



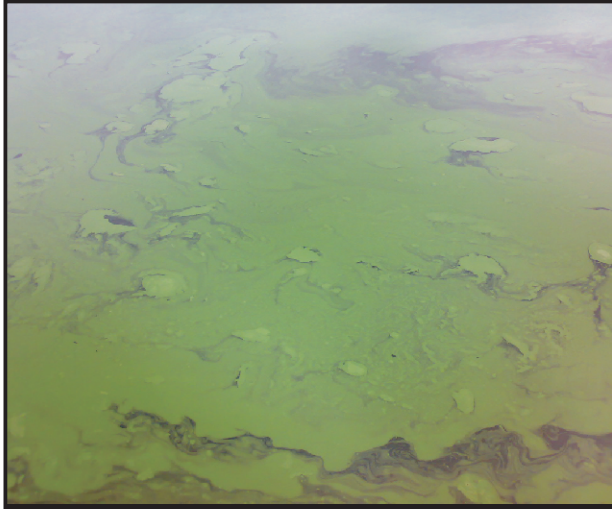
Göllerde Ötrofikasyon, Kontrolü ve Planktonik Gösterge Türler

Dr. Meral (Apaydın) Yağcı
Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,
Eğirdir-Isparta

Ötrofikasyon veya besleyici elementlerin zenginleşmesi ve etkileri bilimsel komiteler tarafından 1940'larda ve 1950'lerde geniş bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır. 1960'larda ve 1970'lerde yönetim teknikleri üzerinde çaba sarfedilmeye devam edilmiştir. Sucul ortamlara insan etkilerinin artışı nedeniyle, günümüzde ötrofikasyon güncel bir konu olarak devam etmektedir.

Ötrofikasyon Terimi

Ötrofikasyon gölün besleyici elementlerce zenginleşmesi ve bunun sonucu olarak da ortamdaki organik maddenin çoğalması olayıdır. OECD (Research of the Organization for Economic Co-Operation and Development) ötrofikasyonu suların besleyici elementlerce zenginleşmeleri



sonucu artan alg ve makrofit üremesi, balık avlama alanlarının, su kalitesinin nitelikçe bozulması olarak tanımlanmaktadır.

Göllerde Ötrofikasyon ve Çeşitleri

Ötrofikasyon oluşumuna göre doğal ve yapay ötrofikasyon olarak sınıflandırılabilir. Doğal ötrofikasyon gölün yapısında organizmaların ölümü sonucu vücut parçaları ve kabuklarının sedimentte birikmesiyle oluşur. Eysel atıklar, endüstriyel atıklar ve tarımsal aktiviteler sonucu oluşan ötrofikasyon da yapay ötrofikasyon olarak tanımlanmaktadır. Göllerde ötrofikasyona neden olan organizmalar genellikle mavi-yeşil alg grubundan Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria cinslerine ait türlerdir.

Ötrofikasyon Olayının Temel Maddeleri ve Kaynakları

Ötrofikasyon olayının temel maddeleri azot ve fosfordur. Bu olayda ayrıca oligo-elementler, (bor, bakır, molibden, demir, potasyum vb.) silis ve bazı vitaminler rol oynar. Kirleticilerin çoğu göle ve su kanallarına evsel atıklardan, kanalizasyon sularından, yüzey akış sularından, metamorfik kayalardan ve tarımsal üretim yapan çiftliklerden gelmektedir. Eysel ve endüstriyel atıklar, deterjanlar, tarımsal uygulamalardaki atıklar ötrofikasyonda önemli bir yer oluşturmaktadır.



Göllerde Ötrofikasyon

Trofik Durumu Sınıflandırma Sistemi

Bir su alanının ötrofikasyon açısından değerlendirilmesinde en önemli aşamalardan biri trofik seviyenin doğru bir şekilde belirlenmesidir. Göllerin trofik seviyelerini belirlemede genellikle üç temel parametre kullanılmaktadır. Bunların dışında hipolimnetik oksijen ihtiyacı, alkalinite, sediment canlılarının oranlarının kullanıldığı parametrelerde mevcuttur.

Parametre	Oligotrof	Mezotrof	Ötrof
Toplam fosfor ($\mu\text{g/L}$)	<10	10-20	>20
Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	<4	4-10	>10
Secchi diski derinliği (m)	>4	2-4	<2

Ötrofikasyonun Etkileri

Ötrofikasyonun neden olduğu biyolojik değişiklikler doğrudan ve dolaylı değişiklikler olarak iki kısımda incelenmektedir. Doğrudan etki, nutrient akışının artmasıyla birlikte algal büyümenin artmasıdır. Dolaylı etkilerine oksijen konsantrasyonundaki azalmaya bağlı olarak balık topluluklarının değişmesi örnek olarak gösterilebilir.

