

International Eurasian Congress on
**‘Natural Nutrition and
Healthy Life’ 2018**

12-15 July, Ankara, Turkey

PROCEEDINGS BOOK

‘Road to Conscious Healthy Life’

Editors

Prof.Dr. Mehmet R. Karaman

Prof.Dr. Nevzat Artık

Prof.Dr. Nevin Şanher

Ankara, 2018

Göllerdeki Kimyasal ve Biyolojik Kirlenmenin Biyoremediation Tekniği İle Temizlenmesi: Gölcük Örneği

Metin Turan*, Mehmet Rüştü Karaman, Aydın Adiloğlu,
Adem Güneş, Mümin Dizman, Şerif Hızlı, Nurettin Taş,
Seda Erdoğan, Elif Sakallı

*Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik
Bölümü, İstanbul, Türkiye, e-posta: m_turan25@hotmail.com

Özet: Yüzeysel sular içinde kirlenmeye karşı en hassas olan ortam göllerdir. Göle giren kirleticiler arasında; ağır metaller, güç parçalanabilen pestisidler, anaerobik ortam yaratan mikroorganizmalar, oksijeni tüketen su bitkileri veya algler sayılabilir. Özellikle algler ve su bitkileri, dibe ulaşan ışık miktarını azaltarak bulanıklığa yol açarlar. Organik yükün çok artması ve dibe çökmesi bataklık oluşumuna neden olarak, bünyesindeki canlıların veya çevresel kirliliğin artmasına neden olur. Bu çalışmada, gölcük gölünden alınan su örnekleri üzerinde mevcut durum tespit edilerek laboratuvar ortamında mevcut suyun giderimi için stabilizasyon çalışmaları yapılmıştır. Alınan göl suyunda *Achromobacter denitrificans*, *Aerobacter aerogenes*, *Flavobacterium breve*, *Klebsiella oxytoca*, *Sarcina lutea*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *E.coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter avium*, *Pantoea agglomerans*, *Saprolegnia parasitica*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, türler belirlenirken, kıyıya yakın olan alanlarda *Potamogeton* spp *crispus* bitkisi tespit edilmiştir. Başlangıçta gölün fiziki koşulları belirlenerek, metreküpteki ortalama biyolojik yük olarak toplam aerobik yük ortalama $3,5 \times 10^8$ cfu/ml, toplam küf yükü ortalama $2,7 \times 10^4$ cfu/ml, toplam maya ortalama $3,4 \times 10^{80}$ cfu/ml, toplam anerobik yük ortalama $3,5 \times 10^6$ cfu/ml olarak belirlenirken BOD 246 mg/l olarak belirlenmiştir. Probiotiklerin enzimatik ve saprofitik etkileri, göl suyundaki kirlilik üzerinde kullanılarak etkileri gözlenmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen kriterlere göre 77.000 m² ve ortalama 15 metre kısımda 1.155.000 lt su mevcut olup, bunun giderimi için, 255 ton aktif su ve 15 ton probiyotik mikro organizma gerektiği, göllerdeki kimyasal ve biyolojik kirlenmenin biyoremediation tekniği ile güvenle temizlenebileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Gölcük, biyoremediation, biyolojik kirlenme, probiyotik

1. Giriş

Yüzeysel sular içinde kirlenmeye karşı en hassas olan ortam göllerdir. Özellikle göllerin dışı akışı olmadığı için gerek akarsular gerekse yüzey akışıyla gelen her türlü çözülmüş ve askıda maddeler havzasından toplanarak birikir. Göle giren kirleticiler arasında; ağır metaller, güç parçalanabilen pestisidler,

anaerobik ortam yaratan mikroorganizmalar (Lirika ve ark. 2013), oksijeni tüketen su bitkileri veya algler sayılabilir (Akay, 2011). Özellikle algler ve su bitkileri, dibe ulaşan ışık miktarını azaltarak bulanıklığa yol açarlar. Kolay parçalanabilen organik maddeler, gölün kendi kendini temizleme kapasitesi ile zararsız hale getirilirler. Ancak organik de olsa, doğal artuma kapasitesinin üzerine çıkan yük oksijen saturasyonunu düşürerek kirliliğe yol açar. Organik yükün çok artması ve dibe çökmesi bataklık oluşumuna neden olarak, bünyesindeki canlıların veya çevresel kirliliğin artmasına neden olur.

