

Özlüce Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini

Mehmet KÜÇÜKYILMAZ^{1*}, Mehmet Ali Turan KOÇER², Gürel Nedim ÖRNEKÇİ³,
Gökhan KARAKAYA⁴, Ali Atilla USLU⁵, Gülden ARISOY⁶, Kenan ALPASLAN⁷,
İbrahim TÜRKGÜLÜ⁸, Nurten ÖZBEY⁹

^{1,3,4,5,6,7,8,9}Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

²Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye

Sorumlu yazar*: mehmet.kucukyilmaz@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi: 16.03.2021, Kabul Tarihi: 10.12.2021

To Cite: Küçükyılmaz, M., Koçer, M.A., Örnekcı, G.N., Karakaya, G., Uslu, A. A., Arısoy, G., Alpaslan, K., Türkgülü, İ., Özbey, N. (2021). Özlüce Baraj Gölü Su Kalitesinin Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi ve Taşıma Kapasitesinin Tahmini. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research, 4(1):15-31.

Özet

Bu çalışma, Elazığ ve Bingöl il sınırları içerisinde bulunan Özlüce Baraj Gölü'nün alabalık yetiştiriciliğine uygunluğunun ve taşıma kapasitesinin ortaya çıkarılması için yapılmıştır. Baraj gölünde yapılan çalışma Ocak ve Haziran 2015 ayları arasında yapılmıştır. Bu tarihler arasında Özlüce Baraj Gölü'nde belirlenen toplam 5 istasyonda yüzey suyundan aylık örnekleme ve anlık ölçümler yapılmıştır. İlave olarak seçilmiş bir istasyondan (İstasyon 4) farklı derinliklerde vertikal örnekleme ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçları dikkate alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği ve taşıma kapasitesi hakkında bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Baraj gölünün yüzeyinde yapılan çalışmalarda; su sıcaklığının 5.6 (Şubat)-19.4 (Haziran) °C, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 9.2-12.1 mg/L, pH değerinin 7.6-8.7, nitrit konsantrasyonunun 0.0002 mg/L-0.0736 mg/L ve nitrat konsantrasyonunun 0.04 mg/L 2.33 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir. İstasyon 4'te su kolonunda yapılan çalışmalarda; su sıcaklığının 3.3-18.9°C, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 4.0 mg/L-11.4 mg/L, pH değerinin 7.4-8.6, nitrit konsantrasyonunun TLA (Tespit Edilen Limitin Altında)- 0.2389 mg/L ve nitrat konsantrasyonunun TLA- 2.29 mg/L

arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca seki diski derinliğinin gölde 1-5 m arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Elde edilen veriler dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre belirlenen kurallara uyulması koşuluyla, Özlüce Baraj Gölü periyodik alabalık yetiştiriciliği için uygun bulunmuştur. Fosfor yüküne dayanarak hesaplanan tasıma kapasitesine göre de gölde yaklaşık 21.500 ton/yıl alabalık yetiştiriciliği yapılabileceği öngörölmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alabalık, Özlüce baraj gölü, su kalitesi, taşıma kapasitesi

Evaluation of Water Quality of Özlüce Dam Lake in Terms of Trout Cultivation and Carrying Capacity Estimation

Abstract

This study was carried out to reveal the suitability and carrying capacity of the Özlüce Dam Lake, located within the provincial borders of Elazığ and Bingöl, for trout farming. The study on the dam lake was planned between January and December 2015 however, it could be done between January and June 2015. Between these dates, surface water samples were taken monthly and instant measurements were made at a total of 5 stations determined in Özlüce Dam Lake. Different depths of measurement and sampling were performed in Station 4. According to the results, evaluations were made on trout production and carrying capacity in dam lake. It was determined that the temperature values of water quality parameters ranged from 5.6 (February) to 19.4 (June) °C in surface water, and between 3.3 to 18.9 °C in water column at fourth station, the dissolved oxygen concentration of 9.2 to 12.1 mg/l in surface water, 4 mg/l to 11.4 mg/l in water column at fourth station, the pH values of 7.6 to 8.7 in surface water, 7.4 to 8.6 in water column at fourth station, nitrite concentration of 0.0002 mg/l to 0.0736 mg/l in surface water, UUL (Under Undetectable Level) to 0.2389 mg/l in water column at the fourth station, nitrate concentration of 0.04 mg/l to 2.33 mg/l in surface water, UUL to 2.29 mg/l in water column at fourth station and the secchi disc depth 1m to 5m. When the specified rules are followed, Özlüce Dam Lake was found suitable for periodical trout farming and according to the phosphorus based transport capacity, it is estimated that the trout can be grown in the lake around 21.500 tons/year.

