



**Alınış tarihi (Received):** 05.10.2018  
**Kabul tarihi (Accepted):** 20.11.2018

**Baş editor/Editors-in-Chief:** **Ebubekir ALTUNTAŞ**  
**Alan editörü/Area Editor:** **Arda YILDIRIM/Bülent TURAN**

## **Karakaya Baraj Gölü (Malatya) Ağ Kafes Sistemlerinde Alabalık Yetiştiriciliği İçin Taşıma Kapasitesinin Tahmini**

**Bülent AYEKİN<sup>1</sup>, Nihat YEŞİLAYER<sup>2\*</sup>, Ekrem BUHAN<sup>2</sup>**

*1 Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü*

*2 Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Tokat*

*\*Sorumlu Yazar: e-posta: [nihatyesilayer@gmail.com](mailto:nihatyesilayer@gmail.com)*

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, entansif olarak ağ kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştirilen çiftliklerin bulunduğu Malatya'nın Karakaya Baraj Gölü'nün taşıma kapasitesini tahmin etmektir. Karakaya Baraj Gölü'nün su kalitesi bir yıl boyunca gözlemlenmiş ve elde edilen sonuçlar dikkate alınarak alabalık kültürü ve göl taşıma kapasitesi üzerine bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırma, Malatya ili Fırat Nehri'nde yer alan Karakaya Baraj Gölü'nde gerçekleştirildi. 268 km<sup>2</sup> toplam yüzey alanı, maksimum 36 m derinliğe sahiptir. Vollenweider (1968) tarafından bir su gövdesinde toplam fosfor konsantrasyonu için geliştirilen orijinal model, taşıma kapasitesini tahmin etmek için kullanıldı ve taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi için Dillon ve Rigler'in fosfor bütçesi modeli de bu çalışmada kullanılmıştır. Doğrudan rezervuara çıkan fosfor miktarı yaz döneminde (Temmuz) en yüksek konsantrasyonda fosfat olduğu tahmin edilen 43 000 tondur. Bununla birlikte, çevresel hassasiyetler dikkate alındığında bu değerin aşılmaması gerektiği saptanmıştır. Karakaya Baraj Gölü'ndeki kafeslerde yetiştirilebilecek alabalık miktarı yılda yaklaşık 55 000-80 000 ton olarak hesaplanmıştır. Dillon-Rigler fosfor bütçesi modeline dayanan tahmini taşıma kapasitesi sadece temmuz ayında 43 000 tondur. Bu sonuç, mevcut balık üretim seviyesinden daha yüksektir. Alt havzalarda ötrofik su ekosistemleri göz önüne alındığında, kapasite 10.000 tonu aştığında ötrofikasyon izleme programları oluşturulmalıdır. Bu hesaplanan değer, Karakaya Baraj Gölü için olası bir ekolojik sürdürülebilir su ürünleri yetiştirme üretim seviyesinin bir göstergesi olarak kullanılabilir bir taban çizgisi olarak alınabilir.

**Anahtar Kelimeler-** *Gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss), Fosfor yükü, Dillon-Rigler*

## **The Estimation of the Carrying Capacity of Karakaya Dam Lake (Malatya/Turkey) for the Intensive Rainbow Trout Culture in Cage System**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to estimate the carrying capacity of Karakaya Dam Lake, Diyarbakır, where cage farms for the intensive culture of rainbow trout are located. The water quality of Karakaya Dam Lake was observed during one year period, and some evaluations have been done on trout culture and carrying capacity of the lake by considering the obtained results. The study was carried out Karakaya Dam Lake located in Fırat River in Malatya province. It has a total surface area of 268 km<sup>2</sup>, with a maximum depth of 36 m. The original model developed by Vollenweider (1968) on the total phosphorus concentration in a water body was used for estimating carrying capacity, and Dillon and Rigler's phosphorus budget model for the assessment of carrying capacity was also used in this study. The amount of phosphorous that went directly to the reservoir were 43 000 tons during summer period (July) which was estimated highest concentration of phosphate. However, it has been determined that this value should not be exceeded when environmental sensitivities are taken into consideration. The amount of trout that can be cultivated in the cages at Karakaya Dam Lake was calculated approximately 55000-80000 tons per year. The estimated carrying capacity based on the Dillon-Rigler phosphorus budget model is 43000 tons only in July. This result is higher than the present fish production level. When eutrophic aquatic ecosystems in lower basins are taken into account, eutrophication monitoring programs should be established if the capacity exceeds 10 000 tons. This calculated value can be taken as a baseline that can be used as an indicator of a possible ecologically sustainable aquaculture production level for Karakaya Dam Lake.

