

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

Ekrem Buhan¹ M.A.Turan Koçer² Fatih Polat³ H.Mete Doğan⁴
Saliha Dirim⁵ Emine Turgut Neary¹

1- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü, 60240 Tokat

2- Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü , 07001 Antalya

3- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Almus Meslek Yüksekokulu, 60240 Tokat

4- Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 60240 Tokat

5- Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Müh. ABD., 41400 Kocaeli

Özet: Türkiye'nin diğer baraj göllerinde olduğu gibi, Almus Baraj Gölü'nde de; alabalık yetiştiriciliği hızlı bir artış göstermektedir. Ağ kafeslerde yapılan yetiştiricilik sisteminde en önemli unsurlar; ortamın ekolojik şartlarını oluşturan su kalitesi parametreleri ve çevresel taşıma kapasitesidir. Bu çalışmada Almus Baraj Gölünün bazı su kalitesi parametreleri bir yıl boyunca izlenmiş ve elde edilen sonuçlar gözönüne alınarak gölde alabalık yetiştiriciliği, kaldırma kapasitesi ve gölün trofik seviyesi üzerinde bazı değerlendirmelerde bulunulmuştur. Çalışılan su kalitesi parametrelerinden sıcaklık değerlerinin 5.6 ile 22.8 °C, çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 8.2 ile 11.2 mg/l, pH değerleri 8.3 ile 8.6, seki diski derinliği 200 cm ile 980 cm, nitrit konsantrasyonu 0.005 ile 0.016 mg/l, nitrat konsantrasyonu 0.04 ile 0.38 mg/l, amonyak konsantrasyonu 0.11 ile 0.52 mg/l, ortofosfat fosforu değerlerinin ise 0.009 ile 0.09 mg/l arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Belirlenen kurallara uyulduğunda, Almus Baraj Gölü alabalık yetiştiriciliği için uygun bulunmuş ve fosfora dayalı taşıma kapasitesine göre gölde 5530 ton civarında alabalık yetiştiriciliği yapılabileceği tahmin edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Su kalitesi, kaldırma kapasitesi, kafes kültürü, Gökkuşuğu alabalığı, Almus Baraj Gölü

Evaluation of Almus Dam Lake Water Quality for Trout Culture and Estimating of Carrying Capacity

Abstract: Trout culture has showed a rapid increase in Almus Dam Lake which is similar to the other dam lakes of Turkey. The most important components in net the cage culture systems are the water quality parameters and environmental carrying capacity. In this study, water quality of Almus Dam Lake has been observed for one year period, and some evaluations have been done on trout culture, carrying capacity and trophic level of the lake by considering the obtained results. Studied water quality parameters changed between 5.6 and 22.8 °C in temperature, 8.2 and 11.2 mg/l in dissolved oxygen, 8.3 and 8.6 in pH, 200 cm and 980 in secchi depth, 0.005 and 0.016 mg/l in nitrite, 0.04 and 0.38 mg/l in nitrate, 0.11 and 0.52 mg/l in ammonia, 0.009 and 0.09 mg/l orthophosphate. Complying with determined rules, Almus Dam Lake was found suitable for trout culture and it was estimated that 5530 ton trout culture can be reared in the lake according to carrying capacity depending on phosphorus.

Key words: water quality, carrying capacity, cage aquaculture, Rainbow trout, dam lake of Almus

1. Giriş

Sucul bitki ve hayvanların yetiştiriciliği olan su ürünleri yetiştiriciliği, küresel olarak hızlı gelişen vazgeçilemez bir gıda endüstrisidir. Avcılık yoluyla elde edilen balık miktarının 1975-1995 yılları arasında iki katına çıkması ve küresel olarak deniz balıkları stoklarının %60'ından fazlasının ileri derecede sömürülmüş olması (UNEP, 1997), balık ürünleri arz ve talebi arasındaki açığı azaltma çabasıyla su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişimini hızlandırmıştır (EC, 2000). Toplam üretimdeki payının %8'den % 16'ya artması su ürünleri yetiştiriciliğinin dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı bir yükseliş içerisinde olduğunu göstermektedir (FAO, 2006; TÜİK, 2006).

Ülkemizdeki 1 345 000 ha'lık içsu alanının yaklaşık %32'ini (425 000 ha) DSİ rezervuarları oluşturmaktadır. Baraj gölleri ve göletlerden oluşan bu rezervuarların bilinen inşa amaçlarına ilaveten yeni gelir kaynakları oluşturmak, göçleri önlemek ve deniz kaynaklarından uzak yöre insanların taze ve kaliteli protein ihtiyacını karşılamak vb. gibi yan faydaları da bulunmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği; sağlıklı beslenme, doğal balık stoklarına olan av baskısının azaltılması, istihdam, döviz girdisi ve kırsal kalkınmaya katkı sağlaması gibi yönlerden önemli bir üretim sektörüdür. Bu nedenle dünya hayvansal

* Bu makalede Gaziosmanpaşa Üniversitesi 2004/12 nolu BAB Projesinin verilerinden de yararlanılmıştır

gıda üretim sektörleri arasında en hızlı büyüyen sektör konumundadır (Tüfek ve Yalçın, 2007).

