ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALMUS BARAJ GÖLÜ (TOKAT) GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI KAFES İŞLETMELERİNİN SEDİMENT KALİTESİNE ETKİSİ

Doğukan KAYA

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2016

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Doğukan KAYA tarafından hazırlanan "**Almus Baraj Gölü (Tokat) Gökkuşağı Alabalığı Kafes İşletmelerinin Sediment Kalitesine Etkisi**" adlı tez çalışması ../../2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Serap PULATSÜ
Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :

Başkan :
Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı

Üye :
Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı

Üye :
Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr.
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

21.06.2016

Doğukan KAYA

,

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ALMUS BARAJ GÖLÜ (TOKAT) GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) KAFES İŞLETMELERİNİN SEDİMENT KALİTESİNE ETKİSİ

Doğukan KAYA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Serap PULATSÜ

Bu çalışmada, Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde toplam üretim kapasiteleri yaklaşık 4000 ton olan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) kafes işletmeleri sedimentine ilişkin çevresel kalite parametrelerinin (biyolojik- makrofauna varlığı, kimyasal- pH, redoks potansiyeli ve duyusal- gaz çıkışı, renk, koku, kıvam ve depozit kalınlığı) ölçüm ve değerlendirilmesi ile sediment kalite parametrelerinin (organik madde, toplam karbon, toplam azot, toplam fosfor) belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, kafes işletmeleri alanını temsil edecek şekilde iki kafes istasyonu ile hakim akıntı yönü dışında kafes istasyonlarından 250 ve 500 m uzakta iki kontrol istasyonu seçilmiştir.

Belirlenen istasyonlara ait sediment örneklerinde makrofaunaya rastlanılmamış ve sedimetin durumu biyolojik parametre açısından "kabul edilemez" şeklinde değerlendirilmiştir. Kimyasal ve duyusal parametreler açısından ise, kafes istasyonlarının lokal çevresel durumu kontrol istasyonlarına göre sırasıyla "geçiş bölgesi" ve "kısmen kabul edilebilir" şeklinde değerlendirilmiştir. Sediment kalite parametreleri açısından nisan ve ekim 2015 için kafes ve kontrol istasyonları arası farklılık istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Örneklemenin yapıldığı her iki ayda da kafes istasyonları sedimentine ilişkin organik madde ve toplam azot düzeyleri kontrol istasyonlarına göre sırasıyla; 1.23 ve 1.70, toplam fosfor ve toplam karbon değerleri ise 1.40 katlık artış göstermiştir.

Araştırma bulguları, iç sularda kafeslerde yetiştiriciliğin sürdürülebilirliği açısından, sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin değerlendirilmesinin ve kalite parametrelerinin izlenmesinin önemine işaret etmektedir.

Haziran 2016, 51 sayfa
Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, kafeslerde balık yetiştiriciliği, sediment kalitesi, Almus Baraj Gölü

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT of CAGE CULTURE of RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) on QUALITY of SEDIMENT in ALMUS DAM LAKE

Doğukan KAYA

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Fisheries and Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Serap PULATSÜ

In this study, measurement and evaluation of environmental sediment quality parameters (biological- macrofauna presence, chemical- pH, redox potential and sensory- outgassing, colour, odour, consistency, thickness of deposits) and determination of sediment quality parameters (organic matter, total carbon, total nitrogen, total phosphorus) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum,1792) cage farms with nearly 4000 tons of total production capacity was aimed in Almus Dam Lake (Tokat province). Two research stations, which are the representative of the cage farm area, and two control stations outside of the main current, located at 250 m and 500 m respectively from the research stations, were selected.

Benthic macrofauna were not found in all sediment samples for selected stations. The results suggested that the Almus Dam Lake sediment condition is an "unacceptable". The local environmental condition of cage stations with respect to control stations in the case of chemical and sensory parameters were determined as "transition area" and "partially acceptable", respectively. Significant differences were detected between the cage and control stations ($p<0.05$) for sediment quality parameters in April and October 2015. Organic matter and total nitrogen of the sediment at the cage stations were found to be increased by 1.23 and 1.70 times in comparison with the control stations, respectively. When compared to the control stations, total phosphorus and total carbon concentrations in the cage sediments show 1.40 fold increments for two sampling months.

The results of this study was pointed that the evaluation of environmental quality parameters of sediment and monitoring of sediment quality parameters in the subject of sustainability of cage farming in inland waters.

June 2016, 51 pages
Key Words: Rainbow trout, cage culture, sediment quality, Almus Dam Lake

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarıyla yanımda yer alan, akademik alanda bakış açısı kazandıran, toplum ilişkilerinde sahip olduğu hoşgörüsünü her zaman örnek aldığım, tecrübe ve kıymetli fikirleriyle yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Serap PULATSÜ'ye (Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi), bölüm imkanlarından yararlanmama olanak sağlayan Prof. Dr. Nilsun DEMİR'e (Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölüm Başkanı), çalışmalarım sırasında önemli katkılarda bulunan ve yönlendiren Doç. Dr. Akasya TOPÇU'ya (Ankara Üniversitesi Su Ürünleri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi) şükranlarımı sunarım.

Bilimsel çalışmalarım süresince her aşamada yanımda yer alan ve destek olan babam Sebati Kaya'ya (Gaziosmanpaşa Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu Öğretim Görevlisi) ve çalışmalarım süresince birçok fedakarlık göstererek beni destekleyen annem Semra ÇAĞLAR'a en derin duygularla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, "Almus Baraj Gölü'nde (Tokat) Kafeslerde Gökkuşağı Alabalığı Yetiştiriciliğinin Sedimente Etkisi" adlı ve 115Y115 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Doğukan KAYA
Ankara, Haziran 2016

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK..... i
ÖZET..... ii
ABSTRACT..... iii
TEŞEKKÜR..... iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ..... vii
ÇİZELGELER DİZİNİ..... viii
1. GİRİŞ..... 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI..... 4
2.1 Alıcı Ortamlarda Sedimente İlişkin Çevresel Kalite Parametrelerinin Belirlenmesine İlişkin Bildirişler..... 4
2.1.1 İzleme programı ve çevresel kalite standartları..... 6
2.2 İç Sularda Kafeslerde Yetiştiriciliğin Sediment Kalitesine Etkisine İlişkin Bildirişler..... 10
2.3 Alıcı Ortamlarda Sediment Çevresel Kalite Parametrelerine İlişkin Yasal Yaklaşımlar..... 17
3. MATERYAL VE YÖNTEM..... 20
3.1 Materyal..... 20
3.1.1 Araştırma yeri..... 20
3.1.2 Araştırma istasyonları..... 20
3.1.3 Sediment materyali..... 21
3.1.4 Araştırma alanında ve laboratuvarda kullanılan araçlar..... 21
3.2 Yöntem..... 22
3.2.1 Saha çalışması..... 22
3.2.1.1 Sediment örneklerinin alınması..... 22
3.2.1.2 Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi..... 23
3.2.2 Laboratuvar çalışması..... 25
3.2.2.1 Sediment örnekleri analiz yöntemleri..... 25
3.2.3 İstatistiki analizler..... 25
4. BULGULAR..... 26
4.1 Sedimente İlişkin Çevresel Kalite Parametreleri..... 27
4.2 Sediment Kalite Parametreleri..... 33
4.2.1 Redoks potansiyeli..... 33
4.2.2 Organik madde..... 35
4.2.3 Toplam azot..... 36
4.2.4 Toplam fosfor..... 37
4.2.5 Toplam karbon..... 38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ..... 40
5.1 Araştırma Alanının Çevresel Durumuna İlişkin Değerlendirmeler..... 40
5.2 Sediment Kalite Parametrelerine İlişkin Değerlendirmeler..... 43
KAYNAKLAR..... 47
ÖZGEÇMİŞ..... 51

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde konsantrasyon
cm	santimetre
km^2	kilometrekare
m	metre
m^2	metrekare
ppm	Milyonda bir
pH	H iyonu konsantrasyonunun 10 tabanında (-) logaritması
ton/yıl	Yılda ton miktarı
CO_2	Karbondioksit
NH_3	Sodyum Hidroksit
NO_2	Nitrit Azotu
NO_3	Nitrat Azotu
mV	Milivolt