Keywords: Trout, Özlüce dam lake, water quality, carrying capacity

1. Giriş

Nüfus artışının yanı sıra bilinçli beslenmenin yaygınlaşması paralelinde ihtiyaç duyulan hayvansal protein ihtiyacı için mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılması

gerekmektedir. Bu nedenle yüzey su kaynaklarımızdan balık yetiştiriciliği yapılmaya uygun olanlarının maksimum kapasite ile değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Dünyada deniz ve iç su avcılığı toplam üretimi son yıllarda 90 milyon ton seviyelerinde, nispeten sabit bir seviyede seyretmekte; buna karşın su ürünleri yetiştiricilik üretimi sürekli olarak artmaktadır. Dünya su ürünleri üretimi 2017 yılında 172.7 milyon ton olarak gerçekleşmiş; bu üretimin 92.5 milyon tonu (%53.6) avcılıktan, 80.1 milyon tonu (%46.4) yetiştiricilikten elde edilmiştir (FAO, 2019). Ancak göl, gölet ve baraj gölleri gibi kaynakların devamlılığı ve sürdürülebilir balık yetiştiriciliği açısından bu ekosistemlerde zamanla meydana gelebilecek değişimlerin izlenmesi ve kaynakların yönetimi son derece önemlidir (Tekinay ve ark., 2006). Bir iç su kaynağının taşıma kapasitesini belirlemek ve kurulacak olan balık üretim tesislerinin etkisini önceden tahmin etmek, kaynağın sürdürülebilir yönetimi ve ötrofikasyon kontrolü için gereklidir (Pulatsu, 2003; Ayekin ve ark., 2018).

Özlüce Barajı için Bingöl ve Elazığ Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'ne kafes balıkçılığı için çeşitli müracaatların olduğu bilinmektedir. Bu çalışma ile su ürünleri yetiştiriciliği yapılması planlanan Özlüce Baraj Gölü'nün fosfor yüküne dayalı taşıma kapasitesinin belirlenmesi ve sürdürülebilirlik ilkesi çerçevesinde baraj gölünde yapılması düşünülen yetiştiricilik faaliyetlerinin planlanması için gerekli verilerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal Metot

2.1. Araştırma Alanını Tanımı

Özlüce Barajı, Elazığ ve Bingöl illerinin sınırları içinde Peri Çayı üzerinde inşa edilmiştir. Barajın göl hacmi 1.120 hm³ ve yüzey alanı 26,52 km² dir (DSİ, 2015).

Özlüce Baraj Gölü'nde 2015 Ocak ayında başlayan projede 12 ay süresince su örneklenmesi planlanmasına rağmen güvenlik nedenlerinden dolayı sadece 2015 yılının ilk 6 ayında (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran) arazi çalışması yapılabilmektedir. Örnekler gölde seçilen 5 istasyondan, 10m.-55m. Derinlikler arasında olmak üzere Ocak-Haziran ayları arasında toplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Özlüce Baraj Gölü ve örnekleme istasyonlarının uydu görüntüleri

2.2. Su Örneklerinin Alınması ve Analiz Metotları

Özlüce Baraj Gölü üzerinde belirlenen tüm istasyonlarda yüzeyden ölçüm ve örnekleme yapılmıştır. Buna ilave olarak su kolonundaki değişimlerin belirlenmesi için gölün en derin bölgesi olarak tespit edilen 4. istasyonda vertikal ölçüm ve örnekleme (2, 5, 7, 10, 20 ve 55 metre) yapılmıştır. Örnekleme çalışmanın devam ettiği süre içinde aylık olarak alınmıştır.

Tüm istasyonlarda yüzeyden alınan su örneklerinin toplanmasında elle daldırma metodu kullanılmıştır. Farklı derinliklerdeki örnekler ise Nansen Şişesi ile toplanmıştır.

Sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH ve elektriksel iletkenlik arazide ölçülmüş (YSI Professional Plus), ışık geçirgenliği seki diski ile belirlenmiştir. Numuneler 2 L hacimli poli-propilen örnek şişelerine doldurulmuş, etiketlenmiş ve soğutucu taşıma çantası ile laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda filtre edilmemiş su örneklerinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), toplam azot, toplam fosfor miktarları spektrofotometrik yöntemle (Nova 60 Spektrometre); biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI), 5 günlük karbonlu inkübasyon sonunda oksijen tüketiminin belirlenmesi yöntemiyle; klorofil-a, fluorometrik yöntemle; toplam sertlik ve toplam alkalinite titrimetrik yöntemle; anyonlar (Florür, Klorür, Nitrit, Bromür, Nitrat, Fosfat, Sülfat) ve

katyonlar (Lityum, Sodyum, Amonyum, Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum) ise iyon kromatografisi yöntemi ile (Dionex ICS-1000) analiz edilmiştir (APHA, 1995; ISO, 1986).

Tablo 1. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (2016) göre trofik durum sınıflandırması indeksi

Trofik seviye	Toplam P ($\mu\text{g/L}$)	Toplam N ($\mu\text{g/L}$)	Klorofil <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	Secchi Disk Derinliği (m)	Çözünmüş Oksijen (mg/L)
Oligotrofik	< 10	< 350	< 3.5	> 4	>7
Mezotrofik	30 / 50*	650 / 1000*	9 / 15*	2 / 1.5*	6- / 4*
Ötrofik	100	1500	25	1	3
Hipertrofik	> 100	> 1500	> 25.0	< 1	<3

*Gölet veya Baraj göllerinde geçerlidir.