Alabalıkların doğal yaşam ve kültür şartları için geçmişe dönük geniş bir bilgi birikimi vardır. Alabalıklar hem doğal ortamda hemde kültür ortamında çeşitli çevresel etkenlerden (sıcaklık, tuzluluk, pH, ç.oksijen ve amonyak) başta büyüme ve üreme faaliyetleri olmak üzere etkilenmeleri söz konusudur ve bunların uç ve normal sınırları bulunmakta olup, bu çevresel etkenler tek başlarına etkili olabileceği gibi birlikte katlamalı etkide yapabilmektedir. Yetiştiricilik öncesi bu çevresel şartlar iyi bilinmesi gerekmektedir (Molony, 2001). Çevresel şartlardaki değişimler balıkta stres yaparak balığın direncini etkiler ve balığı enfeksiyonlara karşı hassaslaştırır. Bunlar genel stres yapıcı etmenler olup; kötü su kalitesi, yoğun stoklama, müdahale ve hastalık tedavisinde kullanılan ilaçlar en önemlileridir. Stres genelde ölümle sonlanır, ancak davranış değişikliği, kötü iştah, büyüme, direnç düşmesi, ilave streslere karşı koyamama gibi direnme seviyeleri yaşanır (Edmonson, 1991).

Karasal hayvan çiftlikleri gibi su ürünleri yetiştiriciliği de, ticari üründe artış sağlamak için hayvanların beslenerek büyütülmesine dayanır. Su ürünleri yetiştiriciliği ile ilişkili temel kaygı, organik atık üretimidir. Alabalık yetiştiriciliği metotlarının tümü, balık dışkı ve tüketilmeyen yemden kaynaklanan çeşitli atıklar üretir (Beveridge, 1984). Balık çiftliklerinin uygulamalarına bağlı olarak, beklenen atık miktarını tahmin etmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Tüm çalışmalar kullanılan yem miktarı ile atık çıkışı arasında bir ilişki olduğuna göstermektedir. Clark ve ark. (1985), balık büyüklüğü ile atık üretiminin ters orantılı olduğunu ve ana kirleticilerin amonyum (0.3-0.8 g/kg balık/gün), fosfat (0.067-0.17 g/kg balık/gün), nitrat (0.13-0.21 g/kg balık/gün) ve askıda katı madde (0.8-0.94 g/kg balık/gün) olduğunu bulmuştur. Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkileri yetiştiricilik yöntemine ve uygulamalarına, bölgenin hidrografisine, stok yoğunluğuna ve yem tipine sıkı sıkıya bağlıdır (Wu, 1999).

Çevresel kapasite; diğer adıyla alabilme, hazmedebilme, kaldırabilme kapasitesi, “belirli bir aktiviteye bu aktivitenin hızına kabul edilemez ölçüde zararlı etki görülmeden tahammül edebilme ölçüsü” olarak

tanımlamaktadır. Yani ekosistemin atık maddelerin belirli konsantrasyonlarıyla, belirgin zararlı bir etki ortaya çıkmadan baş edebilme kapasitesinin ifade eden bilimsel bir anahtardır (FAO, 1996; 1997). Su kalitesi modelleri çeşitli su kaynaklarının özelliklerini, noktasal veya dağınık kaynakların neden olduğu alıcı su kalitesini tahmin ederler (Şen ve Koçer, 2003). İç sularda kafes kültürünün çevresel etkisini tahmin etmek için kullanılan modellerin durum değişkenleri kültür metoduna göre değişiklik göstermektedir. Yoğun kafes kültürü için özellikle sisteme giren fosfor yükü kullanılırken, yarı yoğun ve yoğun olmayan kafes kültür metotları için sistemin birincil üretiminden yararlanılması önerilmektedir. Böylece entansif yetiştiricilikte çevreye yemle giren ne kadar fosforu sistemin taşıyabileceği ve ne kadar balık üretimi yapılabileceği tahmin edilebilir (Beveridge, 1984). Bu modeller birçok veritabanı kullanılarak ayarlanmış, test edilmiş ve doğrulanmıştır (Beveridge, 1987). İç sularda kafes kültürü taşıma kapasitesini tahmin etmek için, Dillon and Rigler (1974) tarafından geliştirilen fosfor kütle dengesi modeli; ılıman ve tropikal bölgelerin sığ, derin göl ve baraj göllerinde kullanılarak da test edilmiştir (Mueller, 1982).

2007 yılı istatistik verilerine göre, Türkiye'nin 772 bin ton olan su ürünleri üretiminin 140 bin tonu (%18) yetiştiricilikten elde edilmektedir. Bu üretim değerinin ise 58 bin ton'u (%44) alabalık üretiminden kaynaklanmakta olup, üretim değeri 260 milyon TL civarındadır. Tokat ilinde 355 ton alabalık üretilmekte (%0.006) ve 2 milyon TL (%0.007) üretim değerine ulaşılmaktadır (Anonim, 2008). Bu değerlerin tamamına yakını 3300 hektarlık Almus Baraj Gölünden elde edilmektedir. Tokat İli ve Almus Baraj Gölü üretim potansiyeli dikkate alınarak bu değerler onlarca kat arttırılabilir bir durum sergilemektedir. Su kaynakları açısından ülkemizde ilk sıralarda yer alan Tokat ili, bu zenginliğini balık üretimine yansıtamamıştır. Bu noktadan hareketle; sulama, taşkın ve enerji amaçlı olarak, 1960 yılında kurulan 3300 hektarlık Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından uygunluğu ve taşıma kapasitesini ortaya koymak bu çalışmanın amaçlarını oluşturmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Almus Baraj Göl'ündeki beş adet alabalık çiftliğini temsilen gölde belirlenen istasyonlarda su kalitesi parametreleri (sıcaklık, bulanıklık, çözülmüş oksijen, seki derinliği, amonyak azotu (NH₃-N), nitrit azotu (NO₂-N), nitrat azotu(NO₃-N), ortofosfat fosforu-(PO₄³⁻-P) 2006-2007 yılı boyunca aylık periyotlarla izlenmiştir.