Kısaltmalar

TF	Toplam Fosfor
TA	Toplam Azot
TK	Toplam Karbon
OM	Organik Madde
TFO	Toplam Filtre Edilebilir Ortofosfat
	MOM Modelling- OngrowingFishFarms-Monitoring (İşletmeden kaynaklı atıkların çevreye olan etkilerinin izlenmesi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 İç sularda kafeslerde balık yetiştiriciliğinden kaynaklanan çevresel değişimler (Laird ve Needham 1988)..... 4
Şekil 2.2 MOM yönteminin unsurları ve işleyişi hakkında genel bilgi (Ervik vd. 1997)..... 6
Şekil 2.3 Grup 2 ve 3 parametrelerine göre çevresel durumun yüzde olarak tahmini (Hansen vd. 2001)..... 9
Şekil 3.1 Almus Baraj Gölü'nde dağılım gösteren kafes işletmeleri ile araştırma (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonları..... 21
Şekil 3.2 Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bölgenin çevresel durumunun değerlendirilesi (Hansen vd. 2001' den uyarlanmıştır)..... 24
Şekil 4.1 Nisan ayında bazı su kalite parametrelerinin istasyonlara göre değişimi..... 26
Şekil 4.2 Ekim ayında bazı su kalite parametrelerinin istasyonlara göre değişimi..... 26
Şekil 4.3 Kafes işletmeleri alanındaki I. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu..... 28
Şekil 4.4 Kafes işletmeleri alanındaki II. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu..... 29
Şekil 4.5 Kafes işletmeleri alanından 250 metre uzaklıktaki III. İstasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu..... 30
Şekil 4.6 Kafes işletmeleri alanından 500 metre uzaklıktaki IV. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu..... 31
Şekil 4.7 Almus Baraj Gölü'nde seçilen kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonların sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu..... 32
Şekil 4.8 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte redoks potansiyelinin aylara bağlı değişimi..... 35
Şekil 4.9 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte organik maddenin aylara bağlı değişimi..... 36
Şekil 4.10 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam azotun aylara bağlı değişimi..... 37
Şekil 4.11 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam fosforun aylara bağlı değişimi..... 38
Şekil 4.12 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam karbonun aylara bağlı değişimi..... 39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 MOM yönteminin içeriği hakkında genel bilgi (Ervik vd. 1997)..... 5
Çizelge 2.2 Bir bölgenin kullanım derecesi ile izleme seviyeleri arasındaki ilişki ve 1. ve 2. araştırma tipinin sıklığı (Hansen vd. 2001).....6
Çizelge 2.3 İstasyonlardan alınan sediment örneklerinde (%) organik madde içeriği, pH ve fosfor değerleri (Cornel ve Whoriskey 1993).....10
Çizelge 2.4 Kafes işletmesi ve kontrol (K-1 ve K-2) bölgelerindeki sedimentte redoks potansiyeli (mV) ölçümleri (Troell ve Berg 1997)..... 11
Çizelge 2.5 Alicura Rezervuarı'nda kontrol bölgesi (A) ve kafes işletmesindeki (B) sedimentin kimyasal kompozisyonu (Temporetti vd. 2001).....12
Çizelge 2.6 Kafes altından ve kafesi çevreleyen bölgeden alınan sediment örneklerinde organik madde, toplam azot ve toplam fosfor düzeyleri (Jiwyam ve Chareontesprasit 2001).....13
Çizelge 2.7 Balık yetiştiriciliği yapan gerçek ve tüzel kişilere ait tesislerin faaliyete geçmeleri sonrası izlenilecek kriterler (Anonim 2009).....19
Çizelge 3.1 Almus Barajı morfometrik ve hidrolojik özellikleri (Anonim 2015)..... 20
Çizelge 4.1 Sedimentte redoks potansiyeli, organik madde toplam azot, toplam fosfor ve toplam karbon ortalama değerlerinin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi.....34

1. GİRİŞ

İç su alanlarında ağ kafeslerde yetiştiricilikten kaynaklanan atıkların etkisi, denizlerdeki yetiştiriciliğin çevresel etkilerinden çok daha fazla olabilmekte, kültür balıkçılığının yapıldığı baraj göllerinde entansif yetiştiricilik nedeni ile besin düzeyinde bir takım değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu duruma paralel olarak yetiştiriciliğin çevresel etkilerine ilişkin izleme programları geliştirilmekte ve yetiştiricilik yöntemlerine göre kalibre edilmektedir.

Ülkemiz, üç tarafının denizlerle çevrili olması ve iç su kaynakları bakımından sahip olduğu zenginlik nedeniyle yetiştiricilik konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Balık yetiştiriciliği dünyada yüzlerce yıldır yapılmasına rağmen ülkemizde 1970'li yılların başında başlamıştır. Ekonomik kriz başta olmak üzere, birçok nedenden dolayı 2001 ve 2002 yıllarında meydana gelen düşüşler dışında su ürünleri yetiştiriciliği hızlı bir şekilde artmış ve 2014 yılında 108 239 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan iç su balıkları türleri arasında gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ilk sıradadır (http://www.tuik.gov.tr 2014a).

Göl ve rezervuarlar, denizel ortamlarla karşılaştırıldığında alansal olarak oldukça küçük, zayıf akıntıya sahip ve suyun değişimi günden çok ay veya yıl bazında olan alıcı ortamlardır. Bu bağlamda, iç su alanlarında kafeslerde yetiştiricilikten kaynaklanan atıkların etkisi, denizlerdeki yetiştiriciliğin çevresel etkilerinden çok daha fazla olabilmektedir (Beveridge vd. 1997, Kelly ve Elberizon 2001). Ülkemizde iç sularda kafeslerde balık yetiştiriciliğinin başlıca etkileri konusundaki araştırmalar, deniz ortamındaki yetiştiriciliğin çevresel etkilerine ilişkin çalışmalara oranla oldukça azdır (Aşır ve Pulatsü 2008, Demir vd. 2001, Karaca ve Pulatsü 2003). Ülkemizde iç su ekosistemlerinde, kafeslerde balık yetiştiriciliği- sediment etkileşimine ilişkin araştırma sayısı ise sınırlıdır (Alpaslan ve Pulatsü 2008, Özdal ve Pulatsü 2012, Karakoca 2013).

La Rosa vd. (2002)'ne göre, kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sediment üzerindeki etkisinin su kalitesi ile karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerde olduğu bildirilirken, Soto ve Norambuena (2004), kafeslerde özellikle salmon yetiştiriciliğinin su sütununa

değil, sediment kalitesine etkisinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Schendel vd. (2004) ise, kafes yetiştiriciliği yapılan ortamların çevresel etkilerini tespit etmede sediment kalitesinin etkili bir yöntem olduğunu, sedimentteki besin elementi konsantrasyonu analizlerinin de kafesten kaynaklı atıkların durumunu ortaya koymada önem taşıdığını vurgulamışlardır.

Türkiye'de iç sularda ağırlıklı olarak gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılmakta ve baraj gölleri de iç su ürünleri açısından önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Ağ kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden bir tanesi de Almus Baraj Gölü'dür. Gölün alabalık kültürü için fosfora dayalı taşıma kapasitesi 5536 ton/yıl olarak tahmin edilmiştir (Buhan vd. 2010). Almus Baraj Gölü'nün taşıma kapasitesinin belirlenmesi üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise, gölün fosfor taşıma kapasitesi 2275.21 mg/m^2.yıl olarak bulunmuş, gölde 6981.76 - 4023.33 ton/yıl değerleri arasında balık yetiştiriciliği yapıldığında gölün ötrofikasyona uğramaksızın kendi kendini yenileyebileceği sonucuna varılmıştır (Polat ve Özmen 2011). Yeşilırmak üzerine kurulmuş Almus Barajı'nın nehir ekosistemine olası etkilerinin belirlendiği araştırmada, barajın giriş ve çıkış alanlarında yer alan nehirlerin akıntı rejimini, sıcaklığını, askıda sediment miktarını (bulanıklık), substrat yapısını ve habitat çeşitliliğini olumsuz yönde etkilediği özellikle fosfor kirlenmesinin çok yüksek seviyede seyrettiği ve bu durumun akarsu havzasında bulunan yoğun tarımsal, hayvansal ve evsel atıklardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Anonim 2013).

Tez çalışması kapsamında, Almus Baraj Gölü (Tokat)'nün kuzey bölümünde yoğun bir dağılım gösteren ve kapasiteleri yılda 100 tondan 975 tona kadar değişen 25 adet gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) ağ kafes işletmesini temsil edecek şekilde seçilen iki kafes istasyonu ile iki kontrol istasyonunda;

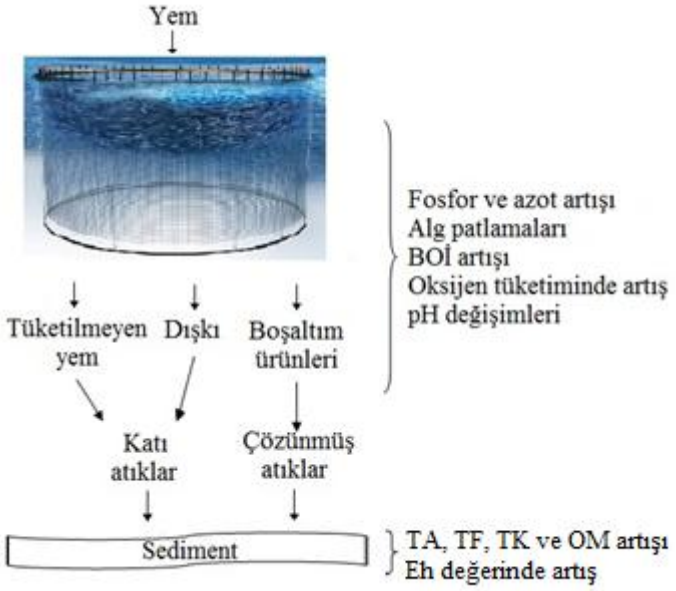
- Çevresel durumun başka bir deyişle lokal etki alanının belirlenebilmesi için sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin (biyolojik, kimyasal ve duyusal analizler) ölçüm ve değerlendirilmesi,

- Sediment kalite parametrelerinin (organik madde, toplam karbon, toplam azot, toplam fosfor) belirlenmesi ile bu parametreler açısından araştırma istasyonlarının ve örnekleme zamanlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Araştırma sonuçlarının baraj göllerimizde gittikçe yaygınlaşan kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği kapsamında, sedimente yönelik çalışmalara katkı sağlayacağı ve iç sularda kafeslerde balık yetiştiriciliğinin çevresel etkilerine ilişkin yasal düzenlemelerde sedimentin de izlenmesi konusunda olumlu yansımaları olacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölüm kapsamında; iç sularda kafeslerde yapılan balık yetiştiriciliğinin sedimente etkisine yönelik çalışmalar özetlenmiştir. İç sularda kafes yetiştiriciliğinden kaynaklanan çevresel değişimler şekil 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1 İç sularda kafeslerde yetiştiricilikten kaynaklanan çevresel değişimler (Laird ve Needham 1988'den uyarlanmıştır)

