



**KILIÇKAYA BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK
YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA
KAPASİTESİNİN TAHMİNİ**

MELEK YÜZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Temmuz - 2019

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELEK YÜZER

TOKAT
Temmuz - 2019

Her hakkı saklıdır

Melek Yüzer tarafından hazırlanan “Kılıçkaya Baraj Gölünün Alabak Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesinin Tahmini” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11 TEMMUZ 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği İle Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

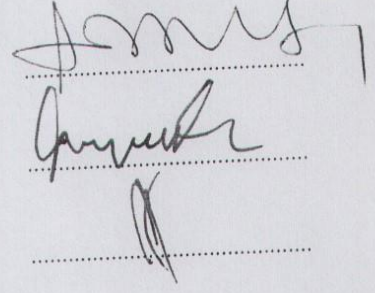
Jüri Üyeleri


Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Doç.Dr. Fatih POLAT

Dr. Öğr. Üyesi Ünal ÖZ

İmza



ONAY

Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
12/08/2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Melek YÜZER

11 Temmuz 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KILIÇKAYA BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

MELEK YÜZER

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EKREM BUHAN)

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine ilişkin en önemli unsurlar; ortamın çevreyle ilgili şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada Kılıçkaya Baraj Gölünün bazı su kalitesi parametreleri iki yıl boyunca izlenmiş ve elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve kaldırma kapasitesi üzerinde bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Araştırma alanı Sivas ili sınırları içerisinde ve Suşehri'nin en önemli su kaynağı, Yeşilirmak'ın kollarından biri olan 320 km uzunluğundaki Kelkit Çayı üzerinde yer almaktadır. Bu tezin amacı, Kılıçkaya Baraj Gölü'nün kafeslerde alabalık yetiştiriciliği (*Onchorhynchus mykiss*) için taşıma kapasitesinin fosfor yükleme modeli kullanılarak tahmin edilmesidir. Sonuç olarak; kabul edilebilir fosfor yükü 24 mg/m^3 , yemden yararlanma oranı 1.0 – 1.5 – 2.0 arasında kabul edilerek ve diğer kaynaklardan fosfor katkıları dikkate alınmadan, ortalama derinliği yaklaşık 16 m ve yüzey alanı 64.4 km^2 olan Kılıçkaya Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştiriciliği yapılabilecek alabalık miktarı yaklaşık olarak 2500 bin ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

2019, 55 SAYFA

ANAHTAR KELİMELEER: Kılıçkaya Baraj Gölü, alabalık, fosfor, fosfor yüklenme modeli, taşıma kapasitesi, su ürünleri yetiştiriciliği.

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE ESTIMATION OF THE CARRYING CAPACITY OF A KILIÇKAYA DAM LAKE FOR THE INTENSIVE RAINBOW TROUT CULTURE IN CAGE

MELEK YÜZER

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF WATER PRODUCTS

(SUPERVISOR:;) ASSIST. PROF. DR. EKREM BUHAN

The most important factors related to the sustainability of fish farming in network cages; water quality parameters that make up the ecological conditions of the environment and environmental transport capacity. In this study, some water quality parameters of Kılıçkaya Dam Lake were monitored for two years and some evaluations were made on trout farming and lifting capacity in the lake considering the results obtained. The research area is located within the borders of Sivas province and the most important water source of Susehri is located on the 320 km long Kelkit Stream, one of the branches of Yesilirmak. The aim of this thesis is to estimate the carrying capacity of Kılıçkaya Dam Lake for trout farming (*Onchorhynchus mykiss*) in cages by using phosphorus loading model. As a result; acceptable phosphorus load $24 \text{ mg} / \text{m}^3$, feed utilization ratio 1.0- 1.5-2.0 between the accepted and other sources without taking into account the contribution of phosphorus, the average depth of 16 m and the surface area of 64.4 km^2 Kılıçkaya Dam Lake can be cultivated in the cages trout amount approximately 2500 thousand tons / year.

2019, 55 PAGE

KEYWORDS: Kılıçkaya Dam Lake, trout, phosphorus, phosphorus loading model, carrying capacity, aquaculture.

ÖNSÖZ

Bu çalışma; Kılıçkaya Baraj Gölü'nün su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi gölün trofik durumunun saptanması ve sürdürülebilir kullanımı için fosfor modeli kullanılarak kaldırma kapasitesinin hesaplanması amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmam süresince her daim yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN'a, manevi desteklerini esirgemeyen aileme, en büyük moral kaynağım olan eşim Doğan YÜZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Melek YÜZER

11 Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	9
2.1. Fosfor Nedir ve Niçin Önemlidir.....	9
2.2. Limnolojik Olarak Göllerin Sınıflandırılması.....	13
2.3. Su Kalitesi Sorunları.....	18
2.3.1. Ötrofikasyon nedir.....	19
2.3.2. Su ortamlarının kalite sınıflandırılması	27
2.4. İç Sularda Taşıma Kapasitesi Tahmin Modelleri	30
2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliği	33
3. MATERYAL ve METOD	38
3.1. Çalışma Alanı	38
3.2. Çalışmada Kullanılan Analiz Metotları	38
3.3. Fosfor Yüklenmesi Modeli	38
4. BULGULAR.....	43
4.1. Su Kalitesi Bulguları.....	43
4.2. Taşıma Kapasitesinin Hesaplanması.....	45
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	49
6. KAYNAKLAR.....	53
7. ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1. Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı.....	3
Şekil 2. 2. Ötrofikasyon oluşum mekanizması.....	5
Şekil 3. 3. Ağ kafeslere sahip işletmelerde su içerisinde çözünen ve organik atık tespiti için kütle dengesi modeli.....	12
Şekil 2. 4. Ötrofikasyonun etkileri ve nedenleri.....	14
Şekil 2. 5. Ötrofikasyon	20
Şekil 3. 1. Suşehri ve Kılıçkaya Baraj Gölü.....	38
Şekil 4. 1. Kılıçkaya Baraj Gölü aylık toplam fosfor dağılım	44
Şekil 5. 1. Göl suyundaki mevsimsel fosfor değişimi.....	54

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2. 1. Avrupa ülkelerinin bazılarında temel yem karakterleri.....	11
Çizelge 2. 2. Trofik duruma göre göllerin karakteristikleri	17
Çizelge 2. 3. Trofik tipe göre göllerin genel sınıflandırılması.....	18
Çizelge 2. 4. Göllerde izin verilen P ve N yükleri.....	21
Çizelge 2. 5. Oligotrofik ve ötrofik suların özelliklerinin kıyaslanması	23
Çizelge 2. 6. Göllerin beslenme durumları	23
Çizelge 2. 7. Trofik durum indeksi ve su kalitesi	27
Çizelge 2. 8. Su kalitesi izlemenin avantaj ve dezavantajları.....	28
Çizelge 2. 9. Göller, gölletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon.... kontrolü sınır değerleri.....	29
Çizelge 2.10.Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerine ilişkin farklı taşıma..... kapasitesi tipleri	32
Çizelge 2.11.Fosfor yüklemesi ile ilgili bazı modeller.....	33
Çizelge 2.12.Su ürünleri üretiminde önemli ülkeler.....	35
Çizelge 2.13.Dünya su ürünleri üretimi.....	35
Çizelge 2.14.Türkiyede deniz ve içsu yetiştiricilik üretim miktarı.....	36
Çizelge 2.15.Türkiyede yetiştiriciliği en çok yapılan çeşitlerin üretim miktarı.....	37
Çizelge 4. 1. Kılıçkaya Baraj Gölünde ölçülen aylık toplam fosfor değerleri...43	
Çizelge 4. 2. Göllerin farklı trofik seviyelerindeki karakteristik özellikleri.....44	
Çizelge 4. 3. Kıta içi su kaynakları kalitesi.....44	
Çizelge 4. 4. Kılıçkaya Baraj Gölü kaldırma kapasitesi model.....47	
Çizelge 5. 1. OECD (1982)'e göre göllerin trofik durumuna göre Sınıflandırılması.....	49

1. GİRİŞ

Akuakültür; biyolojik gelişme dönemlerine göre suda yaşayan organizmaların en uygun doğal şartlarının kontrollü ve dengeli bir şekilde ortama sunulmasıyla, su kaynaklarının çevresel strüktürünü ve balanslarını zarar vermeden doğal mevcut olan stoklardaki avlanma miktarını azaltarak var olan miktarı koruyan, yetiştiricilik ürünlerinde ekonomik ilkeler göz önüne alan birçok bilim kolları ve farklı sektörlerle bağlantısı olan mühim bir bilimsel ve üretimsel alandır. Bu üretim sahasında geçtiğimiz 50 sene içerisinde teknolojik-bilimsel yeni gelişmeler ve uygulama alanındaki yeni çalışmalar su ürünleri üretiminin gelişmesine önemli derecede fayda sağlamıştır (Bostock, 2011).

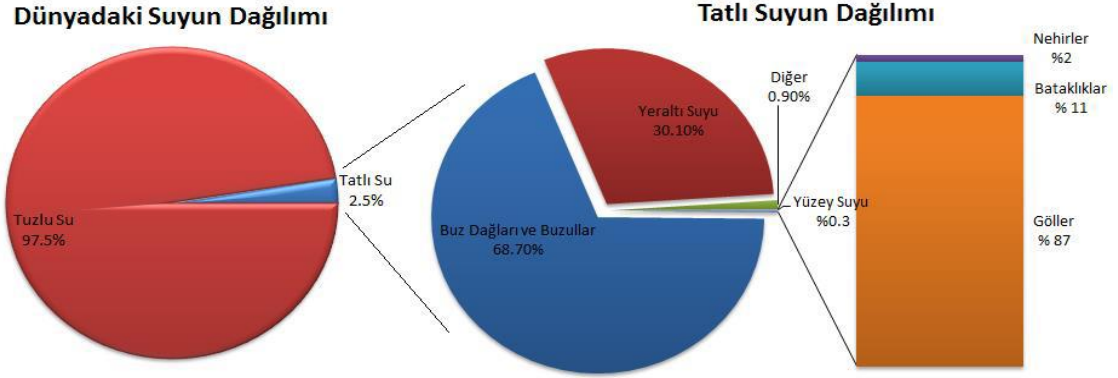
Ticarete dayalı balıkçılık dünyada 15.asrın son döneminde ortaya çıkmıştır ve devam eden iki asır içerisinde balıkçılık büyüyerek balıkçılık endüstrisi oluşmuştur. Balıkçılık sektöründe avlanarak balıkları yakalamak ve yakalanan balıkları farklı şekilde işleyen, türlü cihazlarla donatılmış oldukça büyük balıkçılık filoları kurulmuştur. Zamanla fazla avlanma balıkçılık alanında tehdit oluşturmaya başlamış ve bugünümüzde çevresel sistemlerin kirlenmesi ve yok olmaya doğru gitmesi ile birlikte önemli bir problem oluşturmaya başlamıştır (Yazıcıoğlu, 2015).

Su ürünleri ticareti bir ülkenin hem dış piyasasında, bununla birlikte hem de iç piyasa sında ciddi çevrimlerin yaşandığı bir sahadır. Dünyamızın büyük bir kısmının sularla kaplanmış bulunduğunu düşünürsek, su mahsullerinin önemini ve kıymetini anlamamız kolaylaşmaktadır. Türkiyede de gerekse Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz'in olduğu dört deniz olması, ayrıca önem arz eden baraj, akarsu ve göl benzeri menbalara sahip bulunmasından ötürü su ürünleri önemli bir sektör durumunu almıştır (Anonim, 2016). Gelecekte ve günümüzde balıkçılık sektörü bütün devletlerin ekonomik girdisine belirli çaba ve yatırıma karşılık gelen devamlı artı değer katan mühim kaynaklar sağlamaktadır. Balıkçılık çalışmalarının ehemmiyeti, yüksek seviyedeki hayvansal kaynaklı protein temin etmesi sebebi ile daha fazla insan besini olarak ve devamlı ekonomik girdi sağlanmasında aranmalıdır. Beslenmenin, en başta düzenli ve istikrarlı beslenme şeklinin idrakindeki milletler hayvanlardan kaynaklanan proteini fazlaca geliştirmek ve arttırmak amacıyla denizler den maximum şekilde faydalanmanın yöntemini devamlı

olarak aramakta özellikle gelecek yıllara bugünden yatırım yapmaktadırlar. Dünya nüfusu sürekli artarken hayvansal protein gereksinimini temin etmek, dünyadaki gıda üretimine destek olmak amacıyla fazla gayret gösterilmesi insancıl bir mesuliyet ve vazife olduğu kabul edilerek bunun bilinmesi oldukça mühimdir. Ülkelerin sahip oldukları sucul ürün kaynağının süreklilik içerisinde kullanmak, stoklarından yararlanma ve bilinmeyen av sahalarının belirlenmesi, geliştirilmesi, ülkenin ekonomik ve sosyal gayeleri doğrultusunda kullanılması, kaynakları ortaya çıkaran çeşitlerin varlıkların, stok miktarının ve stokların senelik üretim miktarlarının ve bundan etkilenen unsurların daha iyi varsayılması gereklidir (Acara ve Coşkun, 2001).

Dünya üzerinde var olan suyun toplam miktarı 1.4 milyar km³'tür. Göllerde ve nehirlerde tatlı su olarak %2.5'i, denizlerde ve okyanuslarda ise tuzlu su olarak %97.5'i bulunmaktadır. %2.5 gibi az bir orana sahip bulunan tatlı su menbalarını %90'lık miktarı yeraltında ve kutuplarda bulunmasından dolayı insanların kolaylıkla faydalanabileceği uygun olan tatlı su niceliğinin az miktarda bulunduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizde 826 dan fazla tabii ve yapay göl bulunmaktadır. Dağlarda varolan küçük göllerle beraber 120'den fazla sayıda tabii göl bulunmaktadır. Türkiye tabii göller dışında da 706 adet baraj gölüne sahip bulunmaktadır. Türkiye göllerinin yanında akarsuları bakımından da oldukça avantajlı bir ülkedir. Farklı denizlere dökülen birçok akarsuyun kaynağı Türkiye topraklarıdır. Su zengini olan ülkeler arasında Türkiye'yi sayamayız. Ülkemiz yıllık insan başına düşen su yekününe bakıldığında su azlığı yaşayan bir ülke pozisyonundadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyona ulaşacağını tahmin etmiştir. Su kaynakları üzerine olabilecek baskıları su tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve varolan büyüme hızı, gibi unsurların etkisi ile tahmin edilebilirliği imkân dâhilindedir. Yapılan tüm bu tahminler varolan kaynakların 20 sene sonunda hiç bozulmadan, tahribata uğramadan iletilmesi halinde mevzu bahis olabilecektir. Bundan dolayı ülkemizde gelecek kuşuklara yeterli ve sağlıklı su bırakabilmesi için mevcut kaynakları iyi bir şekilde muhafaza edip, makul ve doğru olarak kullanılması gerekmektedir (Anonim, 2018a).

Dünyadaki toplam su miktarının yaklaşık 3/10.000'i varolan durumda ulaşılması ve değerlendirilmesi mümkün olabilen su formundadır.



Şekil 2. 1.Dünyadaki su kaynaklarının dağılımı (Anonim 2017a).

İnsan ve tabiat bağlantısı istikrarlı bir düzende gelişmesini devam ettirirken insanların ilerleme sorunları bu birliktelikte dengenin tabiat aleyhine olumsuz bozulmasına sebep olur. İnsanoğlu, yaşadığımız bu günlerde hemen her temel akuatik ekosisteme kuvvetli şekilde tesir etmektedir. Yaptığı faaliyetler ile yetiştirmeyi sınırlayan elementlerin toprak tarafından alıcı akuatik ortama akışını değiştirmektedir (Smith, 2003).Doğal kaynaklara olan baskının artmasıyla kaynakların tükenmeye başlamasının maliyetinin çok yüksek olması Dünya gündemindedir. Bu kapsamda, sürdürülebilir metodların sağlanmasında ve tabii kaynakların ekonomik değerlerinin ortaya konulmasında çevresel kıymetlendirme metodlarının kullanımı kabul edilmelerek bir yol gösterici olarak benimsenmelidir(Anderson ve Bishop, 1985; Kula, 1994).

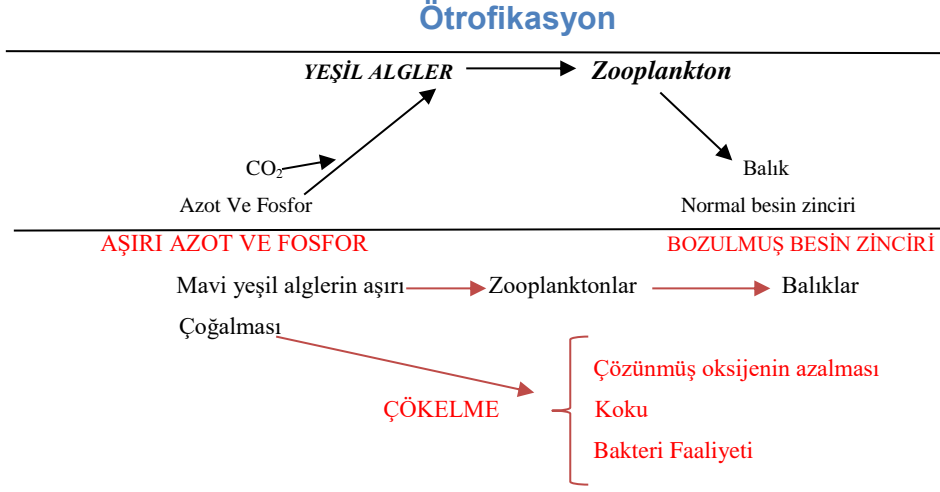
Ülkemizde geleneksel derin su yaklaşımı hâkimdir. Çok farklı tatlısu kitleleri arasında, belki de berraklığından ve görkeminden dolayı derin ve büyük su kitlelerine daha çok önem veriyor ve açık suyu bir ideal olarak görüyoruz. Ancak, sığ göllere de son zamanlarda ilgi duyulması umut vericidir. Sığ göllerde; sığ ve su bitkilerinin hâkim olduğu kısım (litoral bölgeler) baskındır ve derin sulara nazaran, birim su yüzeyi başına biyolojik çeşitlilik ve üretkenlik çok yüksektir. Göllerin ekolojik sistemlerini ve su kalite yapılarını öncelikle, kimyasal (azotlu, fosfatlı bileşikler v.b) , fiziksel (ısı, ışık v.b) ve biyolojik besin zinciri ilişkileri belirler Bir göl ekolojik sisteminde gıda zincirinin ilk halkasını fosfat ve azot kullanarak fotosentez yapan tek hücreli bitki- fitoplanktonlar

oluşturur. İkinci halka ise fitoplankton yiyen hayvansal planktonlardır. Bir sonraki halka yı ise hayvansal plankton yiyen otçul balıklar oluşturur (sazan, kadife v.b).