Ötrofikasyonun Kontrolü

Dünya ölçeğindeki göllerin temel sorunu artan besin tuzu miktarları dolayısıyla kirlenmeleri, yani ötrofikasyondur. Çünkü bu durum, şehirleşme ve tarım sayesinde havzadaki toprak sistemlerinin sıkı besin döngülerini kırarak göllerin temel özelliklerini çok farklı şekillerde değiştirmektedir. Artan nüfus ve kentleşme, nehirlere boşalan kanalizasyon tesislerinin yapılması, toprağın aşırı işlenmesi ve inorganik gübre nedeniyle de fosfor yoğunluğunda artış olmuştur. Ancak, ötrofikasyonun tek başına meydana gelmediğini, yukarıdaki açıklamaların yanı sıra başka değişikliklerle birlikte oluştuğunun bilincinde olmak önemlidir. Bu bilinç, ötrofikasyonun kontrol edilmesi açısından önemlidir. Bütün bunlar, tüm trofik seviyeleri etkileyen bir dizi biyolojik değişime neden olmakta ve su arıtımında yaşanan sorunlar, toksik alg patlamaları, rekreasyona ve ticarete yönelik balıkçılığın devamlılığı ve üretimi gibi konularda artan sorunlara yol açmaktadır.

Ötrofikasyon kontrolünün en kolay olduğu

göller derin göllerdir. Bu göllerde, sadece besin maddelerinin kontrol edilmesi bile, sorunların temelinde yatan aşırı fitoplankton büyümesinin azalmasında etkili olabilir. Göle besin taşıyan dış kaynakların kontrolü yapılmalıdır. (Atıksuyun başka yere akıtılması, atıksu çökeltme işlemi, deterjan formüllerinde yapılacak değişiklikler, bu amaç için yapılan sazlıkların ya da tampon bölgelerin kullanılması). Bazen de, sedimanda geçmişte havzadan gelen maddelerin birikmesinin neden olduğu sorunlar da sediman çıkarma, sediman izolasyonu gibi yöntemlerle kontrol edilebilir. Diğer taraftan, göl içindeki besin maddelerinin yeniden dağılımı alüminyum dozajı, biyomanipülasyon ya da daha derindeki suların oksijenlendirilmesiyle sağlanabilir. Geçmişteki uygulamalar genel olarak fosfor kaynaklarını kontrol etmeye yönelik olmuştur. Çünkü birçok durumda fosfor, azottan daha az bulunmakta, dolayısıyla da daha kolay kontrol edilebilmektedir. Ancak, azotun daha etkili kontrol sağlayacağı ya da her iki besin tuzunun birlikte ele alınması gereken durumlar da vardır. Arıtma sırasında demir tuzları ya da alüminyum tuzları ile çökeltme, fosfor kontrolünde kullanılan en yaygın yöntemdir.

Dip çamurunun çıkarılması daima çok pahalı ve genellikle de etkisiz olmuştur. Dip çamurunun çıkarılmasına, derin göllerde genel olarak ihtiyaç duyulmamaktadır, çünkü bu göllerde sedimandan çok az miktarda madde serbest bırakılmaktadır ve işlem doğal yaşam için çok tahrip edicidir. Sığ göllerde ise uzun vadede etkili değildir. Ötrofikasyonun kontrol edilmesi sığ göllerde daha karmaşık sorunlar ortaya çıkartmaktadır. Sığ göller, zengin ve çeşitli su bitkilerinin baskın olduğu göllerdir. Bunlar çoğunlukla fitoplanktonun baskın olduğu bulanık suya sahip göllere dönüşmüşlerdir. Ancak, bu durum derin göllerde olduğu gibi basit bir ötrofikasyon olayı değildir ve sadece besin tuzu kontrolüyle çözülemez.

Bitki topluluklarının kaybolup fitoplanktonun baskın olduğu duruma dönüşmesine neden olan faktörler arasında, bitkilere zarar verenler (bitkilerin kesilmesi, kayıkların verdiği hasarlar, bitki ilaçları, bölgeye aşıl原因 balıklar ve kuşlar) ve zooplanktonu yok eden faktörler (pestisitler, kanalizasyon akıntılarındaki diğer toksinler, artan tuzluluk) yer almaktadır. Fitoplanktonun bol olduğu bir gölü bitki baskınlığına geçirmek için ilk başta besin tuzu seviyesini düşürmenin büyük faydası vardır.





Süreci tersine çevirmek ve bitkilerin büyümesi için koşulları sağlamakta kullanılan en yaygın geçiş mekanizması biyomanipülasyondur. Zooplankton yoğunluğunu arttırmak için balık stoklarının değiştirilmesi işlemi biyomanipülasyon olarak tanımlanmaktadır. Biyomanipülasyon, özellikle büyük vücutlu zooplankton otlanması sonucu suyu berraklaştırarak bitkilerin büyümesi için elverişli hale getirecektir. Ancak bitkilerin ilk başlarda kuşlardan korumaya ihtiyaçları olabilir.