Kirliticilerin göller üzerindeki etkileri akarsulardan daha farklıdır (Kelly, 1995). Burada göl sistemindeki ısı ve ışık dağılımı ve bunun kirlenme ile ilişkisi akarsu sisteminden daha büyüktür. Işık en önemli fotosentez kaynağı olduğundan, bunun göldeki etki derinliği önemlidir. Işığın su tabakalarına girişi logaritmik olarak azalmaktadır. Sıcaklığın göl suyu içindeki dağılımı mevsimlere bağlıdır. Sıcak mevsimlerde üst katman alta oranla daha fazla ısınır. Suda ısının iyi iletilmemesinden kaynaklanan ısısal tabakalaşma ortaya çıkar. Bu katmanlarda sıcaklık ve fotosentez nitelikleri farklı olduğundan, kimyasal özellikleri ve canlı popülasyonu farklılık gösterir. Isısal tabakalaşma nedeniyle suyun sirkülasyonu yalnızca üst katmanda olduğundan, biyolojik ve kimyasal reaksiyonların büyük kısmı üst katmanda gerçekleşir. Çökelebilen maddeler alt katmana doğru hareket ederler. Hava soğudukça, üst katmandaki su kütlesi de soğumaya başlar ve bu nedenle gölün içinde bir sirkülasyon oluşur.

Akarsular organik ve anorganik yapıdaki azot ve fosfor bileşiklerini göllere taşırlar. Göllerin, buldukları coğrafyaya göre ve kendilerine özgü kimyasal yapısı oluşur (Nikanorov ve Brazhnikova, 2010). Mikroskopik boyuttaki yüzücü algler sularındaki C, P, N'u kullanarak ve göl suyuna giren güneş ışığının şiddetine bağlı olarak fotosentez yaparlar. Kirlenmemiş bir gölde N, P, C gibi besin maddeleri girdisi sınırlı olduğundan alg gelişimi de sınırlıdır. Besin maddesi girdisi artışı gölde ötrofikasyon sorunu oluşturur (Karaman ve ark., 2012). Bu sorun su kaynağının kullanım potansiyelini azaltır. Göl sularında doğal dengeye bağlı olarak bulunan besin maddeleri göl suyu kalitesini oluşturur (Lirika ve ark. 2013). Şayet bir kirlenme durumunda besin tuzlarının anormal artışı varsa, bu göl suyunun kimyasal kalitesini etkilerken, bir yandan da fitoplankton gelişimini hızlandırarak sudaki biyolojik dengeyi bozar. Bu nedenle göl sularında yoğun alg gelişimi beslenme kademesinin bir ölçüsüdür. Özellikle alg türleri ve türlerdeki birey sayıları suyun trofik düzeyinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak göllerdeki kirlilik (Nikanorov ve Brazhnikova, 2010) için fiziksel çalışmalar yetersiz olmaktadır. Tespit edilen kirlilik şekline ve düzeyine göre, temizleme yoluna gidilmelidir. Ancak temizliğin sadece kimyasal veya sadece biyolojik olması dengeyi tek yönlü bozacağından birleşik olarak yapılmalıdır. Öncelikle dipteki oksijen saturasyonunun artırılması ve dolayısıyla BOD veya COD değerlerinin düşürülmesi gerekir. BOD, değeri parçalanabilen organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından daha dayanıklı olan ürünlere kadar parçalanmasını gösterir (Yaman, 2005). Bunun yanında saprofit mikroorganizmalar kullanılarak, organik madde miktarı da azaltılabilir. Örneğin yüzey gerilimi artırılmış aktif kullanımı, bulanıklığa neden olan mikroorganizma ve mikro alglerin azalmasını sağlarken, ışığın diptere erişmesine de yardım eder.

Göl suyundaki besin maddesi derişimi, göle giren besin maddesi yükü ve göldeki besin elementleri düzeyi ile ilişkilidir. Göl sularındaki P'un 0.02 mg/l ve N'un 0.3 mg/l düzeyinin altında olması gölde olumsuz bir biyolojik gelişmeyi engeller. Bununla beraber azot ve fosfor yükleri göl derinliği ile yakından ilgilidir. Alg'in ortalama kimyasal bileşimi C106 H263 O110 N16 P1 olduğundan sınırlayıcı besin maddeleri N ve özellikle P'dir. Alg'in C/N/P oranı 106/16/1 olduğundan bu elementlerden birinin yetersiz olması alg gelişimini önleyici etki yapar.

