12.2016-17.12.2016 tarihleri arası gerçekleşti.
7	Sözlü Sunum	<u>Duygu Tolunay</u> , Ali Serhan Çağan, Nusret Karakaya, Fatih Evrendilek, Meryem Beklioğlu	Assessment of changes in metabolism of Lake Eymir with environmental variables using automated high frequency data	Symposium for European Freshwater Sciences 2017	02.07.2017-07.07.2017 tarihleri arasında gerçekleşti.

5. TARTIŞMA/SONUÇ

5.1 Metabolizma Sonuçları ve Çevresel Değişkenler

Aylık ortalamaları alınan üç yıllık metabolizma sonuçları değerlendirildiğinde Eymir Gölü ötrofik statüde olmasına rağmen 1.5 metrede ölçülen metabolizma yılın çoğu zamanı heterotrofik özellik göstermektedir. Heterotrofik özelliğin yılın çoğu zamanı gözlemlenmesinin çeşitli sebepleri olabilir. Öncelikle tüm aylar yakından incelendiğinde gölde karbon salınımı gölün karışması ile artmaktadır. Bu durum, gölün alt kolonlarındaki oksijensiz suyun tüm kolona taşınmasıyla heterotrofikliği desteklemesi ile açıklanabilir. Bunun dışında, yağışın fazla, sıcaklığın düşük olduğu ilkbahar döneminde klorofil-a miktarında aşırı bir artış olmamasına rağmen solunumun arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum ise, bahar döneminde büyük vücutlu zooplanktonların sayısındaki aşırı artış ile ilişkilendirilebilir. Bu araştırma süresince zooplankton örnekleri incelenmemiştir ancak yapılan örneklemelerde bahar aylarında büyük vücutlu zooplankton türleri (*Daphnia magna*, *D. Longispina* vb.) gözlemlenmiştir. Bu durumda gölün restora edilmesi için uzun yıllardır biyomnaipulasyon amaçlı balık çıkartılması sonucu olabilir. Büyük vücutlu zooplanktonun fitoplankton üzerine uyguladığı otlama baskısının daha kuvvetli olmasını sağlar böylece sistemde NEP negatif çıkabilir. Ayrıca, sitemin stabil olduğu dönemlerde net ekosistem üretiminin “0” çizgisi etrafında gözlemlenmesi, 1.5 metredeki solunumun genel olarak birincil üreticiler tarafından desteklendiğinin bir kanıtıdır.

Üç yıl boyunca elde edilen verilere bakıldığında Eymir Gölü'nün metabolizmasında meteorolojik koşullar çok önemli olduğu gözlemlenmiştir. Kışın dinlenme sürecinde olan göl ilkbahar döneminde kar suları ile beslenmektedir. Su girişinin maksimum olduğu bu dönemde su sirkülasyonu devamlı olduğundan ve hava sıcakları da yüksek olmadığından birincil üretim normal seyrinde devam etmektedir. Ancak iklim değişikliğinin getirdiği değişimlerle daha az kar suyu ile beslenmesi ve ilkbahar döneminde gözlemlenen sıcak hava dalgaları gölde birincil üretimi tetikleyebilmektedir. Bu durum Nisan 2016'da hava sıcaklığındaki artış ile gözlemlenmiştir. Mevsim normallerinin üzerinde seyreden hava sıcaklıkları GPP ve RES değerlerini arttırmış ve ekosistem üretiminin büyük salınımlar yapmasına neden olmuştur. Stabil olmayan düzen, hava sıcaklığının aniden düşmesi ile eski seyrine ulaşmıştır. İleri bahar döneminde göldeki büyük vücutlu zooplanktonların sayısındaki artış ve uygun hava koşulları göl ekosistemini zooplanktonlar tarafından domine edilmesine neden olmuştur. Bu süreçte fitoplanktondan beslenerek yaşayan zooplankton, göldeki birincil üretimi sınırlandırıp solunuma destek vermişlerdir. Ayrıca bu dönemde göl en berrak dönemini yaşamaktadır. 1998 yılından



