

Göllerde Ötrofikasyonun Kontrolü: Sediment Tarama Uygulamaları

Serap PULATSÜ¹, Akasya TOPÇU¹, Emre YILMAZ²

ÖZET: Sediment tarama, ötrofikasyonun kontrolü amacıyla kullanılan göl içi yönetim uygulamalarından biridir. Bu çalışmada, sediment tarama yönteminin amaçları, avantaj ve dezavantajları ile kullanılan ekipmanlar ele alınmıştır. Ayrıca bu çerçevede, farklı özellikteki göllerde yapılan bazı çalışmalar sunulmuştur. Göl yönetimlerinde sediment tarama, uygun ekipman seçildiğinde ve bilimsel veriler ışığında uygulandığında başvurulan bir teknik olarak geçerliliğini korumaktadır.

Anahtar kelimeler: Göller, iç yükleme, ötrofikasyon, sediment,



Eutrophication Control in Lakes: Sediment Dredging

ABSTRACT: Sediment dredging used to control the eutrophication of lakes is one of the internal management implementations. In this study, sediment dredging purposes the advantages and disadvantages of the method with the used equipments, were discussed. Also in this context, some of the case studies conducted in lakes with different characteristics were also presented. Sediment dredging practices, when proper equipments are used and applied in the light of scientific data refers as a prevailed technique in lake management.

Keywords: Lakes, internal loading, eutrophication, sediment dredging,

¹ Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Ankara, Türkiye

² Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Akasya TOPÇU atopcu@ankara.edu.tr

GİRİŞ

Göl sedimentlerini ekosistem açısından önemli kılan unsurlar; bitkisel ve hayvansal organizmalar için substratum oluşturmaları, göl ekosisteminin enerji kaynağı olmaları, kimyasal tampon ve tarihsel kayıt işlevleridir. Sediment tarama uygulamaları, dip sedimentlerini uzaklaştırmak olarak tanımlanabilecek göl içi ötrofikasyon önleme çarelerinden biridir.

Göllerde ötrofikasyonun kontrolü için fiziksel, kimyasal ve biyolojik önlemler alınabilmektedir. Sediment tarama işleminin diğer yönetim uygulamalarından farkı su kütlesine ilişkin fiziksel bir yaklaşım olmasıdır (Klein, 1997). Fosfor inaktivasyonu ise kimyasal bir yöntem olup, bu tekniğin amacı, su sütununa olan iç kaynaklı fosfor yüklemesini azaltmak için su sütunundan fosforun çöktürme ile uzaklaştırılmasıdır. İnaktivasyon işlemi için alüminyum, demir ve kalsiyum tuzları kullanılmaktadır. Göl ve göletlerde restorasyon amaçlı sediment tarama uygulamaları ile sediment uzaklaştırılmasında uzun dönem iyileşme sağlanmasına rağmen, fosfor inaktivasyon uygulaması öncesi ve sonrasında gölün daha uzun dönem izlenmesi gerekmektedir. Ancak fosfor inaktivasyonunun sediment tarama yöntemine göre daha ekonomik ve etkili olduğu belirtilmiştir (Cooke et al., 1993; Ayoub et al., 2001; Burley et al., 2001; Perkins and Underwood, 2002; Kisand, 2005; Topçu, 2011).

Sediment tarama yapılıp yapılamayacağı; sedimentin yapısına, kirleticilerin tipine, su derinliğine, sediment tabakasının kalınlığı ve hacmine, boşaltım alanına olan uzaklığa ve mevcut ekipmanlara bağlıdır. Başka bir deyişle, sediment tarama uygulaması; proje planlama, tasarım, işletme ve bakım konularını kapsayan bir işlemdir (Sezer, 2010).

Cooke et al. (1993) tarafından bildirildiğine göre, göllerde sediment taramasının uygulanabilirliğine ilişkin kriterlerin başında; gölün sığ olması, düşük sedimentasyon hızı, organik açıdan zengin sediment yapısı, nispeten küçük havza alanı/yüzey alanı (10/1) ve uzun hidrolik su tutma süresine sahip göller ile tarama ertesini etkin kullanım potansiyeli gelmektedir. Sediment tarama uygulamalarına ilişkin amaçlar aşağıda sunulmuştur:

Derinleştirme: Sedimentasyonla büyük oranda dolmuş ve yüzme amaçlı göllerin restorasyonunda

başvurulan bir tekniktir. Ancak küçük göllerde sediment uzaklaştırılmasında ortaya çıkabilecek oksijensizlik nedeniyle işlem öncesi göldeki balıklar hasat edilmelidir. Göl derinleştirme çalışmalarında göl kullanımı, taranan materyalin boşaltım alanı, mevcut ekonomik olanaklar ve sedimentasyon hızı tarama öncesi belirlenmelidir.