**Keywords** –*Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss), Phosphorus load, Dillon-Rigler*

## 1. Giriş

Türkiye, sahip olduğu su ürünleri yetiştiriciliği potansiyeli ile üretim noktasında önemli olanaklara sahiptir. Türkiye’de 2017 yılında 630 820 ton su ürünleri üretimi bir önceki yıla göre % 6.67 lik artış sağlamıştır. Yetiştiricilik üretimi ise 276.502 tonu bulmuştur (Anonim, 2018). 2016 yılı içerisinde dünyada su ürünleri üretimi avcılık ve yetiştiricilikle beraber 171 milyon ton olmuştur. Bu miktarın 80.07 milyon tonu insan eliyle yapılan yetiştiricilikten sağlanmıştır (FAO, 2017). Yani dünya su ürünleri üretiminin yaklaşık % 0.32 gibi oldukça düşük bir kısmı Türkiye tarafından karşılanmaktadır.

Türkiye de 2017 yılı rakamlarına göre sadece iç sularda kurulan su ürünleri tesis sayısı toplam 1881 adet ve toplam proje kapasitesi ise 233.419 tondur. Proje kapasitesi 100 tondan büyük tesis sayısı 421 adet ve büyük çoğunluğu baraj göllerinde olmak proje üretim miktarı 202.462 ton ile % 90 lık iç su üretimini kapsamaktadır. 2017 yılında gerçekleşen balık üretim miktarı çoğunluğu baraj göllerindeki ağ kafeslerde olmak üzere 104.010 ton gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarı toplam proje kapasite kullanımının % 44.56 gibi oldukça düşük miktarına denk bulunmuştur (Anonim, 2018).

Ülkemizde iç sular kafes kültürü için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ancak, su kütlesinin 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.

Karada yapılan hayvan yetiştiricilikleri gibi balık yetiştiriciliğinde de hayvanların beslenmesi sağlanarak büyütülmesidir. Bu üretimdeki genel kaygı, organik atık üretimidir. Balık yetiştirme metotlarının tamamı, balık dışkı ve yenmeyen yemden kaynaklanan atıklar ortama biriktirir (Beveridge, 1984). Balık yetiştiriciliğinin su ortamına etkileri yetiştiricilik metot ve uygulamasına, yemin kalitesine, stok miktarına ve yetiştiricilik yapılan alanın hidrografisine bağlıdır (Wu, 1995). Taşıma kapasitesi; belirli bir sucul ortamda bir maddeye karşı ekosistemin maddenin biriken konsantrasyonuna karşı zararlı bir etkisinin görülmemesini tolare eden bilimsel bir terimdir (FAO,1996). Entansif balık yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerinde ekosisteme yemler vd. kaynaklardan giren fosforun ortamı bozmadan ve ne kadar balık yetiştirilebileceği çeşitli modellerle bize gösterebilir (Beveridge, 1984).

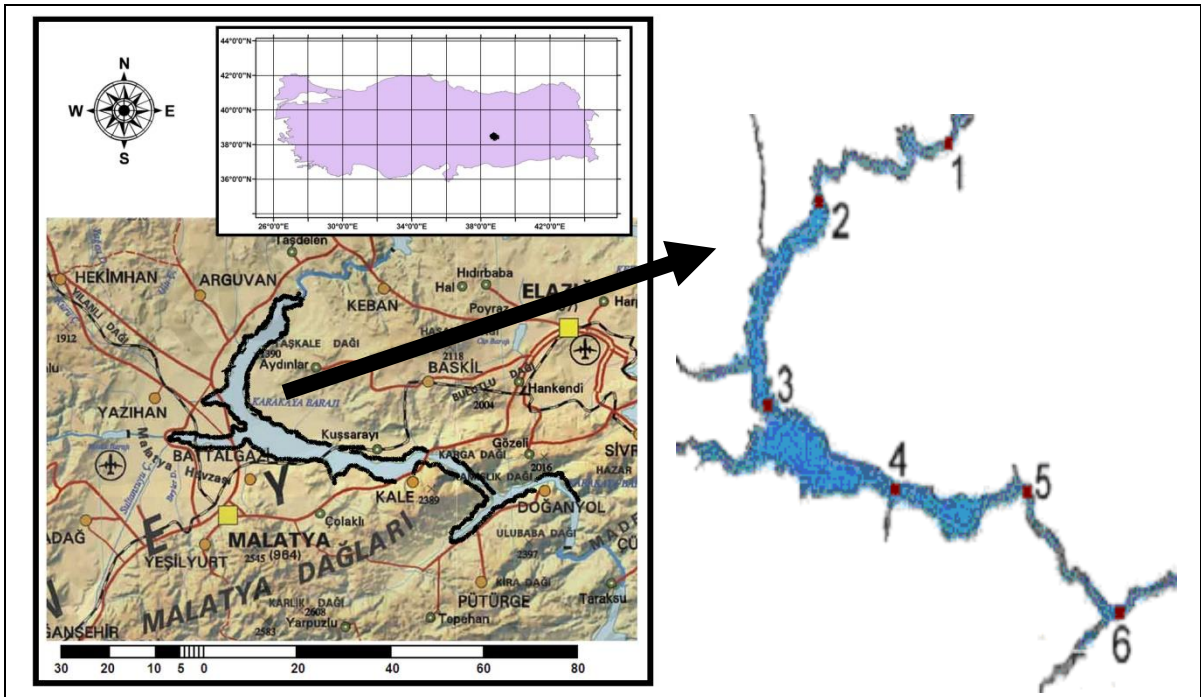
Karakaya Baraj gölü, Atatürk ve Keban Baraj göllerinden sonra ülkemizdeki üçüncü büyük baraj gölüdür. Karakaya Baraj gölü ’nün diğer sektörler tarafından kullanımını dikkate alınarak, kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve uygun alanların tespiti, Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilir gelişimi için bu çalışmayı önemli hale getirmektedir.