2.1 Alıcı Ortamlarda Sedimente İlişkin Çevresel Kalite Parametrelerinin Belirlenmesine İlişkin Bildirişler

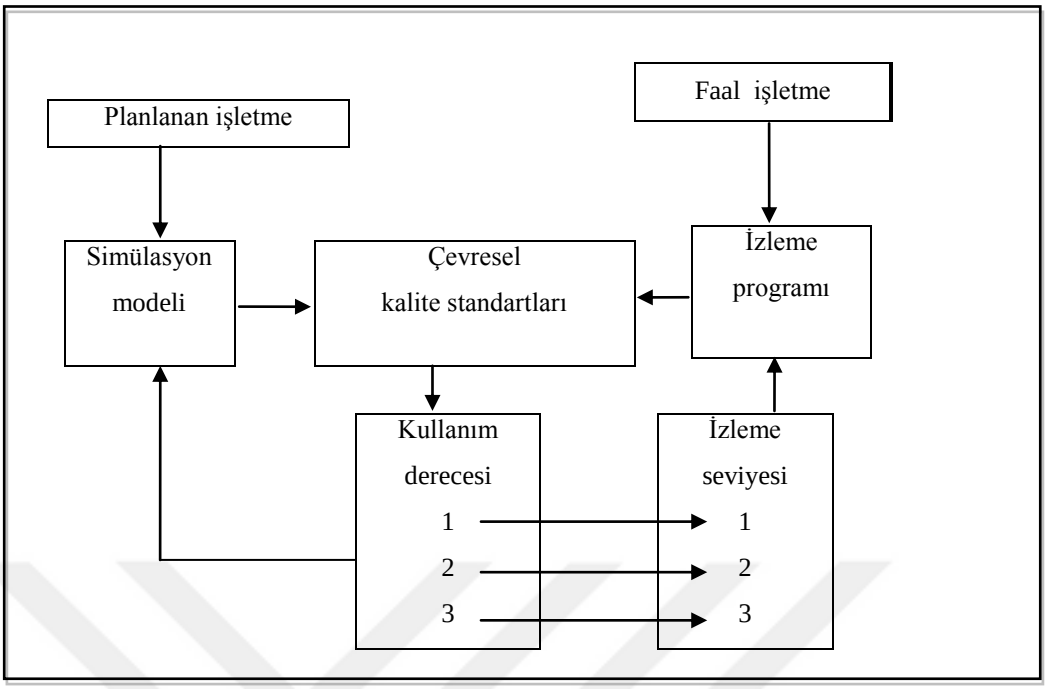
Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine ilişkin tehditleri en aza indirgemek için, yetiştiriciliği destekleyen sistemler mevcuttur. Herhangi bir alıcı ortamın aşırı kullanımını önlemek ve kıyısal kaynakların kullanımını optimize etmek için modelleme ve izleme programları ile çevresel kalite standartlarının bir arada bulunduğu sistemlere ihtiyaç bulunmaktadır. MOM sistemi (Modelling- Ongrowing Fish Farms-Monitoring) bunlardan bir tanesidir (Ervik vd. 1997, Hansen vd. 2001, Stigebrandt vd. 2004, Halide vd. 2009). Bu sistem; balık işletmelerinin bulunduğu alanların, kapasiteleri farklı olsa da işletmelerden kaynaklanan atık sulara duyarlılıklarının az ya da çok olabileceği temeline dayanmaktadır. Başka bir deyişle

MOM yöntemi, çevresel etki değerlendirmesine, etkinin izlenmesine ve çevresel kalite standartlarının bir sistemde toplanarak, bu çevresel etki derecesinin hesaplanmasına dayanmaktadır. MOM yöntemi genel olarak, kafes işletmelerinden kaynaklanabilen çevresel problemlerin çözümü için kullanılabilecek bir model olarak görülmektedir.

Çizelge 2.1'de teorik olarak MOM yönteminin ana unsurları gösterilmektedir. Çevresel kalite standartları, kabul edilebilir maksimum etki değerleri ile olması gereken etki değerleri arasında farkın ayırt edilebilmesinde kullanılmaktadır. Bölgenin kullanım derecesi ise o bölgeye yapılan etkiyle taşıma kapasitesi arasındaki karşılaştırmanın bir ifadesidir. Eğer üretimin etkisi taşıma kapasitesine yakınsa, o bölgenin kullanım derecesi yüksektir. Eğer kullanım düşükse çevreye olan etki de daha az ya da taşıma kapasitesine yakın demektir (Ervik vd. 1997). Şekil 2.2'de ise MOM yönteminin uygulama şekli görülmektedir.

Çizelge 2.1 MOM yönteminin içeriği hakkında genel bilgi (Ervik vd. 1997)

Model	İşletmeden kaynaklı atıkların çevreye olan etkilerinin matematiksel bir ifadesidir.
İzleme programı	İşletmenin çevreye olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan rutin ölçümlerdir. Farklı inceleme tipleri içermektedir.
Çevresel kalite Standartları	İzleme programı ve modelin içerdiği değişkenler için sınır değerleri içermektedir. Bu sınır değerler aşıldığı takdirde taşıma kapasitesi de aşılmış demektir.
Kullanım derecesi	Bölgenin taşıma kapasitesi ile işletmenin çevreye olan etkisi arasındaki ilişkidir. Taşıma kapasitesi aşıldığı takdirde bölge aşırı kullanıma maruz kalıyor demektir.
İzlemenin seviyesi	İzleme programının performansı hakkında bilgi verir. Her derece kullanım için farklı bir izleme seviyesi bulunur.



Şekil 2.2 MOM yönteminin unsurları ve işleyişi hakkında genel bilgi (Ervik vd. 1997)

MOM yönteminde yetiştiricilik yapılan bölgenin kullanım derecesindeki artışı belirtmek için üç izleme seviyesi kullanılmaktadır. Bu seviyeler çevresel etkinin derecesine bağlıdır. Birinci ve ikinci araştırma tipleri için sıklık dereceleri çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bir bölgenin kullanım derecesi ile izleme seviyeleri arasındaki ilişki ve 1. ve 2. araştırma tipinin sıklığı (Hansen vd. 2001)

		Araştırma tipi	
		1. araştırma	2. araştırma
Kullanım derecesi 1	İzleme seviyesi 1	3 ayda 1	2 yılda 1
Kullanım derecesi 2	İzleme seviyesi 2	2 ayda 1	Her yıl
Kullanım derecesi 3	İzleme seviyesi 3	Her ay	Yılda 2 kez

2.1.1 İzleme programı ve çevresel kalite standartları

Hansen vd. (2001) tarafından bildirildiğine göre, izleme programı bentik etki alanı hakkında uzmanlara ve işletme sahibine nitelikli - nicelikli bilgiler vermektedir. Zira izleme programı ve çevresel kalite standartları, faal olan bir işletmenin taşıma

yoğunluğunu aşmayacağının da garantisidir. MOM yönteminde izleme programı; hata düzeyini minimize etmek ve daha ayrıntılı bilgi edinebilmek için üç farklı araştırma tipi içermektedir.

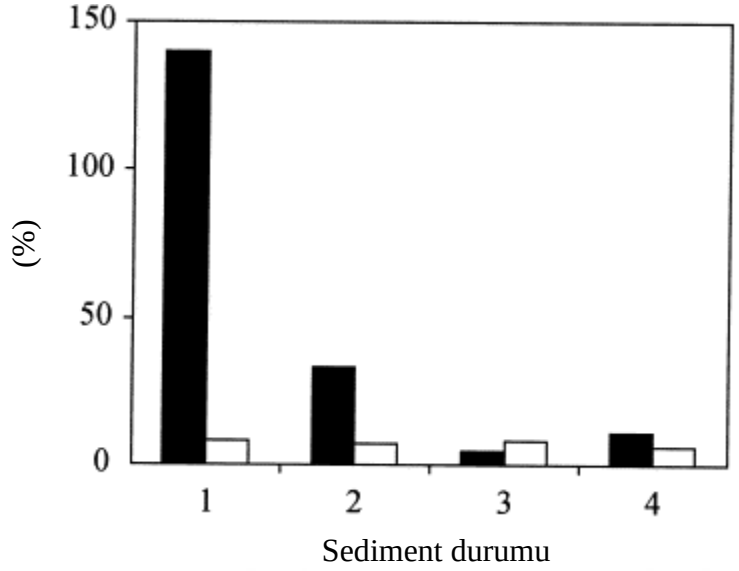
Birinci araştırma tipinde, işletme tabanındaki alandan işletme kaynaklı organik çıktıların belirlenebilmesi için örnekler sediment kepçeleriyle toplanmaktadır. Bu kepçe plastik bir silindir olup ayda iki kez boşaltılmaktadır. Bu araştırma yönteminin uygulanması kolay fakat yararlılığı kesinlik derecesiyle sınırlı kalmaktadır. Belirli süre aralıklarla tekrarlanan ölçümler, işletme tabanındaki sedimentin kalitesi ve aşırı yemleme hakkında bilgi verebilmektedir. Çevresel kalite standartları bu araştırma tipinde kullanılmamaktadır. Bu araştırma tipi Norveçli uzmanlar tarafından işletmelerin içsel kontrol yapabilmeleri için planlanmıştır.

Kafes işletmelerinin lokal etki alanın tespitinde kullanılan ve üç grup parametreyi birleştiren ikinci araştırma tipi; uygulamasının kolaylığı, sık kullanıma elverişli olması ve çevresel etkinin yoğun olduğu bölgelerde de kullanılabilmesi açısından tercih edilmektedir. Kullanılan üç grup parametre; biyolojik (makrofauna – Grup 1), kimyasal (pH, redoks potansiyeli – Grup 2) ve duyusal parametreler (gaz çıkışı, renk, koku, kıvam ve depozit kalınlığı – Grup 3) şeklindedir. Bu parametrelerden biri yerine birçoğunun beraber kullanımı, değerlendirmeleri daha güvenilir hale getirmekte ve değişimlerden kaynaklanan hataları minimuma indirmektedir. İkinci araştırma tipi öncelikle tabandaki sediment açısından işletmelerin lokal etki alanının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Üçüncü araştırma tipi ise organik yönden zenginleşmiş fauna çalışmalarına dayanarak bentik makrofauna topluluklarını incelemektedir. Bu araştırma tipi uzun vadeli çevresel değişimleri, sedimentte lokal etki alanı ve orta düzeyde etki alanı arasında bir kesit meydana getirerek ve bölgesel etki alanındaki birikim bölgelerini belirterek göstermektedir. Bu araştırma tipi ikinci araştırma tipinden daha az kullanılmaktadır. Norveç'te çevresel kalite standartları üçüncü araştırma tipinde kullanılarak kıyı ve körfez sularının çevresel kalite standartlarına göre sınıflandırılmıştır (Ervik vd. 1997).