Besin Elementi Kontrolü: Sedimentten önemli düzeyde besin elementi yüklemesinin olduğu sığ göllerde sedimentin uzaklaştırılması, iç kaynaklı besin elementi yükünü azaltmada ve su kalitesini iyileştirmede kullanılmaktadır (Larsen et al., 1981). Riley ve Prepas (1984)'e göre, sığ göllerdeki iç kaynaklı fosfor yüklemesinde sedimentin üzerindeki su anoksik (çözünmüş oksijen konsantrasyonu 1.0 mg L⁻¹'den az) olduğunda profunder sedimentten fosforun serbest bırakılması, karışma esnasında göl sedimentinin tekrar süspanse olması, canlı ve yaşlanan makrofitlerden fosforun serbest bırakılması gibi üç ana mekanizma söz konusudur.

Sediment tarama derinliği, sedimentten kaynaklanan iç kaynaklı besin elementi yükü veya makrofit büyümesinin kontrolüne yönelik derinleştirme girişimlerinde dikkatle tanımlanmalı ve ele alınmalıdır.

Toksik Maddelerin Uzaklaştırılması: Sedimentten sediment üstü suya toksik madde girişinin (PCB, civa vb) olduğu süreçlerde kullanılan bir yöntemdir. Toksik madde içeren sedimentin uzaklaştırılmasındaki başarı uygun ekipman seçimine bağlıdır (Cooke et al., 1993; Palermo et al., 2008).

Köklü Makrofit Kontrolü: Bu amaçla uygulanan sediment tarama uygulamasında, sadece hedeflenen bitki örtüsünün seçilerek uzaklaştırılması, bitki parçalarının toplanması veya başka yere yayılma riskinin en aza indirilmesi, substratların dağılmasının önlenmesi gibi avantajlar söz konusudur. Dezavantajlar ise, çalışmaların birim maliyetinin yüksek olması ve çalışmalar su altında uzun zaman gerektirdiğinden dalgıçlar açısından bazı sağlık riskleri taşıma olasılığıdır. Tarama işlemi, sürgün gelişme mevsiminin başlangıcında ve bitki parçalarının azaltılması için uygun zamanda yapılmalıdır (Cooke et al., 1993).

Dip tarama ve uzaklaştırma uygulamalarının çevre üzerindeki potansiyel etkileri şöyle sıralanabilir:

- Bentik tür ve toplulukların zarar görmesi,

- Flora ve fauna üzerinde doğrudan etkili olan askıda katı madde düzeyinin artması,

-Tarama yapılan alandaki sedimentin yapısına bağlı olarak kirleticilerin, besin elementleri ve organik maddenin ortama yayılması,

-Askıda katı maddenin çökmesi sonucu dip faunanın bozunması (resüspansiyon) (Palermo et al., 2008; Tolun vd., 2011),

-Diğer göl içi ötrofikasyon yöntemlerine göre daha pahalı bir yöntem olması (Kleeberg and Kozerski, 1997),

- Sucul ortamdan uzaklaştırılacak sedimentin içerdiği ağır metal vb. diğer kirleticilerin yüzey ve yeraltı sularının su kalitesi üzerindeki olası olumsuz etkileri (Boyd, 1995; Klein, 1997; Lee and Lee, 2005),

- Tarama uygulaması sonrası rezüdiyel kontamine sediment oluşumu ve süspanse sedimentten kontaminantların salınımı (Palermo et al., 2008).

Sediment tarama ekipmanları : Sediment tarama yönteminde kullanılan ekipmanların seçimini; sediment özellikleri, taranarak dipten uzaklaştırılacak sediment miktarı, sedimentteki kirlenmenin seviyesi ve kirleticilerin toksisitesi, çalışma sahasındaki çevresel şartlar (dalgalar, akıntılar, gelgitler vb.) ve boşaltım alanına olan uzaklık gibi faktörler etkiler.

