

Eymir Gölü için Gerçek Zamanlı Göl İzleme ve Erken Uyarı Sistemi Prototipinin Geliştirilmesi

Proje No: 112Y387

Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU YERLİ

KASIM 2013

ANKARA

ÖNSÖZ

Eymir Gölü'nde 1997 yılından bu yana Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin katkılarıyla devam eden izleme programı kapsamında geliştirilmekte olan araştırma ve eğitim istasyonunda da kullanılabilir nitelikte gerçek zamanlı olarak suyun bazı fiziksel ve kimyasal değişkenlerini izleyen ve erken uyarı oluşturabilen bir sistemin prototipi oluşturulması araştırılmıştır. Bununla birlikte sisteme bütünleşmiş bir yazılımla bu veriler ve daha önceden ölçülen uzun süreli veriler işlenerek gerekli erken uyarı parametrelerine göre analizleri yapılması sağlanmıştır.

Proje ile gölden sürekli olarak alınan su örneklerinde; sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik ve pH değerlerinin gerçek zamanlı olarak ölçümü yapılmıştır. Elde edilen verilerin internet üzerinden merkezi bir sunucuya aktarılarak ilgili veri tabanlarında depolanması ve internet üzerinden alınan verileri gerçek zamanlı olarak gösterebilen bir sistemin kurulması sağlanmıştır. Sistem www.eymirlakewatch.com adresinden hizmet vermektedir.

Öncelikle bu proje kapsamında geliştirilen prototipin yerleştirildiği Eymir Gölü'nde yer ve teknik alt yapı ve olanaklar sağladığı için Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve kurulum sırasında kullanılan kaynakları ve laboratuvar ve arazi ortamında katkı sağlayan ODTÜ-BAP projelerine teşekkür ederiz.

Projede kullanılan NanoSEUS sisteminin, TÜBİTAK-TEYDEB destekli Ar-Ge projesi kapsamında ODTÜ-TEKNOKENT' te prototipin geliştirilmesini sağlayan ve kurulumu yapan Nanobiz firmasına teşekkür ederiz.

"Eymir Gölü için Gerçek Zamanlı Göl İzleme ve Erken Uyarı Sistemi Prototipinin Geliştirilmesi" adlı, 112Y387 numaralı söz konusu çalışmanın yürütülmesini sağlayan ve ülkemizde tatlısu araştırmalarında modern sistemlerin kullanılmasına imkân tanıyan TÜBİTAK' a teşekkürleri borç biliriz.

İÇİNDEKİLER:

ÖNSÖZ	I
TABLO LİSTESİ	III
ŞEKİL LİSTESİ	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER	1
1.1 Su ve Göllerin Önemi	1
1.2 Göllerde Ötrofikasyon ve Küresel İklim Değişikliği	1
1.3 Otomatik Ölçüm Sistemleri	2
2. GEREÇ ve YÖNTEM	3
2.1 NanaSeus Cihazı	3
2.2 NanoSeus Cihazının Çalışma Prensipleri ve Özellikleri	4
2.3 Kurulum	7
3 BULGULAR	11
3.1 Oksijen sensörü kalibrasyonu	11
3.2 pH sensörü kalibrasyonu	13
3.3 İletkenlik sensörü kalibrasyonu	14
3.4 Laboratuvar ölçümleri	14
3.5 Yerinden Yapılan Göl Ölçümleri	16
4 TARTIŞMA ve SONUÇ	28
5 ÖNERİLER	29
KAYNAKLAR	30
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU	32

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1. Manuel ve otomatik olarak alınan örneklerden elde edilen ölçüm sonuçları	17
Tablo 3.2. Göl merkezinden yapılan manuel örnekleme ve farklı problarla yapılan ölçümlerin, NanoSEUS ölçümleri ile karşılaştırılması	18
Tablo 3.3. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen sıcaklık değerlerinin özet rapor gösterimi	24
Tablo 3.4. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen pH değerlerinin özet rapor gösterimi.	25
Tablo 3.5. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen çözünmüş oksijen değerlerinin özet rapor gösterimi	26
Tablo 3.6. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen iletkenlik değerlerinin özet rapor gösterimi	26

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Nanoseus cihazının iç görüntüsü ve akış hücresi	3
Şekil 2.2. Su Erken Uyarı Sistemi şematik gösterimi	4
Şekil 2.3. LakeWatch ana sayfa	5
Şekil 2.4. Yapılan kafes sistemi ve su pompası ile göle atılmaya hazır hali	7
Şekil 2.5. Kayık üzerinden kafes sisteminin göle indirilmesi ve sistemin göl içinden görünümü.....	8
Şekil 2.6. Göl içerisinde kafesin konumu	8
Şekil 2.7. Analiz (göl) suyu, atık su ve elektrik boru hattı	9
Şekil 2.8. Sistemin kurulum sonrası görünümü	9
Şekil 3.1. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem	11
Şekil 3.2. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan ekran görüntüsü	12
Şekil 3.3. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem	12
Şekil 3.4. pH sensörü kalibrasyonu	13
Şekil 3.5. İletkenlik sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem ve sistem görüntüsü	14
Şekil 3.6. NanoSEUS sistemi için özel olarak imal edilmiş beş yuvalı akış hücresi, yuvalardan üç tanesine pH, iletkenlik ve oksijen sensörleri yerleştirilmiştir	15
Şekil 3.7. Deneme ölçümleri çözülmüş oksijen grafiği	16
Şekil 3.8. Deneme ölçümleri pH grafiği	16
Şekil 3.9. 24 saatlik çözülmüş oksijen değerleri	19
Şekil 3.10. 24 saatlik iletkenlik değerleri	19
Şekil 3.11. 24 saatlik sıcaklık değerleri	20
Şekil 3.12. 24 saatlik pH değerleri	20
Şekil 3.13. 7 günlük çözülmüş oksijen değerleri	21

Şekil 3.14. 7 günlük iletkenlik değerleri	21
Şekil 3.15. 7 günlük sıcaklık değerleri	22
Şekil 3.16. 7 günlük pH değerleri	22
Şekil 3.17. Ölçümlene yapılan süre boyunca elde edilen sıcaklık ve pH değerlerinin toplu gösterimi	23
Şekil 3.18. Ölçümlene yapılan süre boyunca elde edilen iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerlerinin toplu gösterimi	24

ÖZET:

Proje ile gerçek zamanlı olarak suyun bazı fiziksel ve kimyasal değişkenlerini yerinde örnekleyip, analiz eden ve bu değişkenlerde oluşan değişimleri esas alarak göllerde meydana gelen uç olaylar için erken uyarı oluşturabilen bir sisteminin prototipinin oluşturulması sağlanmıştır. Bu prototip ile gölden sürekli olarak alınan su örneklerinde; sıcaklık, çözünmüş oksijen, iletkenlik ve pH değerlerinin gerçek zamanlı olarak ölçümleri yapılmış ve elde edilen verilerin internet üzerinden merkezi bir sunucuya aktarılıp burada ilgili veri tabanlarında depolanması sağlanmıştır. Ayrıca elde edilen gerçek zamanlı verilerin WEB üzerinden incelenebilmesini olası kılan bütünleşmiş bir yazılımla ve daha önceden ölçülen uzun süreli verilerle beraber değerlendirilmesiyle erken uyarı parametrelerine göre analiz sonuçlarının WEB üzerinden grafiksel olarak gösterilmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomatik su izleme, uç olaylar, fiziksel değişkenler

ABSTRACT:

In this project, a prototype of a system, which samples and analyzes some physical and chemical variables of water in real time and which also develops an early warning system for extreme events based on the gathered information, was built. With this prototype continuous water samples will be taken from the lake and measurements of temperature, dissolved oxygen, conductivity and pH will be held in real time. Moreover, the results will be transferred to a main web server and stored there. Furthermore, using the functional prototype of this integrated system, real time data sets will be provided through the web and if needed, former data sets and real time data will be accessible for further analysis and will be observed graphically in the web page.

Keywords: Automated water monitoring, extreme events, physical parameters

1. GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER

1.1 Su ve Göllerin Önemi:

Su sadece insanlar açısından değil dünyadaki tüm canlılar açısından önemli bir role sahiptir. Dünyamızın yüzde 70'lik bir kısmı su ile kaplıdır. Bu yüzden sadece yüzde 2,5'lük kısmı tatlısu kaynağı olarak bulunmakta ve göller, nehirler ve rezervuar kaynakları da dünyadaki tatlısuların sadece %0,26'sını oluşturmaktadır (Moss, 1998). Toplam su kaynaklarının ise neredeyse yüzde 1'den daha küçük bir kısmı insan tarafından doğrudan ulaşılabilir ve insan yaşamını devam ettirmek için kullanılabilir (Postel ve Richter, 2003). Tatlısu alanlarının çok büyük bir kısmını sığ göller oluşturmaktadır. Dünyadaki tatlısu göllerinin sayıca %95'ten fazlası sığ göllerdir (Moss vd., 2005). Sığ göller diğer göllere göre daha geniş litoral alanlara sahip oldukları için, birim su yüzeyi başına düşen üretkenlik ve biyoçeşitlilik bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Ülkemizde yaklaşık olarak 900 göl ve gölcük bulunmaktadır, bunlar da yüzölçümü olarak 515000 hektarlık bir alan kaplamaktadır (Coops vd., 2003). Göller ve tatlısu kaynakları, tarımda sulama, içme suyu sağlama, balıkçılık ve rekreasyon olmak üzere birçok alanda insan ve diğer canlı yaşamını destekleyici rol üstlenmektedir (Wetzel, 2000). Tatlısu ekosistemleri insan toplulukları için sağladıkları ürün ve hizmetlerden ötürü yaşamsal bir öneme sahip olmalarına karşın meydana gelen değişimlerden de en çok etkilenen ekosistemlerden biri olmaktadır (Geist, 2011).

1.2 Göllerde Ötrofikasyon ve Küresel İklim Değişikliği:

Göller; sulama, balıkçılık, rekreasyon, içme suyu sağlama gibi özellikleri ile canlılar için önemli bir kaynak oluştururlar (Dugan, 1994). Göllerdeki birincil üretimi doğrudan besin tuzlarının yoğunluğu etkilediğinden, göllerin ekolojisinin belirlenmesinde besin tuzları büyük öneme sahiptir. Son 30 yıllık süre içerisinde artan şehirleşme, atık su boşaltımı, sulak alanların kullanımı ve gittikçe artan tarımsal faaliyetler dünya üzerindeki birçok sığ göle giren besin tuzu miktarını büyük oranda arttırmıştır (Beklioğlu vd., 2011). Fosfor (P) ve Azot (N) Kuzey ılıman ve Akdeniz iklimi göllerinde trofik yapının belirlenmesinde önemli rol oynayan iki besin tuzudur (Shapiro, 1988). Bu nedenle göllere giren azot ve fosfor (N ve P) artışı sonucu göllerde "ötrofikasyon" örülmesine neden olmuştur. Besin tuzu ve sıcaklık artışları sonucu görülen ötrofikasyon ile özellikle toksin üreten siyanobakteri gruplarının aşırı artışı gözlenmektedir (Jeppesen vd., 2010). Böylece göllerin su berraklığı düşmekte, oksijen

miktarı ve CO₂ tutma oranı azalmakta, bunların sonucu olarak da biyoçeşitlilikte azalmalara neden olmaktadır (Scheffer vd., 1993).

Ayrıca bu yüzyılın sonunda, atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunda, 1961-1990 CO₂ seviyesine (IPCC, 2001) göre iki katından daha fazla artış meydana gelmiştir. Bu artış küresel iklim üzerinde büyük bir etki yaratmıştır ve dünyanın yıllık ortalama sıcaklığını 0.85 °C artırmıştır. Önümüzdeki yüzyıl için yapılan iklim tahminlerinde de özellikle Kuzey Avrupa'da yağışlarda ve sel olaylarında artış öngörülmüşken, Akdeniz iklim kuşağında bulunan bölgelerde sıcaklıklarda ve dolayısıyla kuraklıkta aşırı artışlar beklenmektedir (Lavee, 1998). Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda iklimde meydana gelen değişimlerin Avrupa'daki göllerin mevsimsel dinamiklerinin değişmesine yol açtığı gözlenmiştir (George vd., 2007) Meydana gelen değişimler tür çeşitliliğini, mevsimsellik ve plankton topluluklarının üretkenlikleri ile bu toplulukların besin zincirindeki etkileşimlerini değiştirmektedir (IPCC, 2007). Bu sebeple hidrolojik olayların etkisinin artmasıyla da uç olayların meydana gelme sıklığını artırmaktadır. Sonuç olarak küresel ısınma ve ötrofikasyon etkileri göllerde artış göstermesiyle göl ekosisteminde gelişen anlık ve günlük değişimlerin ve uç olayların gözlenme sıklığında özellikle alg patlamalarında artış göstermektedir.

1.3 Otomatik Ölçüm Sistemleri:

Su kalitesinin devamlı olarak izlenmesi göllerde meydana gelen uç olayları ve değişimleri gözlemleyip önlem almak için en kolay yöntemdir. Ancak uzun süreli su kalitesi ölçümleri için gerekli olan örnek inceleme yöntemleri için gerekli olan kaynak ihtiyacı çok fazladır. Gelişen otomatik izleme sistemleri sayesinde diğer yöntemlere göre daha kolay, ucuz ve güvenilir sonuçlar elde etmek mümkün olmaktadır. Otomatik yerinde ölçüm sistemleri ile birden fazla noktadan toplanan yüksek frekanslı veriler, su kalitesindeki mekânsal ve zamansal değişimi düşük frekanslı su kalitesi verisine göre daha etkili ve güvenilir olarak ölçmek için kullanılabilir bir yöntemdir (Horsburgh, 2010). Otomatik ölçüm sistemleri içlerinde bulunan sondalar aracılığıyla birçok su kalitesi parametresinin devamlı olarak takip edilmesini sağlamaktadır. Bu parametrelerin takibi ile de göl ekosistemlerindeki anlık değişimlerin ve uç olayların fark edilmesi, incelenmesi ve modellenmesine olanak sağlanmaktadır (Staeher vd., 2010).

