

Koyunbaba Barajı'nın (Ankara/Çankırı) Su Kalitesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesi

Cafer Bulut^{1*}, Muhammed Mustafa Sezginer¹, İpek Arpacık²,
Ramazan Gümen¹, İsmail Hakkı Öztuna¹

¹ Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir-Isparta, Türkiye

² Şanlıurfa Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye

*Sorumlu Yazar e-mail: caferbulut@gmail.com

ÖZET

Su kalitesi ve çevresel taşıma kapasitesi kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine ilişkin en önemli unsurlar olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada Koyunbaba Baraj Gölü su kalitesi durumları bir yıl boyunca mevsimsel olarak izlenmiş ve gölde gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliği ve taşıma kapasitesi üzerinde değerlendirmelerde bulunulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda; kabul edilebilir fosfor yükü 15 mg/m^3 , yemden yararlanma oranı 1,5 ve diğer kaynaklardan gelen fosfor katkıları dikkate alınmadan, ortalama derinliği yaklaşık 35 m ve yüzey alanı yaklaşık $12,8 \text{ km}^2$ olan Koyunbaba Baraj Gölü'nde kafeslerde yetiştiriciliği yapılabilecek gökkuşağı alabalığı miktarı yaklaşık 2500 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte göl havzasını besleyen Şabanözü Deresi'ne önlem alınması gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Koyunbaba Baraj Gölü, taşıma kapasitesi, çevresel etkileşim, gökkuşağı alabalığı

Carrying Capacity in terms of Trout Farming and Water Quality of Koyunbaba Dam (Ankara/Çankırı)

ABSTRACT

Water quality and environmental carrying capacity are the most important factors for the sustainability of fish farming in cages. In this study, Koyunbaba Dam Lake water quality conditions were monitored seasonally for one year and evaluations were made on the lake's rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming and carrying capacity. In line with the data obtained; the amount of rainbow trout that can be raised in cages in Koyunbaba Dam Lake, which has an average depth of approximately 35 m and a surface area of approximately 12.8 km^2 , was calculated as approximately 2500 tonnes/year, without considering the acceptable phosphorus load of 15 mg/m^3 , feed conversion ratio of 1.5 and phosphorus contributions from other sources. However, measures should be taken for the Şabanözü Stream that feeds the lake basin.

KEYWORDS: Koyunbaba Dam Lake, carrying capacity, environmental interaction, rainbow trout

How to cite this article: Bulut, C., Sezginer, M. M., Arpacık, İ., Gümen, R., Öztuna, İ. H. (2024) Koyunbaba Barajı'nın (Ankara/Çankırı) Su Kalitesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Taşıma Kapasitesi. *MedFAR*, 7(2):79-97. <https://doi.org/10.63039/medfar.1504049>

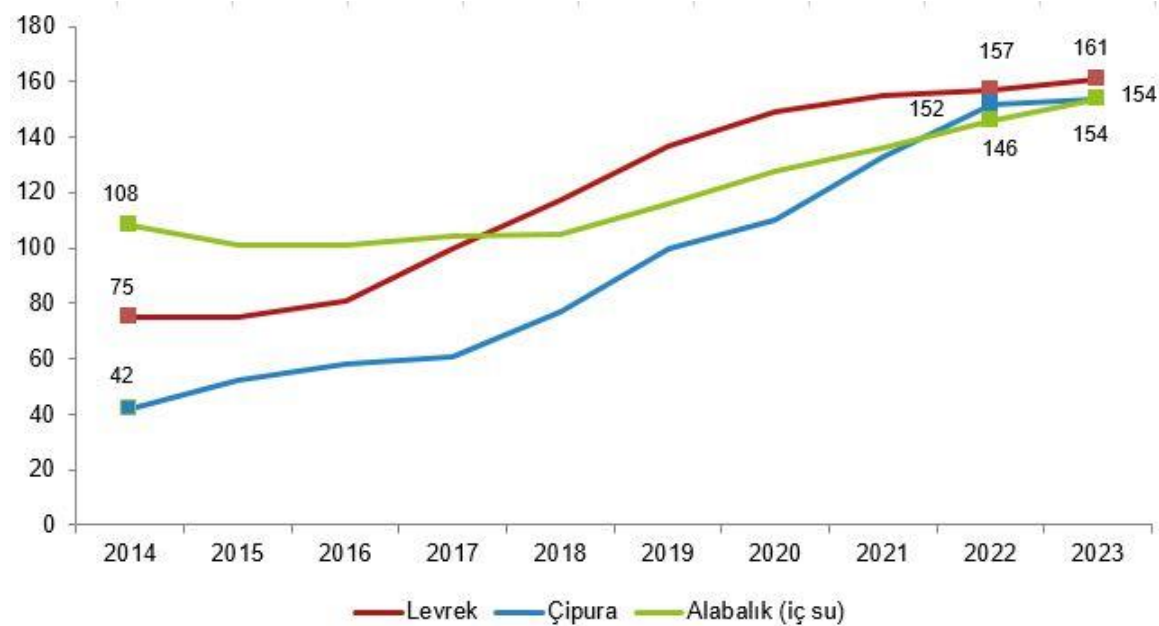
1. Giriş

Ülkemiz bulunduğu coğrafik konum, iklim, su kalitesi ve kapasitesi bakımından su ürünleri yetiştiriciliğine uygun oldukça elverişli alanlara sahiptir. Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili ve zengin iç su alanlarıyla (göl, baraj gölü, gölet ve akarsuları kapsayan iç su kaynakları ve deniz alanlarıyla) oldukça geniş yüzey alanına sahiptir.

Artan dünya nüfusu ile birlikte et, süt ve su ürünleri gibi hayvansal gıdaların tüketimi de artmaktadır. Avcılık yolu ile su ürünleri üretiminin insanların gereksiniminde yetersiz kalmasından dolayı su ürünleri yetiştiriciliği, bu açığı kapatmada büyük bir öneme sahiptir. Öyle ki hiç kullanılmayan birçok su alanı yetiştiricilik için hazır bir potansiyel olarak beklemektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği, biraz çaba ve yatırımla ülkemizin ekonomisine bugün ve gelecekte kalıcı katkı sağlayabilecek önemli bir kaynaktır. Bugün

su ürünlerinin ülke ekonomimizdeki payı çok az olsa da, potansiyelimiz göz önüne alındığında, konunun etkin bir şekilde ele alınması, desteklenmesi ve teşvik edilmesi halinde üretimimizi çok daha yüksek seviyelere çıkarmamız mümkündür.

Türkiye’de su ürünleri üretimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %6,2 artarak 849.808 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimin %60,6’sını yetiştiricilik ürünleri oluşturmuş ve üretim 514.805 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik yoluyla yapılan üretimin ise 2022 yılında 368.742 tonu denizlerde, 146.063 tonu iç sularda gerçekleşmiştir. Yetiştirilen en önemli balık türü iç sularda 145.649 ton ile alabalık, denizlerde ise 156.602 ton ile levrek ve 152.469 ton ile çipura olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye’de 2014-2023 yılları arası en çok yetiştiriciliği yapılan su ürünleri türleri

Ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği son yıllarda artan ivmeyle gelişme göstermektedir. 2017 yılında 276.502 ton su ürünleri yetiştiricilik üretimi, 2022 yılında ise %86 artış göstererek 514.805 tona ulaşmıştır. Burada 3 tür öne çıkmaktadır. İçsularda gökkuşağı alabalığı, denizlerde ise çipura ve levrek balıklarıdır. İçsularda gökkuşağı

alabalığı 2001 yılında 36.827 ton iken bu üretim 2022 yılı itibariyle 144.347 tona ulaşmıştır. Denizlerde Türk Somonu adı altında da yetiştirilen bu tür toplam 190.000 tona yaklaşan bir üretime ulaşmıştır. Denizlerde yıllardır çipura ve levrek en çok üretilen 2 tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Çipurada 2017 yılında 61.090 ton olan üretim

miktarı 2022 yılı itibari ile 152.469 tona ulaşmıştır. Benzer durum levrek balığı içinde geçerlidir. 2017 yılında 99.971 ton olan yetiştiricilik üretimi 2022 yılı itibariyle

156.602 tona ulaşmıştır (Tablo 1). Ülkemiz gökkuşağı alabalığında Avrupa ikincisi iken, Çipura ve levrek üretiminde ise Avrupa birincisi konumundadır.

Tablo 1. Türkiye’de türlere göre su ürünleri yetiştiricilik miktarları (ton)

Yetiştiricilik ürünleri	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Toplam	314.537	373.356	421.411	471.686	514.805	553.862
İç su	105.167	116.426	128.236	136.042	146.063	154.333
Alabalık (Gökkuşağı)	103.192	113.678	126.101	134.174	144.347	152.566
Alabalık (Salmo sp.)	1.695	2.375	1.804	1.558	1.302	1.440
Diğer	280	373	331	310	414	327
Deniz	209.370	256.930	293.175	335.644	368.742	399.529
Alabalık (Gökkuşağı)	9.235	9.411	18.182	31.509	45.454	66.055
Alabalık (Salmo sp.)	375	281	507	45	-	-
Çipura	76.680	99.730	109.749	133.476	152.469	154.011
Levrek	116.915	137.419	148.907	155.151	156.602	160.802
Diğer	6.165	10.089	15.830	15.463	14.217	18.661

Kafes işletmelerinden meydana gelen atıkların (tüketilmeyen yem, dışkı ve boşaltım suda çözünen maddeler) etkisi başlıca kullanılan yemin kimyasal ve fiziksel özellikleri, işletmede uygulanan yemleme yönetimi, işletmenin üretim kapasitesi ve su havzasının taşıma kapasitesine bağlıdır (Cho vd., 1994; Pillay, 2004). Buna bağlı olarak, Türkiye’de tesisler kurulmadan önce içsu havzalarının taşıma kapasitesi belirlenerek tesisler kurulduktan sonra düzenli su kalitesi takibi yapılması büyük önem taşımaktadır. Ağ kafeslerde balık üretim sistemlerinde su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesi ortamın ekolojik koşullarını oluşturduğu için en önemli unsurlardır (Buhan vd., 2010).