Su örneklemeleri ve yerinde ölçümde; yüzey suyunu temsilen 30 cm yüzey altı sudan 1000 ml'lik ışık geçirmez plastik şişelere alınan sular birkaç saat içinde laboratuara taşınarak analize tabii tutulmuştur. Sıcaklık ve çözülmüş oksijen YSİ 85D taşınabilir çoklu parametre ölçüm cihazı, pH ölçümleri ise WTW Multi 340İ taşınabilir çoklu parametre ölçüm cihazı ile yerinde problu sistemler ile gerçekleştirilmiştir. Seki derinliği ölçümünde ise 25 cm çaplı siyah-beyaz parçalı

$$\Delta[P] = \frac{L_B - (1 - R_B)}{\bar{z} \cdot \rho} = L_B = \frac{\Delta[P] \cdot \bar{z} \cdot \rho}{1 - R_B} \quad (L: \text{toplam fosfor yüklenmesi (g/m}^2\text{yıl}^{-1}\text{)},$$

z: ortalama derinlik(m), ρ : göl suyu yenilenme süresi (yıl⁻¹), R:sediment tarafından tutulan fosfor kısmı)

Bu araştırmaya esas teşkil eden arazi çalışmalarında göl üzerinde belirlenen istasyonlarda GPS kullanılarak coğrafik referanslı arazi örnekleme yapılmıştır. Elde edilen veriler daha sonra Microsoft-Excel'e girilerek göl uzaysal veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanı CBS ortamında Kriking (spherical variogram) metodu kullanılarak çözülmüş oksijen ve sıcaklık değişkenlerinin (dört mevsim) alansal dağılım haritalarına başka bir deyişle kareler ağı (raster veya grid) haritalarına dönüştürülmüştür. Çalışmamızda bu dönüştürme işlemi ARCGIS 9.1 (ESRI 2004, 2005) coğrafi bilgi sistemleri yazılımında gerçekleştirilmiş ve çözülmüş oksijen ve sıcaklık haritaları elde edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Bazı Su Kalitesi Bulguları

Almus Baraj Gölü yüzey suyu sıcaklık değerlerinin 5.6 ile 22.8 °C arasında değişim gösterdiği en yüksek değer Eylül, en düşük değer ise Mart ayında gerçekleştiği, çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 8.2 ile 11.2 mg/l arasında değişim göstermiş, en yüksek Ağustos, en düşük Eylül ayında

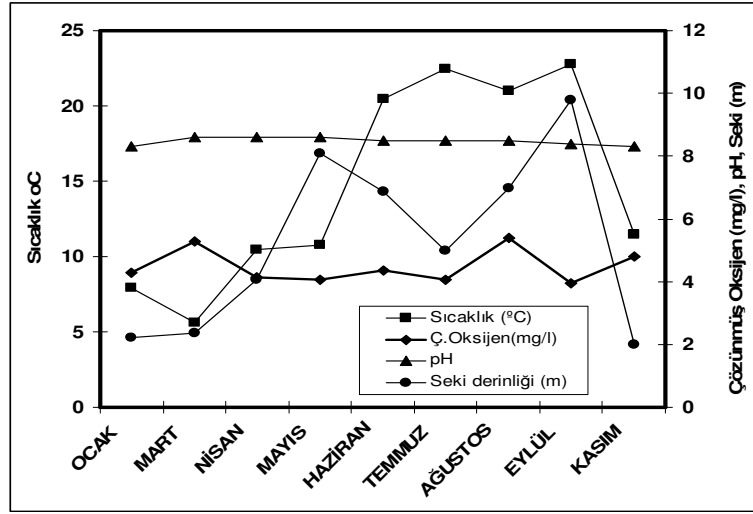
seki disk tercih edilmiştir (APHA,1995). Spektrofotometrik analizlerde (nitrit azotu, nitrat azotu, amonyak azotu ve ortofosfat fosforu); "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater" (1995)'de verilen yöntemler takip edilmiş (APHA, 1995), ve tayinlerde Hach DR/2400 Spektrofotometre kullanılmıştır. Kimyasalların su analizlerinde kullanımı EPA tarafından kabul görmüştür (EPA, 2007).

Taşıma kapasitesinin tahmininde; bir su kütleindeki toplam fosfor konsantrasyonuyla ilgili Vollenweider'in ait 1968'de geliştirilen orijinal model; Dillon ve Rigler (1974) tarafından su yenilenme süresi, giren fosfor ve sedimentte tutulan fosfor ilişkilendirerek oluşturduğu fosfor yüklenmesi modeli bu çalışmada kullanılmış ve aşağıdaki formülde sunulmuştur.

