



Ekoloji
14, 53, 9-17
2004

Atatürk Baraj Gölünde Alabalık Üretimine Oluşturduğu Kirlilik Yükünün Araştırılması

Ayşe Dilek SINANMIŞ ATASOY, Suat ŞENEŞ

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
Osmanbey Kampüsü, ŞANLIURFA

Özet

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Bozova Su Ürünleri Meslek Yüksek Okulu denetiminde Gökkuşuğu alabalığı (*Onchorynchus mykiss*, Walbaum 1792) üretimi yapılan kafeslerin bulunduğu ortamdaki göl suyunun özellikleri incelenmiştir. Amaç, kafeslerde alabalık üreticiliği sebebiyle ortamda meydana gelecek olumsuzlukların belirlenmesidir.

Bu amaçla 2000 yılında Mart-Ağustos ayları arasında numune alımı gerçekleştirilmiştir. Referans olarak alabalık yetiştirilebilirliğinin araştırıldığı bir çalışmadan alınan ve ortamda henüz kafeslerin bulunmadığı dönemde yapılmış olan 1995-1996 yılı analiz sonuçları kullanılmıştır. Su numuneleri sıcaklık, pH, iletkenlik, çözülmüş oksijen, bulanıklık, toplam fosfor, nitrat, nitrit, amonyak, sülfat, fosfat ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri açısından analiz edilmiştir.

Sonuçlar, özellikle ortamda kullanılmadan kalan yemden ve balıkların metabolik faaliyetleri sonucu oluştuğu düşünülen atıklardan kaynaklanabilecek bir kirliliğin başlangıcını ortaya koymaktadır. pH dikkate alındığında kıta içi su kaynakları kalite sınıfı olarak ortam, III. sınıf bir kaynak olarak kabul edilebilir. Toplam fosfor değeri 2,37 mg/L ile ortam IV. sınıf kaynak özelliği göstermektedir. Amonyak konsantrasyonu, ortalama 1,29 mg/L değeri ile ortamda balıklar için toksik düzeydedir. Nitrit konsantrasyonu açısından 0,07 mg/L ile ortam IV. sınıf, nitrat konsantrasyonu açısından ise 9,20 mg/L değeri ile yaklaşık II. sınıf bir kaynak durumundadır. Dolayısıyla su kalite parametreleri içerisinde pH, toplam fosfor, amonyak, nitrit ve kısmen de olsa nitrat seviyeleri ortamda kirlilik yükünü artırıcı yönde etki göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Alabalık yetiştiriciliği, Atatürk Barajı, su kalitesi.

An Investigation of the Pollution Load Caused by Trout Breeding in Atatürk Dam Reservoir

Abstract

In this study, characteristics of the reservoir water around the rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*, Walbaum 1792) breeding cages controlled by Bozova Vocational Graduate School have been studied. The aim of the study is to determine the possible pollution load, that causes from rainbow trout breeding

Sampling was made in March, April, May, June, July, August 2000 for this purpose. The results of a study carried out in the same environment in 1995-1996 when there were no cages were used as a reference. Water samples were analysed for the parameters of temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, turbidity, total phosphorus, nitrate, nitrite, ammonia, sulfate, phosphate and chemical oxygen demand.

The results have indicated the beginning of a pollution in the reservoir which was thought to be caused especially by residual feed and wastes of metabolic activity. According to the fresh-water quality class index, the reservoir can be accepted as a III. quality class for pH and IV. quality class for total phosphorus with the value of 2.37 mg/L. Ammonia concentration was determined as 1.29 mg/L which is a toxic level for the trouts. With a 0.07 mg/L nitrite concentration, the reservoir is determined as IV. quality class for nitrite, and with a 9.20 mg/L nitrate level it is about II. quality class for nitrate. As a result of the study, it was identified that pH, total phosphate, ammonia, nitrite and partly nitrate levels around the trout breeding cages in the reservoir have been negatively effected the pollution load.

Keywords: Atatürk Dam Reservoir, trout breeding, water quality.

GİRİŞ

Kültür balıkçılığında Gökkuşuğu alabalığının (*Onchorynchus mykiss*, Walbaum 1792) önemi oldukça

yüksektir. Doğal göller ve büyük baraj göllerinde özellikle kafesler içerisinde Gökkuşuğu alabalığı üretimi gittikçe gelişmektedir. Düşük sermayeye

ihtiyaç duyulması, balık hasadı ve yemlemenin kolay yapılması ve uygulamanın basit oluşu söz konusu faaliyeti yaygınlaştırmaktadır (Hartavi 1998).

Esas hedefi sulama ve enerji olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ile yeni su rezervuarları aktif olarak kullanıma açılacak ve sulama ve enerji üretimiyle büyük bir arazi potansiyeline sahip olan bölgede tarımsal üretimin artışıyla ortaya çıkan kaynakları su ürünleri açısından değerlendirmek gibi bir olanak doğmuş olacaktır (Atay 1993).

GAP kapsamındaki rezervuarlarla ve bölgedeki diğer Devlet Su İşleri (DSİ) rezervuarlarının mevcut balık varlığıyla 3000-4000 ton tahmin edilen yıllık balık üretiminin, gerekli su ürünleri geliştirme çalışmaları sonucu, yaklaşık 9000-9500 tona çıkarılması mümkündür (Şafak 1992).

Bugün kafes yetiştiriciliği, araştırmacı ve ticari üreticilerin daha çok dikkatini çekmektedir. Balık tüketiminin artması, bazı doğal balık stoklarının azalması ve karlılık, kafeste balık üretimine özel bir ilgi uyandırmıştır. Kafes yetiştiriciliği aynı zamanda, diğer amaçlar için sadece sınırlı kullanma imkanı olan su kaynaklarının değerlendirilmesi şansını da vermektedir (Emre ve Kürüm 1990).