beri biyomanipulasyon yolu ile sistemden çıkarılan balığın, zooplankton üzerindeki avcı baskısı kalktığı için fitoplankton sayısını dengelemektedir (Beklioglu ve ark., 2017). Bu durumun en iyi sonucu bahar dönemindeki berrak su ve zooplankton artışıdır. Ancak Nisan 2016'da görüldüğü gibi gelen ani uç olaylar, gölün ekosistem yapısını hemen etkileyebilmektedir. Bunu en büyük sebebi, Eymir Gölü'nün uzun yıllar boyunca Gölbaşı ilçesinin arıtılmamış evsel atık sularını almış olması olabilir. Bu durum göl sedimanında başta fosfor olmak üzere bir çok besin tuzunun birikimine sebep olmuştur. Ayrıca sedimandaki bu birikim kimyasal reaksiyonlar sebebi ile alt tabakalardaki oksijeni tüketmektedir. Bu sebeple, hava koşullarının uygun olduğu dönemlerde besin tuzlarını kullanan fitoplankton yaz döneminde ani artabilmektedirler. Ardından gelen ani hava değişikliği de göl sedimanında yıllarca bireken tabakayı etkilediğinden göl metabolizmasını değiştirebilmektedir. Ekosistemde meydana gelen bu ani değişiklikler göle şok etkisi yaratmakta çoğu zaman oksijensizliğe sebep olup besin zincirindeki diğer canlılara zarar verip göl suyunun kalitesini etkilemektedir. Özellikle Ağustos ve Eylül aylarında gözlemlenen aşırı alg artışı göle ışık girişini sınırlandırmakta sıcaklık tabakalaşmasını arttırarak alt katmanlara oksijen difüzyonunu engellemektedir. Ardından gerçekleşen şiddetli rüzgar ile karışan sistemde oksijensizlik, balık ölümleri başta olmak üzere ekosistemdeki canlılığı tehdit etmektedir. Bu olay şiddeti her yıl değişmek ile birlikte Eymir Gölü'nün Ağustos-Eylül döneminde yaşadığı bir süreçtir. 2015 Eylül ayında en şiddetlisini yaşayan göl, aşırı alg artışının ardından değişen hava koşullarından ötürü balık ölümleri ile sonuçlanmıştır. 2016 ve 2017 Sonbahar dönemleri ise daha ılımlı geçtiği için balık ölümleri gözlemlenmemiştir.

Ekosistem servisleri bakımından düşünüldüğünde iklim değişikliği ile tetiklenen alg artışları ve şiddetli meteorolojik olaylar, göl suyunun kalitesini düşürmekte koku ve görüntüden ötürü rekreasyonel amaçlı kullanımı etkilemektedir. Bunun yanı sıra barajlarda gözlemlenen bu tarz olaylar içme suyunun kalitesini etkilemektedir. Sıcaklık ve durağan koşullarda aşırı artış gösteren birincil üreticilerinin genellikle siyanobakteri grubuna ait toksik algler olması suyu içilemez hale de getirebilmektedir.

Tatlısu ekosistemlerinin dünyadaki hem insanlar hem de diğer canlılar için önemi düşünüldüğünde yakın zamana kadar ihmal edilmiştir. Günümüzde bir çok sığ göl kurumuş, bir çoğu da kuruma tehditi ile karşı karşıyadır. Diğerleri ise iklim değişikliği ve insan etkisi ile ekosistem servislerini yerine getirememektedir. Gelişen teknoloji ile artan yüksek frekanslı otomatik izleme sistemleri, canlılık için yaşamsal kaynağımız tatlı su ekosistemlerini yakından takip etme ve onları anlama imkanını bize sağlamıştır. Bu proje ile de Eymir'in çevresel şartlara



verdiği tepkiler incelenmiş, bir sonraki aşama ise Eymir Gölü yönetim planının bu veriler doğrultusunda iyileştirilmesidir.