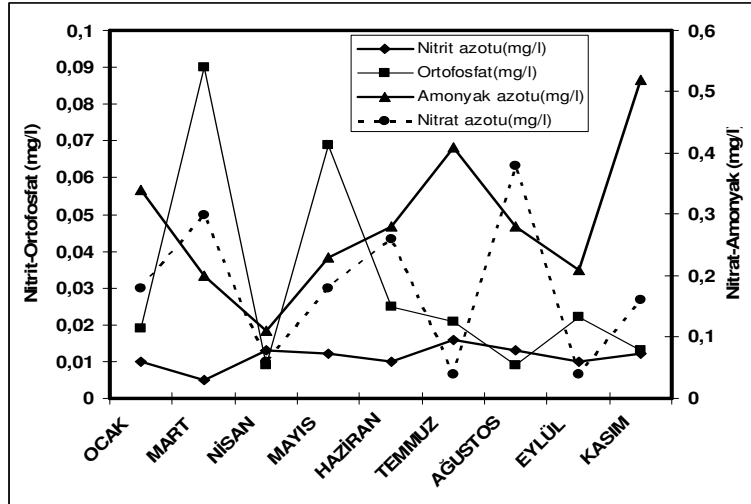
saptanmıştır. pH değerleri 8.3 ile 8.6 arasında değiştiği en yüksek pH bahar aylarında, en düşük pH ise kış aylarında ölçülmüştür. Seki diski görünürlüğü 200 cm ile 980 cm arasında değişim göstermiş ve en yüksek Eylül ayında, en düşük ise Kasım ayında ölçülmüştür. Göl suyunun ölçülen fizikokimyasal bulguları Çizelge 1 ve Şekil 1'de verilmiştir. Almus Baraj Gölü yüzey suyu nitrit konsantrasyonu 0.005 ile 0.016 mg/l arasında değişim göstermiş ve en yüksek nitrit Temmuz ayında, en düşük nitrit ise Mart ayında bulunmuştur. Nitrat konsantrasyonu 0.04 ile 0.38 mg/l arasında değişim gösterdiği ve en yüksek Ağustos ayında, en düşük ise Temmuz ayında ölçülmüştür. Amonyak konsantrasyonu ise 0.11 ile 0.52 mg/l arasında değişmiş ve en yüksek Kasım ayında, en düşük ise Nisan ayında saptanmıştır. Ortofosfat fosforu (PO₄-P); değerlerinin 0.009 ile 0.09 mg/l arasında dağılım gösterdiği en yüksek değerlerin ağustos ayında, en düşük değerlerin ise mart ayında gerçekleştiği saptanmıştır. Göl suyunun ölçülen fizikokimyasal bulguları Çizelge 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Almus Baraj Gölünde ölçülen bazı su kalitesi değerleri

	Sıcaklık (°C)	Ç.Oksijen (mg/l)	pH	Seki Derinliği (m)	Nitrit Azotu (mg/l)	Nitrat Azotu (mg/l)	Amonyak Azotu (mg/l)	Ortofosfat Fosforu (mg/l)
Ocak	7.9	8.9	8.3	2.20	0.01	0.18	0.34	0.019
Mart	5.6	11.0	8.6	2.35	0.005	0.30	0.20	0.090
Nisan	10.5	8.6	8.6	4.05	0.013	0.06	0.11	0.009
Mayıs	10.8	8.5	8.6	8.10	0.012	0.18	0.23	0.069
Haziran	20.5	9.1	8.5	6.85	0.01	0.26	0.28	0.025
Temmuz	22.5	8.5	8.5	5.00	0.016	0.04	0.41	0.021
Ağustos	21.0	11.2	8.5	6.98	0.013	0.38	0.28	0.009
Eylül	22.8	8.2	8.4	9.80	0.010	0.04	0.21	0.022
Kasım	11.5	10.0	8.3	2.00	0.012	0.16	0.52	0.013
En yüksek	22.8	11.2	8.6	9.8	0.016	0.38	0.52	0.090
En düşük	5.6	8.2	8.3	2.0	0.005	0.04	0.11	0.009
Ort.± S.Sap.	14.8±6.7	9.3±1.1	8.5±0.1	5.25±2.5	0.011±0.003	0.18±0.12	0.29±0.09	0.031±0.028



Şekil 1. Almus Baraj Gölünde ölçülen yüzey suyu fizikokimyasal değerlerinin aylık değişimleri



Şekil 2. Almus Baraj Gölünde ölçülen yüzey suyu bazı su kalitesi değerlerinin aylık değişimleri

3.2. Taşıma Kapasitesi Bulguları

Almus Baraj Gölünün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesi 5536 ton/yıl

tahmin edilmiştir. Kullanılan formüller, simgeler ve açıklamalar ile elde edilen bulgular Çizelge 2’de özetlendiği gibidir.

Çizelge 2. Almus Baraj Gölünün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesi bulguları

Göl alanı (m ²)	A	313x10 ⁵ m ²
Göl hacmi (m ³)	V	950x10 ⁶
Çıkan su hacmi (m ³ /yıl)*	Q	750x 10 ⁶
Ortalama derinlik (m)	$\bar{z} = V/A$	30.351 m
Yenilenme süresi (1/yıl)	$\rho = Q/V$	0.789
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	$L_B = \Delta [P] \cdot \bar{z} \cdot \rho \cdot A / (1-R_B) \cdot 10^6 \cdot P_{\text{çevre}}$	
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 (ortofosfat ölçümünden): 0.031 mg/l= 31 mg/m ³	
P _{çevre} : P _{yem} - P _{balık} : 18.75 - 4.80: 13.95 kg P/ton balık (Almus Baraj Gölü çiftliklerinde yemden yararlanma oranı 1.25 kabul edilmiştir, YYO=1.25)		
Fosfor yüklenmesi (mg/m ³): Δ[P] (kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyon [P _f] ile kafes kültüründen önceki ölçülen fosfor konsantrasyon [P _i] arasındaki fark) Δ[P] = [P _f] - [P _i] = 45-31 = 14	Kabul edilebilir fosfor konsantrasyonu oligotrof yapıdan ötrofa doğru 30 mg/l ile 60 mg/l olarak varsayılmaktadır. Almus Baraj Gölünün yapısı ağırlıklı mesotrof olması nedeniyle 45 mg/l varsayılmıştır. Kaldırma kapasitesi tahmini: 5536 ton/yıl	