Tablo 2. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre (2016) Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	< 400	1000	3000	> 3000
Çözünmüş oksijen (mg O_2/L)	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	20	> 20
Amonyum azotu (mg $\text{NH}_4^+-\text{N/L}$) ^(c)	< 0.2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg $\text{NO}_3^--\text{N/L}$)	< 3	10	20	> 20
Toplam azot (mg/NL)	< 3.5	11.5	25	> 25
Ortofosfat fosforu (mg o- $\text{PO}_4^{3-}\text{P/L}$)	<0.05	0.16	0.65	>0.65
Nitrit azotu (mg $\text{NO}_2^--\text{N/L}$)	< 0.01	0.06	0.12	> 0,3
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	< 0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0.08	0.2	0.8	> 0.8
Florür ($\mu\text{g/L}$)	\leq 1000	1500	2000	>2000

2.3. Veri Değerlendirme

Çalışmada elde edilen fiziko-kimyasal değişkenler öncelikle Shapiro-Wilk W testiyle test edilerek dağılımın normal olup olmadığı belirlenmiştir. Herhangi bir parametreye göre örnekleme noktaları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olup olmadığı dağılım testleriyle belirlenmiştir. Normal dağılım göstermeyenlere Wilcoxon/Kruskal Wallis testleri uygulanmış ve ortalamaların karşılaştırmaları Tukey HSD testiyle yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bazı Su Kalitesi Bulguları

Özlüce Baraj Gölü'nün su kalitesi ve trofik durumun derecelendirilmesi için "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" referans alınmıştır (Anonim 2016) (Tablo 3). Taşıma kapasitesinin tahmini için Dillon ve Rigler (1974), tarafından geliştirilmiş olan ve su kütlesindeki toplam fosfor konsantrasyonuna dayanan model kullanılmıştır. Hesaplamalar yapılırken kullanılan göl alanı, göl hacmi, gölden çıkan su hacmi değerleri 2015 DSİ verileridir.

Özlüce Baraj Gölü'nde yüzey suyunda en düşük nitrat azotu miktarı 0.04 mg NO₃⁻-N/L olarak Haziran ayında 3. istasyonda ve en yüksek nitrat azotu miktarı 2.33 mg NO₃⁻-N/L olarak Nisan ayında 1. istasyonda ölçülmüş, 6 ay boyu ortalama nitrat azotu miktarı yüzey sularında 0.88±0.12 mg NO₃⁻-N/L olarak saptanmıştır. 4.istasyon derinlik çalışmasında en düşük nitrat azotu miktarı TLA- mg NO₃⁻-N/L olarak Haziran ayında 10 m.ve en yüksek nitrat azotu miktarı 2.29 mg NO₃⁻-N/L olarak Haziran ayında 20 m. derinlikte ölçülmüştür. 6 ay boyu ortalama nitrat azot miktarı 0.83±0,06 mg NO₃⁻-N/L olarak belirlenmiştir.

Özlüce Baraj Gölü'nde yüzey suyunda en düşük çözünmüş reaktif fosfor miktarı TLA- mg o-PO₄⁻³-P/L olarak Ocak ayında 5. istasyonda ve en yüksek çözünmüş reaktif fosfor miktarı 0.075 mg o-PO₄⁻³-P/L olarak Haziran ayında 4. istasyonda ölçülmüş, 6 ay boyu ortalama çözünmüş reaktif fosfor miktarı yüzey sularında 0.023±0.003 mg o-PO₄⁻³-P/L olarak tespit edilmiştir. 4.istasyon derinlik çalışmasında en düşük reaktif fosfor miktarı TLA- mg o-PO₄⁻³-P/L olarak Mart ayında 7 m. 'de ve Haziran ayında dip suyunda en yüksek reaktif fosfor miktarı 0.096 mg o-PO₄⁻³-P/L olarak Haziran ayında 10 m. derinlikte ölçülmüştür. 6 ay boyu ortalama reaktif fosfor miktarı 0.036±0.007 mg o-PO₄⁻³-P/L olarak tespit edilmiştir. Göl suyunun ölçülen fiziko-kimyasal bulguları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (Anonim, 2016) göre Özlüce Baraj Gölü'nün trofik durum sınıflandırması (M, mezotrofik; Ö, ötrofik; O, oligotrofik)

	Yüzey (0-15 cm)		Su Kolonu	
	Ortalama	Seviye	Ortalama	Seviye
Toplam fosfor (mg/L)	0.018	Mezotrofik	0.014	Mezotrofik
Toplam azot (mg/L)	1.297	Ötrofik	1.230	Ötrofik
Klorofil a ($\mu\text{g/L}$)	2.70	Oligotrofik	4.85	Mezotrofik
Secchi disk derinliği (m)	2.1	Mezotrofik	2.6	Mezotrofik
Çöz. oksijen (mg/L)	10.6	Oligotrofik	10	Oligotrofik
Trofik seviye	Mezotrofik		Mezotrofik	

Tablo 4. Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Özlüce Baraj Gölü'nde fiziksel ve kimyasal parametrelerin maksimum (mak), minimum (min) ve ortalama (ort) değerleri ve sınıfları; (Anonim 2016).

Su Kalite Parametreleri	Yüzey-Su Kolonu Min.	Yüzey-Su Kolonu Mak.	Yüzey-Su Kolonu Ort.	Yüzey-Su Kolonu Su Kalite Sınıfları
Su Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	5.6-3.3	19.4-18.6	10.3-9.3	-
Seki diski (m.)	1.0	5.0	2.1	-
pH	7.6-7.4	8.6-8.6	8.2-8.1	Sınıf I-Sınıf I
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	217-129	288-307	252-251	Sınıf I-Sınıf I
Çözünmüş oksijen (mg O_2/L)	9.2-4	12.1-11.4	10.6-10	Sınıf I-Sınıf I
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	1.09-0.91	9.45-8.53	3.76-3.36	Sınıf I-Sınıf I
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	0.87-0.74	2.51-853	1.90-3.36	Sınıf I-Sınıf I
Amonyum azotu (mg $\text{NH}_4^+-\text{N/L}$) ^(c)	0.0004-0.0004	0.155-0.207	0.0457-0.0459	Sınıf I-Sınıf I
Nitrat azotu (mg $\text{NO}_3^- - \text{N/L}$)	0.04-TLA	2.33-2.29	0.88-0.83	Sınıf I-Sınıf I

Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L)	0.42-0.39	0.89-2.08	0.40-0.37	Sınıf I-Sınıf I
Toplam azot (mg N/L)	0.462-0.396	3.29-4.61	1.297-1.230	Sınıf I-Sınıf I
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.0002-TLA	0.07-0.2	0.01-0.02	Sınıf I-Sınıf II
Ortofosfat fosforu (mg o-PO ₄ ⁻³ -P/L)	TLA-TLA	0.075-0.626	0.023-0.036	Sınıf I-Sınıf I
Toplam fosfor (mg P/L)	0.005-0.005	0.051-0.0033	0.018-0.014	Sınıf I-Sınıf I
Florür (mg /L)	0.037-0.037	0.184-0.184	0.089-0.097	Sınıf I-Sınıf I

3.2. Taşıma Kapasitesi Bulguları

Adım 1. Öncelikle yetiştiricilik yapılacak su kütleindeki kararlı hal toplam fosfor konsantrasyonu tayin edilir. Ilıman göllerde suyun tamamen karıştığı ilkbahar sirkülasyonu süresince tayin edilen konsantrasyonlar kullanılmalıdır. Tropikal göller ve baraj göllerinde yüzey suyunun yıllık ortalama toplam fosfor konsantrasyonu tayin edilmelidir.

Özlüce Baraj Gölü ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 16.106 µg/L (mg/m³) ve yüzey suyu ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 18.600 µg/L (mg/m³) olarak belirlenmiştir. Baraj gölünde toplam fosfor miktarının örnekleme noktalarına göre değişimi bakımından farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (p>0.05). Bu durum baraj gölünde sürekli karışımı ve fosfor bakımından homojeniteyi göstermiştir. Bu nedenle modelde ortalama toplam fosfor miktarı yerine gölün yıllık yüzey suyu toplam fosfor miktarı (18.600 µg/L) kullanılmıştır.

Adım 2. Kafeslerde balık yetiştiriciliği faaliyetiyle fosfor artışı (ΔP) belirlenmelidir. Kabul edilebilir fosfor miktarı (P_f) ve göldeki toplam fosfor konsantrasyonu (P_i) arasındaki farktan hesaplanır.

$$[\Delta P] = [P_f] - [P_i]$$

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği göl, gölet ve baraj gölleri ötrofikasyon kriterleri dikkate alındığında toplam fosfor konsantrasyonu bakımından Özlüce Baraj Gölü mezotrofik sınıfta görünmektedir (Tablo 3). Yönetmelik, toplam fosfor bakımından mezotrofik sınıf sınır

değeri baraj gölleri için $50 \mu\text{g/L}$ (mg/m^3) olarak belirlemiştir. Bu değer kabul edilebilir maksimum toplam fosfor miktarı olarak alınmıştır.

$$[\Delta\text{P}] = [\text{Pf}] - [\text{Pi}] = 50 - 18.600 = 31.4 \mu\text{g/L}$$

Adım 3. Hidrolik yenilenme oranının gölden çıkan su hacmi ve göl hacmi ile belirlenir. Çalışma periyodunda Özlüce Baraj Gölü yıllık yenilenme oranının yaklaşık 3.8 olduğu belirlenmiştir.

$$\sigma = \frac{Q}{V} = \frac{2.746.420.000 \text{ m}^3/\text{yıl}}{728.786.667 \text{ m}^3} = 3.77/\text{yıl}$$
$$\tau = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{3.77} = 0.27 \text{ yıl}$$

Adım 4. Dışkı ve yenmemiş yemdeki fosforun sedimente çökelen kısmı, modelde tahmini en zor parametredir. Phillips ve ark. (1985), kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinden kaynaklanan toplam fosfor atıklarının %45-55 arasındaki bir oranının sedimente çökeldiğini tahmin etmiştir. Ek olarak, yetiştiricilik kökenli çözülmüş toplam fosforun bir kısmı da sedimente çökeldiğinden, sedimente çökelen fosfor kısmı havza kökenli yüklenmeden kaynaklanan fosforun çökelen kısmından daha büyüktür. Havza kökenli yüklenmeden kaynaklanan fosforun sedimentte tutulma oranı:

$$R = 1/(1 + 0.515\sigma^{551})$$

Balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosforun tutulma oranı ise:

$$R_{balık} = X + (1 - X) \times R$$

Burada X, balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan partikül fosforun sedimente çökelen kısmıdır (0.45-0.55) ve bu çalışma için 0.50 kullanılmıştır (Beveridge, 1984; 2004).