Atatürk Baraj Gölünde Bozova İlçesine 2 km mesafedeki Çatak Mevkisinde (Şekil 1) ilk olarak Hartavi (1998) tarafından ağ kafesler içerisine konulan, ortalama 40 g ağırlığındaki 10000 adet Gökkuşuğu alabalığı yavrularının 17 Kasım 1997 ile 4 Mart 1998 tarihleri arasında ticari yemle yetiştirilebilirliği araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında yetiştirme süresince 49 kg taze yem, 1547 kg pelet yem olmak üzere toplam 1596 kg yem tüketildiği belirtilmektedir (Sinanmış 2001).

Ayrıca Bozova Meslek Yüksekokulu denetiminde araştırma yapılan dönemde kafeslerde üretilen toplam balık miktarı 400 kg olup, 30 gr olarak üretime alınan balıklar 250 gr olunca hasat edilmiştir. Kullanılan toplam yem miktarı da 600 kg olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Bozova MYO denetiminde alabalık üretimi yapılan kafesler.

Üreticiler için pek çok avantajları bulunan kafes yetiştiriciliğinin yaygınlaşması durumunda baraj gölünde özellikle kıyı kesimlerde su kalitesinde önemli değişimlerin meydana gelebileceği düşünülmektedir. İyi incelenerek ön etüdü yapılmış bir balıkçılık işletmesi, çevresinde yeni tesislerin yapımını teşvik eder, örneklik görevi görür. Kötü bir tesis ise yenilerinin açılmasını engeller (Çelikkale 1994).

Bu çalışmada amaç, her geçen gün yaygınlaşan alabalık üretim kafeslerinde beslenmeden ve/veya balıklardan kaynaklanabilecek bir kirliliğin araştırılması ve bu kafeslerin bulunduğu göl ortamında su kalitesinin ne şekilde değişebileceğinin ortaya konmasıdır. Çünkü çevresel etkisini dikkate almadan kafeslerde alabalık üreticiliğinin yaygınlaştırılması, ileriki yıllarda hem bu üretim şekline zarar verecek, hem de baraj gölü su kalitesinde oluşan olumsuzluklara hız kazandıracaktır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Harran Üniversitesi Bozova Meslek Yüksekokulu denetiminde Gökkuşuğu alabalığı (*Onchorynchus mykiss*, Walbaum 1792) üretimine devam edilen Atatürk Baraj Gölünde Bozova İlçesine 2 km mesafedeki Çatak mevkisinde (Şekil 2) kurulan ağ kafeslerin bulunduğu su ortamından alınan su numuneleri, aylık periyotlarda (6 ay süresince) Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarında incelenmiştir. Numuneler kafeslerin orta noktalarından ve su yüzeyinden 25-30 cm derinlikte alınmış ve koyu renk plastik şişelere konularak aynı gün analiz edilmiştir. Kafeslerde yem tüketiminin en yüksek olduğu ve balık hasadının başladığı dönem olan Mart ayında numuneler alınmaya başlanmış ve Ağustos ayına kadar devam etmiştir. Dolayısıyla yemden kaynaklanan kirliliğin ve yaz aylarına doğru su kalitesindeki değişimin gözlemlenmesi mümkün olmuştur. 1997 yılından öncesine kadar Çatak mevkisinde kafeslerde yetiştiricilik faaliyetleri yapılmadığı için karşılaştırma yapabilmek amacıyla ortamda henüz balıklardan kaynaklanan kirlilik unsuru bulunmayan dönemi kapsayan 1995 ve 1996 yılı su kalitesi değerleri (Tablo 1) referans olarak kullanılmıştır. Yüksel (1997)'in Atatürk Baraj Göl suyunun balık yetiştiriciliği açısından fiziksel ve kimyasal parametrelerinin tespiti amacıyla kullandığı ve alabalık üretimine başlanılmadan önce yapılmış (1995 ve 1996 yıllarına ait) göl suyu analiz sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Ancak 1995-1996 yılı su kalite parametreleri ölçümleri arasında "toplam fosfor ve bulanıklık" değerleri bulunmadığı için iki parametrenin değişim grafikleri ve yapılan yorumları sadece 2000 yılı esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. 1995-1996 yıllarına ait Atatürk Baraj Gölü analiz sonuçları.

Parametre	Birimi	Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık	(C°)	1995	12	12	12	16	25	25	25	28	26	22	17	14
		1996	11	11	12	15	21	26	28	28	24	19	15	13
ph		1995	6,75	7,22	7,32	7,15	7,55	7,53	7,56	8,50	8,48	8,68	8,75	8,45
		1996	8,31	8,10	8,27	8,48	8,50	7,60	7,88	7,96	8,22	8,25	8,45	7,00
İletkenlik	Mikromhos/cm	1995	332	330	340	332	362	354	349	340	337	310	364	374
		1996	381	360	357	370	365	330	305	338	322	326	347	362
Çöz. O ₂	(mg/L)	1995	9,90	9,80	8,60	7,90	7,00	6,98	7,10	7,40	8,50	8,40	9,00	9,50
		1996	9,90	9,60	9,60	9,90	7,30	7,10	7,10	7,50	8,00	8,30	8,80	9,00
Nitrat	(mg/L)	1995	0,00	1,71	0,00	6,20	1,77	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	2,65
		1996	1,21	1,08	0,00	2,60	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,47
Nitrit	(mg/L)	1995	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amonyak	(mg/L)	1995	0,02	0,26	0,41	0,19	0,09	0,00	0,24	0,05	0,12	0,75	0,75	0,00
		1996	0,22	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
Sülfat	(mg/L)	1995	36,70	36,70	36,70	34,30	36,70	35,65	35,50	35,50	45,00	35,50	36,70	29,50
		1996	36,30	34,50	33,00	33,18	36,50	36,00	34,43	34,80	34,72	34,43	35,86	36,02
Fosfat	(mg/L)	1995	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,006	0,006	0,016	0,003	0,000	0,000	0,000
		1996	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KOI		1995	1,17	1,33	1,50	1,50	1,17	1,00	1,00	0,67	0,33	0,83	0,33	1,00
		1996	2,33	2,00	2,17	1,83	1,50	1,83	2,17	2,00	1,50	1,67	1,17	1,17