Küçük balıklarla beslenen yırtıcı balıklar (turna, tatlısu levreği v.b.) ise gıda zincirinin en üst halkasını meydana getirir. Göllerde sulak alan bitkileri de çok önemlidir. Sulak alan bitkileri barınak sağlaması, suların berrak durumda kalması ve balıkların yumurtlama alanları olmaları gibi farklı organizmaları içinde elverişli ortamların meydana gelmesine yardımcı olurlar (Cevadzade, 2007).

Besin elementleri noktasal ve yayılıcı kirletici kaynaklardan su kaynaklarına ulaşmaktadır. Endüstriyel atıksular ve evsel atıksular noktasal kaynaklardır. Katı atık depolama sahalarının sızıntı suları, tarımsal alanlarda yapılan gübreleme küçükbaş, kümes ve büyükbaş hayvan atıkları, yüzey akışı, atmosferik taşınım ve erozyon yayılıcı kaynaklardır (Atmaca, 2012). Özellikle tarımsal alanlarda yapılan çalışmalardaki hızlı artış, özellikle fosforun yüzey sularında atmosferik depolanmasını artırmıştır. Bundan başka insanlar atıksu bertaraf yöntemi olarak akıcı yüzey sularını güvenli bir şekilde kullanmaktadırlar. Gezegenimiz toprak üstü sularına fosfor ve azot yüklenmesi, arazi kullanımı ve insan nüfusunun yoğunlaşması ile birlikte kuvetli bir şekilde etkilenmektedir (Smith, 2003). Ötrofik koşulların temel tetikleyicisi azot ve fosfor dur ve çoğunlukla yayılıcı kaynaklardan ileri gelir (Nstc, 2003).

Bir ekolojik sisteme organik madde giriş oranındaki artış Ötrofikasyon olarak tanımlanmıştır. Besin öğelerinin (genellikle azot ve fosfor bileşikleri) sebep olduğu, nehirler, göl ve rezervuarlarda biyolojik üretimin doğal sürecinin (prosesinin) zenginleşmesidir ve göllerin yaşlanması olarakda bir şekilde kabul edilebilir (Nixon, 1995). Ötrofikasyon, bentik macrofitlerin toplanmasıyla, yüzey birikintileri, yüzey bitki yığınları ve fark edilebilir algal patlamalar veya mavi-yeşil alg (siyanobakteri) sonuçlanabilir. Bu durum suda çözülmüş oksijen miktarının azalmasını tetikleyen, toksik maddelerin serbest kalması, organik maddelerin bozması veya öncelikle okside olmuş fosfatların sedimanlara bağlanması ve oksijen yokluğundan dolayı olan balık ölümleri gibi sebeplere bağlı olan ikincil problemlere neden olur (Sağlamtimur, 2018). Akuatik ekosistemlerde çevresel değerlendirme metodlarının temel unsuru ötrafikasyondur (Nixon, 1995).



Şekil 2.2. Ötrofikasyon oluşum mekanizması (Sağlamtimur, 2018).

Ötrofikasyon tabiatta, gölet ve göllerin normal yaşlanma sürecinin bir parçası olup tatlı su ekolojik modelleri için ortak bir olgudur. Yapılan araştırmalar göllerin, Avrupa'da %53, Asya'da %54, Güney Amerika'da %41, Kuzey Amerika'da %48 ve Afrika'da ise %28' inin ötrofik durumda olduğunu göstermiştir. Ötrofikasyon su kaynakları için varolması arzu edilmeyen bir durumdur.

Suyun azot ve fosfor çevirim kapasite miktarını geçtiği durumlarda meydana gelen birikimin kendi kendini temizleme kapasitesini aştığı halde, tarım alanında yapılan çalışmalar, temizlikten kaynaklanan maddelerin kullanımlarının tetiklediği su kirliliği ve ötrofikasyon oluşmaktadır. Bu sebeple noktasal ve yayılıcı olan yani noktasal özelliği bulunmayan kirlenici kaynaklarından besin elemanlarının yüzey ve yeraltı sularına girişleri engellenmelidir. Besin öğelerinin Besin öğelerinin yüzey ve yeraltı sularına girmeleri ve ötrofikasyon (i) fosfor ve azot'u içeren sanayi artıklarının denetleme altına alınması, (ii) deterjanlara fosfor katılmaması, (iii) fosfor ve azot arıtımı yapabilen endüstriyel ve evsel atık su tasfiye kuruluşlarının kurulması, varolan tasfiye kuruluşlarının geliştirilmesi, sıkı denetleme ve optimal işletilmesi, (iv) tarımsal gübrelemenin bilinçli olarak yapılması ve tarımsal sahalarda gübreleme neticesi oluşan kirliliklerin denetlenmesi ile azaltmak mümkün olabilir (Sağlamtimur, 2018).

İnsanoğlu tarafından su ve kaynaklarında yapılacak her türlü müdahalenin sürdürülebilir olması ve koruma kullanma ilkesi istikametinde yapılması gerekmektedir. Su ve kaynaklarının devamlılığının sağlanması hayat için oldukça mühimdir. Çünkü su kaynaklarından çok çeşitli sahalarda faydalanılmaktadır ve su olmadan yaşam olmaz. Bu sebeple su gibi bir kaynaktan yararlanma geçmişte ve günümüzde olduğu gibi gelecekte de sorunsuz bir şekilde sürdürülebilir olmalıdır (Anonim, 2017b).

Türkiyedeki iç su potansiyeline baktığımızda içme suyunun ve su ürünlerinin sağlıklı bir biçimde gerçekleştirilmesi bakımından barajlarda su kalitesinin gözlemlenmesi ve uygun bir yol izlenmesi önem taşımaktadır. Bu sebeple veritabanı meydana getirilerek baraj göllerinin özellikleri belirlenir. Bu durumda yapılması gereken ilk adım göllerin trofik düzeyinin tespit edilmesidir. Trofik düzeyinin tespit edilmesi göllerin sınıflandırılması ve su ürünlerine yönelik geçerli ve sağlıklı planlama yapılabilmesi ile mümkün olacaktır (Ayvaz ve ark., 2011).

Global (Küresel) iklim değişikliğindeki olumsuz etkiler su kaynaklarının korunmasını ulusal ve uluslararası mevzuatla zorunlu kılmış ve su kaynaklarına verilen önemi arttırmıştır. Su kaynaklarının koruma çalışmalarının ilk adımı izleme ve sorun belirleme olmuştur. İzleme ve araştırma programları oluşturularak ötrofikasyonu önlemede başarılı bir yol izlenebilir. Ötrofikasyon ılıman kuşaktaki gl ve rezervuarlarının en önemli problemidir. Bu tezde Sivas ili Suşehri ilçesi sınırları içerisinde yeralan Kılıçkaya baraj Gölü'nün trafikasyon durumu ortaya konulmuş; elde edilecek bilgiler neticesinde gölün trafikasyon yönetiminin nasıl yapılacağı ve uygulamalı projeler için temel bilgiler elde edilmiştir.

Ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinin devamlılığına ilişkin tehditleri minimum düzeye özellik indirebilmek için, ortamın kaldırma kapasitesinin tahmin edilmesi gerekir. Özellikle ortamın taşıma kapasitesi kafeslerde yapılan balık yetiştirme faaliyetinde aşılmamalıdır. Su rnleri yetiştiriciliği için sistem oluşturulacak sahalarda artıkların meydana getirebileceği organik madde yükünün negatif tesirini en asgari seviyede tutmak üzere "ortamın taşıma kapasitesi" göz önüne alınarak işletme miktarı ve kapasite toplamı tespit edilmeli, taşıma kapasitesinden fazla olan yatırımlara müsaade edilmemelidir (şahin, 2003). Göllerde ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinde gölün kaldırma

kapasitesi ile ilgili öne çıkan çalışmalar; Uzungöl'de Verep ve ark. (2003), Almus Baraj Gölünde Buhan ve ark. (2010) ve Polat (2009), Kesikköprü Baraj Gölünde Pulatsü (2002), Menzelet Baraj Gölünde Büyükçapar ve Alp (2006), Kariba Gölünde Mhlanga ve ark. (2013)'de ortamın taşıma kapasitesi hesaplamasını fosfor yüküne dayalı kaldırma kapasitesini Dillon-Ringler fosfor bütçe modeli kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Kılıçkaya Baraj Gölü Sivas ili Suşehri ilçesinde Yeşilırmağın bir kolu olarak bulunan Kelkit Çayı üzerinde taşkın koruma ve enerji amacıyla yapılmıştır. Kılıçkaya Baraj Gölü'nde ise daha önceden su ürünleri ile ilgili herhangi bir yetiştiricilik faaliyeti yapılmazken, yoğun olarak kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapmak üzere bazı işletmeler Nisan 2008 tarihinden itibaren izin almış bulunmaktadır (Dirican, 2008). Balıkçılığın özellikle de su ürünleri yetiştiriciliğinin bilimsel temelli ve sürdürülebilir yapılması bölge insanının ekonomik durumlarının iyileşmesine önemli katkı sunacaktır. Bu tez çalışması ile gölün trofik seviyesi belirlenip; ötrofikasyon izleme ve yönetim programları oluşturmak için temel verilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma ile Kılıçkaya baraj Gölünün; alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilebilirliği, mevcut durumu araştırılacak ve çevresel kirlilik meydana getirmemesi için fosfora dayalı taşıma kapasitesi tahmini gerçekleştirilecektir.

İnsan ve diğer canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için ihtiyaç duydukları en önemli faktörlerden biri tatlı su kaynakları. Göller tatlı su kaynaklarından biri olarak durgun sular olduklarından, insan çalışmaları, etkinlikleri sonucu ekolojik sistemleri hızlı bir şekilde bozulmaktadır. Tarım ve global ısınma gibi etkenlerle doğal su rejiminin bozulması, ağır metal, tuzlanma, ötrofikasyon, asitleşme ve diğer zehirli madde kirlilikleri ile su kullanımı, göller için en büyük tehditleri oluşturmaktadırlar (Akyüz ve ark., 2013).

Doğal güzellikleri, biyolojik çeşitliliği, turizm, balıkçılık ve hidrolojik döngüdeki rolü gibi birçok özellikleriyle göller dünyamızdaki önemli sahalardır. Ancak hızlı nüfus artışı; küresel ısınma, gelişen teknoloji, endüstriyel, tarımsal kirlilik kaynakları ve evsel atıklar göller üzerinde büyük bir baskıya sebep olmaktadır. Bu sayılan sebepler içinde en yaygın ve tehlikeli olan ekolojik sorun insan kaynaklı ötrofikasyondur (Taş, 2011). Dünya

genelinde, biyoçeşitliliğin önemli ölçüde azalmasına ve su kalitesinin kötüleşmesine neden olan, fosfor ve azotun aşırı çoğalmasıyla meydana gelen göl ötrofikasyonudur. Besin maddelerinin göllerde birikmesi de su kalitesi için çok önemli bir sorun meydana getirmektedir (Beklioğlu ve ark., 2003). Trofik seviyenin doğru tespit edilmesi; tatlısu göllerinin kullanımı ve istenilen nitelik ve nicelik açısından devamlılığının sağlanmasına olanak sağlar. Su ürünleri yetiticiliği açısından çeşitli çalışma konularını ve önemli bir potansiyeli bünyelerinde barındıran rezervuarların karakterlerinin tespit edilmesi ülkemizin içsu zenginliğini var eden bu su kütlelerinin enüst düzeyde değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir. Göllerimizle ilgili veri tabanlarının oluşturulmasına bu tip çalışmalar zemin sağlamaktadır. Su kaynaklarımız ile alakalı milletler arası ölçekte bütünleşmiş bir veri sisteminin oluşturulması gerçekten vazgeçilmez bir mevzudur. Bu tür verileri kullanarak göllerimizin teorik potansiyelini ve taşıma kapasitelerini belirlemek imkan dahilinde olacaktır. Yalnız bunun sayesinde, uygulamalı çalışmalar yapabilen ve/veya mevzuat gereği vazifelerinden biri olan kurum ve kuruluşlar, su kaynaklarının değerlendirilmesinde ve geleceğe yönelik planlamalarını yapabilecekleri ellerinde realist bir vasıtaya ve esas alacakları sağlam bir yüzeye sahip olabilecekler (Ayvaz ve ark., 2011).

Azalan doğal sermaye ve artan çevre kirliliği dünyamızın geleceği hakkında endişe vericidir. Suyun devamlılığı su ve akuatik ekolojik sistemleri düzenleyici bir yaklaşımdır. Bu terim hem su ürünleri yetiştiriciliği yapan hem de ekosistem dostu şirketler için ekonomik olmayı destekler. Devamlılık-Sürdürülebilirlik doğal geri dönüşümü de destekleyen bir yöntemdir. Bu yöntem sosyal, ekonomik ve çevresel yaklaşımları içerir. Kaynak kullanımını dengelemek, yerel kaynakları kullanmak, insan ihtiyaçlarını karşılayan ekosistemi koruyarak kullanmak ve çevrenin kalitesini azaltmadan değerlendirmek sürdürülebilir yetiştiricilikle mümkün olacaktır (Atar ve Alçıçek, 2009).

Ötrofikasyon; ılıman kuşaktaki göl ve rezervuarların en önemli sorunudur. Ötrofikasyon için tedbir almanın yolu ise öncelikle izleme ve araştırma programları oluşturmakla başılır. Yaşadığımız dönemde su kaynaklarına verilen değer global iklim değişiminin negatif etkilerinin hissedilmesi ile birlikte artış göstermiş; su kaynaklarının korunması uluslararası ve ulusal mevzuatlarla da zorunlu kılınmıştır. Koruma çalışmalarında ilk adım sorun ve izleme belirlemedir. Bu tezde Sivas İli Suşehri İlçesi sınırları içerisinde

yer alan Kılıçkaya Baraj Gölü'nün ötrofikasyon durumu ortaya konulmuş; elde edilecek bilgiler ışığında gölün ötrofikasyon yönetimi ve uygulamalı projeler için temel bilgiler elde edilmiştir.

Türkiye'de içsu varlığımıza-potansiyelimize baktığımızda içsularımızın sadece %30'na karşılık gelen 677 adet baraj gölü bulunmaktadır. Bu potansiyelin sağlıklı içme suyu temini veya su ürünleri bakımından barajlarda su kalitesinin izlenmesi önem taşımaktadır. Bunun içinde baraj göllerinin özelliklerinin olduğu veritabanları oluşturulmalı ve baraj göllerinin trofik seviyelerinin belirlenmelidir. Trofik düzeyin belirlenmesi, göllerin sınıflandırılmasına ve su ürünlerine yönelik sağlıklı ve geçerli planlamaların yapılabilmesine de imkân sağlayacaktır. (Ayvaz ve ark., 2011).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fosfor Nedir ve Niçin Önemlidir

Fosfor Alman simyacısı Hennig Brand tarafından 17. yy'da keşfedilmiştir. İnsan vücudunda kalsiyumdan sonra en fazla bulunan kimyasal element fosfordur. Atom numarası 15 ve Simgesi P' dir. Bütün organizmalar DNA yapıları için fosfor diester bağları -fosfor birleşimleri büyük önem taşır. İnsan vücudu bunun dışında fosfora hücre büyümesi ve onarımı, kemik ve diş oluşumu, kalp kasının kasılması, enerji üretimi, kas ve sinir hareketleri, böbrek işlevleri açısından ihtiyaç duyar.

Fosfor elementi vitaminlerin kullanımı ile gıdaların enerjiye çevrilmesinde yardımcı olarak bedene fayda sağlar. Fosfat hücre içi sıvıların ana anyonudur, fosforun %85 kadarı kemikte fosfat şeklinde depolanır. Fosfatlar dönüştürülebilir olmalarından dolayı, birçok metabolizma fonksiyonlarının ve koenzim sisteminin işlemesi için lüzumlu bileşiklerle birleşme kabiliyetine sahiptir. Özellikle ADP, ATP ve fosfokreatinin işlevleri ile fosfatların birçok önemli reaksiyonları ilişkilidir (Anonim, 2018b).

Akuatik sistemlerde fosfor, bu modellerde var olan karmaşık ve çok taraflı biyokimyasal dengelerin anahtar unsurlarından birtanesidir. Göl sulurunda ve akarsularda fosfor, çözülmüş organik ve inorganik fosfat ve organik partiküler fosfat formlarında bulunmaktadır. Fotoototrof üreticiler tarafından çözülmüş inorganik fosfat alınır iken, organik fosfor canlı organizmalar ve onların partiküler artıklarından alır organik olacak şekilde bağlanır ve besin zincirine katılmış olur. Canlı protoplazmanın aşağı yukarı %2'sini kuru ağırlık olacak şekilde fosfor oluşturur. Bu sebeple, fosfor özellikle fotosentezle üretim yapabilen ototrof canlılar ile hetotrof mikroorganizmaların gelişmesinde sınırlayıcı bir tesire sahiptir.