Bu çalışmanın amacı, yüzey alanı yaklaşık 268 km<sup>2</sup>, ortalama derinliği 35.75 m, ortalama genişliği 2.3 km ve maksimum genişliği 4 km olan Karakaya Baraj gölünün kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin fosfor yüklenme modeli kullanarak tahmin etmektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Sahası ve Su Kalitesi Ölçümleri

Karakaya Baraj Gölü  $38^{\circ} 8'$  ile  $39^{\circ} 13'$  doğu boylamları,  $38^{\circ} 47'$  ile  $38^{\circ} 8'$  kuzey enlemleri arasında yer alır (Şekil1). Baraj gölünde tespit edilen maksimum derinlik Kömürhan Köprüsü civarında (70 m) tespit edilmiştir. Karakaya Baraj gölünü besleyen ana kaynak olan Fırat Nehri'nin debisi Keban Baraj gölü'nün mansabından sonra işletmeden bırakılan ve dolu savaktan atılan suya göre değişmektedir. Buna göre ocak-aralık arasında Keban Baraj Gölü'nde salınan toplam su miktarı  $20\,278\,582\,458\text{ m}^3$  (ortalama debi  $664\text{ m}^3/\text{sn}$ ) ve Karakaya Baraj Gölü'nde salınan toplam su miktarı  $19\,444\,866\,754\text{ m}^3$  (ortalama debi  $652\text{ m}^3/\text{sn}$ ) olarak kaydedilmiştir. Karakaya Baraj gölünü ana kol olan Fırat nehri dışında, yanlardan Sultansuyu, Tohma çayı ve diğer küçük dere ve çaylar beslemektedir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi ve örnekleme yapılan istasyonlar

Figure 1. Location of the study area and sampling the stations

Baraj Gölü'nde gökkuşağı alabalığı entansif kafes kültürü için taşıma kapasitesinin hesaplanmasında, mevsimlik periyotta baraj gölünün üst ve alt bölgeleri arasında kalan toplam 6 istasyondan su yüzeyi ile 5 m derinlikten alınan örneklerde toplam fosfor analizleri yapılmış, fosfor miktarları yüzey ve 5 m derinlikteki ortalamalara göre hesaplanmıştır. İstasyonların ilki nehir olarak baraj gölüne giren ve sonuncu ise çıkan suyu temsil edecek şekilde seçilmiştir. Baraj gölünde 6 istasyonda yüzey ve 5 m derinlikte; kış sonu, ilkbahar ve yazı temsil edecek şekilde 3 ölçümle toplam fosfor konsantrasyonları tayin edilmiştir.

Su örneklerinin pH, sıcaklık ve özgül iletkenlik değerleri YSI 63 model ölçüm cihazı, çözülmüş oksijen ve doygunluk (%) değerleri YSI 55 model ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür. Su örnekleri istasyonlarda yüzeyden elle daldırma ve 5 m derinlikten Nansen Şişesi ile alınmıştır. APHA (1985)' de verilen; toplam fosfor analizi için filtrelenmemiş örnek önce persülfat digesyon metodu ile yüksek sıcaklıkta ayrıştırılarak ortofosfata

indirgenmiş, ardından ayrıştırılmış örneklerde askorbik asit metodu ile ortofosfat fosforu tayin edilmiştir.

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Modelin Açıklanması

Bir su kütleindeki toplam fosfor konsantrasyonuyla ilgili Vollenweider (1968)'ın orijinal modelini geliştiren Dillon and Rigler (1974), gölün boyutları, su yenilenme süresi, giren fosfor ve sedimentte tutulan fosfor kısmını ilişkilendirerek fosfor yüklenmesi modelini oluşturmuştur:

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

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

Burada;

$L_B$  = Entansif balık kültürü için göl veya baraj göllerinin taşıma kapasitesi ( $\text{mg}/\text{m}^2$  yıl)

$\Delta[P]$  = Kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon  $[P_f]$  ile kafes kültüründen önceki fosfor konsantrasyon  $[P_i]$  arasındaki fark ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$\bar{z}$  = Ortalama derinlik (m)

$\rho$  = Göl suyu yenilenme süresi (1/yıl)