İç su havzalarının taşıma kapasitesini bulmak ve tesis edilecek balık üretim çiftliklerinin etkisini tahmin etmede ilgili göl veya göletin drenaj alanı, yüzeyi ve hacmi, ilgili su kütlesinin derinliği dikkate alınır. Bunlara ek olarak toplam su akış miktarı, su değişim hızı ve suyun yenilenme yüzdesi, ayrıca fosfor tutma katsayılarının bilinmesi gerekir (Beveridge, 1984; Pulatsü, 2003).

Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretim çiftliklerinin yıl bazında toplam üretim miktarı, kullanılan toplam yem miktarı, yemdeki P düzeyi, yem değerlendirme oranı (FCR), balıkların fosfor

tutma oranı ve toplam balık eti fosfor miktarı ve suyun Chl-*a* miktarı gibi veriler kullanılarak, Dillon ve Rigler (1975) tarafından teklif edilen ve Beveridge (1984) tarafından geliştirilen su ürünleri yetiştiriciliği yapılacak veya yapılan göl ve göletlerin taşıma kapasitesi tahmin metodu uygulanarak, kapalı su havzalarında izleme ve kontrol ile gerçekleştirilebilir.

Sulama amaçlı olarak 2011 yılında yapılan ve su tutmaya 2014 yılında başlanan Koyun-baba Barajı, Çankırı Şabanözü ilçesi ile Ankara Kalecik ilçeleri arasında, bulunmakta olup baraj gölünü besleyen ana kaynak Şabanözü Deresi’dir (Mohamed vd., 2023). Baraj gövde tipi, önyüzü beton kaplı kum-çakıl dolgu olup temelden yüksekliği 52 m’dir. Baraj gölünün maksimum depolama hacmi, 228.90 milyon m³, gövde dolgu hacmi 1.7 milyon m³ ve yıllık sulama suyu kapasitesi ise 13.54 milyon m³’dür (DSİ, 2023).

Bu çalışmada, Koyunbaba Baraj Gölü’nde su kalitesi ile mikrobiyolojisi takibinin bir yıl boyunca mevsimsel olarak izlenmesi, bununla birlikte mevcut baraj gölünün fosfor kütlesi metodu kullanılarak kafes yetiştiriciliğinden girmesi muhtemel fosforu sistemin sürdürülebilir olarak ne kadar taşıyabileceği ve ne kadar balık üretimi

yapılabileceğinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Araştırma alanını oluşturan Koyunbaba Baraj Gölü (Şekil 2), etrafında Kalecik ilçesine (Ankara) bağlı başta Koyunbaba mahallesi olmak üzere, Eşmedere, Beykavağı, Oyumiğde, Şemsettin, Demirci

mahalleleri bulunmakta olup, Şabanözü ilçesine bağlı ise Karamusa, Karahacı, ve Özbek köyleri bulunmaktadır. Su örneklemelerinin yapıldığı Tablo 2’de koordinatları verilen istasyonların derinlikleri ise 1.istasyon ortalama 36 m; 2.istasyon 22 m ve 3.istasyon ise 11 m dir. Örnekleme alınan noktalar ise 1.istasyon kıyıya 800 m; 2.istasyon 730 m ve 3.istasyon 700 metredir.

Tablo 2. Koyunbaba Baraj Gölü ve derelerin örnekleme koordinatları

No	İstasyon Kodu	Enlem	Boylam
1	Koyunbaba 1.istasyon yüzey (SY)	40°20'11"N	33°17'59"E
2	Koyunbaba 1.istasyon 7m. (S7)	40°20'11"N	33°17'59"E
3	Koyunbaba 2.istasyon yüzey (OY)	40°19'45"N	33°17'21"E
4	Koyunbaba 2.istasyon 7m. (O7)	40°19'45"N	33°17'21"E
5	Koyunbaba 3.istasyon (BG)	40°19'35"N	33°16'30"E
6	Şabanözü Deresi (ŞD)	40°20'30"N	33°15'05"E
7	Küçük Dere (KD)	40°19'55"N	33°15'13"E



Şekil 2. Çalışma alanı

2.2. Metot

2023 yılında gerçekleştirilen araştırmada Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında örnekleme yapmak üzere Koyunbaba Baraj Gölü’nde 3 istasyondan ve ilk 2 istasyonun derinliklerinden (7 m.) su kalitesi ölçümleri

yapılıp örnekler alınmıştır. Ayrıca baraj gölünü besleyen Şabanözü Deresi ve Küçük Dere’den de mevsimsel örneklemler gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktalarına ait harita görüntüsü Şekil 3’de verilmiştir. Su

örneklemeleri düzenli olarak 3 ayda bir yapılmış olup arazide ölçümü gerçekleştirilen su kalitesi ölçümlerinden su sıcaklığı, çözülmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, elektriksel iletkenlik ve salinite (tuzluluk), WTW 3620i multiplus arazi ölçüm seti ile gerçekleştirilmiştir. Her örneklemede noktanın derinliği ve secchi diski ölçülmüştür. Laboratuvarında ölçümü gerçekleştirilen fiziksel ve kimyasal analizler TSE (1989); APHA (1995) ve Egemen ve Sunlu (1996) tarafından belirtilen metotlar kullanılarak tayin edilmiştir. Türbidite (bulanıklık) Hach® marka türbiditemetre ile ölçülürken organik madde (OM) tayini, permanganat yöntemiyle; klorür tayini, gümüş nitrat yöntemiyle; toplam sertlik (TS), kompleksyon yöntemiyle; alkalinite tayini

(TA), asidimetrik yöntem ile titrimetrik olarak tayin edilmiştir. Orto- fosfat ($O-PO_4^{3-}$) ve toplam fosfor (TP) analizleri phosphormolybdenum blue fotometrik metod ile, nitrit (NO_2^{-1-N}) tayini griess reaction fotometrik metod ile, nitrat (NO_3^{-1-N}) ve toplam azot (TN) tayinleri 2,6-dimethyl phenol fotometrik metod ile, amonyum (NH_4^{+1-N}) ve serbest amonyak analizleri indophenol blue fotometrik metod ile Lovibond XD7500 Spektrofotometre ve Optizen Pop V Model UV Vis Spektrofotometre ile tespit edilmiştir. Toplam organik karbon (TOK) analizi enstrümental analiz yöntemi ile Elementar enviro Toplam Organik Karbon (TOK) Analiz Cihazı ile klorofil-a tayini (Chl-a) ise aseton metodu ile tayin edilmiştir.



Şekil 3. Koyunbaba Baraj Gölü örnekleme istasyonları

Su mikrobiyolojisini belirlemek amacıyla ise toplam koliform ve fekal koliform analizleri gerçekleştirilmiş olup toplam koliform ve fekal koliform analizleri (En Muhtemel Sayı-EMS- yöntemine göre) su numunelerinde 5-5-5 şeklinde (5 tüp metodu) 15 tüp kullanılarak belirlenmiştir (Feng vd., 2002). Analizler Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Mikrobiyoloji ve Balık Hastalık Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Taşıma kapasitesinin tahmininde fosfor bütçe modeli kullanılmıştır. Bu model ilk olarak Vollenweider tarafından oluşturulmuş

ve Kanadalı araştırmacılar Dillon ve Rigler tarafından geliştirilmiştir. Fosfor genellikle göllerde sınırlayıcı besin elementi olduğu için model ile fosfor konsantrasyonu tahmin edilmekte, toplam fosfor, göllerdeki besin konsantrasyonlarını belirlemek için limnologlar tarafından da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, fosfor bütçe modelinin derin ve sığ göllerde kullanıma uygun olduğunu ve iç sularda yoğun tarım yapılan alıcı ortamların taşıma kapasitesinin tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir (Dillon ve Rigler, 1974).

Taşıma kapasitesinin tahmininde; bir su kütlesindeki toplam fosfor konsantrasyonu ile ilgili Vollenweider'in ait 1968'de geliştirilen orjinal model; Dillon ve Rigler (1974; 1975) tarafından su yenilenme süresi, giren fosfor ve sedimentte tutulan fosfor ilişkilendirilerek oluşturduğu fosfor yüklenmesi

modeli kullanılmıştır. Bu kapsamda Koyunbaba Baraj Gölü'nün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesini hesaplamada gölalanı (m²), göl hacmi, çıkan su hacmi (m³/yıl), ortalama derinlik (m), yenilenme süresi (1/yıl), fosfor tutulma katsayısı, balıkçılık için sedimente fosfor tutulma oranı verileri kullanılmıştır (Şekil 4).