*EÜAŞ Almus Müdürlüğünden 2008 yılında alınan akım verilerinden üretilmiştir

4. Tartışma ve Sonuç

4.1. Gölün Trofik Yapısı ve Su Kalitesi

Göllerin trofik seviyesi, söz konusu ekosistemin temel ekolojik karakterini ortaya çıkarması yanında; su ürünleri yetiştiriciliği stratejilerinin belirlenmesinde de en temel ölçüttür. Çizelge 3’de verilen trofi seviyelerinin tümünü kapsayan bir veri mevcut olmamasına karşılık gölün seki derinlikleri ile fosfor değerleri (Çizelge 1) göz önüne alındığında OECD (1982) ve Hakanson and Jansson(1983)’in kategorilerine göre gölün ağırlıklı mesotrofik yapıda olduğunu, kışın oligotrofiye yazın ise ötrofiye kaydığını söylemek mümkündür. OECD (1982) ve Hakanson and Jansson (1983)’un kategorilerindeki balık türlerine bakıldığında ise doğal olarak alabalık gölde bulunmamasına karşılık aşılana ve çiftliklerden kaçan alabalıkların gölde yaşam ortamı bulması yine beyazbalık karakterindeki sazangillerin gölde ağırlıklı olması da gölün ağırlıklı mesotrofik karakterde olduğunu göstermektedir. Keza bu durum gölün; oligotrofiden ötrofiye uzanan değişken trofi seviyesine sahip olduğunu da ortaya koyan diğer bir işarettir. Daha sonra Almus Baraj Gölü ile ilgili Polat (2009) tarafından su kalitesi ile ilgili yapılan çalışmada da benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Gölün su

sıcaklığı değerlerinin yaz mevsimi hariç düşük; çözülmüş oksijen değerlerinin ise yıl boyu yüksek olması ile ilginç trofi yapısı doğal balık stoklarının gelişimi için iyi bir ortam yaratmakta, gölde değişik karakterde balık türlerinin gelişimine zemin hazırlamaktadır. Göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerine göre toplam fosfor 0.1 mg/l’yi geçmemelidir (SKKY, 1988). Bu açıdan değerlendirildiğinde ise Almus Baraj Gölünün ortofosfat fosforu değerleri (min.0.009, maks.0.090, ort.0.031 mg/l) ötrofikasyon sınır değerlerinin altındadır. Yine Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 1988) ortofosfat değerlerine göre (kıta içi sular I.sınıf 0.02 mg/l, II.sınıf 0.16 mg/l, III.sınıf 0.65 mg/l ve IV.sınıf 0.65 mg/l’nin üzeri); Almus Baraj Gölü suyu 1. ve 2.sınıf su kalite kriterleri arasında değişim göstermektedir.

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).

Alabalıklar, kuzey yarım kürenin soğuk ve ılıman bölgelerin yerli balıkları olmasına karşılık, birkaç türü sıcak ortamlara da yaygın olarak taşınmışlardır. Örneğin Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) birçok ülkeye giriş yapmıştır (Molony ve ark., 2004). Bu durum Gökkuşuğu alabalığının geniş ekolojik şartlara uyum gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

Almus Baraj Gölü su kalitesi alabalık yetiştiriciliği açısından oldukça iyi fırsatlar sunmaktadır. Göldeki birçok çiftlikte yem

değerlendirme oranı 1:1-1.25 arasında değişmesi ve yılda iki hasat yapılabilme durumu; göl su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği için iyi nitelikler taşıdığını göstermektedir. Gölün su kalitesini ayrı ayrı irdelediğimizde; Sıcaklık; 5.6 ile 22.8 °C arasındaki su sıcaklığı değişimi iyi bir planlama ile ilk ve sonbahar mevsimlerinde yılda iki kez alabalık hasatı yapılmasına izin vermektedir. Çizelge 1 ve Şekil 1'deki sıcaklık değerlerine bakıldığında Çizelge 4'de Molony (2001), FAO (12-21 °C) ve Robert and Shepherd(1997)'un (ort.16 °C) bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Ancak 20 °C'in üzerine çıkılan Temmuz-Eylül ayları arasında çevresel yönetime son derece dikkat edilmesi gereklidir.

