



**SÜREYYABEY BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK**

**YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA**

**KAPASİTESİNİN TAHMİNİ**

**EMRE KESKİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN**

**Ocak - 2020**

**Her hakkı saklıdır**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SÜREYYABEY BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ  
AÇISINDAN TAŞIMA KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

EMRE KESKİN

TOKAT  
Ocak - 2020

Her hakkı saklıdır

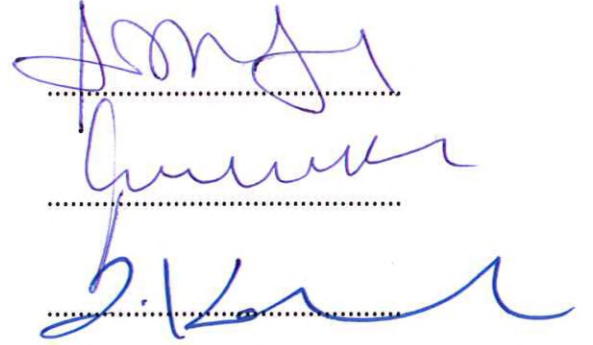
**Emre KESKİN** tarafından hazırlanan “Süreyyabey Baraj Gölünün Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesinin Tahmini” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 KASIM 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Ekrem BUHAN

Üye  
Doç.Dr. Fatih POLAT  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Üye  
Dr.Öğr. Üyesi Zafer KARSLI  
Sinop Üniversitesi



ONAY

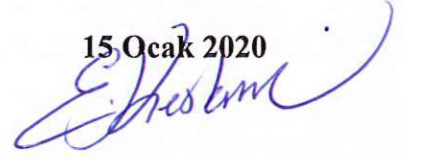
  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
---/---/20---

## TEZ BEYANI

Tez yazım kuralları çerçevesinde hazırlanmış olan bu çalışmanın yazımında bilimsel açıdan ahlaki kurallara uyulduğunu, farklı eserlerden faydalanması halinde bilimsel normlara uyulduğunu ve buna uygun olarak atıflar yapıldığını, tez içerisinde bulunan yenilikler ve sonuçların farklı yerlerden alınmadığını, tezin bölümlerinin bu üniversite ye da farklı üniversitelere çalışma olarak verilmediğini bildiririm.

**Emre KESKİN**

**15 Ocak 2020**



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### SÜREYYABEY BARAJ GÖLÜNÜN ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ AÇISINDAN TAŞIMA KAPASİTESİNİN TAHMİNİ

EMRE KESKİN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ EKREM BUHAN

Ağ kafeslerde balık yetiştiricilik sisteminde en önemli unsurlar; ortamın ekolojik şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada Süreyyabey baraj gölünün bazı su kalitesi parametreleri bir yıl boyunca izlenmiş ve elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve kaldırma kapasitesi üzerinde bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Araştırma alanı, İç Anadolu Bölgesi Yozgat İli sınırlarında yer alan Çekerek Irmağı üzerinde yer almaktadır. Bu tezin amacı, Süreyyabey baraj gölünün kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin fosfor yükleme modeli kullanılarak tahmin edilmesidir.

Ortalama derinliği yaklaşık 31.6 m ve yüzey alanı 41.34 km<sup>2</sup> olan Süreyyabey baraj gölünde, kabul edilebilir fosfor yükü 30 ile 60 mg/m<sup>3</sup> ve yemden yararlanma oranı 1.0-2.0 arasında kullanılmıştır. Sonuç olarak, kafeslerde yetiştiriciliği yapılabilecek alabalık miktarı yaklaşık olarak 0 ile 13 600 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Ancak, yaz mevsimi su sıcaklığı değerleri alabalık yetiştiriciliğini sınırlamaktadır.

2020, 69 SAYFA

**ANAHTAR KELİMELELER:** Süreyyabey Baraj Gölü, Alabalık, Fosfor, Fosfor yüklenme modeli, Taşıma kapasitesi, Su ürünleri yetiştiriciliği.

## ABSTRACT

### MASTER THESIS

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

EMRE KESKİN

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF WATER PRODUCTS

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

The most important elements in fish net cage culture systems are the water quality parameters surrounding the cages and environmental carrying capacity. In this study, some water quality parameters of Süreyyabey dam lake were monitored for one year and considering the results obtained, some evaluations have been made on trout cage culture and carrying capacity. The research area is located on the Çekerek stream in the Yozgat Province of the Central Anatolia Region. The aim of this thesis is to determine the carrying capacity of Süreyyabey dam lake for trout cage culture by using phosphorus loading model.

The acceptable phosphorus load was between 30 and 60 mg/m<sup>3</sup> and the feed conversion rate was between 1.0-2.0 in Süreyyabey dam lake that had an average depth of 31.6 m and a surface area of 41.34 km<sup>2</sup>. As a result, the amount of trout that can be cultivated in cages calculated as approximately 0 to 13 600 tons/year. However, summer water temperature values limited cage trout culture.

2020, 69 PAGE

**KEYWORDS:** Süreyyabey Dam Lake, Trout, Phosphorus, Phosphorus loading model, Carrying capacity, Aquaculture.

## ÖNSÖZ

Bu çalışma; Süreyyabey 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 arazi laboratuvar ve değerlendirme aşamalarında her daim yanımda olan değerli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Ekrem Buhan' a, Doç. Dr. Nihat Yeşilayer' e, Dr. Öğr. Üyesi Zafer Karslı' ya, laboratuvar çalışmaları ve teknik destekleri ile bana yol gösteren tecrübelerinden faydalandığım Doç. Dr. Fatih Polat'a, çevresel modellerde desteklerini esirgemeyen Dr.Mehmet Ali Turan Koçer ve Dr.Saliha Dirim Buhan'a, manevi desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme ve en büyük moral kaynağım olan sevgili eşim Burçin KESKİN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**EMRE KESKİN**

**15 Ocak 2020**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
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 .....	17
2.3.1. Ötrofikasyon nedir.....	18
2.3.2. Ötrofikasyon ve trofik durum .....	24
2.3.3. Su ortamlarının kalite sınıflandırılması .....	28
2.4. İç Sularda Taşıma Kapasitesi Tahmin Modelleri.....	31
2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliği.....	35
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	38
3.1. Çalışma Alanı .....	38
3.2. Çalışmada Kullanılan Örnekleme ve Analiz Metotları.....	38
3.3. Fosfor Yüklenmesi Modeli .....	39
3.4. Hidrolik Bekleme Süresi ve Çevresel Hazmetme Kapasitesi.....	42
4. BULGULAR.....	43
4.1. Su Kalitesi Bulguları.....	43
4.2. Taşıma Kapasitesi.....	44
4.2.1. Ortalama toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....	45



<b>4.2.2. En düşük toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.3. En yüksek toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....</b>	<b>49</b>
<b>4.3. Süreyyabey Baraj Gölünün Hidrolik Bekleme Süresi.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4. Süreyyabey Baraj Gölünün Çevresel Hazmetme Kapasitesi.....</b>	<b>52</b>
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....</b>	<b>54</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>64</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>69</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 1.1. Dünya üzerinde ki su kaynaklarının dağılımı.....	3
Şekil 2.1. Kafes işletmelerinde su içinde çözünen organik artık tespitleri için kütle dengeleri modeli .....	12
Şekil 2.2. Ötrofikasyonun etkileri ve sebepleri.....	14
Şekil 2.3. Ötrofikasyon oluşumu .....	18
Şekil 2.4. Toksik alg patlaması ve çevreye zararları .....	21
Şekil 2.5. Ötrofikasyonun sebepleri.....	26
Şekil 2.6. Ötrofikasyonun bazı olumsuz etkileri.....	28
Şekil 2.7. Su ürünleri üretiminin önemli ülkelerde yıllara göre dağılımı .....	36
Şekil 3.1. Süreyyabey barajı ve konumu .....	38
Şekil 4.2. Süreyyabey baraj gölünün ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı .....	47
Şekil 4.3. Süreyyabey baraj gölünün en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı .....	49
Şekil 4.4. Süreyyabey baraj gölünün en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı .....	51
Şekil 5.1. Süreyyabey baraj gölü için farklı fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesi dağılımı .....	60

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Çeşitli balıkların fosfor gereksinimleri .....	11
Çizelge 2.2. Avrupa’da yer alan ülkelerde temel anlamda yem karakterleri .....	12
Çizelge 2.3. Trofik şekillere göre göllerin genel özellikleri .....	16
Çizelge 2.4. Göl içinde müsaade edilen P ve N yükü .....	19
Çizelge 2.5. Oligotrofik ve ötrofik olan suların içeriklerinin karşılaştırılmasının yapılması .....	21
Çizelge 2.6. Su kalitesinde biyolojik ve kimyasal gözlemlenmenin kalitelerinin gözlemlenmesinin zarar ve yararları .....	29
Çizelge 2.7. Göllerin, göletlerin, bataklıkların, barajların ötrofikasyon kontrollerinde sınırları .....	31
Çizelge 2.8. Su ürünleri yetiştiriciliği modellerine ilişkin değişik taşıma kapasitesi çeşitleri .....	33
Çizelge 2.9. Fosfor yüklemesi ile ilgili bazı modeller .....	34
Çizelge 2.10. Dünya su ürünleri üretimi .....	36
Çizelge 2.11. Ülkemizde deniz ve içsu yetiştiricilik üretim miktarı .....	37
Çizelge 2.12. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan türlerin üretim seviyeleri .....	37
Çizelge 4.1. Süreyyabey baraj gölü mevsimsel sıcaklık değerleri .....	43
Çizelge 4.2. Süreyyabey baraj gölünde mevsimsel çözünmüş oksijen değerleri .....	43
Çizelge 4.3 Süreyyabey baraj gölünde mevsimsel ölçülen pH değerleri .....	43
Çizelge 4.4. Süreyyabey baraj gölünde mevsimsel ölçülen toplam fosfor değerleri .....	44
Çizelge 4.5. Süreyyabey baraj gölü ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....	46
Çizelge 4.6. Süreyyabey baraj gölü en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....	48
Çizelge 4.7. Süreyyabey baraj gölü en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli .....	50
Çizelge 4.8. Süreyyabey baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri .....	52
Çizelge 4.9. Süreyyabey baraj gölü çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri .....	52
Çizelge 5.1. Kültür alabalıkların iyi gelişimi ve hayatta kalması için gerekli su kalitesi sınırları .....	56
Çizelge 5.2. Göl, gölet ve baraj gölleri ötrofikasyon kriterleri .....	57
Çizelge 5.3. Süreyyabey baraj gölü için değişik fosfor konsantrasyonlarında mevsimsel ve yıllık ortalamalara göre hesaplanan yaklaşık taşıma kapasitesinin karşılaştırılması .....	59
Çizelge 5.4. Süreyyabey baraj gölü en düşük fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesinin karşılaştırılması .....	59

## 1. GİRİŞ

Göller ve rezervuarlar önemli su kaynakları olmasının yanında ve su ürünleri yetiştiriciliği içinde önemli kaynaklardır (Sun ve ark., 1999). Göllerde ve rezervuarlarda su ürünleri yetiştiriciliğinin hızla gelişmesiyle birlikte, su kalitesi ve su organizmalarına olumsuz etkileri açıkça ortaya çıkmış (Zhou ve ark.,2011), su ortamını giderek daha da kötüleştirmiştir (McDaniel ve ark. 2005). Su ürünleri yetiştiriciliği, göllerin ve rezervuarların kapsamlı kullanımının bir parçası olmasına rağmen, yüksek yoğunluklu ve önemli miktarda yem içeren yoğun su ürünleri, besin elementi seviyelerini etkiler, su kolonu ve sedimentteki kirlilik yükünü artırır ve sonuçta ötrofikasyona yol açabilir (Garner, 2008).

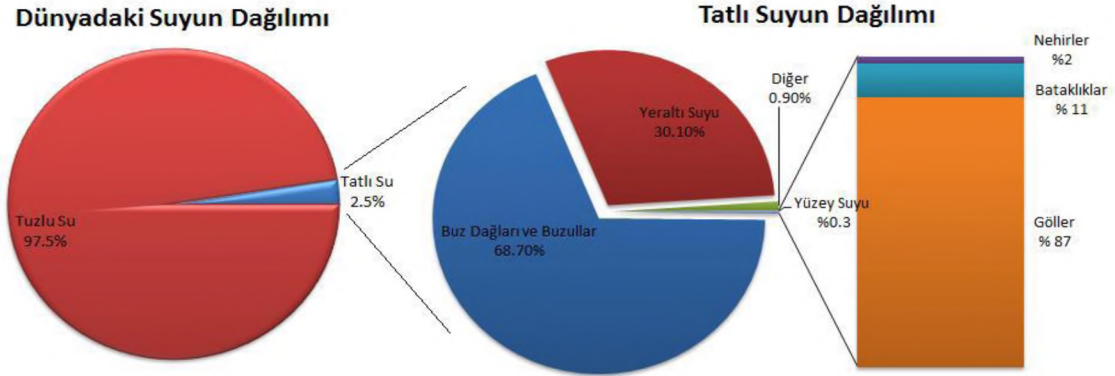
Dünya üzerinde balıkçılık sektörü özellikle 15. Yüzyılın sonuna doğru ticari bir ivme kazanmış bunun ardından gelen yüzyıllarda da balıkçılık alanında sanayileşeme yaşanmaya başlamıştır. Geçen zaman içinde özellikle balıkçılık alanında aşırı avlanma özellikle ekosistemde değişimlere neden olmuş bu durum ise oldukça önemli bir tehdit oluşturmaya başlamıştır (Yazıcıoğlu, 2015).

Su ürünleri ticareti; özellikle belirtmek gerekirse bir devletin iç ve dış piyasalarında ciddi anlamda sirkülasyonların gerçekleştiği bir aşamadır. Dünya üzerinin oldukça önemli bir bölümünün su ile kaplı olmasına bakarsak su ürünlerinin değerini görebiliriz. Türkiye'de ise özellikle Karadeniz, Akdeniz, Marmara ve Ege denizi ile beraber oldukça öneme sahip olan göller, barajlar ve akarsuların olması su ürünlerini oldukça önemli sektör haline getirmiştir (Anonim,2016a). Balıkçılık sektörü özellikle ülkelere ekonomik anlamda önemli derecede girdi sağlayan bir kaynak haline gelmiştir. Balıkçılığın önemine bakacak olursak sürekli olarak ekonomik anlamda kazanım sağlaması ve insanların et ihtiyaçlarını karşılaması bakımından oldukça önemli bir besin kaynağı olduğu görülmektedir. Beslenme konularına çok önem veren ülkeler özellikle hayvansal besine yönelmekle beraber deniz ürünlerine ilişkin denizlerden daha fazla yararlanmakta ve ileriye dönük olarak sürekli biçimde bu alanlarda yatırımlar gerçekleştirmektedir. Dünyada nüfus sürekli artış gösterirken hayvanlardan elde edilen proteini sağlamak, dünyada yer alan besin kaynaklarını artırmak adına yapılan faaliyetlere katılmak tüm insanların insanlık görevleri arasında bulunmaktadır. Dünya üzerinde yer alan ülkelerde su ürünleri kaynaklarının sürekli biçimde kullanılması,

yararlanılması ve yeni avlanma alanlarının stoklarının tespit edilmesini, gelişiminin sağlanmasının, ülkenin ekonomik ve sosyal hedeflerine uygun olarak kullanılmasını, kaynak üreten nüfus çeşitliliğini, yıllık stok ve stokların üretimini ve çok iyi hesaplanmasını gerektirmektedir (Acara ve Coşkun, 1989).

Dünya üzerinde bulunmakta olan su kütlesi miktarı 1.4 milyar km<sup>3</sup>'tür. Okyanus ve denizlerde ki tuzlu su seviyesi %97.5'i, akarsularda ve göl olan alanlarda yer alan tatlı su miktarı %2.5'i şeklinde ortaya çıkmıştır. %2.5 seviyelerinde bir tatlı su oranının bulunması ve bu oranın yaklaşık olarak %90'ının yer altı sularının meydana getirdiği bu durumun ise insanlar için tatlı suların ne kadar önemli olduğu, faydalanacakları kaynakların ne kadar sınırlı olduğunu gözler önüne sermiştir. Ülkemizde toplamda 826'dan fazla tabii ve yapay göller yer almaktadır. Tabii olan göller ve dağlarda yer alan küçük boyutlu göller 120'den fazla sayıda yer almaktadır. Tabii göllerin dışında aynı zamanda ülkemizde 706'dan fazla göl yer almaktadır. Ülkemiz özellikle akarsu bakımından da oldukça zengin bir ülke konumunda bulunmaktadır. Ülkemiz içinde yer alan akarsuların çoğu farklı denizlere dökülmektedir. Yalnız ülkemizi su zengini olan ülkeler arasına koymak zordur. Ülkemiz yıllık bazda bakıldığında insan başına düşmekte olan su miktarı düşünüldüğünde Türkiye su zengini ülkeler arasına girmemektedir. Ülkemiz nüfusunun 2030 yılı içinde TÜİK verilerine göre 100 milyon seviyelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir. İleride yaşanacak olan nüfus artışını düşünecek olursak su kaynaklarının kullanımında ki baskılar ve ülke olarak yaşanan gelişim, su kaynaklarında sıkıntılara neden olmaya başlayacaktır. Aynı zamanda yapılmakta olan bu tahminler önümüzde ki 20 yıl boyunca hiç bozulmadan ileriye taşındığı anda gerçekleşebilecektir. Bu bağlamda ülkemiz insanların ilerde dünyaya gelecek olan nesillere içilebilir su bırakması için var olan kaynakları etkili ve verimli kullanmaya önem göstermeleri gerekir (Anonim, 2018a).

Dünya üzerinde bulunan su seviyesinin yaklaşık olarak 3/10.000'i mevcut vaziyette ulaşımı ve değerlendirilmesi imkân dâhilinde olan su formunda bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Dünya üzerinde ki su kaynaklarının dağılımı (Anonim, 2017a)

İnsan ve çevresi ile olan uyumu istikrarlı şekilde gelişim göstermeye devam ederken insanların gelişim istekleri ve kalkınma çabaları bu dengeleri doğa aleyhine bozmaya başlamıştır. Günümüzde insanlar hemen hemen tüm büyük su ekosistemleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir ve elementlerin akışını değiştirerek, büyümeyi topraktan alıcı su ortamına sınırlar (Smith, 2003). Doğal kaynaklar üzerinde baskıların artış göstermesi ile kaynakların tükenmeye başlaması ve artan maliyetler son dönemlerde dünya gündemini meşgul etmektedir. Bu bağlamda, çevresel değerlendirme yöntemlerinin sürdürülebilir yöntemler sağlamada ve doğal kaynakların ekonomik değerini göstermede kullanımı rehber niteliği taşımaktadır (Anderson, 1985; Kula, 1994).

Türkiye’de geleneksel anlamda sığ su yaklaşımı bulunmaktadır. Ülkemizde özellikle tatlı su toplulukları arasında, belki de suyun berrak olmasından ve oldukça görkemli olmasından, derin olan ve büyük olan su topluluklarına daha çok önem veriyor ve açık olan suların kullanımını daha ideal olarak görmekteyiz. Yüzeysel göllere olan son ilgi, bize umut vermiştir. Sığ göllerde; küçük ve baskın su bitkileri yaygındır ve su yüzeyindeki biyolojik çeşitlilik ve üretkenlik, sığ suya göre çok yüksektir. Göllerde bulunan suyun kalitelerini burada yer alan biyolojik, fiziksel ve kimyasal besin zincirleri etkilemektedir. Gölde, besin zincirinde en altta yer alan azot ve fosfat tüketerek fotosentez yapan tek hücreli bitki fitoplanktonlar vardır. Onun üstünde ise fitoplankton ile beslenen hayvansal olan zooplanktonlar oluşturmaktadır. Bunun ardından ise üçüncü olan halkayı otçul olan balıklar meydana getirmektedir (sazan, kadife v.b).

Göllerde ve akarsularda yer alan, küçük balıklar ile besinini sağlamakta olan predatör balıklar (turna, sudak v.b.) besin zincirinin en üst tepesinde yer almaktadır. Göllerde yer alan sulak alan bitkileri de oldukça öneme sahiptir. Bu alanlar özellikle göllerde yaşamakta olan balıkların barınağı ve çoğalmaları için yumurtalarına sığınak olması göl ortamında elverişli olan alanların yaratılmasına yardım etmektedir (Cevadzade, 2007).

Besinlerde yer alan elementler noktasal ve yayılıcı kirletici kaynaklar vasıtasıyla su kaynakları ile buluşmaktadır. Endüstriyel olan atık sular ile evsel olan atık sular noktasal olan kaynaklardır. Katı atıkların depolandığı alanlarda yaşanan sızıntı, tarım alanlarında yapılmakta olan gübrelemeler, hayvansal olan atıklar, küçükbaş ve büyükbaş atıkları yayılıcı olan kaynaklara örnek olarak gösterilebilir (Atmaca, 2012). Yapılan araştırmada, tarım alanlarında ki çalışmalarda yaşanan hızlı artış ve gıdada yükselme olması özellikle fosforun sığ sularda birikmesine neden olmuştur. Ayrıca, insanlar akan yüzey suyunu atık suları temizlemenin kısa ve güvenli bir yolu olarak görülmektedir. Dünyamızda yüzey sularına yapılmakta olan fosfor ve azot yüklemelerinin ve arazi kullanımları özellikle insan popülasyonunu tehdit etmeye başlamıştır (Smith, 2003). Ötrofik şartların temel tetikleyicisi azot ve fosfordur, bunlar genellikle yayılıcı olan kaynaklardan ileri gelmektedir (Nstc, 2003).

Var olan bir ekosisteme organik olan maddenin girişinde ki artış ötrofikasyon olarak isimlendirilmektedir. Bu hadise nehirler, göller ve rezervuarlardaki doğal biyolojik üretim sürecinin, besinlerin (genellikle azot ve fosfor bileşikleri) sebep olduğu genel olarak göllerin yaşlanmalarına neden olmaktadır (Nixon,1995). Ötrofikasyon, alt makrofitlerin, yüzeyde bulunan birikimlerin, bitkilerin yüzey kümelerinin ve görünür mavi-yeşil alglerin (siyanobakteriler) veya alg patlamalarının toplanmalarına neden olmaktadır. Bu olay, toksik maddelerin salınması, organik maddelerin ayrışımı veya okside olmuş fosfatların çökelmeye bağlanması ve balıkların oksijen eksikliğinden ölmesi gibi ikincil olan problemlere sebep olabilir; bu durum ise suda bulunan çözülmüş oksijen oranının azalmasına neden olmaktadır (Doğan Sağlamtimur, N. Ses Yalıtımı, B.2018). Sucul ekosistemlerde ötrofikasyon, özellikle çevresel değerlendirme yöntemlerinin temelidir (Nixon, 1995).