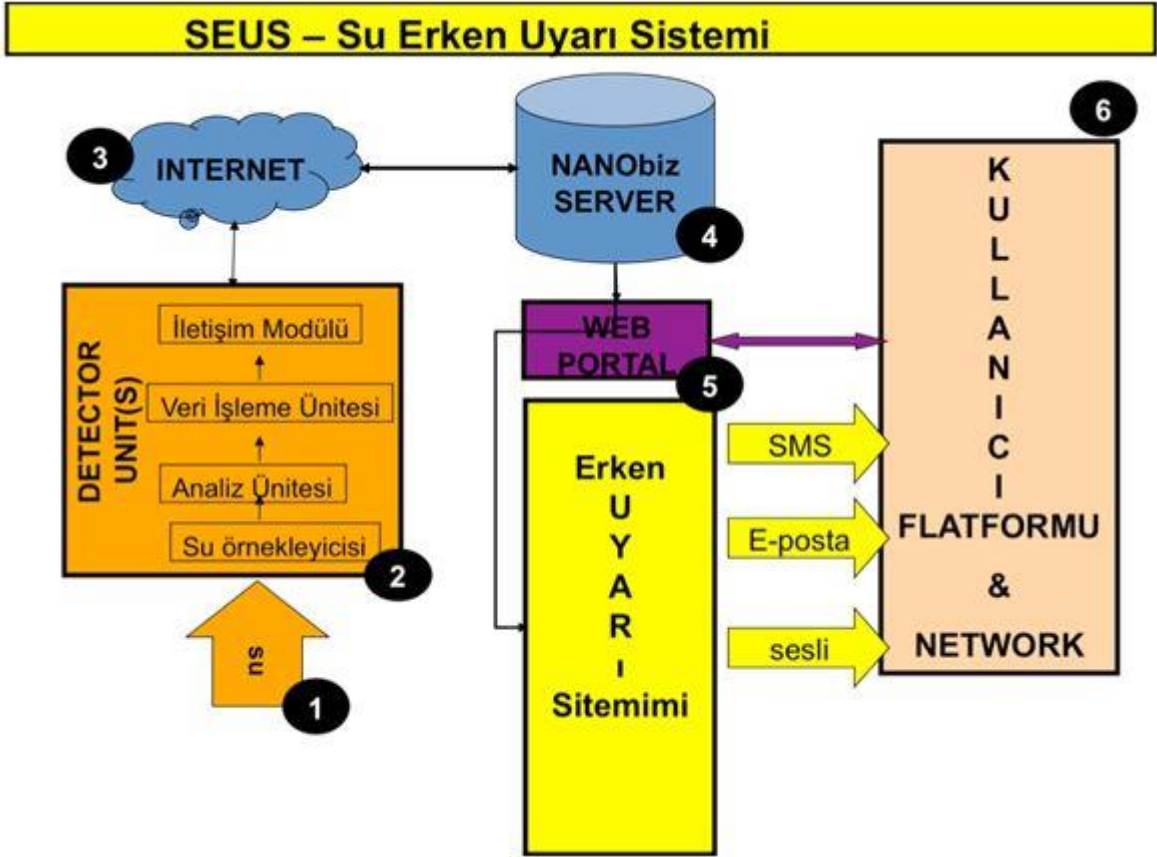
2. GEREÇ ve YÖNTEM

2.1 NanaSeus Cihazı:

Eymir Gölü'nünde bazı fiziksel ve kimyasal parametreleri incelemek adına TÜBİTAK-TEYDEB destekleri ile %100 yerli Ar-Ge imkânları ile Nanobiz tarafından geliştirilmiş olan çeşitli sensörler barındıran NanoSEUS adlı su erken uyarı sistemi kurulmuştur (**Şekil 2.1**). Bu sistem içerisinde; pH, sıcaklık, iletkenlik, çözülmüş oksijen gibi canlı büyümesi ve üremesi konusunda son derece belirleyici çeşitli fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümünü yapmaktadır. Sensörler tarafından ölçülen bu parametreler sistemin diğer modülü olan GSM/GPRS modülüne aktarılmakta ve böylece toplanan veriler bir web sitesi arayüzüyle raporlanmak üzere sistemin sunucusuna yönlendirilebilmektedir. Bu sistem sayesinde hedeflenen parametreler hem sürekli olarak izlenmekte, hem de sistemin mevcut bir özelliği olan erken uyarı sistemi kullanılarak gerektiği durumlarda belirlenen limitler aşıldığı zaman istenilen numara ve elektronik posta adresine uyarı bildirimi gönderilebilmektedir (**Şekil 2.2**).



Şekil 2.1. Nanoseus cihazının iç görüntüsü ve akış hücresi.



Şekil 2.2. Su Erken Uyarı Sistemi şematik gösterimi.

2.2 NanoSeus Cihazının Çalışma Prensibi ve Özellikleri:

NanoSeus, 2 adet su girişi ve bir adet su çıkışı bulunan bir cihazdır. Su girişlerinden bir adedi analizi yapılması istenen suyun girişi, diğeri ise analiz işlemi ardından sensörlerin temizlenmesi amacı ile kullanılmaktadır. Sisteme alınan temiz su ve analiz suyu tek bir çıkış ile sistemden uzaklaştırılmaktadır. Sisteme röleler ile kontrol edilen valfler aracılığı ile alınan analiz veya temizleme suyu, sistemin “Akış Hücresi” adı verilen bölümünden geçer. Akış hücresi kısmında bulunan sensörler, hücre içerisinde bulunan suyun pH, su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve iletkenlik ölçümlerini yapmaktadır. Yapılan ölçümler cihaz içerisinde bulunan bilgisayara aktarıldıktan sonra, bilgisayarda bulunan yazılımlar aracılığı ile bu veriler incelenir ve sisteme kayıt edilir.

NanoSeus cihazı üzerinde bulunan monitör aracılığı ile analiz, analiz sonrası bekleme, temizleme ve temizleme sonrası bekleme süreleri sisteme girilerek cihazın çalışma süreleri belirlenir. Yine cihaz üzerinde bulunan bu monitör aracılığı ile sistemin anlık verileri gözlemlenebilir, sensörler için limit ayarlamaları yapılabilir ve istenilen tarih aralıklarında rapor

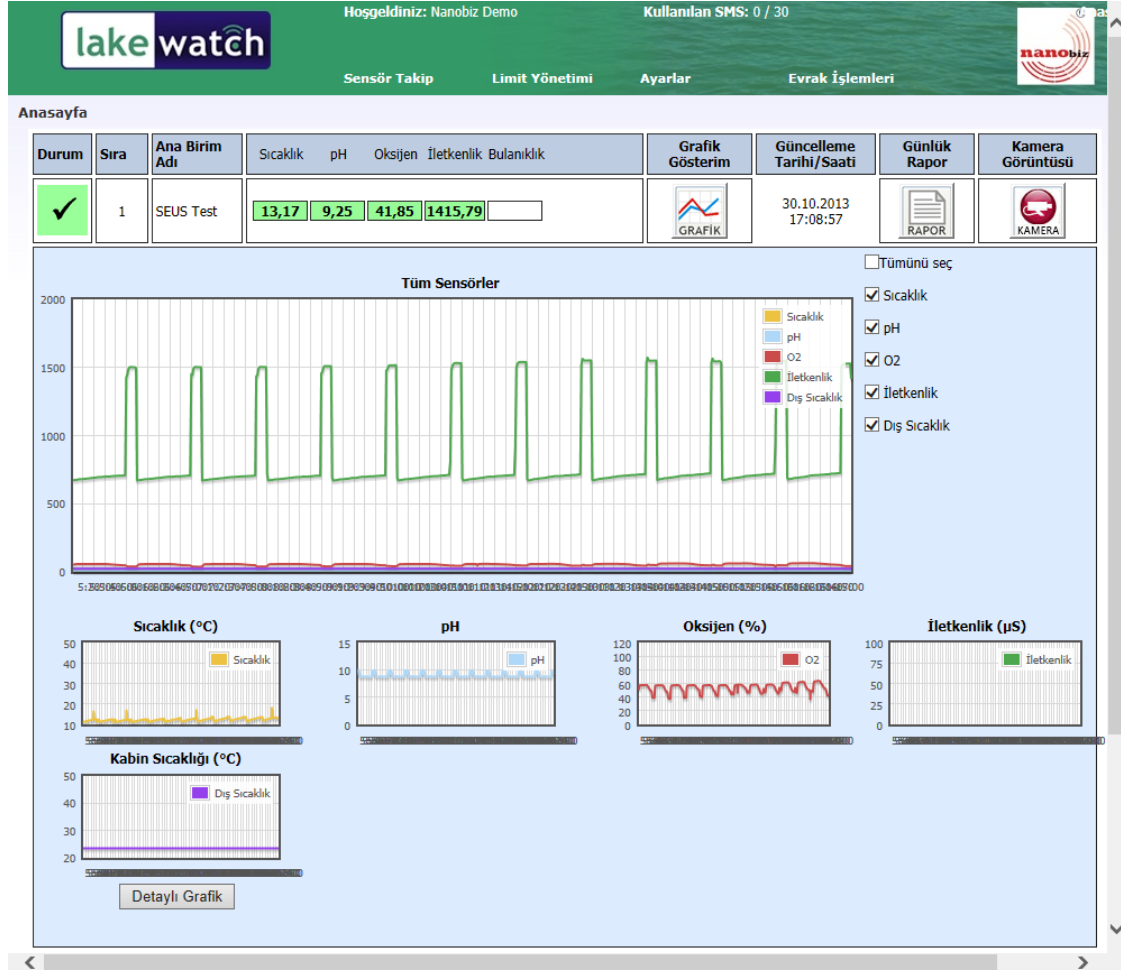
alınabilir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için kullanılan ara yüze giriş sırasında kullanıcıdan “Kullanıcı Adı” ve “Parola” bilgileri sorularak izinsiz girişler engellenmektedir.

NanoSeus cihazı istenilen durumlarda dışarısı ile hiçbir bağlantısı bulunmadan sadece yerel sistem olarak kullanılabilir. İstenilen durumlarda cihaza bütünleşmiş olarak bulunan yazılımlar aracılığı ile analiz verileri internet üzerinden Nanobiz sunucularına da aktarılarak internet erişimi bulunan herhangi bir cihazdan sistem verilerine anlık olarak ulaşılabilir ve limit ayarlama, rapor görüntüleme işlemleri yapılabilir. Bu özellik sayesinde herhangi bir konumdan anlık olarak verilerin izlenebilmesi ve erken uyarı alınabilmesi mümkün olabilmektedir. Sistem, yerel veya internet üzerinden erişim sağlandığında kullanıcıya anlık verilerin ve grafiklerin gösterimi, limit ayarları, e-posta ve numara bilgilerinin girilmesine veya değiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Sistem www.eymirlakewatch.com adresinde hizmet vermektedir (**Şekil 2.3**).



Şekil 2.3. Eymir Göl izleme sitesi ana giriş sayfası .

Sisteme yerel veya internet üzerinden kullanıcı erişimi girişi yapıldığı zaman gerçek zamanlı olarak ölçülen değişkenlerin değerleri ile grafiksel gösterimine ulaşılabilmektedir (**Şekil 2.4**). Bu sayfadan 4 ana menüye ulaşım da sağlanmaktadır.



Şekil 2.4. Eymir LakeWatch ölçüm parametrelerini gösteren ana sayfa.

Bu ana menüler sensör takip, limit yönetimi, ayarlar ve evrak yönetimidir.

Sensör takip menüsü aracılığı ile:

- Sensör durumu linki; kullanıcıyı NanoSEUS ana sayfasına yönlendirmektedir. Bu sayfa üzerinde sensörlerden alınan son veri ve bu verinin geliş zamanı ile sensör değerlerinin grafiksel gösterimi bulunmaktadır.

- Sensör raporu linki; kullanıcıya, girilen tarih aralığında seçilmiş olan sensörün; cihaz adını, sensör adını, tarihi ve sensör değerlerini listeler. Bu sayfa ile 2 farklı yöntemle rapor olarak kaydetme seçeneği mümkündür. 'Detaylı Rapor' olan 1. yöntemde, girilen zaman aralığında seçilmiş olan sensörden alınan tüm veriler 'Excel' dosyası olarak hazırlanarak kullanıcıya kaydedilmek üzere verilir. 'Özet Rapor' olan 2. yöntemde ise kullanıcının belirlediği zaman aralığında seçilmiş olan sensörün sabah, öğle ve akşam olmak üzere günün 3 dilimindeki sensör değerleri 'Excel' dosyası olarak hazırlanarak kullanıcıya kaydedilmek üzere verilir.
- İhlal raporu linki; kullanıcıya, limitin altında, limitin üstünde veya her 2 durumda da oluşmuş ihlalleri, girilen tarih aralığında her sensör için ayrı ayrı liste halinde gösterir.
- Detaylı grafik sayfası linki; kullanıcıya, seçeceği 1 veya daha çok sensör için günlük (son 24 saat), haftalık (son 7 gün), aylık (son 30 gün) veya kullanıcının gireceği zaman aralığını kapsayan sensör değerleri ile oluşturulan bir grafik sunmaktadır.