Bulanıklık laboratuvarında Model 6035 Turbidimetre cihazıyla standart çözelti referans alınarak ölçülmüştür. Sıcaklık değerleri, civalı termometre ile yerinde ölçülmüştür. İletkenlik ölçümü numune alma yerinde TetraConR 325 isimli konduktimetre ile yapılmıştır. pH tayini, iletkenlik ölçümü yapılan cihazın farklı probu ile gerçekleştirilmiştir. Çözünmüş oksijen tayini için, CellOx çözünmüş oksijen probu yerleştirilerek oksijenmetre yardımıyla numune alma yerinde okuma yapılmıştır.

Alınan numunelerdeki fosfat, toplam fosfor, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), amonyak, nitrat, nitrit ve sülfat içerikleri; Hydrocheck/WPA fotometre cihazı ve sırasıyla Hydrocheck/WPA fosfat spectratetest, Hydrocheck/WPA toplam fosfor mono-

test, Hydrocheck/WPA KOİ monotest, Hydrocheck/WPA amonyak spectratetest, Hydrocheck/WPA nitrat spectratetest, Hydrocheck/WPA nitrit spectratetest ve Hydrocheck/WPA sülfat monotest hazır test kitleri kullanılarak ve kitlerde belirtilen dalga boyları esas alınarak laboratuvarında ölçülmüştür.

BULGULAR

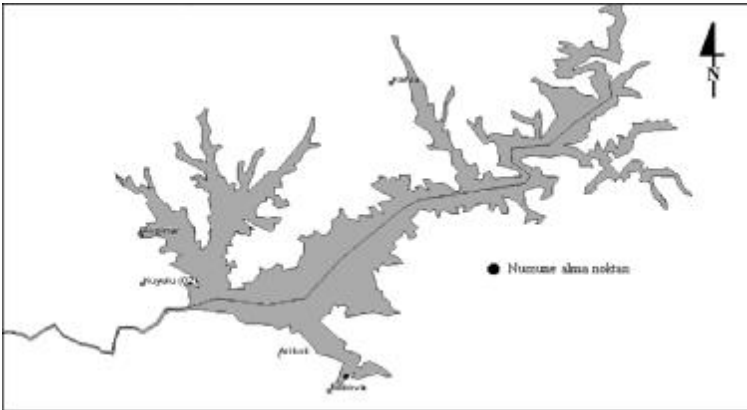
Bozova Meslek Yüksekokulu denetiminde balık üretimine devam edilen kafeslerden alınan numuneler için ölçüm sonuçları Tablo 2 de verilmiştir.

Alabalık kafeslerinde ölçüm yapılan yıl için sıcaklık değerlerinin özellikle yaz aylarında artış gösterdiği belirlenmiştir. Önceki yıllarda ortalama 22°C olan su sıcaklığının yetiştirme döneminde ortalama 23°C'ye yükseldiği gözlenmiştir (Şekil 3).

Alabalık yetiştirme döneminde, önceki yıllara göre kafeslerin bulunduğu ortamın iletkenlik değerlerinde belirli bir artış gözlenmektedir. İletkenliğin, Nisan ayında maksimum değerine ulaştığı, yaz aylarında ise birbirine çok yakın olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 4).

pH değerlerinin yaz aylarına doğru belirli bir şekilde yükseldiği fark edilmektedir (Şekil 5).

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, mevsimsel sıcaklık artışıyla düşmekte, özellikle yaz aylarında 4 mg/L

**Şekil 2.** Çalışma alanı lokasyon haritası (N 38° 31' - E 37° 23').

Tablo 2. Balık kafeslerinde üretim yapılan aylardaki analiz sonuçları.

Parametre	Birimi	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Ortalama
Sıcaklık	T (°C)	11	16	22	29	30	31	23
pH		8,21	8,50	8,70	8,75	8,75	8,96	8,65
İletkenlik	(microS/cm)	377	400	378	365	353	347	370
Çöz. O ₂	(mg/L)	7,20	6,37	5,40	4,05	3,00	2,07	4,68
Bulanıklık	NTU	2,13	2,41	3,42	4,73	4,13	3,20	3,34
Toplam fosfor	(mg/L)	2,29	1,75	0,16	3,85	3,36	2,21	2,37
Nitrat	(mg/L)	9,1	13,3	9,1	15,4	5,2	3,1	9,20
Nitrit	(mg/L)	0,120	0,102	0,120	0,022	0,015	0,026	0,07
Amonyak	(mg/L)	1,450	1,754	0,597	1,146	1,587	1,234	1,29
Sülfat	(mg/L)	36,5	15,6	12,7	31,6	31,6	30,3	26,38
Fosfat	(mg/L)	0,8	2,9	2,5	1,4	1,5	0,8	1,65
KOI	(mg/L)	3,6	5,2	7,8	9,9	11,2	10,8	8,08

seviyesinin altında seyretmektedir (Şekil 6).

Bulanıklık değerlerinde haziran ayına kadar artış gözlenmektedir. Yemleme yapılmayan yaz aylarında ise su seviyesindeki düşüğe rağmen, bulanıklık değerinde azalma kaydedilmiştir (Şekil 7).

Mart, Nisan ve Mayıs aylarında toplam fosfor konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca Mayıstan Hazirana geçiş döneminde fosfor değişimi minimum seviyeden maksimum seviyeye yükselmiştir ve yaz aylarında da azalış eğilimi devam etmiştir (Şekil 8).