Doğada ötrofikasyon, tatlı su ekolojik modellerinin karakteristiğidir ve birçok gölet ve gölün normal yaşlanma evresinin bir parçasıdır. Çalışmalar, Avrupa'daki göllerin%

53'ünün, Asya'da% 54'ünün, Güney Amerika'da% 41'inin, Kuzey Amerika'da% 48'inin ve Afrika'da% 28'inin ötrofik olduğunu göstermektedir. Suda meydana gelen ötrofikasyon arzu edilmeyen bir vaziyettir. Özellikle tarımsal anlamda yapılan çalışmalarda, temizlik ürünlerinin kullanımından kaynaklanan su birikimi ve ötrofikasyon, suyun, nitrojen ve fosforu dönüştürme becerisinin aşılmasının bir sonucu olarak biriktiğinde kendini temizleme özelliğini aşması durumunda oluşmaktadır. Bu nedenle, besin maddelerinin noktadan ve dağınık noktadan kaynaklanan kirletici kaynaklardan yüzey ve yeraltı suyuna girmesi önlenmelidir. Yüzey ve yer altında bulunan öğelerin girişi ve ötrofikasyon (i) fosfor ve azot bulunduran endüstriyel olan atıkların kontrol altında tutulması, (iii) fosfor ve azotu giderebilen endüstriyel ve ev atık sularını için tesislerin kurulması, var olan atık su tesislerinde belirli yenilemelerin yapılması, sıkı kontrol ve optimum işletim, (iv) tarım alanlarında yapılmakta olan gübreleme işleminin bilinçli olarak yapımı, yapılan gübreleme sonucunda meydana gelen gübre sebebiyle kirliliklerin kontrol edilmesi ile bir azalma yaşanabilir (Doğan Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

İnsanlar tarafından suyun kaynaklarına ilişkin olarak yapılan her çeşit müdahalenin özellikle sürdürülebilir ve sürekli biçimde koruma önlemleri dahilinde yapılması gerekir. Suyun ve kaynakların devamlılığının olması özellikle insanların yaşamları için oldukça önem taşımaktadır. Su kaynakları çeşitli alanlarda kullanıldığından dolayı su olmaması durumunda yaşam yok olmamaktadır. Bu bağlamda suyun kullanımını öncede ve bugün olması gibi ileride de sorunsuz olarak sürmesi gerekmektedir (Anonim,2017).

Ülkemizde suların potansiyellerine bakıldığında içme sularının suda bulunan ürünlerin sağlıklı olarak gerçekleşmesi açısından barajlarda suların kalitelerinin izlenmesi ve araştırılması ve en uygun yolun izlenimi oldukça önemlidir. Bu nedenle rezervuar özellikleri veri tabanı meydana getirilerek belirlenmektedir. Bu durumda, ilk adım göllerin trofik seviyesini belirlemektir. Göllerin sınıflandırılması, sağlıklı ve su ürünleri yetiştiriciliği planlaması sayesinde trofik seviyenin ortaya konulması imkân dâhilinde olacaktır (Ayvaz ve ark, 2011).

Küresel anlamda yaşanan iklim koşullarında ki değişimler nedeni ile su kaynaklarının koruma altına alınması ulusal anlamda zorunlu bir durum haline gelmiştir. Su rezervlerini korumanın ilk adımı sorunları izlemek ve belirlemektir. İzleme ve araştırma



programları oluşturulabilir ve ötrofikasyonu engellemenin başarılı olan bir yolu bulunabilir. Ötrofikasyon ılıman olan kuşaklarda özellikle göller ve rezervuarlarının en önemli sorunları arasında bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında Yozgat ili Çekerek ilçesi içinde bulunan Süreyyabey Baraj Gölü'nün ötrofikasyon durumu ele alınmış; yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkan bilgiler doğrultusunda ötrofikasyon yönetimlerinin nasıl olacağı ve uygulamalı projeler kapsamında temel veriler elde edilmiştir.

Baraj içinde bulunan ağ kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilir olmasına ilişkin olarak var olan tehditleri en aza indirmek adına bu ortamın bunu kaldırma kapasitesine ilişkin tahminde bulunulması gerekmektedir. Bu bağlamda balık yetiştiriciliğinde kafesli ortamlarda taşıma sınırının geçilmemesi gerekmektedir. İşletmelerin sayısı ve toplam kapasitesi, bir su ürünleri sisteminin oluşturulması gereken alanlarda atıkların neden olabileceği organik yükün olumsuz etkilerini ve taşıma kapasitesini aşan yatırımları olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla taşıma tarafından yürütülen ortamın taşıma kapasitesi dikkate alınarak belirlenmelidir (Şahin, 2003).

Göller özellikle doğal güzellikleriyle, biyolojik açıdan zengin olmaları, turizm açısından, balıkçılık ve hidroelektrik bakımından dünyada oldukça önemli kaynaklar içerisinde yer almaktadır. Yalnız yaşanan nüfus artışları, hızlı biçimde gelişim gösteren teknolojik gelişmeler, endüstriyel atıklar göller için oldukça yük olmaya başlamıştır. Sayılan bu nedenler arasında en yaygın ve tehlikeli olan çevresel etmenler şüphesiz ki, insan faktörlü ötrofikasyon olarak karşımıza çıkmaktadır (Taş, 2011). Bu, gölde aşırı fosfor ve azot patlamasından meydana gelir ve bu da dünya çapında biyolojik çeşitliliğin ve su kalitesinin bozulmasına neden olur (Kristensen ve Hansen, 1994; Dodson ve ark., 2000). İnsanların kullandığı besin maddelerinin göllerde birikmeye neden olması, kirlilik açısından çok önemli bir durumdur (Beklioğlu ve ark., 2003). Trofik düzeyin doğru biçimde ortaya çıkartılması; tatlı sulardan oluşan göllerin kullanılması ve istenilmekte olan nitelikler ile niceliklerin sürekliliğinin oluşmalarına imkân sağlamaktadır (Yerli ve ark., 1997). Çeşitli araştırma konularını içeren su kütlelerinin özelliklerinin ve su ürünleri yetiştiriciliği açısından önemli potansiyellerin belirlenmesi, iç su zenginliğini en üst düzeyde temsil eden bu su kütlelerinin

değerlendirilmesinde önemlidir. Bu tür çalışmalar göllerimizle ilgili veritabanları oluşturmak için temel sağlar. Su kaynaklarımız adına ulusal anlamda entegre veri sistemi ortaya koymak oldukça önemli ve zorunludur. Bu tür bilgileri kullanarak, göllerin teorik olarak durumlarını ve verimliliğini ortaya çıkarmak mümkün olmaktadır. Ancak bu durumda, pratik araştırma yapan ve / veya görevlerinden birini yasaya uygun olarak yapan kurum ve kuruluşlar, su kaynaklarını ve gelecek planlarını değerlendirirken, ellerinde gerçekçi araçlara ve sağlam bir yüzeye sahip olacaklardır (Ayvaz ve ark., 2011).

Azalmakta olan doğal sermayeler ve artış gösteren çevre kirlilikleri küresel anlamda geleceğimizi zora sokmaya başlamıştır. Su devamlılığı sucul ve sucul ekolojik sistemlere düzenleyen bir yaklaşımlardır. Bu terim yeşil şirketler için hem kültür balıkçılığını hem de maliyet etkinliğini arttırmaktadır (Srinath ve ark. 2002; Atar ve Alçiçek, 2009).

İnsanların ve canlıların yaşamlarını sürdürmek adına gereksinim duyduğu en önemli kaynaklardan birisi de şüphesiz ki tatlı su kaynaklarıdır. Göller durgun su alanları olarak, araştırma ve insan faaliyetleri sonucunda ekolojileri hızla bozulmaktadır. Tarım ve küresel ısınma, ağır metaller, tuzlanma, ötrofikasyon, asitlenme ve diğer toksik maddeler ve bilinçsiz su kullanımı gibi durumlar özellikle doğal su kaynaklarından olan göller için önemli tehditlerin başında gelmektedir (Anonim, 2003; Akyüz ve ark., 2013). Ötrofikasyon; ılıman kuşakta yer alan göllerin ve rezervuarların en büyük problemleri arasında bulunmaktadır. Ötrofikasyonun engellenmesine ilişkin olarak tedbir almanın en önemli yolu ilk olarak inceleme, gözlem yapma ve tedbir almadan geçmektedir. Bu dönemde, küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle birlikte su kaynaklarının değeri arttı; Su koruması ayrıca uluslararası ve ulusal mevzuat ile sağlanmaktadır. Koruma işinde ilk adım, problemin tanımlanması ve izlenmesidir. Bu tez, Yozgat ilindeki Çekerek bölgesinde yer alan Süreyyabey Baraj 'ının ötrofikasyon durumundan bahseder; Alınan bilgiler ışığında gölün ve uygulanan projelerin ötrofikasyonun yönetimi için temel veriler elde edilmiştir.

Ülkemizde yer alan iç su varlıklarımıza baktığımızda iç sularımızın sadece %30'luk oranına denk gelen 677 baraj gölleri bulunmaktadır. Göllerimizde bulunan bu su potansiyellerinin sürekli biçimde içme suyu olması ve göllerde yapılan yetiştiriciliğin

sağlıklı olması için mutlaka göllerin izlenmesi gerekmektedir. Trofik seviyenin ortaya konulması, göllerin sınıflara ayrılması, sur ürünlerine sağlıklı biçimde program ve plan yapılmalarına olanak verecektir (Ayvaz ve ark., 2011).

Araştırma alanı olan Süreyyabey baraj gölü İç Anadolu Bölgesi Yozgat İli sınırlarında yer alan Çekerek Irmağı üzerinde yer almaktadır. Ortalama derinliği yaklaşık 31.6 m ve yüzey alanı 41.34 km<sup>2</sup> dir. Ağ kafeslerde balık yetiştiricilik sisteminde en önemli unsurlar; ortamın ekolojik şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada Süreyyabey baraj gölünün bazı su kalitesi parametrelerinin izlenmesi ve elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve kaldırma kapasitesi üzerinde değerlendirmelerde bulunulması ve Süreyyabey baraj gölünün kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin fosfor yükleme modeli kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Fosfor Nedir ve Niçin Önemlidir**

Fosfor, 17. yüzyılda Alman kimyager Hennig tarafından keşfedildi. Bu, insan vücudundaki kalsiyumdan sonra en sık görülen elementtir. Atom numarası 15 ve sembolü P. Fosfor diester bağları - fosfor bileşenleri organizmaların tüm DNA yapıları için çok önemlidir. İnsan vücudu ayrıca hücre büyümesi ve tamiri, kemiklerin meydana gelmesi ve dişlerin oluşması kalp kası kasılması, enerji üretimi, kasların ve sinirlerin hareketi ve böbrek fonksiyonları açısından fosfora gereksinim duyar.(Anonim, 2019).

Fosfor elementi vitamin kullanımı ve bunun ardından gıdaların enerjilere dönüşmesine yardımcı bulunarak besin kaynaklarının enerjiye dönüşmesine yardımcı olmaktadır. Fosfat, hücre içi sıvının ana anyonudur, %85'e kadar fosfor kemikte fosfat olarak depolanır. Fosfatlar dönüştürülebilir olduklarından, birçok metabolik fonksiyonun ve koenzim sisteminin çalışması için gerekli bileşiklerle birleşebilmektedirler. Özellikle ADP, ATP ve fosfokreatinin fonksiyonları fosfatların birden fazla önemli olan reaksiyonları ile ilişkilidirler (Anonim, 2019).

Su içinde yer alan fosfor, bu maddeler içinde yer alan karmaşık ve çok yönü bulunan biyokimyasal dengelerin ana maddelerinden birisidir. Göller ve akarsularda çözülmüş, organik, inorganik fosfat yer almaktadır. Çözülmüş inorganik fosfat fotootrof üreticileri tarafından emilirken, organik fosfor canlı organizmalardan ve bunların katı parçacıklarından gelir ve besin zincirine bağlanır. Fosfor, canlı protoplazmanın yaklaşık % 2'sini kuru ağırlık olarak oluşturur. Bu nedenle, özellikle fotosentez yapan ototrofların ve heterotrofik mikroorganizmaların büyümesinde fosfor limitleyici bir etkiye sahiptir (Uslu ve Türkman, 1987).

Bitkilerde, hayvanlarda ve mikroorganizmaların bünyelerinde ekzotermik oksidasyon reaksiyonları sonucunda salınan enerjiler reaksiyonlar içinde kullanılmaktadır. Canlıların metabolizmalarında bu sayede üretilen enerji, hücresel maddelerin biyolojik sentezi gibi çeşitli enerji yoğun reaksiyonlarda kullanım için fosfor bileşiklerinde kimyasal olarak biriktirilir bunun ardından bileşiklerden alınmaktadır (Uslu ve Türkman, 1987).

Fosfor, göllerde ve denizlerde serbest biçimde düşük olan derişimlerde bulunur ya da hiç bulunmamaktadır (Anonim,1994). Doğal sulardaki toplam fosforun konsantrasyonu; Coğrafyanın jeolojik yapılarının bileşimi deltanın morfometrisine, evsel atıkların varlığına, özellikle deterjanlara, sudaki organik maddelere ve su içinde yer alan metabolizmaya bağlıdır (Schwörbel, 1987). Su alanlarında oluşan ötrofikasyonun temelinde yer alan element ise fosfordur (Harper, 1992). Suda bulunan fosfor oranı gün içinde bulunan oksijen, ya da farklı unsurlara göre değişiklik göstermemektedir. Bununla birlikte, gübrelemeden sonra, birkaç gün içinde ortaya çıkabilen süspansiyon halindeki fitoplankton konsantrasyonundaki değişikliklerle karakterize edilen değişiklikler olabilir (Boyd, 2014).

Fosfor, balıklar için oldukça önemli bir besin kaynağı niteliğinde bulunmaktadır, özellikle %85-90 seviyesinde diş ve kemik yapısında bulunmaktadır (Hoşsu ve ark. 2001). Balıklar gereksinim duydukları fosforun belirli bir oranını sulardan karşılamaktadırlar. Sağlıklı biçimde metabolizma ve kemiklerin gelişim göstermesi için besinler aracılığı ile fosforun verilmesi gerekmektedir. Doğal olarak, yem içeren ham maddelerden elde edilen yem, büyük miktarda fosfor içerir. Sadece hammaddeden gelen bu fosfor, balık tarafından tamamen sindirilemez. Bu nedenle, fosforun, beslenmeye ek olarak mineral bir karışım halinde eklenmesi gerekir. Yemlemeye ek olarak, fosfor inorganik fosfat formundadır. Yemler içinde fosforların kaynağı olan ana fosfatlar kalsiyum, sodyum, potasyum fosfatlarıdır. Balıklara verilen yemlerde kullanılan maddeler fosfat bakımından zengin olan balık unları, balık yemleri maddeleri bulunmaktadır. Balık türüne bağlı olarak, fosforun hammaddeden sindirilebilirliği değişir. Bitkisel ürünlerinde, özellikle fosfor balıkların sindiremeyeceği "fitin fosfat" halinde bulunduğu için bu tür hammaddede fosforun sindirilebilirliğini % 60-70 seviyesinde azaltır (Pillay, 2004). Fosfor gereksinimleri ve tüketilen balık miktarı dikkate alındığında, yemde fazla miktarda fosfor olduğu tespit edilmiştir. Bu aşırı fosfor suda kullanılmadan kalmaktadır. Bir çalışmada, dışkıyla salgılanan fosfor miktarının dışkı seviyesinin %2'si olduğu bulunmuştur (FAO, 1992).

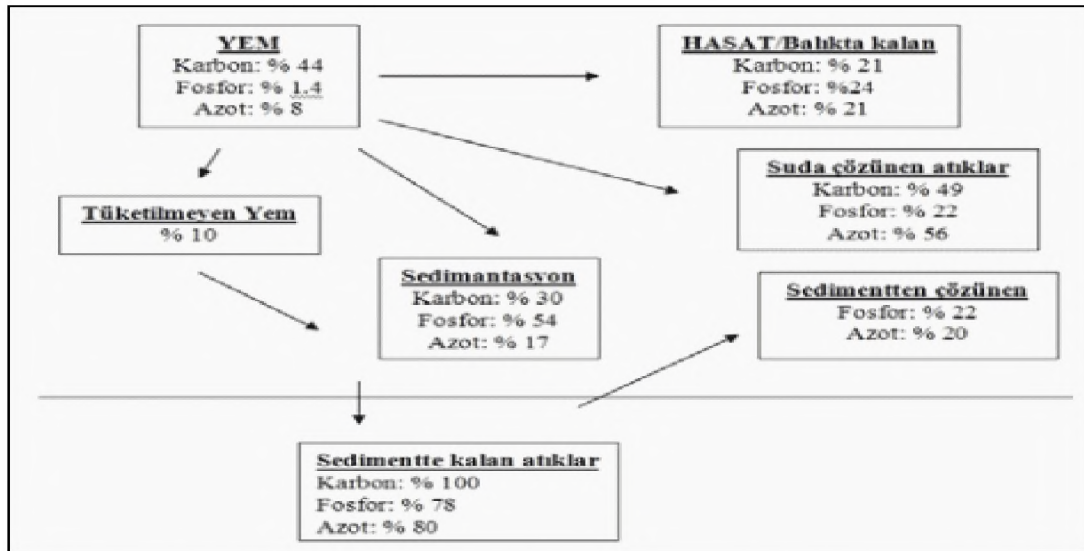
Çizelge 2. 1. Çeşitli balıkların fosfor gereksinimleri (Stickney, 1994)

<b>TÜR</b>	<b>GEREKSİNİM (% YEM)</b>
Gökkuşuğu Alabalığı	0.7
Salmon	0.6-0.7
Sazan	0.7
Yayın Balığı	0.8
Tilapia	0.9
Yılan Balığı	0.3
Mercan	0.6
Red Drum	0.86

Yetiştiricilikte, gerekli en uygun balık proteini ve enerji ihtiyacının tespit edilmesi ve karşılanması ile yem kaybının ve element kaybının önüne geçilebilir. Proteinler balıklarda ana enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yağlar ve karbonhidratlar, protein dışındaki enerji kaynaklarını sağlayabilir. Yüksek enerjili yem kullanımı sayesinde proteinden istifade oranı artarken azot salınma seviyesi düşmektedir (Gelineau ve ark. 2001). Genellikle soman ve alabalık çeşitleri gibi balıkların besin ihtiyacını karşılayan bu yemler, metabolik aktiviteler için gerekli olan enerji yemde bulunan yağ oranının yükseltilmesi ile temin edilmiş olacaktır. Johnson ve ark. (1991) salmon balıklarına ilişkin olarak yapmış olduğu araştırmada, %22 ve %30 yağ oranı olan iki farklı yemi Atlantik'te bulunan salmon üzerinde uygulamış, ve %30 yağ bulunduran yemlerin azot ve amonyak oranları açısından daha az kirliğe sebep olduğunu bulmuşlardır. Yemlerde yaşanan kayıplar paletli olan yemlerde %9 iken, ekstruder yem içinde bu miktar %2 biçiminde Norveç salmon endüstrileri tarafından açıklanmıştır (De Silva ve Anderson, 1995). Avrupa ülkelerinde kademeli olarak içinde yüksek enerji bulunduran yemlere geçiş yaşanmakta özellikle palet yemler yerine ekstruder yemler kullanılmaya başlanmıştır (Alvarado, 1997).

Çizelge 2. 2. Avrupa’da yer alan ülkelerde temel anlamda yem karakterleri (Alvarado, 1997)

Ülkeler	Norveç	Danimarka		Yunanistan	
<b>Balık Türü</b>	Salmon 4-5 kg	Alabalık 250-300 g		Çipura-Levrek 400-800 g	
<b>Yem Tip</b>	Ekstruder Yüksek Enerjili	Ekstruder Standart	Ekstruder Yüksek Enerjili	Pelet	Ekstruder
<b>Protein (%)</b>	34	14	75	75-45	86-57
<b>Yağ (%)</b>	13	45	24	21-52	13-86
<b>Fosfor (%)</b>	0.1	2.1	0.8	3.2	1.1
<b>FCR</b>	2.2	3.5	0.3	5.3	1.4-2.1



Şekil 2.1. Kafes işletmelerinde su içinde çözünen organik artık tespitleri için kütle dengeleri modeli (Gowen ve ark., 1997)

Ülkemizde maalesef su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin neden oldukları fosfor kirliliklerinin azaltılmasına ilişkin bir çalışma ya da düzenleme yapılmamıştır. Özellikle, yem üretimine ilişkin faaliyet gösteren firmalar ve piyasada farklı yem türlerinin bulunmaması, yemdeki fosfor oranının düşürülmesine ilişkin yapılan araştırmalar adına ekonomik açıdan iyi değildir. Bu sebeple Türkiye için planlanmakta olan araştırmalar, firmaların sürekli biçimde takip edilmesi işletmelerin kurulacağı yerlerin seçilmesi, doğal kapasite oranının ortaya çıkartılması ve daha da önemlisi

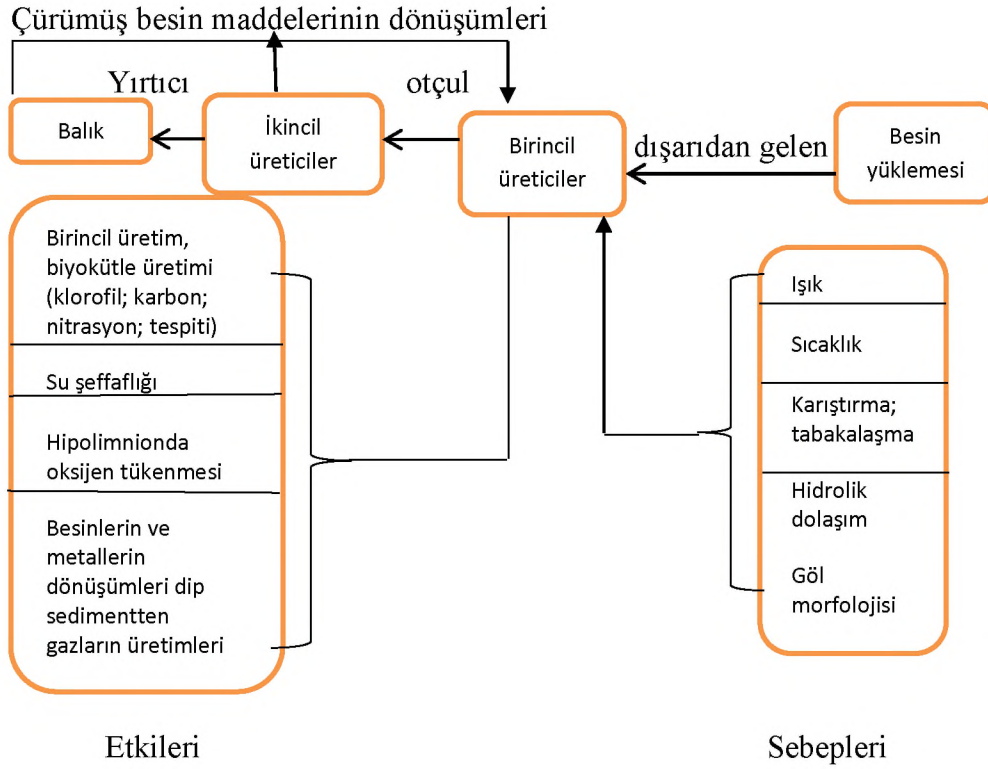
beslenme sırasındaki beslenme hızlarının ve yöntemlerinin iyi hale getirilmesi ile olacaktır. Yapılacak olan bu çalışmalar doğanın korunmasının yanı sıra firmaların da ekonomik açıdan gelişim göstermelerine yardımcı olacaktır (Yıldırım ve Korkut, 2004).

## **2.2. Limnolojik Olarak Göllerin Sınıflandırılması**

Trofik durum; belirli süre içinde yerde su hacmi içinde canlı olan biyolojik materyalin toplamda ki ağırlıkları -biyomas biçiminde tanımlaması yapılmaktadır. Çok geniş yaklaşımlara sahip olan trofik vaziyet, su kütleleri ve havzalar için kimyasal, biyolojik ve fiziksel özellikleriyle ilişkili olması açısından göllerde sınıflandırmaya yarayan en eski yöntemler arasında bulunur. Göller kavramsal açıdan trofik vaziyetlere göre sürekli olarak birinden diğerine dizisinde bulunur. Göllerin sınıflamasının yapılmasında ki temel unsur besin kaynaklarının biyolojik bakımdan meydana getirmiş oldukları farklılıklar olarak kabul edilir (Anonim, 2017b).

Bir gölün beslenme durumunu belirleyen etmen üretkenliğidir. Thienemann ve Naumann ilk olarak “biyomas veya besin maddelerine göre gölleri sınıflandırmak için” düşük besin içeriği / bitki biyokütlesi ”ve“ yüksek besin maddesi / bitki biyokütlesi ”terimlerini kullanılmıştır. Oligotrofi ve ötrofi arasındaki adımı belirlemek için, sonraki yıllarda bu terimlere bir mezotrofik kavram eklenirken Wetzel, başka ötrofik koşulları açıklamak için hiperötrofik veya hipertrofik terimini kullanmıştır. Bugün trofik durumların sınıflara ayrılmasında yaygın olarak kullanılan değişkenler; ışık geçirgenliğini belirleyen seki disk derinliği, üretkenliği temsil eden klorofil pigmentleri, besin sınırlamasını temsilen fosfor, biçimindedir (Anonim, 2003).