Limit yönetimi menüsü ile kullanıcıya, seçtiği sensör için alt limit, üst limit bilgisi, ihlal bildirim toleransı, SMS ve e-posta için ihlal durumları, telefon numarası ve e-posta adresi giriş alanları sunmaktadır. Seçilen bir sensör için alt limit ve üst limit ayarları yapılarak; sensör değerinin alt limitin altına düşmesi, üst limitin üstüne çıkması ve oluşmuş bir ihlalin sonlanması durumlarından istenilenler seçilerek, girilen telefon numaralarına seçilmiş SMS ve girilen e-posta adreslerine e-posta ile bilgi verilmesi sağlanabilir. Ayarlar menüsü ile kullanıcıya, cihaz adını değiştirmek için bir alan ve sorgu aralığını belirlemek için seçenekler sunmaktadır. Sorgu aralığını 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 dakika veya 1 saat olarak seçilebilir. Bu seçim ile sensörlerden veri alınması işlemi seçim zamanı kadar süre aralıkları ile gerçekleştirilecektir. Evrak işlemleri menüsü ile de sisteme tanımlı limit aşımalarında meydana gelen ihlallerin listesi ve sistemin kalibrasyon, bakım planı ve bakımları hakkında kaydedilen dosyalara ulaşmak mümkün olmaktadır. Özet olarak NanoSEUS sistemi su kaynaklarının anlık olarak izlenmesi ve erken uyarı gönderilmesini sağlayabilen ileri teknoloji bir izleme, kayıt ve erken uyarı sistemidir.

2.3 Kurulum:

NanoSeus sistemi içerisinde bulundurduğu sensörler ve donanımların güvenliği ve elektronik yapısının ihtiyaç duyduğu enerjiden dolayı korunaklı ve elektrik olan Eymir Gölü'nde bulunan

kayıkhaneye tesislerine kurulumu yapılmıştır. Sistem yukarıda da belirtildiği gibi analiz için göl suyuna ve analizler arasında sensörlerin temizlenmesi için temiz suya ihtiyaç duymaktadır. Analizler için gerekli olan göl suyu sistem üzerine borular yardımı ile gölden su pompası ile pompalanmaktadır. Bu su pompası çalışması için gerekli olan elektriği göl suyunun içerisinde taşındığı borunun yanından su geçirmeyecek şekilde diğer bir boruyla sisteme kadar getirilmesi sağlanmıştır. Su pompası gölde bulunan büyük ve küçük kirletici maddelerden, balıklardan ve göl içi bitkilerden etkilenip tıkanmaması, göl üzerinde seyreden bot ve motorlardan meydana gelebilecek darbelerden etkilenmemesi ve istenilen derinlikte sabit olarak kalabilmesi için yapılan kafes sistemine yerleştirilmiştir (**Şekil 2.5**).



Şekil 2.5. Yapılan kafes sistemi ve su pompası ile göle atılmaya hazır hali.

Kafes sistemi içerisinde su pompası güvenli bir şekilde göl suyunu mavi boru yardımı ile sisteme iletmekte ve siyah boru yardımı ile çalışması için gerekli olan elektrik hattını almaktadır.

Kafes sistemine yerleştirilen su pompası düzeneği gölün ölçüm yapılması istenen litoral kısmına kayık yardımı ile taşınarak belirlenen noktada dik duracak şekilde yerleştirilmiştir (**Şekil 2.6**).



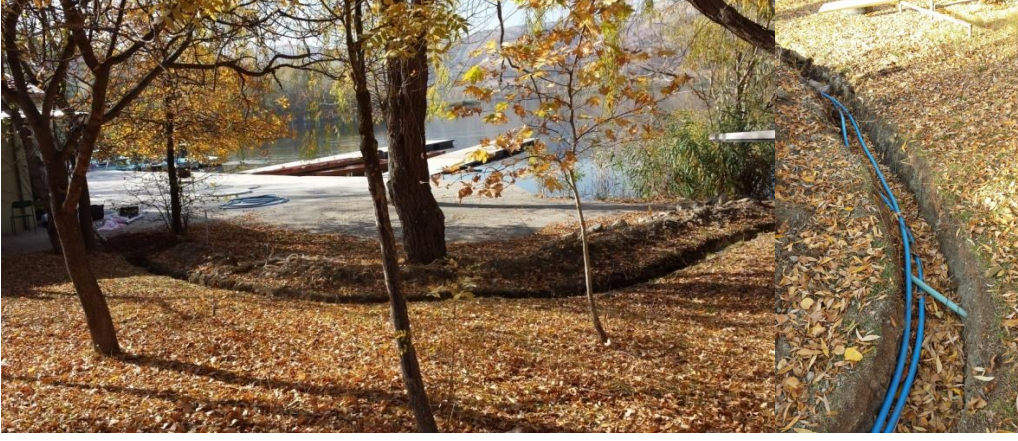
Şekil 2.6. Kayık üzerinden kafes sisteminin göle indirilmesi ve sistemin göl içinden görünümü.

Ayrıca yerleştirilen sistemin göl üzerinden seyreden araçlar tarafından fark edilebilmesi için bulunduğu noktanın üzerinde sabit duracak şekilde şamandıra yerleştirilmiştir (**Şekil 2.7**).



Şekil 2.7. Göl içerisinde kafesin konumu.

Kafes sistemi üzerinden çıkan göl suyunu taşıyan su borusu ve elektrik taşıyan boru göl yüzeyi üzerinden taşınarak kıyı bölgesine kadar ulaşmaktadır. Kıyı bölgesinden sonra bu borular meydana gelebilecek hava koşullarından ve insan etkilerinden korunması için toprağa açılan kanal aracılığıyla NanoSEUS sisteminin kurulduğu alan olan kayıkhaneye kadar toprağın altına yerleştirilmiştir. Yerleştirilme işleminden sonra kanalın üstü örtülerek ısı yalıtımı ve koruma sağlanmıştır (**Şekil 2.8**).



Şekil 2.8. Analiz (göl) suyu, atık su ve elektrik boru hattı.

Kanal ile taşınan göl suyu elektrik hattının NanoSEUS sistemine bağlantıları yapılmış ve bu sayede su pompasının sistem üzerinden belirlenen zaman aralıklarında devreye girmesi otomatik olarak sağlanmıştır.

Analizler arasında sensörlerin temizlenmesi için gerekli olan temiz su ise kayıkthane içerisinde bulunan temiz su hattından sisteme boru döşenerek sağlanmıştır. Bütün bağlantılar yapıldıktan sonra gerekli ayarlamalar yapılarak sistemin devreye girmesi sağlanmıştır (**Şekil 2.9**).



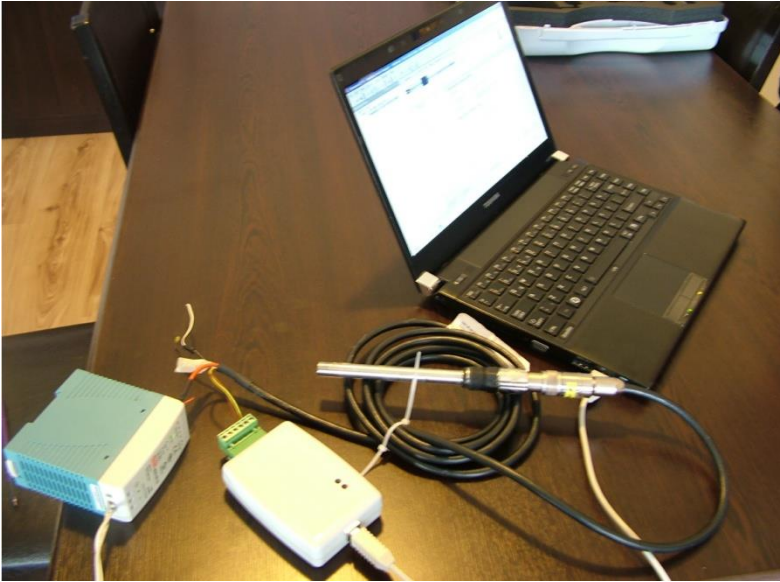
Şekil 2.9. Sistemin kurulum sonrası görünümü.

3. BULGULAR

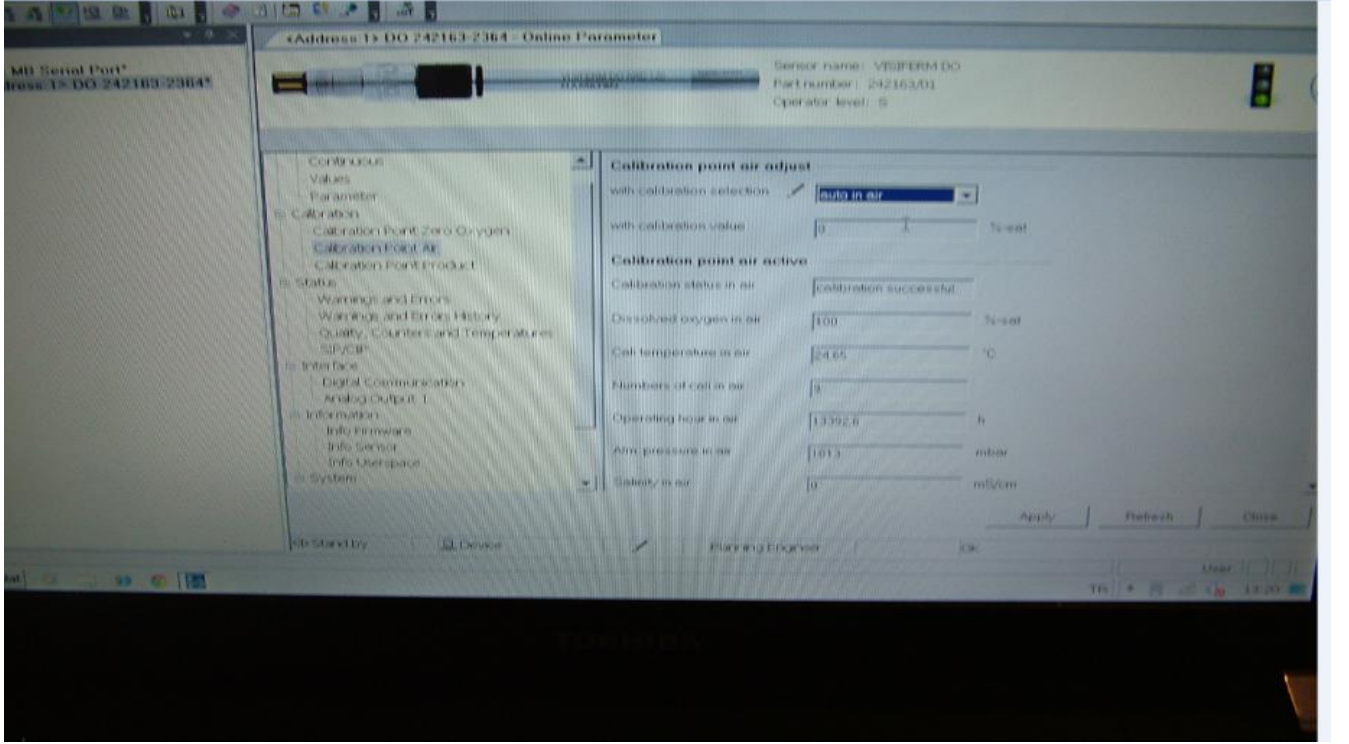
NanoSEUS sistemi Eymir Gölü'ne kurulumu gerçekleştirmeden önce sistem içerisindeki bütün bölümlerin kontrolleri ilk önce laboratuvar ortamında yapılan deneme testleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar esnasında sistemde kullanılan ve hassas ölçüm yapabilme kabiliyeti olan HAMILTON Marka; pH, iletkenlik ve oksijen sensörleri kalibre edilmiştir. Sensör kalibrasyonu esnasında uygulanan yaklaşım aşağıda sunulmaktadır. Kalibrasyon işlemleri sonrasında sistemin yapmış olduğu ölçümler yerinde yapılan ölçümler ile kıyaslanması yapılmıştır. Sistemin yapmış olduğu ölçümler internet üzerinden takip edilmiştir.

3.1 Oksijen Sensörü Kalibrasyonu:

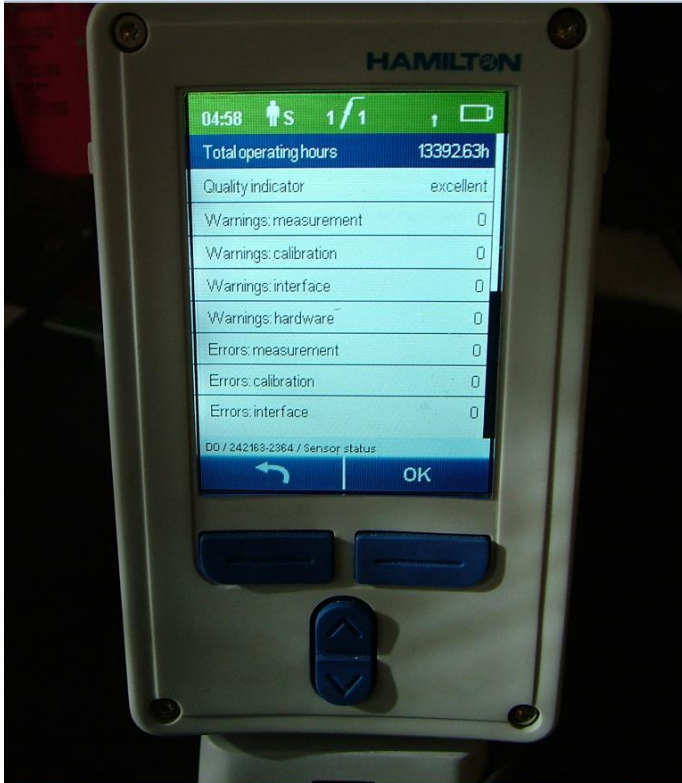
Kalibrasyon öncesi sensörün stable olabilmesi için 10-15 dakika oda sıcaklığında bekletilmesi gerekmektedir ve sensör kalibrasyonu ortam havasında yapılmaktadır. Sensör makineye ya da HDM Kalibrasyon programı kurulmuş olan bilgisayara bağlanarak, kalibrasyon seçeneği ayarlanır ve makine tarafından otomatik olarak kalibre edilir (**Şekil 3.1-3.3**).