Göllerde olduğu kadar farklı sucul ekosistemler için de geçerli olan sediment tarama yönteminde kullanılan ekipmanlar; mekanik, hidrolik ve pnömatik olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır (Klein, 1997; Cooke et al., 1993). Kullanılan mekanik ekipmanlar içerisinde, klemşeller, uzun saplı kepçeler, dizi kovalı kazıcılar, çeneli ekskavatörler ve geleneksel kazı makineleri bulunmaktadır. Hidrolik ekipmanların kullanımında kirlenmiş sediment-su karışımı pompalar ile yüzeye çıkarılmakta, standart hidrolik tarama ile genellikle yaş ağırlıkça %10-20 katı içeriğine sahip çamur elde edilmektedir. Pnömatik sistemler ise, boru hattı içine çamur bulamacını hareket ettirmek için santrifüjlü bir pompa yerine basınçlı havanın kullanıldığı dip tarama sistemidir (Çizelge 1). Sucul ortamlarda sert/kaya benzeri sedimentin uzaklaştırılmasında kullanılan sediment tarama uygulamalarının bir enstrümanı olan mekanik ekipmanlar, uygulandığı açısından hidrolik ekipmanlara göre daha başarılıdır. Ayrıca hidrolik ekipman kullanımı mekanik ekipmanlarla

karşılaştırıldığında daha hızlı olmasının yanı sıra daha az bulanıklık oluşturmakta ve su içeriği %70'den fazla sedimentlerde daha etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Anonymous, 2013).

Taranarak uzaklaştırılan sedimentin yönetiminde, en önemli faktör boşaltım alanının sediment tarama bölgesine yakın olmasıdır. Bölge seçim kriterleri arasında arazinin düzgün veya az eğimli olması, koku ve estetik açıdan gerekli izolasyonun sağlanması ve seçilen tarama yöntemine ilişkin özel tedbirlerin alınması yer almaktadır. Boşaltım alanı tasarımında ise, sediment özelliklerinin (su içeriği, organik madde içeriği, spesifik gravite vb.) ve sedimentasyon hızının tespiti öncelikli unsurlardır (Canfield et al., 1985).

Kirlenmiş sedimentlerin dipten çıkarılması ve taşınması sürecinde öncelikle dikkat edilmesi gereken husus, taşıma sırasındaki dökülme ve sızıntılar sonucu sedimentteki mevcut kirleticilerin kirlenmemiş bölgeleri de kirlenme tehlikesidir. Her yıl 3.19 milyon m³ sedimentin tarama işlemiyle uzaklaştırıldığı Great Lakes (Ohio, A.B.D) taranan sediment yönetimine ilişkin uygulamalar aşağıda sunulmuştur:

Sucul ekosisteme aktarma: Tarama ile uzaklaştırılan sedimentin doğrudan bir göle veya nehre boşaltımıdır. Hidrolik olarak taranan materyal borularla deşarj edilebilir. Mekanik olarak taranan materyal, boşaltım alanındaki taban çukurlarına yerleştirilmekte veya birkaç mil uzağa yığılmaktadır.

Kıyasal ekosisteme aktarma: Taranan sedimentin sığ suların kıyı bölgesine boşaltılmasıdır.

Yararlı kullanım: Taranan sedimentin; dolgu materyali, tarımsal uygulamalar ve sulak alan/habitat dolumları için kullanımınıdır.

Kaplama: Kontamine olmamış sediment katmanı ile kontamine olmuş sedimentin boşaltım alanına aktarıldıktan sonra üzerinin kaplanması işlemidir.

Kapalı boşaltım: Taranan sedimentin fiziksel olarak sedimentin muhafaza edileceği kapalı alanlara yerleştirilmesidir. Bu tip boşaltım genellikle navigasyon ve çevresel iyileştirme için kontamine olmuş sedimentin yönetiminde kullanılmaktadır.

Arıtım teknolojileri: Hareketsiz sediment kontaminantları için uygundur. Maliyetleri nedeniyle sınırlı ıslah projesinde kullanılmaktadır (Anonymous, 2013).