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

Şekil 4. Fosfor taşıma modeli (Dillon ve Rigler, 1974)

L_B =Entansif balık yetiştiriciliği için göl ve baraj göllerinin taşıma kapasitesi $\left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^2} \text{yıl}\right)$

$\Delta[P]$ =Kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon $[P_i]$ ile kafes yetiştiriciliğinden önceki fosfor konsantrasyon $[P_i]$ arasındaki fark $\left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}\right)$

\bar{z} =Ortalama derinlik (m); ρ =Gölün yenilenme süresi $\left(\frac{1}{\text{yıl}}\right)$

R_B =Entansif balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan fosforun sediment tarafından tutulan kısmı

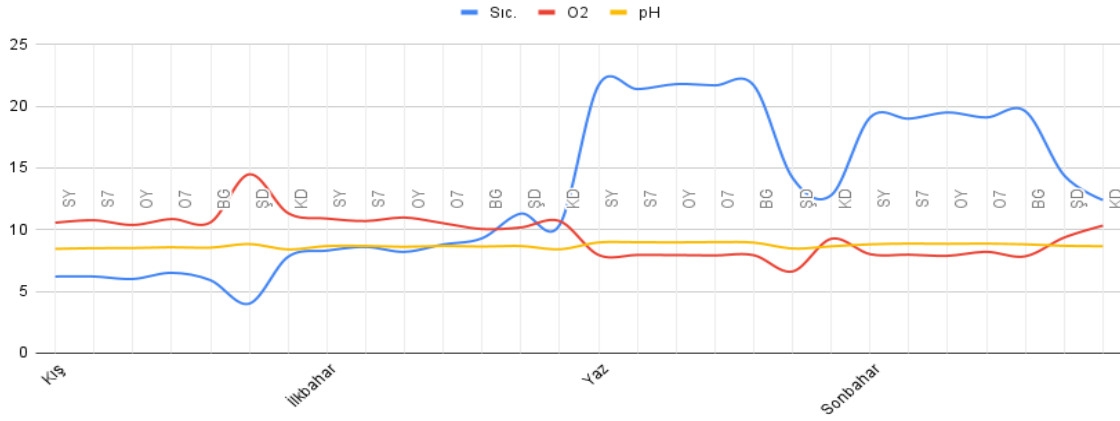
Araştırmadan elde edilen veriler Excel 2023 ve SPSS 25.0 istatistik program ile incelenmiştir. Varyans analizi (ANOVA) başta olmak üzere çoklu karşılaştırma testleri (Tukey) uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar harflendirilmiş ve önem seviyesi ($P < 0,05$) olarak kabul edilmiştir.

3. Bulgular

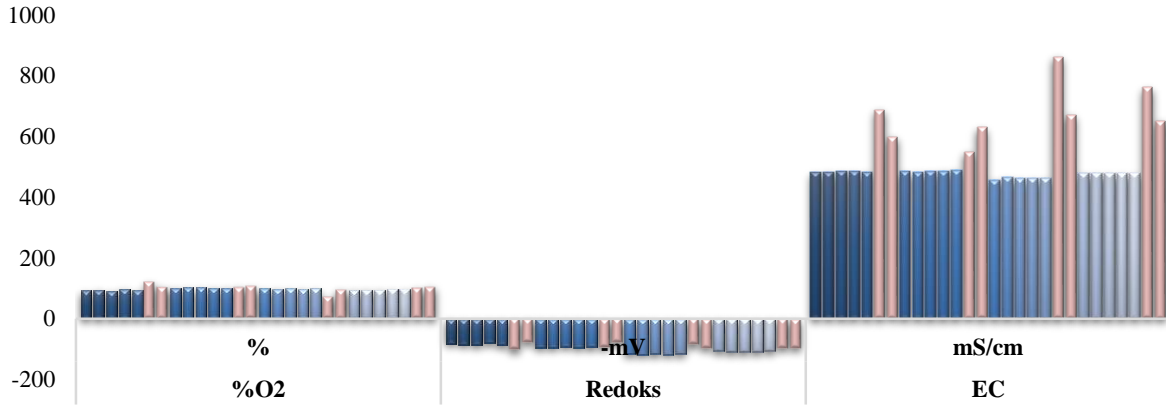
Koyunbaba Baraj Gölü yüzey suyunda en düşük su sıcaklığı 5,9 °C olarak kış mevsiminde ve en yüksek su sıcaklığı 21,8°C olarak yaz mevsiminde ölçülmüş, yüzey suyunun yıl boyu ortalama su sıcaklığı 13,9 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 5). Yüzey ve 7 m den gerçekleştirilen ölçümlerde baraj gölünde herhangi bir tabakalaşma gözükmemiştir. Çözünmüş oksijen içeriği, en düşük 7,91 mg/L ile yaz döneminde; en

yüksek 10,86 mg/L ile kış döneminde gerçekleşmiştir. Çözünmüş oksijen içeriği, ortalama 9,23 mg/L olarak tespit edilmiştir. Gölün pH içeriği ise 8,44-8,99 arasında gerçekleşmiş olup ortalama pH, 8,74 mg/L olarak tespit edilmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü yüzey suyunda en düşük saturasyon %92,5-103,4 arasında gerçekleşirken ortalama %97,3 olarak ölçülmüştür. Redoks potansiyeli, (-80,5 mV)-(-117,8 mV) arasında değişim göstermiştir. Ortalama redoks potansiyeli ise -100,6 mV olarak gerçekleşmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri, 456-489 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında gerçekleşirken ortalama ise 477 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Yüzey ve 7 m den gerçekleştirilen ölçümlerde baraj gölünde herhangi bir tabakalaşma gözükmemiştir.



Şekil 5. Koyunbaba Barajı su sıcaklık, çözülmüş oksijen ve pH değişim grafiği



Şekil 6. Koyunbaba Barajı saturasyon, redoks potansiyeli ve kondüktivite değişim grafiği

Koyunbaba Baraj Gölü'nde yerinde ölçüm sonuçları gerçekleştirilen tüm parametrelere ait sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü derinlik değerleri barajda bölge bölge değişim göstermiştir. Savak kısmı ortalama 36 m düzeylerinde iken baraj ortasında bu değer 25 m, baraj giriş bölgesinde ise 10-15 m arasında değişim göstermiştir (Şekil 7). Secchi derinliği ise yıl boyu 2,5 m ile 4,8 m arasında değişim göstermiştir (Tablo 3). Barajda örnekleme dönemi boyunca bulanıklık oluşmamıştır. Alanı etkileyecek sadece Şabanözü Deresi'nden beslenen alan olduğu için baraj geneli olumsuz bir durumla karşılaşmamıştır.

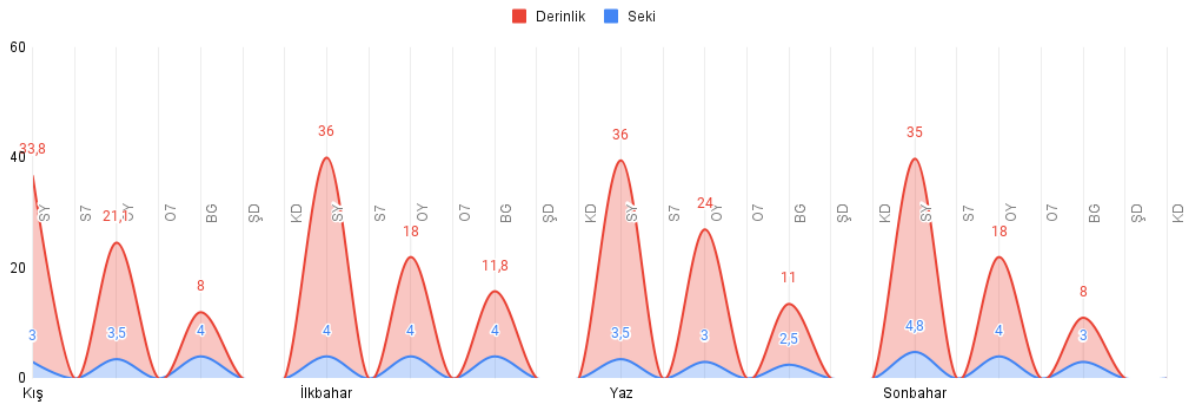
Koyunbaba Baraj Gölü TDS değerleri elektriksel iletkenlik değerleri ile doğru

orantılı olarak seyretmiştir. Baraj gölünde TDS değerleri 0,296 mg/L ile 0,330 mg/L arasında değişim göstermiş olup ortalama 0,318 mg/L olarak belirlenmiştir. Şabanözü Deresi'nin TDS değerleri baraj geneli gibi düşük düzeylerde seyretmiştir. Baraj Gölü'nde ortalama bulanıklık 0,98 NTU iken Şabanözü Deresi'nde 1,72-34 NTU (Ort.: 10,7 NTU) arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte Şabanözü Deresi'nden gelen zaman zaman bulanık yüklü su derenin bulanıklık değerlerini artırmıştır. Tuzluluk yıl boyu %0,1 düzeylerinde değişim göstermiştir. Şabanözü Deresi'nde %0,2-0,3 ve Küçük Dere'de %0,2 düzeylerindedir (Tablo 3).