Endotermik sentez reaksiyonlarında, mikrobiyel, bitkisel ve hayvansal hücrelerde ekzotermik oksidasyon reaksiyonu sonucunda açığa çıkan enerji kullanılır. Canlıların metabolik faaliyetlerinde bu biçimde meydana gelerek ortaya çıkan enerji, hücre maddelerinin biyolojik sentezine benzer şekilde enerji isteği olan farklı reaksiyonların uygulamasında değerlendirmek için, fosfor içeren bileşiklerde kimyasal olarak depolanır

ve ihtiyaç halinde bu bileşiklerden alınarak kullanılır. Canlı hücreler enerji götüren bileşiklerin en önemlisi adenzin trifosfat (ATP)'dir. Canlı hücrelerinde mevcut olan ADP'nin ATP'ye çevrilmesinde oksidasyonla açığa çıkan enerji kullanılmaktadır. ATP'nin yüksek enerjili fosfat anhidrit bağlarında stoklanan enerji bağın hidrolizi ile serbest kalır ve endotermik sentez reaksiyonlarının oluşması sağlanır. Böylece ATP tekrar ADP'ye dönüşmüş olur (Uslu ve Türkman, 1987).

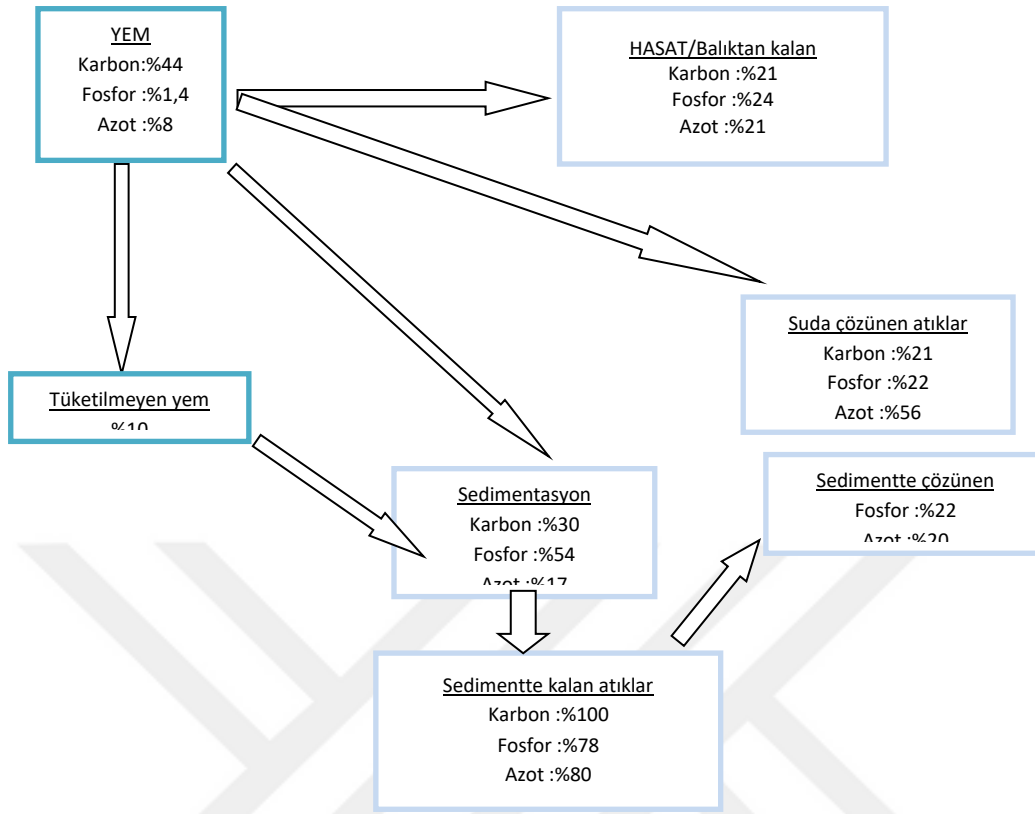
Fosfor, deniz ve tatlı sularında serbest halde çok düşük derişimlerde veya hiç bulunmaz (Yıldırım ve Korkut, 2004). Fosfor yoğunluğu tabi sularda; su içerisinde karışan organik madde ve su içerisindeki organik metabolizmaya, bölgenin jeolojik yapısının kimyasal içeriğine, havzanın morfometresine, evsel atık özellikle deterjan olup olmadığına, bağlıdır (Aşıkutlu ve ark., 1987). Su ortamında oluşan ötrofikasyonun da ana element fosfordur (Harper, 1992). Toplam fosfor seviyesi gün içerisinde çözünmüş oksijen, pH ve başka su kalite özelliklerine göre değişim göstermez. Bununla beraber gübrelemeyi takiben bir değişim söz konusu olabilir ve bu değişim birkaç gün içerisinde meydana gelebilen askıda katı madde konsantrasyonundaki veya fitoplankton yoğunluğundaki değişimlerle karakterize edilir (Boyd, 2014).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yenilmeyen yem israfı ve nütrientlerin kaybı önlemek için balığın en uygun protein ve enerji gereksinimlerin tespit edilerek bu ihtiyaçlarının karşılanması halinde bu durumun önüne geçilebilir. Protein balıklarda temel enerji kaynağı olarak kullanılır. Protein dışında, yağ ve karbonhidratlardan da enerji kaynağı olarak yararlanılabilir. Enerjisi fazla yemler kullanılmak suretiyle nitrojen boşaltımı oranı düşerken proteinden faydalanma oranı yükselir (Gelineau ve ark. 2001). En başta som, alabalık benzeri bazı balıkları beslemek için kullanılan bu çeşit yemler de, metabolizma çalışmaları için ihtiyaç duyulan enerji yem içerisindeki yağ miktarını arttırmak suretiyle ile temin edilmektedir. Salmon balıklarının üzerinde Johnsen ve diğ. (1991) tarafından %22 ve %30 yağ içeren iki ayrı yem için deneme yapılmıştır. %30 yağ içeren yemin azotta-amonyak olarak %35, fosforda %22 daha az kirliliğe sebep olduğunu bulmuşlardır. Yemlerdeki kayıplar pelet yemlerde %9 iken, ekstruder yemlerde bu değer %2 olarak Norveç salmon endüstrisi tarafından bildirilmiştir (De Silva ve Anderson, 1995). Avrupa

ülkelerinde enerjisi yüksek olan yemlere kademeli olarak geçiş olmakta ve ekstruder yemler pelet yemlerin yerini almaktadır.

Çizelge 2.1. Avrupa ülkelerinin bazılarında temel yem karakterleri (Alvarado, 1997).

Ülkeler	Norveç	Danimarka	Yunanistan		
Balık Türü	Salmon	Alabalık	Çipura-Levrek		
	4-5 kg	250-300 g	400-800 g		
Yem Tipi	Ekstruder Yüksek Enerjili	Ekstruder Standart	Ekstruder Yüksek Enerjili	Pelet	Ekstruder
Protein (%)	38	40	45	44-48	45-50
Yağ (%)	33	30	30	11-17	12-20
Fosfor (%)	0.9	0.9	0.9	1.2	1.2
FCR	1.2	1.3	0.9	2.5	1.8-2.0



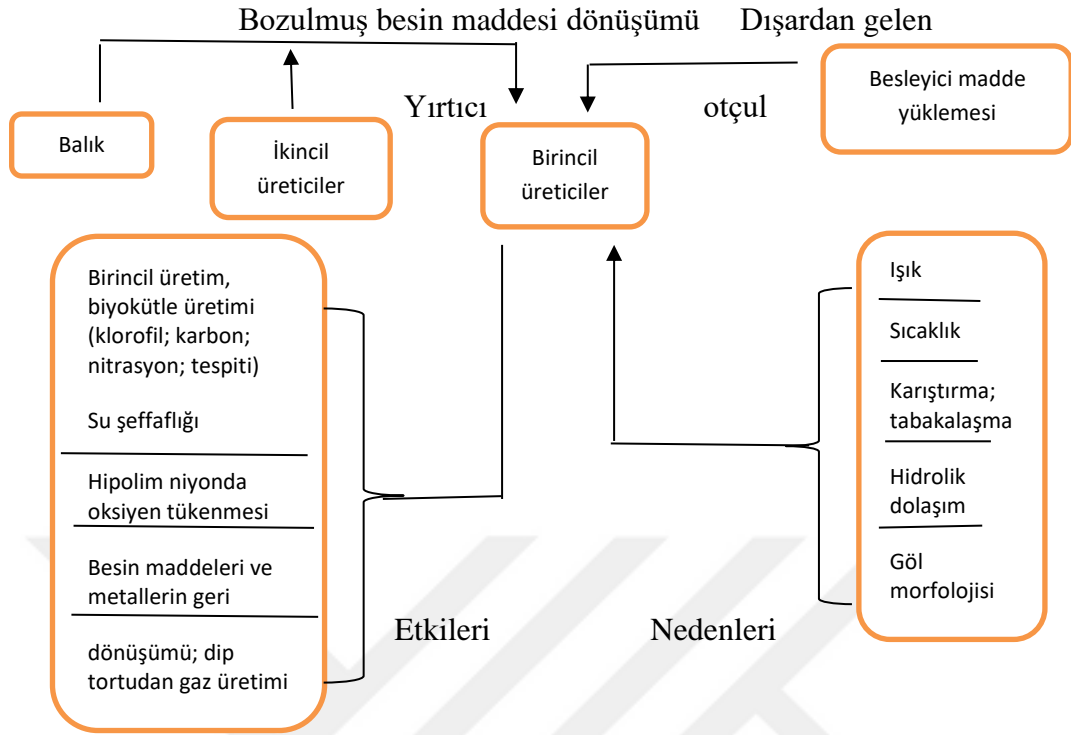
Şekil 3. 3. Ağ kafeslere sahip işletmelerde su içerisinde çözünen ve organik atık tespiti için kütle dengesi modeli (Gowen ve ark., 1997) .

Henüz ülkemizde su ürünleri yetiştiricilik işletmelerinin sebep olduğu fosfor kirliliğinin azaltılması ile ilgili çalışmalar yeterli seviyede mevcut değildir. Başta yem üretim sektöründe çalışmakta olan şirketlerin ve pazarda varolan farklı yem türlerinin azlığı; yemler içerisindeki fosfor miktarlarının azaltmaya yönelik faaliyetler için ekonomik olarak uygun bulunmamaktadır. Bu sebeple ülkemiz için yapılması planlanan çalışmalar, işletmelerin yoğun olarak izlenmesi, işletmelerin kurulacağı yerlerin seçiminde özen gösterilmesi, çevresel kapasitelerinin hesaplanması ve en önemlisi besleme sırasında, yemleme oranları ve tekniklerinin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır. Yapılan bu tür çalışmalar çevrenin korunması ile birlikte işletmelerin ekonomik yönden de gelişmesine yardımcı olarak fayda sağlayacaktır (Yıldırım ve Korkut, 2004).

2.2. Limnolojik Olarak Göllerin Sınıflandırılması

Trofik durum; belirli bir zaman sürecinde ve yerde su kütlesi içerisindeki canlı biyolojik materyalin toplam ağırlığı –biyomas olarak tanımlanmaktadır. Çok kapsamlı bir yaklaşıma sahip olan trofik durum, su kütlelerinin kimyasal, biyolojik ve fiziksel, karakteristik özellikleri kadar havzası ile de yakından alakalı olması sebebiyle, göllerin sınıflandırılmasında kullanılan en eski yöntemlerden biri olmuştur. Göller kavramsal olarak trofik duruma göre, birinden ötekine devamlı olarak ilerleyen bir trofik akış dizisi (oligotrofik – mezotrofik – ötrofik – hipertrofik) içerisinde bulunmaktadır. Gölleri sınıflandırmadaki amaç besin unsurlarının biyolojik açıdan oluşturduğu farklılık olarak kabul edilebilmektedir(Anonim, 2017b).

Bir gölün beslenme-trofik halinin belirleyicisi gölün üretkenliğidir. Üretkenliği- Üretkenlik- Üretkenlik veya üretkenliğe tesir eden, düzenleyen unsurlar tepit edilerek göller bir trofik hal sınıfına dâhil edilebilirler. Biyomas veya Nutrient durumuna göre göllerin sınıflandırılması amacıyla bitki nutrienti/biyoması düşük - oligotrofik ve bitki nutrienti/biyoması yüksek- ötrofik terimleri ilk defa Thienemann ve Naumann tarafından kullanılmıştır. Oligotrofi (bitki nutrienti/biyoması düşük) ve ötrofi (bitki nutrienti/biyoması yüksek) arasındaki basamağı tanımlamak için daha ileri senelerde bu terimlere mezotrofik kavramı ilave edilirken, daha ileri ötrofi durumlarını açıklayabilmek için ise Wetzel, hiperötrofik veya hipertrofik terimini kullanmıştır. Günümüzde trofik durum sınıflandırılmasında kabul gören ve yaygın olarak kullanılan parametrelerin bellibaşlısı, ışık geçirgenliğini temsil eden seki diski derinliği (fiziksel faktör), nutrient sınırlamasını temsil eden fosfor (kimyasal faktör) ve üretkenlik/prodüktiliteyi temsil eden klorofil pigmentleri (biyolojik faktör) dir (Anonim, 2003).



Şekil 2. 4.Ötrofikasyonun etkileri ve nedenleri (Chapman, 1996)

Göller biyolojik üretkenliklerine durumlarına göre göl hidrolojisi ilminde sınıflara ayrılırlar.

Oligotrofik göller: Nutrient - besi maddeleri yönünden fakirdir, yani az miktarda beslenen su yataklarıdır. Bu tip göllerde derinlik fazla, kıyıda bulunan şeridi dardır. Geniş termoklin tabakası, epilimnion hipolimnion oransal olarak küçüktür. Taban organik madde yönünden fakirdir. Su içerisinde yüzen plankton ve askıdaki maddelerin azlığı sebebiyle elektrolitesi düşük olmaktadır. Sudaki renk mavi yeşil ve berraktır. Azotyum, fosfor ve kalsiyum oldukça az miktarda, humik asit ise çok miktarda az veya hiç yoktur. Oksijen miktarı yıl boyu fazladır. Kıyıda kesimlerde yüksek bitkiler az denecek kadar yoktur. Her derinlik seviyesinde oksijenin bol miktarda bulunması soğuk suyu içerisinde yaşamayı seven balıklar (Alabalıklar) için uygundur. Bu göllerin tipik örnekleri, dağ gölleridir. Dağ gölleri soğuk ve berrak sulara sahip olup içinde pek az bitki ve balık yetişir. Pınarlarla beslenen kırsal zeminli göller de bu sınıfa girer(Anonim, 2018b).

Mezotrofik göller: Oligotrofik göllere göre biraz daha orta derecede beslene bilen göllerdir. Bu tip göllerde su bitkileri görülmeye başlar. Suyun rengi, yeşilimsi bir renk alır; balık üretimi orta derecede olur. Mezotrofik göller, oligotrofik ve ötrofik göllerin

ekstrem özellikleri arasında, orta seviyede besin maddesi ve fitoplankton verimliliğine sahiptirler (Cerit, 2008).

Ötrofik göller: Bu göller yüksek miktarda besin unsuru içeren, biyojenik madde ve yazın fazla miktarda gelişmiş fitoplanktonlarla karakteristik özellik gösteren göllerdir. Ötrofik göllerin büyük çoğunluğunun derinlikleri fazla değildir. Oksijeni daha az içeren bu tip göllerde organik madde bakımından miktarı yüksektir. Genel bir durum olarak derinliği az olan, kıyıları düz ve geniş bir vejetasyon kemerine sahiptirler. Epilimnion, hipolimnion oransal olarak büyüktür. Zeminde organik madde birikimi sebebiyle metan ve hidrojen sülfür gazları oluşur. Ötrofik göllerin sularının rengi yeşil sarı veya koyu esmer olabilir. Askıda madde ve plankton miktarı fazla olduğundan suyun berraklığı azdır. Bu cins göllerde elektrolitler azot, kalsiyum ve fosfor fazla, humus miktarı azdır. Su, nutrient maddesi ve kalkerce zengin olduğundan Plankton için uygun bir ortam sağlar. Oksijen göl yüzeyinde fazla ise de, derinliklere inildikçe azalır. Litoralde, zengin bir bitki topluluğu görülür, dip faunası tür sayısı olarak az fakat miktarda zengindir (Anonim, 2018b).

Hiperötrofik göller: Ötrofik göller bir sonraki aşaması hiperötrofik göllerdir. Ötrofik seviyeye gelmiş bir gölde gerekli tedbirler alınmadığı takdirde hipertrofik duruma geçilir. Buna benzer göller alglerin ve mikroskobik bitkilerin aşırı derece çoğalması, göl zeminine ve kıyılara birikmesi neticesinde bataklaşmaya doğru giderek yok olmak üzeredir (İyigün, E. Koçbug, Z. 2003).

Distrofik göller: Rüzgâr almayan ve akıntısı olmayan yerlerde büyük çoğunlukla distrof göller oluşur. Gölün yüzeyi, içe doğru uzanan geniş bir bitki örtüsüyle kaplıdır. Suyun rengi esmer ve humusludur. Humik asit fazlalığından dolayı pH değeri düşüktür. Humuslu ve Koloidal maddeler suyun berrak örüntüsünü ve elektrolitesini olumsuz yönde etkiler. Oksijen taban kısımlarda oldukça azdır. Bentos ve plankton çeşit ve miktar yönünden fakirdir (Anonim, 2018b).

Trofik durum listesindeki karakteristiklerle uyuşmasına bağlı olarak, göller trofik bir sınıfa dâhil edilir.