Konuya ilişkin bazı çalışmalar

Sığ, ötrofik ve polimiktik göllerde su-sediment ara yüzeyinde fosfor değişiminin tanımlanması konusunda Trummen Gölü'nde (İsviçre) yürütülen bir araştırmada, göl yönetimi kapsamında sediment tarama yöntemi uygulanmıştır. Sedimentten göl suyuna fosfor salınım deneylerinde sedimentin yaklaşık 1 metre derinlikteki kısmından salınan fosfor konsantrasyonunun daha derin sediment katmanları ile kıyaslandığında dikkate değer miktarda besin elementi kaynağı olduğu saptanmıştır. Sedimentin besin elementince zengin kısmının tarama ile uzaklaştırılmasını takiben sedimentten göle salınan fosfor miktarı azalarak 1.24 mg m⁻² gün olarak tespit edilmiştir. Göldeki önemli besin elementi indirgenmeleri gölde önemli biyolojik değişikliklere (fitoplankton verimliliği, Secchi derinliği, mavi-yeşil alg biyoması gibi) yol açmıştır. Gölde sediment taramanın bentik topluluklar üzerine önemli ölçüde etkili olduğu saptanmıştır. Tarama işleminden bir yıl sonra tubificid, oligecatalar ve chrinomidler tür açısından tarama öncesine göre sayıca artmış fakat bentik organizmaların tamamı dikkate alındığında toplam sayı çok az bir değişim göstermiştir. Aynı gölde yapılan başka bir çalışma kapsamında ise, sedimentteki besin elementlerinin horizontal ve vertikal dağılımları saptanmış, sedimentten olan fosfat ve amonyumun aerobik ve anerobik koşullardaki salınım miktarları dikkate alındığında, 40 cm'lik sediment katmanının uzaklaştırılmasının etkili olacağı önerilmiştir (Welch and Jacoby, 2004).

Half Moon Gölü'nün (Wisconsin), sığ ve derin sediment katmanında kimyasal ve fiziksel farklılıklar oldukça düşük düzeyde tespit edilmiştir. Fosfor konsantrasyonu sediment yüzeyinden 8.5 m derinliğe kadar üniform bir dağılım göstermiş, yüzey sedimenti taramasının, dip sediment katmanının uzaklaştırılması ile benzer sonuçlar vereceği bildirilmiştir (Cooke et al., 1993).

Makrofit kontrolü amaçlı sediment tarama uygulamalarının yapıldığı göllerden biri olan Lilly Gölü'nün (Güneydoğu Wisconsin), sedimentle dolma hızı 0.5 cm yıl⁻¹ olarak bildirilmiş, derinliğin 6 metreye çekilmesi için uzaklaştırılması gereken sediment hacmi 665x10³m³ olarak belirtilmiştir. Lilly Gölü'nün izlendiği on yıllık süreçte (1981-1989) uygulanan sediment taramaları sonucu; toplam fosfor konsantrasyonu 14 mg l⁻¹'den 9 mg l⁻¹'ye, toplam azot konsantrasyonu 1.10

mg l⁻¹'den 0.80 mg l⁻¹'ye düşerken, toplam inorganik azot değerleri belirgin bir değişim göstermemiştir. Klorofil-a konsantrasyon değerleri (mg l⁻¹) 1981'de <5.00 iken 1989'da 3.30 mg l⁻¹ olarak ölçülmüştür. Sediment tarama uygulamaları sonrası Secchi derinliği, 2.2 m'den 4.0 m'ye yükselmiş, artan ışık geçirgenliği değerlerine bağlı olarak olumsuz etkilerin kısmen giderilmesi nedeniyle göldeki makrofitlerin önemli bir bölümünün muhafazası önerilmiştir (Cooke et al., 1993).

Jeppensen et al. (1991) Danimarka'da 27 adet gölde dış kaynaklı fosfor yükünün azaltılmasından sonraki süreci izlemişlerdir. Bu süreçte göllerde sediment tarama uygulaması veya demirle muamele işleminin, fosfor miktarının yüksek olduğu ve göl içi fosfor konsantrasyonunun biyomanipulasyon için sınır fosfor düzeyine düşmediği durumlarda bir seçenek olduğunu bildirmişlerdir.