Adım 5. Kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosfor yüklenmesi biyoenerjetik kütle dengesi modeli ile hesaplanır. Yemin fosfor içeriği, yemleme oranı, stoklama yoğunluğu, yemden yararlanma oranı gibi faktörlere bağlı olarak yemden fosfor deşarjı alansal ve zamansal değişiklikler gösterebilmekle birlikte, yaklaşık ve ortalama değerlerle balık yeminden kaynaklanan taşınma katsayısı biyoenerjetik kütle dengesi modeliyle

kullanılarak hesaplanabilir (Papatryphon ve ark., 2005; Sindilariu, 2007). Bununla birlikte, göl ve baraj göllerinde yetiştiricilik kafeslerinin çevresinde yoğunlaşan doğal balık ve zooplankton populasyonlarının kültür balıkçılığında kaynaklanan dışkı ve atık yemleri tükettiği ve yetiştiricilikten kaynaklanan fosfor atıklar üzerinde etkileri tartışılmıştır (Håkanson ve ark., 1998). Håkanson ve ark. (1998), bu oranının %97 değerlere kadar yükselebildiğini ileri sürmüştür. Bu değerdeki belirsizliğin büyük olduğunu belirtmiş, dışkı ve atık yemlerden gelen toplam fosforun %3'ünün doğal balık populasyonlarının vücudunda kaldığını göstermişlerdir. Bu oran dikkate alınarak uygulanan biyoenerjetik kütle dengesi modelinde düzeltme yapılmıştır:

$$L_{P-balık} = P_{katı} + P_{çöz}$$

$$P_{katı} = [(F_D - (F_D \times F_W)) \times (1 - d_P) \times p] + [F_D \times F_W \times p]$$

$$P_{çöz} = [(F_D - (F_D \times F_W)) \times (d_P) \times p] - [F_D \times FCR \times B_P]$$

$$L_{P-balık} = 0,97 \times P_{katı} + P_{çöz}$$

Burada; $L_{P-balık}$, balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosfor yükü (kg/yıl); $P_{katı}$, katı formda fosfor deşarjı (kg/yıl); $P_{çöz}$, çözülmüş formda fosfor deşarjı (kg/yıl); F_D , yemleme oranı (kg/yıl); F_W , tüketilmeyen yem (%); d_P , yemdeki fosforun sindirilebilirliği (%); p , yemdeki fosfor oranı (%); B_P , tüm vücut kompozisyonu fosfor oranı (kg/kg) ve FCR , yemden yararlanma oranı (kg/kg).

Özlüce Baraj Gölü'nde kafeslerde alabalık yetiştiricilik faaliyetlerinden kaynaklanan fosfor yüklenmesi için kullanılan veriler Tablo 4'de özetlenmiştir. Yıllık toplam yem tüketimi yemden yararlanma oranına (1.0-2.0) bağlı olarak tahmin edilmiştir. Sindirilebilirlik ve vücut fosfor oranı için literatürden yararlanılmıştır (Bureau ve ark., 1999). Yemden yararlanma oranı, tüketilmeyen yem oranı ve yemdeki fosfor oranı değerleri için Karacaören 1 ve 2 baraj Göllerinde balık yetiştiriciliğinin fosfor yüklerine katkısını değerlendiren çalışmanın yayınlanmamış verileri kullanılmıştır. Karacaören 1 ve 2 Baraj Göllerinde kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için kullanılan yemlerin fosfor içeriği %1.5-1.9 arasında değiştiği görülmüştür. Bununla birlikte, yıllık toplam tüketimin kütle olarak büyük oranını pelet çapı 5 mm olan

yemlerin oluşturduğu göz önüne alınarak, modelde yemin fosfor içeriği için bu çaptaki yemin içeriği olan ortalama %1.5 değeri kullanılmıştır.

Tablo 5. Biyoenerjetik kütle dengesi modelinde kullanılan veriler

Yem tüketimi (F_D , kg/gün-ton balık)	2.2-11
Tüketilmeyen yem oranı (F_W , %)	1.5
Yemdeki fosfor oranı (p , %)	1.5
Yemdeki fosforun sindirilebilirliği (d_P , %)	45
Tüm vücut fosfor oranı (B_P , kg P/kg balık)	0.004
Yemden yararlanma oranı (FCR, kg yem/kg balık)	1.0-2.0

Biyoenerjetik kütle dengesi modeli Tablo 5'deki veriler ışığında 1.0-2.0 arasındaki yemden yararlanma oranlarında alabalık yetiştiriciliği ile çevreye salınan toplam fosfor miktarının 11.7-15.4 kg P/ton balık arasında değiştiği hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı yemden yararlanma oranlarına göre alabalık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosfor yükü

FCR	Atık (kg P/ton)
1.0	11.7
1.5	14.6
2.0	15.5

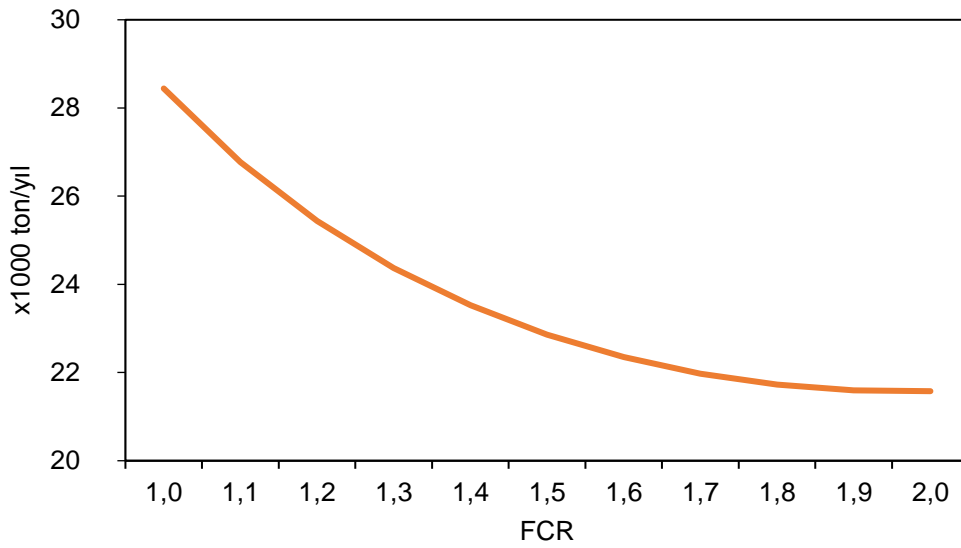
Adım 6. Son adım olarak fosfor yüklenmesi modelinden elde edilen balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan alansal yüklenme, biyoenerjetik modelle elde edilen fosfor yüklenmesi miktarına bölünerek baraj gölünün taşıma kapasitesinin tahmin edilir.