Tablo 3. Koyunbaba Barajı yerinde ölçüm sonuçları*

Sıcaklık (°C)				
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Ort. ± S.S.	6,1±1,1^a	9,3±1,2^b	19,3±4,0^c	17,6±2,9^c
Min.-Max.	4,0-7,8	8,2-11,3	12,8-21,8	12,4-19,6
Çöz. O₂ (mg/L)				
Ort. ± S.S.	11,28±1,45^a	10,57±0,35^b	7,94±0,77^c	8,51±0,96^c
Min.-Max.	10,38-14,49	10,05-10,98	6,61-9,26	7,84-10,33
Saturasyon				
Ort. ± S.S.	99,0±10,7^b	103,1±1,7^c	94,8±10,4^a	97,1±4,4^b
Min.-Max.	90,7-120,8	101,2-106,1	71,4-99,5	93,4-105,3
pH				
Ort. ± S.S.	8,54±0,14^a	8,62±0,10^a	8,85±0,21^b	8,79±0,09^b
Min.-Max.	8,40-8,83	8,41-8,68	8,47-8,99	8,66-8,87
Redoks potansiyeli (-mV)				
Ort. ± S.S.	-85,6±7,9^b	-91,8±5,6^b	-109,5±12,9^a	-105,0±5,6^a
Min.-Max.	(-102,2)-(-78,4)	(-95,3)-(-79,5)	(-117,8)-(-85,4)	(-109,6)-(-95,9)
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)				
Ort. ± S.S.	529±82^{ab}	515±56^a	548±159^b	544±115^b
Min.-Max.	482-688	483-629	456-862	478-761
Salinite (%)				
Ort. ± S.S.	0,1±0,1^a	0,1±0,0^a	0,2±0,1^b	0,1±0,1^b
Min.-Max.	0,1-0,3	0,1-0,2	0,1-0,3	0,1-0,3
TDS (mg/L)				
Ort. ± S.S.	0,357±0,055^b	0,348±0,038^a	0,356±0,103^b	0,353±0,075^b
Min.-Max.	0,325-0,464	0,326-0,425	0,296-0,560	0,311-0,495
Derinlik (m)				
Ort. ± S.S.	21±13^a	22±13^a	24±13^a	20±14^a
Min.-Max.	8-34	12-36	11-36	8-35
Secchi derinliği (m)				
Ort. ± S.S.	3,5±0,5^b	4,0±0,0^b	3,0±0,5^a	3,9±0,9^b
Min.-Max.	3,0-4,0	4,0-4,0	2,5-3,5	3,0-4,8

*Farklı harfler ile belirtilenlerde mevsimler arası istatistiksel fark bulunmaktadır (P<0,05)

**Şekil 7.** Koyunbaba Barajı derinlik ve secchi derinliği değişim grafiği

Koyunbaba Baraj Gölü'nün genel su kalitesini belirleyebilmek adına yapılan sertlik ve alkalinite fraksiyonlarına ait değerler Tablo 4'de verilmiştir. Veriler incelendiğinde su kalitesinin sertlik ve alkalinite açısından orta sertlikte bir su olduğu, alabalık yetiştiriciliği açısından uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü'nde klorür, SBV, silikat, organik madde, sülfat ve TOK değerlerine bakıldığında baraj yüzey suyundaki değerlerin alabalık yetiştiriciliği açısından uygun olduğu, bağlı olduğu derelerin ise nispeten yüksek olduğu

görülmüştür. İlgili parametrelere ait sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir

TOK, suda çözünmeyen organik madde ve çözünmüş karbon konsantrasyonunun bir ölçüsüdür. TOK analizi, sudaki organik kirleticilerin kaynaklarını izleyebilir ve suyu kullanım amacına göre sınıflandırabilir. Son yıllarda sıklıkla kullanılan bu parametre sulardaki toplam organik karbon yükünü göstermesi açısından önem arz etmektedir. Şabanözü Deresi'nden gelen TOK yükü diğer noktalara kıyasla düşük de olsa farkedilmektedir (Şekil 8).

Tablo 4. Koyunbaba Barajı TA ve TS analiz ölçüm sonuçları*

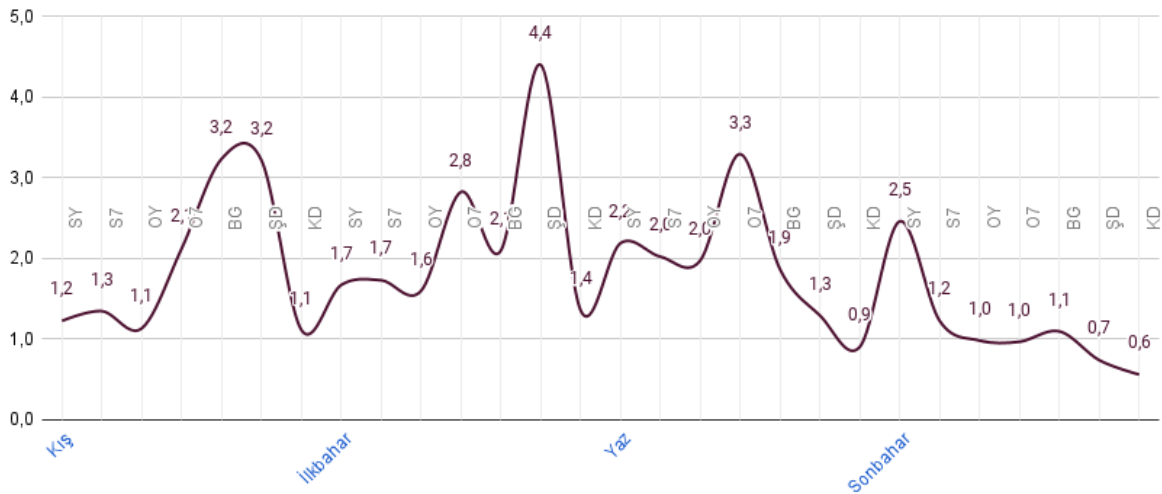
<i>Ca⁺² (mg/L)</i>	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Ort. ± S.S.	58,00±18,12^c	56,00±19,01^c	18,67±4,25^a	23,65±17,52^b
Min.-Max.	30,46-82,97	36,07-86,57	14,03-25,65	4,41-48,50
<i>CaO (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	80,62±25,18^c	77,84±26,43^c	25,95±5,91^a	32,87±24,35^b
Min.-Max.	42,34-115,32	50,14-120,34	19,50-35,66	6,13-67,41
<i>Mg⁺² (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	65,16±18,87^b	45,01±12,42^a	78,42±8,97^c	68,39±7,04^b
Min.-Max.	41,33-91,17	25,53-60,29	68,56-90,20	56,89-78,28
<i>TS (°F)</i>				
Ort. ± S.S.	45,9±11,09^b	35,7±4,6^a	42,5±4,7^b	38,9±3,1^a
Min.-Max.	33,2-64,7	29,7-42,1	36,6-49,9	33,6-43,2
<i>TS (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	371,1±95,1^c	296,2±38,2^a	318,8±34,9^b	296,4±31,8^a
Min.-Max.	275,7-523,8	240,8-351,5	273,0-377,1	248,5-344,8
<i>CO₃ (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	18,29±18,25^c	16,22±5,82^b	14,85±8,30^b	4,22±3,27^a
Min.-Max.	0,00-41,40	8,64-27,12	0,00-22,68	0,00-10,32
<i>HCO₃ (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	275,6±54,8^c	270,7±48,0^c	164,3±59,6^a	199,0±46,1^b
Min.-Max.	196,4-324,6	235,7-374,5	120,8-252,1	167,6-282,4
<i>TA (mg/L)</i>				
Ort. ± S.S.	293,9±49,4^c	286,9±52,7^c	179,2±51,8^a	203,2±45,1^b
Min.-Max.	229,4-366,0	247,6-401,7	143,5-256,7	172,7-287,4

*Farklı harfler ile belirtilenlerde mevsimler arası istatistiksel fark bulunmaktadır (P<0,05)

Tablo 5. Koyunbaba Barajı SBV, SiO₂, OM, SO₄, Cl, TOK analiz ölçüm sonuçları*

SBV (ml asit)				
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Ort. ± S.S.	2,9±0,9^c	2,8±1,0^c	0,9±0,2^a	1,2±0,9^b
Min.-Max.	1,5-4,1	1,8-4,3	0,7-1,3	0,2-2,4
Silikat (SiO₂) (mg/L)				
Ort. ± S.S.	2,6±1,6^a	2,3±2,0^a	5,0±3,9^b	2,0±1,2^a
Min.-Max.	1,2-5,3	1,0-6,1	2,6-11,9	1,2-4,5
Organik Madde (mg/L)				
Ort. ± S.S.	18,80±3,12^b	19,53±1,49^b	15,19±3,21^a	12,37±4,33^a
Min.-Max.	12,83-22,78	16,59-21,01	9,35-19,56	3,35-15,77
Sülfat (SO₄) (mg/L)				
Ort. ± S.S.	83,76±36,39^a	114,82±40,34^b	215,49±78,63^c	205,59±53,68^c
Min.-Max.	43,25-160,21	85,42-203,87	169,74-389,09	168,24-322,33
Klorür (Cl) (mg/L)				
Ort. ± S.S.	22,09±5,42^b	21,12±1,78^b	14,18±1,96^a	26,34±5,26^c
Min.-Max.	15,96-28,37	19,15-23,76	10,64-17,02	17,38-35,11
Toplam Organik Karbon TOK (mg/L C)				
Ort. ± S.S.	1,911±0,959^b	2,237±1,064^c	1,932±0,752^b	1,145±0,619^a
Min.-Max.	1,112-3,231	1,355-4,396	0,903-3,290	0,559-2,457

*Farklı harfler ile belirtilenlerde mevsimler arası istatistiksel fark bulunmaktadır (P<0,05)