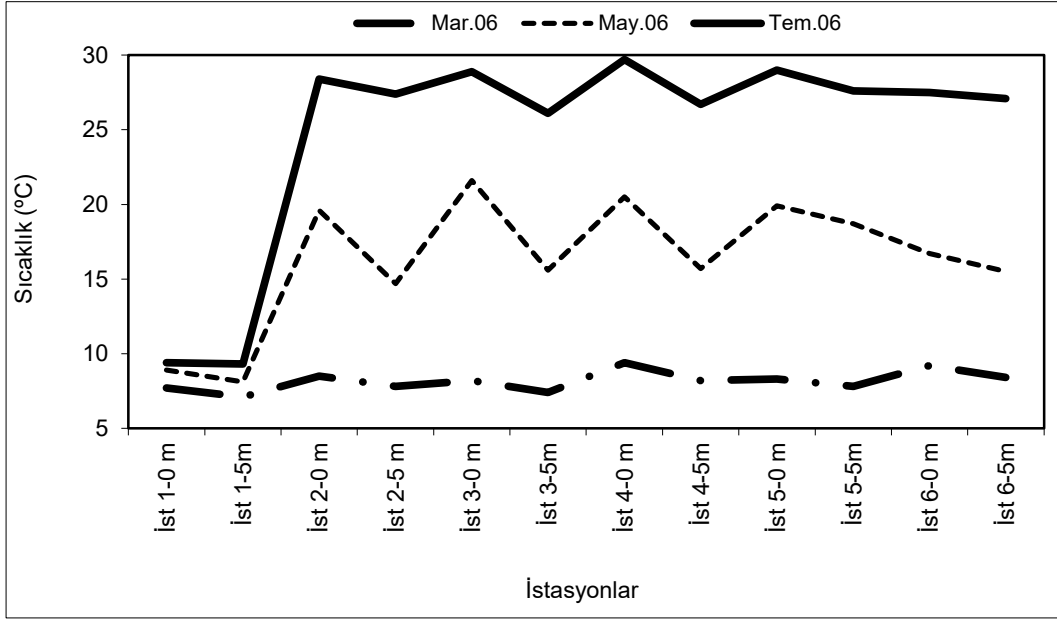
$R_B$  = Entansif balık kültüründen kaynaklanan fosforun sediment tarafından tutulan kısmı

## 3. BULGULAR

### 3.1. Karakaya Baraj Gölü' nün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

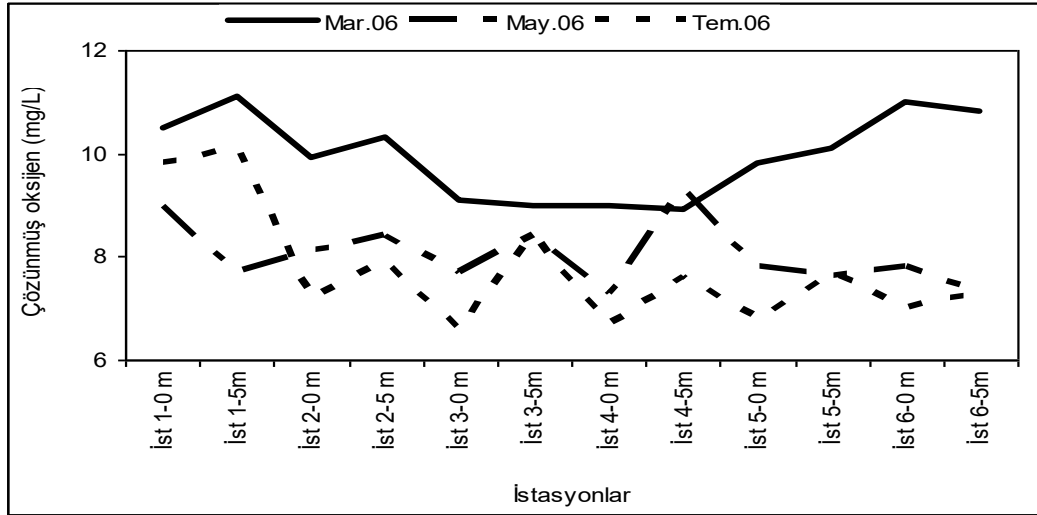
Ölçülen sıcaklık değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir. En düşük sıcaklık mart ayında Keban Baraj Gölü'nün çıkış suyu olan 1. istasyonun 5 m derinliğinde  $7.1^\circ\text{C}$  olarak ve en yüksek sıcaklık temmuz ayında 4. istasyonun yüzey suyunda  $29.7^\circ\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Mayıs ayından itibaren sıcaklığın alabalık için stres oluşturacak derecelere ulaşması, gölde ağ kafesde alabalık yetiştiriciliğini sınırlayacaktır.

Ölçülen çözülmüş oksijen miktarlarının aylara ve istasyonlara göre değişimi Şekil 3'de görüldüğü gibi sıcaklığın daha yüksek olduğu yüzey suyunda, 5 m derinliktekine göre daha düşük çözülmüş oksijen ölçülmüştür. Sıcaklık artışı sonucu çözülmüş oksijen miktarı azalsa da, Baraj gölünde daima yüksek oksijen doygunluğuna ulaşması ve yüksek çözülmüş oksijen değerleri gölün kafes kültüründe kullanımını için önemli bir avantajlar sağlamaktadır.