Şekil 2.2. Ötrofikasyonun etkileri ve sebepleri (Chapman, 1992)

Göllere biyolojik üretme durumlarına göre göl hidrolojisi dalında belirli sınıflara ayrılmışlardır.

Oligotrofik göller: Nutrient – besin maddesi olarak oldukça fakirdir ve az seviyede beslenmekte olan su yataklarıdır. Bu çeşit göller derindir ama kıyı şeridi oldukça dardır. Tabanları organik maddeler bakımından oldukça fakir durumdadır. Suyun içinde yüzmekte olan plankton ve askıdaki maddelerin az olması nedeni ile elektrolitesi oldukça düşüktür. Suyun rengi mavi, yeşildir ve berrak durumdadır. Azot, fosfat ve kalsiyum nispeten düşük ve hümik asit çok az veya hiç içermez. Oksijen oranı sene boyunca fazladır. Kıyı bölgelerinde yüksek derecelerde olan bitkiler yok denecek kadar az durumdadır. Derinlik alanlarında oksijen seviyesinin az olması buralarda yaşayan alabalık türünün bol olmasına neden olmuştur. Bu göllere örnek vermek gerekirse dağ gölleridir; yüksekte ve derin olmasından dolayı içerisinde az oranda balık ve bitki bulunmaktadır. Kaynak suları ile beslenmekte olan kırsal tabanlı göller de bu göllere örnek olarak verilebilmektedir (Anonim, 2018b).

Mezotrofik göller: Oligotrofik göllere oranla biraz daha orta seviyede besin miktarı olan göller arasında yer almaktadır. Bu çeşit göllerde bitkiler görülmeye başlamaktadır. Suyun renk bakımından yeşilimsi bir renge büründüğü görülmektedir; bu göllerde balık üretimleri orta seviyelerdedir (Anonim, 2008).

Ötrofik göller: Bu göller diğer göllere oranla ileri derecede besin unsuru bulundurmaktadır, özellikle yazları çok miktarda gelişmiş olan fitoplanktonlara sahip göllerdir. Ötrofik özellikte bulunan göllerin çoğunun derinlikleri fazla değildir. Oksijen oranı oldukça az olan bu göllerde organik madde miktarı daha fazladır. Genel olarak bu göllerin derinlik oranları az olsa bile geniş anlamda bir vejetasyon kemerine sahiptir. Epilimnion, hipolimnion oransal olarak büyüktür. Tabanında organik olan maddelerin birikimi nedeni ile özellikle hidrojen ve sülfür gazları meydana gelmektedir. Bu göllerin renkleri sarı, yeşil ya da esmer durumlarda olabilmektedir. Bu göllerde askıda madde oranı fazla olmasından dolayı suyun rengi bulanık durumdadır. Bu tip göllerde azot, kalsiyum ve fosfor oranı fazla olurken humus oranı ise azdır. Su, nutrient maddeleri ve kalkerler bakımından zengin olmasından dolayı plankton için oldukça uygundur. Oksijen oranı gölün üst kısmında fazla olmasına rağmen göl tabanında bu oran düşmektedir. Litoralde, zengin derecede bitki toplulukları görülür taban direyi tür sayısı bakımından az olmasına rağmen miktar olarak zengindir (Anonim,2018).

Hiperötrofik göller: Ötrofik olan göllerin bir ileri aşaması ise hiperötrofik göllerdir. Ötrofik seviyelerine ulaşmış olan bir gölde gerekli olan tedbirlerin alınmaması durumunda hipertrofik seviyelere geçmeye başlar. Bu tür göller, yosun ve mikroskobik bitkilerin aşırı yayılması, gölün dibinde ve kıyılarda birikmesi sonucu bataklığa doğru yönelerek kaybolmak üzeredir (İyigün ve ark., 2003).

Distrofik göller: Rüzgârın olmadığı ve akıntı olmayan alanlarda genellikle distrof göller meydana gelmektedir. Bu göllerde yüzey alanı iç tarafa doğru uzanmakta olan geniş çaplı bitki örtüleri ile kaplanmaktadır. Bu göllerde su rengi genellikle esmer ve humusludur. Bu göllerde pH değerleri oldukça düşüktür. Humus ve koloidal maddeler suyun görüntüsünü ve elektrolitesini olumsuz yönde etkiler. Oksijen dibinde çok düşük bentos ve plankton çeşitlilik ve miktar bakımından fakirdir (Anonim, 2018).

Trofik vaziyet listesinde ki karakteristikler ile uyum sağlamasına bağlı olarak göller trofik bir sınıf içinde yer almaktadır (Tablo 1.)

Çizelge 2. 3. Trofik şekillere göre göllerin genel özellikleri

Karakteristik	Oligotrofik	Ötrofik
Dağılımı	Yüksek olan bölgeler ile dağlık alanda bulunan göller	Ovada yer alan Göller
Morfometri	Derinliği olan litorol bölge dar ve eğimliliği çok	Sığ olan litorol bölge genişliği çok eğim seviyesi az hipolimnion/epilimnion oranı düşük
Su Kimyası	Elektrolit seviyesi az yada değişken Ca, N ve P açısından yoksul humik maddeler çok düşük ya da hiç yok	Elektrolit yoğunluğu genel olarak çok, Ca, N ve P açısından varlıklı humik madde çok az
Çözünmüş oksijen	Yılın tamamında derin olan yerlerde çok, derinlik oluştuğu azalmaktadır.	Hipolimnionda oldukça az ya da çok Metalimnionda birden düşer
Süspanse madde	Çok düşük	Çok ve genel olarak planktondan oluşmakta
Renk	Gök mavi ya da yeşil	Yeşil-Beyaz-Mavi
Organik madde	Süspanse durumda derinlikte ve organik maddeleri az	Süspanse durumda ve derinlikte organik maddeler çok
Dip çamuru	Saprobik değil	Saprobik
Fitoplankton	Tür miktarı çok, biyomas seviyesi düşük yüksek derecede alg çoğalması düşük Yoğun biçimde alglerin üremesi bulunmakta	Cins yoğunluğu düşük biyomas açısından oran fazla Yoğun biçimde alglerin üremesi bulunmakta Cyanophyta karakteristik
Zoobentoz	Profundal fuan çeşitliliği açısından varlıklı Tanytarsus var; Coretha genel olarak yok	Profundal fuana cinsleri bakımından oldukça yoksun Chironomus ve Coretha bulunmaktadır
Litoral Bölgede Köklü Bitkiler	Bazen	Çok
Karakteristik Balık	Alabalık, Salmon balıkları gibi soğuk suya alışkın balıklar	Sazan, Yayın, Turna, Levrek gibi sıcak suları seven balıklar
Toplam Primer Üretim	Düşük	Yüksek
Evsel ve Endüstriyel Kullanım İçin Kalitesi	Orta	Genellikle Kötü
Süksesyonu	Ötrofiye doğru	Gölet ve çayıra doğru

### 2.3. Su Kalitesi Sorunları

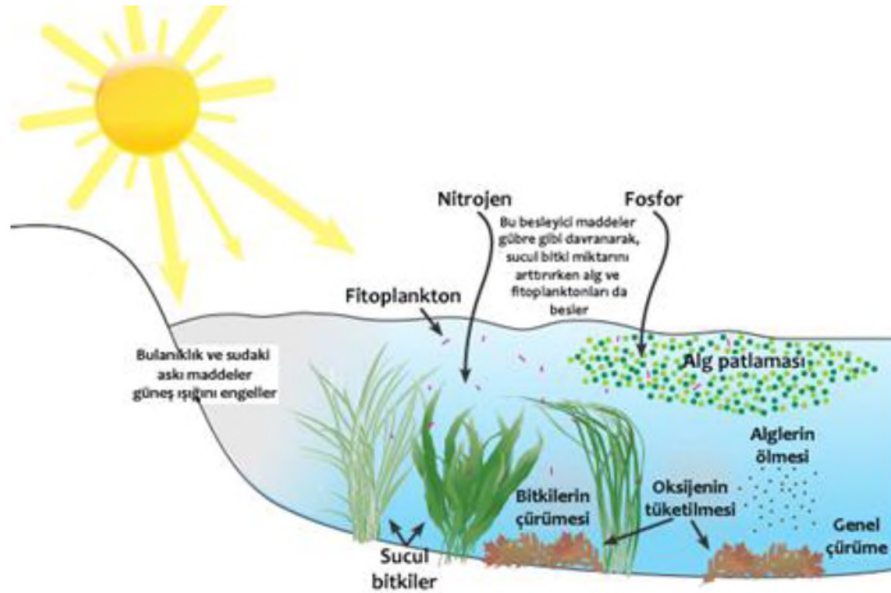
Çevresel anlamda döngü esnasında insanlardan dolayı kullanımların neden olduğu birden fazla yabancı olan madde ile karışımı ya da doğal olarak bu alanda bulunan ve bir nedenden dolayı göl içinde oranı artan bunun sonucunda su kirlilik oranını yükselten sorunlar meydana gelmiştir. Su kalitesinin koruma altına alınması ve bu kalitenin bilinmesi suların kirlenmesini önlemek için atılacak olan en önemli adımlardan birisidir. Kısacası, suyun kalitesi suyun kütlelerinin zaman içinde içerdiği tüm kimyasal, biyolojik ve fiziksel özellikler olarak tanımlanabilir. Su kalitesi önlemleri, çeşitli kirleticilerin Dünya üzerindeki su ve yaşam alanlarına etkisini, hangi konsantrasyonlarda ve şartlar içinde ve hangi tür hasarlar üzerindeki etkisini belirleyen bilgileri içerir. Suyu çeşitli faktörlerden eklenmesi ile kimyasal, biyolojik ve fiziksel değişiklikler meydana gelebilir (Başbüyük, 1992).

Göl suları yüzey suları içerisinde kirlenmeye en müsait olan sulak alanlardır. Nehirler, akarsular ile yüzey sularının taşıdığı her çeşit çözülmüş ve askıda maddeler özellikle dolaşımı bulunmayan gölün içerisinde toplanmaya başlamaktadır. Gölün içine giren maddelerin insan kaynaklı kirlenmeler olması gölün kirlilik seviyesini yükseltmektedir. Göle giren kirleticiler, bozunmayan pestisitler ve ağır metaller ayrışmıyorsa, bu kirleticiler gölün konsantrasyonunu artırır. Asılı madde gölün dibinde imha edilir, su birikintisi oluşturur ve gölü doldurur. Gölün kendini temizleyebilmesi sayesinde kolayca parçalanmış organik maddeler zararsız hale gelir. Kısaca anlatmak gerekirse göller organik durumda olan kirlenmeleri kendi içinde temizleyerek zararsız bir duruma getirebilmektedirler. Yalnız oldukça fazla hale gelen organik kirlenmeler özellikle gölde yer alan oksijen oranını tüketerek, göl için anaerobik duruma gelmesine neden olmaktadır (Anonim, 2015).

Bu problem, ekolojik sistemin su ortamındaki, özellikle kıyı bölgelerindeki işleyişini, özel başlangıç değişkenleri, varsayımlar tespit ederek ve bu varsayımlara dayanarak çözüm önerilerini su kalitesi alanlarına uygulayarak önlenabilir (Sağlamtimur ve Sağlamtimur, 2018).

### 2.3.1. Ötrofikasyon nedir

Fazla miktarda bitkilerden meydana gelen besin maddesi biriktirmiş göllere ya da haliçlere “ötrofik” denilmektedir. Yunancadan ortaya çıkan bu kelime beslenme (trophe) ve iyi (eu) kelimelerinden ortaya çıkmıştır (Khan ve Ansari, 2005). “Ötrofik” kelimesi, Yunanca “eutrophos” sözcüğünden gelmekte ve iyi beslenmiş anlamına gelir; çeşitli “ötrofikasyon” tanımlamaları olmasının yanı sıra ötrofikasyonun yalnızca besin oranının yükseltilmesi ya da zenginleştirmeler ile alakalı bir sorunu içerip içermediğine ilişkin konuda bir ayrım bulunmaktadır. (DWAF, 2002). Farklı tanımlamalara göre ise ötrofikasyon, besin zenginleşmesinden dolayı olan doğal biyolojik üretim aşamasında artma olduğu şeklindedir (Chorus ve Bartram, 1999).



Şekil 2.3. Ötrofikasyon oluşumu (Anonim, 2018c)

OECD; Ötrofikasyon, suyun besinlerle zenginleştirilmesi ve balıkçılık alanlarında su kalitesi özelliklerinin bozulması sonucu alg ve makrofitlerin büyümesi olarak açıklanmaktadır. Ötrofikasyon oluşum nedenlerine göre tabii ve suni olarak sınıflandırılabilir. Tabii ötrofikasyon; göl içinde var olan organizmaların ölmesi ile parçalanmış olan vücut atıklarının ve kabuklarının sedimentte toplanması sonucunda oluşur. Tarımsal, evsel ve endüstriyel atıklardan oluşan ötrofikasyon da yapay ötrofikasyondur (Anonim, 2010a). Kirliliği bulunmayan göllerde, N, P, C şeklinde girdilerin olmamasından dolayı alg gelişimi de oldukça azdır. Besleyici maddelerin

girdilerinin olduğu göllerde ötrofikasyon problemi başlamaktadır. Yaşanan bu sorun su kaynaklarının kullanımında sıkıntılara neden olmaktadır. Özellikle belirtmek gerekirse N ve P maddeleri algilere sınırlamalar getirmektedir. Yosun için C / N / P elementlerinden küçük bir miktar yosun gelişimini önler. Göllerde yer alan besin unsurları, doğal olan dengelere bağılı olarak göllerdeki suyun kalitesini oluşturur. Ötrofikasyonun ana elemanları azot ve fosfordur. Diğer oligoelementler (bor, bakır, molibden, demir, potasyum vb.), Silika ve bazı vitaminler bu olayda rol oynar. Kirlilik durumunda, besin tuzlarının içeriğinde anormal bir artış meydana gelirse, bu, gölün içindeki suyun kimyasal kalitesini etkileyerek, dalgıç tarafındaki fitoplanktonların büyümesini hız vererek su içindeki biyolojik eşitliği bozmaktadır. Bu nedenle, göl suyunda yoğun alg gelişmesi beslenme derecesinin bir ölçüsüdür. Trofik su seviyesini belirlerken, trofik seviyesini belirlemek için yosun çeşitleri ve çeşitlerdeki bireylerin sayısı kriter olarak kullanılır. Göl suyunda besin konsantrasyonu; Bunun nedeni göl suyuna giren besinlerin miktarı ve göldeki besinlerin seviyesidir. Göl sularında P'nin varlığı 0,02 mg / L'nin altında ve 0,3 mg / L'nin altında N olması gölde negatif biyolojik büyümeyi önler. Bunun yanı sıra fosfor ve azot yükleri özellikle göllerin derinlikleri ile alakalı olan bir durumdur.

Çizelge 2. 4. Göl içinde müsaade edilen P ve N yükü

Genel Derinlik (m)	Müsaade edilen ağırlık (g/m <sup>2</sup> göl yüzeyi/yıl)		Tehlikeli olan ağırlık (g/m <sup>2</sup> göl yüzeyi/yıl)	
	N	P	N	P
4	1.1	0.87	2.6	0.18
20	2.5	0.40	3.0	4.60
40	3.0	0.45	4.0	0.40
122	9.0	0.60	42.9	4.60
141	8.5	0.56	55.6	1.07
212	9.6	0.80	68.0	1.40

Göllerde ve akarsularda özellikle bitki, hayvan ve mikroorganizmaların seviyelerinin artış göstermesi ötrofikasyondur ve doğal olan bir olaydır. Yalnız yaşanan bu olayın devamlılığı olduğu zaman suyun içinde oksijen oranında düşüş meydana gelecektir. Dolayısı ile meydana gelen oksijen düşüklüğü ile beraber buralarda oksijen ile yaşayan mikroorganizmaların sayısında azalma olurken anaerobik olan mikroorganizma seviyesinde yükselme meydana gelecektir. Bu durumda, organik maddelerin su (H<sub>2</sub>O)

ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olarak ayrışması tamamlanmaz, göl suyunda indirgenmiş formda oluşmaya başlar. Bu organik bileşikler tortular oluşturduğundan, anaerobik mikroorganizmalar metabolik ürünler olarak düşük moleküler ağırlıklı bileşikler oluşturur. Meydana gelen bu bileşenler özellikle oksijensizlik mikroorganizmalar adına güçlü toksiklerdir. Su döngüsünün yalnızca üstteki kısımlarda gerçekleştiği göllerde etkileşim şu şekildedir ve dengededir. Suların üst bölgelerinde algler ve fotosentez yapmakta olan diğer bitkiler yer almaktadır. Bu alan suların aerobik alanıdır ve nefes alan bölümdür. Alt kısımda ise ölü olan bitkilerin biriktiği buraların nefes alamamasından dolayı burada anaerobik alan yer almaktadır. Bu iki alan arasında, üst kısımda yeterince ışık alabilen ancak nefes almayan, anaerobik fotosentetik bakterilerin bulunduğu bir alan vardır. Bu bakteriler gölün dibindeki organik kalıntıları yok eder ve anaerobik bakteri, bütirik asit, hidrojen sülfid (H<sub>2</sub>S) ve diğer yağ asitlerinin metabolizma ürünlerini kullanarak fotosentezde elektron donörleri olarak kullanılır ve bu nedenle yeşil bitkiler üzerinde toksik etkisi olan bu bileşikler yok olmaktadır. Bu nedenle, gölün toprağına ulaşan organik kalıntılar ayrışırken, anaerobik fotosentez bakterileri tarafından üretilen toksik bileşikler bitkilere ve diğer organizmalara ulaşmadan etkisizdir. Vr olan biyolojik düzen bazı zamanlarda yüzey sularında yaşayan alg popülasyonundaki aşırı bir artışın sonucu olarak bozular. Genel olarak, sudaki az miktarda fosfor, yosun popülasyonunu sınırlayan en önemli etkidir. Herhangi bir nedenden ötürü sudaki fosfor miktarında bir artış alg büyümesine neden olur. Bu durumda, gölün dibinde biriken çok sayıda alg tarafından oluşturulan çökeltilerin anaerobik bozunması sırasında oluşan toksik bileşiklerin miktarı, ara tabakadaki fotosentetik anaerobik bakterilerin pasif duruma gelemeyeceği durumlara ulaşmaktadır. Yüzey alanlarına ulaşan ve zehirli olan bu toksik maddeler göl içinde bulunan balıkları da tehlike altına almaktadır ve buralarda canlıların yaşamlarını ortadan kaldırmaktadır (Anonim, 2019). Genel olarak bir su kütlesi içinde ötrofikasyon aşağıda bulunan olaylar sonucunda izlenmektedir;



Şekil 2.4. Toksik alg patlaması ve balık ölümleri (Anonim, 2016b)

- Sucul organizmalar ve bitkilerde artış
- Organizmaların çeşidinde değişimler, örnek vermek gerekirse yeşil alglere ek olarak mavi ve yeşil alglerin artması ve daha kaba olan balık çeşitlerinin çoğalmasıyla salmon balığının yerine geçmesi,
- Günlük olarak oksijen seviyelerinin gölün derinlikleri boyunca yapılmış olan kontrollerde en uç ve en alt olan değerlerinin inceleme altına alınması ve gözetilmesi,
- Suyun renginde artışın yaşanması ve ışık geçirgenliğinin azalması
- Göl içinde meydana gelen katmanlaşma sonucunda dip bölgelerde oksijen seviyelerinin düşmesi,

Çizelge 2. 5. Oligotrofik ve ötrofik olan suların içeriklerinin karşılaştırılmasının yapılması (Anonim, 2019)

Özellik	Özellik	Özellik
Görünüş	Rengi yeşil ışığın girimi az, genellikle berrak değil,	Oldukça temiz olan su, ileri derecede ışığın girişi
Sertlik	Genellikle sert	Çoğunlukla yumuşak
Koku ve tat	Sürekli olmamasının yanı sıra genellikle kokusu çürük kokusudur	Genellikle korku yok ya da turbansı
Balık	Genellikle yok ya da dayanma seviyesi bazı cinslerden az	Som ve alabalık
Oksijen kapsamı	Az genel olarak mevsimlere göre değişkenlik gösterir	Doygunluk civarı
Su temini için arıtma	Zor ve yavaş filtrasyon	Kolay ve hızlı filtrasyon



Bir su bölgesinin ötrofikasyon açısından ele alınmasında en önemli durumlardan birisi trofik seviyenin doğru biçimde değerlendirmesinin yapılmasıdır. Göllerde meydana gelen trofik değişimleri belirlemede genellikle üç ana değişken kullanılır.

### **Ötrofikasyonu nasıl kontrol ederiz?**

Göllerin genel olarak problemleri göllerde yaşanan besin tuzlarının artmasıdır yani ötrofikasyondur. Bunun nedeni, kentleşme ve tarım nedeniyle, havzadaki toprağın besin döngüsünü bozması ve göllerin temel unsurlarında birçok farklı çeşitlilikte bir değişikliğe yol açmasıdır. Kentleşme ve nüfus artışı, nehirlere deşarj edilen kanalizasyon sistemlerinin yapılması, aşırı toprak ekimi ve inorganik gübreler nedeniyle fosfor yoğunluğunda bu yükselişe neden olmuştur. Ötrofikasyon kendiliğinden meydana gelmez yukarıdaki faktörlerin diğer faktör faktörlerinde bu değişikliklerle birlikte ortaya çıktığını bilmek önemlidir. Bütün bunlar, su seviyesindeki toksik alglerin patlaması sonucu, trofik seviyelerini etkileyen ve avcılık, üretim, ticaret ve rekreasyon gibi problemlerde artışa yol açan bir takım biyolojik farklılıklara yol açmaktadır. Ötrofikasyonun kontrol edilmesinin en kolay olduğu göller çok derin göllerdir. Bu gibi göllerde, yalnızca alınan gıda maddesinin kontrolü bile, sorunun altında yatan fitoplanktondaki aşırı artışı azaltmada etkili olabilir. Atık su deşarjları, atık su çamurları, deterjanların bileşimindeki değişiklikler ve saz veya tampon alanlar için diğer yerlerin kullanılabilirliği, besin kaynaklarının göl suyuna akışını kontrol etmek için kullanılabilir. Bu uygulamalar genel olarak fosforun neden olduğu kirliliği kontrol etmeyi amaçlar. Fosfor birçok durumda azot miktarından daha azdır. Bu nedenle, daha kolay kontrol edilebilir. Bununla birlikte, azotun daha etkili kontrol sağladığı durumlar vardır veya her iki besin tuzunun birlikte işlenmesi gerekmektedir. Fosfat ve azot; yağmur suyu, derelerden ve derelerden akarsu, kentleşme ve mineral yataklarından gelen çay bazlı atıklar bir sisteme dönüştürülür. Nitrojeni stabilize ederek (amonyağın serbest nitrojene dönüşümü), nitrojen sistemine girer (atmosferik, biyolojik ve endüstriyel işlemlerin bir sonucu olarak nitrojenin nitratlara ve nitritlere dönüşümü) ve denitrifikasyon yoluyla sistemi terk ederler. Sisteme giren azotların ve fosforların bileşenlerinin hepsi bu sistemden ayrılana kadar meydana gelen sürede azotların ve fosforların çevrimleri olarak bilinmektedir. (Anonim, 2010b).

Gölün trofik seviyesi ötrofik veya hiperötrofik seviyede ise, bu durumu düzeltmek için çeşitli önlemler alınmalıdır. Bu, su ortamının içindeki ve dışındaki önlemler olarak iki kısımda düşünülebilir.