Çizelge 2. 2. Trofik tipe göre göllerin genel karakteristikleri

Karakteristik	Oligotrofik	Ötrofik
Dağılımı	Yüksek bölge ve dağ göller	Ova göller
Morfometri	Derin, litoral bölge dar ve eğimi fazla, hipolimnion/epilimnion oranı yüksek	Sığ, litoral bölge geniş ve eğimi az hipolimnion/epilimnion oranı düşük
Su Kimyası	Elektrolit miktarı az veya değişken, Ca, N ve P bakımından fakir, hümik madde çok az veya yok	Elektrolit miktarı genellikle fazla, Ca, N ve P bakımından zengin, hümik madde az
Çözünmüş oksijen	Tüm yıl boyunca tüm derinliklerde Fazla, derinlik arttıkça azalır	Hipolimnionda çok az veya yok, metalimnionda ani olarak azalır
Süspanse madde	Çok az	Fazla ve genellikle plankton kaynaklı
Renk	Mavi –yeşil	Kahverengi-yeşil, yeşil-sarı
Organik madde	Süspanse halde ve dipte organik madde az	Süspanse halde ve dipte organik madde fazla
Dip çamuru	Saprobik değil	Saprobik
Fitoplankton	Tür sayısı fazla, biyomas oranı az Aşırı alg çoğalması nadir Chlorophyta ve Bacillariophyta karakteristi	Tür sayısı az, biyomas oranı fazla Aşırı alg çoğalması genellikle var Cyanophyta karakteristik
Zoobentoz	Profundal fauna tür sayısı bakımından zengin Tanytarsus var; Coretha genelde yok	Profundal fauna tür sayısı bakımından fakir Chironomus ve Coretha mevcut
Litoral Bölgede Köklü Bitkiler	Nadir	Bol
Karakteristik Balık	Alabalık, Salmon gibi soğuk su Balıkları	Sazan, Yayın, Turna, Levrek gibi sıcak su balıklar
Toplam Primer Üretim	Düşük	Yüksek
Evsel ve Endüstriyel Kullanım İçin Kalitesi	İyi	Çoğunlukla kötü
Süksesyonu	Ötrofiye doğru	Gölet ve çayıra doğru

Çizelge 2. 3. Trofik duruma göre göllerin sınıflandırılması* (Nürnberg, 1996)

Trofik düzey	Toplam P (µg/L)	Toplam N (µg/L)	Klorofil a (µg/L)	Seki Diski Derinliği (m)
Oligotrofik	<10	<350	<3.5	>4
Mezotrofik	10-30	350-650	3.5-9.0	4-2
Ötrofik	31-100	651-1200	9.0-25.0	1.9-1
Hipertrofik	>100	>1200	>25.0	<1

*Yüzey suyu ortalama değerleri

2.3. Su Kalitesi Sorunları

Çevresel döngü (hidrolojik döngü) sırasında suyun insandan kaynaklı (antropojenik) kullanımın sebep olduğu birçok tabi olarak mevcut olan maddelerin yabancı madde ile karışması veya türlü sebepler ile su içerisinde miktarının artarak zenginleşmesi, sularda önemli kirlenme problemleri meydana getirir. Suyun kalitesinin korunması ve su kalitesinin bilinmesi su kirliliğinin önüne geçilerek önlenmesinde büyük önem taşır. Su kalitesi, özetle herhangi bir su kütesinin belirli bir süre zarfında içerdiği varolan kimyasal, biyolojik ve fiziksel, özelliklerinin tümü olarak tanımlanabiliriz. Su kalitesi ölçütleri, su içerisinde var olabilecek türlü kirlenici öğelerin yeryüzünde varolan insan ve canlı hayatı üzerindeki tesirlerinin, hangi konsantrasyonlarda ve hangi şartlarda, ne çeşit zararlara sebep olabileceğini belirleyen bilgileri içerir. Suyu türlü faktörlerin eklenmesi ile tabi olmayan bir halde kimyasal, biyoloji ve fiziksel değişiklikler ortaya çıkabilir (Başibüyük, 1992).

Göller yüzey suları içerisinde kirlenmeye karşı en hassas olan ortama sahiptir. Gerek nehirler, akarsular ve gerekse yüzey akışkanlığıyla gelen her çeşit çözülmüş ve askıda bulunan maddeler özellikle dışa akışı bulunmayan göllerin havzasında toplanarak, gölde içerisinde birikmeye başlar. Göle içine giren suların antropojen-insan kaynaklı tesirlerle kirlenmiş bulunması, su kalitesinin artarak bozulmasına neden olur. Göle suyuna giren kirlenici maddeler, zor parçalanabilen pestisidler, ağır metaller gibi, bozunmayan çeşitte ise, bu kirleniciler gölde zamanla artan yoğunlaşmalara sebep olur. Askıda bulunan maddeler, göl zeminine çökerek birikinti oluşturur ve gölün dolmasına neden olurlar.

Parçalanması kolay olan organik maddeler ise, gölün kendini temizleme kapasitesi ile zararsız duruma dönüşürler. Kısacası göller olağan şartlarda organik bir kirliliği zararsız hale dönüştürerek yok edebilirler. Ancak, gölün tabii arıtma kapasitesini aşan durumlarda organik yükler, göldeki oksijen miktarının tükenmesine ve gölün, anaerobik hale dönüşmesine neden olur (Anonim, 2015a).

Sucul ortamlarda özellikle kıyı alanlarda ekolojik sistem fonksiyonunun modellenerek su kalitesi problemi yaşayan bölgelerde özel tetikleyici değişkenlerin, varsayımların meydana çıkarılması ve bu varsayımlara dayanan sorunların çözüm yollarının bulunması ile problem önlenir (Sağlamtimur, 2018).

2.3.1 Ötrofikasyon nedir ?

Besin öğelerinin (çoğunlukla fosfor ve azot bileşikleri) sebep olduğu nehirler, göl ve rezervuarda biyolojik üretimden kaynaklanan tabii prosesin zenginleşmesini ötrofikasyon olarak tanımlayabiliriz. Biyokütle miktarındaki artış, etki eden etkenlerin sayısı ile artış gösterir ve su kullanımında tümü birlikte toplu olarak bozulmaya sebep olur. Bu tesirler Şekil 2,2’de listelenmiştir. Yüzey birikintileri, algal patlamalar veya görülebilir mavi-yeşil alg (siyanobakteri), bentik macrofitlerin toplanması ve yüzey bitki yığınlarıyla ötrofikasyon sonuçlanabilir. Bu vaziyet öncelikle okside olmuş fosfatların sedimanlara bağlanması veya toksik maddelerin serbest kalması, organik maddelerin bozunması ve oksijen yoksunluğunda balıkların ölümleri gibi ikincil sorunlara sebep olabilen su içerisinde çözünmüş oksijenin miktarının azalmasını tetikleyebilir (Sağlamtimur, 2018).



Şekil 2. 5. Ötrofikasyon (Waikato, 2013)

OECD; ötrofikasyonu suların besleyici öğelerce zenginleşmeleri neticesinde fazlaşan alg ve makrofit üremesi, balık avlama sahalarının, su kalitesi özelliklerinin nitelikçe bozulması olarak tanımlamaktadır. Ötrofikasyon oluşma sebebine göre tabi ve suni olarak tasniflenebilir. Tabi ötrofikasyon; gölün yapısında bulunan organizmaların ölümü neticesinde parçalanan vücut artıklarının ve kabuklarının sedimentte toplanmasıyla meydana gelir. Tarımsal faaliyetler neticesinde, evsel ve endüstriyel meydana gelen ötrofikasyon da yapay ötrofikasyondur (Anonim, 2010a). Temiz olan herhangi bir kirliliğe maruz kalmamış bir gölde N, P, C gibi besleyici maddeleri girişi sınırlı bulunduğundan alg gelişmesi de sınırlı olmaktadır. Besleyici madde girişi artış gösteren göllerde ötrofikasyon problemi başgösterir. Mevcut problem su kaynaklarının kullanımındaki potansiyeli azaltır. N ve özellikle P besin maddeleri olarak Algler için sınırlayıcıdır. Alg için C/N/P öğelerinden bir tanesinin az miktarda bulunması alg gelişimini engelleyici tesir eder. Göl suyunda tabi balansa bağlı durumda bulunan gıda öğeleri göllerdeki suyun kalitesini oluşturmaktadır. Ötrofikasyon hadisesinin ana unsurları azot ve fosfordur. Bu hadisede başkaca oligo-elementler (bor, bakır, molibden, demir, potasyum vb.) silis ve bazı vitaminler rol oynar. Eğer bir kirlilik halinde besin tuzlarında normal olmayan artış söz konusu ise, bu göldeki suyun kimyasal kalitesine tesir ederken, diğere taraftanda fitoplankton büyümesini hızlandırmak suretiyle su içerisindeki biyolojik

balansı bozar. Bu sebeple göl suyu içerisinde (alg bloom=alg patlaması) kesif bir alg gelişmesi beslenme derecesinin bir kıstasıdır. Suyun trofik seviyesinin belirlenmesinde bilhassa alg çeşitleri ve çeşitlerdeki birey miktarı suyun trofik seviyesinin tayin edilmesinde bir kıstas olarak değerlendirilmektedir. Göl suyu içerisindeki gıda maddesi derişim miktarı; göl suyuna giriş yapan besin maddesi miktarı ve göl içerisindeki gıda öğeleri seviyesi ile alakalıdır. Göl suyunda negatif bir biyolojik büyümeyi engellemek için P'un 0.02 mg/l ve N'un 0.3 mg/l seviyesinin altında bulunması gerekir. Bununla birlikte fosfor'un ve azot'un yük miktarları gölün derin olması ilede yakın alakalıdır.

Çizelge 2. 4. Göllerde izin verilen P ve N yükleri

Ortalama Derinlik (m)	İzin verilir yük (g/m ² göl yüzeyi/yıl)		Tehlike oluşturan yük (g/m ² göl yüzeyi/yıl)	
	N	P	N	P
5	1.2	0.07	2.0	0.13
10	1.5	0.10	3.0	0.20
50	4.0	0.25	8.0	0.50
100	6.0	0.40	12.0	0.80
150	7.5	0.50	15.0	1.00
200	9.0	0.60	18.0	1.20

Nehirlerde ve göllerde bitkilerin, hayvanların ve mikroorganizmaların gelişmesinin artması ötrofikasyondur ve tabii bir hadisedir. Fakat bu hadisenin süresiz devam etmesine müsaade edildiği durumda, su içerisinde oksijen eksikliği meydana gelir. Böylece ortamda aerobik mikroorganizmaların aleyhine olarak anaerobik ortamda yaşayan mikroorganizmalar, artarak çoğalırlar. Bu durumda organik maddelerin su (H₂O) ve karbondioksit (CO₂)'e parçalanma işlemleri yarım kalır tamamlanamaz. İndirgenmiş şekilde göl suyunda birikinti oluşturmaya başlar. Birikinti oluşturan bu organik bileşiklerin ile beraber, metabolizma ürünü olarak düşük molekül ağırlıklı bileşikler anaerobik mikroorganizmalar tarafından oluşturur. Aerobik mikroorganizmalar oluşan bu bileşikler için kuvvetli toksik etkiye sahiptir. Su çevriminin yalnızca üst katmanlarda olduğu göllerde yaşayan anaerobik bakteriler, algler ve fotosentetik bakteriler arasında etkileşim şu şekildedir ve bir balans içerisinde. Suyun üst tabakalarında fotosentez yapan öteki yeşil bitkiler ve algler bulunmaktadır. Burası suyu aerobik bölgedir ve

havalanan kısımdır. Zeminde, ölü bitkileden kalan artıkların birikim yaptığı ve su çevrimi bulunmadığı için anaerobik, havasız alan bulunmaktadır. Fotosentetik anaerobik bakteriler bu iki alanın arasında üst kısımda yeterli miktarda ışık alabilen, fakat hava almayan bir alan vardır ki burada bulunmaktadır. Bu bakteriler göl zemininde var olan organik artıkları parçalayarak anaerob bakterilerin metabolik ürünleri olan bütrik asit, hidrojen sülfür (H₂S) ve fotosentezde elektron vericisi olarak diğer yağ asitlerini kullanırlar ve böylece bu bileşikler parçalanarak yeşil bitkiler için toksik etkileri ortadan kaybolur. Böylelikle göl zeminine ulaşan organik artık maddeler parçalanırken meydana gelen toksik etkili bileşikler yüzey kısımlarda arada bulunan anaerobik fotosentez yapabilen bakteriler tarafından tutularak diğer canlılara ve bitkilere erişmeden etkisiz hale getirilir. Bu biyolojik balans zaman zaman yüzey sularda yaşayan alg popülasyonunda fazla bir artış neticesinde bozulur. Genel bir durum olarak su içerisindeki alg popülasyonunu sınırlandıran en mühim tesir fosfor ölçüsünün az olmasıdır. Suda rastgele bir sebeple fosfor miktarının artış göstermesi, alglerde fazla miktarda üremeye neden olur. Bu durumda göl zemininde birikmiş olan çok miktarda alglerin oluşturduğu artıkların anaerobik parçalanmasıyla meydana gelen toksik bileşiklerin ölçüsü, ara tabakadaki fotosentetik anaerob bakterilerin artık tutamayıp etkisiz hale getiremeyeceği durumlara ulaşır. Yüzey tabakalara ulaşan bu zehirli toksik bileşikler, burada bulunan balıkları da içine almak suretiyle canlı yaşamı yok eder (Anonim, 2019a). Genel bir durum olarak ötrofikasyon bir su kütlesi içerisinde aşağıdaki olaylarla izlenir:

- Suda yaşayan organizmalar ve bitki kütlelerinde meydana gelen artış,
- Organizma çeşidinde değişme, örneğin mavi-yeşil alglere ek olarak yeşil alg çoğalması ve salmon balığı yerine daha kaba balık çeşitlerinin artması,
- Günlük oksijen konsantrasyonunun göl derinliği boyunca yapılan kontrollerde en üst ve en alt değerlerinin izlenmesi,
- Suyun rengindeki artış ve geçirdiği ışık miktarının azalması,
- Gölde katmanlaşmanın olduğu periyotlarda dip kısımların oksijen konsantrasyonunun azalması,

- Çözünmüş olan azot(N) ve fosfor (P) konsantrasyonunda artış meydana gelmesi.

Çizelge 2.5. Oligotrofik ve ötrofik suların özelliklerinin kıyaslanması (Anonim, 2019)

Özellik	Özellik	Özellik
Görünüş	Yeşil renk, düşük ışık girişi, berrak değil,	Çok temiz su, yüksek ışık girişi
Sertlik	Çoğunluk sert	Genellikle yumuşak
Koku ve tat	Her zaman olmamakla birlikte çoğunluk çürük kokusu	Koku yok veya turbamsı
Balık	Yok, veya dayanıklı bazı türlerden az sayıda	Som ve alabalık
Oksijen kapsamı	Düşük, mevsim ve derinliğe bağlı olarak değişir	Doygunluk civarı
Su temini için arıtma	Zor ve yavaş filtrasyon	Kolay ve hızlı filtrasyon

Bir su sahasının ötrofikasyon yönünden değerlendirilmesinde en mühim basamaklarından bir trofik düzeyin dosdoğru bir şekilde belirlenmesidir. Göllerin trofik düzeyinin tespitinde çoğunlukla üç ana değişken kullanılmaktadır.

Çizelge 2. 6. Göllerin beslenme durumları (Thoman ve ark., 1987)

Parametre	Oligotrof	Mezotrof	Ötrof
Toplam fosfor ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<10	10-20	>20
Klorofil-a ($\mu\text{g}/\text{L}$)	<4	4-10	>10
Secchi diski derinliği(m)	>4	2-4	<2
Hipolimnetik oksijen(%)	>80	10-80	<10

Ötrofikasyonun nasıl kontrolü edebiliriz? Göllerin umumi problemi dünya genelinde artış gösteren besin tuzu miktarları sebebiyle kirlenmeleri, yani ötrofikasyondur. Zira bu hal, kentleşme ve tarım sebebiyle havzadaki toprak düzenlerinin katı besin çevrimlerini kırarak göllerin ana unsurlarının çok farklı çeşitlerde değişmesine sebep olmaktadır. Şehirleşme ve gittikçe artan nüfus, nehirlere boşaltılan kanalizasyon sistemlerinin yapılması, toprağın fazla işlenmesi ve inorganik gübre sebebiyle fosfor yoğunluğunun giderek artışına sebep olmuştur. Ötrofikasyon tek başına oluşmaz, yukarıdaki belirtilen faktörlerin yanında sebep olan diğer unsurlarında bu değişikliklerle birlikte meydana

geldiğinin farkında olmak önemlidir. Tüm bunlar, trofik düzeylere tesir eden bir dizi biyolojik farklılaşmaya sebep olmakta ve su arıtma işleminde görülen toksik alg patlamaları sonucu, balıkçılığın devamlılığı, üretimi, ticaret ve rekreasyon gibi artış gösteren sorunlara yol açmaktadır. Ötrofikasyonu denetlemenin en kolaylıkla yapıldığı göller derinliği fazla olan göllerdir. Bu tip göllerde, yalnızca besin maddesi girdisinin denetlenmesi bile, problemin tabanında yatan fazla fitoplankton artışının azalmasında etken olabilir. Atık su boşaltılacak başka yerler bulunması, atıksuyun çökeltme işlemi, deterjan formülasyonunda yapılabilecek değişiklikler, bu gaye için yapılan sazlık bölgelerin ya da tampon alanların kullanılması ile göl suyuna besin taşıyan dış kaynakların girişi denetlenebilir. Yapılan bu uygulamalar umumi olarak fosfordan kaynaklanan kirliliği kontrol altına almaya yönelik olmuştur. Zira birçok halde miktar olarak fosfor, azot miktarından daha az bulunmaktadır. Bundan dolayı da daha kolay denetim altına alınabilmektedir. Fakat azotun daha tesirli denetim sağlayacağı veya her iki besin tuzunun beraber ele alınmasını gerektiren durumlar da mevcuttur. Azot ve Fosfat; yağın yağmur suyu, çay ve nehirlerin taşıyarak getirdiği tarıma dayalı ve şehirleşmeden kaynaklanan atıklar ve mineral depozitlerden tekrar oluşarak sisteme girerler. Azot sisteme (atmosferik, biyolojik ve endüstriyel süreçlerle azotun, nitrat ve nitritlere dönüştürülmesi) azot fiksasyonu ile giriş yapıp (amonyağın serbest azota çevrilmesi) denitrifikasyon yolu ile sistemden çıkış yaparlar. Fosfor ve azot çevrimi sisteme giriş yapan fosfor ve azot bileşenlerinin tamamının sistemden çıkana kadar geçirdiği zamanın tümü olarak tanımlanabilmektedir (Anonim, 2010a).