Stigebrandt vd. (2004) tarafından bildirildiğine göre, sedimentteki organik maddenin oksijenle çözünebilmesi için suyun üst katmanlarından sedimente oksijen geçişi olmalıdır. Balık işletmelerinin altındaki sediment eğer sedimantasyon hızı kritik seviyeye ulaştıysa oksijen azalmasına çok hassastır. Eğer sedimentte oksijen yetersiz olursa, anaerobik çözünme meydana gelir ve hidrojen sülfür üretimi gerçekleşir. Bu yüzden işletmelerde, kafeslerin altındaki bölgede, organik madde kompozisyonu kabarcık oluşumunu engelleyecek seviyede tutulmalı ve sedimentteki makrofauna varlığına zarar vermemelidir. Bir bölgedeki kabul edilebilir etki derecesi olarak, bentik faunanın varlığını sürdürebildiği en yüksek organik yükleme düzeyi kullanılmaktadır. Genel olarak ağ kafeslerin yoğun olarak bulunduğu alanlarda yetiştiricilikten olumsuz etkilenmiş sedimentlerde milivolt (mV) olarak ölçülen redoks potansiyel değerlerinin düştüğü bildirilmiştir. Başka bir deyişle, pozitif redoks potansiyeli değerleri, aerobik koşulların göstergesi iken, negatif değerler anaerobik mikrobiyal prosesleri ifade etmektedir (Pearson ve Black 2001, La Rosa vd. 2004).

Norveç'te kafes işletmelerinde MOM yöntemi kapsamında, birinci araştırma tipi gönüllü olarak, ikinci araştırma ise zorunlu olarak çizelge 2.2'de gösterilen sıklıkta yapılmaktadır ve çoğu işletme ikinci araştırma tipini benimsemiştir. Norveç'in güney, kuzey, batı ve orta kesimlerinde bulunan ve işletmelerin bulunduğu yerlerdeki su derinliğinin 30-100 m arasında değiştiği, üretim miktarlarının yılda 90-1330 ton civarında olduğu ve en yeni işletmenin bir yıldır üretim yaptığı kırkdört balık işletmesinde yukarıda bahsedilen ikinci araştırma tipinin esas alındığı bir araştırma yürütülmüştür. Araştırma kapsamında, toplam 218 sediment örneği toplanarak ikinci araştırma tipinin esasını oluşturan üç grup parametre sonuçları puanlanmış ve çevresel koşulların uygun olup olmadığının belirlenmesi için karşılaştırılmıştır. Bazı örneklerde, düşük pH-redoks potansiyeline, hidrojen sülfid kokusuna, organik zenginleşmeye oldukça dayanıklı Polychaete familyasından *Malacoceros fuliginosus*türlerine ve bazı örneklerde de gaz baloncuklarına rastlanmıştır. Onaltı örnek, grup 2 ve 3 parametrelerine göre kabul edilemez olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma bulguları, sözü edilen araştırma tipinin yalnız kepçe ile alınan sediment örneklerine adapte edilebildiğinde daha sağlıklı sonuçlar alınabileceğini ortaya koymuştur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Grup 2 ve 3 parametrelerine göre çevresel durumun yüzde olarak tahmini (Siyah sütunlar kepçeyle alınan, beyaz sütunlar da kor tüplerle alınan örnekleri göstermektedir) (Hansen vd. 2001)

MOM modeli salmon balıkları için geliştirilmişse de Akdeniz'de bazı ülkelerdeki (İtalya, Yunanistan, Hırvatistan, Slovenya) deniz levreği ve çipura kafes işletmelerinin lokal çevresel etkilerini belirlemek amacıyla da kullanılmıştır. MOM Modelinin, balık işletmelerinin sedimente yönelik etkileri ile işletme yakınındaki etkilerinin belirlenmesinde başarı ile kullanılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca aynı model ile işletmelere ilişkin taşıma kapasitesi, kafeslerdeki oksijen ve amonyum konsantrasyonları ile kafes dip suyundaki oksijen konsantrasyon değerlerinden yola çıkılarak tahmin edilmiştir (http://www.ecasaatoolbox.org 2015a).

Anonymous (2015b) tarafından Bolinao Körfezi (Filipinler)'nde, Norveç'te denizlerde kafeslerde balık yetiştiriciliğinin izlenmesi için yaygın olarak kullanılan ve sedimentteki yarı-kantitatif fauna analizine dayanan çevresel durum sınıflandırma yöntemi seçilmiştir. Sınıflandırma kriterleri; sedimentteki faunal dağılım, bolluk ve indikatör grupların (Polychaeta, Gastropoda, Bivalvia) bulunması olup, bulgular su kalite sonuçları ve bulanıklık değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca sediment örneklerinde koku, renk ve tanecik boyutu gibi özellikler de dikkate alınmıştır.

2.2 İç sularda Kafeslerde Yetiştiriciliğin Sediment Kalitesine Etkisine İlişkin Bildirişler

Cornel ve Whoriskey (1993) tarafından, oligotrofik Passage Gölü (Kanada)'nde 14 ton kapasiteli gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin alıcı ortama etkisi araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, biri gölün orta noktasında (2. istasyon), diğerleri ise gölün uç noktalarında bulunan (1. istasyon ve kafes işletmesi, K-0) üç farklı istasyondan sediment örnekleri almıştır. Kafeslerin tabanından alınan sediment örneklerindeki organik madde (%) düzeyi, gölün orta bölümünde seçilen 2.istasyonda, kafes işletmesi ve gölün uç kısmında seçilen 1.istasyona göre düşük bulunmuştur. Yüksek yemleme periyodu boyunca tüketilmeyen yemler dolayısıyla iki ay (Ocak 1990 -Haziran 1990) yüksek fosfor seviyesi görülmüştür. Bu üç bölge fosfor seviyesi bakımından karşılaştırıldığında, 1.istasyon ve kafes işletmesi benzerlik gösterirken, değerler gölün orta kısmında bulunan 2.istasyona göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. pH değerleri üç örnekleme bölgesinde de benzer tespit edilmiş ve kafes işletmesinin pH üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 İstasyonlardan alınan sediment örneklerinde (%) organik madde içeriği, pH ve fosfor değerleri (Cornel ve Whoriskey 1993)

Tarih	Organik madde			Toplam fosfor (mg/g)			pH		
	Kafes	2. ist.	1. ist.	Kafes	2. ist.	1. ist.	Kafes	2. ist.	1. ist.
7Temmuz	59.3	46.6	62.9	641.3	109.0	165.7	6.1	5.8	6.1
24 Eylül 89	66.8	38.0	48.5	199.5	147.0	253.5	6.1	5.7	6.2
25 Ekim 89	54.0	7.5	65.5	132.5	83.5	146.5	6.1	5.6	6.2
21 Ocak 90	69.0	47.0	50.0	77.0	28.5	216.5	6.1	5.4	6.0
3 Mart 90	67.5	47.7	50.0	1281.0	43.0	28.0	5.4	5.3	5.4
31 Mart 90	39.0	46.0	57.0	450.0	131.0	105.5	5.8	5.5	5.5
3 Mayıs 90	49.7	47.9	56.0	201.0	82.0	64.0	6.3	5.9	6.0
29 mayıs 90	47.7	45.6	71.4	387.0	55.5	144.0	6.6	5.8	6.2
7Temmuz	65.8	42.3	68.0	2175.0	69.5	171.0	5.5	6.2	6.5
3 Ekim 90	50.2	38.6	58.6	780.0	160.0	275.0	5.5	5.3	5.7
18 Ocak 91	40.6	42.8	43.8	162.0	62.0	65.5	6.2	5.8	5.8

Troell ve Berg (1997) tarafından, dünyanın en büyük yapay göllerinden biri olan tropikal Kariba Gölü (Zimbabwe)'nde 1991-1994 yılları arasında yapılan bir çalışmada, üç farklı tilapia türünün; *Orecochromis mortimeri* (Trewas 1966), *Tilapiarendalli* (Boulunger 1986) ve *Orecochromis niloticus* (Unnaeus 1758)'un kafeslerde yetiştiriciliğinin sedimentteki besin elementlerine etkisi araştırılmış; çalışma Ekim 1991, Nisan 1992, Ekim 1992 ve Nisan 1994 olmak üzere 4 farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda gölde kafes işletmesi, kafes işletmesinin 300 m doğusu Kontrol-1, kafes işletmesinin 300 m batısı Kontrol-2 olacak şekilde 3 istasyon seçilmiştir. Gölde, Ekim 1991-Nisan1992'de aşırı yemlemeden kaynaklı yüksek yem dönüşüm oranları saptanmış ve bu süreçte kafes altında sedimentasyon artmıştır. Karbon ve besin elementlerinin ortalama yüzdeleri yüzey sedimentinde sırasıyla; (0-2cm) kafes altında: % 2.8-4.4 TK, % 0.26-0.49 TA ve % 0.04-0.26 TF, kontrol bölgelerinde: % 2.6-3.9 TK, % 0.22-0.4 TA ve % 0.04-0.06 TF olarak belirlenmiştir. Tropik Kariba Gölü'nde sedimente ilişkin karbon ve besin elementlerinin konsantrasyonları 5-8 cm'lik sediment kesitinde ise, yüzey sedimentine göre ortalama olarak daha düşük bulunmuştur. Sedimentin derinliğine bağlı olarak saptanan redoks potansiyeli değerleri çizelge 2.4'de sunulmuştur.