Göl suları içinde oluşan değişiklikler için alınabilecek olan tedbirler göllerin yapılarına ve göstermiş oldukları karakteristik özellikleri çerçevesinde şöyle sıralanmaktadır;

İçerde alınabilecek önlemler:

- Fosforun inaktive edilerek giderilmesi: Alüminyum kullanımı ile fosfor seviyesi belirli aralıkta tutulmaktadır. Yalnız göllerin yapıları asidik bir yapıda olursa alüminyum kullanımları bu alanda toksik tesiri yapabilir. Bu metod oldukça etkili olmasının yanı sıra sürekli tekrar edilmesi gerektiğinden dolayı özellikle büyük yapıda göller için bu metodun avantaj sağlamadığı görülmektedir.

- Sedimentin süzülmesi: Besin olarak varlıklı olan kısım taranarak sedimentin üzerinde yer aldığı bölge mekanik bir yol kullanılarak gölden atılmaktadır. Bu metodun oldukça fazla yaygın olan kullanım alanları bulunmaktadır. Bu metodun maliyetlerinin oldukça yüksek olması ve derinliklerde yer alan balıklara zarar verme ihtimali dikkate dılması gereken durumlar arasındadır.

- Hipolimniondaki besin maddesince zengin olan suların çıkarılması: Bir su tabakasını bir termoklin tabakası altında çıkarma yöntemi, daha küçük bir kapsamı olan bir yöntemdir. Uzak suyun, başka bir alıcı ortamda suyun kalitesi ile ilgili problemleri olabileceği belirtilmelidir.

- Hipolimnionun hava almasını sağlamak: Bu, havalandırma sağlamak için alt tabakadaki suyun uzaklaştırılmasıyla gerçekleştirilen bir yöntemdir. Bu yöntem organik maddenin ayrışmasını teşvik eder ve alg miktarını azaltmaya yardımcı olur.

Dışarıda alınabilecek önlemler:

Ötrofik seviyede bulunduğu anlaşılan bir göl için suyun içinde ki ortamların dışında alınabilecek ilk başta ki önlem besin maddelerinin bu sisteme giriş yapmalarına engel olunmasıdır. Bu neden ile var olan deşarjlara etkili olan arıtma yöntemlerinin uygulanması ile;

1. Gölün atık su girişleri bir dağıtım manifold sistemi ile birleştirilir ve ayrı bir alım ortamına yönlendirilmesi,
2. Deşarjı yapılmış olan göl sularının direkt olarak göllere karışmasına engel olunarak bir alanda biriktirip çökertilme işleminin yapılması,

Yukarıda bulunan ekonomik vaziyetler, göllerin yapısal özellikleri ve trofik seviyeleri dikkate alınarak uygulanacak olan yöntemler arasındadır. (Anonim, 2010).

### **2.3.2. Ötrofikasyon ve trofik durum**

Araştırmanın hedefleri;

Ötrofikasyon ve rezervuar karakterizasyonu ile ilgili havza alanlarını değerlendirmek için havza alanındaki su kalitesi değerlendirmesi ile ilgili ulusal çalışmalara uygun olarak, değerlendirme protokollerinin kullanımı konusunda profesyonel rehberlik sağlamak.

Ötrofikasyonu (metodoloji ve protokoller) değerlendirmek için en iyi yerel ve uluslararası pratiği oluşturmak ve toplama alanlarının değerlendirilmesinde uzmanlara sunmak için bir araç sunmak.

Ötrofikasyon ile alakalı suyun kalitesini değerlendirmek ve yöntem içinde kapasiteyi geliştirmek.

Bu çalışma kapsamında bir havza ve alt havzaların ötrofikasyon durumlarını değerlendirmeye almak ve belirli olan havzalara uygulanan paydaşların gereksinimlerini isteklerini dikkate alan yönetim seçeneklerinin gelişimini sağlamak adına gereksinim duyulan temel çalışma bileşenlerini ayrıntılı biçimde açıklar. Bu araştırma kullanıcı olan kişilerin ötrofikasyonların nedenlerini ve sonuçlarını değerlendirmek adına deltada yönetsel stratejilerin gelişiminin sağlanması ve uygulamalarını desteklemek adına kullanılabilen, ötrofikasyona ilişkin olarak havzanın kalitesini değerlendirmek için bir çalışma yürütmesine yardımcı olacaktır.

Besin elementleri (yani fosfor), planktonik alg ve siyanobakteri konsantrasyonları (klorofil a olarak) ile kesinlikle ilgilidir. Ayrıca oldukça yüksek bir besleyici element konsantrasyonuna ve yine de düşük bitki gelişimine sahip olmak mümkündür. Örneğin,

yüksek seviyede askıda ki katı madde nedeniyle ışık miktarı düşerse veya yüksek su değişim oranları meydana gelirse bu durum oluşabilir (DWAF, 2002). Yunanca'da "trofi" kelimesi yiyecek ya da besin anlamına gelirken, "oligo"; nadir "meso"; orta "eu"; bol ve "hyper"; aşırı anlamlarına gelir. Bu nedenle, biyologlar tarafından oligotrofik, mezotrofik, ötrofik ve hipertrofik sözcükleri, deniz veya tatlı su ortamının çeşitli beslenme durumlarını tanımlamak için kullanılmıştır. Bu sözcükler mevcut olan kantitatif biyokütleyi tanımlamak için kullanılır (EC/WHO, 2002).

Ötrofikasyon, suyun içerisinde bitkiler, besin maddeleri, azot ve fosfor ile aşamalı olarak zenginleşmeye başladığı bir işlemdir. Bu aşama doğal biçimde jeolojik olan süre içinde meydana gelir veya genellikle kültürel ötrofikasyon olarak isimlendirilir, eşlik etmekte olan antropojenik etkiler sebebi ile hızlanmaktadır. Yüzeysel sularında özellikle fosfor ve azot, ötrofikasyonun sebepleri olarak görülür. (Rast ve Thornton, 1996). Zenginleştirme olayını açıklayan terimler şu şekildedir.

Oligotrofik; düşük derece besinlerin varlıklarını ve su kalitesi sorunları olmadığını açıklamaktadır.

Mezotrofik; meydana gelen su kalitesi problemlerine ilişkin olan orta seviyede besin düzeylerini içerir.

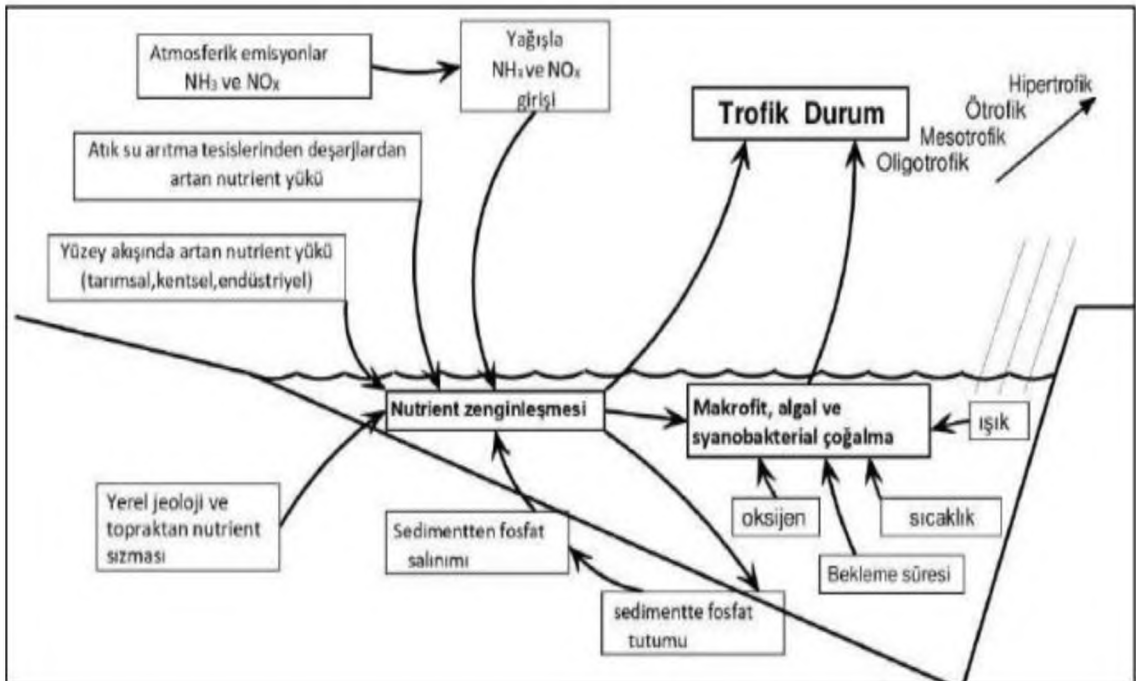
Ötrofik; ileri derece besinlerin bulunduğunu ve çoğalan su problemlerini belirtmektedir;

Hipertrofik; bitkisel olan üretimlerin fiziki faktörler tarafından yönetiminin yapıldığı ileri derecede besin seviyelerini göstermekte olan su kalitesi problemlerinin sürekli hale geldiği durumlardır.

Besin açısından zenginleştirilmenin belirgin olan sonucu, hızlı biçimde çoğalan alg gelişimi ve verim artışı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum tamamen balıkların gelişimine sebep olmaktadır. Bu bağlamda Çek Cumhuriyeti gibi Doğu Avrupa ülkeleri geniş insan inşası olan balık havuzlarını bilerek gübrelemektedir. Bununla beraber, düzenli olarak zenginleşmesi ve rezervuarın birincil kirletici yükünü emme yeteneğinin fazlalığı, fitoplankton topluluğunun siyanobakteriler arasında veya alg popülasyonlarının çöküşünde baskın hale gelmesine ve balık ölümünü artırmasına

neden olabilir. Bunun yanı sıra algal düzenin bileşimleri gelişim gösterdikçe daha uç noktalara transferleri azalmakta ya da bozulmaktadır.

**Ötrofikasyonun Nedenleri:** Ötrofikasyonun nedenleri ve etkileri karmaşıktır (DWAF,2002), (Şekil 2.5.). Sucul ötrofikasyon, hızlı kentleşme, sanayileşme ve yoğun tarımsal üretim nedeniyle bir su kütleindeki besin girdi oranını artıran insan aktivitelerinde ki artışla aynı oranda yükselmiştir. Havzadaki insan faaliyetlerinin su ekosistemleri için, baskın türlerin ve çeşitli grupların kaybına, yüksek besin çevrimi, düşük direnç, sediment bozumuna ve verimlilik kaybına yol açabilir (Liu ve Qiu, 2007). Sucul ötrofikasyon temel olarak; tarımsal, evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen sulama ve atıksulardan su kütlelerine ulaşan N ve P gibi aşırı miktarda besin yüklenmesinden kaynaklanır. Su kütlelerinde artan besin yükü, kıyı ekosistemlerinin yapısı ve işlevleri için büyük bir tehdit olarak kabul edilmektedir ve zararlı algal çoğalma ile bağlantılı ciddi ötrofikasyon problemleri büyük bir tepkidir. Her ne kadar genel olarak besin zenginleşmesi ile ilgili olsa da, sucul ötrofikasyonun temel nedeni azot ve fosfor yükündeki dengesizliğe bağlıdır (Dauvin ve ark., 2007).



Şekil 2.5. Ötrofikasyonun sebepleri (DWAF, 2002)

Ötrofikasyonun Etkileri ve Sonuçları: Besin açısından zenginleştirme Şekil 2.6.'de yer alan sayısı bilinmeyecek kadar çok problemlere neden olur bu durum uzun ve kısa vadeli olabilmektedir (Walmsley, 2000). Bunlar ;

Evsel olan su kaynakları için suların arıtım aşamalarını etkileyen ve sulamada kullanılacak olan ekipmanları etkileyen sorunlar algal yoğunlukların çoğalmasıdır, Göller içinde hoş durmayan ve kokmuş alg pisliklerine sebebiyet veren siyano bakterilerin artan sınırları

Evsel kullanımlar ve sulamalar için sağlık tehlikeleri oluşturan toksik alglerin çoğalması,

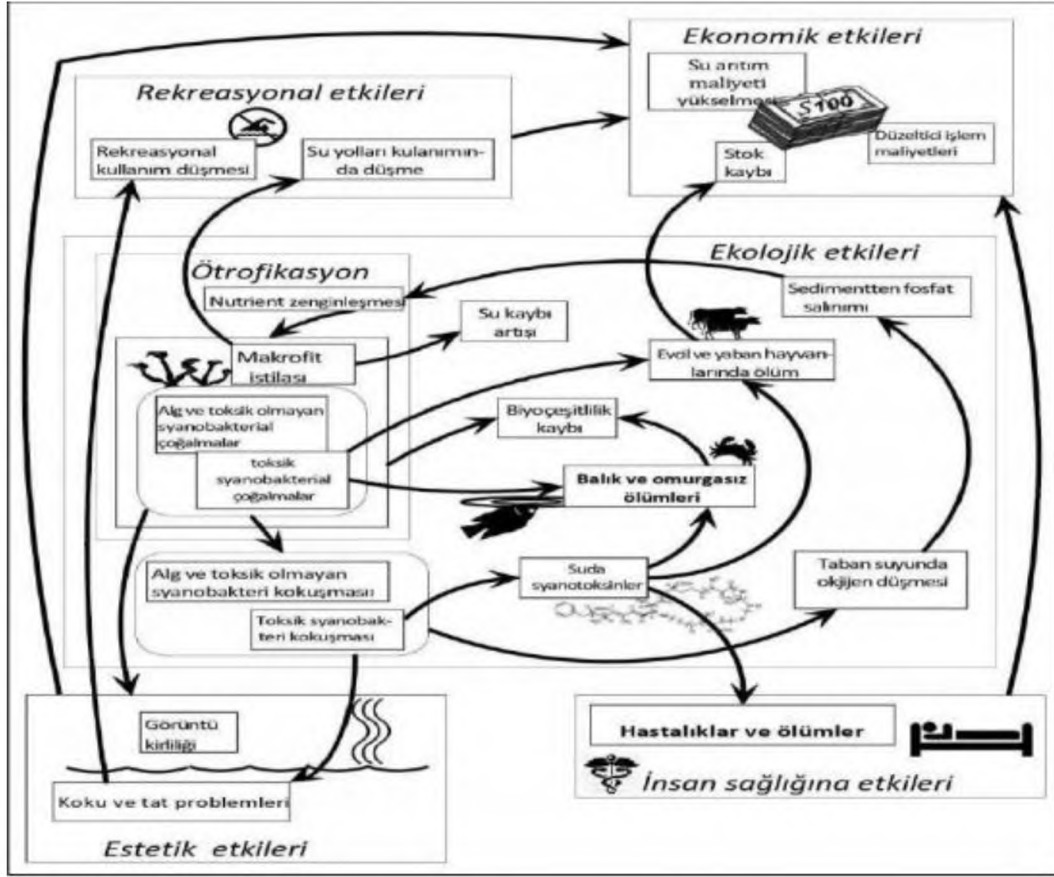
Filamentli bentik alglerden dolayı özellikle su yolları ile retikülasyon sistemlerinin kapanması,

Arıtma aşaması esnasında geosmin maddelerinin oluşumu ile içmek için kullanılan sularda koku sıkıntısı oranının yükselmesi,

Kimyasal maddeler ile ilişkisi bulunan suların diplerinde genellikle oksijenin düşmesi, sülfat oluşumlarının başlaması ve ağır olan metallerin ortaya çıkması,

Ekolojik açıdan değişimlerin olması ve biyolojik bakımdan çeşitliliğin azalması,

Suyun arıtılması sırasında filtrelerin tıkanması oluşan kokuların ortadan kaldırılması için yapılan harcamalar ile yükselen arıtma maliyetleri,



Şekil 2.6. Ötrofikasyonun bazı olumsuz etkileri (DWAF, 2002)

### 2.3.3. Su ortamlarının kalite sınıflandırılması

İnorganik ve organik moleküllerin seviyeleri, cinsleri ve değişimleri; akuatik sistem içinde suda hayatına devam eden canlıların pozisyonları ve kompozisyonu; akuatik sistem içinde iç ve dış etkenlerin etkileri ile oluşan mevsimsel ve yerel parametrelerin tanımlanma durumları su kalitesi olarak tanımlanmaktadır. Su kalitesini belirleyen elementlerin karmaşıklığı ve su temini sistemlerindeki ölçümlere dayanarak kullanılan parametrelerin fazlalığı, su kalitesini basit bir şekilde belirlemeyi zorlaştırmaktadır. Su kullanım çeşitliliği arttıkça, özellikle sanayileşmenin geliştiği ülkelerde su kalitesi kavramı giderek önem kazanmaktadır (Chapman 1996).

Doğal suyun kalitesi, insanların ve canlıların sağlıklarına etki etmektedir. Su kullanımı için suyun kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi, suyun kalitesinin bir değerlendirmesidir. Su kalitesi izleme, mevcut koşulları tanımlamak ve olası eğilimleri belirlemek için su sistemindeki bir bilgi grubunun düzenli olarak

izlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Biyolojik ve kimyasal su kalitesinin gözlem altına alınmasının yarar ve zararları Çizelge 2.6’da verilmiştir:

Çizelge 2.6. Su kalitesinde biyolojik ve kimyasal gözlemlenin zarar ve yararları (Chapman, 1996)

Biyolojik izleme	Kimyasal izleme
<b>Avantajlar</b>	
İyi şekilde yerel anlamda ve mevsimsel anlamda bütünlük	Az seviyede mevsimsel olarak meydana gelen değişiklikler
Kronik şekilde yaşanan kirlenmelere etkin cevap verme	Bariz olan kirlenmeler
Biyoakümülyasyon, biyomagnifikasyon	Kirletici özelliği olan durumların anlaşılması
Zamanında ve doğru biçimde çalışma	Yerin altında bulunan suları da kapsamaktadır
Su alanlarının fiziki olarak bozulmasına ilişkin yapılan ölçümler	Standardizasyon
<b>Dezavantajlar</b>	
Mevsim açısından oluşan hassasiyette yaşanan gerilemeler	Normal olan değerlendirmeler için yüksek standartlar
Kirletici özelliği olan durumların anlaşılması	Değişik derinliklerde örnek için alınan suyun süre problemi
Standardizasyon zordur	Su alanlarının fiziki olarak bozulmasına ilişkin yapılan ölçümler
Kirletme salını araştırmaları oldukça güçtür.	Yapılan araştırmalarda maliyetlerin çok olması
Yerin altında bulunan sulara şuan uyum sağlamamaktadır	Devamlı izleme için zamanın az olması

Var olan bir suyun kaynağı kıta içi yüzey sularının birisine dâhil olmaları için tüm değerlerin, o kalite sınıfında bulunan değişken değerleri ile uyum içinde olması gerekmektedir.

Kıta içi yüzeysel olan suların özellikleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırma aşağıda verilmiştir (SKKY, 2005):

#### Sınıf I –Kalitesi Yüksek Su:

Yüzeyde bulunan sular insanların potansiyel olarak içme suyu niyeti ile temizlik seviyesi en üstte olan sulardır.



Rekreasyonel sebepler, İnsanların hayatlarının canlı hale getirilmesi, yüzme biçiminde vücudun temas etme durumu da dâhil,

Balık( Alabalık) üretimi yapmak için,

Hayvanların yetiştirilmesi ve çeşitlilik gerekliliği,

Farklı hedefler

#### Sınıf II- Kirlilik Oranı Az Olan Su:

Potansiyeli bulunan içme suyu olan yüzeyde yer alan sular,

İnsanların yaşamı adına rekreasyonel nedenler,

Alabalık dışında değişik balıklar üretmek,

Sulama alanında kullanımı için Teknik Usuller Tebliğinde yer alan sulama sularının kriterlerini yerine getirmiş olması gerekir,

Sınıf I dışında kalan kullanımların hepsi

#### Sınıf III - Kirlenmiş Su:

Gıdaların üretimi tekstil amaçlı su gereksinimi olan endüstriler hariç uygun olan bir arıtma işleminin ardından sanayide gereksinim duyulan su ihtiyacı kullanılabilir.

#### Sınıf IV – Fazla Kirlenmiş Su:

Bunlar, ilk sınıf adına belirtilmiş olan kalite farklılıklarından daha az kalitede ve bir üst kalite için uygun olan yüzey sularıdır.

Çizelge 2. 7. Göllerin, göletlerin, bataklıkların, barajların ötrofikasyon kontrollerinde sınırları (SKKY, 2005)

Sularda Özellikler	İstenen	Kullanım alanı	
		Farklı kullanımlar için tuzlu ve sodalı gölleri kapsayacak şekilde	Doğal Koruma Alanı ve Rekreasyon
pH		6-15,4	7.5-8,4
KOI (mg/L)		4	3
ÇO (mg/L)		2	7.7
AKM (mg/L)		11	4
Toplam koliform sayısı (EMS)/100 mL		1110	1021
Toplam azot (mg/L)		2	0.2
Toplam fosfor (mg/L)		0.2	0.041
Klorofil-a (mg/L)		1.123	0.012

#### 2.4. İç Sularda Taşıma Kapasitesi Tahmin Modelleri

Çevre kapasitesi, başka bir deyişle alabilme, özümseyebilme, sindirebilme; atık bertarafı gibi belirli bir etkinin, maruz kalma hızlarına odaklı olarak, kabul görme zararlı etkiler olmadan çevreye aktarılma yeteneğinin bir ölçüsüdür. Başka bir deyişle, ekosistemin artık maddelerle kısmi konsantrasyonu, aynı zamanda önemli bir zararlı etkiye neden olmadan savaşıma yeteneğidir.

Günümüzde mühendislik ve çevre bilimlerinin çeşitli dallarında kullanılan "Taşıma Kapasitesi" kelimesi ilk olarak denizcilik endüstrisinde yük gemisinin taşıyabilecek olduğu maksimum kargo seviyesini belirlemek adına kullanılmaktadır. Taşıma kapasitesinin çevre bilimleri bağlamında ilk kavramsal temel olarak, yaklaşık 200 yıl önce Malthus'un popülasyon ilkesine yönelik araştırmasında ortaya çıkmıştır. Nüfus artışının geometrik olarak artacağını, gıda ve tüketimde aritmetik biçimde artacağını öne süren bu fikir, daha sonra diğer canlılarda (bitki ve hayvan toplulukları) incelenerek tartışılmıştır (Whittaker ve ark., 2010; Brush, 1975). Doğa alanında 1922'de ilk kez çevresel kapasite kavramının Hadwen ve Palmer'ın yaptığı araştırma ile mera yönetimi bağlamında kullandığı ve bu terimin yaban hayatı yönetimi ile sınırlı olmadığı rekreasyon ve turizm alanlarında da artık kullanıldığı belirtmektedir (Clarke, 2002; McCool ve Lime, 2001).