Danimarka'da sığ göllerde dış fosfor yüklemesindeki azalmayı takiben iç fosfor yüklemesindeki artışı kontrol altına alabilmek için çeşitli fiziko-kimyasal yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler sediment tarama ve hipolimniyonun oksijen seviyesinin artırılmasını içermektedir. Sığ Brabrand Gölü'nde uygulanan sediment tarama ile yaklaşık 500 000 m³ fosforca zengin sediment uzaklaştırılmış böylece sudaki silt miktarı ve iç fosfor yükü kontrol altına alınmıştır (Jeppesen et al., 1999).

Sondergaard et al. (2000) tarafından, Danimarka'da yüzey alanı 150x10⁴ m² ve ortalama derinliği 0.8 m olan Brabrand Gölü'nde yedi yıllık periyotta fosforca zengin 0.4x10⁵ m³'lük sediment taraması sonucu iç kaynaklı fosfor yüklemesinin azaldığı belirtilmiştir.

Hilt et al. (2006), sediment tarama işlemlerinin, göl sisteminden fosfor çıkışını artırmak ve azaltılan dış kaynaklı fosfor yüklemesine karşı göllerin tepki süresini kısaltmak amacıyla sıkça kullanıldığını ancak sediment taramasının dış kaynaklı fosfor yüklemesi ile karşılaştırıldığında, bazı göllerdeki sedimentin fosfor tuzağı işlevinden dolayı sudaki fosfor konsantrasyonunu azaltmada başarı sağlanamadığını belirtmişlerdir.

Evsel atık sularla kirlenmiş oksijence fakir ve sülfite zengin sediment katmanına sahip İsveç'teki Trehörningen Gölü'nde, restorasyon amaçlı tarama ve makrofit eliminasyon uygulamaları yapılmıştır. Uzaklaştırılan sediment üst katmanı, çöktürme

havuzu olarak kullanılmak üzere oluşturulacak alana pompalanmıştır. Restorasyondan iki yıl sonra fosfat ve toplam fosfor konsantrasyonlarında sırasıyla %73 ve %50 oranında azalma saptanmıştır (Ryding et al., 2006).

Liu et al. (2006) tarafından, sediment tarama uygulamasının Wulihu Gölü'nün (Çin) su kalitesi üzerindeki etkileri ve risklerini tayin etmek için yürütülen araştırma kapsamında; iki istatistik analiz yöntemi kullanılmış, sediment tarama işleminin gölün su kalitesi üzerine önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Bu etkiler arasında, sedimentin tekrar süspansiyon olması, ışık geçirgenliğinde azalma, iç kaynaklı besin elementlerinin ve ağır metal iyonlarının salınımının önemli yer tuttuğu bildirilmiştir.

Peterson (2007), sediment tarama uygulamalarının derinleştirme ve sedimentten fosfor salınımının uzun dönemli azaltılmasında etkin olduğunu, uygun ekipman kullanıldığında ise toksik materyal salınımının olumsuz etkisinin azalacağını belirtmiştir.

Sediment kaynaklı iç fosfor yüklemesinin yüksek olduğu sıg ve subtropik Okeechobee Gölü'nde (Florida) yürütülen bir çalışmada sedimentin 0-30 cm'lik alanında yapılan tarama uygulaması ile sudaki toplam filtre edilebilir ortofosfat değerinde istatistik olarak önemli bir azalma olduğu tespit edilmiştir (Reddy et al., 2007).

Wang and Feng (2007), Çin'de bulunan Güney Gölü'nde sediment tarama uygulamasının, sucul ortam üzerine etkilerini araştırmışlardır. Beş yıl süreyle sediment tarama öncesi ve sonrasında gölde toplam azot, toplam fosfor ve ağır metal (Zn, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Hg ve Ag) konsantrasyonları izlenmiştir. Bulgular, sediment tarama uygulamasından sonra toplam fosfor düzeyinin %42 oranında azaldığını göstermiştir. Ayrıca civa, çinko, arsenik, kurşun, kadmiyum, bakır, krom ve nikel konsantrasyonlarındaki yüzde indirgenme değerleri de sırasıyla 97.0-93.1-82.6-63.9-52.7-50.1-32.0 ve 23.6 olarak saptanmıştır. Ancak sediment tarama sonrası, toplam azot konsantrasyonu %49 oranında artış göstermiş; bu durumun sediment tarama uygulaması sonucu sedimentten olan amonyum salınımından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Ülkemizde göl ve göletlerde ötrofikasyonun kontrolü amaçlı sedimente ilişkin araştırmalar oldukça yenidir. Mogan Gölü ve Sakaryabaşı Batı Göleti'nde sedimentten fosfor salınımının tahminine yönelik