Göl suyunun trofik düzeyinin ötrofik veya hiperotrofik seviyede olması halinde bu durumu düzeltmeye yönelik çeşitli faaliyetlerin uygulanması gerekmektedir. Bunu, su ortamı içinde ve su ortamı haricinde yapılan aktiviteler olarak iki kısımda ele almak mümkündür.

Göl suyu içerisinde meydana gelen değişiklikleri için alınabilecek önlemler gölün yapısına ve gösterdiği karakteristik özelliklerine göre şu şekilde sıralanabilir.

İçerde alınabilecek önlemler:

- Fosforun inaktive edilerek giderilmesi: Alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) kullanılmak suretiyle fosfor 'un sedimette tutulması sağlanır. Ancak göl asidik bir yapıya sahip olması durumunda bu yöntem sonucu alüminyum toksik tesir gösterebilir. Oldukça tesirli bir metod olmakla birlikte tekrar edilmesi gereksinimi ve oldukça büyük göller için kazançlı olmaması sebebiyle, bu metodun avantajlı olmadığı görülmektedir.

- Sedimentin süzülmesi: Besin maddesine zengin olan alan taranarak sedimentin üzerinde bulunduğu bölge mekanik bir yöntemle gölden uzaklaştırılır. Kullanım sahası oldukça yaygındır. Metod maliyetinin yüksek olması ve zeminde bulunan balıklara zarar verebilme ihtimalinin bulunması gözönüne alınmalıdır.

- Besin maddesine zengin olan suların hipolimniondaki çıkarılması: Termoklin tabakasının altında bulunan su tabakasının uzaklaştırılması yöntemi uygulama sahası daha az bulunan bir metoddur. Uzaklaştırılan suların taşıdığı diğer alıcı bulunan ortamda su kalitesi sorunu oluşturabileceği dikkate alınmalıdır.

- Hipolimnionun hava almasını sağlamak: Alt tabakada bulunan suların havalanmasını sağlamak amacıyla yüzeye çıkarılması ile yapılan metoddur. Bu metod organik maddelerin ayrışarak parçalanmasına yardım eder ve alg miktarının azalmasını sağlar.

Dışarıdan nasıl önlemler alınabilir:

Ötrofik düzeyde bulunduğu saptanan bir göl için su içerisindeki ortamın dışında alınabilecek ilk sıradaki önlem besin maddesinin sisteme girişinin engellenmesi dir. Bu gayeyle var olan deşarjlara tesirli arıtma metodlarının uygulanmasının yanı sıra,

1. Göl suyu içerisine giren atıksu girişlerinin bir dağıtıcı kollektör sistemi sayesinde bir araya getirilerek ayrı bir alıcı ortama sevk edilmesi,

2. Deşarj edilen atıksuların göl suyuna girmeden ilk önce bir biriktirme deposunda toplanarak çökertilmesi.

Yukardaki alternatifler ekonomik durumlar, gölün yapısal özellikleri ve trofik düzeyi dikkate alınarak uygulanabilecek yöntemlerdir (Anonim, 2010a).

Carlson Trofik İndeksi: Carson kirlilik indeksi, fosforu sınırlı göller ve rezervuarlar için geliştirilmiştir. Bu indeks, seki derinliği, klorofil derişimleri ve senelik ortalama olarak

fosfor miktarı arasındaki ilişki ile bağlantılıdır. Carlson İndeksi, Arvada Rezervuarının trofik halini üç endeks parametresini kullanarak değerlendirmiştir (Carlson, 1977).

Çizelge 2. 7. Trofik durum indeksi ve su kalitesi (Carlson, 1977)

Su Temini	Balıkçılık ve Rekreasyon	Niteliği	TP (μ g/L)	SD (m)	Chl (μ g/L)	TSI
Su filtrelenmeden içme ve evsel amaçla kullanılabilir	Salmon balıkçılığı baskın	Oligotrofi: su berrak, yıl boyunca hipolimnionda oksijen bol	<6	>8	<0.95	<30
	Yalnızca derin göllerde salmonid balıkçılığı	Su Sığ göllerde hipolimnion anoksik olabilir	6-12	8-4	0.95-2.6	30-40
Demir, mangan, tat ve koku problemleri; evsel kullanım için filtrasyon gerek	Hipolimnetik anoksia salmonların kaybolmasına neden olur	Mezotrofi: Su orta derecede berrak; yaz boyunca hipolimnionda anoksia oluşabilir	12-24	4-2	2.6-7.3	40-50
	Yalnızca sıcak su balıkları ve Levrek baskın olabilir	Ötrofi: hipolimnion anoksik, makrofit problemi olabilir	24-48	2-1	7.3-20	50-60
Tat ve koku problemleri	Makrofitler, alg yığınları ve düşük ışık geçirgenliği yüzme ve tekne kullanımını engeller	Mavi-yeşil algler baskın, alg yığınları ve makrofit problemleri vardır	48-96	0.5-1	20-56	60-70
		Hipertrofi: Üretimi vite ışıkla sınırlanır. Yoğun alg ve makrofit vardır	96-192	0.25-0.5	56-155	70-80
	Kaba balıklar baskın; yaz süresince balık ölümleri olası	Alg yığınları, az miktarda makrofit	192-384	<0.25	>155	>80

2.3.2. Su ortamlarının kalite sınıflandırılması

İnorganik ve organik moleküllerin oranı, türleri ve derişimleri; akuatik sistemdeki suda yaşayan canlıların pozisyonu ve kompozisyonu; akuatik ortamdaki iç ve dış unsurların tesiriyle meydana gelen mevsimsel ve yerel parametrelerin tanımlanması su kalitesi olarak tarif edilir. Suyun kalitesini tarif eden unsurların karmaşık oluşu ve akuatik sistemlerde ölçüme dayalı olarak kullanılan parametrelerin fazlalığı, su kalitesinin sade bir şekilde tarif edilmesini zorlaştırmaktadır. Suyun kullanım alanı konusundaki çeşitlilik büyüdükçe özellikle endüstrileşmenin geliştiği devletlerde su kalitesine ait mefhum daha fazla ehemmiyet kazanmıştır (Chapman, 1996).

Tabi olan su kalitesi, hususiyetle insanların sağlığı ve insanların tesirleri ile akuatik sistemlerdeki canlıların sağlığına tesir etmektedir. Suyun kullanım gayeleri ile alakalı olarak sudaki kimyasal, biyolojik ve fiziksel niteliklerinin değerlendirmesi su kalitesinin değerlendirilmesi anlamına gelir. Akuatik sistemdeki bir grup bilgiye ait varolan şartları tanımlamak ve muhtemel eğilimleri tayin etmek gayesiyle düzenli aralıklarla gözlemlenmesi ise su kalite izlemesi olarak tanımlanır. Biyolojik ve kimyasal su kalite izlemesinin dezavantaj ve avantajları Çizelge 2.8’de özetlenmiştir:

Çizelge 2. 8. Su kalitesinde izlemenin avantaj ve dezavantajları (Chapman, 1996)

Biyolojik izleme	Kimyasal izleme
Avantajlar	
İyi bir mevsimsel ve yersel bütünleşme	Düşük düzeyde mevsimsel değişimler
Kronik ve düşük düzeyde kirlenmeye iyi yanıt	Belirgin kirlilik
Biyookümülyasyon, biyomagnifikasyon	Kirletici salınımlarının tespiti
Doğru-zamanlı çalışmalar (biyodeneyleler doğrultusunda)	Yeraltı suları dâhil tüm sucul sistemlerde geçerlidir
Sucul habitatın fiziksel bozunmasına ait ölçümler	Standardizasyon
Dezavantajlar	
Mevsimsel hassasiyette gerileme	Birçok rutin analiz için yüksek tespit limitleri (mikrokirleticiler)
Yarı-niceleyici ya da niceleyici anlamda pek çok bulgu	Farklı derinlikten su örnek alımında zaman sorunu
Standardizasyon oldukça güçtür	Bazı mikrokirleticiler için olası örnek kontaminasyonu (örnek: metaller)
Kirletici salınım çalışmaları için geçerliliği yoktur	Araştırmalarda yüksek maliyet
Yeraltı suları için henüz adapte edilmemiştir	Sürdürülebilir izleme için kullanım kısıtı

Herhangi bir su kaynağını kıtaıçi yüzey suyu kalitelerine göre sınıflandırmalardan birine dâhil edilebilmesi için tüm değişkenlerin, o kalite sınıfına ait olan değişken değerleriyle uyumlu olması gerekmektedir. Kıtaıçi yüzey suların niteliklerine bakılarak oluşturulan sınıflama aşağıda gösterilmiştir (Anonim, 2015b):

Sınıf I –Kalitesi Yüksek Su:

Yüzey suları içerisinde potansiyel olarak içme suyu olma oranı en yüksek olan sulardır, Rekrasyonel sebepler, İnsan yaşamının canlandırılması, yüzme benzeri vücut teması gerekli olanlar dâhil,

Balık(Alabalık) üretmek için,

Hayvan yetiştirmek ve çiftlik gereksinimi,

Başka gayeler.

Sınıf II- Kirlilik Oranı Az Olan Su:

Potansiyel olarak içme suyu olma yüzey suları,
İnsan hayatı için rekreasyonel sebepler,
Farklı balık (alabalık haricinde) üretmek için,
Teknik Usuller Tebliği'nde, sulama suyu olarak kullanılabilmesi için belirtilmiş olan
sulama suyu kalite ölçütlerini sağlamış olmalı,
Sınıf I haricindeki diğer tüm kullanımlar.

Sınıf III - Kirlenmiş Su:

Tekstil, Gıda üretimi gibi nitelikli su ihtiyacı olan sanayiler dışında uygun bir arıtma
işleminde sonra sanayide su ihtiyacında kullanılabilir.

Sınıf IV – Fazla Kirlenmiş Su:

Bir önceki sınıf için belirtilen kalite değişkenlerinden kalite olarak daha alt kalitede olan;
üst kalite kademesine iyileştirilerek kullanılabilir duruma getirilen yüzey sularıdır.

Çizelge 2. 9. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü
sınır değerleri (Anonim, 2015)

Sularda İstenen Özellikler	Kullanım alanı	
	Çeşitli kullanımlar için (doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dâhil)	Doğal Koruma Alanı ve Rekreasyon
Ph	6-10.5	6.5-8.5
KOI (mg/L)	8	3
ÇO (mg/L)	5	7.5
AKM (mg/L)	15	5
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 mL	1000	1000
Toplam azot (mg/L)	1	0.1
Toplam fosfor (mg/L)	0.1	0.005
Klorofil-a (mg/L)	0.025	0.008

2. 4. İç Sularda Taşıma Kapasitesi Tahmin Modelleri

Çevresel kapasite bir başka isimle alabilme, özümseyebilme, hazmedebilme kapasitesi; atıkların, artık olan maddelerin çevreye boşaltılması gibi belirgin bir etkiye, bu etkinin hız miktarına bağlı olarak kabul edilmez bir miktarda zararlı etkisi görülmeden dayanabilme ölçütüdür. Kısaca ekosistemin artık maddeler ile belirli yoğunlaşma da bariz bir zararlı tesir ortaya çıkarmadan mücadele edebilme kapasitesidir.

Yaşadığımız zamanda mühendislik ve çevre bilimlerinin farklı alanlarında “taşıma kapasitesi” sözcüğü kullanılmaktadır. İlk defa bir geminin taşıyabileceği azami yük miktarını ifade etmek için deniz taşımacılığı sanayinde kullanılmıştır. Çevre bilimleri kapsamında kavramsal olarak var olan taşıma kapasitesinin ilk temellerini yaklaşık 200 sene evvel Malthus’un nüfus ilkesine yönelik yaptığı çalışma oluşturmaktadır. Nüfusa bağlı artışın geometrik bir şekilde; gıda ile tüketim maddelerine yönelik artışın ise aritmetik bir halde artacağını kabul eden bu fikir daha sonraki zamanlarda başka canlılar (hayvan ve bitki toplulukları) içinde araştırılmaya ve tartışılmaya başlanmıştır (Whittaker, 2010; Brush, 1975). Taşıma kapasitesi kavramı tabii çevrelerde ise literatürde ilk defa 1922 senesinde Palmer ve Hadwen birlikte yaptığı çalışma ile meraların yönetimi kapsamında kullanılmakta olup bu terim yabancı hayatın idaresi konuları ile sınırlı bırakılmamış, rek reasyon ve turizm sahalarında taşıma kapasitesi teriminden artık söz edilmeye başlanmıştır. (Clarke, 2002; McCool ve Lime, 2001)

Su ürünleri yetiştiricilik modelleri ilk olarak kafi miktarda ve iyi bir kalitede suya gereksinim duyduğundan, çevresel etkileşim çerçevesinin, su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmadan ve ekolojik sisteme zararı olmadan başarılı olabilecek bir sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği modelleri kurulmalıdır. Yetiştiricilik yapan su ürünleri çiftlikleri, buldukları konum gereği sanayileşme ve kentleşmeden mümkün olduğunca uzak tabii sahalarda kurulmalıdır. Yüksek düzeyde enerji ve proteini içeren yemlerle yapılan entansif su ürünleri yetiştiriciliğinin gayesi, birim sahadan alınan biyokütle miktarını maksimum düzeye çıkararak gelir artışı sağlamaktır. Fakat bu gayeyle yapılan fazla stoklamayla beraber meydana gelen olumsuz ortam şartlarının, işletmenin verimliliğini ve devamlılığını negatif yönde etkilemesi kaçınılmazdır. Yetiştiricilik faaliyetlerinin ilerlemesi yönünde, işletmenin karlılığı ve devam edebilir işletme faaliyetleri arasında

makul bir denge bulunması gerektiğinden yetiştiriciliğın idaresi, su kalitesinin idaresi ile eşdeğerde olup, başarılı bir üretim yapmanın da ön koşuludur. Bu anlamda, ekolojik sistem interaksiyon ve prosesleri konusunda gerekli bilgi birikimi, yoğun su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinin ve su kalitesinin yönetimlerinin çevresel olumsuz tesirlerini azaltmada elzem bir öğedir. Bu çeşit işletmeler birdiğer hayvan yetiştiriciliği yapan işletmelerden ayrı olarak direkt çevreyle bağlantılıdır. Yetiştiricilik alanını tabi ortamdan bir sınır ile ayırmak imkân dâhilinde değildir. Son senelerde sayı ve kapasite bakımından hızlı bir artma eylemi içinde bulunan bu çeşit işletmeler, bu artışla beraber daha büyük sahalara yayılmıştır. Üretim yapılan faaliyet alanlarının gittikçe modernleşmesi ve ilerleyen teknoloji ile daha fazla yem, kimyasal madde ve su kullanılarak bunları doğaya daha fazla boşaltmaya başlamışlardır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilir olmasında ana unsur; ekolojik sistem yapısında biyoçeşitlilik ve ekolojik sistemin faaliyetlerinde zarara sebep olabilecek çeşitte gıda elementi veya bir diğerk atık madde boşaltımının büyüklüğü olduğundan çevresel özümleme kapasitesinin bilinmesi ve belirlenmesibüyük önem taşımaktadır (Özdal, 2019). Yetiştiricilik tesisleri kurulacak sahalarda su ürünleri kafes işletmelerinin; atıkların meydana getireceği organik yükün negatif tesirini minimum seviyede tutmak üzere etkinlik ayrı alıcı ortamların (deniz, koy-körfez, iç sular) etkinlik öncesi kuramsal taşıma kapasitesinin tahmin edilmesin, sürdürülebilirlik bakımından önemli bir adım olarak değerlendirilmelidir ve “ortamın taşıma kapasitesi” göz önünde bulundurularak kurulacak toplam kapasite ve işletme sayısı belirlenmelidir (Yıldırım ve Korkut, 2004).

Su ürünleri yetiştiriciliği hakkında stratejiye yönelik önlemlerin alınması çevresel taşıma kapasitenin tahmin edilebilmesi imkân sağlamaktadır. Taşıma kapasitesi, ekolojik sistem temelli su ürünleri yetiştiriciliğinin tamamlayıcı bir elemanı olduğundan çevresel belirleyiciler ile sosyal uyuma dayanan su ürünleri üretiminin maksimum limitlerini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Ana prensip; makul kaynak kullanım düzeyinin belilenererek ekolojik fonksiyonlarda ve sosyal yapıda olumsuz bir değişime yol açmadan sürdürülebilir, uzun periyotlu doğal çevre oluşumunu sağlamaktır. McKindsey (2006) tarafından, dört farklı taşıma kapasitesi çeşidini çift kabuklu su ürünleri yetiştiriciliği için tanımlanmıştır (Çizelge 2.10).Yapılan bu tanımlamalar yetiştiriciliği yapılan farklı su ürünleri yetiştiriciliği için de geçerli olarak gözükmektedir.