**Şekil 2.** Sıcaklığın aylara ve istasyonlara göre değişimi

**Figure 2.** Monthly mean temperature changes of the stations

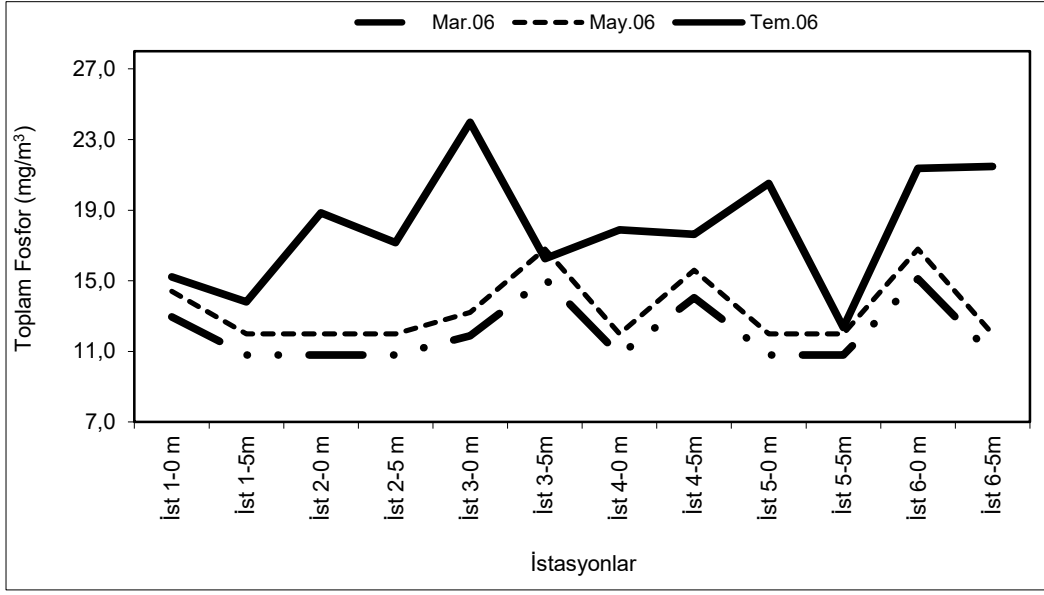


**Şekil 3.** Çözünmüş oksijen miktarının aylara ve istasyonlara göre değişimi

**Figure 3.** Monthly mean dissolved oxygen amounts of the stations change (DO) mg/L

Ölçülen toplam fosfor miktarlarının aylara ve istasyonlara göre değişimi Şekil 4 'de belirtilmiştir. Toplam fosfor mart ayında daha düşük miktarlarda tayin edilirken, temmuz ayında en yüksek değerlerde kaydedilmiştir.

Bu durum göllerde ilkbaharla birlikte aşırı alg üremesi sonucu toplam fosfor artışının, mayısla başladığını ve alg topluluğunun yaz aylarında en yüksek bolluğa ulaştığı tahmin edilmektedir (mart  $12.06 \text{ mg/m}^3$ ; mayıs  $13.4 \text{ mg/m}^3$ ; temmuz  $18.05 \text{ mg/m}^3$ ).



**Şekil 4.** Yüzey ve 5 m derinlikteki sularda toplam fosfor miktarlarının aylara ve istasyonlara göre değişimi

**Figure 4 .** Monthly surface and 5 m depth mean total phosphorus amounts of the stations change

### 3.2. Taşıma Kapasitesinin Hesaplanması

Modelin hesaplanmasında birkaç değişken dikkate alınmış ve farklı koşullarda taşıma kapasitesinin durumu değerlendirilmiştir: Karakaya Baraj gölü ağ kafes sistemlerinde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesi veri tabanı Çizelge 1’de belirtilmiştir.

**a.** Bunların ilki kabul edilebilir fosfor  $[P_f]$  miktarıdır. Dillon ve Rigler (1974),  $[P_f]$  değerini  $60 \text{ mg/m}^3$  olarak belirtmiş olmakla birlikte, benzer ve daha ileri tarihlerde ötrofik göllerin toplam fosfor miktarları genellikle  $30 \text{ mg/m}^3$  olarak kaydedilmektedir. Genel özelliklerine göre ötrofik olarak sınıflandırılan göllerin çoğunluğu  $30 \text{ mg/m}^3$  miktarın üzerinde toplam fosfor içermektedir. Taşıma kapasitesinin hesaplanmasında önerilen  $60 \text{ mg/m}^3$  ( $P_{f1}$ ) miktarın yanı sıra, baraj gölünün ekolojik bütünlüğünün bozulmaması dikkate alınarak, alt sınırının belirlenmesinde  $30 \text{ mg/m}^3$  ( $P_{f2}$ ) olarak kullanılacaktır.

**b.** Yemdeki fosforun partikül olarak sedimente çökme oranı % 45-55 arası bildirilmiştir. Bu nedenle  $R_B$  değeri hesaplanırken fosforun çökme oranı ortalama (% 50) kabul edilerek hesaplanacaktır.

**c.** Diğer önemli değişken kullanılacak yemlerin fosfor içeriğidir. Teknolojik gelişmeler sonucunda yemdeki fosfor miktarı düşük oranlara indirilmiş olmakla birlikte, yemin bir işletmede en önemli gider ve ülkemizde yetiştiricilerin çevreye karşı duyarsızlığı dikkate alınarak, yemin fosfor içeriği % 1.5 kabul edilmiştir.