$$= \frac{L_{balık} \times A}{L_{P-balık}}$$

Özlüce Baraj Gölü ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 16.100 µg/L ve yüzey suyu ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 18.600 µg/L olarak benzer değerlerde belirlenmiştir. 1120 hm³ depolama hacmine ve sahip olan 26.52 km² yüzey alanına sahip olan baraj gölünün

besleyen kaynak Peri Çayı'dır. Çalışma periyodunda Özlüce Baraj Gölü yıllık yenilenme oranının %377 olduğu belirlenmiştir.

Beveridge (1984; 2004) tarafından düzenlenen Dillon ve Rigler (1975)'in fosfor yüklenme kapasitesine dayalı kararlı hal modeli uygulandığında farklı yemden yararlanma oranları için Özlüce Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştiriciliğine izin verilebilir en yüksek alabalık kapasitesi 21-28 bin ton/yıl arasında belirlenmiştir. (Şekil 2).



Şekil 2. Özlüce Baraj Gölü'nde farklı yemden yararlanma oranlarına göre izin verilebilir balık yetiştiriciliği kapasitesi

Göllerin trofik seviyesi, söz konusu ekosistemin ekolojisini ortaya koyması ve su ürünleri yetiştiriciliği stratejilerinin belirlenmesinde de en temel ölçüttür. Seki diski derinliği, göllerin trofik durum sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılan değişkenlerden biridir. Taylor ve ark. (1980), seki diski derinliğini oligotrofik göllerde >3.7 m., mezotrofik göllerde 2.0-6.1 m ve ötrofik göllerde <2 m olarak rapor etmişlerdir (Hakanson ve Jansson ,1983).

Özlüce Baraj Gölü'nde trofik durum değerlendirilirken izlenen parametrelerde istasyonlar arası ve derinlikler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli olmamasının yatay düzlemde gölün homojen dağılım olduğunu göstermiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine (Anonim, 2016) (Tablo 3) göre değerlendirildiğinde; Özlüce Baraj Gölü'nde yüzey suyu çözülmüş oksijen ve klorofil-a bakımından oligotrofik, toplam azot, toplam fosfor ve secchi diski bakımından mezotrofik çıkmıştır. 4. istasyonda su kolonunda yapılan vertikal çalışmada; çözülmüş oksijen bakımından oligotrofik, diğer parametreler bakımından

mezotrofik çıkmıştır. Tüm faktörler göz önüne alındığında baraj gölünün mezotrofik karakter sergilediği belirlenmiştir. Karkamış Baraj Gölü trofik durumunun oligotrofik sınıftan mezotrofik sınıfa geçiş sergilediği belirlenmiştir (Tepe ve ark., 2018).

Howarth ve ark. (2000), aşırı nutrient miktarına bağlı olarak yüzeysel sularda ortaya çıkan olumsuz etkilere ve ötrofikasyona neden olan elementlerin, azot ve fosfor olduğunu bildirmişlerdir. Dodds ve ark. (2002), azot ve fosforun akuatik sistemlerde algal üretim için primer sınırlayıcı nutrientler olduğunu, ancak tatlı su sistemlerinde fosforun azota oranla daha sınırlayıcı element olduğunu rapor etmişlerdir. Smith (1982), TN:TP oranı 10-17 arasında olduğunda tatlı su çevrelerinin dengeli bir sistem kabul edildiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmada su kolonunda toplam azotun toplam fosfora kütle oranının ortalama 70 olarak belirlendiği Özlüce Baraj Gölü'nde fosforun sınırlayıcı nutrient olduğu belirgin şekilde ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada elde edilen fizikokimyasal parametrelere ait veriler Su Kirliliği Kontrolü ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliklerine (Anonim, 2016), göre değerlendirildiğinde Özlüce Baraj Gölü Genel parametreler bakımından I. Sınıf, olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Örneği ve arkadaşları tarafından Nisan 2013-Mart 2014 arasında Özlüce Baraj Gölü'nde yapılan mevsimsel çalışmada da nitrat azotu bakımından II. Sınıf diğer parametreler bakımından I. Sınıf olduğu tespit edilmiştir (Örneki, 2015). Işıktepe Baraj Gölü (Maden, Elazığ)'nde yapılan su kalitesi çalışması sonucunda, Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği A ve B grubu parametrelerine göre baraj gölü "yüksek kaliteli" ve "az kirlenmiş" sınıflarında bulunmuştur (Küçükyılmaz ve ark., 2014).