**Şekil 8.** Koyunbaba Barajı TOC değişim grafiği

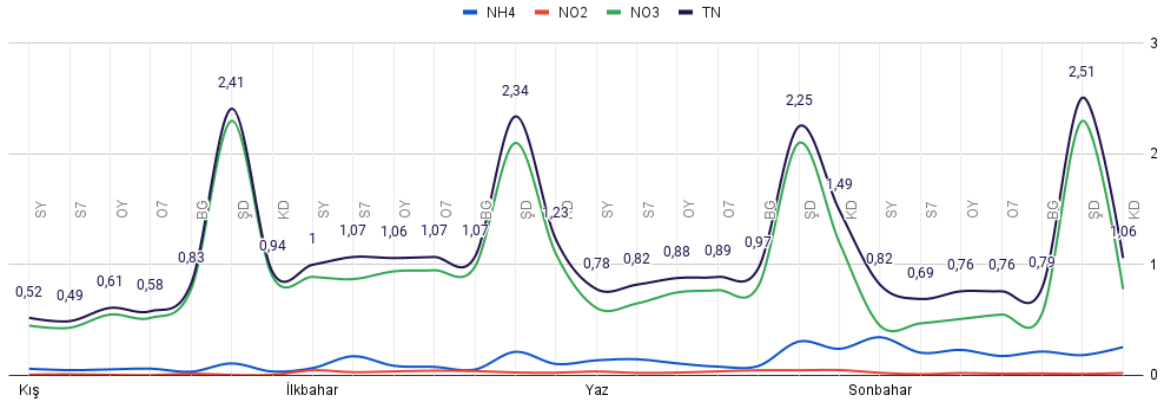
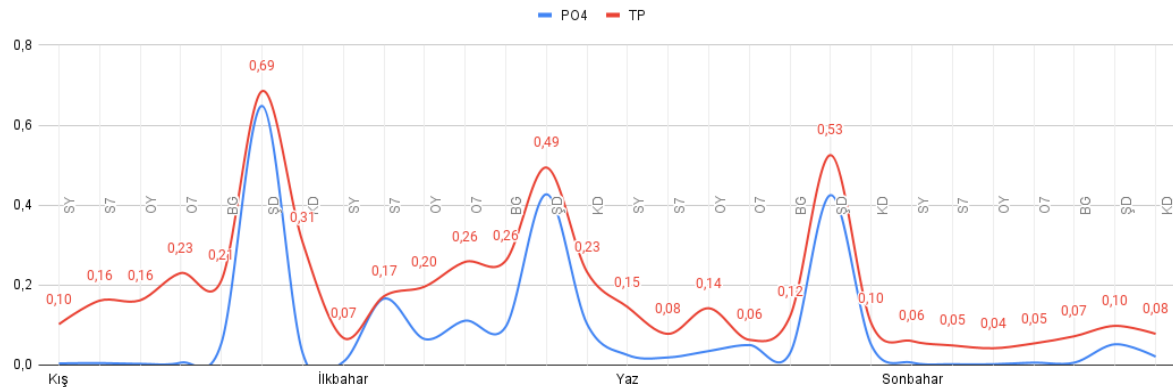
Koyunbaba Baraj Gölü'nde azot fraksiyonları incelendiğinde nitrit, amonyum ve nitrat değerlerinin düşük değerlerde olduğu bununla birlikte Şabanözü Deresi'nde baraj gölüne kıyasla yüksek olduğu bu da

burada azot girdisi olduğunu göstermektedir. Koyunbaba Baraj Gölü'ne ait azot ve fosfor fraksiyon değerleri Tablo 6, Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.

Tablo 6. Koyunbaba Barajı azot fraksiyonları analiz ölçüm sonuçları*

NH_4 (mg N/L)	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Ort. ± S.S.	0,057±0,025^a	0,110±0,060^b	0,157±0,085^c	0,230±0,058^d
Min.-Max.	0,033-0,108	0,052-0,213	0,079-0,306	0,175-0,345
NO_2 (mg N/L)				
Ort. ± S.S.	0,007±0,004^a	0,035±0,008^c	0,037±0,010^c	0,017±0,005^b
Min.-Max.	0,002-0,015	0,024-0,046	0,022-0,048	0,010-0,023
NO_3 (mg N/L)				
Ort. ± S.S.	0,8±0,7^a	1,1±0,4^b	1,0±0,5^a	0,8±0,7^a
Min.-Max.	0,4-2,3	0,9-2,1	0,6-2,1	0,5-2,3
TN (mg N/L)				
Ort. ± S.S.	0,91±0,68^a	1,26±0,48^b	0,87±0,36^a	1,06±0,65^a
Min.-Max.	0,49-2,41	1,00-2,34	0,25-1,49	0,69-2,51
PO_4 (mg N/L)				
Ort. ± S.S.	0,107±0,239^b	0,139±0,136^c	0,091±0,148^b	0,014±0,018^a
Min.-Max.	0,003-0,648	0,008-0,427	0,019-0,425	0,002-0,052
TP (mg N/L)				
Ort. ± S.S.	0,27±0,20^c	0,24±0,13^d	0,17±0,16^b	0,06±0,02^a
Min.-Max.	0,10-0,69	0,07-0,49	0,06-0,53	0,04-0,10

*Farklı harfler ile belirtilenlerde mevsimler arası istatistiksel fark bulunmaktadır (P<0,05)

**Şekil 9.** Koyunbaba Barajı TN, amonyum, nitrit ve nitrat değişim grafiği**Şekil 10.** Koyunbaba Barajı toplam fosfor ve orto-fosfat değişim grafiği

Koyunbaba Baraj Gölü'nde ölçülen parametrelerin YSKY'ye (Anonim, 2021) göre sınıflandırılmasında (Tablo 7) 1., 2. ve 3. istasyonların I. sınıf; Şabanözü Deresi ise parametrelere bağlı olarak I., II. ve III. sınıf özellik göstermektedir.

Koyunbaba Baraj Gölü yüzey ve farklı derinliklerdeki su kalitesi parametrelerinin Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine" göre (Anonim, 2021) değerlendirildiğinde tüm derinliklerde I. sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 8). Aynı yönetmelikte bu sınıftaki sular içme suyu olma potansiyeli yüksek, yüzme gibi vücut teması

gerektirenler dahil rekreasyon amaçlı, alabalık, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikteki su olarak belirtilmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü'nde mikrobiyolojik risk düzeyini belirlemek amacıyla toplam ve fekal koliform analizleri sonuçları ise baraj gölünde herhangi bir risk görülmemekle birlikte özellikle Şabanözü Dere'sinde zaman zaman toplam ve fekal koliform da artışlar görülmüştür. Özellikle Şabanözü Deresi üzerinde kurulu ve yakınlarında yer alan başta Karamusa köyü olmak üzere Şabanözü ilçesinde baraja gelene kadar yer alan kırsal alanlardan etkilenme olduğu görülmektedir. Bu durum yetiştiricilik açısından dikkat edilmesi gereken bir husus olup özenle dikkat edilmesi faydalı olacaktır.

Tablo 7. Ölçülen parametrelerin YSKY'ye (Anonim, 2021) göre sınıflandırılması

Parametre	1.ist.	Sınıf	2.ist.	Sınıf	3.ist.	Sınıf	Şabanözü Deresi	Sınıf
Ç.O ₂ (mg/L)	9,35	I. sınıf	9,34	I. sınıf	9,10	I. sınıf	10,16	I. sınıf
Saturasyon(%)	97,3	I. sınıf	97,6	I. sınıf	97,1	I. sınıf	99,3	I. sınıf
pH	8,74	I. sınıf	8,76	I. sınıf	8,73	I. sınıf	8,67	I. sınıf
EC (µS/cm)	476	I. sınıf	477	I. sınıf	478	I. sınıf	714	II. sınıf
PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0,029	I. sınıf	0,035	I. sınıf	0,047	I. sınıf	0,463	III. sınıf
TP (mg/L)	0,020	I. sınıf	0,044	I. sınıf	0,057	I. sınıf	0,060	II. sınıf
NH ₄ ⁺¹ (mg/L)	0,07	I. sınıf	0,11	I. sınıf	0,10	II. sınıf	0,20	II. sınıf
NO ₃ ⁻¹ (mg/L)	0,60	I. sınıf	0,68	I. sınıf	0,69	I. sınıf	2,2	I. sınıf
TN (mg/L)	0,77	I. sınıf	0,82	I. sınıf	0,87	I. sınıf	2,36	II. sınıf

Tablo 8. Koyunbaba Barajı toplam ve fekal koliform değerleri*

<i>Toplam Koliform (EMS)</i>				
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Ort. ± S.S.	4±5^c	335±708^a	368±504^a	77±153^b
Min.-Max.	0-12	0-1600	0-920	0-350
<i>Fekal Koliform (EMS)</i>				
Ort. ± S.S.	1±1^d	329±711^a	96±153^c	22±44^b
Min.-Max.	0-2	0-1600	0-350	0-100

*Farklı harfler ile belirtilenlerde mevsimler arası istatistiksel fark bulunmaktadır (P<0,05)

Koyunbaba Baraj Gölü İçin Kararlı Hal Fosfor Yüklenmesi Modeli

Göl ve baraj göllerin fosfor yüklenmesine tepkisini tahmin etmek için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modellerin çoğu statik/deneysel modellerdir ve geniş veri tabanları kullanılarak test edilmiş, kalibre edilmiş ve doğrulanmıştır. Koyunbaba Baraj Gölü fosfor yüklenmesi modellenmesi için ise yaygın olarak kullanılan Dillon ve Rigler (1974) doğrulanmış model tercih edilmiştir. Dillon ve Rigler (1974) tarafından geliştirilen model asıl olarak Vollenweider (1968) tarafından geliştirilen orijinal fosfor yüklenmesi modelinin bir modifikasyonudur. Bir su kütlesindeki toplam fosfor miktarının fosfor yüklenmesi, gölün büyüklüğü (alan, ortalama derinlik), hidrolik yenilenme oranı ve kalıcı olarak sedimente kaybolan fosfor kısmıyla belirlenir. Kararlı hal modeli:

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

$[P]$; toplam fosfor miktarı (g/L),

$[P]$; toplam fosfor miktarı (g/L),

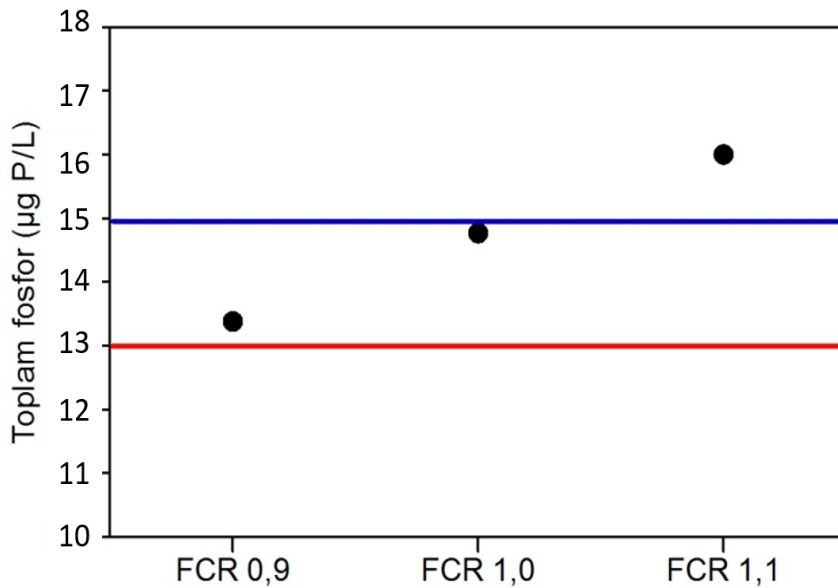
L ; toplam fosfor yüklenmesi (g/m²/yıl),

z ; ortalama derinlik (m),

R ; sediment tarafından tutulan fosfor kısmı ve ρ , hidrolik yenilenme oranı (yıl).

Fosfor yüklenmesi modeli, 2023 yılı göl hidroloji ve morfoloji verileri ile 0,9-1,1 yemden yararlanma oranına belirlenmiş olup gölde toplam fosfor miktarının ortalama 13-16 µg/L (ortalama 15 µg/L) olarak ölçülmüştür (Şekil 11).

Koyunbaba Baraj Gölünün alabalık kültürü için simgeler ve açıklamalar ile elde edilen bulgular fosfora dayalı taşıma kapasitesi en düşük 1.200 ton/yıl en büyük 5.000 ton/yıl ve ortalama 2.500 ton/yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 9).



Şekil 11. Fosfor yüklenmesi modeliyle farklı FCR için göldeki toplam fosfor miktarının tahmini

Tablo 9. Koyunbaba Gölü'nün alabalık için fosfora dayalı taşıma kapasitesi bulguları

Göl yüzey alanı (m ²)	A	12,6×10 ⁵ m ²
Gölün toplam hacmi (m ³)	V	22,8×10 ⁶ m ³
Gölden çıkan yıllık su hacmi (m ³ /yıl)*	Q	20×10 ⁶ m ³
Ortalama derinlik (m)	$z = V/A$	35 m
Baraj gölünün yenilenme süresi (1/yıl)	$\rho = Q/V$	0.877
Fosfor tutulma katsayısı (R)	$1/(1+0,515 \rho^{0,551})$	0.689
Balıkçılık için sedimente fosfor tutulma oranı	$R_B = x + [(1 - x) R]$	0.845
Fosfor yüklenmesi modelinin açılımı	$L_B = \Delta [P] \cdot z \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$	
R_B	Entansif balık kültüründen kaynaklanan fosforun sediment tarafından tutulan kısmı	
L_B	Entansif balık kültürü için göl veya baraj göllerinin taşıma kapasitesi (mg/m ² yıl)	
P_{ıort}	Ölçülen ortalama toplam fosfor (Toplam Fosfor ölçümünden): 0.015 mg/l= 15 mg/m ³	
Fosfor yüklenmesi (mg/m ³): $\Delta[P]$ (kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon [P_f] ile kafes kültüründen önceki ölçülen fosfor konsantrasyon [P_i] arasındaki fark) $\Delta[P] = [P_f] - [P_i] = 50-15 = 35$	Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu oligotrof yapıdan ötrofa doğru 30 mg/L ile 60 mg/L olarak varsayılmaktadır. Koyunbaba Baraj Gölünün yapısı ağırlıklı oligotrof olması nedeniyle 50 mg/L varsayılmıştır. Kaldırma kapasitesi tahmini: 2.500 ton/yıl	

*DSİ V. Şube Müdürlüğünden 2023 yılında alınan akım verilerinden üretilmiştir

4. Tartışma

Koyunbaba Baraj Gölü 35 m ortalama derinliği ve 12,6 km² yüzey alanı ile ağ kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği ile baraj gölü yüzey alanı dikkate alınarak belirlenen taşıma kapasitesi, çevresel kapasiteyi gözeten modeller kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada bir su kütlesindeki toplam fosfor konsantrasyonu ile ilgili Vollenweider (1968)'in orijinal modelini geliştiren Dillon ve Rigler (1974)'in fosfor yüklenmesine dayalı model kullanılmıştır. Burada çevresel kapasite içinde fosfor konsantrasyonu yanında, su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve pH parametreleri de ön plana çıkmaktadır.

Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) dahil olmak üzere alabalıklar, kuzey yarım kürenin soğuk ve ılıman bölgelerinde yaşayan birkaç türü sıcak ortamlara da yaygın olarak taşınmışlardır (Molony vd. 2004). Gökkuşağı alabalıkları geniş ekolojik şartlara uyum gösterebilmektedirler. Bu kapsamda Koyunbaba Baraj Gölü su kalitesi gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği için iyi nitelikler taşımaktadır.

Koyunbaba Baraj Gölü yüzey suyunda su sıcaklığı 5,9 °C ile 21,8°C arasında değişim göstermiş ve ortalama 13,9 °C olarak

belirlenmiştir. Yüzey ve 7 m den gerçekleştirilen ölçümlerde baraj gölünde herhangi bir tabakalaşma gözükmemiştir. Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde yürüttükleri çalışmada; izlenen istasyonlarda su sıcaklıkları yüzey suyunda 3,5-22,9 °C arasında, orta derinliklerde 3,4-21,8 °C ve dip suyunda ise 3,3-15,8 °C arasında ölçüldüğünü, istasyonların yüzey sularında sıcaklık daha geniş ve dip suyunda daha dar bir aralıkta değişim gösterdiğini belirterek, Çat Baraj Gölü tüm su kolonunun sıcaklık değerleri bakımından Su Kirliliği Kontrolü ve Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine (Anonim, 2021) göre yıl boyunca I. sınıf özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayekin vd. (2018), Karakaya Baraj Gölünde yaptıkları çalışmada en düşük sıcaklığın 7,1°C ve en yüksek sıcaklığın ise 29,7 °C olarak ölçüldüğünü belirterek, Mayıs ayından itibaren sıcaklığın gökkuşağı alabalıkları için stres oluşturacak derecelere ulaşmasının, gölde ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğini sınırlayacağını bildirmişlerdir. Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü'nde su sıcaklık değerlerinin 9,8°C ile 14,5°C değiştiğini tespit etmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü'nün pH içeriği 8,44-8,99 arasında gerçekleşmiş olup ortalama pH içeriği ise 8,74 mg/L olarak

tespit edilmiştir. Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nde en düşük pH değerinin 7,6; en yüksek pH değerinin 8,69 olarak ölçüldüğünü, 6 ay boyunca ortalama pH değerinin $8,27 \pm 0,1$ olarak hesaplandığını belirtmişlerdir. Aslantürk ve Çetinkaya (2021), Sücüllü Baraj Gölü'nde örnekleme noktalarının ortalama pH değerlerinin 7,75 ile 8,35 arasında değişim gösterdiğini, aylara göre pH değişiminin normal dağıldığını bildirmişlerdir. Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü sularının en yüksek pH değerinin Nisan ayında 8,50 ile 4. istasyonda, en düşük değer ise Kasım ayında 7,51 ile 5. istasyonda kaydedildiğini belirtmiştir. Tüm bu veriler pH değerinin 7,5 ile 9 arasında değişim gösterdiğini bu ise ideal yetiştiricilik için uygun olduğunu göstermektedir.

Koyunbaba Baraj Gölü çözünmüş oksijen içeriği en düşük 7,91 mg/L ile yaz döneminde; en yüksek 10,86 mg/L ile kış döneminde gerçekleşmiştir. Ortalama çözünmüş oksijen içeriği ise 9,23 mg/L olarak tespit edilmiştir. Türk (2020), Hasan uğurlu Baraj Gölü'nde yaptığı çalışmada yüzey suyunun çözünmüş oksijen değerini ortalama 9,03 mg/L olarak tespit ettiğini; kışın 11,80 mg/L ile yazın 6,40 mg/L arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü'nde çözünmüş oksijen (mg/L) içeriğinin 8,01 mg/L ile 10,89 mg/L arasında değiştiğini bildirmiştir. Tepe vd (2018), Karkamış Baraj Gölü'nde yıl boyu çözünmüş oksijen değerlerinin 9,0-11,9 mg/L arasında değişim gösterdiğini, Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada en düşük çözünmüş oksijen miktarını haziran ayında 9,2 mg/L olarak 5. istasyonda, en yüksek çözünmüş oksijen miktarını ise 12,1 mg/L ile mart ayında 3. ve 4. istasyonlarda ölçtüklerini ve ortalama çözünmüş oksijen içeriğinin 10,6 mg/L olarak belirlendiğini bildirmişlerdir. Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde çözünmüş oksijen miktarlarının yüzey suyunda 5,1-12,5 mg/L arasında, orta derinliklerde 4,0-11,7 mg/L ve dip suyunda 0,1-10,5 mg/L arasında ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Koyunbaba Baraj Gölü ile

diğer baraj göllerinin çözünmüş oksijen içerikleri benzer düzeylerde tespit edilmiştir.