Şekil 3.1. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem.



Şekil 3.2. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan ekran görüntüsü.



Şekil 3.3. Oksijen sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem.

3.2 pH Sensörü Kalibrasyonu:

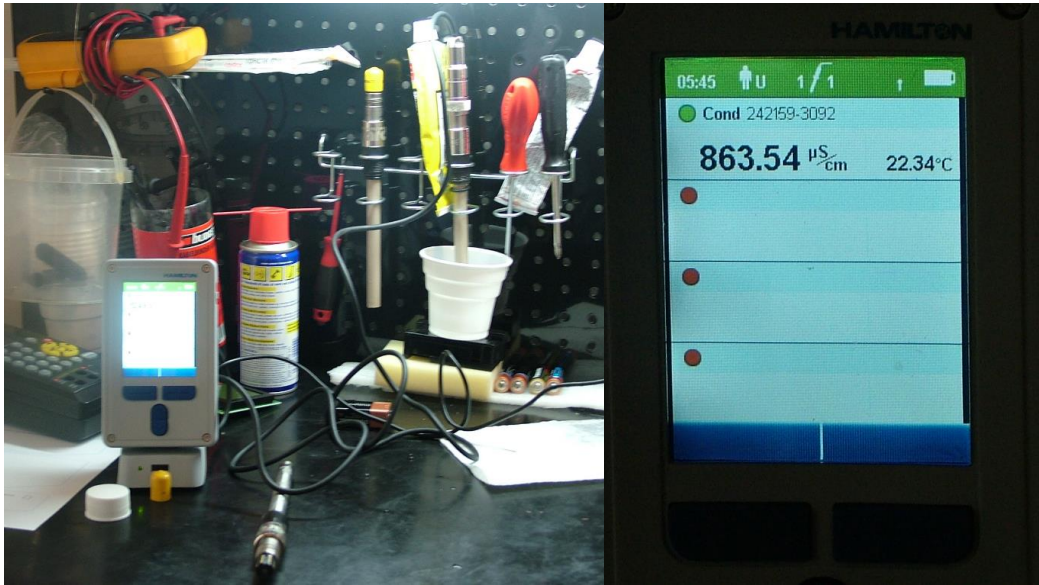
Sensörün prob bölgesi asetik asit ile temizlenir. Probun iki yanında bulunan deliklerin tıkalı olmaması önemlidir. Eğer sensör kalibre olmakta zorlanıyorsa bu delikler iğne gibi ince uçlu bir madde yardımı ile proba zarar vermeden temizlenebilir. Sensörün kalibrasyonu için makine ya da yazılım kurulu bir bilgisayar kullanılabilir. Kalibrasyon için kullanılan referans çözeltiler Hamilton "Durace Buffer"lardır ve bunlar diğer pH ölçüm cihazlarının da ortak olan pH 7.00 \pm 0.01, pH 4.01 \pm 0.01 ve pH 10.01 \pm 0.01 dir. Prob ilk önce pH 4.01 ve daha sonra pH 7.00 tampon çözeltileri içerisine konulur ve kalibrasyon seçeneği seçilir, ancak tampon çözeltilerinin kullanım sırası önemli değildir (**Şekil 3.4**). Eğer kalibrasyonu bu değerden çok fazla sapmadıysa pH değerini doğru tanıyarak kalibre olacaktır. pH 10.01 tamponu son olarak kalibrasyonun doğru yapıp yapılmadığını anlamak için sistem kalibrasyon yazılımı üzerinden okunur.



Şekil 3.4. pH sensörü kalibrasyonu.

3.3 İletkenlik Sensörü Kalibrasyonu:

Diğer sensörler gibi iletkenlik sensörü kalibrasyonu için de makine ya da bilgisayar kullanılabilir. Solüsyon olarak Hamilton marka 1413 $\mu\text{S}/\text{m} \pm 1\%$ (25 °C) referans solüsyonu kullanılmaktadır. Sensör solüsyon içerisine konularak kalibrasyon seçeneği ayarlanır. Kalibrasyon süresince sensörün ucu solüsyonun içerisinde olduğu kaba kesinlikle değmemeli, solüsyon içerisinde havada kalmaktadır. Aksi takdirde temas ettiği maddenin iletkenliğini okunabilmektedir.

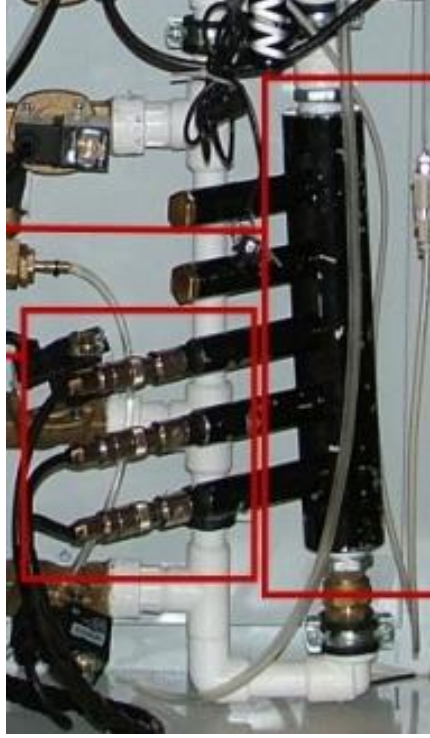


Şekil 3.5. İletkenlik sensörü kalibrasyonunda kullanılan sistem ve sistem görüntüsü.

3.4 Laboratuvar Ölçümleri:

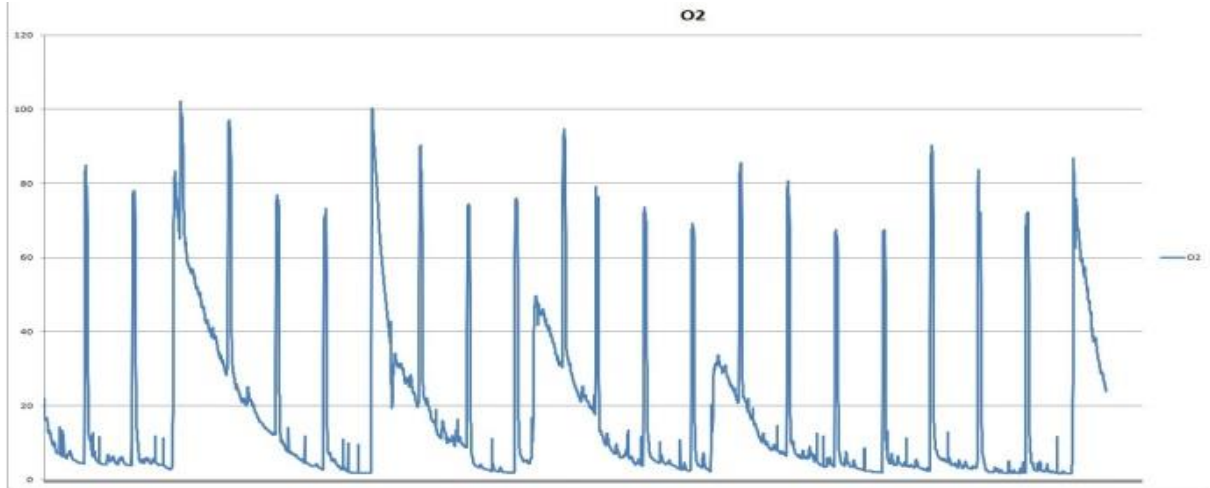
Daha öncede belirtildiği gibi sistemde HAMILTON firmasının hassas ölçümleri gerçekleştirebilen akıllı sensör problemleri kullanılmıştır. Bu problemlerin sistemde geliştirilen yazılım sayesinde ana sistem ile MODBUS protokolü kullanarak haberleşmektedir. Sensörlerin bir diğer önemli özelliği de kalibrasyon yapıldıktan sonra, zaman içerisinde kalibrasyondan sapma oranlarının yazılım protokolü üzerinden sorgulanabilmesidir. Bu sayede sistem uzun süreli olarak devreye alındığında sensörlerin kalibrasyon gereksinimlerinin otomatik olarak izlenebilmesi mümkün olacaktır.

Yukarıda belirtildiği şekilde gerekli kalibrasyon çalışmaları gerçekleştirildikten sonra sensör problemleri NanoSEUS cihazının akış hücresi bölümüne yerleştirilerek göle kurulum öncesinde laboratuvarında deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (**Şekil 3.6**).

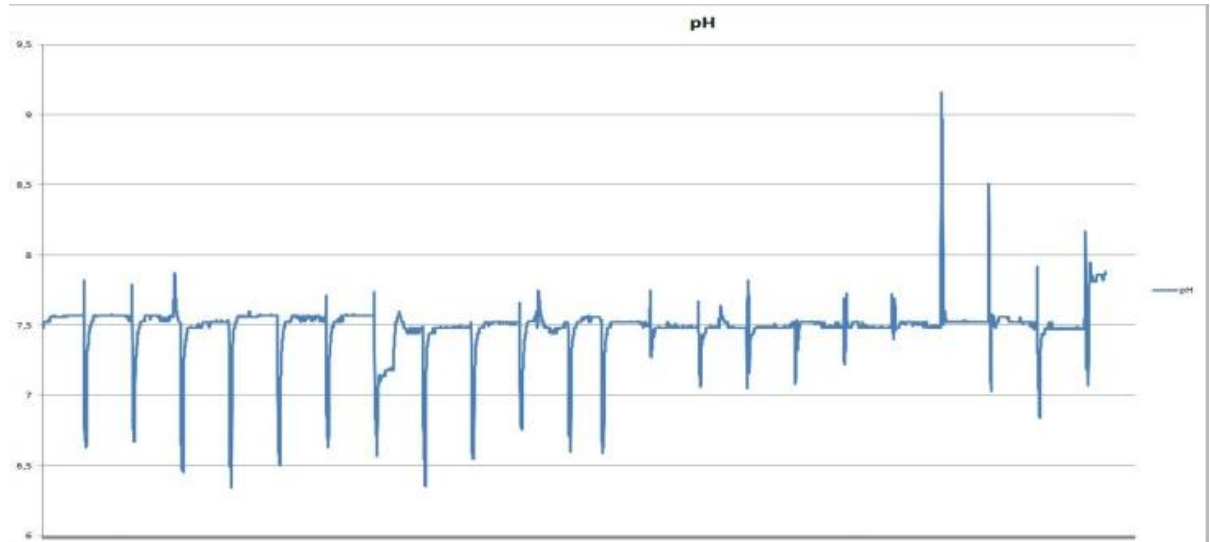


Şekil 3.6. NanoSEUS sistemi için özel olarak imal edilmiş beş yuvalı akış hücresi. Yuvalardan üç tanesine pH, iletkenlik ve oksijen sensörleri yerleştirilmiştir.

Laboratuvar ortamında yapılan deneme çalışmalarında sisteme verilen örneklerin sonuçlarının istenilen düzeyde olduğu görülmüştür. Sistem üzerinden yapılan deneme ölçümlerinden pH ve çözünmüş oksijen analizlerinin bir haftalık analiz sonuçları ve temizleme değerleri **Şekil 3.7** ve **Şekil 3.8** de verilmiş. Grafik üzerinde görülen değişimler pH ve çözünmüş oksijen miktarındaki değişimleri, oluşan sabit değerler ise temizleme zamanında elde edilen değerleri göstermektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmalarla sistemin akış hücresinden geçen sıvıların değerlerini stabil olarak ölçümleyip internet üzerinden merkez sunucuya aktarabildiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.7. Deneme ölçümleri çözülmüş oksijen grafiği.



Şekil 3.8. Deneme ölçümleri pH grafiği.

3.5 Yerinden Yapılan Göl Ölçümleri:

Laboratuvarda gerçekleştirilen deneme ölçümlerinden sonra sistemin kurulum işlemleri gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan bu sistemde raporun önceki bölümlerinde de belirtildiği gibi yaklaşık 50 metrelik bir mesafeden göl suyunun pompalanabilmesi ve NanoSEUS sisteminin akış hücrelerine taşınabilmesi için gerekli hat kurulum ve filtreleme sistemi imalat işlemleri başarı ile gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak akış hücresinin ve sensörlerin temizlenebilmesi için gerekli temiz su hattı da oluşturulmuştur. Ayrıca hem gölden su temini hem de temiz su yıkama hatlarının istenen süre ve zaman aralıklarında senkronize olarak çalıştırılabilmesi için gerekli yazılım unsurları da geliştirilmiş ve sisteme entegre edilmiştir. Sistem bu kurulum sonrasında pompa ve selenoid valflerin sabit olarak çalışması açısından test edilmiştir.

Testler esnasında, gölden örnekleme ve temiz su hatların sızdırmazlığı, oluşturulan örnekleme ve yıkama döngülerinin sağlıklı olarak çalışma potansiyelleri, hatların devreye girme ve çıkma senkronizasyonları çalışılmıştır.

Bu çalışmalar esnasında yapılan gözlemler sonucunda kurulan göl örnekleme ve temiz su hatlarının sızdırmazlığı ve sağlıklı olarak çalıştığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda göl içerisinde konuşlandırılan dalgıç pompanın, NanoSEUS sistemi üzerinden istenilen zaman aralıklarında kontrol edilerek göl suyunu ölçümün yapıldığı akış hücrelerine taşıyabildiği ve ölçümlerin gerçekleştirilebildiği tespit edilmiştir. Göl suyu ve temiz su hattının, geliştirilen program kapsamında senkronize olarak devreye girip çıktığı belirlenmiştir.