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde I. sınıfa dahil olan suların yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, alabalık üretimi, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için uygun olduğu bildirilmektedir. bu durum dikkate alınarak bu tip su kaynaklarında gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir (Folke ve Kausky, 1989). Kafeslerde yoğun olarak balık yetiştiriciliğinin küresel, bölgesel ve yerel olarak bazı önemli çevresel etkilere sahip olduğunu bildirmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde son yıllarda birçok ülkede, çevresel kaygılarla ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla oldukça sıkı ve düzenleyici kurallar uygulanmaya başlanmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili faaliyetler ekonomik olduğu kadar, çevre dostu da olmalıdır. Bu yeni yaklaşım, çevresel dengenin korunması açısından büyük önem taşımaktadır (Şahin, 2003). 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 amilleri, 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).

Özlüce Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştiriciliğine izin verilebilir en yüksek alabalık kapasitesi 21-28 bin ton/yıl arasında belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, diğer çevresel koşullar ve yem bileşiminde kullanılan hammadde kaynaklarının etkisiyle, kafeslerde alabalık yetiştiriciliği uygulamalarında yemden yararlanmanın 2.3 oranına kadar yükseldiği bilinmektedir. Özlüce Baraj Gölü yetiştiricilik faaliyetlerine açıldığında taşıma kapasitesinin FCR 2.0 üzerinden değerlendirilmesi, yetiştiriciliğin ve çevrenin sürdürülebilirliği bakımından korumacı bir yaklaşım olacaktır. Bu nedenle, Özlüce Baraj Gölü'nün fosfor yüklenmesine bağlı kafeslerde alabalık yetiştiriciliği taşıma kapasitesi 21.500 ton/yıl olarak izin verilmelidir. Büyükçapar ve Alp (2006) Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölünün kaldırma kapasitesini 6998 ton/yıl alabalık olarak tahmin etmiştir. Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmış ve 4200 ha yüzey alanına, 33.7 m ortalama derinliğe ve 0.51 yıllık su yenilenmesi hesaplamışlardır. Verep ve ark. (2003), ise Uzungöl'ün genel hidrografik özellikleri ve taşıma kapasitesi üzerine yaptıkları çalışmada; Dillon and Rigler (1974)'in ılıman bölge gölleri için önerdiği fosfor konsantrasyonuna dayanarak kaldırma kapasitesini 930 ton/yıl ile 503 ton arasında olacağını hesaplamışlardır. Pulatsü (2003), yüzey alanı 650 hektar, ortalama derinliği 14.6 m olan Kesikköprü Baraj Gölü için taşıma kapasitesinin tahmininde Beveridge (1984) tarafından geliştirilen fosfor bütçe modelini uygulamıştır. Nisan 2000'de su örneklerinin ortalama fosfor miktarı 53.1 mg/m³ olarak tayin edilmiştir (Buhan ve ark., 2010). Yaptıkları çalışmada Almus Baraj Gölü alabalık yetiştiriciliği için uygun bulunmuş ve fosfora dayalı taşıma kapasitesine göre gölde 5530 ton civarında alabalık yetiştiriciliği yapılabileceği tahmin edilmiştir (Ayekin ve ark., 2018). Karakaya Baraj Gölü'ndeki kafeslerde yetiştirilebilecek alabalık miktarı yılda yaklaşık 55 000-80 000 ton olarak hesaplanmışlardır.

4. Sonuçlar

Özlüce Baraj Gölünde yapılan çalışmada fiziko-kimyasal parametrelere ait veriler Su Kirliliği Kontrolü ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliklerine (Anonim, 2016), göre değerlendirildiğinde Özlüce Baraj Gölü genel parametreler bakımından I. Sınıf ve trofik yapısı bakımından mezotrofik olarak belirlenmiştir. Baraj gölünde 12 aylık izleme tamamlanamamış olmakla birlikte, bölgedeki göllerde gözlenen genel bir eğilim olarak, Mayıs ayı itibari ile 10

m derinlikten başlayan bir metalimnion tabakası ortaya çıktığı ve Haziran ayında termoklinin keskinleştiği gözlenmiştir. Bu durum Eylül-Ekim aylarına kadar sürebilecek bir tabakalaşmanın olacağını göstermiştir. Balık refahı öncelik alınarak Özlüce Baraj Gölü'nde maksimum 10 m. derinliğe sahip ağ kafeslerde 10 kg/m³ stoklama yoğunluğunda 21.500 ton/yıl gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğine izin verilebileceği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, TAGEM tarafından desteklenen TAGEM/HAYSUD/2015/A11/P-02/8 numaralı araştırmanın bir bölümüdür.