Bu araştırmada, gölcük gölünden alınan su örnekleri üzerinde mevcut durum tespit edilerek laboratuvar ortamında mevcut suyun giderimi için stabilizasyon çalışmaları yapılmıştır. Gölden yapılan örnekleme sonucunda 77 da veya 77.000 m² alana sahip olan gölde özellikle güneş alan ve kıyıya yakın olan alanlarda *Potamogeton* spp *crispus* bitkisi oluşmaya başlamış ve gölün 1/3 lük dilimini sarmıştır. Söz konusu bitki somatik olarak üreyebilen ve BOD ve COD ihtiyacının artmasına neden olan ve süratli çoğalma özelliğine sahip bitki özelliğindedir. Çalışmanın temel amaçları; Gölün fiziksel koşullarının belirlenmesi, Gölün kimyasal yapısının belirlenmesi, Gölün mikrobiyal-biyolojik yapısının belirlenmesi, Göldeki kirlilik tipinin belirlenmesi, Fiziksel arındırma yapılması, Kimyasal arındırma yapılması, Biyolojik arındırma yapılması, Kirlilik tipine göre, biyolojik çalışmanın laboratuvarında ön çalışma ve stabilizasyon çalışmalarının tamamlanmasını içerir. Çalışma sonuçlarının olumlu görülmesi durumunda sahada uygulama için ek bütçe ve uygulama çalışmaları yapılacaktır.

2. Materyal ve Metod

Projede yapılan çalışmalar 5 temel başlıkta gerçekleştirilmiştir. Bunlar; Gölet veya göllere ait mikrofloranın tayin edilmesi ve biyolojik yük içindeki oranlarının belirlenmesi, fiziksel ve kimyasal kirliliğin belirlenmesi, bitkisel florasının belirlenmesi ve biyoyararlılığının araştırılması, fiziksel ve kimyasal temizlik için uygulama stratejileri oluşturulması, biyoçeşitliliğin korunması amacıyla, floraya eklenecek mikroorganizmaların ve ortama ait mikroflora uyumluluğunun araştırılması. Laboratuvar ortamında oluşturulan koşullar altında göl suyundaki mikrofloranın belirlenmesi ve takibi ile ilgili bilimsel deneyler yapılmıştır. Gölün farklı bölgelerinden, 4 su numunesi alınmış, doğru sayıya ulaşmak için tüm çalışmalar 10 tekrürlü yapılmıştır. Uygulama olarak farklı konsantrasyonlarda 0, 1/10000, 1/1000, 1/100, 1/10 oranlarında uygulamalar yapılmış ve en etkin doz olarak 1/1000 oranında en etkin doz olarak belirlendi ve bu uygulamaya bağlı olarak göl suyunun fiziksel ve kimyasal analizleri tamamlandı. Aktif su uygulamasını takiben 20 gün sonra *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus fermentum*, *Saccharomyces uvarum* bakteri formülasyonundan 1X10⁹ cfu /ml uygulanmış ve 60 gün sonunda analiz ölçümleri yapılmıştır.

Gölün çeşitli bölgelerinden derinlik göz önünde bulundurularak göl suyu numuneleri alınmıştır. Yüze ve dip olmak üzere, su dışında alg ve su bitkisi numuneleri de alınmıştır. Doğru sayıya ulaşmak için tüm çalışmalar 10 tekrürlü planlanmış ve besiyeri, hem sayım hem de izolasyon yapılacak şekilde hazırlanarak ve genel standart besiyeri kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan besiyerleri, psikrofil, termofil, asidofil, mezofil, halofil, anaerobik üremeyi destekleyecek şekil ve türde hazırlanmış, bu besiyerleri, TSA, TSC, DRCM,

PDA, SDA ve türevleridir. Çalışmalarda hem membran filtrasyon tekniği hem de sürme yöntemi kullanılmıştır. Toplam aerobik mezofilik canlı sayısı için, anaerobik canlı sayısı, küf ve maya sayısı belirlenecektir. Mevcut mikroorganizmalar, izole edildikten sonra azaltılmış ve tanımlama için zenginleşmiştir. Elde edilen türler, çeşitli özellikte boyalarla boyanarak görüntülenmiş ve biyokimyasal olarak tanımlanmıştır. Bazı türlere floresan boyama yapılarak floresan mikroskopta görüntülenmiştir. Üreyen kloniler, TSA, NA, Kan Agar gibi genel besiyerleri kullanılarak, aerobik ve anaerobik ortamlarda, 22, 30, 35, 40 derecelerde inkübe edilmiş, üreyen koloniler tekniğine uygun olarak görüntüledikten sonra, gram boyama yapılarak karakterizasyonu tespit edilmiştir. Küflerin tanımlanması için, floresan, tek renk, karanlık saha ve giemsa boyama yapılmıştır. Bitkilerden ise histolojik yapıyı görüntülemek için histolojik kesitler alınmış ve floresan boyama için cyb green ve AO kullanılmıştır.