Biyomanipülasyon, sistemdeki balıkların büyük bir kısmının çıkartılmasıyla zooplankton üzerindeki baskı azaltılarak bulanık koşullardan berrak koşullara geçişi zorlamak için alınan bir önlem olarak düşünülebilir.

Göl Restorasyon Programları

Genel olarak, göl restorasyon programlarında bazı farklı tedbirler birlikte uygulanmıştır ve çoğu zaman biyomanipülasyon bu tedbirlerin başında yer almıştır. Diğer tedbirler arasında, havzadan fosfor yüklemesinin azaltılması, sedimandan iç fosfor çözünümünü durdurmak için dip çamuru çıkarılması veya hidrolojik izolasyon yer almaktadır. Balık stoklarının azaltılması şeklinde yapılan biyomanipülasyonun en başarılı tedbir olduğu ortaya çıkmıştır. Başarılı bir göl restorasyonu yapabilmek için balık stokunun en az %75 oranında

azaltılması gerekmiştir. Berrak su durumunun korunmasını sağlayan bazı etkenler tespit edilmiştir. Çoğu durumda, en az %25 oranında su içi bitki örtüsünün iyileşmede önemli bir etken olduğu görülmüştür. 1980 ve 1990'lı yıllarda Hollanda'da neredeyse 20 gölde bilinçli olarak biyomanipülasyon yapılmış ve elde edilen başarı değerlendirilmiştir. Buradaki başarının ölçütü ani su berraklığındaki artış olarak tanımlanmış ve 16 gölde başarı sağlanmıştır. Ülkemizde Eymir Gölü'nde yapılan ilk biyomanipülasyon uygulamasında gölün berrak su durumuna geçmesi ve dolayısıyla daha yoğun su içi bitkilerinin gelişmesi için etkili bir restorasyon olması gerekliliği ortaya konulmuştur. Ülke genelinde Ötrofikasyon tehlikesine maruz olan göllerin korunması için göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon sınır değerleri belirlenmiştir.

Toplam koliform ve ötrofikasyona yol açan azot ve fosfor elementlerinin ayrıca alıcı göl ortamındaki tolere edilebilen sınırlara uyulması esastır. Özellikle kirlilik ve ötrofikasyon kontrolü açısından göllere verilecek evsel ve endüstriyel atıkların 2004 yılında yayınlanan Su Kirliliği Ve Kontrolü yönetmeliğinin 31. ve 32. maddeleri uyarınca gerekli deşarj standartlarını sağlamak amacıyla yapılacak olan bir ileri arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra göllere deşarj edilmesi gerekir.

Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004)

İstenen Özellikler	Doğal koruma alanları ve rekreasyon	Doğal tat, tuzlu, acı ve sodalı göller dahil
pH	6.5-8.5	6.0-10.5
Çözünmüş oksijen (mg / L)	7.5	5
Askıda katı madde (mg / L)	5	15
Toplam azot (mg / L)	0.1	1
Toplam fosfor (mg / L)	0.005	0.1
Klorofil - a (mg / L)	0.008	0.025



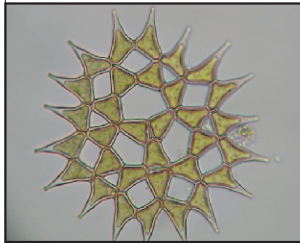
Göllerde Ötrofikasyon

Ötrofikasyon'un Önlenmesinde Alınacak Tedbirler

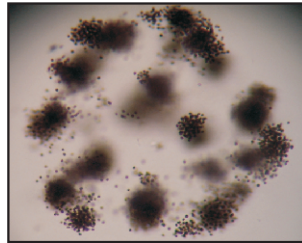
Tarımsal alanların ilaçlanması kullanılan alet ve ekipmanların göl suyu ile teması önlenmeli, zirai ilaç ambalajları çevreyi kirletmeyecek şekilde imha edilmelidir. Göl canlı kaynaklarını ve su seviyesini korumak için gölden daha az su çekilmeli, bunun içinde damlama sulama özendirilmelidir. Göl çevresindeki yerleşim alanlarının kanalizasyon ve evsel atıklarının göle karışması kesinlikle önlenmelidir. Bunun yanı sıra bu atıklar için arıtma ünitelerinin mutlaka kurulması gereklidir. Evsel atıksularda bulunan fosfat bileşiklerinin azaltılmasına yönelik olarak deterjanlarda bulunan fosfatın yerine kullanılabilir kimyasallar konusunda üreticiler desteklenmeli ve bu yeni kimyasalların çevredeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla izleme programları yapılmalıdır. Ötrofikasyonun ilk belirtilerinin tespit edildiği durumlar için uygulanacak önlemler önceden belirlenmelidir. Bu amaçla aşırı çoğalmış fitoplankton türleri ile beslenen zooplankton organizmalarının kullanılması gibi biyolojik yöntemler öncelikle tercih edilmelidir. Uygulanacak her tedbirin su ekosistemi üzerindeki etkileri araştırılmalıdır. Göle yabancı balık türlerinin sokulması gölün çeşitli amaçlar ile doldurulması önlenmelidir. Çevreci tarım uygulamaları geliştirilerek bunların uygulanması için çiftçilerin eğitilmesi konusunda çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Canlı kaynakların yararları ve korunması konularında halk bilgilendirilmelidir.