5.2 Göl Metabolizma Hesabı Üzerine Gelecek Planları

Günümüzde oksijen değişimi baz alınarak metabolizma hesaplama en yaygın kullanılan yöntemdir (Staeher ve ark. 2010; 2012a). Ancak her yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de bazı sıkıntılar bulunmaktadır. En kritik konu gölün tek noktasından alınan veriler genele dair yorum yapmamızı sağlayabilir mi? Bu soru küçük ve sığ göller için çok kritik bir sorun olmasa da derin göller için büyük bir tartışma olmuştur. Bazı bilim insanları bu sorunu ekipman sayısını artırıp çözüm bulmaya çalışsa da her gölün kendine özel bir şekli ve döngüsü olduğundan genellemeye varılamamıştır. Eymir Gölü şekli ve ekolojik geçmişi itibari ile özel bir göldür. En derin noktasından alınan veriler nispeten göle dair bilgi verse de ilerleyen çalışmalarda sistemin gölün farklı lokasyonlarına kurulup bunun sağlanmasının yapılması düşünülmektedir. Bir diğer konu ise sadece tek derinlikten alınan verilerin göldeki oksijen değişimini ne kadar doğru yansıttığıdır. Bu durum yıl boyunca sıcaklık tabakalaşması yaşayan Eymir Gölü gibi göllerde kritik bir sorudur. 1.5 metrede duran sonda yılın belirli saatlerinde ve günlerinde oluşan mikro sıcaklık tabakalaşmasının altında kalmıştır. Bu tabakalaşmanın meydana geldiği günlerde yapılan hesaplamaların doğrulaması için henüz bir yöntem geliştirilememiştir. Göl metabolizma hesaplamalarında son tartışılan konu ise geliştirilen hesaplama yöntemlerinin yeterli parametreyi içermemesidir (Staeher ve ark. 2007;2010;2012b, Hoellein ve ark. 2013, Marce ve ark. 2016, Winslow ve ark. 2016). Oksijen değişimini temelde canlıların solunumu, fotosentez ve atmosferden gelen oksijene dayandıran bu eşitlikte diğer dış ve iç etmenler gözardı edilmektedir. Özellikle sıcaklık tabakalaşması yaşayan göllerde epilimnion, metalimnion ve hipolimnion tabakaları arasındaki alışveriş ve yatay gaz alışverişi ölçülemediğinden eşitliğe eklenememektedir. Her ne kadar istatistiksel yöntemler ile bu eksik ölçümler giderilmeye çalışılsa da, bir çok etmeni kapsayan yeni bir algoritmaya ihtiyaç duyulmaktadır (McNair ve ark. 2013, Honti ve ark. 2016, Peeters ve ark. 2016). Bu konu ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmış olup, proje ekibi olarak yeni gelişmeleri yakından takip etmekte ve elimizden gelen katkıyı sağlamaya çalışmaktayız. Türkiye’de göller için kapsamlı uzun dönem yüksek frekanslı ekolojik izlenim bulunmamakta olup bu proje Türk bilim dünyası için önemli bir adım olmuştur. Yıllarca toplanacak olan bu bilgilerin küresel ısınmanın Türkiye’deki göller üzerindeki etkisi izlenebilecek ve geleceğe yönelik tahmin senaryoları üretilebilecektir. Böylelikle Devlet su planlama politikalarında önemli bir konum haline gelecektir.