araştırmalar kapsamında, sedimentten olan iç kaynaklı fosfor yüklemesinin gölün besin düzeyi üzerinde bir tehlike oluşturmadığı tespit edilmiştir. Araştırma bulguları bağlamında, ötrofikasyonun kontrolü amacıyla sedimente yönelik tarama uygulamalarına gereksinim olmadığı bilimsel olarak ortaya konmuştur (Pulatsü et al., 2003; Pulatsü ve Topçu, 2006; Pulatsü et al., 2008; Topçu and Pulatsü, 2008; Topçu ve Pulatsü, 2011).

SONUÇ

Ötrofikasyonun kontrolü amaçlı göl içi yönetim uygulamalarından biri olan sediment tarama, göllerin derinleştirilmesi ve balık üretimi için hacmin artırılması, besin elementlerince zengin veya zehirli madde içeren sedimentin uzaklaştırılması amacıyla gerçekleştirilen fiziksel bir süreçtir. Bu süreçte uygulamanın, diğer göl içi yönetsel çarelere göre daha maliyetli olması, sediment üstü suya besin elementi veya toksik madde salınımı ile sediment boşaltım sahasının çevresel etkileri gibi birtakım olumsuz yönleri de söz konusudur. Ancak göllerde ötrofikasyonun kontrolünde sediment tarama uygulamaları, amaca uygun ekipman seçildiğinde, uzaklaştırılması gerekli sediment derinliği bilimsel veriler ışığında belirlendiğinde, etkin ve geçerli bir yöntem olarak gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous 2013. Lake Dredging. <http://www.epa.state.il.us/water/conservation/lake-notes/lake-dredging/lake-dredging.pdf>. (Erişim tarihi: 15.12.2013).
- Ayoub GM, Kopman B, Pandya N, 2001. Iron and Aluminium Hydroxy (Oxide) Coated Filter Media for Low-Concentration Phosphorus Removal. *Water. Environ. Res.*, 73: 478-485.
- Balkaya N, Balkaya M, 2005. Sedimanlar İçin Kullanılan Dip Tarama Yöntemleri. *Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu*, 15-16 Aralık 2005. Anemon Otel, Eskişehir.
- Boyd CE, 1995. *Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture*. New York.
- Burley KL, Prepas EE, Chambers PA, 2001. Phosphorus Release from Sediments in Hardwater Eutrophic Lakes: The Effects of Redox-Sensitive and -Insensitive Chemical Treatments. *Freshwater Biology*, 46: 1061-1074.
- Canfield DE, Langeland JrKA, Linda SB, Haller WT, 1985. Relations Between Water Transparency and Maximum Depth of Macrophyte Colonization in Lakes. *J. Aquat. Plant Manage.*, 23:25-28.
- Cooke GD, Welch EB, Newroth PR, 1993. *Restoration and Management of Lakes and Reservoirs*, 2nd ed. Lewis Publishers, Boca Raton.