Çizelge 2.4 Kafes işletmesi ve kontrol (K-1 ve K-2) bölgelerindeki sedimentte redoks potansiyeli (mV) ölçümleri (Troell ve Berg 1997)

Bölgeler			
Derinlik (cm)	K-1	Kafes işletmesi	K-2
0	+153	+142	+113
1	-56	-144	-191
4	-144	-316	-232

Temporetti vd. (2001), Alicura Rezarvuarı (Arjantin)'nda yoğun salmonid üretimi yapılan bölgede, 100 ton/yıl kapasiteli kafes işletmesinin su ve sediment kalitesine etkisini araştırmışlardır. Sediment örnekleri, kafes yanından ve yetiştiricilik yapılmayan alandan alınarak toplam fosfor, toplam azot ve toplam karbon konsantrasyonları belirlenmiştir. Araştırma kapsamında yetiştiricilik yapılmayan bölge ile kafes işletmesinin bulunduğu alandan alınan sediment örnekleri karşılaştırıldığında; toplam fosfor oranı % 0.1'den % 1.2'ye, toplam azot oranı % 0.1'den % 0.4'e, toplam karbon

oranının ise % 0.9'dan % 2.8'e yükselerek ortalama 12.4 ve 3.6 katlık artışlar gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 2.5). Araştırma sonucunda elde edinilen bilgiler doğrultusunda, Alicura Rezervuar'ında antropojenik kaynaklı girdilere göre, balık işletmeleri kaynaklı girdinin daha düşük düzeyde ve çoğunlukla organik kökenli olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 2.5 Alicura Rezervuarı'nda kontrol bölgesi (A) ve kafes işletmesindeki (B) sedimentin kimyasalkompozisyonu (Temporetti vd. 2001)

	A	B
TF (%)	0.1 (0.05-0.1)	1.2 (0.2-5.3)
TA (%)	0.1 (0.06-0.2)	0.4 (0.1-0.8)
TK (%)	0.9 (0.4-1.5)	2.8 (0.9-6.2)

Jiwyam ve Chareontesprasit (2001), Prayeun Baraj Gölü (Tayland)'nde, Ekim-1998 ile Eylül-1999 arasında, tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliğinden kaynaklanan besin elementi yükünü araştırmışlardır. Bu amaçla baraj gölü tabanından alınan sediment örnekleri kullanılmıştır. Başlangıç ağırlığı 50 g olan balık örnekleri,ilk grup için, stok yoğunluğu 120 balık/m^2 -20 kafes; ikinci grup için ise, stok yoğunluğu 48 balık/m^2 olan 14 kafes ile 60 balık/m^2-4 kafes olacak şekilde yerleştirilmiştir. Balıklar, protein oranı yaklaşık % 32 olan pelet yem ile günde iki kez yemlenmiştir. Sediment örneklerinin alımında, kafesin alt bölgesi ve kafesi çevreleyen bölge olmak üzere iki istasyon kullanılmıştır. Seçilen her bir istasyonu temsil etmesi bakımından 6 nokta belirlenmiştir. Kafesi çevreleyen bölgeden alınan sediment örnekleri, kafese 2 m uzaklıkta seçilmiştir. Aylık olarak alınan sediment örnekleri oda sıcaklığında havada kurutulmuş; organik madde, toplam azot ve toplam fosfor düzeyleri saptanmıştır (Çizelge 2.6). Aylık periyotlarla bir yıl içinde alınan sediment örneklerine ait bulgular ile; organik madde miktarının, kafesin hemen altından seçilen istasyonda % 0.528'den 4.681'e, kafesi çevreleyen istasyonda % 2.07'den 4.37'ye, toplam azot miktarının, kafesin hemen altından seçilen istasyonda % 0.032'den 0.254'e, kafesi çevreleyen istasyonda % 0.075'den 0.336'ya, toplam fosfor miktarının, kafesin hemen altından seçilen istasyonda % 0.001'den % 0.042'ye, kafesi çevreleyen istasyonda %0.004'den %0.008'e yükseldiği saptanmıştır. Çalışma bulguları doğrultusunda, yem kullanımına bağlı olarak kafesin hemen altında ve çevreleyen alanda sedimentte fosfor birikiminin

zamanla artma eğiliminde olduğu ve organik madde ile azottan daha yüksek seviyelere ulaştığı bildirilmiştir.

Çizelge 2.6 Kafes altından ve kafesi çevreleyen bölgeden alınan sediment örneklerinde organik madde, toplam azot ve toplam fosfor düzeyleri (Jiwyam ve Chareontesprasit 2001)

Ay	Kafes altı			Kafesi çevreleyen bölge		
	OM (%)	TA (%)	TF (ppm)	OM (%)	TA (%)	TF (ppm)
Ekim	0.528	0.032	16.6	2.34	0.092	54.4
Kasım	1.80	0.087	26.2	2.48	0.102	51.6
Aralık	3.26	0.165	40.3	3.19	0.336	82.8
Ocak	3.48	0.168	49.0	3.13	0.142	43.6
Şubat	3.86	0.213	344	3.23	0.238	61.4
Mart	2.85	0.184	278	3.32	0.185	58.2
Nisan	3.96	0.235	366	3.78	0.212	48.7
Mayıs	3.14	0.193	197	2.06	0.075	45.6
Haziran	4.48	0.224	250	2.30	0.089	62.2
Temmuz	3.34	0.196	250	3.58	0.159	52.6
Ağustos	4.68	0.245	348	3.64	0.162	61.5
Eylül	3.38	0.194	402	4.32	0.198	59.4
Ekim	4.12	0.187	425	4.12	0.187	60.9

Zang vd. (2004), hipertrofik seviyedeki Donghu Gölü (Çin)'nde kafeslerde tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliğinin sedimentte organik madde, fosfor fraksiyonları ve tutulumu ile alkalin fosfat aktivitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda Mart-Ağustos 2000 arasında kafesin yanı ve kafese uzak noktalardan olmak üzere iki istasyondan sediment örnekleri alınmıştır. Kor tüplerle (50cm) alınan sediment örnekleri 6 cm aralıklarla bölünmüştür. İstatistiki analizler sonucu organik madde içeriği kafes yanından alınan örneklerde kafese uzak bölgeye göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Sedimentte fosfor tutulumunda en önemli payın demire bağlı fosfor (Fe-P) olduğu ve ortalama değerinin, kafes yanından alınan yüzey sedimentinde 1938.7µg/g, kafese uzak noktadan seçilen istasyonda ise1480.6 µg/g olduğu tespit edilmiştir. Tüm fosfor fraksiyonlarının kafes yanından alınan sediment örneklerinde

kafese uzak noktadan seçilen istasyona göre daha yüksek seviyede olduğu ve ayrıca Fe-P'ın sedimentte fosfor tutulumu için anahtar bileşen olabileceği belirtilmiştir.

Ülkemizde iç sularda kafeslerde balık yetiştiriciliği-sediment etkileşimi konusundaki bir çalışma, Kesikköprü Baraj Gölü (Ankara)'nde yürütülmüştür (Alpaslan ve Pulatsü 2008). Çalışma kapsamında, Aralık 2005- Mayıs 2006 tarihleri arasında iki istasyonda (I.istasyon: yaklaşık 20 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı kafes işletmesi tabanı, II. İstasyon- kontrol istasyonu: kafes işletmesinden yaklaşık 60 m uzaklıkta) aylık olarak sediment kalite parametreleri belirlenmiştir. Kesikköprü Baraj Gölü'nde seçilen istasyondan alınan sediment örneklerinde kalite parametrelerine ait varyans analizi sonuçlarına göre; istasyonlar esas alındığında, redoks potansiyeli, organik madde, toplam karbon, toplam azot ve toplam fosfor parametrelerine ait ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Kafes istasyonunda redoks potansiyeli (Eh) değerleri düşme göstermiş, negatif değerler mart, nisan ve mayıs aylarında ölçülmüştür.

Kesikköprü Baraj Gölü'nde seçilen kafes istasyonu sedimenti organik madde ve toplam azot değerlerinin kontrol istasyonu verilerine göre, sırasıyla 1.08 ve 1.3 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Kafes istasyonu sedimenti toplam fosfor ve toplam karbon düzeyleri kontrol istasyonu değerleri ile karşılaştırıldığında ise, şubat ayında maksimum olmak üzere sırasıyla 2.6 ve 1.4 katlık bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Sedimentin besin elementi konsantrasyonlarının kafes işletmesi atık girdilerini yansıttığı ve işletmenin sediment kalitesine lokalize etkileri olduğu vurgulanmıştır (Alpaslan ve Pulatsü 2008).

Guo vd. (2009) tarafından, Niushanhu Gölü (Çin)'nde Nisan-Aralık 2000 arasında aylık olarak, Şubat ile Ağustos 2001'de ve Ocak 2002'de birer kez su ve sediment örnekleri alınmıştır. Bu amaçla, belirli bir süre nadasa bırakma periyodu sonrası kafes yetiştiriciliğinin etkisini araştırmışlardır. Yetiştiricilik faaliyeti yılın mart ile kasım ayları arasında devam ettirilmiş ve hasat yapıldıktan sonra geriye kalan aylarda nadasa bırakılmıştır. Su ve sedimentteki fosfor ve azot değişimlerini değerlendirmek amacıyla dört örnekleme istasyonu seçilmiştir (kafes altından, kafes yanından, kafese 50 m ve

100 m uzaklıktan). Sedimentteki azot ve fosfor konsantrasyonlarının, ilk yetiştirme periyodunda ikinci periyoda göre daha yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Çalışma periyodu boyunca kafese 50 m ve 100 m uzaklıklardan alınan örneklerde önemli bir değişim gözlenmezken asıl etkinin kafese yakın bölgelerde (kafes altı ve kafes yanı) olduğu bildirilmiştir.