5.3 Vatandaş Bilimi

Eymir Gölü Elçileri Eğitim Programı, ülkemiz için önemli bir tatlı su kaynağı olan ve ekosistem hizmetlerinden faydalandığımız Eymir Gölü'nü küçük yaşlardan itibaren vatandaşlara tanıtmayı amaçlar. Toplumu ve doğayı bilim ışığında bir araya getiren EGEEP sayesinde öğrenciler her zaman sahip oldukları merak duygusu ile dünyayı daha iyi anlayabilir, yorumlayabilir, dünyayı anlamaya çalışırken bilimsel yöntemleri kullanarak karşılaştıkları kavramları daha kalıcı şekilde öğrenebilir, bilimin ilerleyişini anlayabilir, yaşayarak deneyimleyebilir, deneyimlerinden yola çıkarak bir göl ekosisteminin nasıl işlediğinin, öneminin ve tehditlerinin farkına vararak en azından bireysel çözümler üretebilir, bir elçi olarak bilgilerini ve tecrübelerini başka insanlarla paylaşabilir ve toplumda bir farkındalık yaratabilir. Bu esnada öğretmen de doğa ve bilim konularında bilinçleneceği için daha fazla öğrenciye ulaşarak eğitimi yaygınlaştırabilir. Dolayısıyla küresel çevre sorunlarının, bölgesel ve daha da özelleştirsek yerel anlamda kazanılan farkındalık ile çözülebilmesi ve gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir dünya bırakılabilmesi için bu tarz doğa etkileşimli çevre eğitimin programlarının günümüz eğitim sistemine entegresinin şart olduğu söylenebilir. Değerlendirme anketi sonuçlarına istinaden öğrencilerin doğada olmaktan, bilimsel çalışmalar yapmaktan, bilim insanları ve bilimsel çalışmaların yürütüldüğü laboratuvarları ziyaret etmekten keyif aldıkları da bu entegrasyon gerekliliğini destekler niteliktedir. Ülkemizdeki Fen Bilimleri Öğretim Programı incelendiğinde öğrencilere bilgi, beceri ve duyuş; toplum-çevre ilişkisinin kurulabileceği ve fen-teknoloji-mühendislik-matematik (STEM) entegrasyonunun sağlanabileceği eğitimlerin gerekliliği savunulmaktadır (MEB, 2013 ve 2017). Bu tür eğitim ortamlarını sağlamak için STEM eğitimi ile birlikte yürütülen sorgulama dayalı eğitim yaklaşımı doğa etkileşimli çevre eğitimlerinde de kullanılmalıdır. Bununla birlikte, 2017 yılında Fen Bilimleri Öğretimi Programı'na dahil edilen Fen ve Mühendislik Uygulamaları öğrenme alanı, bilimsel süreçlerin öğrenme ortamlarına entegre edilmesini ve öğrencilerin bilimin temelini anlayarak araştırmalar yapmasını hedeflediği için (MEB, 2017), bütün bu kazanımları kapsayan EGEEP'in, Fen ve Mühendislik Uygulamaları alanında oluşturulan etkinlik materyallerine ve bu alanda yapılacak uygulama çalışmalarına örnek olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Batt, R.D., Carpenter, S.R., (2012). Free-water lake metabolism: addressing noisy time series with a Kalman filter. *Limnology and Oceanography: Methods* 10, 20–30.
- Beklioğlu M., Bucak T., Bezirci G., Tavşanoğlu N.Ü., Çakıroğlu İ., Levi E.E., Erdoğan Ş., Filiz N., Özkan K., Özen A. (2017). Restoration of Eutrophic Lakes with Fluctuating Water Levels: A 20-Year Monitoring Study of Two Inter-Connected Lakes. *Water* 2017, 9, 127; doi:10.3390/w9020127
- Bozdoğan, B., Bozdoğan, A. E., & Şengül, Ü. (2014). “Bilim Uygulamaları” Dersi ile İlgili Öğretmen Görüşlerinin Farklı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(3).
- Bybee, R. W. (2010). The teaching of science: 21st century perspectives. Arlington, Virginia: NSTA Press
- Cantrell, P., Pekcan, G., Itani, A., & Velasquez-Bryant, N. (2006). The effects of engineering modules on student learning in middle school science classrooms. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 301-309.
- Cole, J. J. & N. F. Caraco, (1998). Atmospheric exchange of carbon dioxide in a low-wind oligotrophic lake measured by the addition of SF₆. *Limnology and Oceanography* 43: 647–656.
- Crippen, K. J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded inquiry-based instruction with technology: A signature pedagogy for STEM education. *Computers in the Schools*, 29(1-2), 157-173.
- Çavuş, R., & Öztuna Kaplan, A. (2013). Fen bilimleri öğretmenlerinin ortaokul 5. sınıf Bilim Uygulamaları dersine yönelik görüşleri. *22. Ulusal Eğitim Bilimleri Kurultayı*.
- Evrendilek, F., Karakaya, N. (2014). Regression model-based predictions of diel, diurnal and nocturnal dissolved oxygen dynamics after wavelet denoising of noisy time series. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 404, 8-15.
- Hoellein TJ, Bruesewitz DA, Richardson DC. (2013). Revisiting Odum (1956): a synthesis of aquatic ecosystem metabolism. *Limnol Oceanogr.* 58:2089–2100.
- Honti M., Istvánovics V., Staehr P.A., Brighenti L.S., Zhu M. ve Zhu G. (2016). Robust estimation of lake metabolism by coupling high frequency dissolved oxygen and chlorophyll fluorescence data in a Bayesian framework. *Inland Waters* 6, pp.608–621. doi: 10.5268/IW-6.4.877
- Horsburgh, J. S., Spackman Jones, A., Stevens, D. K., Tarboton, D. G., Mesner, N. O., (2010). A sensor network for high frequency estimation of water quality constituent fluxes using surrogates". *Environmental Modelling & Software*, 25(9), 1031–1044. doi:10.1016/j.envsoft.2009.10.012



- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses.
- Hungerford, H.R., Volk, T.L. & Ramsey, J.M. (1994). A Prototype environmental Education Curriculum for the Middle School, Environmental Education Series (29), UNESCO-UNEP.
- Jeppesen E., Post E, Forchhammer MC, Bret-Harte MS, Callaghan TV, Christensen TR, Elberling B, Fox AD, Gilg O, Hik DS, Høye TT, Ims RA, Klein DR, Madsen J, McGuire AD, Rysgaard S, Schindler DE, Stirling I, Tamstorf MP, Tyler NJ, van der Wal R, Welker J, Wookey PA, Schmidt NM, Aastrup P. (2009). Ecological dynamics across the Arctic associated with recent climate change. *Science*. Sep 11;325(5946):1355-8.
- Jeppesen, E., B. Kronvang, J. E. Olesen, M. Søndergaard, C. C. Hoffmann, H. E. Andersen, T. L. Lauridsen, L. Liboriussen, S. Larsen, M. Beklioğlu, M. Meerhoff, Özen A., Özkan K. (2011). Climate change effect on nitrogen loading from catchment in Europe: implications for nitrogen retention and ecological state of lakes and adaptations. *Hydrobiologia* 663: 1–21.
- Karakaya N. (2011). Does different versus equal daytime and night-time respiration matter for quantification of lake metabolism using diel dissolved oxygen cycles? *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* 47 (3), 251-257.
- Maberly, S.C., Barker, P.A., Stott, A.W. & De Ville, M.M. (2013). Catchment productivity controls CO₂ emissions from lakes. *Nat. Clim. Change*, 3, 391–394.
- Mainstone, C.P., Parr, W. and Day, M., (2000). In: *Phosphorus and River Ecology: tackling sewage inputs*, English Nature, Northminster House, Peterborough, PE1 1UA, UK ,pp. 1–46.
- Marcé R., George G., Buscarinu P, Deidda M., Dunalska J., de Eyto E., Flaim G., Grossart H.P., Istvanovics V., Lenhardt M., Moreno-Ostos E., Obrador B., Ostrovsky I., Pierson D.C., Potuzak J., Poikane S., Rinke K., Rodriguez-Mozaz S., Staehr P.A., Sumberova K., Waajen G., Weyhenmeyer G. A., Weathers K.C., Zion M., Ibelings B.W., and Jennings E. (2016). Automatic high frequency monitoring for improved lake and reservoir management. *Environmental science technologies* doi: 10.1021/acs.est.6b01604
- McNair, J. N., L. C. Gereaux, A. D. Weinke, M. R. Sesselmann, S. T. Kendall, ve B. A. Biddanda. (2013). New methods for estimating components of lake metabolism based on free- water dissolved-oxygen dynamics. *Ecol. Model.* 263: 251– 263. doi:10.1016/j.ecolmodel.2013.05.010
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2012). Ortaokul Ve İmam Hatip Ortaokulu Bilim Uygulamaları Dersi (5, 6, 7 ve 8. Sınıflar) Öğretim Programı. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2013). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3-8. sınıflar)*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.



- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2017). *Çevre Eğitimi Dersi Öğretim Programı (5, 6, 7 ve 8. Sınıflar)* Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Odum, H.T., (1956). Primary production in flowing waters. *Limnol. Oceanogr.* 1, 102– 117.
- Ozen, A., Karapınar, A., Kucuk, I., Jeppesen, E., Beklioglu, M., (2010). Drought-induced changes in nutrient concentrations and retention in two shallow Mediterranean lakes subjected to different degrees of management. *Hydrobiologia.* 646(1): 61-72
- Peeters F., Atamanchuk D., Tengberg A., Encinas-Fernandez J., Hofmann H. (2016). Lake Metabolism: Comparison of Lake Metabolic Rates Estimated from a Diel CO₂- and the Common Diel O₂-Technique. *PLOS ONE*, doi:10.1371/journal.pone.0168393
- Smith, J., & Karr-Kidwell, P. J. (2000). *The Interdisciplinary Curriculum: A Literary Review and a Manual for Administrators and Teachers.*
- Staeher PA, Bade D, Van de Bogert MC, Koch GR, Williamson C, Hanson P, Cole JJ, Kratz T. (2010). Lake metabolism and the diel oxygen technique: state of the science. *Limnol Oceanogr-Meth.* 8:628–644.
- Staeher PA, Christensen JPA, Batt R, Read J. (2012a). Ecosystem metabolism in a stratified lake. *Limnol Oceanogr.* 57:1317–1330.
- Staeher PA, Testa JM, Kemp WM, Cole JJ, Sand-Jensen K, Smith SV. (2012b). The metabolism of aquatic ecosystems: history, applications, and future challenges. *Aquat Sci.* 74:15–29.
- Staeher, P. A. & K. Sand-Jensen, (2007). Temporal dynamics and regulation of lake metabolism. *Limnology and Oceanography* 52: 108–120.
- Van de Bogert, M. C., S. R. Carpenter, J. J. Cole, And M. L. Pace. (2007). Assessing pelagic and benthic metabolism using free water measurements. *Limnol. Oceanogr. Methods* 5: 145–155.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology. Lake and River Ecosystems.* Third Ed. Academic Press, San Diego. xvi, 1006 pp. ISBN 0-12-744760-11001BF-01
- Winslow L.A., Batt D. R., Dugan H.A., Woolway I., Corman J.R., Hanson P.C. and Read J.S. (2016) *LakeMetabolizer: an R package for estimating lake metabolism from free-water oxygen using diverse statistical models.* *Inland waters* 6, pg. 622-636, DOI: 10.5268/IW-6.4.883