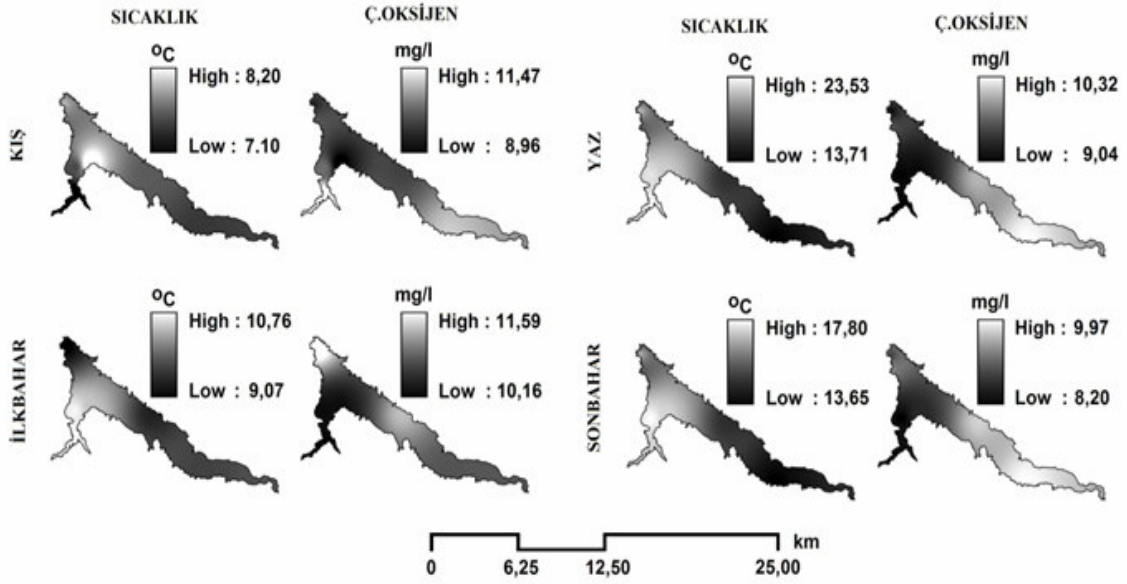
Çizelge 3. Farklı trofik kategorilerdeki göllerin karakteristik özellikleri (OECD,1982; Hakanson and Jansson,1983).

Trofik Seviye	Seki Diski Görünürlüğü (m)	Klorofil-a (mg/m ³)	Top-P (mg/l)	Top-N (mg/l)	Baskın Balık Türleri
Oligotrofik	>5	<2.5	<0.01	<0.35	Alabalık, Beyazbalık
Mesotrofik	3-6	2-8	0.008-0.025	0.3-0.5	Beyazbalık, Sudak
Eutrofik	1-4	6-35	0.02-0.1	0.35-0.6	Sudak, Kızılgöz
Hipertrofik	0-2	30-400	>0.08	>0.6	Kızılgöz, Çapak
Almus Baraj Gölü	2.0-9.8	-	0.009-0.090	-	Sazangiller-Alabalık

Çözünmüş oksijen; Çizelge 1 ve Şekil 1'deki çözünmüş oksijen değerlerine (ort.14.8, min.8.2, maks.11.2 mg/l) bakıldığında Çizelge 4'de Molony (2001), Robert and Shepherd (1997)'un (5 mg/l fazla) bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Gölün çözünmüş oksijen değerleri doygunluk derecesinde olup, alabalık kültürü için oldukça iyi bir tablo ortaya çıkmaktadır. pH; Çizelge 1 ve Şekil 1'deki pH değerlerine (ort.8.5, min.8.3, maks.8.6) bakıldığında Çizelge 4'de Molony (2001), FAO ve Robert and Shepherd (1997) 'un (6.4-8.4) bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Gölün pH değerleri alabalık kültürü için oldukça iyi düzeydedir. Nitrit (NO₂-N); Çizelge 1 ve Şekil 2'deki nitrit değerlerine (ort.0.011, min.0.003, maks.0.016 mg/l) ve Edmonson (1991)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerlere; büyük oranda uyum göstermektedir. Gölün nitrit değerleri alabalık kültürü için sorun

oluşturacak kadar yüksek düzeyde değildir. Nitrat (NO₃-N); Çizelge 1 ve Şekil 2'deki nitrat değerlerine (ort.0.18, min.0.04, maks. 0.38 mg/l) bakıldığında Çizelge 4'de Molony (2001) ve Edmonson (1991)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliği için uygun değerler yakın olmakla birlikte, sınır değerler kısmen aşılmaktadır. Ancak gölün nitrat değerleri alabalık kültürü için sorun oluşturacak kadar yüksek düzeyde değildir.

Amonyak (NH₃-N); Çizelge 1 ve Şekil 2'deki amonyak değerlerine (ort.0.29, min.0.11, maks.0.52 mg/l) bakıldığında Çizelge 4.'de Molony (2001), Roberts ve Shepherd(1997) (0.02 mg/l'den az) ve Edmonson (1991)'un bildirdiği değerlerin alabalığın gelişimi için uygun sınır değerleri aştığı görülmektedir. Ancak gölün amonyak değerleri alabalık yaşamı için sorun oluşturacak kadar yüksek düzeyde değildir. Sertlik (mg/l –kalsiyum); Gölün su sertliği hafif sert sular grubuna girmekte olup, 17 mg/l bulunmuştur. Bu değer Çizelge 4'de Molony (2001) ve Edmonson (1991)'un bildirdiği alabalık yetiştiriciliğinde balığın gelişimi için uygun sınır değerler içinde kalmaktadır.



Şekil 3. Almus Baraj Gölünde Sıcaklık ve Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Mevsimlere Bağlı Uzaysal Dağılımı

Çizelge 4. Kültür alabalıklarının iyi gelişimi ve hayatta kalması için gerekli su kalitesi sınırları (Molony, 2001' den uyarlanmıştır).