Biyokimyasal tanımlama için için Vitek2 Compact sistemi kullanılmıştır. Bu sisteme ait GN ve GP tanımlama çalışması için 0,55 McF, *Bacillus spp* ve maya türlerinin tanımlanması için 1,95 McF, anaerobik tanımlama için 3 McF mikroorganizma izolatu hazırlanmıştır. İzolatlar sisteme yüklenerek, sonuçlar alınarak, Vitek2 Compact sistemi dışında, indol, koagülaz ve katalaz testleri manuel olarak da yapılmıştır. Bu çalışmada, Merck coagulase, Merck catalase, Merck indol kullanılmıştır. Deneme alanında yapılan ön çalışmalarda belirlenen türler çalışma alanı hakkında genel bilgi vermesi açısından aşağıda sunulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Proje kapsamında, gölcük gölünden alınan su örnekleri üzerinde mevcut durum tespit edilerek laboratuvar ortamında mevcut suyun giderimi için stabilizasyon çalışmaları yapılmıştır. Alınan göl suyunda *Achromobacter denitrificans*, *Aerobacter aerogenes*, *Flavobacterium breve*, *Klebsiella oxytoca*, *Sarcina lutea*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus saprophyticus*, *E.coli*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter avium*, *Pantoea agglomerans*, *Saprolegnia parasitica*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, türler belirlenirken, kıyıya yakın olan alanlarda *Potamogeton spp crispus* bitkisi tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda başlangıçta belirlenen toplam aerobik yük, toplam küf, maya ve toplam anaerobik yük sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Toplam maya, küf, aerobik ve anaerobik yük miktarı

Analiz Sonuçları	Başlangıç	Uygulama sonrası
Toplam Aerobik Yük Ort.	3,5X10 ⁸ cfu/ml	1x10 ³
Toplam Küf Yük Ort.	2,7X10 ⁴ cfu/ml	10
Toplam Maya Yük Ort.	3,4X10 ⁹ cfu/ml	10
Toplam Anaerobik Yük Ort.	3,8X10 ⁶ cfu/ml	10

Uygulama sonrası fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmış analiz sonucunda göl suyu kriterlerine göre uygun hale getirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Uygulama öncesi ve sonrasında suda meydana gelen değişimler

Parametreler	Başlangıç	Uygulama sonrası
pH	8.9	6,3
Çözünmüş oksijen (mgO ₂ /L)	0.18	10
Oksijen doygunluğu %	%38	93
Klor (mg Cl/L)	395	12
Sülfat (mgSO ₄ /L)	310	37
Amonyum (mg NH ₄ -N/L)	2.2	0,2
Nitrat N(mg NO ₃ -N/L)	86 ppm	2
Toplam Fosfor, (mg P/L)	1.2 ppm	0,01
Toplam Çözünmüş madde (mg /L)	4260	350
Na ppm	296	85
KOİ (KOİ mg /L)	83.6	18
BOİ (BOİ mg /L)	28.3	3
Toplam organik karbon ppm	11.2	2,8
Toplam azot ppm	5.65	0,5
Cd ppb	7	1.1
Pb ppb	52	14
As ppb	29	0,5
Cu ppb	350	25
Cr ppb	56	17
Co ppb	265	2
Ni ppb	198	1
Zn ppb	3760	55
S ppb	19	2
Fe ppb	5960	47
Mn ppb	3900	32
B ppb	598	1.2
Se ppb	23	3
Al ppm	0.5	0,1
Fekal Koliform CFU /100 ml	4200	100
Toplam Koliform CFU /100 ml	19000	1000