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. MERYEM BEKLİOĞLU
Proje No:	114Y415
Proje Başlığı:	Gerçek Zamanlı Otomatik Göl İzleme Sistemi ile Göl Metabolizması ve Fitoplankton Biyokütlesinin Uç Olaylar ve Çevresel Değişkenlere Göre Değişiminin Araştırılması
Proje Türü:	Uluslararası
Proje Süresi:	36
Araştırmacılar:	NUSRET KARAKAYA, FATİH EVRENDİLEK
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ORTA DOĞU TEKNİK Ü. FEN-EDEBİYAT F. MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/01/2015 - 15/01/2018
Onaylanan Bütçe:	398264.0
Harcanan Bütçe:	367562.29
Öz:	<p>Ocak 2015 - Ocak 2018 dönemini kapsayan üç yıllık 4 iş paketinden (İP) oluşan TÜBİTAK projesinin 1. İP si olan Eymir Gölü'nde yüksek frekanslı otomatik izleme istasyonun (YFOİ) kurulması 2015 Haziran ayı itibari ile gerçekleştirilmiştir. İP2 kapsamında planlanan çevrimiçi veri transferi ise ODTÜ, Limnoloji Laboratuvarında tahsis edilen bilgisayara uygun yazılımlar aracılığı ile aktarılmıştır. İP3, YFOİ'den alınan verilerin kontrolü ve takibi, manuel su kalite örnekleme, YFOİ verileri ile metabolizma hesabı, bu verilerin birincil üretim ve uç olaylarla ilişkilendirilmesini kapsamaktadır. İP3 paketinden elde edilen sonuçlar ile Eymir Gölü'nün ötrofik bir göl olmasına rağmen yılın çoğu zamanı heterotrofik (Net Ekosistem Üretimi (NEP) 0'dan küçük) özellikte olduğu yani atmosfere karbon salınımı yaptığı tespit edilmiştir. Fitoplankton aşırı artışlarına ise genellikle Ağustos ve Eylül aylarında su girişinin olmadığı göl suyunun durgun, hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde rastlanılmıştır. Bu dönemlerde göl metabolizmasının ototrofik (NEP 0'dan büyük) olduğu yani ekosistemin karbon tuttuğu tespit edilmiştir. Bu durumun uzun yıllarca yürütülen restorasyon amaçlı evsel atıksu uzaklaştırılması ve biyomanipulasyonun olumlu etkisi olduğu düşünülmektedir. Bunların yanı sıra Eymir Gölü ani meteorolojik ve çevresel değişimlerden hızlıca etkilenmektedir. Özellikle rüzgar göldeki sıcaklık tabakalaşmasını değiştirmekte ve epilimnion tabakasında metabolizmanın salınımlar göstermesine sebep olmaktadır. Ancak bu değişkenlerin eski değerlerine dönmesi ile sistem kendini kısa sürede toparlayabilmektedir.</p> <p>Ayrıca yine projenin 4. İP si kapsamında, ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreçle tanışması, doğa ve göl ekolojisi bilincinin ve duyarlılığının gelişmesini amaçlayan "Eymir Gölü Elçileri" eğitim paketi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında geliştirilen eğitim programı ODTÜ Ankara Geliştirme Vakfı Ortaokulu ve Gölbaşı Cemil Yıldırım Ortaokulundan 5. ve 7. sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Ayrıca proje çıktıları www.lem.bio.metu.edu.tr adresinden güncel olarak paylaşılmıştır. Toplanan verilerin ilgili kurumlarla paylaşılması içinde site içerisinde şifre ile girilen bir sekme açılmıştır. Yine bilgiyi yayma kapsamında 9 Mart 2018 tarihinde ilgili birimlerin davet edildiği mini-çalıştay düzenlenmiştir.</p>
Anahtar Kelimeler:	gerçek zamanlı otomatik sukalitesi izleme sistemi,göl metabolizması,iklimsel uç olay,vatandaş bilimi
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır

Projeden Yapılan Yayınlar:	<p>1- 114Y415 numaralı projenin Halk Bilimi paketinin tanıtımı (Bildiri - Uluslararası Konferans - Davetli Konuşmacı),</p> <p>2- Göl İzleme Araştırmalarında Teknoloji Harikası: Ülkemizin Tek Yüksek Çözünürlüklü Otomatik İzleme Sistemi Eymir Gölü Uygulaması (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum),</p> <p>3- Göl Elçileri Eğitimi: Gölümü Tanıyorum, Seviyorum ve Koruyorum (Bildiri - Ulusal Bildiri - Sözlü Sunum),</p> <p>4- Impact of Extreme Wind Events on Metabolism of Lake Eymir Using Real-time Automatic Lake Observation Station (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),</p> <p>5- Assessing the impact of environmental variables together with a short extreme wind event on metabolism Lake Eymir using high frequency data (Bildiri - Uluslararası Konferans - Davetli Konuşmacı),</p>
----------------------------	--

TÜBİTAK