Çizelge 2. 10. Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerine ilişkin farklı taşıma kapasitesi tipleri (McKindsey, 2006)

Modeller	Taşıma Kapasitesi tipi	İndikatörler
GIS	Fiziksel: Alıcı ortam için fiziksel olarak uygun maksimum kafes sayısı	Su kalitesi, hidrografi, hidrodinamikler
POND FARM FAO MODELİ	Üretime dayalı: Hasatın maksimum olduğu çift kabuklu stok yoğunluğu	Üretim yoğunluğu, pazar değeri, ekonomik göstergeler
DEPOMOD MOM CADS_TOOL AquaModel	Ekolojik: Ekosistem işlevlerinde (fonksiyonlarında) kabuledilemez çevreyle ilgili etkilere yol açmayacak stoklama veya işletme yoğunluğu	Atık yayılımı, habitat hasarı, biyoçeşitlilik ve gösterge türler, çözülmüş besin elementleri, ötrofikasyon, bentik hipoksia
Algılar (Kantitatif olmayan)	Sosyal: Alıcı ortamın sosyal açıdan kullanımlarını da etkilemeyecek düzeydeki maksimum üretim miktarı	Alan çakışması, istihdam ve hane halkı geliri, geçim durumu, rekreasyon, geleneksel balıkçılık

Fosfor artışı ve alg büyümesi arasındaki direkt ilişkiye dayanan matematiksel modellerden fosfor bütçe modelinin, derin ve sığ göllerde kullanılmasının elverişli bulunduğu ve entansif yetiştiricilik yapılacak içsularında kafeslerde alıcı ortamların taşıma kapasitesinin tahmininde kullanılabilir olacağı belirtilmiştir. Fosfor bütçe modelinde; gölün sistematığında kullanılan ve ölçüme dayanan morfometrik ve suların kimyasal, mekanik, biyolojik, fiziksel özelliklerini ve yerküre üzerindeki dağılımını, inceleyen subilim ile yetiştiricilikte kullanılan yemin fosfor içeriği ve sindirilebilirliği temel alınmaktadır. Söz konusu model, bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde’de diğer eko lojik sistemlerde en fazla kullanılan çevresel model olarak önümüze çıkmaktadır (Özdal, 2019). Çizelge 2.11’de Büyük çapta uygulanan ve değişik su ürünleri yetiştiricilik sistemleri için geliştirilmiş çevresel modelleri de içine alan matematiksel modeller imkân dâhilinde bir araya toplanarak kronolojik olarak sunulmuştur.

Çizelge 2. 11. Fosfor yüklemesi ile ilgili bazı modeller

Model	Bilgi	Veri Tabanı	Kaynak
$[P] = \frac{L}{q_s (1 + T_w^2)}$	Sabit bir çökme hızı varsayarak, Vollenweider-1976 modeli,	68 Orta-Batı Baraj Gölü, ABD	Vollenweider, 1976-Mueller, 1982
$[P] = \frac{0.84 L}{z (0.65 + \rho)}$	Sabit sedimentasyon katsayısı varsayan Jones-Bachmann modeli	75 Kuzey Amerika Gölü 68 Orta-Batı Baraj Gölü ABD	Jones ve Bachmann, 1976 Mueller, 1982
$[P] = \frac{0.49 L}{z (0.0926 (L/Z)^{0.510} + \rho)}$	Özümleme kapasitesi modeli	704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.8 L}{z (0.0942 (L/Z)^{0.422} + \rho)}$	Özümleme kapasitesi modeli	271 Doğal Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield & Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.8 L}{z (0.0569 (L/Z)^{0.639} + \rho)}$	Özümleme kapasitesi modeli	433 Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.603}{z (0.257 + \rho)}$	Özümleme kapasitesi modeli	704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{L (1 - R)}{z \rho}$	Çok farklı ve sayıda ülkede tatlı su ekosistemlerinde kafeslerde yetiştiriciliği yapılan tatlısu balıkları için fosforu esas alan modeldir.	18 Kanada Gölü 68 Orta-Batı Baraj Gölü, ABD	Dillon ve Rigler, 1974 Mueller, 1982
$[P] = \frac{L}{1 + \sqrt{T_w}}$	Beveridge'nin önerdiği fosfor yüklemesi modeli	87 Avrupa ve K. Amerika Gölü 14 Norveç Gölü 18 Dağ Gölü 31 Kuzey Amerika Gölü 24 Sığ Göl ve Baraj Avrupa	OECD, 1982

2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliği

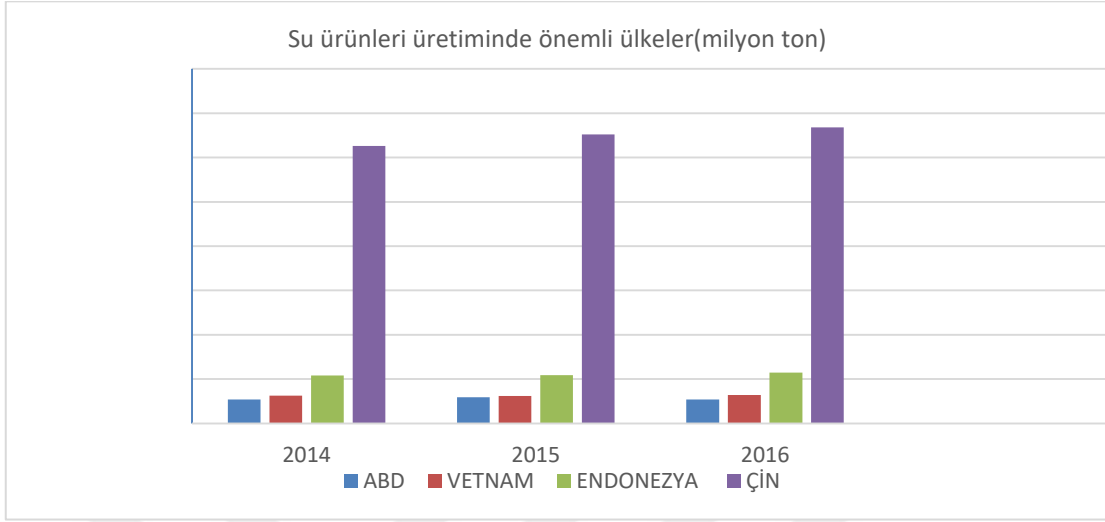
2018 yılında dünyada balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği ele alındığında, milyonlarca insanın uygun şartlarda birçok geçim kaynağına sahip olmak için mücadele içerisinde yaşadığı görülmektedir. İnsan gıdası, beslenme ve çalışma bakımından, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin yaşamsal açıdan önemi vurgulanmaktadır. 2016 yılından itibaren, eskiye nazaran daha dengeli yapılan balık avcılığı, toplam üretimi yapılan balık miktarı, azaltılan israf ve artarak devamı sağlanan su ürünleri yetiştiriciliği sebebiyle, yüzde 88'lik kısmı direkt insan tüketiminde faydalanılan, 171 milyon ton ile bütün zamanların rekorunu kırmıştır. Bu üretim faaliyeti, 2016 senesi itibarıyla, kişi başına 20.

3 kg'lık tüketim ile yine rekor bir rakama ulaşmıştır. 1961 senesinden den bu yana balık tüketimindeki dünya çapında artış, nüfus artması gibi iki kat yükselen bir şekilde gerçekleşmektedir ki bu, balıkçılık sektörünün FAO'nun, yetersiz beslenmenin ve açlığın mevzu bahis olmadığı bir dünya hedefinin gerçekleştirebilmesi için hayati bir önem arz ettiğini ortaya koymaktadır (Anonim, 2018c).

Gıda ve tarım, bütün Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının (SKA) başarıyla meydana getirilebilmesi açısından anahtar niteliğindedir. Özellikle Okyanusların, denizlerin ve deniz kaynaklarının, sürdürülebilir kalkınma hedefi yönünde korunması ve sürdürülebilir bir formda kullanılması olmak üzere SKA'ların çoğunluğu, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği ile doğrudan bağlantılıdır. (Anonim, 2018). Genel olarak tarımsal bir faaliyet alanı olarak nitelendirilmesine nazaran su ürünleri üretimi geleneksel tarım ve hayvansal üretiminde önemli farklılıkları içermektedir (Aksungur ve Kurtoğlu, 2004).

Geçtiğimiz yıllar içerisinde su ürünleri yetiştiriciliğinin senelik büyümesi düşüş göstermesine karşın, özellikle bazı ülkelerde, Afrika ve Asya'da olmak üzere, kayda değer çift haneli büyüme sayıları halen elde edilmektedir. Dünya su ürünleri üretimine bakıldığında hem avcılık hem de yetiştiricilik dalında Çin 66,8 milyon ton ile lider konumda olup Çin'i Endonezya, Hindistan, Vietnam ve ABD takip etmektedir. Su ürünleri üretiminde en büyük üretim kapasitesine sahip ülke olan Çin, ihracatta da ik sıradayer almaktadır. Çin'i; Norveç, Vietnam, ABD ve Tayland takip etmekte olup Türkiye 2016 senesinde 145.469 ton ihracat yapmıştır. Gelişmiş ülkeler tarafından su ürünleri ithalatın %75'i yapılmaktadır. Dünya ülkeleri arasında su ürünleri ithalatında birinci sırada %15.2 ile ABD gelmekte olup, %10.3 ile Japonya ikinci ülke olarak bulunmaktadır. Türkiye 2016 yılında 82.074 ton ithalat yapmıştır.

Çizelge 2.12. Su ürünleri üretiminde önemli ülkeler (Anonim, 2018c)



Toplam üretilen su ürünleri miktarına baktığımızda avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri miktarı artmazken yetiştiricilik yolu ile üretilen miktar yıllar içinde daha fazla artış göstermiştir (Çizelge 2.13).

Çizelge 2. 13. Dünya su ürünleri üretimi ***(Anonim, 2018c)

	AVCILIK (TON)			YETİŞTİRİCİLİK (TON)			TOPLAM
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2010	77 828.396	11 271.565	89 099.961	22 310.734	36 790.052	59 100.786	148 200.747
2011	82 23.550	11 124.401	93 747.951	23 366.371	38 698.805	62 065.176	155 813.127
2012	79 719.854	11 630.320	91 350.174	24 707.343	41 948.313	66 655.656	158 005.830
2013	80 899.153	11 687.507	92 586.660	25 536.710	44 686.846	70 223.556	162 810.216
2014	81 564.094	11 895.922	93 460.016	26 727.687	47 104.420	73 832.107	167 292.123
2015	81 179.323	12 525.293	93 704.616	27 879.872	48 761.154	76 641.025	170 345.641
2016	79 288.046	11 635.500	90 923.545	28 703.601	51 368.288	80 071.894	170 995.437

* Üretim rakamlarına su bitkileri ve deniz memelileri dâhil değildir.

** Kaynak: FAO(Erişim tarihi: 16.07.2018),1/Verisi bulunn son iki yılın değişimini göstermektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin devamlı artış halindedir. Dünya çapında 2000' senesinde üretimdeki artış yüzde 25.7 iken, 2016 yılında yüzde 46.8'e seviyelerine yükselmiştir. 1980'ler ve 1990'larda su ürünleri yetiştiriciliğinin gösterdiği senelik azami büyüme oranlarını artık yakalayamamakla beraber, 2001-2016 sezonunda senelik büyüme oranı

yüzde 5.8 ile önde gelen diğer gıda üretimi yapan sektörlerden daha hızlı bir büyüme göstermiştir. Yemlenerek üretilen akuatik türlerinin üretimi, yemleme yapılmayan akuatik türleri dünya su ürünleri yetiştiriciliğinde, geride bırakmıştır. Toplam akuatik türlerin üretimi bakımından, 2000 - 2016 yılları arasında yemleme yapılmayan türlerin oranı, aşamalı olarak yüzde 10'luk bir düşüş göstererek, yüzde 30.5 seviyelerine gerilemiştir (Anonim, 2018c).

2016 yılında Türkiye su ürünlerinin üretimi bir önceki seneye nazaran %12.4 oranında azalarak 588.715 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimi yapılan akuatik türlerin %44.8'ini deniz balıkları, %6,4'ünü diğer deniz mahsulleri, %5.8'ini iç su mahsulleri ve %43'ünü yetiştiricilik mahsulleri meydana getirmektedir. Yetiştiricilikten kaynaklanan üretiminin %40.1'i iç sularda, %59.9'u denizlerde meydana gelmiştir. 2016 yılında su ürünleri avcılığı %22.4 azalırken, yetiştiricilik %5.4 artmıştır(Anonim, 2019b).

Çizelge 2. 14. Türkiyede deniz ve içsu yetiştiricilik üretim miktarı (Anonim, 2019)

Yıllar	Yetiştiricilik Üretimi				TOPLAM (TON)
	Deniz (ton)	Toplamdaki Payı (%)	İçsu (ton)	Toplamdaki Payı (%)	
2010	88.573	53.0	78.568	47.0	167.141
2011	88.344	46.8	100.446	53.2	188.790
2012	100.853	47.5	111.557	52.5	212.410
2013	110.375	47.3	123.018	52.7	233.393
2014	126.894	54.0	108.239	46.0	235.133
2015	138.879	57.8	101.455	42.2	240.334
2016	151.794	25.8	101.601	17.3	588.715
2017	172.492	27.3	104.010	16.5	630.820

Türkiye’de en fazla yetiştiriciliği yapılan türlere bakacak olursak 2017 yılında toplam, alabalık 108.038 ton, çipura 61.090 ton, levrek 99.971 tondur (Çizelge 2.15).

Çizelge 2.15. Türkiye’de yetiştiriciliği en çok yapılan türlerin üretim miktarı (Anonim, 2019c).

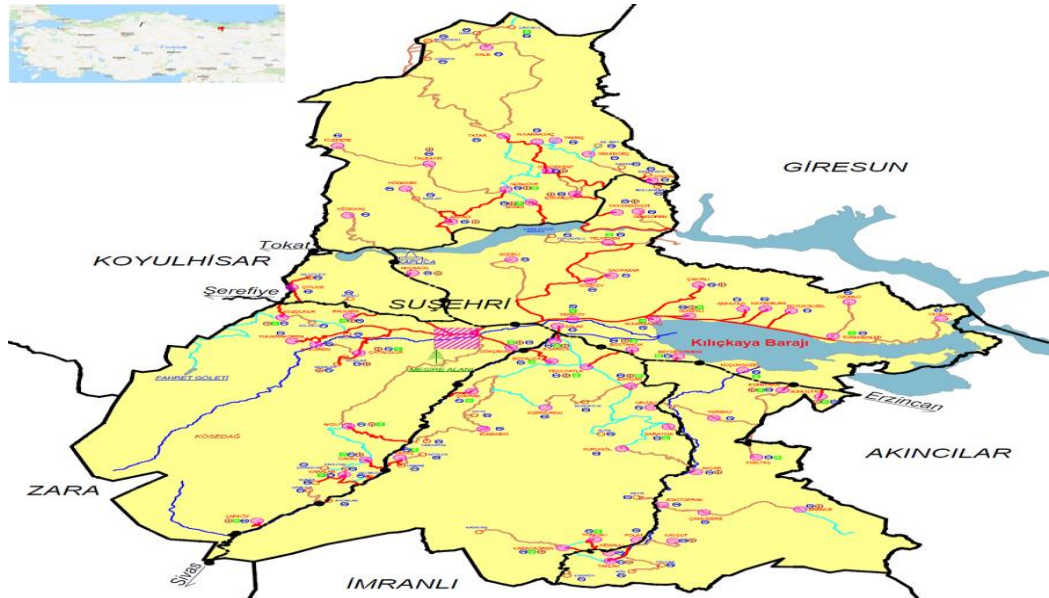
Yıllar	Yetiştiricilik Üretimi				TOPLAM (TON)
	Deniz (ton)	Toplamdaki Payı (%)	İçsu (ton)	Toplamdaki Payı (%)	
2010	88.573	53.0	78.568	47.0	167.141
2011	88.344	46.8	100.446	53.2	188.790
2012	100.853	47.5	111.557	52.5	212.410
2013	110.375	47.3	123.018	52.7	233.393
2014	126.894	54.0	108.239	46.0	235.133
2015	138.879	57.8	101.455	42.2	240.334
2016	151.794	25.8	101.601	17.3	588.715
2017	172.492	27.3	104.010	16.5	630.820

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma Türkiye'nin kuzeydoğusunda ve Karadeniz Bölgesi'nin iç kesimlerinde bulunmakta olan Sivas ili Suşehri İlçesinde bulunan Kılıçkaya Baraj Gölünde yürütülmüştür. Kılıçkaya Baraj Gölü, Suşehri ilçesine 25 km uzaklıkta bulunmaktadır. İlçe $38^{\circ} 5' 45''$ doğu boylamı ile $40^{\circ} 9' 45''$ kuzey enleminin kesiştiği yerde bulunmaktadır. Kılıçkaya Barajı, Kelkit Nehri üzerinde enerji üretmek amacıyla 1980-1989 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gölalanı 64.4 km^2 olan barajın, 33 km^2 'si Sivas'ın Suşehri ilçesi sınırlarında, 31 km^2 'si Giresun'un Şebinkarahisar ilçesi sınırlarında yer alır.

Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi $7.000.000 \text{ m}^3$, akarsu yatağından yüksekliği 134 m. , normal su kotunda göl hacmi 1400 hm^3 , normal su kotunda göl alanı 64 km^2 ve gölün maksimum derinliği 100 m civarındadır. Baraj 124 MW güç ile senede 332 GWh 'lık enerji üretmektedir (Anonim, 2010 b).



Şekil 3.1.Suşehri ve Kılıçkaya Baraj Gölü

3.2. Çalışmada Kullanılan Analiz Metotları

Toplam fosfor standart metotlara göre hazırlanmış kitlerle (Lange LCK 349) analiz edilmiş ve Hach 2800 Markalı spektrofotometre ile okunmuştur (Lange, 1979).

3.3. Fosfor Yüklenmesi Modeli

Herhangi bir su kitlesinde fosforun toplam miktarının derişimi ile alakalı ilgili Vollenweider (1968)'ın özgün örnek modelini olgunlaştırarak geliştiren Rigler ve Dillon (1974), gölün ebatlarını, fosforun sedimentte tutulan kısmı, göl suyuna giriş yapan fosfor ve suyun yeniden tazelenme süresi kısımları ile ilişki kurarak model oluşturarak fosfor yüklenmesi meydana getirmiştir:

$$[P] = \frac{L(1-R)}{z\rho} \quad 3.1$$

Burada;

[P] = Toplam fosfor (mg/m³)

L = Toplam fosfor yüklenmesi (mg/m²-yıl)

z = Ortalama derinlik (m)

ρ = göl suyu yenilenme süresi (yıl⁻¹)

R = Fosforun sediment tarafından tutulan kısmı

Herhangi bir baraj gölü balık yetiştirmek amacıyla kafes kültürünün çevreye etkisinden dolayı üretimi yapılacak balık miktarı, enstantif üretimden kaynaklanan fosfor yüklenilmesi ve taşıyabilme kapasitesi Beveridge, (1974) Rigler ve Dillon tarafından geliştirilen model ile hesaplanarak sıra sıra gidilmiştir.