Koyunbaba Baraj Gölü ise su sıcaklığı, çözünmüş oksijen içeriği, pH, saturasyon, elektriksel iletkenlik değerleri açısından yıl boyu alabalık üretimine uygun bulunmuştur. Alan etrafında baraj gölünde ciddi baskı uygulayacak noktasal ve yayılı kaynakların az olması yıl boyu değerlerin uygun olmasını sağlamaktadır.

Koyunbaba Baraj Gölü yüzey suyunda EC değerleri 456-489 $\mu\text{S/cm}$ arasında gerçekleşirken ortalama 477 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir. Yüzey ve 7 m den gerçekleştirilen ölçümlerde baraj gölünde herhangi bir tabakalaşma gözükmemiştir. Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nde EC değerleri 217 $\mu\text{S/cm}$ ile 288 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiğini, istasyon ve aylar bakımından birbirine yakın değerlerde seyrettiğini; Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde yürüttükleri çalışmada yüzey suyunda 137-224 $\mu\text{S/cm}$ arasında, orta derinliklerde 140-224 $\mu\text{S/cm}$ ve dip suyunda 140-224 $\mu\text{S/cm}$ arasında ölçtüklerini bildirmişlerdir. Aslantürk ve Çetinkaya (2021), Sücüllü Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada örnekleme noktalarında EC değerlerinin 141 ile 424 $\mu\text{S/cm}$ arasında değişim gösterdiğini; Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü'nde yaptığı çalışmada en yüksek EC değerinin 443 $\mu\text{S/cm}$, en düşük EC değerinin ise 220 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçüldüğünü; Tepe vd. (2018), Karkamış Baraj Gölü'nde yıl boyu EC değerlerinin 250-412 $\mu\text{S/cm}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Azot, canlılardaki temel elemanlardan birisi olup, canlıların yapı taşı olan proteinin yapısında yer alan bir elementtir. Büyüme ve üremede görevlidir. Azot, su ortamlarında çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Suda, azot ve fosfor miktarlarında oluşabilecek artış, alglerin aşırı büyümesine ve ötrofikasyona neden olmaktadır. Koyunbaba Baraj Gölü'nde azot fraksiyonları incelendiğinde nitrit, amonyum ve nitrat değerlerinin düşük değerlerde olduğu bununla birlikte Şabanözü Deresi'nde baraj gölüne kıyasla yüksek olduğu bu da burada

azot girdisi olduğunu göstermektedir. Tepe vd. (2018), Karkamış Baraj Gölü'nde yıl boyu TN 0,682-1,696 mg N/L arasında değişim gösterdiğini; Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nde 0,462-3,290 mg N/L (Ort.: 1,297 mg N/L) olarak ölçüldüğünü bildirmişlerdir (Küçükyılmaz vd. 2017). Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde ise TN miktarının yüzey suyunda 0,08-1,13 mg N/L, orta derinliklerde 0,14-0,87 mg N/L ve dip suyunda 0,24-1,83 mg N/L arasında tayin edildiğini; Sesli vd. (2018), Uzunçayır Baraj Gölü yüzey suyunda 0,40 mg N/L-1,940 mg/L (Ort.: 1,16 mg N/L) arasında tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü'nde NH₄ miktarı 0,02-0,49 mg N/L arasında değiştiğini; Küçükyılmaz vd. (2017); Özlüce Baraj Gölü'nde yüzey suyunda NH₄ miktarının 0,0004 mg N/L ile 0,15 mg N/L (Ort.: 0,04) arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Sesli vd. (2018), Uzunçayır Baraj Gölü suyunda NH₄ değerinin 0,001 mg N/L ile 0,126 mg N/L arasında değiştiğini; Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde yüzey suyunda 2-124 µg N/L, orta derinliklerde <0-132 µg N/L ve dip suyunda <0-502 µg N/L arasında geniş bir aralıkta tayin edildiğini bildirmişlerdir. Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nde yüzey suyunda en düşük nitrit azotu miktarı 0,0002 mg N/L olarak Ocak ayında 2. ve 4. istasyonlarda, en yüksek nitrit azotu miktarı 0,0736 mg N/L olarak Haziran ayında 1. istasyonda ölçüldüğünü; Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde nitrit azotu miktarlarının yüzey suyunda <0-18 µg N/L, orta derinliklerde <0-73 µg N/L, dip suyunda ise <0-75 µg N/L arasında tayin edildiğini bazı örnekleme noktalarında III. ve IV. sınıf kalitede gözlenmişse de, ortalama nitrit azotu miktarları bakımından Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine (Anonim, 2021) göre yüzey suyu, orta derinlik ve dip suyu örnekleme noktaları I. ve II. sınıf kalite aralığında kategorize olduğunu bildirmişlerdir. Ermenek Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada en büyük nitrit değeri 0,90 mg N/L ile 4. istasyonda ocak ayında, en düşük değer ise 0.01 mg N/L ile 1. ve 2.

istasyonlarında Kasım ve Mart aylarında ölçülmüştür (Tunca, 2014). Uzunçayır Baraj Gölü'nde en düşük nitrit azotu değeri 0.001 mg N/L olarak Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarında 1.2.3.5. ve 6. istasyonlarda, en yüksek nitrit azotu değeri 0.027 mg N/L olarak Şubat ayında 4. istasyonda ölçülmüş, yıl boyu ortalama değer 0.01±0.000 mg N/L olarak hesaplanmıştır. Ermenek Baraj Gölü'nde nitrat konsantrasyonunun en yüksek değeri 4,60 mg N/L ile 2. istasyonda Ocak ayında, en düşük değer ise 0,03 mg N/L ile 3. istasyonda Aralık ayında tespit edilmiştir (Tunca, 2014). Çat Baraj Gölü'nde nitrat azotu miktarları yüzey suyunda 0,04-0,54 mg N/L, orta derinliklerde 0,04-0,50 mg N/L ve dip suyunda 0,06-1,06 mg N/L arasında tayin edilmiştir. Ortalama nitrat azotu miktarları bakımından Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğine (Anonim, 2021) göre yüzey suyu, orta derinlik ve dip suyu örnekleme noktalarının tamamı Sınıf-I kalite olarak kategorize olmuştur (Demir vd. 2015). Özlüce Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada yüzey suyunda en düşük nitrat azotu miktarı 0,04 mg N/L olarak Haziran ayında 3. istasyonda, en yüksek nitrat azotu miktarı ise 2,33 mg N/L olarak Nisan ayında 1. istasyonda ölçülmüştür. Baraj Gölü'nde ortalama nitrat azotu miktarı 0,88±0,12 mg N/L olarak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliklerine (Anonim, 2021) göre I. sınıf kalitede belirlenmiştir (Küçükyılmaz vd., 2017).

Fosfatta azot gibi büyüme ve üremede görevli önemli bir elementtir. Fosfat, bilhassa fitoplankton ve su bitkileri için çok önemli besin elementlerinden biridir. Zooplankton ve hayvansal su ürünleri açısından da önemli bir yapı taşıdır. Sularda verimliliği belirleyen parametrelerin başında gelir ve sularda çok küçük değerlerde bulunur. Ancak sularda fazla miktarlarda fosfatın bulunması durumunda plankton patlamasına neden olur. Sularda fosfatın kaynağını, su havzasındaki fosfatlı kayaçlar, evsel ve yerleşim birimlerinin atık suları ile fosfat menşeli fabrika atıkları teşkil eder. Aslantürk ve Çetinkaya (2021), Sücüllü Baraj Gölü'nde

yıllık ortalama orto-fosfat değerlerinin 5–38,36 mg/m³ arasında değişim gösterdiğini; 9. istasyonda Temmuz ayında orto-fosfat değerinin 3 mg/m³ olarak belirlendiğini, I ve III. istasyonlar hariç Sücüllü Baraj Gölü'nün ortalama orto-fosfat değerinin 7.89±3.17 mg/m³ olarak hesaplandığını bildirmişlerdir.

Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada orto-fosfat miktarlarının yüzey suyunda <0-15 µg PO₄⁻³-P/L, orta derinliklerde 1-19 µg PO₄⁻³-P/L ve dip suyunda 1-16 µg PO₄⁻³-P/L arasında tayin edildiğini, orto-fosfat miktarlarının değişimi bakımından izlenen istasyonların yüzey, orta derinlik ve dip suyu örnekleme noktaları kendi arasında ve tüm örnekleme noktaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmadığını bildirmişlerdir.