Parametre	Sedgwick (1985)	Stevenson (1987)	Barton (1996)	Wedemeyer (1996)	Brannon (1991)	Almus B.Gölü
Sıcaklık(°C)	10-15 (G) en iyi 21 altı, >25-27 letal(S)	10-16 (G) en iyi 20 altı, >25 letal (S)	10-22 (G) >26,5 letal (S)		9-16 (G) <26 (S)	5.6-22.8
Tuzluluk ‰			0-30 (S)			-
pH	7-7.5 (G) 6'dan az olamaz(S)	7-7.6 (G) 6'dan az olamaz (S)	6.5-8 (G) 6'dan az olamaz (S)	7-8 (G) 6-9 (S)	6.7-8.5 (G)	8.3-8.6
Ç.Oksijen (mg/l)				>7 (S)	7 (G)	8.2-11.2
Sertlik mg/l (kalsiyum)	>150 (G)		10-400 (G)	50-200 (S)	>50 en iyi (G) 4-160 (S)	17 mg/l
Amonyak NH ₃ -N mg/L	< 0.0125 (G) < 1.8 (S)	Smith and Piper (1975) in Soderberg <i>et al.</i> (1983) (Balıkçılık Bölümü, balık sağlığı kayıtları, B.Jones personel bildirişi)				0.11-0.52
Nitrit NO ₂ -N mg/l	< 0.000012 (G) < 0.23 (S)	Westin (1974) Birkbeck (1973) in Brown and Mcleay (1975)				0.005-0.016
Nitrat NO ₃ -N mg/l	< 0.025 (G) < 0.25 (S)	Westin (1974)	G: gelişme sınırları, S: hayati sınırlar			0.04-0.38

4.2. Çevresel Etkiler ve Taşıma Kapasitesi

Su ürünleri yetiştiriciliği kültürü yapılan türe, coğrafi konuma ve sosyo-ekonomik koşullara göre değişir. Bununla birlikte, yetiştiriciliği yapılan tüm su ürünleri türleri, doğal kaynakların ve biyolojik sistemlerin kullanımına bağlıdır. Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinin çoğu, üretim için besin maddesi ve enerji teminine dayanır. Böylece atık besin maddesi ve enerji üretir. Bu nedenle diğer kullanıcılar gibi su ürünleri yetiştiriciliği de, yararlandığı yüzey suları üzerinde çeşitli etkilere neden olur (Frankic and Hershner,

2003). Yem ve yeme dayalı dışkı atıkları sediment tabakasında birikirken, çözülebilir atıklar su kolonunda dağılır. Genel olarak yetiştiricilik sistemine yem olarak giren fosforun % 85 kadarı, karbonun % 80-88'i ve azotun % 52-95'i metabolik atıklar (dışkı, solunum, salgı) ve yem israfı olarak çevreye verilmektedir (Tsutsumi ve ark., 1991). Su ürünleri yetiştiriciliği ile ilişkili temel kaygı, organik atık üretimidir. Alabalık yetiştiriciliği metotlarının tümü, balık dışkısı ve tüketilmeyen yemden kaynaklanan çeşitli atıklar üretir (Beveridge, 1984). Balık çiftliklerinin

uygulamalarına bağlı olarak, beklenen atık miktarını tahmin etmek için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Tüm çalışmalar kullanılan yem miktarı ile atık çıkışı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Clark ve ark. (1985), balık büyüklüğü ile atık üretiminin ters orantılı olduğunu ve ana kirleticilerin amonyum (0.3-0.8 g/kg balık/gün), fosfat (0.067-0.17 g/kg balık/gün), nitrat (0.13-0.21 g/kg balık/gün) ve askıda katı madde (0.8-0.94 g/kg balık/gün) olduğunu bulmuştur (Foy ve Rosell, 1991).

Bu çalışmada; 3130 hektar yüzey alanına, 33.4 m ortalama derinliğe ve 0.79 yıllık su yenilenmesi oranına sahip Almus Baraj Gölünün taşıma kapasitesini 5536 ton/yıl alabalık olarak tahmin etmiştir. Tahminde Dillon ve Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmıştır.

Büyükçapar ve Alp (2006) Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölünün kaldırma kapasitesini 6998 ton/yıl alabalık olarak tahmin etmiştir. Dillon and Rigler (1974) 'in fosfor yüklenmesi modeli kullanılmış ve 4200 ha yüzey alanına, 33.7 m ortalama derinliğe ve 0.51 yıllık su yenilenmesi oranı ile Almus Baraj Gölü şartlarına benzeşen Menzelet Baraj Gölü sonuçları ile bu çalışma sonuçları arasında uyum bulunmaktadır. 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. Bu çalışmada fosfor miktarı Almus Baraj gölüne göre yüksektir. Dillon and Rigler (1974) tarafından ılıman bölge gölleri için

kabul edilebilir maksimum fosfor konsantrasyonuna (60 mg/m³) dayanarak, yemden yararlanma oranının 1.24 üzerinden taşıma kapasitesinin 3335 ton/yıl olacağını tahmin etmiştir. Polat (2009) aynı metodoloji kullanılarak yemden yararlanma oranını 1:1-1.5 arasında hesaplayarak Almus baraj gölü için 4023-6981 ton/yıl değerleri arasında bir kaldırma kapasitesi tahmin etmiş olup, ortalama değer göz önüne alındığında bu çalışma ile benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Yine Polat (2009)'un çalıştığı su parametrelerine göre gölü mesotrof ile ötrof arasında göstermesi, kalite kriterlerini ise I. ve II. sınıfa dahil etmesi bu çalışma ile uyumludur.