- Hilt S, Gross EM, Hupfer M, Morscheid H, Mahlmann J, Melzer A, Poltz J, Sandrock S, Scharf EM, Schneider S, Weyer K, 2006. Restoration of Submerged Vegetation in Shallow Eutrophic Lakes - A Guidline and State of the Art in Germany. *Limnologia*. 36:155-171.
- Jeppensen E, Kristensen P, Jensen JP, Soendergaard M, Mortensen E, Lauridsen T, 1991. Recovery Resilience Following a Reduction in External Phosphorus Loading of Shallow, Eutrophic Danish Lakes: Duration, Regulating Factors and Methods for Overcoming Resilience. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*48: 127-148.
- Jeppensen E, Kristensen P, Jensen JP, Soendergaard M, Mortensen E, Lauridsen T, 1999. Lake and Catchment Management in Denmark. *Hydrobiologia*, 395/396:419-432.
- Kisand A, 2005. Distribution of Sediment Phosphorus Fractions in Hypertrophic Strongly Stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia*. 547: 33-39.
- Kleeberg A, Kozerski HP, 1997. Phosphorus Release in Lake Graßer Müggelsee and Its Implications for Lake Restoration. *Hydrobiologia*, 342/343: 9-26.
- Klein J, 1997. Sediment Dredging and Macrophyte Harvest as Lake Restoration Techniques. *Restoration and Reclamation Review*. Student On-Line Journal, Vol. 2, No.2.
- Larsen DP, Schults DW, Malueg KW, 1981. Summer internal phosphorus supplies in Shagawa Lake, Minnesota. *Limnol. Oceanogr.* 26:740-753
- Lee AJ, Lee GF, 2005. Water Quality Aspects of Dredged Sediment Management. *Water Encyclopedia: Water Quality and Resource Development*, Wiley, Hoboken, NJ pp 122-127.
- Liu AJ, Kong FX, Wang D, 2006. Water Quality Risk Assessment for Sediment Dredging Operations, Wulihu in Taihu Lake. *U.S. National Library of Medicine National Institute of Health, PubMed*. 27(10):1946-52.
- Palermo MR, Schroeder PR, Estes TJ, Francingues NR, 2008. Technical Guidelines for Environmental Dredging of Contaminated Sediments.
http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/sediment/pdfs/dredging_guidance.pdf.
- Perkins RG, Underwood GJC, 2002. Partial Recovery of a Eutrophic Reservoir Through Managed Phosphorus Limitation and Unmanaged Macrophyte Growth. *Hydrobiologia*, 481: 75-87.
- Peterson SA, 2007. Lake Restoration by Sediment Removal. *Journal of the American Water Resources Association*. 18:3-423-436.
- Pulatsü S, Akçora (Topçu) A, Köksal F, 2003. Sediment and Water Phosphorus Characteristics in a Pond of Spring Origin, Sakaryabaşı Springs Basin, Turkey. *Wetlands*, 23(1):200-204.
- Pulatsü S, Topçu A, 2006. Sakaryabaşı Batı Göleti'nde (Türkiye) Sedimentten Fosfor Salınımının Tahmini. *Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 23 (1/1): 119-121.
- Pulatsü S, Topçu A, Kırkağaç M, Köksal G, 2008. Sediment Phosphorus Characteristics in the Clearwater State of Lake Mogan, Turkey. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 13: 197-205.
- Riley ET, Prepas EE, 1984. Role of Internal Phosphorus Loading into Shallow, Productive Lakes in Alberto, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 845-855.
- Ryding SO, 2006. Lake Trehörningen Restoration Project. Changes in Water Quality After Sediment Dredging. *Hydrobiologia*. Volume 91-92. 549-558.
- Sezer K, 2010. Göllerin Yönetiminde Sediment Tarama Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dönem Projesi 35 s.
- Sondergaard M, Jeppesen E, Jensen JP, Lauridsen T, 2000. Lake Restoration in Denmark. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 5:151-159.
- Tolun L, Mehmetli E, Tosun C, Tuğrul S, Sur Hİ, 2011. Dip Tarama Malzemesinin Yönetimi ve Boşaltım Alanlarında Potansiyel Etkilerin Değerlendirilmesi. TÜBİTAK MAM, KÇKK, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Topçu A, Pulatsü S, 2008. Phosphorus Fractions in Sediment Profiles of the Eutrophic Lake Mogan, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17 (2): 164-172.
- Topçu A, 2011. Göl ve Göletlerde Sedimente Yönelik Fosfor İnaktivasyon Uygulamalarının Sucul Canlılar Üzerine Etkileri. *Hasad Hayvancılık*, 26 (309): 60-63.
- Topçu A, Pulatsü S, 2011. Sakaryabaşı (Çifteler-Eskişehir) Balık Üretim ve Araştırma İstasyonu'nun Su Kaynağı Batı Göleti: Sediment Kaynaklı İnorganik Azot Salınımının Araştırılması. *Ekoloji*, doi: 10.5053/ekoloji.2011.789.
- Wang XY, Feng J, 2007. Assessment of the Effectiveness of Environmental Dredging in South Lake, China. *U.S. National Library of Medicine National Institute of Health, PubMed*. 40(2):314-22.
- Welch EB, Jacoby JM, 2004. *Pollutant Effects in Freshwater*. Applied Limnology Third edition. Spon Press London and New York.