**d.** Yemden yararlanma oranı (YYO) özellikle akış rejimine bağlı olarak yem kaybının fazla olduğu kafes alanları göz önüne alınarak 1.5 ve 2.0 olarak kabul edilecek ve ayrı ayrı hesaplanacaktır..Su sıcaklığının yazın ve kışın alabalık ekolojik isteklerine uygunluk göstermemesi nedeniyle üretim sezonu uzamakta ve bu durum YYO’nu yükselttiği için bu değerler (1.5- 2.0) üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

**Çizelge 1.** Karakaya baraj gölü ağ kafes sistemlerinde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesi veri tabanı

**Table 1.** Databases of the carrying capacity of Karakaya dam lake for trout culture in net-cage system

Göl alanı (km <sup>2</sup> )	A	268x10 <sup>6</sup>
Göl hacmi (m <sup>3</sup> )	V	9,58x10 <sup>9</sup>
Çıkan su hacmi (m <sup>3</sup> )	Q	19,5x10 <sup>9</sup>
Ortalama derinlik (m)	$\bar{z} = V/A$	35,75
Yenilenme süresi (1/yıl)	$\rho = Q/V$	2,035
Fosfor tutulma katsayısı (R)	$1/(1+0,515 \rho^{0,551})$	0,568
Balıkçılıktan kaynaklanan fosfor tutulma oranı : $R_B = x + [(1 - x) R]$ X=sedimentte çökelen fosfor oranı =0,50 (0,45-0,55)		0,785
$P_{\text{çevre}} = P_{\text{yem}} - P_{\text{balık}}$	YYO:1.5 için (15,0-4,8)=	17.7 kg P/ton alabalık*
	YYO:2.0 için (30,0-4,8)=	25.2 kg P/ton alabalık*
Fosfor yüklenmesi (mg/m <sup>3</sup> ) * $\Delta[P]^* = [P_f] - [P_i]**$	$\Delta[P_1]$ ( $P_f = 30 \text{ mg/m}^3$ ) için	30-14,5=15,5
	$\Delta[P_2]$ ( $P_f = 60 \text{ mg/m}^3$ ) için	60-14,5=45,5
Taşıma Kapasitesi $L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$	$P_f = 60 \text{ mg/m}^3$	$P_f = 30 \text{ mg/m}^3$
YYO:1.5	233 000	79 000 ton
YYO:2.0	163 000	55 000 ton
En düşük (Temmuz ayı)		<b>43 000 ton</b>

\*ılıman bölge gölleri için kabul edilebilir fosfor konsantrasyonunu  $[P_f]$  30 ile  $60 \text{ mg/m}^3$  arasında kabul edilmiştir.

\*\*gölün ortalama toplam fosfor miktarı  $14,5 \text{ mg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır

\*\*\*ticari pelet alabalık yemlerinin fosfor içeriği yaklaşık % 1,5 ( $P_{\text{yem}}$ ) ve alabalık dokularının fosfor içeriği (kuru ağırlığı için) % 0.48 ( $P_{\text{balık}}$ ) kabul edilerek, 1 ton alabalık üretimiyle çevreye salınan fosfor miktarı olarak kabul edilmiştir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Karakaya Baraj Gölü yaklaşık 32 m ortalama derinliği ve 268 km<sup>2</sup> yüzey alanı ile kafeslerde alabalık yetiştiriciliği yapmak isteyen yatırımcıların dikkatini çekmiş ve Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğünden alınan bilgiye göre; yüzey alanı sınırlaması temelli öngörülen toplam proje kapasitesi dolmuştur. Ancak yüzey alanı dikkate alınarak belirlenen kapasite sağlıklı olmayıp, ötrofikasyon parametreleri dikkate alınarak çevresel kapasiteyi gözetten modellerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada bu ihtiyaca cevap verebilecek ve yaygın olarak kullanılan; bir su kütlesindeki toplam fosfor konsantrasyonuyla ilgili Vollenweider (1968)'in orijinal modelini geliştiren Dillon and Rigler (1974)'in gölün boyutları, su yenilenme süresi, giren fosfor ve sedimentte tutulan fosfor kısmını ilişkilendirerek fosfor yüklenmesine dayalı model kullanılmıştır. Bu nedenle alabalık yetiştiriciliğinde ön plana çıkan çözünmüş oksijen ve sıcaklık parametrelerinin yanında; çevresel kapasite içinde fosfor konsantrasyonu ön plana çıkmaktadır.