Su ürünleri yetiştiricilik modelleri, önce yeterli seviyede ve iyi su kalitesi gerektirdiğinden, çevre kirliliği yaratmadan başarı sağlayacak suda üretimi olan ürün modelleri, su kirliliği ve ekolojik sisteme uygun olan modellerin kurulmasını gerektirir. Yetiştiricilik tesisleri mümkün olduğunca sanayileşme ve kentleşme olmayan doğal alanlarda kurulmalıdır. Yüksek enerji içeriğine ve proteine sahip yoğun kültür balıkçılığının hedefi, birim alandaki biyokütle miktarını maksimize ederek geliri artırmaktır. Ancak, bu amaç için fazla stok bulunması durumunda ortaya çıkan olumsuz çevresel koşulların işletmenin verimliliğini ve iş sürekliliğini olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmazdır. Balıkçılık yönetimi su kalitesi yönetimine eşdeğerdir ve işletme karlılığı ile sürdürülebilir su ürünleri girişimciliği arasında makul bir denge olduğu için başarılı bir üretim için ön şarttır. Bu çerçevede, ekolojik sistemin etkileşimi ve süreçleri hakkında gerekli bilgiler, yoğun kültür balıkçılığı sistemlerinin olumsuz etkilerini azaltmada ve su kalitesini çevre üzerinde yönetmede önemli bir unsurdur. Bu tür çiftlik, diğer çiftlik hayvanlarının yanı sıra çevre ile doğrudan ilgilidir. Son yıllarda, bu tür işletmelerin kapasitesi ve sayısı hızla artmış ve bu artışa paralel olarak geniş alanlara yayılmış ve üretim tesislerinin ve ileri teknolojilerin modernizasyonu ile birlikte daha çok yemler ile kimyasallar kullanarak onları çevreye bırakmaya başlamışlardır (Yıldırım ve Korkut, 2004). Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinde ana faktör; biyoçeşitlilik, ekolojik sistemin büyüklüğü ve ekolojik sistemin işleyişine zarar verebilecek besin elementlerinin veya diğer atıkların tahliyesinin büyüklüğü olduğundan, çevresel kapasite yeteneğinin bilinmesi ve belirlenmesi önemlidir (Pulatsü, 2019). Yetiştiricilik işletmeleri kurulacak alanlarda su ürünleri kafes işletmeleri; organik stresin olumsuz etkilerini en aza indirmek için, bireysel alıcı olan topluluklardan (deniz, körfez, iç sular) etkinliği sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir adım olarak düşünülmelidir ve kurulacak olan firma sayıları ve toplam kapasitenin belirlenmiş olması gerekmektedir (Yıldırım ve Korkut, 2004).

Su ürünleri yetiştiriciliğine ilişkin olarak strateji anlamında tedbirlerin alınması çevresel anlamda taşıma kapasitelerine ilişkin tahminde bulunmaya yardımcı olmaktadır. Verimlilik ekolojik sistemlere dayalı ek bir su ürünleri bileşeni olduğundan, çevre belirleyicileri ile sosyal bütünleşmeye dayalı su ürünleri yetiştiriciliği için maksimum sınırlar koymaya yardımcı olur. Ana prensip; kaynakların makul kullanım seviyesini belirleyerek, çevre ve sosyal yapı işlevlerinde olumsuz değişikliklere neden olmayan

istikrarlı, uzun vadeli bir doğal ortam sağlamaktır (Çizelge 2.8.). Bu tanımlamalar, çeşitli diğer kültür balıkçılığı türleri içinde geçerlidir.

Çizelge 2. 8. Su ürünleri yetiştiriciliği modellerine ilişkin değişik taşıma kapasitesi çeşitleri (McKindsey, 2006)

<b>Modeller</b>	<b>Taşıma Kapasitesi tipi</b>	<b>İndikatörler</b>
GIS	Fiziksel: Alıcı ortam adına fiziki olarak uygun olan en fazla kafes miktarı	Suyun kalite durumu, hidrografi, hidrodinamikler
POND FARM FAO MODELİ	Üretime dayalı: Hasatların en uçta olduğu çift kabuklu olan stok yoğunlukları	Üretim yoğunluğu, pazar değeri, ekonomik göstergeler
DEPOMOD MOM CADS_TOOL AquaModel	Ekolojik: Ekosistem içinde kabullenilemez çevresel problemlere neden olmayacak biriktirme ya da işletme yoğunlukları	Atıkların yaygınlaşması, çevresel zararlar, biyoçeşitlilik ve göstergeler, çözümü olmuş olan besin maddeleri, ötrofikasyon, bentik hipoksia
Algılar (Kantitatif olmayan)	Sosyal: Alıcı olan yerin sosyal bakımdan kullanımını da etkisi altına almayacak seviyedeki en yüksek üretim oranı	Alanların çatışması, istihdamlar ve hane halklarının kazanımları, geçinme vaziyetleri, geleneksel anlamda balıkçılık

Fosfor artışı ile alglerin gelişiminde doğrudan ilişkilere dayanmakta olan matematiksel modellerden biri olan fosfor dengesi modelinin, sığ sularda ve sığ göllerde kullanılabileceği ve iç sularda yoğun su kültürünün yapıldığı çevrenin etkinliğini değerlendirmek için kullanılabileceği ileri sürülmektedir. Fosfor bütçe modeli; göl sistematiğine, morfometrik ölçümlere ve su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemin fosfor içeriğine ve sindirilebilirliğine dayanmaktadır. Bu model ülkemizde ve dünyada en çok kullanılan çevresel modeldir (Pulatsü, 2019).

Çizelge 2.9.'de Çok çeşitli su ürünleri sistemleri için geliştirilen çevresel modeller de dahil olmak üzere matematiksel modeller birleştirilmiştir ve kronolojik sırayla sunulmuştur.

Çizelge 2. 9. Fosfor yüklemesi ile ilgili bazı modeller

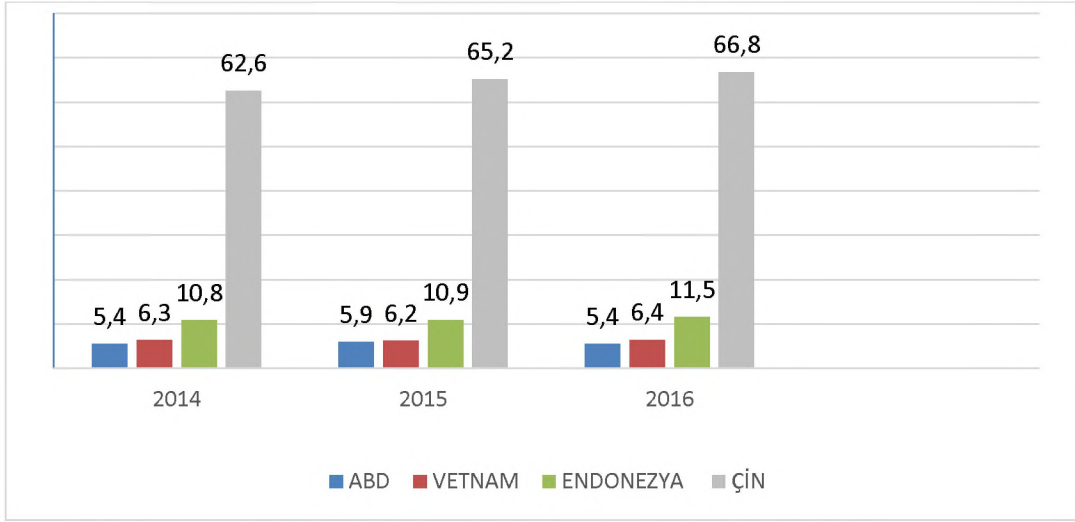
Model	Bilgi	Veri Tabanı	Kaynak
$[P] = \frac{L}{q_s (1 + T_w^2)}$	Sabit olan çökme hızı düşünürsek Vollenweider-1976 modeli,	68 Orta-Batı Baraj Gölü, ABD	Vollenweider, 1976- Mueller, 1982
$[P] = \frac{0.84 L}{z (0.65 + \rho)}$	Sabit sedimentasyon katsayısı varsayan Jones-Bachmann modeli	75 Kuzey Amerika Gölü 68 Orta-Batı Baraj Gölü ABD	Jones ve Bachmann, 1976 Mueller, 1982
$[P] = \frac{0.49 L}{z (0.0926 (L/Z)^{0.510} + \rho)}$	Özümseme kapasitesi modeli	704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.8 L}{z (0.0942 (L/Z)^{0.422} + \rho)}$	Özümseme kapasitesi modeli	271 Doğal Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield & Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.8 L}{z (0.0569 (L/Z)^{0.639} + \rho)}$	Özümseme kapasitesi modeli	433 Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{0.603}{z (0.257 + \rho)}$	Özümseme kapasitesi modeli	704 Doğal ve Yapay Avrupa ve Kuzey Amerika Gölü	Canfield ve Bachmann, 1983
$[P] = \frac{L (1 - R)}{z \rho}$	Oldukça farklı devletlerde tatlı su ortamlarında kafes ortamında yetiştirilmesi yapılan balıklar için fosforları esas alan modellerdir.	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 yüklenmesi 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 senesinde dünya üzerinde yapılan balıkçılığın ve su ürünlerin yetiştiriciliğinde değerlendirildiğinde, binlerce insanın belirli koşullarda geçim kaynaklarını elde etmek için çabaladıkları görülmektedir. Burada insanın gıda alımı, geçimi açısından balıkçılık sektörünün ne kadar önemli olduğunun vurgusu yapılmaktadır. 2016'dan bu yana, geçmişte olduğundan daha dengeli bir balık avı, toplam balık üretimi, kayıpları ve su ürünleri yetiştiriciliği, 171 milyon ton doğrudan insan tüketimi ile tüm geçici kayıtların yüzde 88'inin artmasına neden olmuştur. 2016 yılı itibariyle bu üretim aktivitesi insan başına 20,3 kg. olarak rekor seviyeye ulaşmıştır. 1961 yılından bu yana balık tüketiminin küresel artış ve nüfus artışının ikiye katlanması, FAO'nun yetersiz beslenme ve açlığın tartışma konusu olmadığı küresel bir hedefe ulaşmak için balıkçılık sektörünün kritik öneme sahip olduğunu göstermiştir (FAO, 2018).

Gıda ve tarım, tüm sürdürülebilir kalkınma amaçlarının (SKA) başarılı biçimde ortaya çıkabilmesi bakımından kilit kelimeler arasında yer almaktadır. SKA' ların çoğu doğrudan balıkçılık ve su ürünleri ile, özellikle de sürdürülebilir kalkınmaya yönelik okyanus, deniz ve deniz kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilir kullanımlarıyla ilgilidir (FAO, 2018). Su ürünleri yetiştiriciliği, genellikle bir tarımsal faaliyet alanı olarak kabul edilene kıyasla, geleneksel tarım ve hayvancılıkta önemli farklılıklar ihtiva eder (Aksungur ve Kurtoğlu, 2004).

Su ürünleri yetiştiriciliği büyümesi son yıllarda azalmış olsa da, özellikle Afrika ve Asya'daki bazı ülkelerde önemli çift haneli büyüme oranları devam etmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin küresel üretimi ile ilgili olarak, Çin, 66.8 milyon tonla avcılık ve yetiştiricilik alanında lider, bunu Endonezya, Hindistan, Vietnam ve ABD izlemektedir. Su ürünlerinin üretiminde oldukça önde gelen ülke olan Çin özellikle ihracat anlamında da ilk sırada bulunmaktadır. Çin' den sonra Norveç, Vietnam, Tayland ve ABD gelir, Türkiye ise 2016 yılında 145.469 ton ihracat yapmıştır. Su ürünleri ithalatının %75'i gelişmiş ülkelere aittir. Dünya ülkeleri arasında, ABD su ürünleri ithalatının %15.2'si ile ilk sırada yer alırken, Japonya %10.3 ile ikinci ülkedir. Türkiye 2016 yılında 82.074 ton dışardan balık almıştır. Çizelge 2.10. Suda yetiştirilen ürünlerin üretiminde miktar (milyon ton) (FAO,2018)



Şekil 2.7. Su ürünleri üretiminin önemli ülkelerde yıllara göre dağılımı

Üretilen toplam su ürünleri miktarlarına bakıldığında, avcılık miktarları artmamıştır, ancak yetiştirilen su ürünleri miktarı yıllar içinde artmıştır (Çizelge 2.10.).

Çizelge 2. 10. Dünya su ürünleri üretimi ( ton) (FAO, 2018)

	AVCILIK (TON)			YETİŞTİRİCİLİK (TON)			TOPLAM
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
<b>2010</b>	87.82876.40	12.251.4	89.099.961	22.310.734	36.790.052	59.100.786	148.200.747
<b>2011</b>	82.623.550	11.124.401	93.747.951	23.366.371	38.698.805	62.065.176	155.813.127
<b>2012</b>	79.719.854	11.630.320	91.350.174	24.707.343	41.948.313	66.655.656	158.005.830
<b>2013</b>	80.899.153	11.687.507	92.586.660	25.536.710	44.686.846	70.223.556	162.810.216
<b>2014</b>	81.564.094	11.895.922	93.460.016	26.727.687	47.104.420	73.832.107	167.292.123
<b>2015</b>	81.179.323	12.525.293	93.704.616	27.879.872	48.761.154	76.641.025	170.345.641
<b>2016</b>	79.288.046	11.635.500	90.923.545	28.703.601	51.368.288	80.071.894	170.995.437

Üretim sayılarına suda bulunan bitkiler ve deniz ürünleri dâhil edilmemiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde sürekli bir artış yaşanmıştır bu artış, 2000'li yıllarda oransal olarak 25.7'iken 2016 yılına gelindiğinde yaklaşık olarak %46.8 seviyelerine geldiği görülmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde yıllık büyüme hızı 1980'lerde ve 1990'larda gerçekleşmedi, ancak yıllık büyüme oranı mevsimdeydi. Yüzde 5.8'lik bir büyüme ile diğer gıda üretim sektörlerinden daha hızlı büyümeye başlamışlardır. Beslenerek üretilen sucul türlerin üretimi, dünyadaki su kültüründe sucul türlerin gerisinde kalmıştır. Sucul türlerin toplam üretimine gelince, 2000'den 2016'ya kadar

beslenmeyen türlerin oranı kademeli olarak yüzde 30.5'e düşerek yüzde 10 azalma göstermiştir (FAO, 2018.).

Ülkemiz su ürünleri yetiştiriciliği 2016 yılında bir önceki yıl 588.715 tona kıyasla % 12,4 oranında azalmıştır. Üretilen türlerin % 44.8'i deniz balıkları, % 6.4'ü diğer deniz ürünleri,% 5.8'i yerli su ürünleri,% 43'ü su ürünleri yetiştiriciliğidir (TÜİK, 2019).

Çizelge 2. 11. Ülkemizde Deniz ve İçsu Yetiştiricilik Üretim Miktarı (BSGM, 2019)

Yıllar	Yetiştiricilik Üretimi				TOPLAM (TON)
	Deniz (ton)	Toplamdaki Payı (%)	İçsu (ton)	Toplamdaki Payı (%)	
2010	85.593	57,1	77.568	67.0	147.141
2011	88.348	45,9	104.446	55.5	178.790
2012	120.883	87,6	141.447	62.9	222.410
2013	120.375	57,2	123.018	82.6	233.393
2014	136.864	54,0	108.239	46.3	233.133
2015	168.839	56,8	171.457	42.2	246.334
2016	171.734	24,6	161.501	27.3	548.715
2017	132.472	23,1	154.013	16.5	630.820

Ülkemizde balık türü olarak en fazla üretimi yapılan balıklara bakıldığında 2017 senesinde toplamda, alabalık 109.524 ton, çipura 61.090 ton, levrek 99.971 tondur (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12. Ülkemizde yetiştirilmesi en fazla yapılan türlerin üretim seviyeleri (ton) (BSGM, 2019)

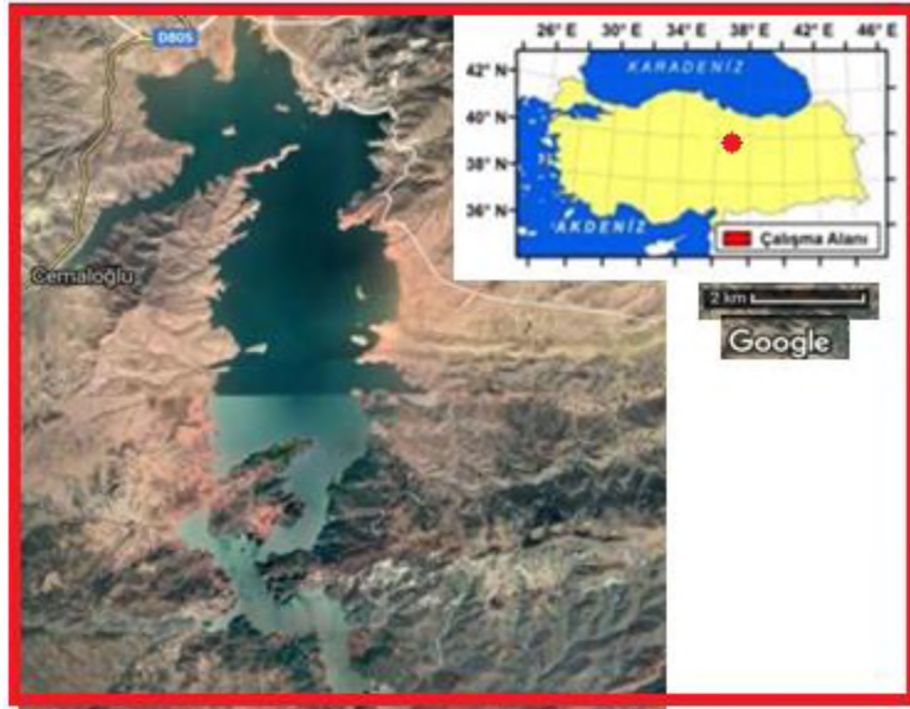
Yıllar	Alabalık			Çipura	Levrek
	İçsu	Deniz	Toplam		
2010	68.142	7.059	75.214	29.157	59.723
2011	100.339	4.677	107.956	31.116	47.093
2012	151.332	3.294	184.569	37.743	6845.582
2013	252.833	6.146	127.079	75.771	67.911
2014	207.983	9.670	113.593	77.853	74.653
2015	111.166	6.882	148.848	51.864	78.174
2016	101.285	5.726	187.073	55.214	87.847
2017	103.725	5.962	119.574	67.020	79.961



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

Süreyyabey (Çekerek) baraj gölü Yozgat ilinde Çekerek Çayı üzerinde, 1996-2004 yılları arasında sulama, enerji ve taşkın kontrolü amacıyla inşa edilmiştir. Taş gövdesi dolgu tipindedir.  $40^{\circ} 2' 37''$  kuzey enlem ve  $35^{\circ} 32' 56''$  doğu boylamları arasında bulunur. Yüksekliği 103 m, gölün hacmi  $1\ 310\ 000\ 000\ m^3$ , gölün alanı  $41.34\ km^2$ 'dir. (Anonim,2017).



Şekil 3.1. Süreyyabey Barajı ve Konumu

#### 3.2. Çalışmada Kullanılan Örnekleme ve Analiz Metotları

Baraj gölünde Gökkuşuğu alabalığı yoğun kafes kültürü için taşıma kapasitesinin hesaplanmasında, dört mevsim baraj gölünün giriş, çıkış ve orta bölgeleri su yüzeyinin 30 cm altından alınmıştır. Sıcaklık, çözülmüş oksijen ve pH YSI 556 MPS model çoklu ölçüm cihazı ile yerinde gerçekleştirilmiştir. Toplam fosfor Hach DR/2800 modeline sahip spektrofotometre ile ve standart metotlar (EN ISO 6878) kapsamında Hach LCK kiti kullanılarak fosformolibden mavisi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Lange, 2006).

### 3.3. Fosfor Yüklmesi Modeli

Vollenweider (1968)'tarafından önerilen ve Rigler ve Dillon (1974) tarafından geliştirilen fosfor yüklmesi modeli; herhangi bir göldeki toplam fosfor konsantrasyonu, göl boyutları, fosforun sedimentte tutulan oranı, suyun yenilenme süresi ve göle giren fosfor miktarı ile bağlantılı olarak aşağıda sunulan formül temelli hesaplanmıştır:

$$[P] = \frac{L(1-R)}{z\rho} \quad (3.3.1)$$

Burada;

- [P] = Toplam fosfor (g/m<sup>3</sup>)
- L = Toplam fosfor yüklmesi (g/m<sup>2</sup>-yıl)
- R = Sediment tarafından tutulan fosfor miktarı
- z = Ortalama derinlik (m)
- ρ = Göl suyu yenilenme süresi (yıl-1)

Bu formüle dayanarak; kafes kültürünün çevresel etkisi dikkate alınarak baraj gölünde Gökkuşığı alabalığı yetiştirmek amacıyla yoğun üretim yapılacak balık miktarı ve üretimden kaynaklanan fosfor yüklmesi ve çevresel taşıyabilme kapasitesi Rigler ve Dillon (1974) ve Beveridge (1984) tarafından geliştirilen model kullanılarak aşağıdaki basamaklar halinde hesaplanmıştır. Buna göre:

**Basamak 1:** Baraj gölünün yoğun kafes kültürü potansiyelini belirlemek için, su kütlesindeki mevcut fosfor konsantrasyonu [P] belirlenmiştir. Ilıman bölgelerdeki çoğu göl ve baraj gölünde yıl içerisinde sıcaklık tabakalaşması oluşması, tayin edilen fosfor konsantrasyonunun tüm su kütlesini temsil etmesini güçleştirmektedir. Tabakalaşma süresince fosforun algler tarafından kullanıldığı epilimnion ve fosforun daha ziyade sediment-su kolonu arasındaki ilişkilerle yönetildiği hipolimnion arasında fosfor bakımından belirgin bir fark bulunabilir. Dillon ve Rigler (1974); Vollenweider (1976) ve OECD (1982) ilkbahar ve sonbahar karışımı süresince tayin edilen fosfor konsantrasyonunun ılıman sularda göldeki fosfor konsantrasyonunu temsil edeceğini

göstermiştir. Toplam fosfor konsantrasyonunun aylık değişimini ortaya koyan veriler mevcut değil veya gerçekleştirilemiyorsa, ilkbahar ve sonbahar karışımı süresince yapılan tayinler kullanılabilir. Bu çalışmada dört mevsim toplam fosfor ölçümleri ile hesaplama gerçekleştirilmiştir. Modelde tüm dönemsel ortalama fosfor değerleri yanında her dönem için fosfor ortalamaları da ayrıca modelde kullanılmıştır. Ayrıca; çevresel hassasiyet çerçevesinde fosfor değerinin en yüksek olduğu dönem dikkate alınarak mevsimlik fosfor değerleri de modelde özellikle kullanılmıştır.

**Basamak 2:** Bir su kütlesinde yoğun kafes kültüründen kaynaklanan fosfor girişi konsantrasyonu  $\Delta[P]$ , su kütlesi için maksimum kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu  $[P_f]$  ve su kütlesinin fosfor konsantrasyonu  $[P_i]$  arasındaki farkla belirlenir. Dillon ve Rigler (1974), ılıman bölge gölleri için kabul edilebilir fosfor konsantrasyonunu  $[P_f]$  60  $\text{mg/m}^3$  olarak bildirmiştir;

$$\Delta[P] = [P_f] - [P_i] \quad (3.3.2)$$

Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilen fosfor yüklenmesi modeli balık kafeslerinden kaynaklanan yüklenmeye uygulanırsa, aşağıdaki model ortaya çıkar:

$$\Delta[P] = \frac{L_B - (1 - R_B)}{\bar{z} \cdot \rho} = L_B = \frac{\Delta[P] \cdot \bar{z} \cdot \rho}{1 - R_B} \quad (3.3.3)$$

Burada;		
$L_B$	=	Entansif balık kültürü için göl veya baraj göllerinin taşıma kapasitesi ( $\text{mg/m}^2 \text{ yıl}$ )
$\Delta[P]$	=	Kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon $[P_f]$ ile kafes kültüründen önceki fosfor konsantrasyon $[P_i]$ arasındaki fark ( $\text{mg/m}^3$ )
$\bar{z}$	=	Ortalama derinlik (m)
$\rho$	=	Göl suyu yenilenme süresi (1/yıl)
$R_B$	=	Entansif balık kültüründen kaynaklanan fosforun sediment tarafından tutulan kısmı

Ortalama derinlik ( $\bar{z}$ ), göl hacmi (V) ile yüzey alanının (A) oranına eşittir:

$$\bar{z} = V / A \quad (3.3.4)$$

Su yenilenme süresi ( $\rho$ ) göle giren suyun gölde bekleme süresi veya giren suyun gölden çıkması için gereken süredir. Bir yılda gölden çıkan su miktarı ile (Q) göl hacminin (V) oranına eşittir:

$$\rho = Q / V \quad (3.3.5)$$

Göle giren fosforun sedimentte tutulan kısmı (tutulma katsayısı; R), giriş ve çıkış sularının ortalama fosfor miktarı, göldeki ve sedimentteki ortalama fosfor konsantrasyonu tayin edilerek belirlenir. Larsen ve Mercier (1976), Kuzey Amerika'daki 73 adet baraj gölünde yapmış olduğu çalışma sonucuna göre baraj gölleri için su yenilenme süresiyle fosfor tutulma katsayısı arasında önemli bir ilişki ( $r=0.79$ ) belirlemiştir. Buna göre:

$$R = 1/(1+0,515 \rho^{0.551}) , \quad R_B = x + [(1 - x) R] \quad (3.3.6)$$

X = Sedimente çökelen toplam fosfor oranı (0.45-0.55) sonuçları elde edilmiştir.