Nitrat konsantrasyonu üretim döneminde artış göstermiştir. Haziran ayına girerken yine bir artış olmakta ve bu ayın ortalarında maksimum değerine ulaşmaktadır. Ortamda balık bulunmayan yaz aylarında ise tekrar azalış eğilimi kaydedilmektedir (Şekil 9).

Nitrit konsantrasyonu ortalama değer olarak 0,07 mg/L olarak belirlenmiştir. Mart-Nisan-Mayıs aylarında ise 0,1 mg/L seviyesinde bulunmuştur (Şekil 10). Nitrit ile nitrat konsantrasyonlarının değişim değerleri karşılaştırıldığında, ters bir orantı göze çarpmaktadır.

Amonyak konsantrasyonunun değişim değerleri nitrat ile benzerlik göstermektedir. Nisan ayında yetişkin balık popülasyonu, maksimum seviyede iken, amonyak konsantrasyonu 1,75 mg/L değerine ulaşmıştır. Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında da değişen boyutlarda artışlara rastlanmıştır (Şekil 11).

Üretim sırasında sülfat seviyesinin Mart, Nisan, Mayıs aylarında azalma eğilimi gösterdiği, kafeslerde balık bulunmayan yaz aylarında ise sabit bir değer aldığı belirlenmiştir (Şekil 12).

Üretim süresince yapılan ölçümlerde fosfat değerinin ortalama olarak 1,65 mg/L seviyesinde

olduğu görülmüştür. Kafeslerde balık popülasyonunun yüksek olduğu Mart ve Nisan aylarında konsantrasyonda artış gözlenirken, yaz başlangıcında balık popülasyonunun azalmasıyla ölçüm değerlerinde düşüş belirlenmiştir (Şekil 13).

KOI değerlerinde, yaz aylarına doğru önemli yükselişler görülmektedir (Şekil 14).

Özellikle balık üretimine başlanmasıyla birlikte, KOI konsantrasyonu için organik madde ve protein fazlalığından olduğu tahmin edilen artışlar belirlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

6 aylık çalışma sonucunda su kalite parametrelerine ait sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen, bulanıklık, toplam fosfor, nitrat, nitrit, amonyak, sülfat, fosfat ve KOI değerleri ortalamaları Tablo 2'de verilmektedir.

Su kalitesinde istenen şartlar "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına göre Kalite Kriterleri" (Anonymous 1990) esas alınarak belirlenmektedir.

Su sıcaklığının artmasıyla, su ortamında yaşayan canlı organizmalar için siyanit, fenol, çinko gibi maddeler toksik etki göstermektedir. Yüksek su sıcaklığı ile düşük çözünmüş oksijen değerlerinin bir arada bulunmaları durumunda toksisite giderek artacaktır. Alabalık yetiştiriciliği yapılacak suların sıcaklığının 20°C'nin altında olması gerekir (Çelikkale 1994). Geçici kurak şartlarda veya uzun kuraklık dönemindeki daha düşük akış hızları durgunluğa ve buna bağlı olarak mikrobiyolojik aktivite ve alg büyüme olasılığının artmasına neden olur. Kurak şartlarda azalmış debiler, su kütlesinin özümleme kapasitesindeki ve su oranındaki azalma sebebiyle noktasal kaynak kirleticilerin (alabalık kafesleri noktasal kirletici kaynak olarak düşünülebilir.) etkisini daha da olumsuz hale getirir. Sıcaklık aynı zamanda biyolojik aktivite hızını, oksijen doygunluğunu ve hız sabitlerini etkileyen önemli bir iklimsel faktördür (Reinert ve Hroncich 1994). Mevsimsel sıcaklık değerleri özellikle yaz aylarında artış göstermektedir (Şekil 3). Dolayısıyla kafeslerde alabalıkların yemlenmesi ve metabolik faaliyetleri

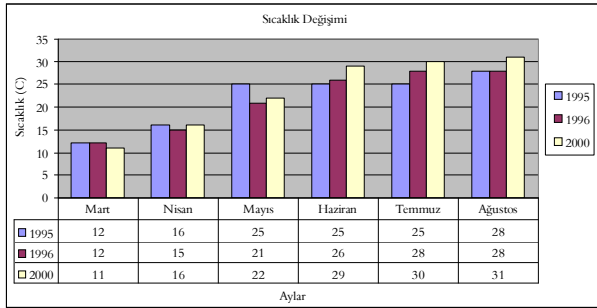
sebebiyle oluşan organik kirleticilerin; ortamda alg gelişimini hızlandıracağı, çözülmüş oksijen değerini düşüreceği düşünülmektedir.

Alabalık yetiştirme döneminde önceki yıllara göre iletkenlik değerlerinde belirli bir artış gözlenmektedir (Şekil 4). Kafeslerde balık faaliyeti ve yemleme nedeniyle bulanıklığın fazla olması iletkenliğin bu artışına zemin hazırlamıştır.

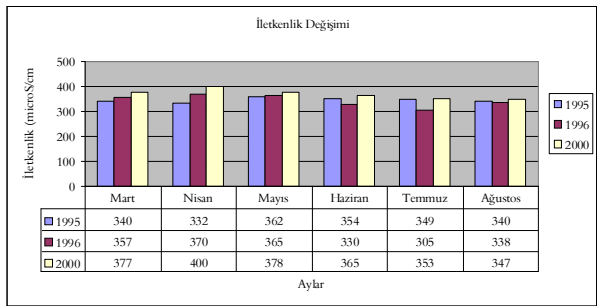
Kafeslerden alınan numunelerin analiz sonuçlarında pH değeri ortalama 8,65 olarak bulunmuştur.

pH dikkate alındığında Tablo 2'ye göre kıta içi su kaynakları kalite sınıfı olarak ortam, III. sınıf bir kaynak olarak kabul edilebilir. Düşük pH değerleri humin asitli arazilerden akan sularda ve amonyaktan meydana gelen HNO_2 ve HNO_3 oluşumları sonucu ortaya çıkar. Suyun yüksek pH değerleri göstermesi halinde NH_3 ve azot bileşiklerinin zararlı etkileri artar. Bu nedenle alabalık yetiştiriciliği yapılacak sularda pH değerinin 6,5-8,5 arasında olması gerekir (Çelikkale 1994). Alabalık kafeslerinde sudaki pH değerlerinin artan yıllara göre ve yaz aylarına doğru belirli bir şekilde yükseldiği fark edilmektedir. Yetiştiricilik yapılmadan önce (1995-1996 yıllarında) pH ortalama 8 iken 2000 yılında bu değer 8,65 seviyesine çıktığı fark edilmiştir. Azot bileşiklerinin alabalık popülasyonuna zararlı etki göstermesi beklenmektedir.