Rooney ve Podemski (2010), ortalama derinliği 11.6 m olan oligotrofik özellikteki 375 Gölü (Kanada)'nde, deneysel gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin sediment ve sediment gözenek suyu kimyasına etkisini araştırmışlardır. Bu kapsamda, Haziran 2003'de kafese ilk stoklama yapılmıştır. Sediment örnekleri, ilk stoklama yapılmadan önce mayıs ayında kafesin yerleştirileceği bölgeden alınmaya başlanmış ve yetiştiricilik süresi boyunca (18 ay) aylık olarak alınmaya devam edilmiştir. Örnekleme istasyonları; kafesin orta bölümünden, kafes kenarından, kafese 1, 3, 5, 15 ve 45 m (referans istasyonu) uzakta olmak üzere 7 noktada seçilmiştir. 14. ayda kafese 10 m ve 20 m uzaklıktan iki istasyon daha eklenmiştir. İstatistiki analizler 0 (Mayıs), 2, 5, 12, ve 16. aylarda alınan örnekler baz alınarak yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, yetiştiriciliğe başlamadan önce alınan sediment örneklerinde referans istasyonuna göre toplam fosfor, toplam azot ve toplam karbon düzeyleri açısından önemli bir farklılık görülmemiştir. 5. ayda kafesin orta bölümünden alınan örneklerde toplam azot, toplam fosfor ve toplam organik karbonun diğer istasyonlara göre önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Yetiştiricilik döneminde kış sezonu boyunca toplam fosfor miktarının düştüğü ve 2004 yılı boyunca kafesin bulunduğu bölgede besin elementlerinin arttığı tespit edilmiştir. 5. ayda alınan örneklerde, toplam azot, toplam fosfor ve toplam organik karbonun 16. ayda alınan örneklere göre önemli bir değişim göstermediği bildirilmiştir. 5. ve 16. ayda kafesin altında toplam Zn ve Cu miktarları referans istasyonuna göre önemli ölçüde yükselmiştir. 16 ay içerisinde kafes altı besin elementi konsantrasyonlarının yüzey sedimentinde yoğunlaştığı bildirilmiştir.

Sakarya Nehri üzerine kurulu Gökçekaya Baraj Gölü (Nallıhan- Ankara) örneğinde esası MOM (Modelling-Ongrowing Fish Farms-Monitoring) sistemine dayanan bir bilgisayar programının-Ağ Kafeslerde Yetiştiriciliğe İlişkin Karar Destek Sistemi (Cage Aquaculture Decision Support Tool - CADS_TOOL)- kullanım olanağı araştırılmış ve

bu kapsamdaki aşamalar sırasıyla (alan sınıflandırması, uygun alan seçimi, taşıma yoğunluğu, taşıma kapasitesi ve ekonomik değerlendirme) uygulanmıştır. Araştırmada düşük (29 ton/yıl) ve yüksek kapasiteli (950 ton/yıl) seçilen farklı iki ağ kafes işletmesinde, alan sınıflandırma modülüne ilişkin bazı sediment kalite kriterleri saptanmıştır. Her iki işletmede de tekstür kum şeklinde olduğundan 'iyi' olarak, redoks potansiyeli değerleri ise < -200 mV ölçüldüğünden 'kötü' olarak sınıflandırılmıştır. Ağ kafes işletmeleri sedimenti organik madde oranı (% 6.94- 8.00) ise sınır değere (> % 8) oldukça yakın tespit edilmiştir (Özdal ve Pulatsü 2012).

Gökçekaya Baraj Gölü (Ankara)'nde yürütülen bir diğer çalışmada ise, ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinin yapıldığı bir işletmeden (950 ton/yıl), üretim periyodu öncesi ve sonrasında sediment örnekleri alınmıştır. Sediment örneklerinde toplam fosfor (TF), toplam azot (TA), organik madde (OM), redoks potansiyeli, % su içeriği ve toplam organik karbon (TOK) değerleri ile sediment örneklerinden elde edilen sediment gözenek suyunda toplam filtre edilebilir ortofosfat (TFO), amonyak azotu (NH_3), nitrit azotu (NO_2), nitrat azotu (NO_3), pH değerleri ölçülmüştür. Araştırma ile üretim öncesi ve sonrası sedimentteki toplam fosfor (TF), redoks potansiyeli, % su içeriği ve toplam organik karbon (TOK) değerlerinde istatistik olarak anlamlı bir artış olduğu ortaya konmuştur (Karakoca 2013).

Örnekçi vd. (2012), Karakaya Baraj Gölü (Elazığ)'nde alabalık yetiştiriciliği yapan çiftlikler ile çevrenin karşılıklı etkileşimini araştırmışlardır. Karakaya Baraj Gölü'nden 12 ay süresince alınan sediment örneklerinde maksimum toplam fosfor konsantrasyonu şubat ayında, minimum fosfor konsantrasyonu ise aralık ayında tespit edilmiştir. Yüksek akış nedeniyle sedimentte organik madde birikimi tespit edilmediği ve besin tuzu artışının da engellendiği belirtilmiştir. Araştırıcılara göre, yüksek debi su-sediment arasındaki etkileşimi de engellemektedir.

Leon-Munoz vd. (2013) Rupanco Gölü (Şili)'nde arazi kullanımı değişimi ve su ürünleri yetiştiriciliğinin su ve sediment kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla gölün akarsu kolları içinde yer alan dört örnekleme istasyonu belirlenmiştir. Su ve sediment örnekleri alabalık yetiştiriciliği yapılan farklı üç istasyon ile kıyıya 50 metre

uzaklıktaki kontrol istasyonundan alınmıştır. Su ve sediment örneklerinde toplam azot, toplam fosfor ve toplam organik madde düzeyleri belirlenmiştir. Toplam azot düzeyi kontrol istasyonunda % 0.004 iken kafes istasyonlarında sırasıyla % 0.090, %0.124 ve % 0.643'e yükselmiştir. Toplam fosfor düzeyi ise kontrol istasyonunda % 0.009 olup kafes istasyonlarında sırasıyla % 0.047, % 0.036 ve % 0.162 olarak belirlenmiştir. Toplam organik madde düzeyi kontrol istasyonunda % 0.3 iken kafes istasyonlarında sırasıyla; % 3.2, % 6 ve % 25'e yükselmiştir. Araştırma verilerine göre arazi kullanımıyla birlikte alabalık yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda toplam azot, fosfor ve organik madde düzeylerinde önemli bir artış olduğu ve bu parametrelerin zamanla daha da artma eğiliminde olduğu bildirilmiştir.

Zhang vd. (2015), Nansi Gölü (Çin)'nde fosfor, azot ve organik maddenin yüzey sedimentinde dağılım karakteristiklerini araştırmışlardır. Gölün tamamını temsil edecek şekilde yirmisekiz farklı istasyondan alınan sediment örneklerinde toplam organik karbon, toplam fosfor ve toplam azot düzeyleri belirlenmiştir. Toplam fosfor içeriğinin yetiştiricilik yapılan bölgeden alınan sediment örneklerinde, diğer alanlara göre daha düşük seviyelerde olduğu ve bu farklılığın sebebinin yetiştiricilik yapılan bölgede sucul bitkilerin yıllık olarak hasat edilmesiyle fosforun sedimentten uzaklaştırılmasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Organik madde içeriğinin yetiştiricilik yapılan bölgede diğer alanlara göre önemli seviyede yüksek belirlendiği ve toplam azot düzeyinin de yetiştiricilik yapılan bölgede kısmi olarak daha yüksek düzeyde tespit edildiği bildirilmiştir.

2.3 Alıcı Ortamlarda Sedimentin Çevresel Kalite Parametrelerine İlişkin Yasal Yaklaşımlar

Anonymous (2000) tarafından, Tasmanya'da denizlerde kurulu kafeslerde salmonidlerin yetiştiriciliği yanında iç sulardaki kafeslerde yetiştiricilik konusunda teknik ve yasal düzenlemeler açısından önemli eksiklikler olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda ele alınan konulardan bir tanesi de iç sularda kafeslerde yetiştiriciliğin izlenmesine ilişkin iyi çevresel yönetim uygulamaları yaklaşımıdır. Söz konusu yaklaşımın odaklandığı temel faktörler;

- Su kalite riskleri - besin elementi durumu, çözünmüş oksijen, alg yoğunluğu,
- Sedimente ilişkin riskler - redoks potansiyeli, besin elementi yükleri, organik madde, tanecik boyutu dağılımı, makroomurgasızların tespiti, yüzey görünümü,
- Hastalık riskleri - yetiştirilen ve doğal balıklarda hastalık kontrolüdür.

Çalışmada, su kalitesi ve sedimentteki değişimleri değerlendirmeye yönelik izleme programlarının, denizlerde kafeslerde yetiştiriciliğin izlenmesine benzer olduğu bildirilmiştir. İç sularda yetiştiricilik faaliyetlerinin izlenmesinde, sediment örneklerinin yaz mevsiminde olmak üzere yılda en az bir kez alınması ve sediment durumunun iyi olduğu işletmelerde yukarıda belirtilen tanecik boyutu, redoks potansiyeli, organik madde ve makroomurgasızların tespiti gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca işletmelerden belirli bir mesafe uzakta (35 m) organik maddece etkilenmiş zon tespit edilmesi durumunda, yem kullanımı, üretim veya atıkların azaltımına yönelik yaptırımlar uygulanması gerektiği bildirilmiştir.