Ayekin vd. (2018), Karakaya Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada TP miktarının Mart ayında daha düşük miktarlarda tayin edildiğini, Temmuz ayında ise en yüksek değerlerde olduğunu kaydetmişlerdir. Bu durumu göllerde ilkbaharla birlikte aşırı alg üremesi sonucu TP artışının, Mayısla başladığını ve alg topluluğunun yaz aylarında en yüksek bolluğa ulaştığı şeklinde (Mart 12,06 mg/m³; Mayıs 13,4 mg/m³; Temmuz 18,05 mg/m³) açıklamışlardır. Tepe vd. (2018), Karkamış Baraj Gölü'nde yapılan çalışmada TP değerlerinin yıl boyu 0,007-0,053 mg P/L arasında değişim gösterdiğini; Tunca (2014), Ermenek Baraj Gölü TP değerinin 0,02 ile 0,42 mg/L arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Tepe vd. (2018), Karkamış Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada Chl-*a* parametresinin 0.075-4.824 µg/L arasında değişim gösterdiğini; Küçükyılmaz vd. (2017), Özlüce Baraj Gölü'nün Chl-*a* miktarı 0,201 µg/L ile 6,182 µg/L arasında değiştiğini, Demir vd. (2015), Çat Baraj Gölü'nde Chl-*a* miktarlarının yüzey suyunda <0-30 µg/L, orta derinliklerde <0-31 µg/L ve dip suyunda <0-25 µg/L arasında tayin edildiğini bildirmişlerdir. Arslantürk ve Çetinkaya (2021), Sücüllü Baraj Gölü'nde yaptıkları çalışmada Chl-*a*'nın ortalama değerlerinin 0,49–2,84 µg/L arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Doğal göllere kıyasla daha düşük yenilenme süresi ve yüksek akıntı varlığı, baraj göllerini kafeslerde balık yetiştiriciliği için tercih edilen üretim alanları durumuna getirmektedir. Gerçekten, 2003 yılında 40 bin ton/yıl olan ülkemiz içsularında alabalık yetiştiriciliği kapasitesinin 10 yıllık bir dönemde iki katından fazla artış göstermesinde, baraj gölü yüzey alanlarının kafeslerde su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerine kazandırılmasının büyük payı vardır. Alabalıklar gibi boyut seçici tercihlere sahip balıklar hasar görmüş peletleri yemezler ve yenmeyen yemler atık olarak çevreye katılır (Beveridge, 1984). Buna bağlı olarak, ilk olarak Vollenweider (1968) tarafından deneysel verilerle tanımlanmış olan ve Dillon ve Rigler (1974) tarafından gölün boyutları, su yenilenme süresi, giren ve sedimentte tutulan fosfor kısmını ilişkilendirerek geliştirilen fosfor yüklenmesi modeli, Beveridge (1984) tarafından yemden yararlanma oranına bağlı olarak göle giren çözülmüş ve katı fosfor eklenmesini fosfor yüklenme modeline bir girdi olarak kullanarak bir doğal göl veya baraj gölünün kafes kültüründen kaynaklanan fosfor yüklenmesini, balık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesini ve kültürü yapılabilecek balık miktarını hesaplayacağı ampirik bir modele dönüştürülmüştür.

Göl yüzey alanının %3 oranında bir kısmının yetiştiricilik faaliyetleri için kullanılacağı planlandığı taşıma kapasitesi yaklaşımına göre, Koyunbaba Baraj Gölü'nde yaklaşık 0,4 km² yüzey alanı yetiştiricilik için kullanılabilir. Ortalama 7 m derinlikli kafeslerde 20 kg/m³ stoklama yoğunluğu ile baraj gölünde 2.500 ton/yıla kadar yetiştiricilik yapılabilir gibi görünmektedir.

5. Sonuç

Koyunbaba Baraj Gölü limnolojik verileri; ortalama derinlik 35 m, yüzey alanı 12,8 km², kabul edilebilir fosfor yükü 35 mg/m³, ortalama fosfor konsantrasyonu 14 mg/m³, yemden yararlanma oranı 1,5 arasında kullanılarak oluşturulan model ile

gölde ağ kafeslerde üretilebilecek yıllık alabalık miktarı 1.200 ton ile 5.400 ton arasında tahmin edilmiştir. Gölün derinliği de dikkate alınarak olabilecek ötrofikasyon durumları ve küresel iklim değişimleri de dikkate alınarak, çevreye zarar vermeden ortalama 2.500 ton/yıl alabalık üretilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Fosfor yüklenmesi model çıktılarına göre Koyunbaba Baraj Gölünün savaktan uzak bölgelerinde derinliğinin az olması dikkate alınarak; üretimin savak bölgesine yakın alanda gerçekleştirilmesi, bununla birlikte Çankırı Karamusa köyünden baraja giriş yapan Şabanözü Deresi'nde zaman zaman mikrobiyolojik yük girdisi görüldüğünden bu bölgede önlem alınması önemlidir.

Etik Standartlara Uygunluk

Çıkar çatışması

Bu araştırma makalesi için gerçek, potansiyel veya algılanan herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar katkısı

- C.B. (%60)
- M. M.S. (%20)
- İ. A. (%20)
- R. G. (%5)
- İ. H.Ö. (%5)

Tüm yazarlar nihai makaleyi okumuş ve onaylamıştır. Metin, Şekil ve Tablolar orjinal ve daha önce yayınlanmamıştır.

Etik onay

Bu makale için etik kurul onayı gerekli değildir.

Finansman

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir.

Proje Numarası
(TAGEM/HAYSÜD/T3/23/A7/P3/6902)

Veri kullanılabilirliği

Geçerli değil.

Yayın için izin

Geçerli değil.

Teşekkür

Yazarlar Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'ne ve Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne müteşekkirdir.

Kaynaklar

Anonim, (2021) Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete, Tarih: 16.06.2021, Sayı: 31513.

APHA, (1995) Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th Edition. American Public Health Association, Washington, DC.

Aslantürk, A., Çetinkaya, O. (2021) Sücüllü Baraj Gölü'nün (Isparta) alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin tahmini. Acta Aquatica Turcica, 17(2): 221-232, <https://doi.org/10.22392/actaquatr.794623>.

Ayekin, B., Yeşilayer, N., Buhan, E. (2018). Karakaya Baraj Gölü (Malatya) ağ kafes sistemlerinde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin tahmini. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), 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.

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. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 57-65.

DSİ, (2023). DSİ, 5. Bölge Müdürlüğü Koyunbaba Barajı verileri, Ankara.

Cho, C.Y., Hynes, J.D., Wood, K.R., Yoshida, H.K. (1994) Development of high-nutrient-dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture*, 124, 293-305. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90403-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90403-0)

Demir, T., Özmen, H., Turan Koçer, M.A., Örnekçi, G.N., Uslu, A.A., Birici, N., Gürçay, S., Şeker, T., Özbey, N., Arısoy, G. (2015) Adıyaman ili Çat Baraj Gölü'nün alabalık yetiştiriciliği açısından, su kalitesinin ve taşıma kapasitesinin belirlenmesi. TAGEM/HAYSÜD/13/A-11/P-01/02-Proje Sonuç Raporu, 2015-Elazığ, 87s.

Dillon, P.J., Rigler, F.H. (1974) A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *Journal Fisheries Research Board Can.*, 31, 1771-1778. <https://doi.org/10.1139/f74-225>

Dillon, P.J., Rigler, F.H. (1975) A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(9),1519-1531. <https://doi.org/10.1139/f75-178>

Egemen, Ö., Sunlu, U. (1996) Su kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:14. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 153s.

Feng, P., Weagant, S.D., Grant, M.A., Burkhardt, W., Shellfish, M., Water, B. (2002) BAM: enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. *Bacteriological Analytical Manual*, 13(9), 1-13.

Küçükylmaz, M., Varol, M., Bekleyen, A., Akgün, H., Örnekçi, G.N., Uslu, A.A., Alpaslan, K., Karakaya, G., Özbey, N., Arısoy, G. (2017) Özlüce Baraj Gölü'nün trofik seviye ve taşıma kapasitesi yönünden araştırılması. TAGEM/HAYSÜD/2015/A11/P-02/8-Proje Sonuç Raporu, 2017-Elazığ, 60s.

Mohamed, I. A., Yurdakul, E., Doğruöz, C. (2023) Koyunbaba Barajı'nın Hidrolojik Davranışının İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(2): 657-667. <https://doi.org/10.35234/fumbd.128421>

7

Molony, B.W., Bird, C., Nguyen, V.P. (2004) The relative efficacy of stocking fry or yearling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) into a large impoundment dominated by redfin perch (*Perca fluviatilis*) in southwestern Australia. *Marine and Freshwater Research*,55,781-785. <https://doi.org/10.1071/MF04119>

Pillay T.V.R. (2004) *Aquaculture and the environment*. Blackwell Publishing, 2nd Edition, UK, pp: 196.

Pulatsü S. (2003) The Application of a phosphorus budget model estimating the carrying capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27(5): 1127-1130.

Sesli, A., Kutlu, B., Bulut, H., Koçer, M.A.T., Tepe, R., Küçükylmaz, M., Kocalmış, A., Karakaya, G., Özbey, N., Gürçay, S. (2018) Uzunçayır Baraj Gölü su kalitesinin trofik seviye ve taşıma kapasitesi yönünden araştırılması. Proje Sonuç Raporu. TAGEM/HAYSÜD/2017/A-11/P-03/1-Elazığ, 59s.

Tepe, R., Karakaya, G., Şahin, A.G., Sesli, A., Küçükylmaz, M., Aksağan, A. (2018) Karkamış Baraj Gölü trofik durumu. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 2(1): 1-3.

TSE, (1989) Su kalitesi, sülfat tayini TS ISO 9280, Ankara.

Tunca, D.A. (2014) Ermenek Barajı'nın su ürünleri açısından incelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 63s.

Türk, İ. (2020) Hasanoğurlu Baraj Gölü'nün alabalık yetiştiriciliği açısından taşıma kapasitesinin tahmini. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 83s.

Vollenweider, R.A. (1968) *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to phosphorus and nitrogen as factors in eutrophication*. Organization for economic cooperation and development, Technical Report Das/CSI/68.27, Paris.