Bununla birlikte göl, çözülmüş oksijen konsantrasyonu 4,68 mg/L ile II. sınıf bir kaynak durumundadır.



Şekil 3. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen sıcaklık değişimi.

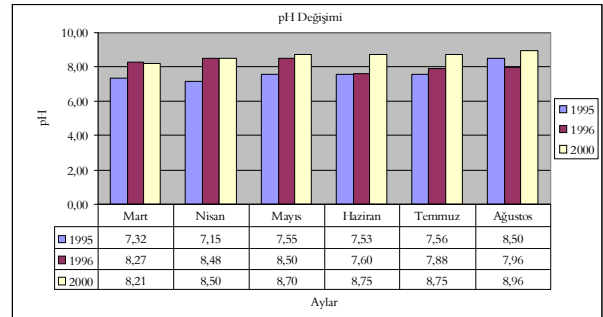


Şekil 4. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen iletkenlik değişimleri.

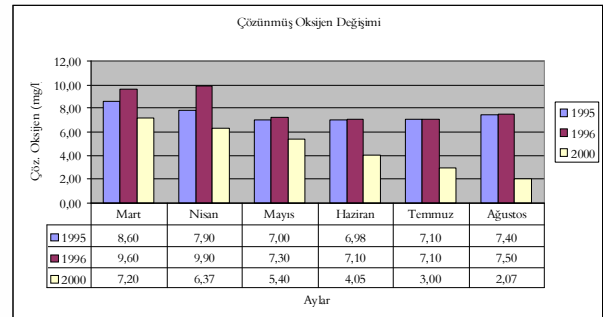
Eğer su sıcaklığı artmışsa ortamda oksijen eksikliği hissedilebilir. Bunun yanısıra alanda suda yaşayan canlı popülasyonu yoğunsa çözülmüş oksijen büyük miktarda kullanılır. 4-5 ppm çözülmüş oksijen konsantrasyonu farklı balık popülasyonlarını destekleyebilecek minimum değerdir. Ortamda Haziran ayından sonra çözülmüş oksijen değerleri bu minimum değer altına inmektedir. Bu yüzden Haziran ayından sonra kafeslerde alabalık yetiştirilememektedir. Yüksek yaz sıcaklığı ve düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının yaz döneminde alabalık yetiştiriciliğini engellediği düşünülmektedir.

Bulanıklık seviyesi yaz aylarına doğru artış kaydetmekte ve Haziran ayında 4,73 NTU ile maksimum değerine ulaşmaktadır (Şekil 7).

Suların bulanık oluşu, içinden geçen ışığı askıda maddelerin engellemesi nedeniyledir. Bulanıklığın nedeni ise su içinde askıda bulunan kil, silis, organik maddeler, mikroskobik organizmalar, çökebilir haldeki kalsiyum karbonat, alüminyum hidroksit, demir hidroksit veya benzer maddelerden ileri gelir. Bunlar, kolloid büyüklüğünden, iri taneciklere kadar değişik tane büyüklüklerinde olabilir (Samsunlu 1999). Nitekim yoğun su kültürleri su kalitesini besi maddesi artışı, bentik zenginleşme, organik madde artışı ve bakteriyel değişimleri kapsayan bir çok yol ile etkiler (Boaventura ve ark. 1997). Analiz sonuçlarına bakıldığında kafeslerde Haziran ayına kadar bulanıklık değerlerinde artış gözlenmektedir.



Şekil 5. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen pH değişimleri.



Şekil 6. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen çözülmüş oksijen değişimleri.

Bu aylarda alabalık üretimi devam ettiğinden, artış sebebinin ortamda kalan yemden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Yemleme yapılmayan yaz aylarında ise su seviyesindeki düşüğe rağmen, bulanıklık değerinde azalma kaydedilmiştir.

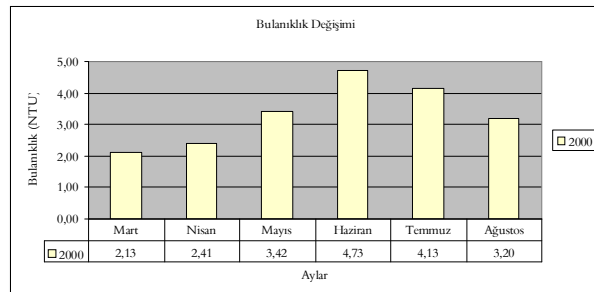
Toplam fosfor değeri 2,37 mg/L ile ortam IV. sınıf kaynak özelliği göstermektedir (Şekil 8).

Balıklar fosforu yiyeceklerinden almalıdırlar. Çünkü doğal sularda düşük konsantrasyonlarda fosfat bulunur. Fazla fosfor seviyeleri tatlı su ortamında birtakım sorunlar oluşturur. Gökkuşuğu alabalığı kültüründe fosfor girdisi fekal ve metabolik atık ürünlerinden kaynaklanır (Coloso ve ark. 2001).