Ülkemizde su kalitesi izleme konusunda birçok kurum ve kuruluş tarafından çalışmalar yürütülmekte ise de araştırma amaçlı çalışmalar dışında sediment izlemesi yapılmamaktadır. Aydın (2014) tarafından "Su Çerçeve Direktifi" kapsamında sedimentte kimyasal izlemenin yapılması gerektiği bildirilmiş ve söz konusu direktif ile ilgili kılavuz dökümanlar incelenerek, sedimentin kimyasal izlenmesine yönelik teknik detaylar açıklanmıştır.

Türkiye'de "Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ" (Anonim 2007) ile denizel ekosistemlerde su ürünleri yetiştiriciliği-çevre etkileşimi konusunda ilk adımlar atılmıştır. Bu kapsamda değerlendirilen tesislerin "Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ" (Anonim2009) çerçevesinde izlenmesi gerekmektedir. Su kolonu ve dip çökeltisinde izlenecek kriterler Çizelge 2.7'de sunulmuştur. Çizelgeden de görüleceği üzere dip çökeltisinde yalnız toplam organik karbon izlemeye alınmıştır. Ayrıca işletmeler, dip çökeltisi analizleri ile ilgili tebliğin Madde 6 ikinci fıkrasında belirtilen bentik flora ve fauna türleri ile birlikte Beggiatoa bakterilerinin dağılımına ilişkin tespitleri, yetiştiricilik alanında ve referans noktasında yapmakla yükümlüdürler.

Çizelge 2.7 Balık yetiştiriciliği yapan gerçek ve tüzel kişilere ait tesislerin faaliyete geçmeleri sonrası izlenilecek kriterler (Anonim 2009)

Parametre	Dip çökeltisi	Su kolonu
pH	-	√
AKM	-	√
Secchi Diski Derinliği	-	√
Tuzluluk	-	√
Sıcaklık	-	√
Çözünmüş oksijen	-	√
Amonyum azotu	-	√
Toplam azot	-	√
Toplam fosfor	-	√
Klorofil-a	-	√
Toplam organik karbon	√	-

"Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ" (Anonim 2014b) ise, balık yetiştiriciliği tesislerinin kurulumunda göl ve baraj göllerinin besin seviyelerinin esas alınmasını öngörmektedir. Söz konusu tebliğ, iç sularda faaliyet gösteren balık işletmelerinde su sütununda toplam fosfor, toplam azot, klorofil-a gibi parametrelerin (nisan ve ekim aylarında) izlenmesini öngörürken, sediment odaklı izlenmesine ilişkin bir parametreyi kapsamamaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma yeri

Almus Baraj Gölü'ne ilişkin morfometrik ve hidrolojik özellikler çizelge 3.1'de sunulmuştur. Anonim (2013) tarafından, Ocak 2011-Eylül 2012 tarihleri arasında yürütülen çalışma kapsamında; Almus Baraj Gölü için yıllık ortalama su sıcaklığı 12.8^{o}C, çözünmüş oksijen değeri 9.16 mg/L olarak bildirilmiştir. Gölün su kalite sınıfı ise, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre NO_3 ve NO_2 değerleri dikkate alındığında, sırasıyla 1. ve 2. sınıf, PO_4-P değerleri baz alındığında çok kirli sular kategorisindedir.

Gölde kapasiteleri 3937 ton/yıl olan 25 adet kafes işletmesi bulunmaktadır (Anonim 2014-Sözlü görüşme).

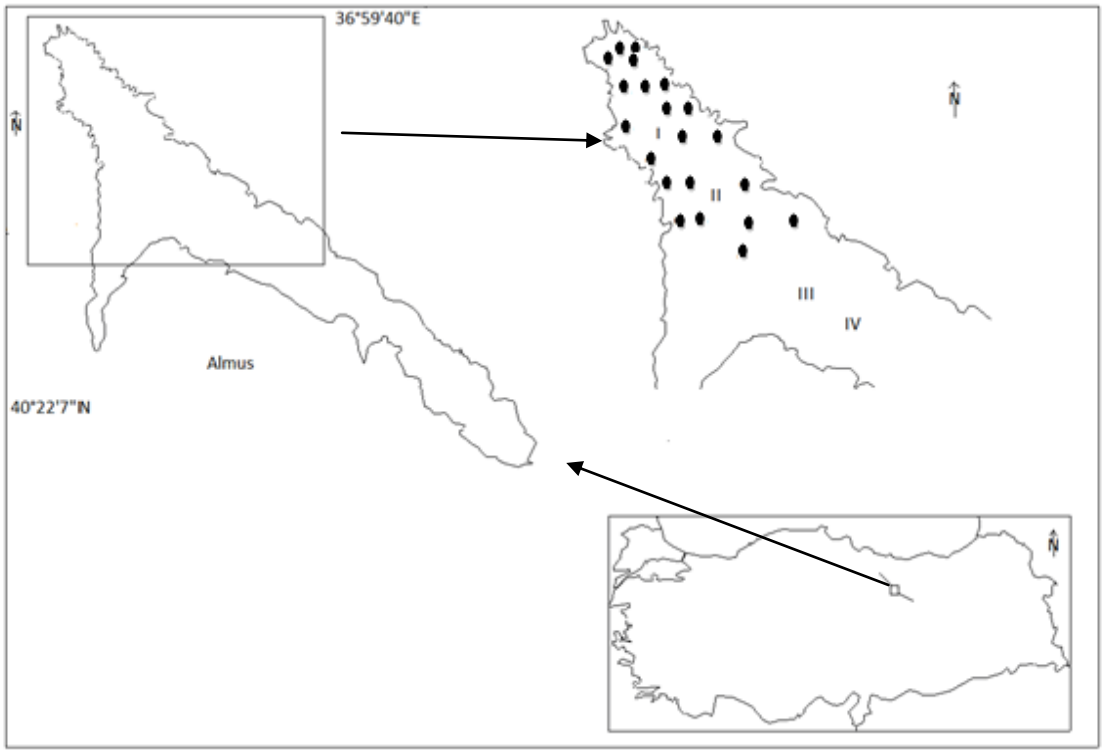
Çizelge 3.1 Almus Barajı morfometrik ve hidrolojik özellikleri (http://www2.dsi.gov.tr 2015)

Almus Barajı		
	Barajın Yeri	Tokat Almus ilçesinde
	Akarsuyu	Yeşilırmak
	Amacı	Sulama Taşkın Enerji
	İnşaatın (başlama-bitiş) yılı	1958 - 1966
	Gövde dolgu tipi	Zonlu toprak dolgu
	Gövde hacmi	3, 405 hm^3
	Yükseklik (talvegden)	78 m
	Normal su kotunda göl hacmi	950 hm^3
	Normal su kotunda göl alanı	31,30 km^2
	Sulama alanı	21 350 ha
	Güç	27 MW
	Yıllık Üretim	99 GWh

3.1.2 Araştırma istasyonları

Araştırma Almus Baraj Gölü'nde, çok sayıdaki ve üretim kapasiteleri farklı olan gökkuşağı alabalığı kafes işletmelerinin bulunduğu alanı temsilen belirlenen iki kafes

istasyonu ile hakim akıntı yönü dışında sırasıyla 250 m ve 500 m uzakta seçilen iki kontrol istasyonunda yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Almus Baraj Gölü'nde dağılım gösteren kafes işletmeleri ile belirlenen araştırma istasyonları (I, II: Kafes istasyonları, III, IV: Kontrol istasyonları)

3.1.3 Sediment materyali

Bölüm 3.1.2'de belirtilen istasyonların tabanından alınan sediment örnekleri kullanılmıştır.

3.1.4 Araştırma alanında ve laboratuvarda kullanılan araçlar

- Oksijenmetre ; -5 °C ile +45 °C arasındaki sıcaklıkları 1 °C hassasiyetle, 0 ppm ile 15 ppm arasındaki çözünmüş oksijen değerlerini ± 0,2 ppm hassasiyetle ölçebilen,
- Taşınabilir pH metre; pH değerleri ve redoks potansiyeli ölçümlerinde kullanılacak olan ±0,1^{o}C hassasiyette,
- Sediment alma kepçesi ve çelik halatı,

- Secchi Diski,
- Elek,
- Büyüteç,
- İskandil,
- Kül fırını,
- Etüv,
- Desikatör.

3.2 Yöntem

Araştırma saha ve laboratuvar çalışması olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. Saha aşaması, seçilen dört istasyonda gerçekleştirilmiştir. Sediment örnekleri, Nisan ve Ekim 2015 tarihlerinde gölde belirlenen dört istasyondan olmak üzere toplamda iki kez alınmıştır. Söz konusu ayların seçiminde, iç sularda faaliyet gösteren balık işletmelerinin su kalite parametrelerinin izlenmesi için nisan ve ekim aylarında örnek alımını öngören tebliğ (Anonim 2009) esas alınmıştır.