Bu çalışmaları takiben göl üzerinden ölçümlerin yapılmasına başlanmıştır. Bu aşamadaki çalışmalarda proje önerisinde belirtildiği gibi NanoSEUS sisteminin yaptığı ölçümlerle gölden manuel olarak yapılan örneklemeden elde edilen numunelerin NanoSEUS sensörleri ile yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmada göl kıyı kesiminden yedi günlük manuel örnekleme yapılmıştır. Örnekleme NanoSEUS göl suyu örnekleme pompasının, örnekleme yaptığı konumdan alınmıştır. Örnekleme sonrasında, alınan manuel örneklerin NanoSEUS sistemindeki sensörlerle pH, sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler aynı gün içerisinde (manuel örneklemenin yapıldığı saat içerisinde) sistemin gölden otomatik olarak yaptığı ölçüm değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar **Tablo 3.1**'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Manuel ve otomatik olarak alınan örneklerden elde edilen ölçüm sonuçları.

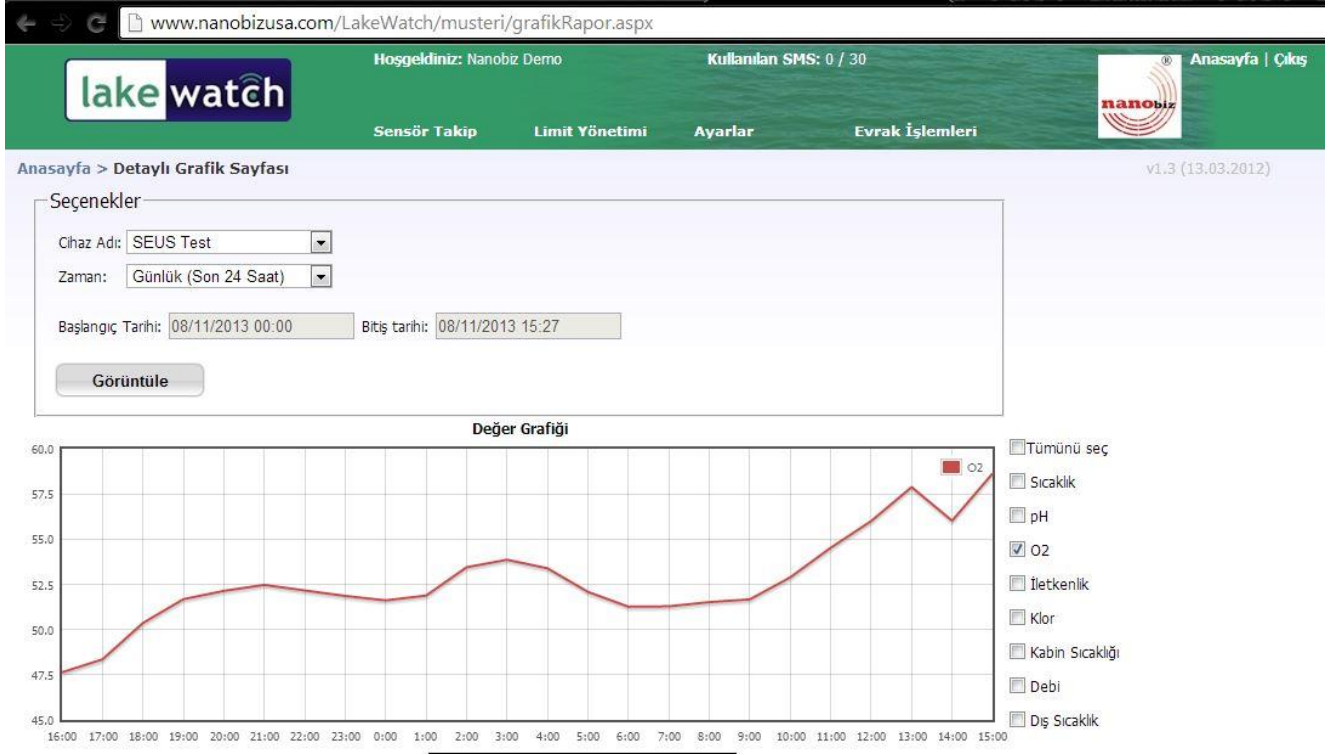
Örnekleme Tarih / Saat	Manuel Örnekleme			NanoSEUS		
	pH	İletkenlik (µS)	Sıcaklık (°C)	pH	İletkenlik (µS)	Sıcaklık(°C)
25.10/12:00	8.92	845	12.05	9.02	857	12.25
30.10/12:00	8.90	857	12.10	8.95	840	12.25
07.11/13:00	8,93	1445	11.88	9.09	1460	12.30
13.11/12:00	8.97	1415	10.11	9.11	1390	10.25
18.11/12:00	9.05	1341	8.80	9.17	1330	8.90
24.11/12:00	9.11	1371	9.25	9.18	1353	9.70
25.11/12:00	9.15	1383	9.50	9.23	1354	9.70

Bu çalışmalar ile gölden NanoSEUS sistemi tarafından örneklenerek yapılan ölçümlerin, manuel olarak yapılan örnekleme sonrasındaki ölçümlere yakın olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla, NanoSEUS sisteminin yaptığı ölçümlerin göl suyundaki mevcut olan değerleri doğru olarak tespit edebildiği belirlenmiştir. Bu ölçümlerin dışında gölde Limnoloji Laboratuvarının son 15 yıldır örnekleme istasyonu olarak kullandığı gölün en derin yerini temsil eden orta noktasından taşınabilir sensörlerle yapılan ölçüm sonuçları ile aynı tarihlerde NanoSEUS sistemi ile yapılan ölçümler karşılaştırılmıştır. Bu ölçümlerde özellikle iletkenlik değerlerinde farklılıklar gözlenmiştir (**Tablo 3.2**). Bu farklılıkların en önemli nedeni olarak NanoSEUS un ölçümlerinin yapıldığı gölün litoral bölgesi ile gölün en derin yerinde yapılan örnekleme noktası ise gölün pelagik bölgesidir. Bu iki farklı bölge göllerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin ve birincil üretim ve solunum açısından sığ göllerde farklılık göstermesi ve kısmen de farklı sensör problemlerinin hassasiyet ve kalibrasyon farklılıklarından oluşabileceği değerlendirilmektedir.

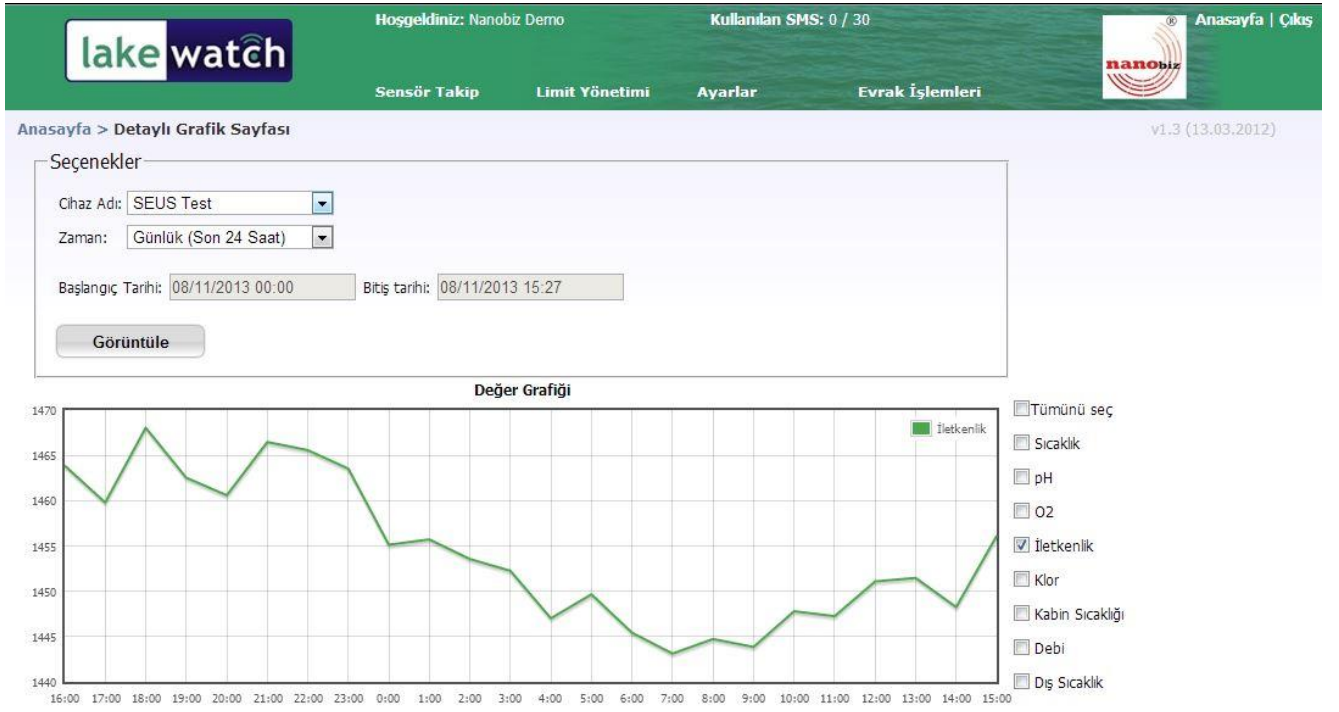
Tablo 3.2. Göl merkezinden yapılan manuel örnekleme ve farklı problemlerle yapılan ölçümlerin, NanoSEUS ölçümleri ile karşılaştırılması.

	MANUEL ÖLÇÜM			NanoSEUS		
	İletkenlik (mS)	pH	Sıcaklık	İletkenlik (mS)	pH	Sıcaklık (°C)
21.11.2013	1,798	8,82	9,29	1,350	9.12	9.25
10.10.2013	1,981	8,68	18,20	1,800	8,00	19,14

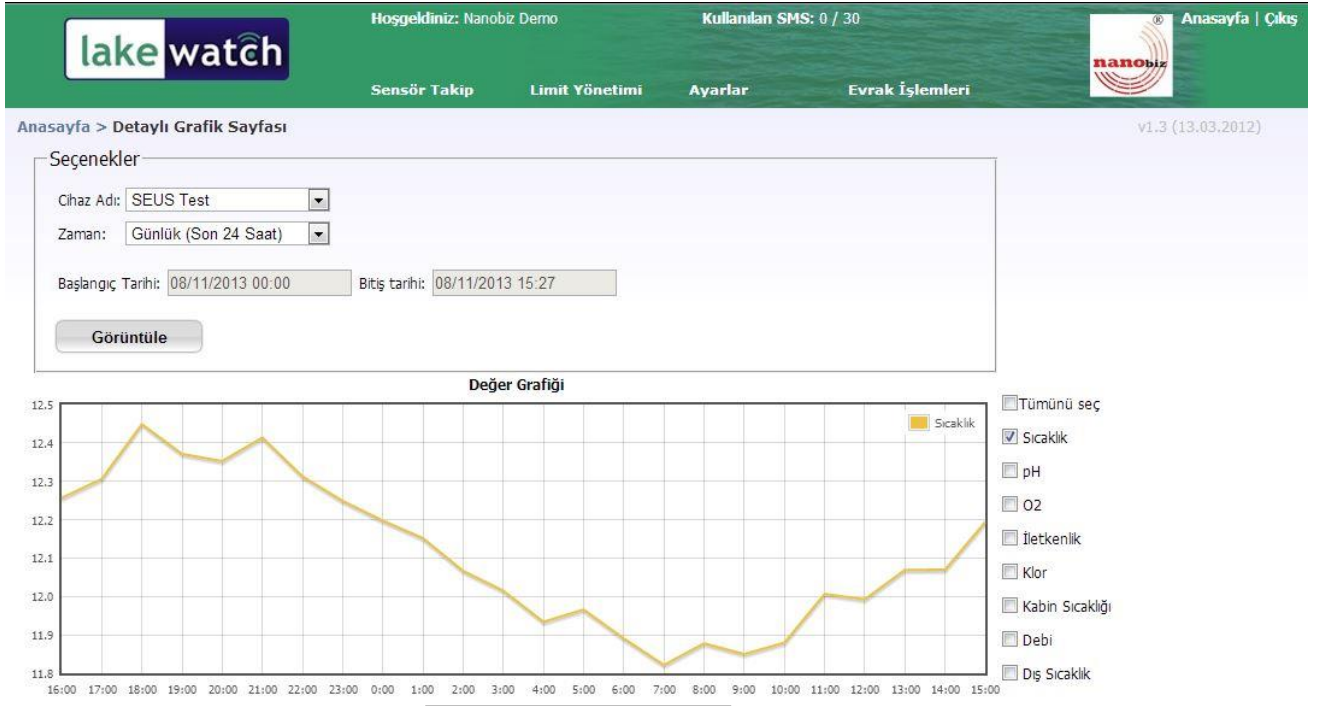
Sistem kurulum aşamasından sonra bir dakika ölçüm, sonrasında 1 dakika temizleme ve tekrar 1 dakika ölçüm olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu ayarlamadan sonra sistem devamlı olarak çalışmaya bırakılmıştır. Sistem üzerinden yapılan 24 saatlik, 7 günlük ve 30 günlük ölçümlere ait grafikler **Şekil 3.9 - 3.17** da gösterilmektedir. Grafiklerin üst kısımlarında grafiklerin hangi zaman aralığını gösterdiği gösterilmektedir. Grafiklerin y ekseninde çözünmüş oksijen için % çözünmüş oksijen, iletkenlik için mS ve sıcaklık °C cinsinden gösterilmektedir ve x ekseninde son 24 saatlik ölçüm gösteriminde saat olarak, 7 günlük (haftalık) ve 30 günlük (aylık) ölçüm gösterilen grafiklerinde gün olarak gösterilmektedir.