**Basamak 3:** Baraj gölünde yoğun kafes kültürü için taşıma kapasitesi hesaplanmasında YYO (yemden yararlanma oranı) değeri kullanılarak göl yüzey alanında yetiştiriciliği yapılacak balık miktarı hesaplanır. Bu hesaplama balık üretimi için (ton/yıl) YYO oranına bağlı olarak ticari yemlerin içeriğindeki fosforun ne kadarının çevreye gireceğine dayanılarak yapılır. Ticari pelet alabalık yemlerinin fosfor içeriği yaklaşık %1.5 ( $P_{yem}$ ) ve alabalık dokularının fosfor içeriği (kuru ağırlığı için) % 0.48 ( $P_{balık}$ ) kabul edilerek, 1 ton alabalık üretimiyle çevreye salınan fosfor miktarı ( $P_{çevre}$ );

$$P_{çevre} = P_{yem} - P_{balık} \quad (3.3.7)$$

$$P_{çevre} \text{ (YYO=1.0 için)} = 15.00 - 4.80 = 10.20 \text{ kg P/ton alabalık}$$

$$P_{çevre} \text{ (YYO=1.5 için)} = 22.50 - 4.80 = 17.70 \text{ kg P/ton alabalık}$$

$$P_{çevre} \text{ (YYO=2.0 için)} = 30.00 - 4.80 = 25.20 \text{ kg P/ton alabalık}$$

Bu durumda 1 ton alabalık üretimi için çevreye 10.20 - 25.20 kg arasında fosfor salınmaktadır.

### 3.4. Hidrolik Bekleme Süresi ve Çevresel Hazmetme Kapasitesi

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi-HBS” en önemli husustur. Su, akarsu ve/veya nehirlerden göllere ve rezervuarlara doğrudan yağış ve yüzey altı sızıntısı ile girer. Buharlaşıma yüzey altı sızıntısı ve akarsu akışı boşalması yoluyla sistemden çıkar. Bazen hidrolik tutma süresi olarak da adlandırılan hidrolik kalma süresi içeri akıştan dışarıya doğru su hareketinin hızını belirtir ve zaman birimleri (örneğin günler-yıllar) cinsinden ölçülür. HBS (genellikle  $t_w$  olarak kısaltılır) göl veya rezervuarın hacmini ( $m^3$ ) yıllık toplam çıkışa ( $m^3/yıl$ ) bölerek hesaplanır. Elde edilen teorik hidrolik kalma süresi suyun sistemde tanımlanmış bir su kütlesi olarak hareket etmesi durumunda gerçek su kalma süresine eşittir (Baker, 1996; Søballe ve ark., 1992).

Baraj gölünün toplam azot (TN) ve toplam fosfora (TP) dayalı çevresel hazmetme kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından önerilen modelle hesaplanmıştır (Zhou ve ark.,2011) ve formüller aşağıdaki gibidir;

$$L = q_s C_s \left[ 1 + 2.27 \left( \frac{V}{Q_{out}} \right)^{0.586} \right] \quad (3.3.1)$$

$$q_s = \frac{Q_{in}}{A} \quad (3.3.2)$$

$$W = 0.001LA \quad (3.3.3)$$

Burada L rezervuarlarda ( $g / m^2$ ) yılda metrekare başına azot veya fosfor miktarının izin verilen yükü,

$Q_s$  rezervuarlarda yıllık metrekare başına deşarj (m),

$C_s$  yüzey suyu çevresel kalitesinin ( $mg / L$ ) TN ve TP standardı,

$V$  rezervuarların hacmini ( $m^3$ ),

$Q_{out}$ , rezervuarlardan ( $m^3$ ) yıllık çıkan su miktarı,

$Q_{in}$  rezervuara yıllık giren su miktarı ( $m^3$ ),

$A$  rezervuar alanı ( $m^2$ )

$W$  ise yıllık TN veya TP'nin suda çevresel hazmedebilme kapasitesidir.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Su Kalitesi Bulguları

Süreyyabey Baraj gölü'nde, üç istasyon ve dört mevsim elde edilen su sıcaklığı değerleri yüzeyde ortalama  $18.75\pm 10.67$  bulunmuştur. Sıcaklık değerleri kışın  $4.20^{\circ}\text{C}$  ile yazın  $29.21^{\circ}\text{C}$ 'ler arasında değişmiştir. Hava sıcaklığına bağlı olarak su sıcaklığı değişim göstermektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4. 1. Süreyyabey Baraj gölü mevsimsel sıcaklık değerleri ( $^{\circ}\text{C}$ )

Ortalama	18.75
En düşük	4.20 (Kış)
En yüksek	29.21(Yaz)
S.Sapma	10.67

Süreyyabey Baraj gölü yüzey suyunun çözünmüş oksijen değerleri ortalama  $8.93\pm 1.24$  bulunurken; kışın  $10.63\text{ mg/l}$  ile sonbaharda  $7.21\text{ mg/l}$  arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 4.2 ).

Çizelge 4. 2. Süreyyabey Baraj gölünde mevsimsel çözünmüş oksijen değerleri (mg/l)

Ortalama	8.93
En düşük	7.21 (Sonbahar)
En yüksek	10.63 (Kış)
S.Sapma	1.24

Süreyyabey Baraj gölü suyunun pH ölçüm sonuçları ortalama  $7.58\pm 0.67$  bulunurken en düşük kışın  $6.88$ , ile en yüksek ilkbaharda ile  $8.48$  değerleri arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4. 3).

Çizelge 4. 3. Süreyyabey Baraj gölü'nde mevsimsel ölçülen pH değerleri

Ortalama	7.58
En düşük	6.88
En yüksek	8.48
S.Sapma	0.67

Süreyyabey Baraj gölü suyunun toplam fosfor konsantrasyonu analiz sonuçlarına göre ortalama toplam fosfor  $0.023 \pm 0.001$ , en yüksek 0.031 ilkbahar ile en düşük 0.015 kış mevsiminde tespit edilmiştir (Çizelge 4. 4).

Çizelge 4. 4. Süreyyabey Baraj gölünde mevsimsel ölçülen toplam fosfor değerleri (mg/l)

Ortalama	0.074
En düşük	0.031
En yüksek	0.029
S.Sapma	0.019

## 4.2. Taşıma Kapasitesi

Süreyyabey 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  $60 \text{ mg/m}^3$  olduğu belirtilmiş olmakla beraber, buna benzer çalışmalarda daha sonraki tarihlerde ötrofik durumdaki göller için fosfor toplam miktarı  $30 \text{ mg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir. Bu değerler üzerine çıkan göller ötrofik olarak kabul edilir. Kılıçkaya Baraj gölünde taşıma kapasitesi hesaplanmasında  $60 \text{ mg/m}^3$  ( $P_{f1}$ ) miktarı ile birlikte, baraj gölünün ekosistemine zarar vermeden doğal yapısının bozulmaması gözönüne alınarak alt sınırın tespit edilmesi içinde  $30 \text{ mg/m}^3$  ( $P_{f2}$ ) ve Türk mevzuatına (Anonim,2016) göre  $50 \text{ mg/m}^3$  ( $P_{f3}$ ) hesaplamalarda kullanılmıştır.

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

3. Hesaplama yapılacak 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 yem ücretidir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte yemlerdeki fosfor miktarı azaltılmış olmasına rağmen, yetiştiricilerin bilinçsizce yaptığı yemleme ile

çevreye verdiği zarar göz önüne alındığında, yemdeki fosfor miktarı genelde % 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 oranını 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 ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır.

#### 4.2.1. Ortalama toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur.  $P_i$  ort. : Ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor:  $0.074 \text{ mg/l} = 74.00 \text{ mg/m}^3$  ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.2.1'de ve Şekil 4.2.1'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre ;  $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot P \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6$ .  $P_{\text{çevre}}$  formülü kullanılarak;

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı  $30 \text{ mg/m}^3$  değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -20 631 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -11 889 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -8 351 ton alabalık/yıl

II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı  $60 \text{ mg/m}^3$  değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -6 565 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -3 783 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -2 657 ton alabalık/yıl



III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m<sup>3</sup> değeri için taşıma kapasiteleri:

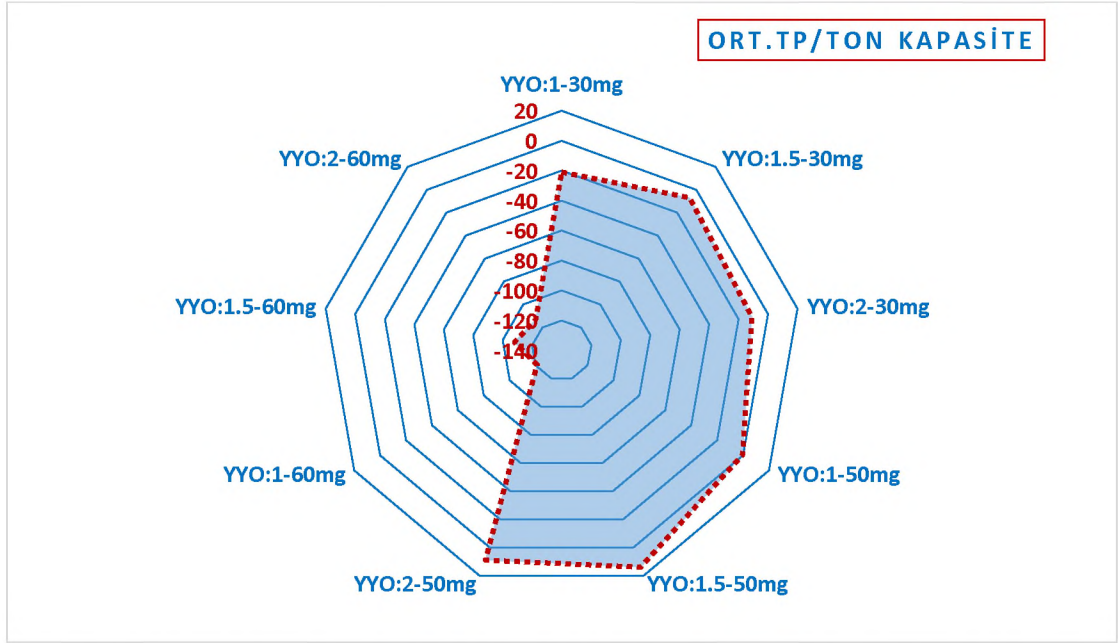
YYO 1. 0 için kapasite -11 254 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -6 485 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -4 555 ton alabalık/yıl

Çizelge 4.5. Süreyyabey baraj gölü ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

A: Göl alanı (m <sup>2</sup> )		41 340 000	
V: Göl hacmi (m <sup>3</sup> )		1 310 000 000	
Q: Gölde çıkan su hacmi (m <sup>3</sup> )		599 184 000	
$\bar{z}$ : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	31.69	
$\rho$ : Göl suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	0,46	
P <sub>i</sub> : Göl suyu ortalama fosfor değeri (mg/m <sup>3</sup> )		74	
R: Fosfor tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.75	
R <sub>B</sub> : Balıkçılık kaynaklı fosfor tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.874	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$ : Fosfor yüklenmesi (mg/m <sup>3</sup> )	$[P_i] - [P_i]$		
[P] <sub>1</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m <sup>3</sup>	-14	
[P] <sub>2</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m <sup>3</sup>	-44	
[P] <sub>3</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m <sup>3</sup>	-24	
P <sub>yem</sub> : Yem içeriğindeki fosfor kgP/ton (% 1.5)	15kg/ton		
P <sub>balık</sub> : Balıkta tutulan fosfor kgP/ton (% 0.48)	4,8 kg/ton		
P <sub>çevre</sub> : Çevreye salınan fosfor kgP/ton alabalık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P <sub>yem</sub> - P <sub>balık</sub>	YYO:1	15.0-4.8= 10.2 kg P/ton
		YYO:1.5	22.5-4.8= 17,7 kg P/ton
		YYO:2	30.0-4.8= 25,2 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi  LB= $\Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{çevre}$	[P] <sub>1</sub> 60 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-6 565
		YYO:1.5	-3 783
		YYO:2	-2 657
	[P] <sub>2</sub> 30 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-20 632
		YYO:1.5	-11 889
		YYO:2	-8 350
	[P] <sub>3</sub> 50 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-11 254
		YYO:1.5	-6 485
		YYO:2	-4 555



Şekil 4.2. Süreyyabey baraj gölünün ortalama fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (\*1000 ton).

#### 4.2.2. En düşük toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur.  $P_1$  min. : ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor:  $0.031 \text{ mg/l} = 31.00 \text{ mg/m}^3$  ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.2.2'de ve Şekil 4.2.2'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre ;  $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot P \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6$ .  $P_{\text{çevre}}$  formülü kullanılarak;

**I.** Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı  $30 \text{ mg/m}^3$  değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -469 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -270 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -190 ton alabalık/yıl

**II.** Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı  $60 \text{ mg/m}^3$  değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite 13 598 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite 7 836 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite 5504 ton alabalık/yıl

**III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m<sup>3</sup> değeri için taşıma kapasiteleri:**

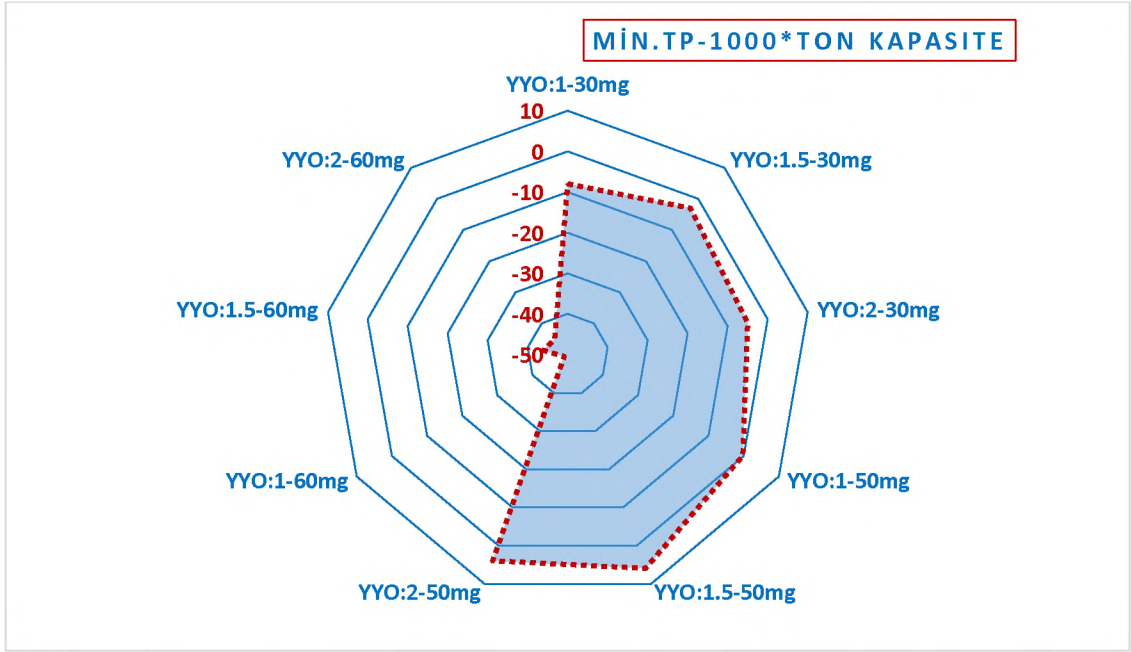
YYO 1. 0 için kapasite 8 909 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite 5 134 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite 3 606 ton alabalık/yıl

**Çizelge 4.6. Süreyyabey baraj gölü en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli**

A: Göl alanı (m <sup>2</sup> )		41 340 000	
V: Göl hacmi (m <sup>3</sup> )		1 310 000 000	
Q: Gölden çıkan su hacmi (m <sup>3</sup> )		599 184 000	
$\bar{z}$ : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	31.69	
$\rho$ : Göl suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	0.46	
P <sub>i</sub> : Göl suyu en yüksek fosfor derişimi (mg/m <sup>3</sup> )		31	
R: Fosfor tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.75	
R <sub>B</sub> : Balıkçılık kaynaklı fosfor tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.874	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$ : Fosfor yüklenmesi (mg/m <sup>3</sup> )	$[P_f] - [P_i]$		
[P] <sub>f1</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m <sup>3</sup>	29	
[P] <sub>f2</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m <sup>3</sup>	-1	
[P] <sub>f3</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m <sup>3</sup>	19	
P <sub>yem</sub> : Yem içeriğindeki fosfor kgP/ton (% 1.5)	15kg/ton		
P <sub>balık</sub> : Balıkta tutulan fosfor kgP/ton (% 0.48)	4,8 kg/ton		
P <sub>çevre</sub> : Çevreye salınan fosfor kgP/ton alabalık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P <sub>yem</sub> - P <sub>balık</sub>	YYO:1	15.0-4.8= 10.2 kg P/ton
		YYO:1.5	22.5-4.8= 17.7 kg P/ton
		YYO:2	30.0-4.8= 25.2 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	[P] <sub>f1</sub> 60 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	13 598
		YYO:1.5	7 836
		YYO:2	5 504
LB= $\Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{çevre}$	[P] <sub>f2</sub> 30 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-469
		YYO:1.5	-270
		YYO:2	-190
	[P] <sub>f3</sub> 50 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	8 909
		YYO:1.5	5 134
		YYO:2	3 606



Şekil 4.3. Süreyyabey baraj gölünün en düşük fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (\*1000 ton).

#### 4.2.3. En yüksek toplam fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli

Çevresel olan durumlar göz önüne alınarak fosfor yüklemelerine ilişkin kapasite hesapları ortaya konulmuştur.  $P_1$  maks. : ölçümü yapılan genel toplamda ki fosfor:  $0.29 \text{ mg/l} = 29.00 \text{ mg/m}^3$  ' dir. Model üç aşamalı olarak Çizelge 4.2.3'de ve Şekil 4.2.3'de sunulduğu üzere hesaplanmıştır.

Buna göre ;  $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot P \cdot A / (1 - R_B) \cdot 10^6$ .  $P_{\text{çevre}}$  formülü kullanılarak;

I. Ötrofik durum için araştırmacıların çoğunluğu için normal kabul gören fosfor oranı  $30 \text{ mg/m}^3$  değeri için taşıma kapasiteleri:

YYO 1. 0 için kapasite -121 914 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -70 256 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -49 346 ton alabalık/yıl

**II. Ötrofik durum için bazı araştırmacılarca normal kabul gören fosfor oranı 60 mg/m<sup>3</sup> değeri için taşıma kapasiteleri:**

YYO 1. 0 için kapasite -107 847 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -62 149 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -43 652 ton alabalık/yıl

**III. Ötrofik durum için Türk Mevzuatınca normal kabul gören fosfor oranı 50 mg/m<sup>3</sup> değeri için taşıma kapasiteleri:**

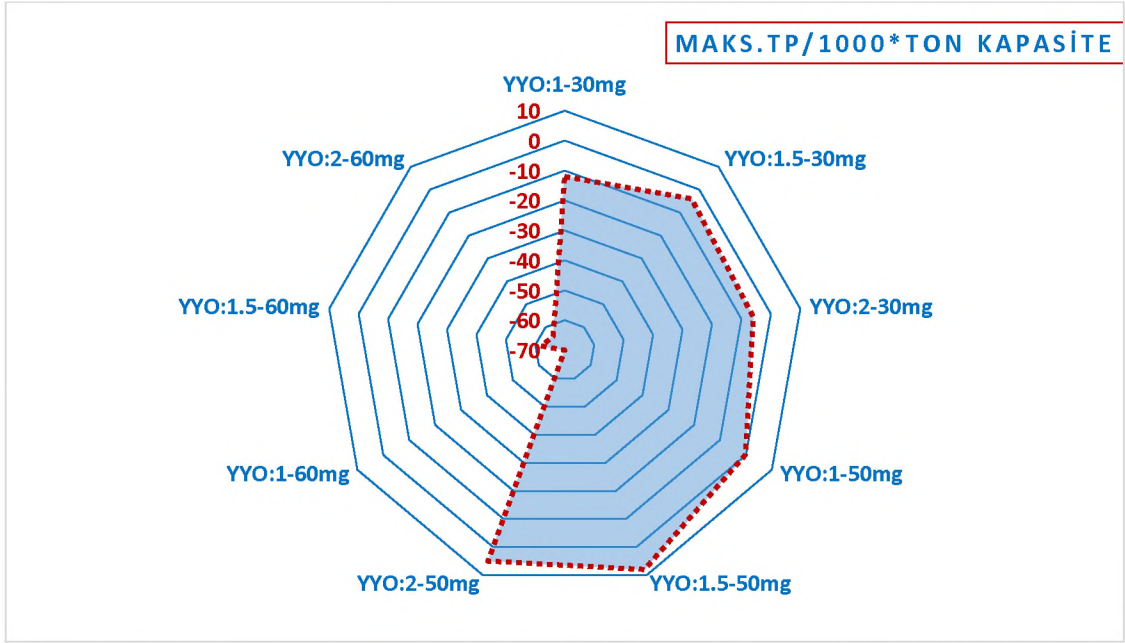
YYO 1. 0 için kapasite -112 536 ton alabalık/yıl

YYO 1. 5 için kapasite -64 851 ton alabalık/yıl

YYO 2. 0 için kapasite -45 550 ton alabalık/yıl

**Çizelge 4.7. Süreyyabey baraj gölü en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi modeli**

A: Göl alanı (m <sup>2</sup> )		41 340 000	
V: Göl hacmi (m <sup>3</sup> )		1 310 000 000	
Q: Gölde çıkan su hacmi (m <sup>3</sup> )		599 184 000	
$\bar{z}$ : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	31.69	
$\rho$ : Göl suyunun yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	0.46	
P <sub>i</sub> : Göl suyu ortalama fosfor değeri (mg/m <sup>3</sup> )		290	
R: Fosfor tutulma katsayısı	$1/(1+0.515 \rho^{0.551})$	0.75	
R <sub>B</sub> : Balıkçılık kaynaklı fosfor tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.874	
X: Sedimente çöken fosfor oranı	(0.45-0.55)	0.50	
$\Delta[P]$ : Fosfor yüklenmesi (mg/m <sup>3</sup> )	$[P_f] - [P_i]$		
[P <sub>f</sub> ] <sub>1</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	60 mg/m <sup>3</sup>	-230	
[P <sub>f</sub> ] <sub>2</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	30 mg/m <sup>3</sup>	-260	
[P <sub>f</sub> ] <sub>3</sub> : Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu	50 mg/m <sup>3</sup>	-240	
P <sub>yem</sub> : Yem içeriğindeki fosfor kgP/ton (% 1.5)	15kg/ton		
P <sub>balık</sub> : Balıkta tutulan fosfor kgP/ton (% 0.48)	4,8 kg/ton		
P <sub>çevre</sub> : Çevreye salınan fosfor kgP/ton alabalık (YYO: Yemden Yararlanma Oranı)	P <sub>yem</sub> - P <sub>balık</sub>	YYO:1	15.0-4.8= 10.2 kg P/ton
		YYO:1.5	22.5-4.8= 17,7 kg P/ton
		YYO:2	30.0-4.8= 25,2 kg P/ton
Kaldırma Kapasitesi	[P <sub>f</sub> ] <sub>1</sub> 60 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-107 847
		YYO:1.5	-62 149
		YYO:2	-43 652
LB= $\Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6$ .Pçevre	[P <sub>f</sub> ] <sub>2</sub> 30 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-121 914
		YYO:1.5	-70 256
		YYO:2	-49 346
	[P <sub>f</sub> ] <sub>3</sub> 50 mg/m <sup>3</sup> için	YYO:1	-112 536
		YYO:1.5	-64 851
		YYO:2	-45 550



Şekil 4.4. Süreyyabey baraj gölünün en yüksek fosfor derişimine göre kaldırma kapasitesi dağılımı (\*1000 ton).