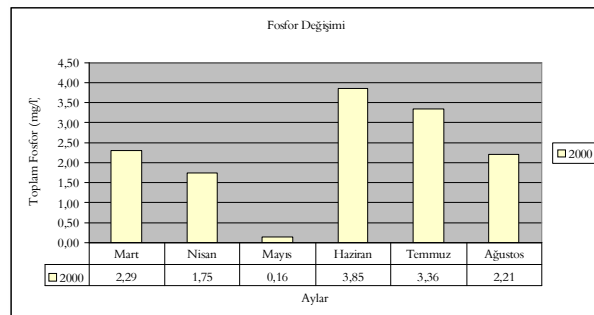
Azot ve fosfor çok miktarda mevcut olduğunda, alg üretiminde aşırı çoğalma şeklinde büyümeye neden olur. Azot ve fosforun suda sınırlı miktarlarda bulunması halinde alg çoğalmalarının olmadığı belirlenmiştir. Tehlikeli seviyedeki yüklerle ulaşılması halinde, göl ötrofik duruma geçer (Samsunlu 1999). Bu durumda N/P oranı 15/1 değerinin üzerinde belirlenir. 15/1 seviyesi, ulaşması halinde gölün ötrofik duruma geçeceği değerlerdir (Karpuzcu 1991).

Nitrat konsantrasyonu açısından ortalama 9,20 mg/L değeri ile ortam yaklaşık II. sınıf bir kaynak özelliği göstermektedir.

$\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ dönüşümünün belli aşamaları belirli bir zaman geçtikten sonra oluşabileceğinden suda amonyak (NH_3) bulunması taze kirlenme, dolayısıyla su kalitesi açısından sakıncalı bir durumun



Şekil 7. Kafeslerde üretim sonrasında belirlenen aylık bulanıklık değişimi.



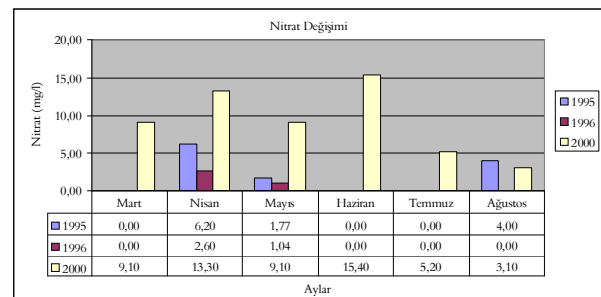
Şekil 8. Kafeslerde üretim sonrasında belirlenen aylık toplam fosfor değişimi.

olduğunu, nitrat (NO_3) bulunması ise muhtemelen daha az sakıncalı olmakla birlikte olumsuz bir durum olduğunu işaret etmektedir (Samsunlu 1999). Kafeslerde, başta nitrat konsantrasyonu düşük seviyelerde iken, üretim döneminde artış göstermiştir (Şekil 9). Genelde bahar aylarından Haziran ayına girerken yine bir artış olmakta ve bu ayın ortalarında maksimum değerine ulaşmaktadır. Ortamda balık bulunmayan yaz aylarında ise tekrar azalış eğilimi kaydedilmektedir.

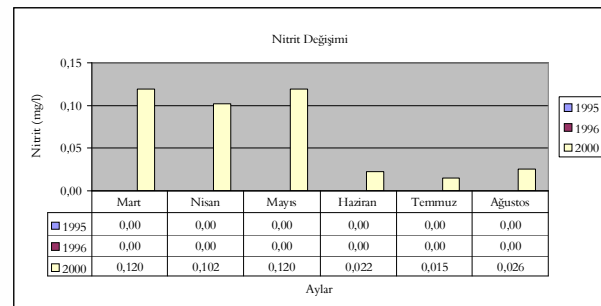
Nitrit konsantrasyonu 0,07 mg/L ile ortam IV. sınıf kaynak durumundadır.

Fitoplanktonlar tarafından kullanılmayan amonyum hızlı bir biçimde yükseltgenerek nitrite ve daha sonra nitrate dönüşür. Sulardaki nitrat ve nitritin asıl kaynağını, organik maddeler, azotlu gübreler ve tabiattaki bazı mineraller teşkil etmektedir. Bu iyonların yüksek miktarda bulunması suların kirlenmiş olduğunun bir belirtisidir (Yaramaz 1992). Alabalıklardan önce ortamda nitrit konsantrasyonu 0 (sıfır) olduğu halde, 2000 yılında ortalama değer 0,07 mg/L olarak belirlenmiştir (Şekil 10). Mart, Nisan, Mayıs aylarında ise nitrit konsantrasyonunun 0,1 mg/L seviyelerine ulaşmış olduğu gözlemlenmektedir. Nitrat ile nitrit konsantrasyonu değişim grafikleri arasındaki ters orantı bulunmaktadır. Bu durum nitrat değerlerinde artış görülen aylarda, nitrit değerlerinde meydana gelen azalmadan kaynaklanmaktadır.

Amonyak konsantrasyonu ortalama 1,29 mg/L ölçülmüştür. Sucul organizmalar üzerinde amonya-



Şekil 9. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen nitrat değişimleri.

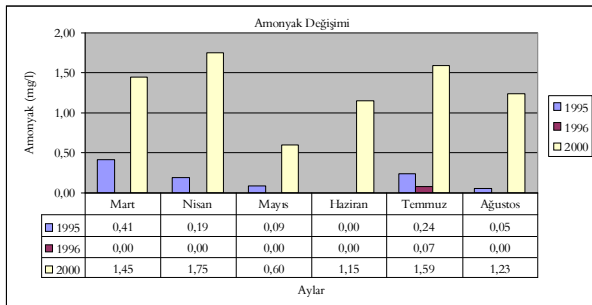


Şekil 10. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen nitrit değişimleri.