Basamak 1: Su kitlesin kendi içerisinde doğal olarak varolan fosfor derişimi [P] kullanılarak göller veya baraj gölleri üzerinde kurulacak balık çiftlikleri için gerekli

potansiye belirlenmektedir. Ilıman iklime sahip bölgelerde varolan göl ve baraj göllerinde senenin belli periyotlarında ısıl katmanlaşma meydana gelmesi sebebiyle, tespit edilen fosfor derişiminin su kitlesinin tümünü özümlemesini zorlaştırmaktadır. Dillon ve Rigler, (1974) ; Vollenweider, (1976) ve OECD (1982) ılıman iklime sahip sularda bahar aylarında (ilk ve sonbahar) tespit edilen fosfor derişiminin göl ve baraj suyundaki fosfor derişimini temsil edeceğini söylemiştir. Mevsimsel olarak temel ölçümler modelde kullanılmak suretiyle sonuçlar verilmiştir.

Basamak 2: Yüksek seviyede enerji ve protein içeren yemlerle yapılan kafes kültürünün sebep olduğu suya giren fosfor derişimini $\Delta[P]$ hesaplamak için, su kitlesi içindeki uygun olan enyüksek seviyedeki fosfor derişiminden $[P_f]$, su kitlesinde mevcut bulunan fosfor derişimini $[P_i]$ çıkartmak suretiyle sonucu tespit ederiz. Ilıman iklime sahip bölge göllerinde açıklanabilir fosfor derişim miktarı Dillon ve Rigler (1974)'in tarafından yapılan çalışmalarda $[P_f]$ 60 mg/m³ olarak tespit edilmiştir;

$$\Delta P = P_f - P_i \quad 3.2$$

Entansif kafes kültüründen dolayı oluşan yüklemeye Dillon ve Rigler (1974) 'in geliştirdiği fosfor yüklenmesi modeli uygulandığında, aşağıdakine benzer bir model meydana gelir:

$$\Delta[P] = \frac{L_B - (1 - R_B)}{\bar{z} \cdot \rho} = L_B = \frac{\Delta[P] \cdot \bar{z} \cdot \rho}{1 - R_B} \quad 3.3$$

Formüldeki simgelerin açıklımına baktığımızda;

L_B = Göl veya baraj göllerinin entansif balık kültürü için taşıma kapasitesi (mg/m² yıl)

$\Delta[P]$ = Kafes kültüründen sonraki açıklanabilir maksimum fosfor derişimi $[P_f]$ ile göl veya baraj gölünün sahip olduğu doğal fosfor derişimi $[P_i]$ arasındaki fark (mg/m³)

\bar{z} = Derinlik ortalaması (m)

ρ = Göl suyunun tazelenme süresi (1/yıl)

R_B = Fosforun; entansif balık yetiştiriciliğinin sebep olduğu sedimentte tutulan miktarı

Derinlik ortalaması (\bar{z}), göl suyu hacminin (V) gölün yüzey alanına (A) oranı ile bulunabilir.

$$\bar{z} = V / A \quad 3.4$$

Göl suyu tazelenme süresi (ρ), bir senede gölden çıkan su miktarının (Q), göl hacmine (V) oranı ile bulunur.

$$\rho = Q / V \quad 3.5$$

Göl suyuna giriş yapan fosforun sedimentte tespit edilen kısmı (tutulma katsayısı; R) ile göle giren ve çıkan sularının ortalama olarak fosfor ölçüsünü tespit etmek için göl suyundaki ve sedimentteki ortalama olarak bulunan fosfor derişim miktarı belirlenir. Kuzey Amerika'daki baraj gölleri için Larsen ve Mercier (1976) (n=73) su tazelenme zamanı ile fosfor tutulma katsayısı arasında kayda değer bir ilişki ($r=0.79$) tespit etmiştir. Buna duruma göre:

$$R = 1/(1+0,515 \rho^{0.551})$$

$$R_B = x + [(1 - x) R]$$

X = Sedimente biriken toplam fosfor oranı (0,45-0,55)

Basamak 3: Baraj göllerinde yüksek protein ve enerji içeren yemlerle yapılan balık yetiştiriciliğinin taşıma kapasitesi hesaplanmasından sonra yararlandığı yem oranı (YYO) kullanılarak, ne kadar üretimi yapılacağı hesaplanır. Hesaplama işlemi, yararlanılan yem oranına göre hazır yemlerin içeriğinde varolan fosforun çevreye etki eden bölümü temel alınarak yapılmaktadır. Ticari olarak satılan pelet alabalık yemlerine baktığımızda içinde varolan fosforun hemen hemen %1.5 (P_{yem}), alabalıkların vücutlarında varolan fosfor ölçüsü (kuru ağırlık için) %0.48 ($P_{balık}$) alınarak, yetiştirilen 1 ton alabalığın etrafa çevreye yayılan fosfor ölçüsü ($P_{çevre}$):

$$P_{\text{çevre}} = P_{\text{yem}} - P_{\text{balık}}$$

$$P_{\text{çevre}} (\text{YYO}=1.0 \text{ için}) = 15.00-4.8 = 10.2 \text{ kg P/ton alabalık}$$

$$P_{\text{çevre}} (\text{YYO}=1.25 \text{ için})=18.75-4.8 =13.95 \text{ kg P/ton alabalık}$$

$$P_{\text{çevre}} (\text{YYO}=1.5 \text{ için}) = 22.50-4.8 = 17.7 \text{ kg P/ton alabalık}$$

Yapılan hesaplamalara göre, yetiştirilen bir ton alabalık için etrafa yayılan fosfor 10.2 – 17.7 kg arasındadır.

Yapılan bu çalışmada ile çevresel etkenler, mevsimsel hareketler, akış düzeni ve yemleme yöntemleri de dikkate alınarak kafes alanları için 1-1.25 ve 1.5 yararlanılan yem oranlarının kullanılması tercih sebebi olmuştur.

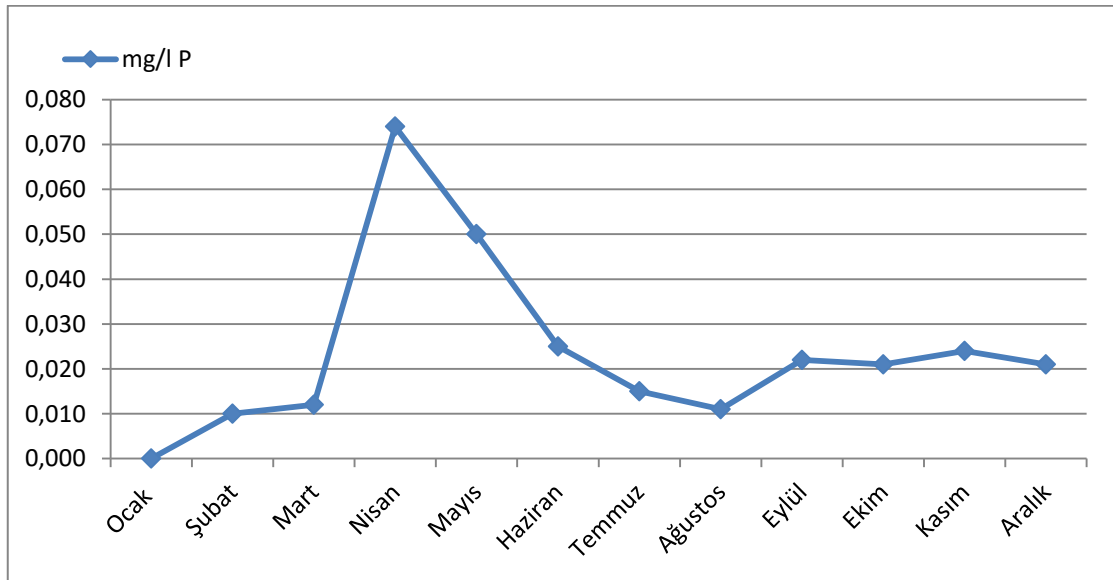
4. BULGULAR

4.1. Toplam Fosfor ve Ötrofikasyon Parametreleri Bulguları

Kılıçkaya Baraj Gölü suyunda 2016-2017 yıllarında aylık toplanan su numunelerinin toplam fosfor analiz sonuçlarının 0.00 ile 0.074 mg/l arasında değişim gösterdiği, en yüksek değer mart ayında, en düşük değerlerin ise temmuz ayında tespit edilmiştir. (Çizelge 4. 1 ve Şekil 4.1). Toplam fosforun ortalama değeri ise 0.024 ± 0.023 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 1. Kılıçkaya Baraj Gölünde ölçülen aylık toplam fosfor değerleri

Ay	mg/l P	Ay	mg/l P
Ocak	0.000	Eylül	0.022
Şubat	0.010	Ekim	0.021
Mart	0.012	Kasım	0.024
Nisan	0.074	Aralık	0.021
Mayıs	0.050	Ortalama	0.024
Haziran	0.025	Minumum	0.000
Temmuz	0.015	Maksimum	0.074
Ağustos	0.011	Standart sapma	0.023



Şekil 4.1. Kılıçkaya Baraj Gölü aylık toplam fosfor dağılımı (mg/l)

Göllerin trofik düzeyi, yetiştiriciliği yapılacak su ürünlerinde izlenecek yolun tespit edilmesinde en önemli ana unsurdur. Çizelge 4.2’de verilen OECD,(1982) ve Jansson ve Hakanson (1983) sınıflandırmaları göre Kılıçkaya Baraj Gölü’nün “Mezotrofik Göl” sınıfına dâhil edilebilir ve Gökkuşacağı alabalığı yetiştirilebilme imkanı bulunmaktadır. Ayrıca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine değerlerini bu çalışma bulguları ile karşılaştırdığımızda göl suyu toplam fosfor için 2.sınıf diğer parametreler için 1.sınıf kalite değerlerini sergilemiştir.

Çizelge 4. 2. Göllerin farklı trofik seviyelerindeki karakteristik özellikleri (OECD,1982; Hakanson ve Jansson,1983)

Trofik Seviye	Secchi (m)	K10-a (mg/m ³)	Birincil Üretim (gC/m ² .yr)	Top-P (mg/l)	Top-N (mg/l)	Baskın Balık Türleri
Oligotrofik	>5	<2.5	<30	<0.01	<0.35	Alabalık, Beyazbalık
Mesotrofik	3-6	2-8	25-60	0.008-0.025	0.3-05	Beyazbalık, Sudak
Eutrofik	1-4	6-35	40-200	0.02-0.1	0.35-0.6	Sudak, Kızılgöz
Hipertrofik	0-2	30-400	130-600	>0.08	>0.6	Kızılgöz, Çapak

Çizelge 4. 3. Kıta içi su kaynakları kalitesi (Anonim, 2015b)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları				Kılıçkaya Baraj Gölü Değerleri ve Kalite Sınıfı
	I	II	III	IV	
1.Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30	10.51 (I)
2.pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	<6.0veya>9.0	8.41 (I)
3.Çözünmüş oksijen (mg/l)	8	6	3	>3	7.08(I)
4.Toplam fosfor (mg/l)	<0.03	0.16	0.65	>0.65	0.049(I)
5.Amonyum azotu (mg/l)	0.2	1	2	>2	0.20 (I)
6.Nitrit azotu (mg/l)	0.002	0.01	0.05	>0.05	T.Edilemedi
7.Nitrat azotu (mg/l)	5	10	20	>20	0.19 (I)

4.2. Taşıma Kapasitesinin Hesaplanması

Kılıçkaya Baraj Gölü taşıma kapasitesi modeli hesaplanırken birkaç parametre göz önüne alınarak durum değerlendirilmesi yapılmıştır.

1. İlk olarak Rigler ve Dillon (1974)'nin, fosfor [P_f] miktarı ile ilgili yaptığı araştırmalar kabul edilebilir. Ötrofik göller için [P_f] miktarı 60 mg/m^3 olduğu belirtilmiş olmakla beraber, buna benzer çalışmalarda daha sonraki tarihlerde ötrofik durumdaki göller için fosfor toplam miktarı 30 mg/m^3 olarak tespit edilmiştir. Bu değer üzerine çıkan göller ötrofik olarak kabul edilir. Kılıçkaya Baraj gölünde taşıma kapasitesi hesaplanmasında 60 mg/m^3 (P_{f1}) miktarı ile birlikte, baraj gölünün ekosistemine zarar vermeden doğal yapısının bozulmaması gözönüne alınarak alt sınırın tespit edilmesi içinde 30 mg/m^3 (P_{f2}) kullanılacaktır.

2. Kafes kültüründe balık yeminde R_B bulunan fosfor %45-50 oranında parçacık halinde sedimentte çökelediği bildirilmiştir. R_B değeri hesaplanırken fosforun çökme miktarı (% 50) olduğu dikkate alınarak hesaplama yapılacaktır.

3. Hesaplama da kullanılacak bir diğer önemli unsur da balık yemlerinde kullanılan fosfor miktarıdır. Balıklar ihtiyaç duydukları fosforun çok azını sudan karşılarlar. Kalan fosfor ihtiyacı ise yem ile giderilir ve ihtiyaçtan fazla olan fosfor suya bırakılır. İşletme için en önemli gider payı yeme aittir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte yemlerdeki fosfor miktarı azaltılmış olmasına rağmen, yetiştiricilerin bilinçsizce yaptığı yemleme ile çevreye verdiği zarar gözönüne alındığında, yemdeki fosfor miktarı % 1.5 olarak kabul edilmiştir.

4. Yazın ve kışın su sıcaklığının alabalık yetiştirmeye uygun olmaması durumunda üretim sezona bağlı olarak değişmektedir. Bu durum Yemden yararlanma oranının yükselmesine sebep olmaktadır. Yem kaybının fazla olduğu kafes alanları göz önüne alınarak özellikle göldeki akış rejimine bağlı olarak yemden yararlanma oranı (FCR) 1.0-1.5 ve 2 olarak kabul edilerek ve tek tek hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 4. 4 Kılıçkaya Baraj Gölü kaldırma kapasitesi modeli

KILIÇKAYA BARAJ GÖLÜ KALDIRMA KAPASİTESİ MODELİ		
A: Göl alanı (m ²)		64.4x10 ⁶
V: Göl hacmi (m ³)		1.03x10 ⁹
Q: Gölde çıkan su hacmi (m ³)		1.32x10 ⁹
\bar{z} : Göl ortalama derinliği (m)	V/A	16
ρ : Göl yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	1.28
P _i : Gölün ortalama fosfor değeri (mg/m ³)		24
R: Fosfor tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.63
R _B : Balıkçılık kaynaklı fosfor tutulma oranı	$R_B = x + [(1-x)R]$	0.815
X: Sedimente çöken toplam fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50
[P]: Fosfor yüklenmesi (mg/m ³)	[P _f] - [P _i]	
[P] ₁ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m ³	36
[P] ₂ : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m ³	6
P _{yem} : Yem içeriğindeki fosfor kgP/ton (% 1.5)	15kg/ton	
P _{balık} : Balıkta tutulan fosfor kgP/ton (% 0.48)	4,8 kg/ton	
P _{çevre} : Çevreye salınan fosfor kgP/ton alabalık		YYO:1 15.0-4.8= 10.2 kg P/ton
(YYO: Yemden yararlanma oranı)	P _{yem} - P _{balık}	YYO:1.5 22.5-4.8= 17.7 kg P/ton
		YYO:2 30.0-4.8= 25.2 kg P/ton
LB= ? [P]. $\bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6$ P _{çevre}	[P] ₁	YYO:1 25 162
	60 mg/m ³	YYO:1.5 14 500
	için	YYO:2 10 185
	[P] ₂	YYO:1 4 194
	30 mg/m ³	YYO:1.5 2 417
	için	YYO:2 1 697

Çevreye bağlı unsurlar dikkate alınarak taşıma kapasitesi hesabı yapılmıştır:

Piort: Ölçülen ortalama toplam fosfor (ortofosfat ölçümünden): 0.024 mg/l= 24 mg/m³

Buna göre: ; $LB = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6$.Pçevre

I. Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu 60 mg/m³ kabul edilerek taşıma kapasitesi:

YYO 1. 0 için kapasite 25 162 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite 14 500 ton alabalık/yıl

YYO 2. için kapasite 10 185 ton alabalık/yıl

II. Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu 30 mg/m³ kabul edilerek taşıma kapasitesi:

YYO 1.0 için kapasite 4 194 ton alabalık/yıl

YYO 1.5 için kapasite 2 417 ton alabalık/yıl

YYO 2. için kapasite 1 697 ton alabalık/yıl

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kılıçkaya Baraj Gölünün ortalama derinliği yaklaşık olarak 16 m ve 64. 4 km² yüzey alanına sahiptir. Kafeslerde alabalık üretimi yapmak isteyen yetiştiriciler için bir seçenek oluşturma özelliğine sahiptir. Ötrofikasyon değişkenleri göz önüne alındığında çevresel kapasiteyi dikkate alan modellerin kullanılmasına gerek duyulmuştur. Bu ihtiyaca cevap verebilmek için ve genel olarak kullanılan; bir su kitlesindeki toplam fosfor değişkenleri ile ilgili Vollenweider (1968)'ın özgün modeli Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmada göl suyunun yenilenme süresi, büyüklüğü, göle giriş yapan fosfor ve sedimentte tutulan fosfor kısmını bağdaştırarak fosfor yüklenmesine dayalı model kullanılmıştır. Bu sebeple alabalık yetiştiriciliğinde göz önünde bulunması gereken çözülmüş oksijen ve sıcaklık değişkenlerinin yanında; çevresel kapasite içinde fosfor konsantrasyonu ön plana çıkmaktadır (Ayekin, 2018).