#### 4.3. Süreyyabey Baraj Gölünün Hidrolik Bekleme Süresi

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi/HBS” en önemli husustur. Su, akarsu ve/veya nehirlerden göllere ve rezervuarlara doğrudan yağış ve yüzey altı sızıntısı ile girer. Buharlaşıma yüzey altı sızıntısı ve akarsu akışı boşalması yoluyla sistemden çıkar (Baker, 1996; Søballe ve ark., 1992). Hidrolik kalma süresi göllerin ve rezervuarların bazı önemli morfolojik özellikleriyle ilgilidir ve göller ve rezervuarlardaki hem fiziksel hem de biyolojik süreçleri etkiler (Søballe ve ark., 1992). Örneğin, hidrolik kalma süresi biyojeokimyasal çevrimin tipini ve hızını, partikül maddenin yerleşimini ve termal tabakalaşma oluşumunu etkileme potansiyeline sahiptir (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998). Böylece hidrolik kalma süresi besin bulunabilirliğini, bulanıklığı ve tabakalaşma/karışımı etkiler (Adams ve Hackney, 1992). Bu nedenlerden dolayı hidrolik kalma süresi göller ve rezervuarlardaki su topluluklarının yapısı ve işlevi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi ayrıca besinlerin, tortuların ve planktonların aşağı akan sulara taşınmasını da etkiler (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998).

Ortalama derinliği 32 metre olan Süreyyabey baraj gölünde Çizelge 4.3.1’de gösterildiği üzere baraj suyunun tamamı yılda 0.46 yenilenmektedir. Hidrolik yük ise 14.49 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Süreyyabey baraj gölü yenilenme süresi ve parametreleri

A: Gölün yüzölçümü (m <sup>2</sup> )		41 340 000
V: Gölün hacmi (m <sup>3</sup> )		1 310 000 000
Q: Gölde çıkan su miktarı (m <sup>3</sup> )		599 184 000
$\bar{z}$ : Gölün ortalama derinliği (m)	V/A	31.69
$\rho$ : Gölün yenilenme süresi (1/yıl)	Q/V	0.46
Hidrolik yük	Q/A	14.49

#### 4.4. Süreyyabey Baraj Gölünün Çevresel Hazmetme Kapasitesi

Azot ve fosfor yükünün ekosistem tarafından döngüye sokularak organik maddeye dönüştürülmesi ve ötrofikasyon oluşmaması baraj gölünün morfolojik karakteri ve su kalış süreleri ile ilişkilidir (Zhou ve ark.,2011). Uzun su kalış/yenilenme süresi ve nispeten kararlı durumu nedeniyle, baraj gölleri düzgün bir şekilde karıştırılmış bir su kütlesi olarak görülebilir. TN ve TP'nin su çevresel kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından önerilen modelle hesaplanan değerleri aşağıda Çizelge 4.4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Süreyyabey baraj gölünün çevresel hazmetme kapasitesi parametreleri

Alan (m <sup>2</sup> )	Hacim (m <sup>3</sup> )	Q <sub>out</sub> -(m <sup>3</sup> /yıl)	Q <sub>in</sub> -(m <sup>3</sup> /yıl)
41340000	1310000000	599184000	613127000
Fosfor L (0.03 mg/l için)	2.30 g/m <sup>2</sup>		
W	95 ton	Gölde mevcut P= 97 ton Gölde mevcut N= 2 096 ton	
Fosfor L (0.05 mg/l için)	3.83 g/m <sup>2</sup>		
W	159 ton		
Azot L (0.5 mg/l için )	38.35 g/m <sup>2</sup>		
W	1 585 ton		
Azot L (1.0 mg/l) için	76.69 g/m <sup>2</sup>		
W	3 171 ton		

Çizelge 4.9.da verildiği üzere Süreyyabey baraj gölü hem fosfor hem de azot için hazmedebilme kapasitesinde sınır değerlerde bir çevresel hazmetme kapasitesi göstermiş olup, trofik seviyesi balık yetiştiriciliği için ilave yük için sınır değerlerde bir durum sergilemektedir. Balık yetiştirilecek ise detay çalışmaları takiben öncelikle kapasiteler düşük tutularak izleme programları oluşturulmalıdır.



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kafes kültüründe yetiştirilecek türün gelişimini sınırlayan ilk sorun coğrafik koşullardır. Ilıman (23-67°N) ve tropikal (23°N-23°S) bölgeler arasında birincil üretim açısından önemli bir farkın olması, ılıman bölge sularında yoğun ve yarı yoğun kafes kültürünü güçleştirmektedir (Le Cren ve Lowe-Mc Connell, 1980). Nispeten düşük pazarlama fiyatı nedeniyle ekstansif ve yarı entansif kafes kültürüne uygun olan sazan ve tilapia türleri yerine, ılıman bölgeler için satış fiyatı yüksek alabalıkların kültürü önerilmektedir (Beveridge, 1984).

Alabalıkların doğal yaşam ve yetiştiricilik şartları için geçmişe yönelik yaygın bir bilgi birikimi vardır. Alabalıklar başta büyüme ve üreme faaliyetlerini etkileyen, hem doğal ortamda hem de kültür ortamında çeşitli çevresel faktörlere (sıcaklık, tuzluluk, pH, ç.oksijen ve amonyak) maruz kalırlar ve bunların uç ve normal sınırları bulunmakta olup, bu çevresel etkenler tek başlarına etkili olabileceği gibi birlikte katlamalı etkide yapabilmektedir. Yetiştiricilik öncesi bu çevresel şartlar iyi bilinmesi gerekmektedir (Molony, 2001). Balıkta strese neden olan en önemli faktör çevresel şartlardaki değişimlerdir ve bu balığın direncini etkileyip, balığı enfeksiyonlara karşı hassaslaştırır. Bunlar genel stres yapıcı etmenler olup; kötü su kalitesi, yoğun stoklama, müdahale ve hastalık tedavisinde kullanılan ilaçlar en önemlileridir. Stres genelde ölümle sonlanır, ancak davranış değişikliği, kötü iştah, büyüme, direnç düşmesi, ilave streslere karşı koyamama gibi direnme seviyeleri yaşanır (Edmonson, 1991).

Beveridge (1987), balık yetiştiriciliğinde yer seçimi ve çevresel durumları önem sırasına göre üç kategoriye ayırmıştır. birincisi; sıcaklık, tuzluluk, oksijen, pH, bulanıklık, kirlenme, algal patlama, hastalık sebepleri, su değişimi, fouling, ikincisi; hava şartları, akıntılar, derinlik, substrat ve üçüncüsü ise; resmi gereksinimler, servis ve kıyı araçları, güvenlik, pazara yakınlıktır. Bu durum özellikle su kalitesi parametrelerinin uygunluğunu çevresel yönetimde ön plana çıkarmaktadır (Dikel, 2005).

Alabalıklar, kuzey yarım kürenin soğuk ve ılıman bölgelerin yerli balıkları olmasına karşılık, birkaç türü sıcak ortamlara da yaygın olarak taşınmışlardır. Örneğin Gökkuşacağı

alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) birçok ülkeye giriş yapmıştır (Molony ve ark., 2004). Bu durum Gökkuşluğu alabalığının geniş ekolojik şartlara uyum gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Süreyyabey Baraj gölü'nde, üç istasyon ve dört mevsim elde edilen su sıcaklığı değerleri yüzeyde ortalama  $18.75 \pm 10.67$  bulunmuştur. Sıcaklık değerleri kışın  $4.20^\circ\text{C}$  ile yazın  $29.21^\circ\text{C}$ 'ler arasında değişmiştir. Gölün ortalama sıcaklığı alabalık yetiştiriciliği için uygunluk arzetmesine karşılık yaz ve kış ayları sıcaklık değerleri alabalık yetiştiriciliğine uygunluk arzetmemektedir. Çizelge 5.1'deki sıcaklık değerlerine bakıldığında; Molony (2001), FAO ( $12-21^\circ\text{C}$ ) ve Robert and Shepherd,1997 ( $16^\circ\text{C}$ )'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerler Süreyyabey Baraj gölü için şartları zorlaştırmakta, sınır değerler aşılmaktadır. Gölde alabalık yetiştiriciliği yaz dönemi dışında planlanmalıdır.

Oldukça geniş su sıcaklığı değişimlerine gökkuşluğu alabalıkları toleranslıdır. Ancak suyun sıcaklık değerinin  $12^\circ\text{C}$ 'nin altına düşmesi ve  $17^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıkması gökkuşluğu alabalıklarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Su sıcaklığındaki artış balığın metabolik etkinliğini artırarak su içerisindeki karbondioksit düzeyinin yükselmesine ve oksijen tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Gökkuşluğu alabalığı yetiştirmek için en uygun su sıcaklığı  $15-18^\circ\text{C}$ , öldürücü sınır ise  $5^\circ\text{C}$ 'nin altında ve  $24-27^\circ\text{C}$  arasındadır. Gökkuşluğu alabalıklarında  $4^\circ\text{C}$ 'de büyüme durmaktadır.  $25^\circ\text{C}$ 'nin üzerindeki su sıcaklıklarında ise balıkların kısa bir süre canlı kalabilmektedir (Dirican, 2008). Süreyyabey baraj gölünde elde edilen su sıcaklığı değerlerinin Gökkuşluğu alabalığının gelişimi için kabul edilebilir sınırlar içinde olmasına karşılık; özellikle yaz aylarında su sıcaklığı artışı yaşam sınırlarının üzerine çıkmaktadır.

Süreyyabey Baraj gölü yüzey suyunun çözülmüş oksijen değerleri ortalama  $8.93 \pm 1.24$  bulunurken; kışın  $7.21$  mg/l ile yazın  $10.63$  mg/l arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Gölün çözülmüş oksijen değerleri Molony (2001)'in Çizelge 5.1'de verilen ç.oksijen değerlerine ( $7$  mg/l) ve Robert ve Shepherd,1997 ( $5$  mg/l fazla)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere büyük oranda uyum göstermektedir.

Süreyyabey Baraj gölü suyunun pH ölçüm sonuçları ortalama  $7.58 \pm 0.67$  bulunurken en düşük kışın 6.88 ile en yüksek ilkbaharda ise 8.48 değerleri arasında değişim göstermiştir. Gölün pH değeri Çizelge 5.1’de verilen pH değerlerine (6.5-8.5) bakıldığında (Molony, 2001), FAO ve Robert ve Shepherd (1997)’un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Gölün pH değerleri alabalık kültürü için oldukça iyi düzeydedir.

Çizelge 5.1. Kültür alabalıkların iyi gelişimi ve hayatta kalması için gerekli su kalitesi sınırları (Molony, 2001’ den uyarlanmıştır).

Parametre	Sedgwick (1985)	Stevenson (1987)	Barton (1996)	Wedemeyer (1996)	Brannon (1991)	Süreyyabey Baraj gölü
Sıcaklık(°C)	10-15 (G) en iyi 21 altı, >25-27 letal(S)	10-16 (G) en iyi 20 altı, >25 letal (S)	10-22 (G) >26,5 letal (S)		9-16 (G) <26 (S)	18.75 (4.20-29.21)
pH	7-7.5 (G) 6’dan az olamaz(S)	7-7.6 (G) 6’dan az olamaz (S)	6.5-8 (G) 6’dan az olamaz (S)	7-8 (G) 6-9 (S)	6.7-8.5 (G)	7.58 (6.88-8.48)
Ç.Oksijen (mg/l)				>7 (S)	7 (G)	8.93 (7.21-10.63)

*G:gelişme sınırları, S:hayati sınırlar*

Ülkemizde iç sular kafes kültürü için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak, su kütlelerinin sürdürülebilir kullanımını garanti altına alınarak ve diğer kullanım alanlarını kısıtlamadan iç sularda yetiştiricilik sektörünün gelişmesi, bu alanda çalışan araştırmacıların, kamu kuruluşlarının, sivil toplum örgütlerinin ve yetiştiricilerin sorumluluğu altındadır. İç sularda kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için model kullanımı veya bir diğer ifadeyle iç suların taşıma kapasitesinin belirlenmesi sorumlu sürdürülebilir balıkçılığın gelişiminde başlangıç aşaması olarak kabul edilmelidir (Ayekin ve ark., 2018).

Kafeslerde yoğun olarak alabalık yetiştiriciliğinin küresel, ülkesel ve yerel olarak birçok önemli çevresel etkilere neden olmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinde son yıllarda birçok ülkede, çevresel endişeler oluşturduğu için su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili ekonomik faaliyetler alanında oldukça sıkı ve düzenleyici kurallar uygulanmaya başlanmıştır. Bu şekilde bir yaklaşım çevresel dengenin korunması ve sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır (Şahin, 2003).

Sistemin özelliklerini analiz etmek için kullanılan sentez araçları olarak modeller, yalnızca problemi öngörmez aynı zamanda tüm sistemin reaksiyonlarını da açığa çıkarabilir. Modeller, “gerçeğin basitleştirilmiş bir resmi” olarak genellikle problemi çözmek için kullanılır. Su kalitesi modelleri çeşitli su kaynaklarının özelliklerini, noktasal veya dağınık kaynakların neden olduğu alıcı su kalitesini tahmin ederler (Şen ve Koçer, 2003a).

Dillon and Rigler (1974) kabul edilebilir fosfor yükünü 60 mg/m<sup>3</sup> olarak bildirmişse de, Carlson ve Simpson (1996), Brasil (2005) ve ANA (2009) ise toplam fosfor miktarı için ötrofikasyon sınırı 30 mg/m<sup>3</sup> olarak bildirmiştir. Bu durum, göllerin taşıma kapasitesinin hesaplanmasında 30 mg/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmesi ekosistem bütünlüğünün korunmasında daha etkin olacaktır. Üstelik Vollenweider (1968), göllerin kabul edilebilir ve tehlikeli azot ve fosfor yüklenmesini çok daha düşük miktarlarda bildirmiştir. Ayrıca Çizelge 5.1.’de gösterilen Türk Mevzuatı “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde” baraj gölleri için mesotrof karakterin üst sınırı 0,05 mg/l kabul edilmiştir (Anonim,2016).

Çizelge 5.2. Göl, Gölet ve Baraj Gölleri Ötrofikasyon Kriterleri

Su Kalitesi Sınıfı	TP (µg/L)	TN (µg/L)	Klorofil-a (µg/L)	Seki Disk Derinliği (m)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3,5	> 4	> 7
Mezotrofik	30	650	9	2	6
	50*	1000*	15*	1,5*	4*
Ötrofik	100	1500	25	1	3
Hipertrofik	> 100	> 1500	> 25	< 1	< 3

\*Gölet veya baraj göllerinde geçerlidir.

İç sularda kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için kullanılan modellerin durum değişkenleri kültür metoduna göre değişiklik göstermektedir. Yoğun kafes kültürü için özellikle sisteme giren fosfor yükü kullanılırken, yarı entansif ve ekstansif kafes kültür metodları için sistemin birincil üretiminden yararlanılması önerilmektedir. Böylece yoğun yetiştiricilikte çevreye yemle giren ne kadar fosforu sistemin

taşıyabileceği ve ne kadar balık üretimi yapılabileceği tahmin edilebilir (Beveridge, 1984).

Penczak ve ark. (1982) tarafından yürütülen çalışmada, Gleboike Gölü'nde (Polonya) alabalık kafes kültüründen çevreye atık girişi, karbon, azot ve fosfor giriş ve çıkışları tayin edilerek belirlenmiştir. Çevreye toplam nutrient girişinin ( $Nut_{\text{çevre}}$ ), yemle eklenen ( $Nut_{\text{yem}}$ ) ve hasat edilen balıklar tarafından asimile edilen nutrientlerin ( $Nut_{\text{balık}}$ ) miktarları arasındaki farka eşit olduğu hesaplanmıştır ( $Nut_{\text{çevre}} = Nut_{\text{yem}} - Nut_{\text{balık}}$ ). Çalışmada pelet yem ve atık balıkların karışımından elde edilen bir yem kombinasyonu kullanılmıştır. Yemlerin ve hasat edilen balıkların karbon, azot ve fosfor içeriği tayin edilmiş ve göle giren nutrient yükleri hesaplanmıştır. Kullanılan yemin fosfor içeriği ve sindirilebilirliğine bağlı olarak çevreye giren toplam fosfor yükü değişebilir. Gökkuşığı alabalığı kafes kültürü için yaygın yemden yararlanma oranı (YYO) değerleri 1,5-2,0:1 arasındadır ve bu nedenle üretilen her ton balık için çevreye giren toplam fosfor yükü 17-25 kg arasında değişir (Beveridge, 1984). Yapılan çalışmalara dayanarak entansif kafes yetiştiriciliği için toplam yem kaybının % 10-30 arasında olduğu tahmin edilmektedir (Collins, 1971; Penczak *et al.*, 1982). Penczak ve ark. (1982) sindirilen fosforun yalnızca % 32'sinin (verilen yemin % 23'ü) asimile edildiğini ve kullanıldığını, kalan kısmın dışkı ve ürün ile atıldığını göstermiştir.

Yoğun kafes kültürü Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği için çevresel taşıma kapasitesi; göl ortalama derinliği yaklaşık 32 m ve yüzey alanı 41,3 km<sup>2</sup> olan Süreyyabey baraj gölünde üretilebilecek alabalık miktarı kabul edilebilir fosfor yüklenmesi ( $P_{fi}$ ) 60 mg/m<sup>3</sup> olarak kabul edildiğinde, yemden yararlanma oranı 1. 0 için -6 565 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için -3 783 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için -2 657 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi ( $P_{fi}$ ) 30 mg/m<sup>3</sup> kabul edildiğinde ise, yemden yararlanma oranı 1. 0 için -20 632 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.5 için -11 889 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 2.0 için -8 350 ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.2). Bu durumda gölün fosfor konsantrasyonu balık yetiştiriciliği için uygun olmayıp kaldırma kapasitesi aşılmış durumdadır. Gölde alabalık yetiştiriciliği yapmak mevcut ötrofik yapıyı daha da üst konumlara taşıyacaktır. Bu kapsamda Süreyyabey baraj gölünde fosfor yüklenmesi ötrofikasyona yol

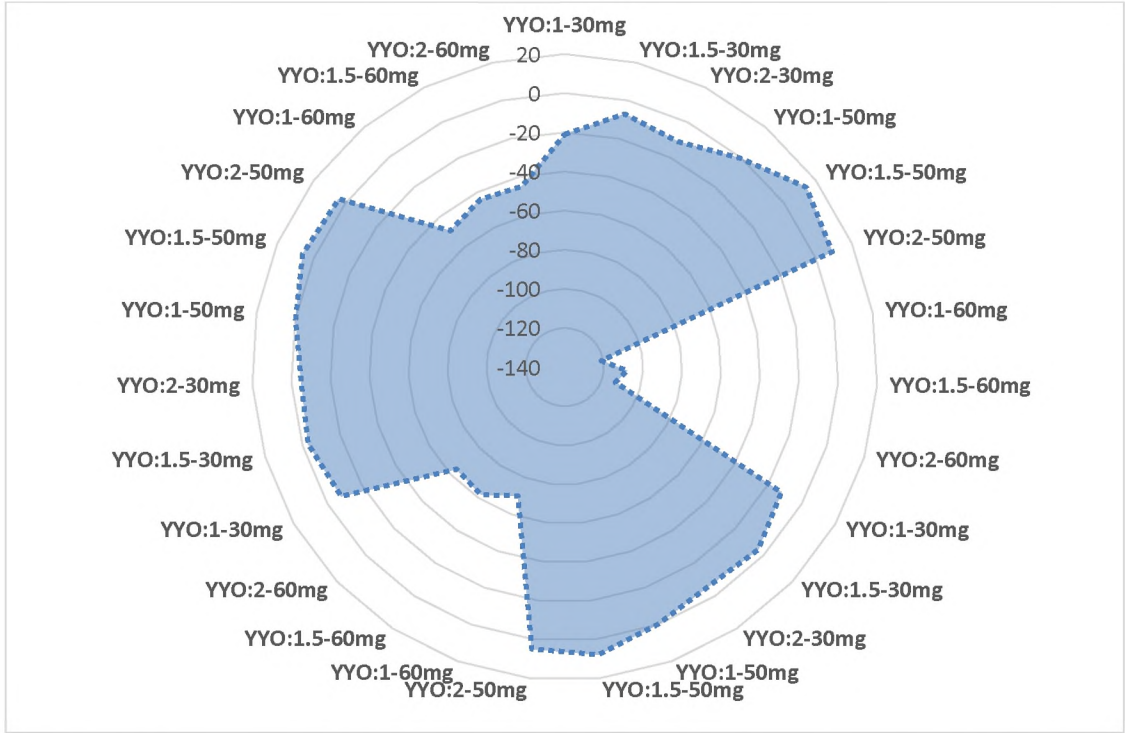
açacağından balık üretimi önerilmemektedir. Buna karşılık gölde tespit edilen en düşük fosfor derişimlerine yapılan hesaplamalara göre ise yasal sınır olan (Pfi) 50 mg/m<sup>3</sup> kabul edildiğinde, Süreyyabey baraj gölünde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1. 0 için 8 909 ton/yıl, yemden yararlanma oranı 1.50 için 5 134 ton/yıl ve yemden yararlanma oranı 2. 0 için 3 606 ton/yıl olarak tahmin edilmiştir (Çizelge 5.2-5.3, Şekil 5.2).

Çizelge 5.3. Süreyyabey Baraj gölü için değişik fosfor konsantrasyonlarında mevsimsel ve yıllık ortalamalara göre hesaplanan yaklaşık taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)

Kabul edilebilir fosfor derişimi (60 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (30 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (50 mg/l)		
YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0	YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0	YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0
-6 565	-3 783	-2 657	-20 632	-11 889	-8 350	-11 254	-6 485	-4 555

Çizelge 5.4. Süreyyabey baraj gölü en düşük fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesinin karşılaştırılması (ton)

Kabul edilebilir fosfor derişimi (60 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (30 mg/l)			Kabul edilebilir fosfor derişimi (50 mg/l)		
YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0	YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0	YYO 1. 0	YYO 1. 5	YYO 2. 0
13 598	7 836	5 504	-469	-270	-190	8 909	5 134	3 606



Şekil 5.1. Sürayyabey baraj gölü için farklı fosfor konsantrasyonlarında ve farklı yemden yararlanma oranlarına göre hesaplanan taşıma kapasitesi dağılımı (\*1000 ton).

Pulatsü (2002); Kesikköprü Baraj gölü için Beveridge (1984) tarafında geliştirilen taşıma kapasitesinin tahmininde fosfor bütçe modelini uygulamıştır (Pulatsu, 2002). Yüzey alanı 6.5 km<sup>2</sup>, ortalama derinliği 14.6 m, hacmi 95.0 hm<sup>3</sup> Kesikköprü baraj gölü n de Nisan 2000’de yapılan çalışmada alınan su örneklerinin fosfor miktarı ortalama olarak 53.1 mg/m<sup>3</sup> olarak tayin edilmiştir. Ilıman bölge gölleri için Dillon ve Rigler (1974) tarafından kabul edilebilir en yüksek fosfor derişimine (60 mg/m<sup>3</sup>) dayanarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarını 6,9 mg/m<sup>3</sup> ve kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin 5.87 g/m<sup>2</sup>/yıl; taşıma kapasitesi ise 3335 ton/yıl olduğu hesaplamıştır.