kın toksik etkileri Handy ve Poxton (1993) tarafından 0,09-3,35 mg/L aralığındaki konsantrasyonlarda bildirilmiştir (Porrello ve ark. 2003). Dolayısıyla amonyak ortamda balıklar için toksik etki gösterebilecek düzeydedir. Nisan ayında 1,75 mg/L ile maksimum değerine ulaşmıştır (Şekil 11). Amonyak, yoğun balık tesislerinde üretilen toksik maddelerden birisidir ve bir yerden bir yere akıntı ile taşınması durumunda büyük etkilere sahiptir (Ziemann ve ark. 1992). Amonyak, Gökkuşuğu alabalıklarının aminoasit metabolizması sonucunda oluşur. Diğer azot bileşikleri ve birçok artık ürünler kan ile vücut hücrelerinden böbreğe taşınırlar ve dışkıyla birlikte dışarıya boşaltılırlar (Emre ve Kürüm 1990). Şekil 11'de anlaşılacağı üzere alabalık üretiminden önce çok düşük olan amonyak seviyeleri 2000 yılında belirgin şekilde artmıştır. Bu artışta balıkların aminoasit metabolizması sonucu ortama salgıladıkları amonyak konsantrasyonunun yükselmesinin etkili olduğu sanılmaktadır.

Sularda sülfür (S) daha çok sülfat (SO_4) halinde bulunmaktadır. Özellikle anaerobik ayrışma sonunda indirgenen kükürt, ikinci aşamada kötü kokulu ve zehirli bir gaz olan H_2S 'e dönüşür (Samsunlu 1999). Nitekim kafeslerden numune alındığı dönemde hafif bir çürük yumurta kokusu hissedilmiştir. Kafesler kıyıya yakın sığ bir ortamda bulunduğu için yer yer anaerobik şartların oluştuğu düşünülmektedir. Göl ortamında balık yetiştirilmeden önceki yıllarda, sülfat konsantrasyonunda önemli değişiklik görülmediği halde, üretim sırasında sülfat seviyesinin Mart, Nisan, Mayıs aylarında azalma eğilimi gösterdiği, kafeslerde balık bulunmayan yaz aylarında ise sabit bir değer aldığı belirlenmiştir (Şekil 12).

Çalışma alanımızda önceki yıllarda ölçülen fosfat konsantrasyonları 0 (sıfır) seviyelerinde iken, üretim süresince ortalama 1,65 mg/L değerine yükseldiği görülmüştür. İncelenen göl ortamında balık popülasyonunun yüksek olduğu Mart ve Nisan aylarında konsantrasyonda artış gözlenirken, yaz mevsimi başlangıcında balık popülasyonunun azalmasıyla



Şekil 11. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen amonyak değişimleri.

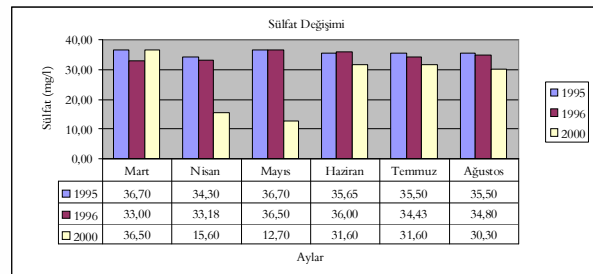
ölçüm değerlerinde düşüş belirlenmiştir (Şekil 13). Ortamda balık yemi kullanılmasının ve balıkların besinini teşkil eden plankton ve su bitkilerinin büyümesinin sonucunda fosfat konsantrasyonunun arttığı düşünülmektedir. Fosfat ötrofikasyona sebep olan önemli bir unsur olduğu için kontrol altında tutulmalıdır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı ortalama 8,08 mg/L seviyesinde olduğundan KOİ bakımından ortam I. sınıf kaynak olarak değerlendirilebilir.

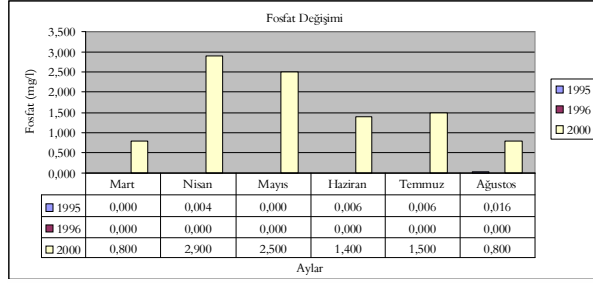
KOI, çevre kirlenmesinde en çok kullanılan kollektif parametrelerden birisidir. Kimyasal oksidasyonda, maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına ve ayrışma hızına bakılmaksızın bütün organik maddeler oksitlenir. Oksidasyon ortamında karbonlu organik maddeler CO_2 ve H_2O 'ya, azotlu organik maddeler ise NH_3 'a dönüşürler (Samsunlu 1999). KOİ değişim grafiğinde (Şekil 14), yaz aylarına doğru önemli yükselişler görülmektedir. Özellikle balık üretimine başlanmasıyla birlikte, organik madde ve protein bakımından zengin balık yemi ve organizma atıkları sebebiyle ortamdaki kimyasal oksijen ihtiyacının büyük oranda arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla üretimin gerçekleştiği yıl ile önceki yıllar arasında KOİ değerlerinde büyük farklılık göze çarpmaktadır.

Söz konusu parametreler içerisinde pH, toplam fosfor, amonyak, nitrit ve kısmen de olsa nitrat seviyeleri ortamda kirlilik yükünü artırıcı yönde etki göstermekte ve sayılan parametreler su kaynakları kalite sınıfı olarak araştırma alanını düşük kaliteli sınıf statüsüne dönüştürmektedir.

Laboratuvar analizlerine dayanılarak yapılan yorumlara ek olarak; kafeslerin bulunduğu ortama dışarıdan bakıldığında gözle görülür bir kirlilik fark edilmektedir. Kafes dibinde, balıklar tarafından kullanılmayan yemden ve balıkların metabolik faaliyetlerinden kaynaklandığı tahmin edilen organik madde birikmesi, bunun sonucu olarak yosun miktarında artış gözlenmiştir. Suyun rengi oldukça bulanık durumdadır. Kafeslerin yanına yaklaşıncaya anaerobik şartların belirtisi olan koku hissedilmektedir. Ayrıca son aylarda ortamın su sevi-



Şekil 12. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen sülfat değişimleri.