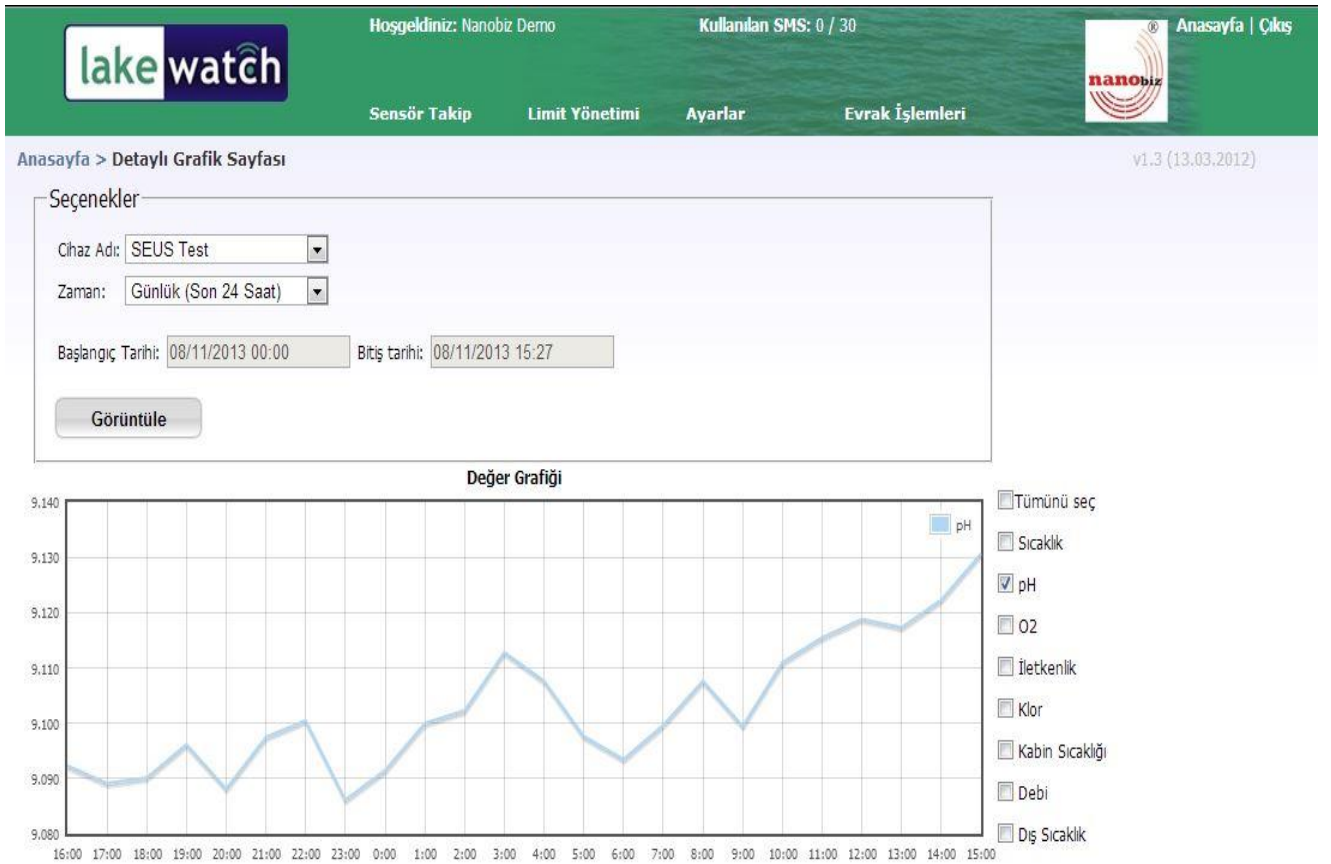
Şekil 3.9. 24 saatlik çözülmüş oksijen değerleri.



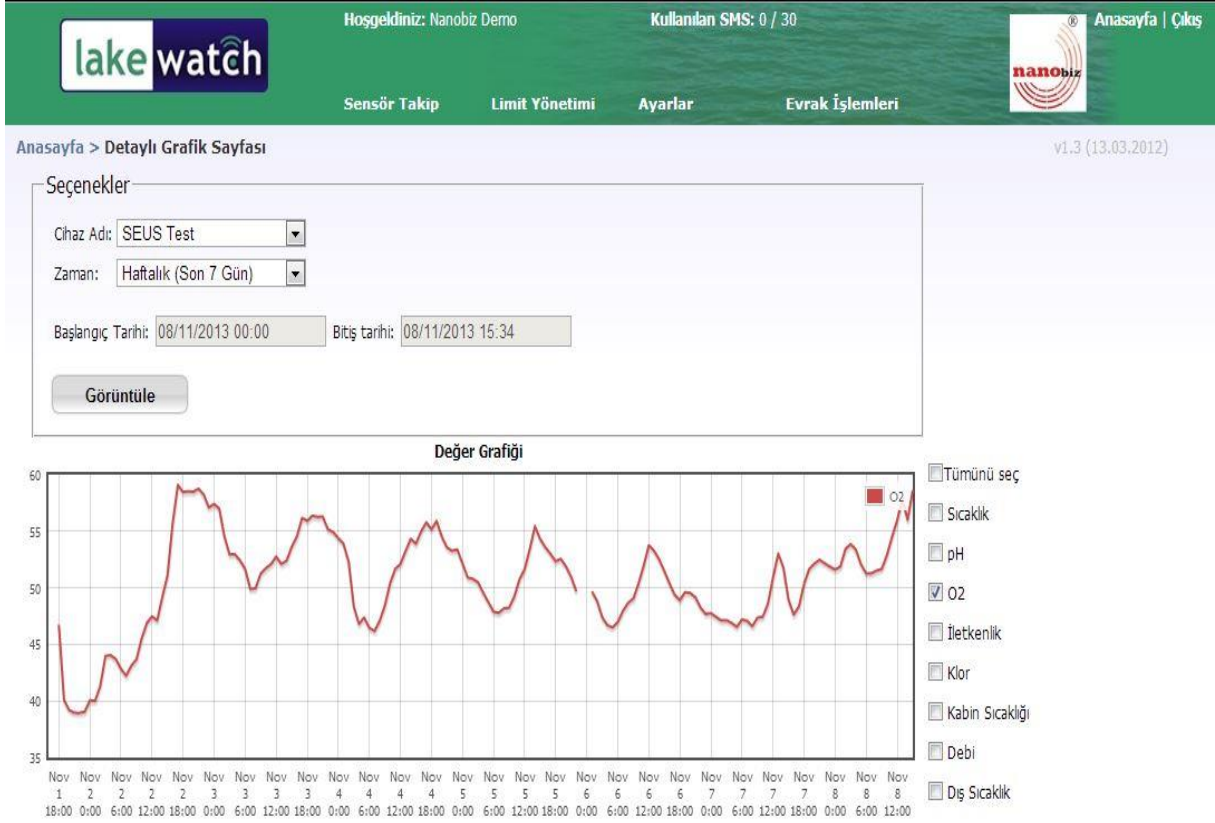
Şekil 3.10. 24 saatlik iletkenlik değerleri.



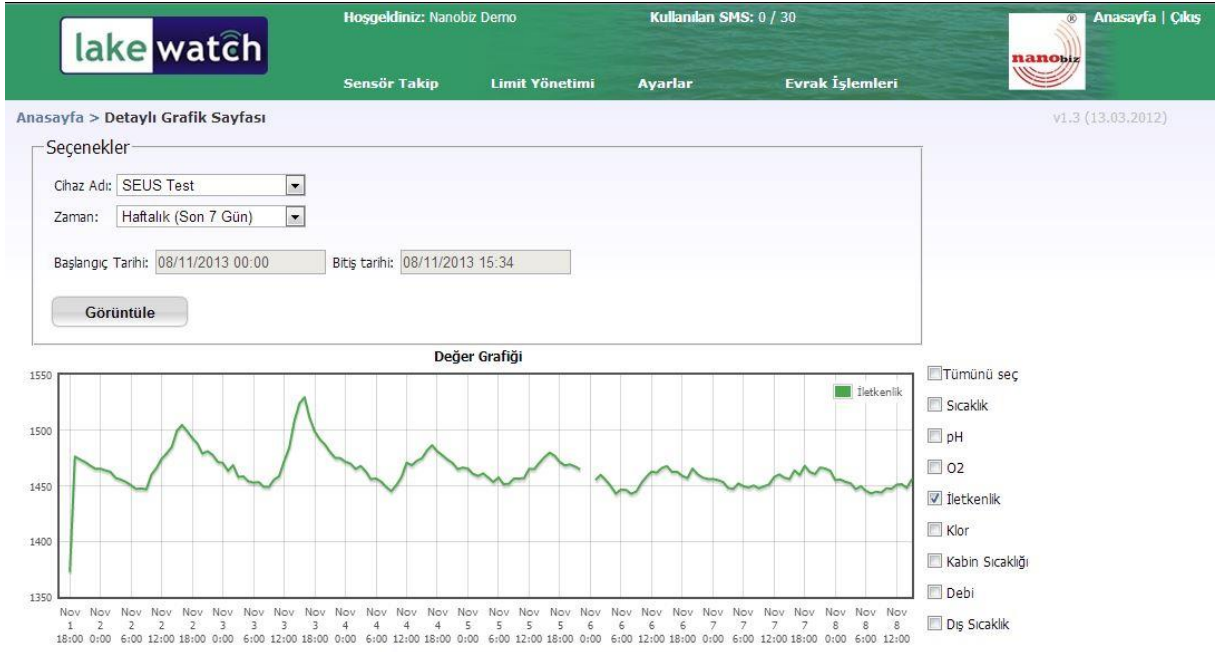
Şekil 3.11. 24 saatlik sıcaklık değerleri.



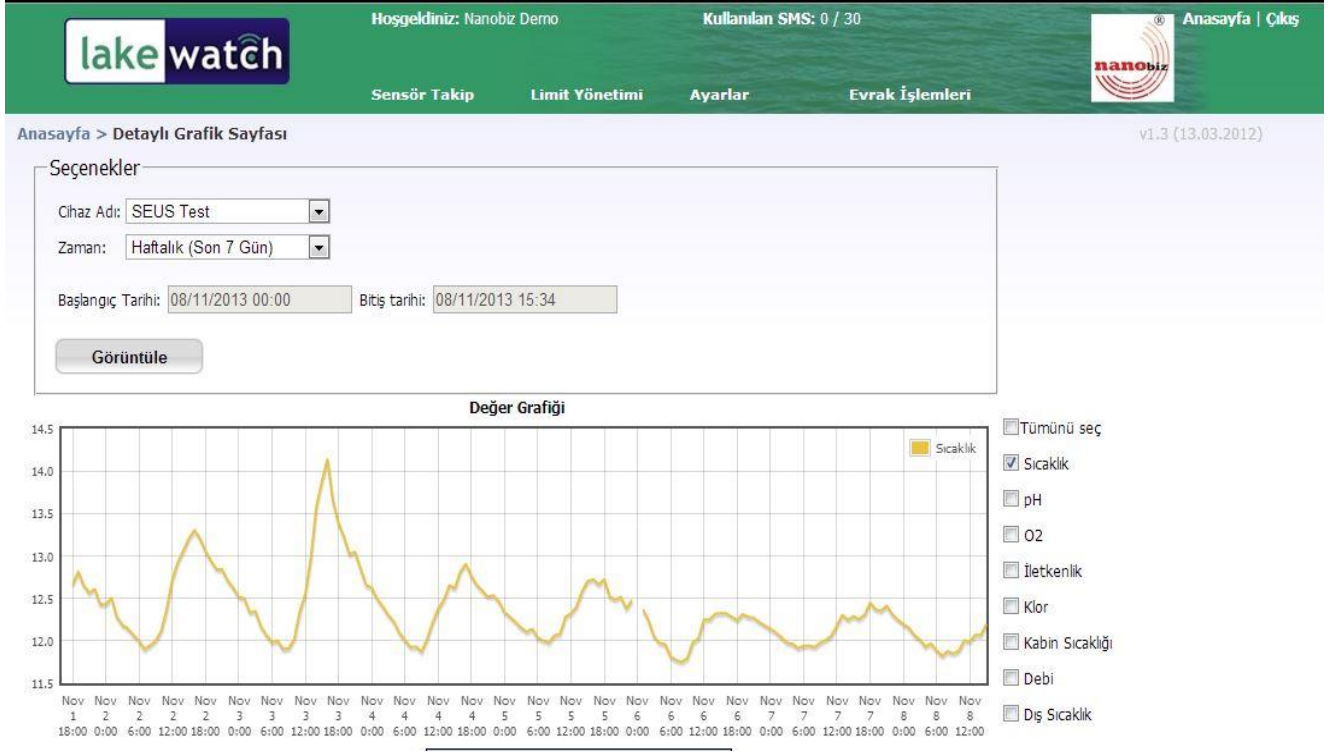
Şekil 3.12. 24 saatlik pH değerleri.