Göllerde Planktonik Bazı Göstergeler

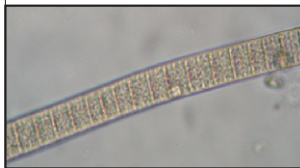
Ötrof göllerin bazı fitoplankton ve zooplankton organizmaları



Pediastrum sp.



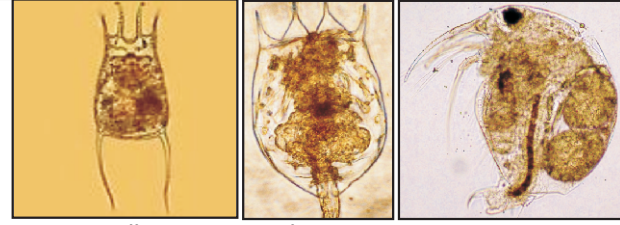
Microcystis sp.



Oscillatoria sp.



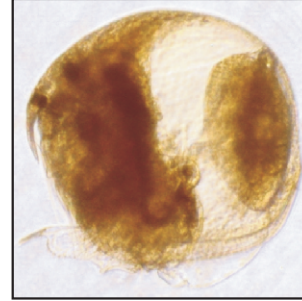
Anabaena sp.



Keratella sp.

Brachionus sp.

Bosmina sp.



Chydorus sp.



Cyclops sp.

Sonuç

Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte insanoğlunun suya olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Ülkemiz genelinde sucül ekosistemlerinin çevresine endüstriyel kuruluşlar ve tarım arazileri kurulmaktadır. Bu kurumların atıklarının sucül ekosistemlere ulaşması, hem ötrofikasyonu hızlandıran hem de ortamın doğal madde döngüsünü bozan etmenler arasındadır. Ötrofikasyon, dünyanın birçok bölgesinde göllerdeki canlı yaşam için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Sucül ortamdaki biyolojik değişimlerin geriye döndürülmesi çok zordur. Bu sebeple yapılacak her türlü faaliyet hem göl ekosisteminin kurtarılması hem de su kaynaklarının korunması açısından önem arz etmektedir. Genel olarak çok küçük olan sistemleri restore etme eğilimi bulunmaktadır. Eğer, ekolojik işlevi ve koruma değerini restore etmek istiyorsak çok daha kararlı olmamız gerekmektedir.

Kaynaklar

- (Apaydın) Yağcı, M. 2008. İznik Gölü'nün (Bursa) Zooplanktonu Üzerine Araştırmalar, Ege Üniv. Fen Bil. Enst., Bornova-İzmir, Doktora Tezi, 272s.
- Beklioğlu, M. 2004. Siğ Göl Sulakalanları, Ekoloji, Ötrofikasyon ve Restorasyon. 124s.
- Boers, P., Portielje, R. ve Diederik, M., (2004). Hollanda Göllerinde Ötrofikasyon Araştırmaları. Çok Sayda Göl Araştırmasının Sonuçları. Siğ Göl Sulak Alanları, Ekoloji, Ötrofikasyon ve Restorasyon. 39-46.
- Coops, H., ve Hosper, H., 2004. Hollanda'da Göl Restorasyonu: Besin Tuzu Kontrolü, Biyomanipülasyon ve Su Seviyesi Yönetimi, Siğ Göl Sulak Alanları, Ekoloji, Ötrofikasyon ve Restorasyon. 61-66.
- Çevik, F. ve Göksu, Z.L. 2001. İşsu Toksik Algleri. Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. 75-85.
- Karpuzcu, M. ve Koçal, M., 2007. Göllerde Ötrofikasyon ve Çözüm Önerileri. Göller Kongresi (Göller Yöresi, İç Anadolu Gölleri ve Sorunları), 09-10 Haziran, 86-92.
- Moss, B. 2004. Siğ ve Derin Göllerin Ötrofikasyonu ve Restorasyonu. Siğ Göl Sulak Alanları, Ekoloji, Ötrofikasyon ve Restorasyon. 31-37.
- Tanyolaç, J. 2000. Limnoloji. Cumhuriyet Üniv. Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü. 237s.