Karakaya Baraj Gölü ölçülen sıcaklık değerlerinin aylara ve istasyonlara göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir. En düşük sıcaklık mart ayında 7.1 °C olarak ve en yüksek sıcaklık Temmuz 29.7 °C olarak ölçülmüştür. Mayıs ayından itibaren Karakaya Baraj Gölü su sıcaklığı alabalık için stres oluşturacak derecelere ulaşmaktadır. Bu durum gölde ağ kafesde alabalık yetiştiriciliğini sınırlayacaktır. Buna karşılık baraj gölünde ölçülen çözünmüş oksijen miktarları alabalık kültürü için uygun bir durum sergilemektedir (Şekil

2; Şekil 3). Sıcaklık artışı sonucu çözünmüş oksijen miktarı azalsa da, daima yüksek oksijen doygunluğunun mevcut olması; Karakaya Baraj Gölünün kafes kültüründe kullanımını için önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Dillon and Rigler (1974) kabul edilebilir fosfor yükünü  $60 \text{ mg/m}^3$  olarak bildirmişse de, Carlson ve Simpson (1996); ANA (2009), Brasil (2005) ise toplam fosfor miktarı için ötrofikasyon sınırı  $30 \text{ mg/m}^3$  olarak bildirmiştir (Şekil 4). Bu durum, göllerin taşıma kapasitesinin hesaplanmasında  $30 \text{ mg/m}^3$  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

Karakaya Baraj Gölü'nün gökkuşağı alabalığı entansif kafes kültürü için taşıma kapasitesi, kabul edilebilir fosfor yüklenmesi  $60 \text{ mg/m}^3$  kabul edildiğinde  $13.7 \text{ kg P/m}^2\text{-yıl}$  ve kabul edilebilir fosfor yüklenmesi  $30 \text{ mg/m}^3$  kabul edildiğinde  $4.7 \text{ kg P/m}^2\text{-yıl}$  olarak hesaplanmıştır. Buna göre, ortalama derinliği yaklaşık 32 m ve yüzey alanı  $298 \text{ km}^2$  olan Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştirilebilecek balık miktarı ( $P_{fi}$   $60 \text{ mg/m}^3$ ), yemden yararlanma oranı 1.5 için  $232 \times 10^3 \text{ ton/yıl}$  ve yemden yararlanma oranı 2.0 için  $163 \times 10^3 \text{ ton/yıl}$  olarak hesaplanmıştır. Kabul edilebilir fosfor yüklenmesi ( $P_{fi}$ )  $30 \text{ mg/m}^3$  kabul edildiğinde, Karakaya Baraj Gölü'nde yetiştirilebilecek balık miktarı, yemden yararlanma oranı 1.5 için  $79.0 \times 10^3 \text{ ton/yıl}$  ve yemden yararlanma oranı 2.0 için  $55.5 \times 10^3 \text{ ton/yıl}$  olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Ancak çevresel hassasiyetler dikkate alındığında Karakaya Baraj Gölü fosfor konsantrasyonunun en yüksek olduğu temmuz ayı için hesaplanan kaldırma kapasitesi 43 000 ton olarak hesaplandığından; bu değer üzerinde çıkılmamalıdır.

Pulatsü (2002); yüzey alanı  $6.5 \text{ km}^2$ , hacmi  $95.0 \text{ hm}^3$ , ortalama derinliği 14.6 m olan Kesikköprü Baraj Gölü için taşıma kapasitesinin tahmininde Beveridge (1984) tarafında geliştirilen fosfor bütçe modelini uygulamıştır. Bu çalışmada Nisan 2000'de su örneklerinin ortalama fosfor miktarı  $53.1 \text{ mg/m}^3$  olarak tayin edilmiştir. Dillon ve Rigler (1974) tarafından ılıman bölge gölleri için kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyonuna ( $60 \text{ mg/m}^3$ ) dayanarak, göle yüklenebilecek maksimum fosfor miktarını  $6.9 \text{ mg/m}^3$  ve kafes kültüründen kaynaklanan yüklenmenin  $5.87 \text{ g/m}^2\text{/yıl}$  olarak; taşıma kapasitesini de  $3335 \text{ ton/yıl}$  olarak hesaplamıştır.

Diğer bir çalışmada Verap ve ark. (2003) ise Uzungöl'ün genel hidrografik özellikleri ve taşıma kapasitesi üzerine yaptıkları çalışmada; üç istasyonda toplam fosfor (sırasıyla 34.8; 43.2;  $82.6 \text{ mg/m}^3$ ) miktarlarını tayin etmişlerdir. Dillon ve Rigler (1974)'in ılıman bölge gölleri için önerdiği fosfor konsantrasyonuna dayanarak, göle yüklenebilecek maksimum fosfor miktarının  $16.8 \text{ mg/m}^3$  olabileceğini, kafes kültüründen kaynaklanan yüklenmenin  $47.043 \text{ g/m}^2\text{/yıl}$  olarak olduğunu ve göle giriş suyuna göre Uzungöl'ün taşıma kapasitesinin 1.5 ve 2.0 yem değerlendirme oranına göre 930 ton/yıl ile 503 ton arasında olacağını hesaplamışlardır. Her iki çalışmada kullanılan yöntemlerle aynı olmakla birlikte yüzey alanı ve giren su kapasitesi göz önüne alınarak Karakaya Baraj Gölünün her iki su kaynağından da yaklaşık otuz kat olan büyüklüğü dikkate alındığında elde edilen kaldırma kapasiteleri arasında da benzer durumlardan söz edilebilir. Ayrıca söz konusu iki çalışmaya göre bu çalışmadaki fosfor ölçümleri daha fazla istasyondan sağlanmış olması ve daha uzun zamanlı örnekleme durumu dikkate alındığında ortamdaki fosforun karakterize edildiğini ortaya koymaktadır. Kullanılan modelde tüm yıla ait fosfor değerlerinin olmaması halinde ilkbahar ve sonbahar verilerinin yeterli olabileceği belirtilmiş olmasına rağmen, bu çalışmada kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerine ait ortalamalardan yararlanılmıştır. Baraj gölleri için ilkbahar fosfor verisi ile sonbahar fosfor verisi arasında yakınlıklar