Başlangıçta gölün fiziki koşulları belirlenerek, metreküpteki ortalama biyolojik yük olarak toplam aerobik yük ortalama $3,5 \times 10^8$ cfu/ml, toplam küf yükü ortalama $2,7 \times 10^4$ cfu/ml, toplam maya ortalama $3,4 \times 10^{80}$ cfu/ml, toplam anerobik yük ortalama $3,5 \times 10^6$ cfu/ml olarak belirlenirken BOD 246 mg/lt olarak belirlenmiştir. pH, Çözünmüş oksijen, Cl, SO₄, NH₄-N, Nitrat -N, Toplam P, toplam çözünmüş madde, Na, KOİ, BOİ, toplam organik karbon, toplam N, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Co, Ni, Zn, S, Fe, Mn, B, Se, Al, Fekal koliform, toplam koliform sırasıyla; 8,9, 0,18 mgO₂/L, %38, 395 mg/l, 310 mgSO₄/l, 2,2 mgNH₄-N/L, 86 mgNO₃-N/L, 1,2 ppm, 4260 mg/L, 296 ppm, 83,6 mg/L, 28,3 mg/L, 11,2 ppm,

5.65 ppm, 7 ppb, 52 pbb, 29 ppb, 350 ppb, 56 ppb, 265 ppb, 198 ppb, 3760 ppb, 19 ppb, 5960 ppb, 3900 ppb, 598 ppb, 23 ppb, 0.5 ppb, 4200 cfu/100 ml, 19000 cfu/ml olarak belirlenmiştir.

Uygulama ve stabilizasyon sonucunda, 6.3, 10 mgO₂/L, %93, 12 mg/l, 37 mgSO₄/l, 0.3 mgNH₄-N/L, 2 mgNO₃-N/L, 0.01 ppm, 350 mg/L, 85 ppm, 18 mg/L, 3 mg/L, 2.8 ppm, 0.5 ppm, 1.1 ppb, 14 pbb, 0.5 ppb, 25 ppb, 17 ppb, 2 ppb, 1 ppb, 55 ppb, 2 ppb, 47 ppb, 32 ppb, 1.2 ppb, 3 ppb, 0.1 ppb, 100 cfu/100 ml, 1000 cfu/ml olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; İnsan hayatında, yüz yıllardır yer eden probiyotiklerin etki mekanizmaları göz önüne alındığında, doğada, neredeyse her alanda kullanıldığı göze çarpar. Probiyotiklerin enzimatik ve saprofitik etkileri, göl suyundaki kirlilik üzerinde kullanılarak etkileri gözlenmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen kriterlere göre 77.000 m² ve ortalama 15 metre kısımda 1.155.000 lt su mevcut olup bunun giderimi için, 255 ton aktif su ve 15 ton probiyotik mikro organizma gerekmektedir. Mali olarak bu alanın giderimi 255 ton x 1.500 TL/ton = 382.500 TL, 7.7 ton 15 x 15.000 TL = 225.000 TL olup toplam 382.500 + 225.000 TL = 607.500 TL olacaktır.

Teşekkür: Bu araştırma projesi T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından desteklenmiş ve Ar-Ge Projesi Sonuç raporundan hazırlanmıştır.

Kaynakça

- Akay, A., 2011. Konya Sarayönü Kur şunlu Beldesindeki Suların Bazı Fiziksel ve Kimyasal özellikleri, Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Konya.
- Karaman, M.R. (Editör) 2012. Bitki Besleme, GÜBRETİŞ Rehber Kitaplar Dizisi:2, ISBN: 978-605-87103-2-0.
- Karaman, M.R., Brohi, A.R., Müftüoğlu, N.M., Öztaş, T. ve Zengin, M. 2012. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. 3. Baskı, Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No:1, Pelin Ofset Matb., ISBN: 978-605-86684-0-9.
- Kelly M.G., 1995. Whitton B. Plants for monitoring rivers, R&D Note 366, National Rivers Authority, Bristol.
- Kremer, R.J. Begonia, M.F.T., Stanley, L., Lanham, E.T. 1990. Characterization Of Rhizobacteria Associated With Weed Seedlings. App. Env. Microbiol. 56(6):1649- 1655.
- Lirika, K., İmeri A., Cara, M. ve Kurti, D. 2013. Ohrid Gölündeki Su Kalitesinin Değerlendirmesinde Diatome Ve Makrofit Endekslerinin Kullanılması. Gazi Ü. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 28, No 2, 393-400.
- Nikanorov, A.M. and Brazhnikova, L.V. 2010. Types and Properties of Water. Vol. II. Water Chemical Composition of Rivers, Lakes and Wetlands.
- Seymour, F., Wilhelm, M.D., Walter A. Schloss, M.D., Lazarus A. Orkin, M.D. 1949. *Aerobacter aerogenes* Infection of The Urinary Tract effective Treatment with Aureomycin Erch Seligmann, M.D. Michael Wassermann, M.D. *Jama*. 141(12):837-839.
- Yaman, M. 2005. Su Kimyası Ders Notları, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü.