Kafeslerde yoğun olarak alabalık yetiştiriciliğinin global, yöresel ve yerel olarak birçok önemli çevresel tesirlere neden olmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde son senelerde birden çok ülkede, çevresel endişelerden dolayı çevre dostu ve devamlılığı sağlamak amacıyla su ürünleri üretimi ile alakalı ekonomik çalışmalar alanında oldukça katı ve düzenleyici kaideler uygulanmaya başlanmıştır. Sürdürülebilirlik ve çevresel dengenin korunması açısından bu şekilde bir yaklaşım büyük önemiyet arz etmektedir (Şahin, 2003) .

Kılıçkaya Baraj Gölü'nde aylık dönemlerle alınan su örneklerinde, gölün ortalama olarak toplam fosfor miktarı 0.024 ± 0.023 mg/l olarak hesaplanmıştır. Kılıçkaya Baraj Gölü'ndeki fosfor değişimleri Şekil 4. 2'da verilmektedir. Dikkate alınan bu değerler OECD (1982) bilgilerine göre Kılıçkaya Baraj Gölü trofik durum indeksine göre mezotrofik göl özelliği göstermektedir(Çizelge 5.1).

Çizelge 5. 1. OECD (1982)'e göre göllerin trofik durumuna göre sınıflandırılması (Şen ve Koçer, 2003)

Mg/m ³	Wetzel (1975)	Whittaker (1975)	Taylor ve ark. (1980)	OECD (1982)	Hakanson ve Jansson (1983)	Nürnberg (1996)
Ultraoligotrofik	<1-5					
Oligotrofik		<1-5	<10	16.2-386	<10	<10
Oligo-mezotrofik	5-10					
Mezotrofik		5-10	10-30	10.9-95.6	8-25	10-30
Mezo-ötrofik	10-30					
Ötrofik		10-30	>30	3.0-17.7	20-100	31-100
Hiperötrofik	30->5000			750-1200	>80	>100

Dillon and Rigler (1974) fosfor yükü değerinin 60 mg/m³ olarak kabul edilebileceğini bildirmiştir. Ancak, birçok araştırmacı toplam fosfor yükünün ötrofikasyon için sınır değerinin 30 mg/m³ olduğunu bildirmiştir (Çizelge 5. 1). Bu değer dikkate alındığında göllerin veya baraj göllerinin taşıma kapasitesi hesabında fosfor miktarı 30 mg/m³ olarak kabul edilmesi ekolojik sistem dengesinin korunmasında daha gerçekçi olacaktır.

Kılıçkaya Baraj Gölü'nün, taşıma kapasitesi entansif kafes kültürü gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği için, göl ortalama derinliği yaklaşık 16 m ve yüzey alanı 64.4 km² olan Kılıçkaya Baraj Gölü'nde üretilebilecek balık miktarı kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_{fi} 60 mg/m³) olarak kabul edildiğinde, yemden yararlanma oranı 1.0 için 25 162 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için 14 500 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için 10 185 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi (P_{fi}) 30 mg/m³ kabul edildiğinde, Kılıçkaya Baraj Gölü'nde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1.0 için 4194 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.50 için 2 417 ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2.0 için 1 697 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5. 2. Kılıçkaya Baraj Gölü için değişik fosfor konsantrasyonlarında mevsimsel ve yıllık ortalamalara göre hesaplanan yaklaşık taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)

FOSFOR KONSANTRASYONU (60 mg/l)			FOSFOR KONSANTRASYONU (30 mg/l)		
YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0	YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0
25 162	14 500	10 185	4 194	2 417	1 697

Pulatsü (2002); Kesikköprü Baraj Gölü için Beveridge (1984) tarafında geliştirilen taşıma kapasitesinin tahmininde fosfor bütçe modelini uygulamıştır (Pulatsu, 2002). Yüzey alanı 6.5 km², ortalama derinliği 14.6 m, hacmi 95.0 hm³ Kesikköprü Baraj Gölü 'nde Nisan 2000'de yapılan çalışmada alınan su örneklerinin fosfor miktarı ortalama olarak 53.1 mg/m³ olarak tayin edilmiştir. Ilıman bölge gölleri için Dillon ve Rigler (1974) tarafından kabul edilebilir en yüksek fosfor derişimine (60 mg/m³) dayanarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarını 6.9 mg/m³ ve kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin 5.87 g/m²/yıl; taşıma kapasitesi ise 3335 ton/yıl olduğu hesaplamıştır. Verap ve ark. (2003) yılında Uzungöl'ün oluşum şekli, göldeki seviye değişiklikleri, göl suyunun özelliklerini ve taşıma kapasitesi ile alakalı yaptıkları çalışmada; 3 istasyonda toplam fosfor yükünü 34.8; 43.2; 82.6 mg/m³ olarak tespit etmişlerdir. Ilıman bölge gölle için Dillon ve Rigler (1974)'in tavsiye ettiği fosfor derişimi temel alınarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarının 16.8 mg/m³ olabileceğini, kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin 47.043 g/m²/yıl olduğunu ve Uzungöl'e giren su miktarına göre taşıma kapasitesinin YYO 1. 5 ve YYO 2.0 için 503 ton/yıl ile 930 ton arasında bulunduğunu hesaplamışlardır. Polat (2009) aynı yöntem bilimini kullanarak YYO 1.0 ve YYO 1.5 arasında hesaplama yaparak Almus Baraj gölü kaldırma kapasitesini 4023-6981 ton/yıl değerleri arasında bulunduğunu tahmin etmiştir. Ayrıca Buhan ve ark.(2010) tarafından Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli Almus Baraj Gölünün taşıma kapasitesini tahminde kullanılmıştır. 13.130 hektar yüzey alanına, 33.4 m ortalama derinliğe ve 0.79 senelik su yenilenmesi oranına sahip Almus Baraj Gölü'nün kaldırma kapasitesi 5536 ton/yıl alabalık olarak tahmin edilmiştir. Yapılan çalışmalarda takip edilen metodlar birbiri ile benzerlik gösterse de bölgesel farklılıklar, göl morfolojileri ve

ekolojileri, göl suyundaki fosfor miktarları, su akımı ve kapasitedeki farklılıklar göz önüne alındığında kaldırma kapasite ile ilgili yapılan tahminler farklılıklar göstermiştir.

Sonuç olarak; ortalama derinliği yaklaşık 16 m ve yüzey alanı 64.4 km² olan Kılıçkaya Baraj Gölü'nde kabul edilebilir fosfor yükü 30 mg/m³, yemden yararlanma oranı 1.0-1.5-2.0 aralıklarında olduğu kabul edilerek (başka kaynaklardan gelen fosfor katkıları göz önüne alınmadan) kafeslerde yetiştiricilik yapılabilecek alabalık miktarı en düşük 1 697 ton ile en yüksek 25 162 ton olarak hesaplanmıştır. Gölün derinliğinin az olması, göller için kabul gören güncel ötrofik seviyenin 30 mg/m³ kabul edilmesi ve küresel iklim değişimine bağlı su sıcaklığı artışları ve su seviyesi düşmeleri göz önüne alınarak ekosistemin devamlılığı ve ötrofikasyona yol açmamak için; ortalama değer olarak Kılıçkaya Baraj Gölü'nde 2 500 ton alabalık çevreye zarar vermeden yetiştirilebileceği hesaplanmış olsa da ; modellerin hata payları ve aşağı havzanın ötrofik durumları da dikkate alınarak 1 500 tondan sonra ötrofikasyon izleme programları gerçekleştirilmelidir. Ayrıca gölde yetiştiriciliğe başlamadan önce gölün tüm su kalitesi parametreleri ve kaldırma kapasitesi çok sayıda istasyonda test edilmeli, detay bir çalışma ile yetiştiriciliğe uygun yer seçimi de coğrafik bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri ile modellenmelidir.

.

KAYNAKLAR

- Acara, A. ve Coşkun, F., 2001. Su Ürünleri ve Su Ürünleri Sanayi, Devlet Planlama Teşkilatı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Aksungur, N. ve Kurtoğlu, Z.İ., 2004. Su Ürünlerinde Araştırma ve Geliştirme. Yunus Araştırma Bülteni, 1 (1), 2-6.
- Akyüz Şahin, P., Morkoyunlu Yüce, A. ve Soylu, E., 2013. Büyük Akgöl (Sakarya) Fitoplankton Kompozisyonu ve Mevsimsel Değişimleri. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 9(2), 14-21.
- Alvarado, J. L., 1997. Aquafeeds and The Environment, In Tacon A.G.J. (ed.), Basurco B. (ed.). Feeding Tomorrow's fish. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, p. 275-289: 2. Mazarron (Spain).
- Anderson, G.D. ve Bishop R.C., 1985. The Valuation Problem, Natural Resource Economic Policy Problems and Contemporary Analysis, Kluwer Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL.
- Anonim, 2010a Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı: 26939 Tarih: 17 Temmuz 2008.
- Anonim, 2010b. Kılıçkaya Barajı ve Hes. <http://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik-htlm> (15.03.2019).
- Anonim, 2015a. Göl Kirliliği. <http://cevreonline.com/gol-kirliligi/> (18.03.2019)
- Anonim, 2015b. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı: 9317 Tarih: 15 Nisan 2015.
- Anonim, 2016. Ordu Ticaret Borsası Balıkçılık Sektör Raporu. <http://www.ordutb.org.pdf> (10.02.2019).
- Anonim, 2017a. Yeryüzündeki Su Kaynakları. <http://coğrafyahocası.com/10.sınıf/.html> (15.02.2019).
- Anonim, 2017b. Su kaynaklarının Yönetimi. Nevşehir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, http://www.dosyalar.nevsehir.edu.tr/su_paneli_bildiri_kitabi (20.01.2019).
- Anonim, 2018a. Toprak Su Kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (21.02.2019).
- Anonim, 2018b. Göllerin Limnolojik Olarak Sınıflandırılması. <https://www.biyolojigulugu.com/forum/index.php?/topic> (14.02.2019).
- Anonim, 2018c. Dünyada Balıkçılık ve Su ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu Özet. 2018 FAO 26s., Roma.
- Anonim, 2019a. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. https://acikders.ankara.du.tr//CevreKirliligi_Bolum_5.pdf, (21.02.2019).
- Anonim, 2019b. Su Ürünleri İstatistikleri, Kültür Balıkları Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005, (15.03.2019)
- Anonim, 2019c. Su ürünleri istatistikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, (Mart 2019) Ankara.
- Aşıkkutlu, B., Akköz, C., ve Öztürk, B.Y., 2014. Çavuşçu Gölü'nün (Konya/İlgın) Bazı Su Kalite Özellikleri. Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 39, 1-9.
- Atar, H.H. ve Alçıçek, Z., 2009. Su ürünleri sektöründe sürdürülebilirlik. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(2). 35-40.

- Atmaca, D., 2012. Büyük Menderes Havzası'nda Besin Elementleri Taşınım Senaryoları. (Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Aydın.
- Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E. ve Koru, E., 2011. Afşar Gölünün (Manisa-Türkiye) Trofik Statüsünün Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 20 (81), 37-47.
- Ayekin, B., 2018. Karakaya Baraj Gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7 (3), 101-110.
- Başbüyük, M., 1992. Göksu Deltası Su Kirlilik Düzeyi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Beklioğlu, M., İnce, O., ve Tüzün, I., 2003. Restoration of the eutrophic Lake Eymir, Turkey by manipulation after a major external nutrient control. *Hydrobiologia.*, 489: 93-105
- Buhan ,E.,Yeşilayer, N. ve Ayekin, B. 2010 Karakaya Baraj Gölü (Malatya) Ağ Kafes Üniversitesi, Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini. (Yüksek Lisans Tezi) ,Gaziosmanpaşa Su Ürünleri Bölümü, Tokat.
- Bostock, J., 2011. Foresight Projeck on Global food and Farming Futurs. The Application Of Science e and Technology Development in Shapping Curent and Future Aquaculture Production Systems, *Journal of Aqricultural Science*, 149, 133-141
- Brush, S., 1975. The concept of carrying capacity for systems of shifting cultivation..*American Antropological Association*, 77(4), 799-811.
- Buyukcapar, H.M. and Alp, A., 2006. The Carrying Capacity and Suitability of the Menzelet Reservoir (Kahramanmaras-Turkey) for Trout Culture in Terms of Water Quality. *Journal of Applied Sciences* 6 (13): 2774-2778 *American Anthropologist* 77: 799-811
- Carlson, R.E., (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 1939-5590
- Cevadzade T., 2007. Sığ Göllerde Ötrofikasyon ve Biyomanipülasyonla Restorasyonu. (Yüksek Lisans Tezi) Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Ankara
- Cerit, O., 2008. Göllerin Kirliliği.Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliğine Giriş Ders Notları ,42 s, Sivas.
- Chapman D., 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition . Cenevre, 584-585.
- Clarke, A.L. 2002. Assessing the carrying capacity of florida keys. *Population and Environment*, 23 (4), 405-418.
- Dirican,S. 2008. Kılıçkaya Baraj Gölü (Sivas-Türkiye)'nin Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin Gökkuşığı Alabalığı Yetiştiriciliği İçin Değerlendirilmesi. *Kafkas Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2),11-21.
- De Silva, S.S. ve Anderson T. A.,1995. Fish Nutrition in Aquaculture Chapman and Hall, London, 1995.
- İyigün, E. ve Koçbug, Z., 2003. Porsuk Baraj Gölü ve Havzasının 2002 yılına kadar olan Su kalitesi değerlendirmeleri. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirlilik Etkileri ve Çözüm Önerileri Bildirileri, s.191-207.
- Gélineau, A.G., Corraze, T., Boujard, L., ve Larroquet, S., 2001. Relation between dietary lipid level and voluntary feed intake, growth, nutrient gain, lipid deposition and hepatic lipogenesis in rainbow trout. *Aquitaine Aquaculture Reprod. Nutr. Dev.*41(3), 487-503.

- Harper, D., 1992. Eutrophication of fresh waters Principles, problems and restoration. Published by Chapman and Hall, 2-6 Boundry Row, London, 327.
- Hoşsu, B.A. ve Korkut, A., 2004. Su Ürünlerinde Yemlemenin Çevreye Etkisi. Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Dergisi, 21(1-2), 167-172.
- Lange, B.H., 1979. Pollution Tolerance of Diatoms as a Criterion Water Quality Estimation. Nova Hedwigia, Beiheft. 64, 285-30
- Nixon, S.W., 1995. Coastal Marine Eutrophication A Definition, Social Causes and Future Concerns. Ophelia, 41, 199-219.
- Nstc, A., 2003. An Assessment of Coastal Hypoxia and Eutrophication in U.S. Waters. National Science and Technology Council, Committee on Environment and Natural Resources, 2003, ABD.
- Nürnberg, G. K., 1996. Trophic state of clear and colored, soft and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish. J. Lake and Reservoir Management, 12, 432-44.
- McCool, S.F. ve Lime, D.W., 2001. Tourism Carrying Capacity. Tempting Fantasy or Useful Reality Journal of Sustainable Tourism, 9 (5), 372-88.
- McKindsey, C.W., Thetmeyer, H., Landry, T. ve Silvert, W., 2006. Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. Aquaculture, 261, 451-462.
- Pulatsü, S., 2002. The Application of a Phosphorus Budget Model Estimating the Carrying Capacity of Kesikköprü Dam Lake. Turkish Journal of Veterinerian and Animal Science, 27(5), 1127-1130.
- Özdal, B., 2019. Ağ Kafeslerde gökkuşağı Alabalığı yetiştiriciliğinin Sürdürülebilirliği için Bir Bilgisayar programının Kullanımı:Gökçekaya Baraj Gölü (Nallıhan, Ankara) Örneği.(Yüksek Lisans Tezi),Ankara Üniversitesi,Su Ürünleri Bölümü, Ankara.
- Pillay, T.V.M., 2004. Aquaculture and the Environment, Fishing News. Boks, Blackwell, Oxford, Second Ed. UK, 196.
- Sawyer, C.N., 1966. Basic concepts of eutrophication. Journal Water Pollution Control Federation, 38 (1), 737-744.
- Taş, B., 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 3 (1), 43-61.
- Sağlamtimur, D. N. ve Sağlamtimur, B., 2018. Sucul Ortamlarda Ötrofikasyon Durumu Ve Senaryoları. Ömer Halis Demir Üniversitesi. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1) 75-82.
- Smith, V.H., 2003. Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems A Global Problem. Journal of Environmental Science and Pollution Research, 10 (2), 126-139.
- Şahin, T., 2003. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Çevreye Etkisi, Sümale Yunus Araştırma Bülteni, 3(2), 8-10.
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi 1, 364, Ankara.
- Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 2003. Uzungöl'ün Genel Hidrografik Özellikleri ve Taşıma Kapasitesi. Türk Sucul Yaşam Dergisi, 1 (1), 148-157.
- Yazıcıoğlu, N. 2015. Su ürünleri sektörüne genel bakış, tüketici davranışları ve su ürünlerinin Sağlık açısından faydaları. (Yüksek Lisans Tezi), Gediz Üniversitesi Sosyal Bilimler Bölümü, İzmir.

Yıldırım Ö. ve Korkut A.Y., 2004. Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 21, (1-2), 167 – 172.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Melek YÜZER

Doğum Tarihi and Yeri: 01.03.1974 Turhal

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

Telefon : 0(544) 773 54 45

e-mail : t_panko_melek@hotmail.com

Eğitim Durumu

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Lisans	Uludağ Üniversitesi/Ziraat Fakültesi	1995
Lise	Turhal Lisesi	1990

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1997-1998	DİMES	Mühendis
1998-2011	Pankobirlik	Mühendis
2011-Halen	Tokat Gıda Kontrol Laboratuvarı Müd.	Mühendis