olacağı yaklaşımı ile çevresel duyarlılıkta göz önüne alınarak fosforun en yüksek olduğu yaz değerleri üzerinden de tahminlerde bulunulmuştur.

2018 yılında bakanlık tarafından bildirilen 2017 yılı su ürünleri yetiştiricilik istatistiklerine göre iç sularda yetiştiricilik yoluyla elde edilen alabalık miktarı yaklaşık 103 705 ton olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2018). Kabul edilebilir sınırlarda fosfor yüklenmesiyle sadece Karakaya Baraj Gölü'nden ülkemizdeki yetiştiricilik yolu ile elde edilen toplam iç su balıkları miktarının % 40 lık kısmın dan daha fazla miktarda ürün elde etmek mümkün görünmektedir. Bununla birlikte, başta tarımsal, kentsel ve endüstriyel olmak üzere yaygın ve noktasal kaynakların katkısı belirlenerek, göllerde kafes kültürü için taşıma kapasitesinin tahmininde sektörler arası bütünleşik planlamalar dikkate alındığında; tahmin edilen kaldırma kapasiteleri yaklaşık on kat daha düşecektir. Ayrıca, Karakaya Baraj Gölü alt havzasında ötrofik duruma giden Atatürk Baraj Gölünün bulunması, ağ kafes yerleşimi için Karakaya Baraj Gölü'nde uygun alanların sınırlı olması, bu çalışma elde edilen Karakaya Baraj Gölü'nde kafeslerde alabalık yetiştiriciliği tahmin kapasitesine (55-80 bin ton/yıl) ulaşılmasını zorlaştırmaktadır.

Sonuç olarak; kabul edilebilir fosfor yükü  $30 \text{ mg/m}^3$ , yemdeki fosfor içeriği % 1.5, yemden yararlanma oranı (YYO) 1.5-2.0 arasında kabul edilerek ortalama derinliği 35.75 m ve yüzey alanı  $268 \text{ km}^2$  olan Karakaya Baraj Gölü'nde kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için kaldırma kapasitesi en düşük 50 bin ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Ancak çevresel kaygılar ve modellerin hata payları dikkate alınarak fosfor konsantrasyonunun en yüksek olduğu temmuz ayı için hesaplanan 43 bin tonluk kaldırma kapasitesi çevresel açıdan daha anlamlı olacaktır. Ayrıca alt havzadaki baraj göllerinin ötrofik durumlarında göz önüne alınarak; 10 bin ton kapasiteye ulaşılmasını takiben ötrofikasyon izleme programları oluşturulmalıdır.

## Kaynaklar

- ANA, 2009. Agência Nacional de Águas . **Nota Técnica.009/2009/GEOUT/SOF-ANA**: atualização na metodologia de análise de pedidos de outorga para piscicultura em tanques-rede. Brasília, 2009. 3p.
- Anonim, 2016. (<http://www.denizhaber.com.tr/kisi-basina-balik-tuketimi-dunyada-15-turkiyede-5-kilo-haber-68264.htm>.)
- Anonim, 2018.Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Ürünleri İstatistikleri, 2018, (<http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>)
- APHA, 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Treatment, 12th Ed. American Public Health Association, New York.
- Beveridge, M.C.M., 1984. Cage and pen fish farming, carrying capacity models and environmental impact. FAO Fisheries Technical Paper 255, Rome, 131p.
- BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.
- Carlson, R.E. and J. Simpson. 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. American Lake Management Society. 96 pp. North American Lake Management Society. 96 pp.
- Dillon, P.J. and 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 pp.
- FAO, 1996. Monitoring the ecological effects of coastal aquaculture wastes. IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAAEM/UN/UNEP. GESAMP. Reports and studies No.57.
- FAO, 2017. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and agriculture organization of the united nations , pp. 223, 2017, Rome.
- OECD, 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control, 154 p, Paris
- Pulatsü, S., 2002. The Application of a Phosphorus Budget Model Estimating the Carrying Capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinerian and Animal Science*, 27: 1127-1130 pp.
- Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E. ve Okumuş, İ., 2003. Uzungöl'ün Genel Hidrografik Özellikleri ve Taşıma Kapasitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. TÜDAV, 148-157 s., Ankara.

- 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.
- Wu, R.S., 1995. The Environmental Impact of Marine Fish Culture: Towards a Sustainable Future. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 31, No:4-12, 159-16 pp.