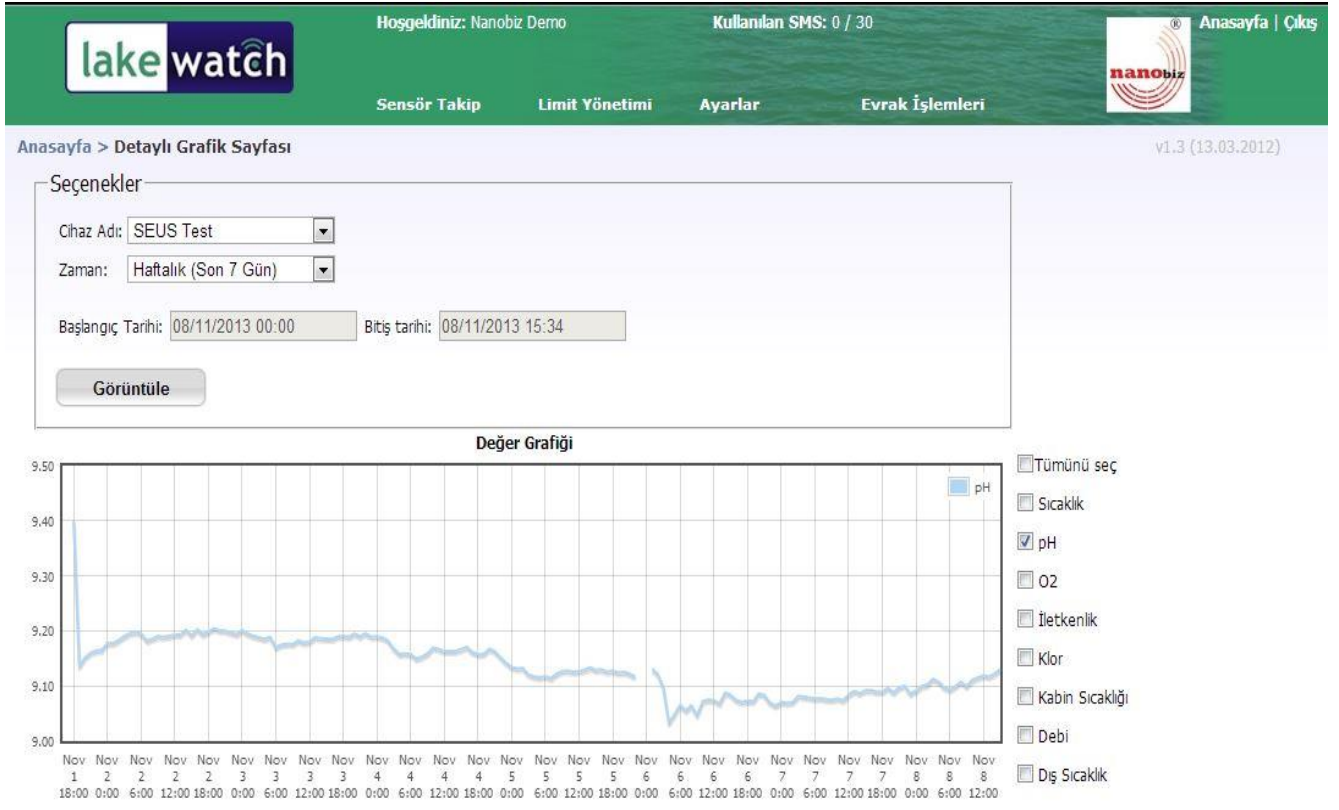
Şekil 3.13. 7 günlük çözülmüş oksijen değerleri.



Şekil 3.14. 7 günlük iletkenlik değerleri.

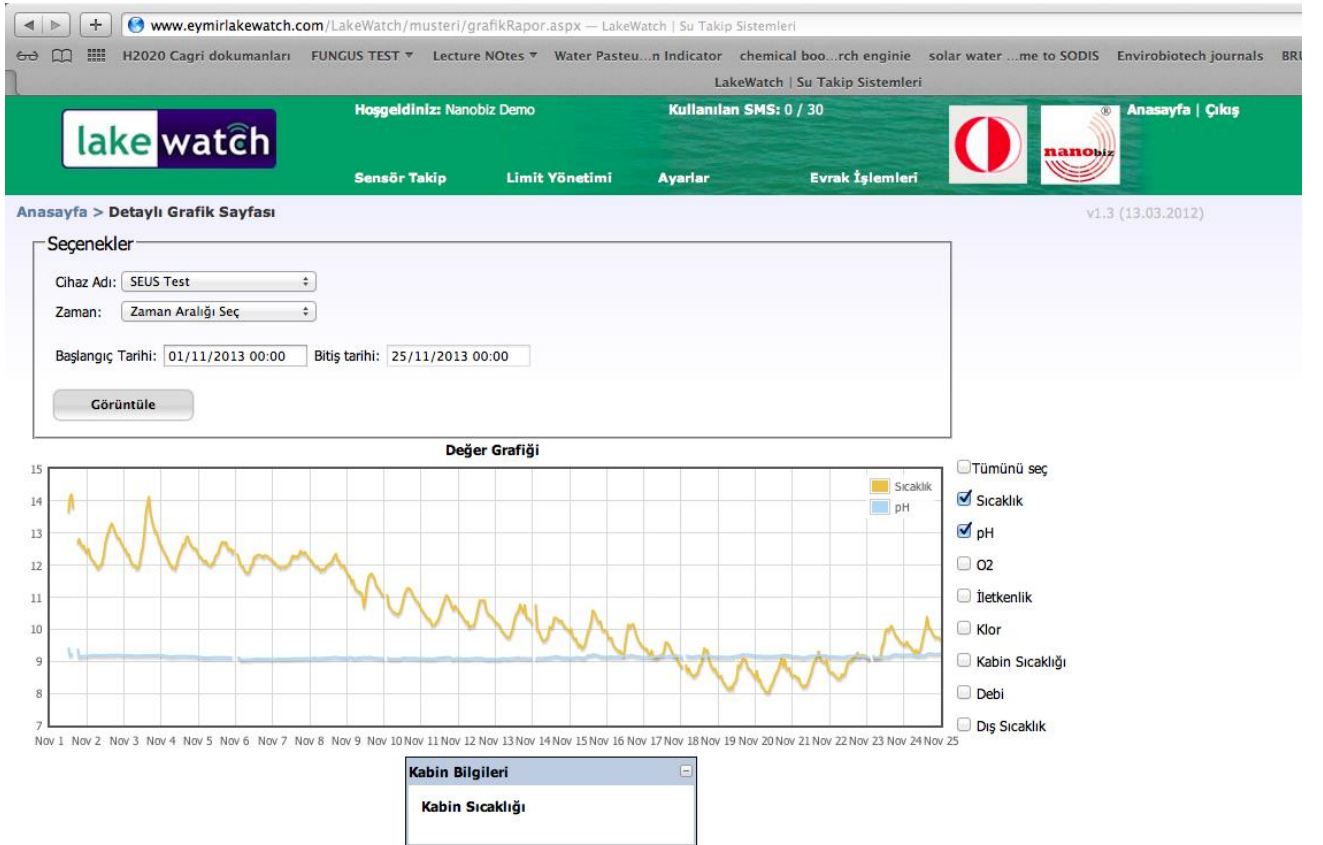


Şekil 3.15. 7 günlük sıcaklık değerleri.

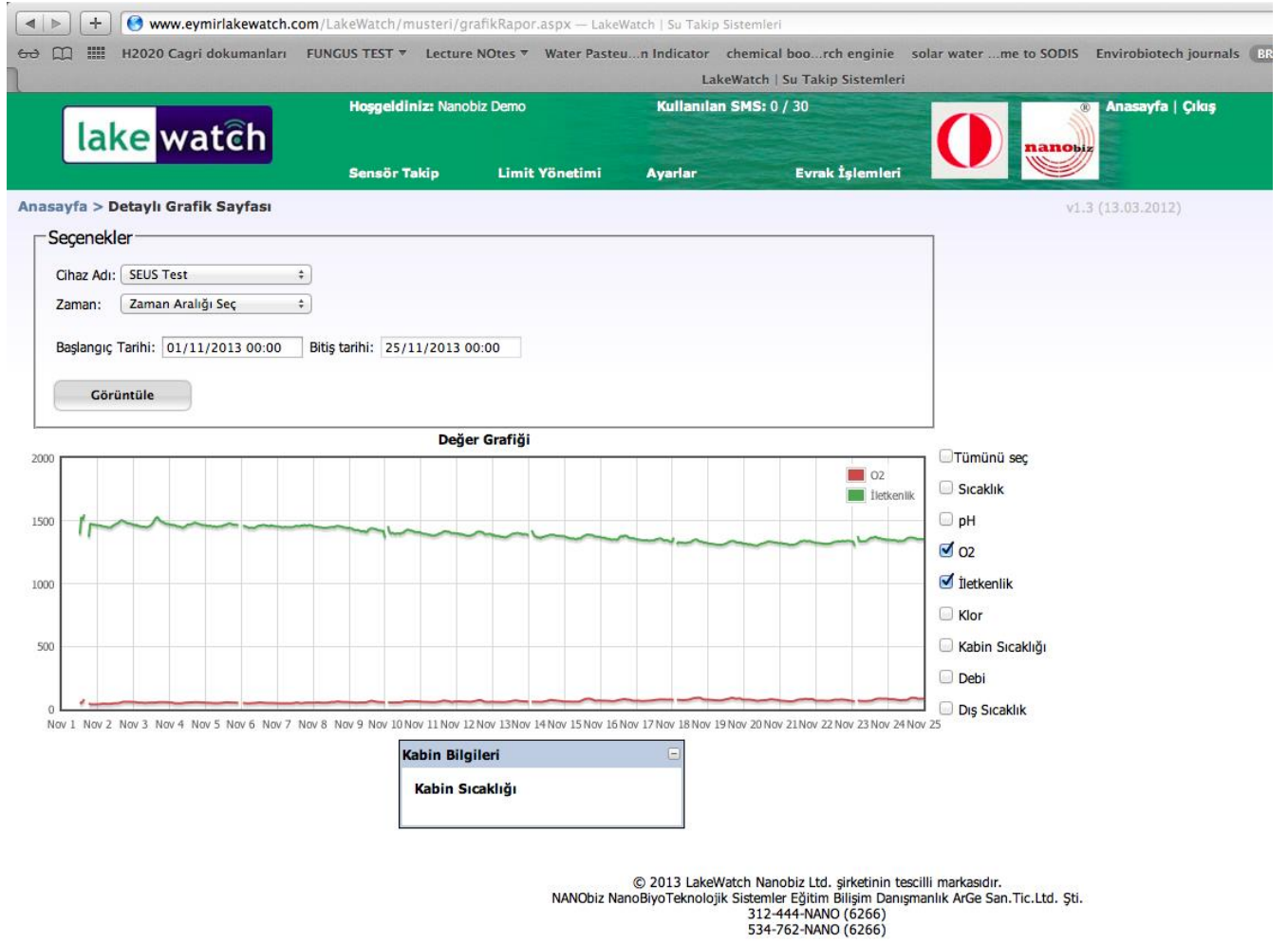


Şekil 3.16. 7 günlük pH değerleri.

NanoSEUS sistemi yukarıda belirtildiği şekilde 25 Kasım 2013 tarihine kadar çalıştırılarak toplanan veriler internet üzerinden merkezi sunucuya aktarılmıştır. Bir aylık ölçüleme sonuçları toplu olarak **Şekil 3.17** ve **Şekil 3.18**'de grafiksel olarak, **Tablo 3.3 - 3.6** da özet rapor excel tablosu olarak günün 3 dilimindeki ortalama sensör ölçümleri gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Ölçüleme yapılan süre boyunca elde edilen sıcaklık ve pH değerlerinin toplu gösterimi.



Şekil 3.18. Ölçümler yapılan süre boyunca elde edilen iletkenlik ve çözülmüş oksijen değerlerinin toplu gösterimi.

Tablo 3.3. Ölçümler yapılan süre boyunca elde edilen sıcaklık değerlerinin özet rapor gösterimi.

Tarih	Sensör	Sabah Değer	Öğle Değer	Akşam Değer
1.11.2013	Sıcaklık	---	13.65	12.66
2.11.2013	Sıcaklık	11.94	12.72	13.05
3.11.2013	Sıcaklık	11.90	12.55	13.39
4.11.2013	Sıcaklık	11.93	12.37	12.76
5.11.2013	Sıcaklık	11.97	12.32	12.72
6.11.2013	Sıcaklık	11.75	12.25	12.24
7.11.2013	Sıcaklık	11.92	12.18	12.44
8.11.2013	Sıcaklık	11.87	11.99	12.15
9.11.2013	Sıcaklık	11.14	10.96	11.58
10.11.2013	Sıcaklık	10.48	10.81	11.15

11.11.2013	Sıcaklık	10.12	10.42	10.94
12.11.2013	Sıcaklık	10.08	10.46	10.61
13.11.2013	Sıcaklık	9.74	10.22	10.53
14.11.2013	Sıcaklık	9.64	10.02	10.25
15.11.2013	Sıcaklık	9.40	9.94	10.27
16.11.2013	Sıcaklık	9.30	9.58	10.03
17.11.2013	Sıcaklık	9.09	9.18	9.32
18.11.2013	Sıcaklık	8.52	8.87	9.07
19.11.2013	Sıcaklık	8.20	8.48	9.03
20.11.2013	Sıcaklık	8.02	8.44	8.86
21.11.2013	Sıcaklık	8.25	8.61	9.08
22.11.2013	Sıcaklık	8.60	8.99	9.27
23.11.2013	Sıcaklık	9.12	9.92	9.88
24.11.2013	Sıcaklık	9.36	9.65	9.94
25.11.2013	Sıcaklık	9.35	9.70	9.62

Tablo 3.4. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen pH değerlerinin özet rapor gösterimi.

Tarih	Sensör	Sabah Değer	Öğle Değer	Akşam Değer
1.11.2013	pH	---	9.43	9.40
2.11.2013	pH	9.18	9.19	9.19
3.11.2013	pH	9.17	9.18	9.19
4.11.2013	pH	9.15	9.16	9.15
5.11.2013	pH	9.12	9.12	9.12
6.11.2013	pH	9.06	9.07	9.07
7.11.2013	pH	9.07	9.08	9.09
8.11.2013	pH	9.10	9.11	9.12
9.11.2013	pH	9.11	9.12	9.11
10.11.2013	pH	9.08	9.10	9.10
11.11.2013	pH	9.07	9.11	9.12
12.11.2013	pH	'9.091'	9.10	9.07
13.11.2013	pH	9.08	9.10	9.10
14.11.2013	pH	9.11	9.12	9.13
15.11.2013	pH	9.12	9.18	9.19
16.11.2013	pH	9.13	9.16	9.16
17.11.2013	pH	9.15	9.16	9.15
18.11.2013	pH	9.14	9.17	9.17
19.11.2013	pH	9.14	9.17	9.20
20.11.2013	pH	9.16	9.16	9.20
21.11.2013	pH	9.12	9.17	9.19
22.11.2013	pH	9.13	9.16	9.16
23.11.2013	pH	9.13	9.14	9.21
24.11.2013	pH	9.17	9.18	9.25
25.11.2013	pH	9.18	9.23	9.16

Tablo 3.5. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen çözülmüş oksijen değerlerinin özet rapor gösterimi.