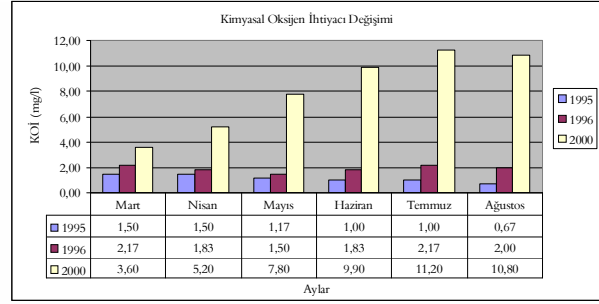
Şekil 13. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen fosfat değişimleri.

yesinin önemli oranda azalmasının da kirlilik konsantrasyonlarının artışına neden olabileceği düşünülmektedir.

Bir nehir üzerinde yoğun bir alabalık kültürünün etkisi, tesisin büyüklüğüne, işletimine, üretilen atıkların yapısı ve hacmine, su kütlesinin seyrelme ve kendini temizleme kapasitesine, nehir suyunun bakteriyolojik özelliklerine bağlıdır (Boaventura ve ark. 1997).

Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği, kar amacı düşünülduğünde oldukça avantajlı bir üretim şeklidir. Ancak bu faaliyetin üreticiler tarafından rağbet görmesi ve faaliyetin yaygınlaşması durumunda baraj gölünde özellikle kıyı kesimlerde su kalitesinde olumsuzlukların başlayacağı tahmin edilmektedir.

Farklı türler için alıcı sularda toplam azot ve fosfor deşarjlarını değerlendiren değişik çalışmalar mevcuttur. Yiyecek kalitesinde ve beslenme



Şekil 14. Kafeslerde üretim öncesi ve sonrasında belirlenen KOİ değişimleri.

tekniklerinde denenmiş iyileştirmeler sebebiyle geçmiş yıllarda, yapılan yük tahminleri üzerinde daha düşük değerler elde edilmiştir (Tovar ve ark. 2000).

Oluşabilecek sorunların çözümüne yönelik alınabilecek tedbirler şu şekilde sıralanabilmektedir:

-Ortamin su kalite parametrelerinin analizleri periyodik olarak yapılmalı, aylık değişimler izlenilmelidir.

-Göl dibinin dinlendirilmesi, yani eski haline gelmesi için 2 yıl süreyle rotasyon uygulanarak kafes yerleri değiştirilmelidir.

-Tesis kurulacak bölgelerde su ortamının taşıma kapasitesi ve su kalitesi belirlenmeli ve buna göre stok yoğunluğu saptanmalıdır.

-Düzenli olarak ölü balıklar toplanarak kafeslerden uzaklaştırılmalıdır.

-Yetiştiriciliği yapılan alabalıkların doğal ortama kaçması engellenmelidir (Emre ve Kürüm 1990).

KAYNAKLAR

- Anonymous (1990) Su Kirlenmesi İle İlgili Hükümler. Resmi Gazete, 28 Şubat 1990, sayı 20447.
- Atay D (1993) GAP ve Çevre. Türkiye Çevre Vakfı, Ankara.
- Boaventura R, Pedro AM, Coimbra J (1997) Trout for Effluents: Characterization and Impact on the Receiving Streams. Environmental Pollution 95, 379-387.
- Coloso RM, Basantes SP, King K (2001) Effect of Dietary Phosphorus and Vitamin D3 on Phosphorus Levels in Effluent from the Experimental Culture of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 202, 145-161.
- Çelikkale MS (1994) İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği. Cilt 1, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Trabzon.
- Emre Y, Kürüm V (1990) Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Minpa Matbaacılık, Ankara.
- Handy RD, Poxton MG (1993) Nitrogen Pollution in Marine Culture: Toxicity and Excretion of Nitrogenous Compounds by Marine Fish. Rev. Fish Biol. Fish. 3, 205-241.
- Hartavi Ş (1998) Atatürk Baraj Gölünde Mevsimsel Alabalık Yetiştiriciliği. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Zootehni Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Karpuzcu M (1991) Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, Koş Matbaası, İstanbul.
- Porrello S, Ferrari G, Lenzi M (2003) Ammonia Variations in Phytotreatment Ponds of Land-based Fish Farm Waste Water. Aquaculture 219, 485-494.
- Reinert RH, Hroncich JA (1994) Water Quality and Treatment. Pontius FW, McGraw-Hill, New York.

- Samsunlu A (1999) Çevre Mühendisliği Kimyası. SAM Çevre Teknolojileri Yayınları, İstanbul.
- Sınanmış AD (2001) Atatürk Baraj Gölünde Kurulan Balık Üretim İstasyonunun Su Kalite Parametrelerinde Meydana Getireceği Değişikliğin ve Oluşturacağı Kirlilik Yükünün Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Şafak N (1992) Su Ürünleri Planlaması. Bilim ve Teknik, 25, 292, 41-42.
- Tovar A, Moreno C, Manuel-Vez MP (2000) Environmental Implications of Intensive Marine Aquaculture in Earthen Ponds. Marine Pollution Bulletin 40, 981-988.
- Yaramaz Ö (1992) Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Ege Ün. Basımevi, Bornova-İzmir.
- Yüksel M (1997) Atatürk Barajı Göl Suyunun Balık Yetiştiriciliği Açısından Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Zootekni Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Ziemann DA, Walsh WA, Saphore EG (1992) A Survey of Water Quality Characteristics of Effluent from Hawaiian Aquaculture Facilities. Journal of World Aquaculture Society 23, 180-191.