Verep ve ark. (2003) yılında Uzungöl’ün oluşum şekli, göldeki seviye değışiklikleri, göl suyunun özelliklerini ve taşıma kapasitesi ile alakalı yaptıkları çalışmada; 3 istasyonda toplam fosfor yükünü 34.8- 43.2-82.6 mg/m<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir. Ilıman bölge gölleri için Dillon ve Rigler (1974)’in tavsiye ettiği fosfor derişimi temel alınarak, göle yüklenebilecek en yüksek fosfor miktarının 16.8 mg/m<sup>3</sup> olabileceğini, kafes kültürünün sebep olduğu yüklenmenin 47.43 g/m<sup>2</sup>/yıl olduğunu ve Uzungöl’e giren su miktarına

göre taşıma kapasitesinin YYO 1.5 ve YYO 2.0 için 930 ton/yıl ile 503 ton arasında bulunduğunu hesaplamışlardır.

Büyükçapar ve Alp (2006), Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölünde Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanarak; 4200 ha yüzey alanına, 33.7 m ortalama derinliğe ve 0.51 yıllık su yenilenmesi oranına sahip gölün kaldırma kapasitesini 6998 ton/yıl alabalık olarak tahmin etmişlerdir.

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 Almus Baraj gölünün taşıma kapasitesini tahminde yapılan çalışmada Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmıştır. 3130 hektar yüzey alanına, 33.4 m ortalama derinliğe ve 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip Almus Baraj gölünün kaldırma kapasitesi 5 536 ton/yıl alabalık olarak tahmin edilmiştir.

Göllerin fosfor ve azot hazmetme kapasitelerinde “hidrolik bekleme süresi” en önemli husustur. Genel olarak geniş derin havzalara (büyük hacimlerde) sahip su kütleleri daha uzun hidrolik kalma sürelerine sahip olma eğilimindedir. Hidrolik kalma süresi besin moleküllerinin göl veya rezervuar içinde kaldığı süre miktarını ifade edebilir. Bu nedenle, besin tutma süresi, hidrolik tutma süresi ile aynı olabilir veya olmayabilir. Sedimentasyon ve besin geri dönüşümü sistemdeki besin hareketinin oranını etkiler. Kışın besin tutma süresinin hidrolik tutma süresine benzer olması daha muhtemeldir. Ancak ilkbaharda besinler sistemde daha yavaş hareket etme eğilimindedir. Çünkü bunlar yosunlar tarafından alınabilir ve daha sonra ayrışma sırasında serbest bırakılabilir (Horne ve Goldman, 1994). Hidrolik kalma süresi, göllerin ve rezervuarların bazı önemli morfolojik özellikleriyle ilgilidir ve göller ve rezervuarlardaki hem fiziksel hem de biyolojik süreçleri etkiler (Søballe ve ark., 1992). Örneğin, hidrolik kalma süresi, biyojeokimyasal çevrimin tipini ve hızını, partikül maddenin yerleşimini ve termal tabakalaşma oluşumunu etkileme potansiyeline sahiptir (Kalff, 2002). (Morris and Fan, 1998). Böylece hidrolik kalma süresi besin bulunabilirliğini, bulanıklığı ve tabakalaşma/karışımı etkiler (Adams ve Hackney, 1992). Bu nedenlerden dolayı hidrolik kalma süresi göller ve rezervuarlardaki su topluluklarının yapısı ve işlevi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi



ayrıca besinlerin, tortuların ve planktonların aşağı akan sulara taşınmasını da etkiler (Kalff, 2002; Morris ve Fan, 1998).

Göller ve rezervuarlar arasında hidrolik kalma süreleri büyük ölçüde değişir. Genel olarak doğal göllerin rezervuarlardan daha uzun kalma süreleri olduğu görülmektedir. US.EPA'nın Ulusal Ötrofikasyon Anketi sırasında örneklenen göllerden elde edilen veriler (Walker, 1981) ortalama 270 günlük bir teorik hidrolik kalma süresini ortaya koymaktadır. Çok sayıda çalışma, hidrolik kalma süresi ve birincil üretim arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Dickman, 1969; Søballe ve Kimmel, 1987; Ryding ve Rast, 1989; Maceina ve ark., 1996). Alabama rezervuarlarının bir çalışmasında, Maceina ve ark. (1996) hidrolik kalma süresi, ortalama derinlik ve TP'yi klorofil-a konsantrasyonlarının önemli belirleyicileri olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde, Søballe ve Kimmel (1987), hidrolik kalma süresi TP ve alg hücreleri sayıları arasında bir ilişki bulmuştur. Birim fosfor başına alg bolluğu nehirlerden su tutulması ile doğal göllere yükselmiştir, bu da hidrolik kalma süresindeki paralel bir artışı yansıtmaktadır. Ayrıca nehirler, barajlar ve doğal göller benzer hidrolik kalma sürelerine sahipken, birim fosfor başına alg bollukları önemli ölçüde farklılık göstermemiştir (Søballe ve Kimmel, 1987). Hidrolik kalma süresi birincil üreticilerin yoğunluğunu etkilediğinden göller ve rezervuarlar, besin değerlendirme kriterlerinin bir parçası olarak hidrolik kalma süreleri ile sınıflandırılabilir.

Ortalama derinliği 32 metre olan Süreyyabey baraj gölü suyunun tamamı yılda 0.46 kez yenilenmektedir. Hidrolik yenilenme süresi düşük tespit edilmiş olup bu durum yazın baraj gölünü besleyen kaynakların kuruması, sıcaklık artışları ve buharlaşma trofik seviyenin yükselmesine neden olmaktadır. Büyükçapar ve Alp (2006), Kahramanmaraş Menzelet baraj gölünde 0.51 yıllık su yenilenmesi oranını ve Polat (2009) Almus baraj gölünde 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarla karşılaştırıldığında Süreyyabey baraj gölünün yenilenme hızı daha düşük bulunmuştur.

Azot ve fosfor yükünün ekosistem tarafından döngüye sokularak organik maddeye dönüştürülmesi ve ötrofikasyon oluşmaması baraj gölünün morfolojik karakteri ve su

kalış süreleri ile ilişkilidir. Uzun su kalış/yenilenme süresi ve nispeten kararlı durumu nedeniyle, baraj gölleri düzgün bir şekilde karıştırılmış bir su kütlesi olarak görülebilir. TN ve TP'nin su çevresel kapasitesi, Uluslararası Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından önerilen modellerle hesaplanması sonucunda her iki besleyici element derişimi içinde çevresel hazmetme kapasitesi sınır değerlerdedir. Bu nedenle gölde balık yetiştiriciliği ilave bir besleyici element yükü getireceği ve ötrofikasyona neden olabileceği dikkate alınarak çok dikkatli ve detay bir kapasite belirleme ve izleme çalışması yapılmalıdır.

Yapılan tüm çalışmalarda takip edilen metotlar birbiri ile benzerlik gösterse de bölgesel farklılıklar, göl sahaları, göl suyundaki fosfor miktarları, su akımı ve kapasitedeki farklılıklar göz önüne alındığında kaldırma kapasite ile ilgili yapılan tahminler farklılıklar göstermiştir. Kullanılan modellerin tahmin hataları alanı geniştir. OECD (1982) verilerin  $\pm\%20$  hatalı olabileceğini ileri sürerken, Rechow (1983) su kütlesinin üst havza karakteristikleri ve hidrolojik değişkenlerden fosfor konsantrasyonunun tahmininin çoğu zaman  $\pm\%30$  hataya neden olabileceğini bildirmiştir.

Sonuç olarak; ortalama derinliği yaklaşık 32 m ve yüzey alanı 42.3 km<sup>2</sup> olan Süreyyabey Baraj gölü'nde değişik kabul edilebilir fosfor yükü ve yemden yararlanma oranları dikkate alınarak ve başka kaynaklardan gelen fosfor katkıları göz önüne alınmadan, ötrofikasyona yol açmadan kafeslerde yetiştiricilik yapılabilecek alabalık miktarı gölün kaldırma kapasitesi en düşük 0 ton ile en yüksek 13 598 ton olarak bulunmuştur. Ölçülen en düşük fosfor değerleri kapsamında ve Türk mevzuatına uygun olarak kabul edilebilir fosfor derişimi 50 mg/m<sup>3</sup> ve YYO 1.5 kabul edildiğinde 5 000 ton alabalık yetiştirilmesi mümkün gözükmele birlikte trofik durum , gölün yazın yüksek su sıcaklığı ve kışın düşük su sıcaklığı bu üretimi sınırlar durum arz etmektedir. Keza küresel iklim değişimine bağlı yüzey suyu sıcaklıklarındaki artış ve su miktarlarındaki düşme, göl alt havzasındaki ötrofik koşullar ve modellerin  $\%30$ 'lara varan hata payları düşünüldüğünde, birçok araştırmacının önerdiği kabul edilebilir fosfor derişimini 30 mg/m<sup>3</sup> olması da dikkate alınarak; Süreyyabey Baraj gölünün alabalık üretim kapasitesinin 1000 ton ile sınırlandırılması ve sonrasında ise izleme programı geliştirilmesi daha gerçekçi olacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

- Acara, A. ve Coşkun, F., 1989. Su Ürünleri ve Su Ürünleri Sanayi, Devlet Planlama Teşkilatı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Adams, S.M., Hackney, C.T., 1992. Ecological processes in Southeastern United States aquatic ecosystems, Biodiversity of the Southeastern United States, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Aksu, M.,1998. Kıyusal Akuakültür Tesislerinin Çevresel Etkilerini Azaltma Yöntemleri Üzerine Araştırmalar. (Yük.Lisans Tezi ) E.Ü.Fen Bil.Enst. Bornova-İzmir.
- Aksungur, N. ve Kurtoğlu, Z.İ., 2004. Su Ürünlerinde Araştırma ve Geliştirme, Yunus Araştırma Bülteni, 2, 4-6.
- 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 ill. 7 graphs. 4 tables. 15 ref. (Cahiers Options Mediterraneennes; v. 22), Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), 1996/06/24- 26, Mazarron (Spain).
- ANA, 2009. Agência Nacional de Águas . Nota Técnica.009/2009/GEOOUT/SOF-ANA: atualização na metodologia de análise de pedidos de outorga para piscicultura em tanques-rede.
- Anderson, G.D. ve Bishop, R.C., 1985. The Valuation Problem, Natural Resource Economic Policy Problems anRd Contemporary Analysis, Kluwer Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL, 1985.
- Anonim, 2003. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu Bildirimler Kitabı,2003.09.2-5.
- Anonim, 2008. [http://cerit.cumhuriyet.edu.tr/ders/cmg/hafta\\_5/GolKirliligi.pdf](http://cerit.cumhuriyet.edu.tr/ders/cmg/hafta_5/GolKirliligi.pdf).- (15.11.2019)
- Anonim, 2010a. [http://www.aquast.org/uploads/pdf\\_183.pdf](http://www.aquast.org/uploads/pdf_183.pdf) .-(03.06.2019)
- Anonim, 2010b. <https://wikivisually.com/>.- (02.09.2019)
- Anonim, 2015. <http://cevreonline.com/gol-kirliligi/>.- (05.05.2019)
- Anonim, 2016a. Ordu Ticaret Borsası Balıkçılık Sektör Raporu (2016)
- Anonim, 2016b. What is eutrophication? Causes, effects and controls. <http://www.eniscuola.net/en/2016/11/03/what-is-eutrophication-causes-effects-and-control/>.- (12.05.2019).
- Anonim, 2017a. Su Bilimleri Fakültesi Açılış Dersi 22. 09. 2017.
- Anonim, 2017b. Yunus Araştırma Bülteni 2017(1):83-9.
- Anonim, 2018a. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.- (17.04.2019).
- Anonim, 2018b. <https://www.biyolojigunlugu.com/forum/index.php?/topic/1097>.- (25.05.2019)
- Anonim, 2018c. Ötrofikasyon nedenzararlıdır.<http://kaskolektiv.net/2018/07/otrofikasyon/>.- (27.05.2019).
- Anonim,2019.[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/26098/mod\\_resource/content/1/CevreKirliligi\\_Bolum\\_5.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/26098/mod_resource/content/1/CevreKirliligi_Bolum_5.pdf).- (12.06.2019).
- Anonim, 2019. <https://www.gidahatti.com/fosfor-nedir-zararlari-nelerdir-140369/>.- (10.09.2019)
- APHA, 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. American Public Health Association, Washington,DC. 1075 pp.

- Atar, H.H. ve Alçiçek, 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, 81.
- Ayvaz, M., Tenekecioğlu, E. ve Kuru, E., 2011. Determination of Trophic Status of Afsar (Manisa-Turkey) Dam Lake (in Turkish with English abstract). *Ecology*, 20 (81), 37-47.
- Ayekin, B., Yeşilayer, N. ve Buhan, E., 2018. Karakaya Baraj Gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 3(7), 101-110.
- Baker, L.A., 1996. *Lakes and Reservoirs, Water Resources Handbook*. McGraw-Hill, NewYork,NY.
- Başbüyük, M., 1992. Göksu Deltası Su Kirlilik Düzeyi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Adana.
- Beklioğlu, M., İnce, Ö. ve Tüzün, İ., 2003. Restoration of Eutrophic Lake Eymir, Turkey, by Biomanipulation Undertaken Following a Major External Nutrient Control I: *Hydrobiologia*, 489.
- Boyd, C.E., 2014. *Water Quality*. Auburn University, School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences 353p, Auburn, AL, USA.
- Brush, S., 1975. The concept of carrying capacity for systems of shifting cultivation. *American Anthropologist* 77, 799-811.
- BSGM, 2019. Su ürünleri istatistikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Buhan, E., Turan Koçer M.A., Polat F., Mete Doğan H., Dirim, S. ve Turgut Neary E., 2010. Almus Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini. *Ziraat Fak. Dergisi*, 2010, 27(1), 57-65.
- Buyukcapar, H.M. ve Alp, A., 2006. The Carrying Capacity and Suitability of the Menzelet Reservoir (Kahramanmaraş-Turkey) for Trout Culture in Terms of Water Quality. *Journal of Applied Sciences* 6 (13): 2774-2778.
- Cevadzade T., 2007. Sığ Göllerde Ötrofikasyon ve Biyomanipülasyonla Restorasyonu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Biyoloji Bölümü.
- Chapman D., 1992. *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition*.
- Chapman, D.V., 1996. "Water Quality Assessments: A guide to use Biota, Sediments and Water" *Environmental Monitoring*. Second Edition.
- Chorus I. ve Bartram J., 1999. "Toxic Cyanobacteria in Water", A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management; World Health Organization: Geneva, Switzerland.
- Clarke, A.L., 2002. Assessing the carrying capacity of florida keys. *Population and Environment*, 23(4), 405-418.
- Dauvin, J.C., Ruellet T., Desroy N. ve Janson A.L., 2006. "The ecological quality status of the Bay of Seine and the Seine estuary: Use of biotic indices", *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 241-257.
- Dikel, S., 2005. Kafes Balıkçılığı. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fak., 212 s.
- Dillon, P.J. ve Rigler, F.H., 1974. A test of simple nutrient budget model predicting the

- phosphorus concentrations in lake water. *J.Fish.Res.Board.Can.* 31 (14),1771-1778.
- Dodson, S. L., Arnott, S. E. ve Cottingham, K. L., 2000. The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology*, 81, 2662-2679.
- Doğan Sağlamtimur, N., Sağlamtimur, B., 2018. Sucul Ortamlarda Ötrofikasyon Durumu ve Senaryoları. Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(7), 75-82.
- DWAF., (Department of Water Affairs and Forestry) 2002. South African National Water Quality Monitoring Programmes Series National Eutrophication Monitoring Programme.
- De Silva S. S., Anderson, T. A., 1995. Fish Nutrition in Aquaculture Chapman and Hall London, UK.
- EC/WHO, 2002. "Eutrophication and health", Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 28 p.
- İyigün, E. ve Koçbuğ, Z., 2003. Porsuk Baraj Gölü ve Havzasının 2002 Yılına Kadar Olan Su Kalitesi Değerlendirmesi. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirlilik Etkileri ve Çözüm Önerileri Bildirileri, DSİ Genel Müdürlüğü İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 191-207.
- FAO, 1992. Guidelines for the Promotion of Environmental Management of Coastal Aquaculture Development. Rome, (2004, June 24 ).
- FAO, 2018. The State Of World Fisheries and Aquaculture. Meeting the Sustainable Development Goals, Rome, 2018.
- Garner, A.B., 2008. High-Density Grass Carp Stocking Effects on a Reservoir Invasive Plant, Water Quality, and Native Fishes, M. S. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh.
- Gelineau, A., Corraze, G., Boujard, T., Larroquet, L., ve Kaushik, S., 2001. Relation between dietary lipid level and voluntary feed intake, growth, nutrient gain, lipid deposition and hepatic lipogenesis in rainbow trout, *Reprod. Nutr. Dev.* 41, 487–503.
- Gowen, R.J., Karakassis, J. Ve Tett, P., 1997. Cage farming of fish and the marine environment in Cyprus. FAO Mission Report, Rome, FAO.
- Harper, D., 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK.
- Hoşsu, B., Korkut A. Y. ve Fırat, A., 2001. Fish Feeding and Feed Technology 1, E.Ü. Su Ürünleri Fak. Yayınları. No:50, İzmir, 295 s.
- Johnson L.J., Casillas, E., Myers, M.S., Rhodes, L.D., ve Olson, O.P., 1991. Patterns of oocyte development and related in plasma 17-b estra- diol, vitellogenin, and plasma chemistry. English sole *Parophrys vetulus* Girard, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 152, 161-185.
- Kalff, J., 2002. Limnology: Inland Water Ecosystems, Upper Saddle River (NJ), Prentice Hall
- Khan F.A. ve Ansari A.A., 2005. "Eutrophication: An ecological vision", *The Botanical Review*, 71(4), 449–482.
- Kristensen, P. ve Hansen, H. O., 1994. European rivers and lakes, assessment of their environmental state. European Environmental Agency, EEA environmental monographs 1, 122 p.

- Kula, E., 1994. Economics of Natural Resources, the Environment and Policies, Chapman&Hall, London, UK.
- Liu W. ve Qiu R.L., 2007. Water eutrophication in China and the combating strategies, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 82(9), 781–786.
- Nixon, S.W., 1995. “Coastal Marine Eutrophication: A Definition, Social Causes, and Future Concerns”, Ophelia, 41, 199-219.
- Nstc, 2003. An Assessment of Coastal Hypoxia and Eutrophication in U.S. Waters, National Science and Technology Council Committee on Environment and Natural Resources.
- McCool, S.F. ve Lime, D.W. 2001. Tourism Carrying Capacity: Tempting Fantasy or Useful Reality? Journal of Sustainable Tourism 9 (5), 372–88.
- McDaniel, N.K., Sugiura, S.H., Kehler, T., Fletcher, J.W., Coloso, R.M., Weis, P. ve Ferraris, R.P., 2005. Dissolved oxygen and dietary phosphorus modulate utilization and effluent partitioning of phosphorus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture, Environmental Pollution, 138 (2), pp. 350-357.
- 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.
- Morris, G.I., Fan J., 1998. Reservoir Sedimentation Handbook: Design and Management of Dams, Reservoirs, and Watersheds for Sustainable Use , McGraw-Hill, New York, NY.
- Özyalın, S., 2016. Yozgat İli Balık Üretimine Genel Bakış. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 5-7 Mayıs, 2016, Bozok Üniversitesi, Yozgat
- Penczak, T., Galicka, W. and Molinski, E., 1982. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Journal of Applied Ecology 19: 371-393p.
- Pulatsü, S., 2019. Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliği: Çevresel Model Uygulamaları , Ankara University, Faculty of Agriculture.
- Pillay, T. V. M., 2004. Aquaculture and the Environment, Fishing News Boks, Blackwell Oxford, Second Ed. UK, 196 p.
- Polat, F., 2009. Almus Baraj Gölünde Bazı Fizikokimyasal Parametrelerin Coğrafi Bilgi Sistemi İle Değerlendirilmesi ve Gölün Fosfor Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi.(Doktora Tezi), Fırat Üniv. Kimya Anabilim Dalı, Elazığ.
- Rast, W. ve Thornton, J.A., 1996. Trends in Eutrophication Research and Control, Freshwater Programme, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- SKKY, 2005. “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği”. 26.11.2005 tarih ve 26005 sayılı Resmi Gazete, (76/464/AB).
- Schwörbel, J., 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, 269 p, Stuttgart.
- Smith, V.H., 2003. “Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems A Global Problem”, ESPREnvironmental Science and Pollution Research, 10, 126-139.
- Soballe, D.M., Kimmel, B.L., 1987. A large-scale comparison of factors influencing phytoplankton abundance in rivers, lakes and impoundments. Ecology, 68, 1943-1954.

- Søballe, D.M., Kimmel, B.L., Kennedy, R.H., Gaugush, R.F., 1992, Biodiversity of the Southeastern United States: Aquatic Communities, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
- Srinath, T., Verma, T., Ramteke, P.W. ve Garg, S.K., 2002. Chromium (VI) biosorption and bioaccumulation by chromate resistant bacteria. *Chemosphere*, 48(4), 427-435.
- Stickney, R. R., 1994. Principles of Aquaculture, Universtiy of Washington, School of Fisheries, John Wiley&Sons, Inc, New York.
- Sun, G., Sheng, L.X. Feng, J., Lang, Y., Li, Z.X. 1999. Relationship between fishery and eutrophication in Chinese lakes. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 3 (1) pp. 74-78.
- Şahin, T. 2003. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Çevreye Etkisi, Sümae Yunus Araştırma Bülteni, 3(2), 8–10.
- Şen, B. ve Koçer, M.A.T., 2003a. Ekolojik Modelleme ve Su Kalitesi Modelleri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül 2003, 573-581 s., Elazığ.
- Taş, B., 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 1(3), 43-61.
- TÜİK, 2019. Su Ürünleri İstatistikleri, Kültür Balıkları Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1005](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005).- (15.06.2019).
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi 1, Ankara. 364s
- Walmsley, R.D., 2000. Perspectives on Eutrophication of Surface Water: Policy/Research Needs in South Africa. WRC Report No KV129/00. Water Research Commission, Pretoria, South Africa, 60 p.
- Wetzel, R.G. ve Likens, G.E., 1991. *Limnological Analysis*. 2nd Edition, 391p. Springer, New York, USA.
- Whittaker, D., Shelby, B., Manning, R., Cole, D., ve Haas, G., 2010. Capacity Reconsidered: Finding Consensus and Clarifying Differences. National Association of Recreation Resource Planners, Marienville, Pennsylvania.
- Vollenweider, R.A., 1968. Scientific Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular refer nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. OECD Technical Report (DA5/SU/68.27), 250 p.
- Vollenweider, R.A., 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33(53)-83p.
- Vollenweider, R.A. and J.J. Kerekes. 1982. Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. 156 p.
- Yazıcıoğlu, N., 2015. Su Ürünleri Sektörüne Genel Bakış, Tüketici Davranışları ve Su Ürünlerinin Sağlık Açısından Faydaları, Gediz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü ( Yüksek Lisans Tezi), İzmir.
- Yerli, S.V., Gündüz, E. ve Akbulut, A., 1997. Trophic Status of Sultan Marshes, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 6, 97-102.
- Yıldırım Ö. ve Korkut A.Y., 2004. Su Ürünleri Yemlerinin Çevreye Etkisi E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21(1-2), 167–172.
- Zhou, H.D., Jiang, C.L., Zhu, L.Q., Wang, X.W., Hu, X.Q., Cheng, J.Y. ve Xie, M.H., Impact of pond and fence aquaculture on reservoir environment. *Water Sci. Eng.* 2011, 4, 92–100.

## 7. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : EMRE KESKİN  
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.04.1985- KDZ. Ereğli  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
Telefon : 0(505) 262 02 71  
e-mail : emrek3skin@hotmail.com

### Eğitim Durumu

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2020
Lisans	Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fak.	2012
Lise	Kdz. Ereğli Anadolu Lisesi	2003