Tarih	Sensör	Sabah Değer	Öğle Değer	Akşam Değer
1.11.2013	Cozunmus Oksijen	---	54.07	46.74
2.11.2013	Cozunmus Oksijen	43.11	47.46	58.47
3.11.2013	Cozunmus Oksijen	49.95	52.76	55.93
4.11.2013	Cozunmus Oksijen	47.09	52.09	55.17
5.11.2013	Cozunmus Oksijen	48.17	51.65	52.34
6.11.2013	Cozunmus Oksijen	48.66	53.76	48.89
7.11.2013	Cozunmus Oksijen	46.60	50.92	50.36
8.11.2013	Cozunmus Oksijen	51.51	55.99	59.60
9.11.2013	Cozunmus Oksijen	53.50	56.10	60.62
10.11.2013	Cozunmus Oksijen	54.16	57.42	64.92
11.11.2013	Cozunmus Oksijen	55.45	60.01	65.30
12.11.2013	Cozunmus Oksijen	58.52	64.83	61.94
13.11.2013	Cozunmus Oksijen	56.42	62.18	65.17
14.11.2013	Cozunmus Oksijen	57.77	65.19	69.28
15.11.2013	Cozunmus Oksijen	59.92	72.00	79.89
16.11.2013	Cozunmus Oksijen	64.16	71.78	76.37
17.11.2013	Cozunmus Oksijen	67.77	72.59	77.00
18.11.2013	Cozunmus Oksijen	72.16	78.82	91.44
19.11.2013	Cozunmus Oksijen	79.41	84.94	67.64
20.11.2013	Cozunmus Oksijen	70.10	79.49	62.94
21.11.2013	Cozunmus Oksijen	75.44	81.64	66.55
22.11.2013	Cozunmus Oksijen	74.52	76.59	64.98
23.11.2013	Cozunmus Oksijen	66.97	85.04	71.51
24.11.2013	Cozunmus Oksijen	73.15	89.81	69.48
25.11.2013	Cozunmus Oksijen	78.88	60.50	"

Tablo 3.6. Ölçümleme yapılan süre boyunca elde edilen iletkenlik değerlerinin özet rapor gösterimi.

Tarih	Sensör	Sabah Değer	Öğle Değer	Akşam Değer
1.11.2013	İletkenlik	---	1393.84	1372.35
2.11.2013	İletkenlik	1447.57	1474.50	1493.05
3.11.2013	İletkenlik	1449.17	1472.19	1499.02
4.11.2013	İletkenlik	1449.05	1470.85	1481.11
5.11.2013	İletkenlik	1451.84	1465.28	1471.61
6.11.2013	İletkenlik	1442.80	1462.81	1459.00
7.11.2013	İletkenlik	1450.31	1457.87	1468.05
8.11.2013	İletkenlik	1444.72	1451.08	1454.92
9.11.2013	İletkenlik	1416.32	1412.44	1435.00
10.11.2013	İletkenlik	1401.47	1403.68	1421.46
11.11.2013	İletkenlik	1384.61	1397.48	1413.26

12.11.2013	iletkenlik	1381.52	1396.39	1400.85
13.11.2013	iletkenlik	1368.84	1389.14	1397.63
14.11.2013	iletkenlik	1361.81	1379.41	1382.35
15.11.2013	iletkenlik	1353.01	1373.94	1387.22
16.11.2013	iletkenlik	1349.87	1356.66	1376.84
17.11.2013	iletkenlik	1342.52	1343.45	1346.13
18.11.2013	iletkenlik	1323.76	1328.25	1337.84
19.11.2013	iletkenlik	1318.98	1334.87	1303.18
20.11.2013	iletkenlik	1319.38	1332.90	1310.81
21.11.2013	iletkenlik	1323.90	1335.76	1316.87
22.11.2013	iletkenlik	1330.62	1342.28	1337.02
23.11.2013	iletkenlik	1359.79	1360.87	1341.50
24.11.2013	iletkenlik	1352.00	1363.97	1339.48
25.11.2013	iletkenlik	1353.87	1352.72	"

Elde edilen bu veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde sistemin çalıştığı dönemde programlanan döngülerde örnekleme ve ölçüm yapabildiği, ölçüm sonuçlarının kararlı olduğu ve zaman içerisinde kaymadığı gözlenmektedir.

Ancak, sistemin konuşlandırıldığı kayıkhanе binasında ısıtma sistemi bulunmadığından, 25 Kasım tarihten sonra hava sıcaklığının sıfırın altında değerlere düşmesi ve oluşacak don ve buzlanmanın sistem ve problemler üzerinde oluşturacağı olumsuz etkilerin önlenmesi amacıyla sistem demonte edilerek korumaya alınmıştır. Hava sıcaklığındaki artışla beraber bahar aylarında sistemin tekrar devreye alınarak ölçümleme işlemlerine devam edilecektir.

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kurulan gerçek zamanlı erken uyarı sistemi olan Nanoseus ile ülkemizdeki göllerin uzun süreli veri bankası eksikliğini giderebilecek bir prototipin diğer izleme sistemlerine göre daha az maliyetli olarak yerine getirilmesi sağlanmıştır. Sistem kullanılarak elde edilecek uzun süreli veriler göllerin mevsimsel ve yıllık değişimlerini ortaya koymakta daha başarılı olacaktır. Bu sayede ileride yapılacak olan çalışmalara daha kapsamlı veri sağlanabilecektir.

Sistemin ölçüm yapma sırasında karşılaşılabilecek sorunların başında gelen elektrik kesintisi yaşandığında yapılamayan ölçümler, bunlar bulgular kısmında da görülebildiği gibi grafikteki bazı eksik bölümler, sistemin sağladığı gerçek zamanlı veri depolaması sayesinde nasıl bir eğilim izleyeceği öngörülebilmektedir. Bu ölçümler ve sistemin durumu internet üzerinde de gerçek zamanlı olarak takip edilebildiği için yaşanan arıza ve benzeri veri alınamayan durumlara müdahalenin en kısa zamanda yapılabilmesi sağlanmıştır.

Sistemin kurulumundan sonra yapmış olduğu ölçümler sayesinde, sistem içerisinde bulunan erken uyarı sistemi için göl suyuna ait limit değerler belirlenecektir. Prototipin esas amaçlarından biri olan erken uyarı sistemi bu sayede daha kapsamlı ve uç olayları belirtmede daha duyarlı olacaktır.

Sonuç olarak, projemiz kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda:

- gölden istenilen zaman aralıklarında otomatik olarak su örnekleme yapabilen
- örneklenen suyun pH, iletkenlik, oksijen ve sıcaklık ölçümlerini yapabilen
- ölçümü yapılan verileri gerçek zamanlı olarak internet üzerinden merkezi sunuculara aktarabilen
- ölçümlenen değerleri veri tabanlarında saklayabilen,
- ölçümlenen verilere WEB sitesi üzerinden gerçek zamanlı erişim imkânı sağlayan
- belirlenecek limit değerler dışına çıktığında erken uyarı mesajı oluşturabilen

bir sistemin çalışır prototipi geliştirilmiş ve Eymir Gölü için WEB üzerinden erişim sağlanabilen (www.eymirlakewatch.com) gerçek zamanlı bir izleme sistemi oluşturularak devreye alınmıştır. Böylece sonuç olarak proje önerimizde belirtilen temel başarı ölçütü olan, sistemin kurulması, işletmeye alınması, WEB sitesinin oluşturulması ve siteye internet üzerinden erişimin sağlanarak verilerin incelenebilmesi hedeflerinin tümüne ulaşılmıştır.

5. ÖNERİLER

- Gerçek zamanlı izleme sistemlerinin daha geniş alanlarda kullanılması su kalitesi parametrelerinin takibi için gerekli olan kaynak ihtiyaçlarını en aza indirecektir.
- Gerçek zamanlı izleme sisteminin geniş çapta kullanılması sayesinde uzun süreli verileri bulunmayan göller hakkında daha kolay öngörüler ve uç olayları anlamak mümkün olabilecektir.
- Ülkemizin içerisinde bulunan göllerde enlem farkı olacak şekilde gerçek zamanlı izleme sistemi kullanılması küresel iklim değişikliğinin göllerde meydana getirdiği değişiklikleri anlamada “zaman yerine mekân yaklaşımı” açısından da yardımcı olacaktır.
- Göllerden elde edilen gerçek zamanlı veriler internet üzerinden depolanmalıdır, bu sayede internet üzerinden veri saklanması, gerekli olan durumlarda ihtiyaç duyulan verilere ulaşımı kolaylaştıracaktır.
- Gerçek zamanlı göl izleme sistemlerinin yaygınlaşması ülkemizde yapılan akademik ve su kalitesinin izlenmesi amaçlı yapılacak birçok çalışmalara veri ve kaynak sağlayacaktır.
- Prototipin içerisindeki sensörlerin artırılması, sistem üzerinden ölçülen su kalitesi parametrelerinin birbirleri ile daha iyi ilişki kurulmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

BEKLİOĞLU M., Meerhoff M., Søndergaard M., Jeppesen E., Eutrophication and restoration of shallow lakes from a cold temperature to a warm Mediterranean and (sub)Tropical Climate. In: Ansari AA, Sarvajeet Singh G, Lanza GR, Rast W, Eds. Eutrophication: causes, consequences and control, Springer. p. 91-108. (2011).

COOPS H., Beklioglu, M., Crisman T. L., The role of water-level fluctuations in shallow lake ecosystems, Workshop conclusions, Hydrobiologia 506, 23–27, (2003).

DUGAN P., Wetland Conservation: a Review of Current Issues and Required Action, IUCN, Gland, Switzerland, (1994).

GEIST J., Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation, .Review, (2011).

GEORGE G., Hurley M., Hewitt D., The impact of climate change on the physical characteristics of the larger lakes in the English Lake District, Freshwater Biology, 52, 9, 1647–1666, (2007).

HORSBURGH J. S., Spackman Jones A., Stevens D. K., Tarboton D. G., Mesner N. O., A sensor network for high frequency estimation of water quality constituent fluxes using surrogates, Environmental Modelling & Software, 25, 9, 1031–1044, (2010).

IPCC Climate change 2001, The scientific basis. In: Houghton, Ding, Griggs, Noguer, Van der Linden, Dai, (2001).

IPCC Climate change 2007, Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fourth assessment report, (2007).

JEPPESEN E., Meerhoff M., Holmgren K., González-Bergonzoni I., Teixeira-de Mello F., DeClerk S.A.J., De Meester L., Søndergaard M., Lauridsen T.L., Bjerring R., Impacts of climate warming on lake fish community structure and potential effects on ecosystem function, Hydrobiologia, 646, 73–90, (2010).

LAVEE H., Imeson A. C., Sarah P., The impact of climate change on geomorphology and desertification along a mediterranean-arid transect, Land Degradation & Development, 9, 5, 407–422, (1998).

MOSS B., Ecology of Freshwaters: Man and Medium, Past to Future, 3rd ed., Blackwell Science, Oxford, (1998).

MOSS B., Barker T., Stephen D., Williams A.E., Balayla D., Beklioglu M., Carvalho L., Consequences of reduced nutrient loading on a lake system in a lowland catchment: deviations from the norm?, *Freshwater Biology*, 50, (2005).

POSTEL S., Richter B., *Rivers for Life Managing Water For People And Nature*, Island Press, (2003). Pp:220.

SCHEFFER M., HOSPER S.H., MEIJER M.L., MOSS B., JEPPESEN E., Alternative equilibria in shallow lakes, *T.R.E.E.*, 8, 275-279, (1993).

SHAPIRO J., Introductory lecture at the international symposium 'Phosphorus in freshwater ecosystems, Uppsala, Sweden, October 1985. *Hydrobiologia*, 179, 9-17, (1988).

STAEHR P. A., BADE D., KOCH G. R., WILLIAMSON C., HANSON P., COLE J. J., KRATZ T., Lake metabolism and the diel oxygen technique : State of the science, *Limnology and Oceanography: Methods*, 628–644, (2010).

WETZEL R.G., Freshwater ecology, changes, requirements, and future demands, *Limnology*, 1, 3–9, (2000).

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 112Y387
Proje Başlığı: Eymir Gölü için Gerçek Zamanlı Göl İzleme ve Erken Uyarı Sistemi Prototipinin Geliştirilmesi
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Prof. Dr. Meryem BEKLİOĞLU YERLİ (Yürütücü)
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:1 06800 Çankaya / Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:1 06800 Çankaya / Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15.03.2013 - 15.09.2013
Öz (en çok 70 kelime) Göllerde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikleri gerçek zamanlı olarak takip edebilen; bu değişkenlerden sıcaklık, çözülmüş oksijen, iletkenlik ve pH değerlerini örnekleyip analiz yapabilen; bu değişkenler yardımıyla gölde meydana gelen uç olayların belirlenmesini ve erken uyarı sistemiyle önceden önlem alınmasını sağlayan; internet ağı üzerinden merkezi sunucuya verileri ileten ve veri tabanında saklayan; internet sitesi üzerinden de verileri gerçek zamanlı ve eskiye dönük olarak takip edebilen bir prototipin kurulması amaçlanmıştır.
Anahtar Kelimeler: Otomatik su izleme, uç olaylar, fiziksel değişkenler
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/>
Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.
Projeden Yapılan Yayınlar: Projeden yapılan yayın bulunmamaktadır.