Kaynaklar

- Anonim (2016). Yerüstü su kalitesi yönetimi yönetmeliği. Resmi Gazete, Tarih: 10.01.2016, Sayı: 29589
- APHA (1995). Standart methods for the examination of water and wastewater. 19th edition. America Public Health Association Washington, DC. pp:1075.
- Ayekin, B., Yeşilayer, N., & Buhan, E. (2018). Karakaya Baraj Gölü (Malatya) ağ kafes sistemlerinde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin tahmini. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi 7 (3): 101-110 .
- Beveridge, M.C.M. (1984). Cage and pen fish farming: Carrying capacity models and environmental impacts. FAO Fisheries Technical Paper No: 255, Rome. 129pp.
- Beveridge, M. C. M. (1987). Cage Aquaculture Fishing News books Ltd.352 pp.
- Beveridge, M.C.M. (2004). Cage Aquaculture III. Edition. Fishing News Books Ltd. Blackwll Publishing 346pp.
- Bureau, D.P., Harris, A.M., & Cho, C.Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 180: 345-358.
- Buhan, E., Koçer, M. A. T., Polat, F., Doğan, H. M., Dirim, S., & Neary, E. T. (2010). Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 27(1): 57-65.
- Buyukcapar, H.M., & 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.
- Çakal, Ö., Kocataş, A., Katağan, T., & Kırkım, F. (2000). Kuzey Kıbrıs Isopoda (Crustacea) Faunası. 30 Mayıs-2 Haziran. I. Ulusal Deniz Bilimleri Konferansı. Sayfa: 143-148. Ankara, Türkiye.
- Dikel,S. (2005). Kafes Balıkçılığı. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı, 212 s.
- Dillon, P.J., & Rigler, F. H. (1974). A test of simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentrations in lake water. Journal of Fisheries Reserach Board of Canada 31 (14): 1771-1778.
- Dillon, P.J., & Rigler, F.H. (1975). A simple method for predicting the carrying capacity of a lake for development, based on lake trophic status. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32: 1519-1531.

Doods, W. K. (2002). Freshwater ecology: concepts and environmental applications. Academic Press.

DSİ (2015). <http://www.dsi.gov.tr>

FAO (2019). Fisheries and Aquaculture Statistics, <http://www.fao.org/fishery/statistics/en> (Erişim tarihi: Mayıs 2019).

Folke, C., & Kautsky, N., (1989). The role of ecosystem for a sustainable development of aquaculture. *Ambio* 18 (4): 234-243.

Hakanson, L., & Jansson, M. (1983). Principles of Lake Sedimentology. Springer, Berlin. 316 p.

Håkanson, L., Carlsson, L., & Johansson, T. (1998). A new approach to calculate the phosphorus load to lakes from fish farm emissions. *Aquacultural Engineering* 17: 149-166.

Howarth, R.W., Anderson, D., Cloern, J., Elfring, C., & Hopkinson, C. (2000). Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas, *Issues in Ecology*, 7: 1-15.

ISO. (1986). Water quality, determination of nitrate, Part 1: 2,6-Dimethylphenol spectrometric method, International Organization for Standardization, ISO 7890-1, Geneva.

Küçükylmaz, M., Örnekci, G. N., Özbey, N., Şeker, T., Birici, N., Yıldız, N., & Koçer, M. A. T. (2014). Işıktepe Baraj Gölü (Maden, Elazığ) kıyı bölgesi fizikokimyasal su kalitesi üzerine ilk bulgular. *Yunus Araştırma Bülteni* 2: 55-63.

Lall, S. P. (1979). Minerals in finfish nutrition. *Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei*, 14/15: 85-98.

Nose, T. & Arai, S. (1979). Recent advances in studies on mineral nutrition of fish in Japan. In: *Advances in Aquaculture* (Ed. by T. V. R. Pillay & W. A. Dill), pp. 584–9. Fishing News Books, Oxford.

Örnekci, G.N., Akgün H., Küçükylmaz M., Özbey N., & Şeker T. (2015). Özlüce baraj gölü (Bingöl) su kalitesinin bazı fiziksel ve kimyasal parametreler açısından değerlendirilmesi. II. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 20-22 Mayıs, Eğirdir/ ISPARTA

Papatryphon, E., Petit, J., Van Der Werf, H., Kaushik, S., & Kanyarushoki, C. (2005). Nutrient-balance modelin as a tool for environmental management in aquaculture: The case of trout farming in France. *Environmental Management* 35(2):161-174.

Phillips, M. J., Roberts, R. J., Stewart, J. A., & Codd, G. A. (1985). The toxicity of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* to rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases* 8: 339-44.

Pulatsü, S. (2003). 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.

Smith, R. E. H. (1982). The estimation of phytoplankton production and excretion by carbon-14. *Marine Biology Letters* 3: 325-334.

Sindilariu, P.D. (2007). Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: A review. *Aquaculture Research* 38: 1005-1036.

Şahin, T. (2003). Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevreye etkisi. *SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni* 3(2): 8-10.

Takeuchi, M. & Nakazoe, J. (1981). Effects of dietary phosphorus on lipid content and its composition in carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 47: 347-52.

Taylor, W.D., Lambou, V.W., Williams, L.R., & Hern, S.C. (1980). Trophic state of lakes and reservoirs. USEPA Technical Report E-80-3.

Tekinay, A.A., Öztürk, Ş., Güroy, D., Çevik, N., Yurdabak, F., Güroy, B. K., & Özdemir, N. (2006). Göllerde yapılan balık yetiştiriciliğinin çevresel etkileri, I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 07-09 Şubat, Antalya, Türkiye.

Research Article

Tepe, R., Karakaya, G., Şahin, A. G., Sesli, A., Küçükyılmaz, M., & Aksağın, A. (2018). Karkamış Baraj Gölü trofik durumu. *Uluslararası Yenilikçi Mühendislik Uygulamaları Dergisi* 2 (1): 1-3.

Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E., & Okumuş, İ. (2003). Uzungöl'ün genel hidrografik özellikleri ve taşıma kapasitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi (TÜDAV)*: 148-157.

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 (BAS/SU/68.27) pp: 240-251.