Kullanılan modellerin tahmin hataları alanı geniştir. OECD (1982) verilerin ±%20 hatalı olabileceğini ileri sürerken, Rechow (1983) su kütlesinin üst havza karakteristikleri ve hidrolojik değişkenlerden fosfor konsantrasyonunun tahmininin çoğu zaman ± %30 hataya neden olabileceğini bildirmiştir. Bu noktadan hareketle ve Almus Baraj Gölünün Yeşilirmak üst havzasında yer alması nedeniyle yaklaşık 300 km' lik alt havzada çevresel sorunlar oluşturulmaması, bölgenin turistik potansiyelinde dikkate alınarak; sektörel çatışmalara fırsat vermemek için gölün beşbin tonluk kaldırma kapasitesine uyulması ve üç bin ton kapasiteye ulaşılmasını takiben ötrofikasyon izleme programının oluşturulması gerekmektedir.

Sonuç olarak; Almus Baraj Gölü su kalitesi; alabalık kültürü ve alabalıkların yaşam sınırları için genelde uygun özelliklerde olup, üretim planlamasında yılda iki kez (ilkbahar ve sonbahar) fingerling boyu veya 20-30 g'lık yavru balıkların kafeslere konularak büyütülmesi, sindirim oranı yüksek yemler kullanılması, kış ve yaz mevsimlerinde kısmi nadas (stok yoğunluğu, yemleme sıklığı ve çevresel yönetim) uygunlanması sonucunda başarılı bir işletmecilik yapılabileceği öngörülmüştür.

Kaynaklar

- Anonim, 2008. Su Ürünleri Üretim, Fiyat ve Üretim Değeri İstatistikleri 2007. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, TÜGEM, Ankara.
- APHA, 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. American Public Health Association, Washington, DC. 1075 pp.

- 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 p.

- Buyukcapar, H.M. and A.Alp. 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.
- Clark, E.R., Harman, J.P. and Forster, J.R.M. 1985. Production of metabolic and waste products by intensively farmed rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 27:381-393.
- Dikel, S., 2005. Kafes Balıkçılığı. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fak., 212 s.
- 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.
- EC, 2000. Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin Contamination of Feeding stuffs and their Contribution to the Contamination of Food of Animal Origin. European Commission, Health & Consumer Protection Directorate-General, 105pp.
- Edmonson, J. 1991. Environment And Fish Health Water Quality for Aquaculture. Training Course On Disease Diagnosis And Prevention, Bodrum, November 17-30 1991.FAO Corporate Document Repository, Fisheries Department, 32 p.
- EPA, 2007. Federal Register, Rules and Regulations, Vol.72, No:47.
- ESRI, 2004, ArcGIS 9, Geoprocessing in ArcGIS. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- ESRI, 2005, ArcGIS 9, What is in ArcGIS 9.1. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, U.S.A.
- 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, 1997. Technical Guidelines for Responsible Fisheries-5, Food and Agriculture Organization, Rome, 40pp.
- FAO, 2006. Global Fishery Statistics. www.fao.org/figis/
- Foy, R.H. and Rosell, R. 1991. Fractionation of phosphorus and nitrogen loadings from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 96: 31-42.
- Frankic, A. and Hershner, C. 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. *Aquaculture International*, 11: 517-530.
- Hakanson, L. and Jansson, M. 1983. Principles of lake Sedimentology, -Springer, 316 p., Berlin.
- Molony, B.W., 2001. Environmental requirements and tolerances of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: a review. *Fish. Res. Rep. West. Aust.* 130 (28 pp.).
- Molony, B.W., Church, A.R., Maguire, G.B. 2004. A comparison of the heat tolerance and growth of a selected and non-selected line of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, in Western Australia. *Aquaculture* 241 (2004) 655-665.
- Mueller, D.K., 1982. Mass balance model estimation of phosphorus concentrations in reservoirs. *Water Res. Bull.*, 18: 377-382 pp.
- OECD, 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. 154 p., Paris.
- Polat, F. 2009. Almus Baraj gölünde Bazı Fizikokimyasal Parametrelerin Coğrafik Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi ve Gölün Fosfor Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 139 s., Elazığ.
- 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 pp.
- Rechow, K.H., 1983. A method for the reduction of lake model prediction error. *Water Res.*, 17: 911-916 pp.
- Roberts R.J. and Shepherd J.C., 1997. Handbook of Trout & Salmon Diseases. Fishing News Boks, ISBN: 0-85238-244-8.
- SKKY (Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği), 1988. TKB, Ankara
- Şen, B. ve Koçer, M.A.T., 2003a. Ekolojik Modelleme ve Su Kalitesi Modelleri, XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül 2003, 573-581 s., Elazığ.
- TÜİK, 2006. Su Ürünleri İstatistikleri, Kültür Balıkları Üretimi. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikCizelge.do?istab_id=147
- Tüfek, M.Ö. ve Yalçın, N. 2007. Rezervuarlarda Su Ürünleri Yetiştiriciliği, *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, Yıl 3-5, Sayı 5-8, Sayfa 704-716.
- Tsutsumi, H., Kikuchi, T., Tanaka, M., Higashi, T., Imasaka, K. and Miyazaki, M., 1991. Benthic faunal succession in a cove organically polluted by fish farming. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.23:233-238 pp.
- UNEP, 1997. Global Environment Outlook (GEO-1). United Nations Environment Programme, Global State of the Environment Report. <http://www.unep.org/geo/geo1/>
- 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.
- Wu, J-T., 1999. A generic index of diatom assemblages as bioindicator of pollution in the Keelung River of Taiwan. *Hydrobiologia*, 397:79-87.