3.2.1 Saha çalışması

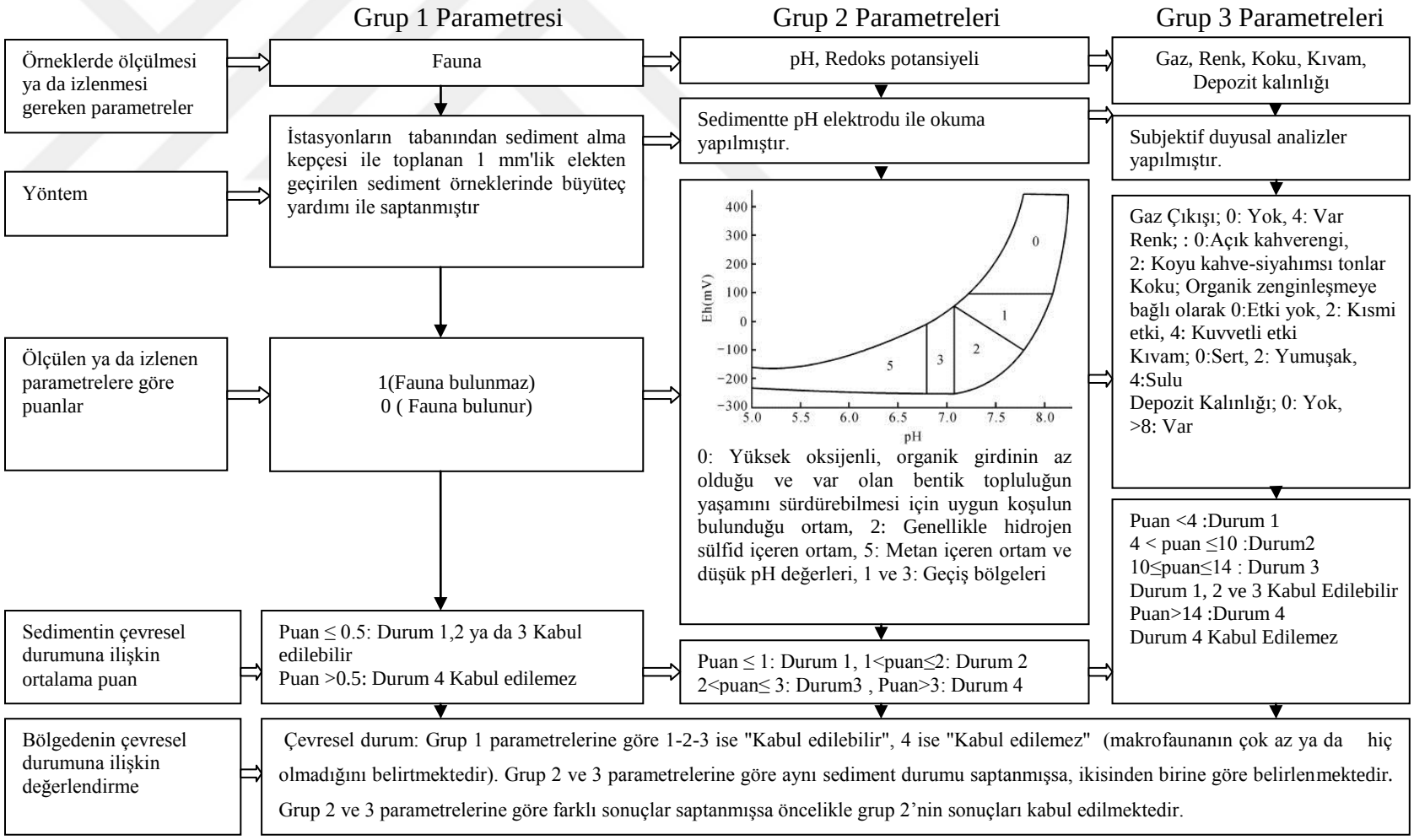
Araştırma istasyonlarında derinlik iskandil, su sıcaklığı ve çözünmüş oksijen değerleri oksijenmetre, pH ve redoks potansiyeli değerleri taşınabilir pH metre, Secchi derinliği ölçümleri Secchi diski ile akıntı hızı ise manuel olarak saptanmıştır.

3.2.1.1 Sediment örneklerinin alınması

Sediment örnekleri, 15x15 cm^2'lik alandan Ekman-Grab kullanılarak belirlenen istasyonlardan alınmış, analiz aşamasına kadar koyu renkli naylon torbalar içerisinde karanlıkta ve soğukta muhafaza edilmiştir.

3.2.1.2 Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi

Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesinde Hansen vd. (2001) ve Stigebrandt (2004)'ün bildirdiği prensipler kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bölgenin çevresel durumunun değerlendirilmesi (Hansen vd. (2001) ve Stigebrandt (2004)'den uyarlanmıştır)

3.2.2 Laboratuvar çalışması

3.2.2.1 Sediment örnekleri analiz yöntemleri

- Organik madde (%): Havada kurutulmuş 0.5 mm'lik elekten elenen 10-20 g sediment örneği 105 ºC'de 2-3 saat etüvde tutulduktan sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutularak ağırlığı belirlenmiştir. Sediment örneğinin 550 ºC'de 4-5 saat yakılmadan önceki ve sonraki tartım ağırlıkları arasındaki farktan hesaplanmıştır (Kacar 1995).

- Toplam karbon (%): Havada kurutulduktan sonra öğütülen sediment örneğinden 0.2 g alınarak elementer C, H, N- LECO CHN 1000 Analiz Cihazında tespit edilmiştir.

- Toplam azot (%): Havada kurutulduktan sonra öğütülen sediment örneğinden 0.2 g alınarak elementer C, H, N- LECO CHN 1000 Analiz Cihazında tespit edilmiştir.

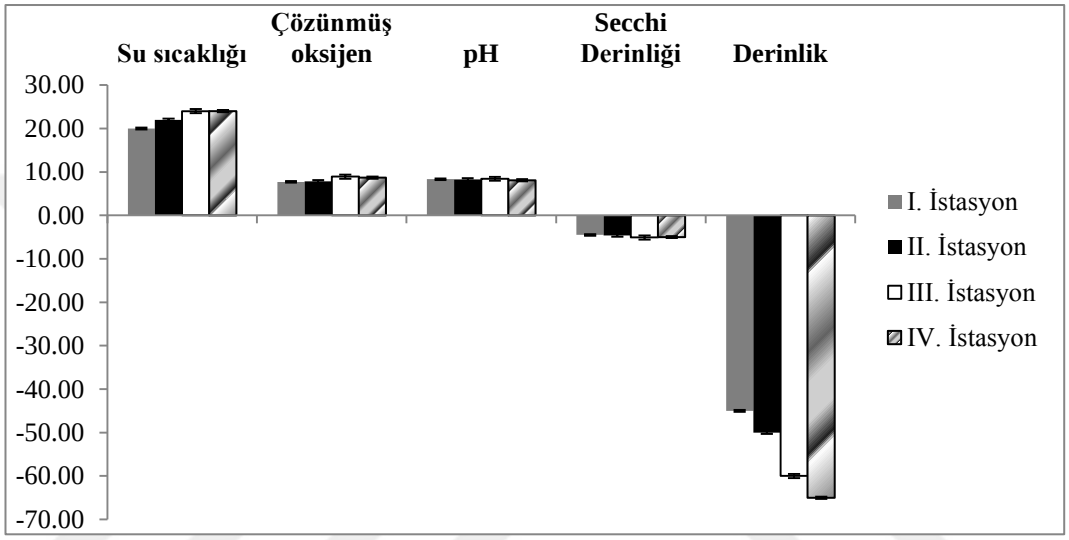
- Toplam fosfor (%): Havada kurutulmuş ve sonra 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş 1 gram sediment örneği nitrik ve perklorik asit karışımı ile yaş yakılarak çözünemez halde bulunan fosfor çözünebilir hale dönüştürülmüştür. Vanada-molibdat ile oluşturulan sarı rengin koyuluğu spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar 1995) .

3.2.3 İstatistiki analizler

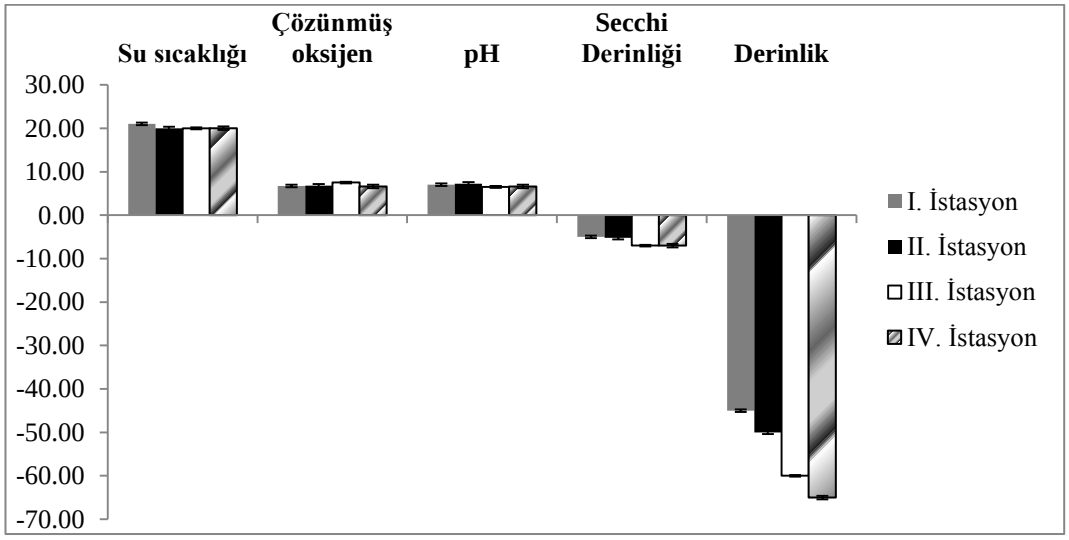
Almus Baraj Gölü'nde sedimentin kalite parametrelerine ilişkin verilerin değerlendirilmesinde Minitab ve Mstatistatistik paket programları kullanılmış, varyans analizi (ANOVA), Duncan testi ve T-testi uygulanarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan tüm istatistiki analizler Düzgüneş vd. (1983)'ün belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

4. BULGULAR

Almus Baraj Gölü'nde sedimente ilişkin bazı su kalite parametrelerinin aylara (nisan-ekim) ve istasyonlara (I. ve II. istasyon; Kafes istasyonu, III. ve IV. istasyon; Kontrol istasyonu) göre değişimi şekil 4.1 ve 4.2'de sunulmuştur. Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve pH ölçümleri yüzey sularında yapılmıştır.



Şekil 4.1 Nisan ayında bazı su kalite parametrelerinin istasyonlara göre değişimi

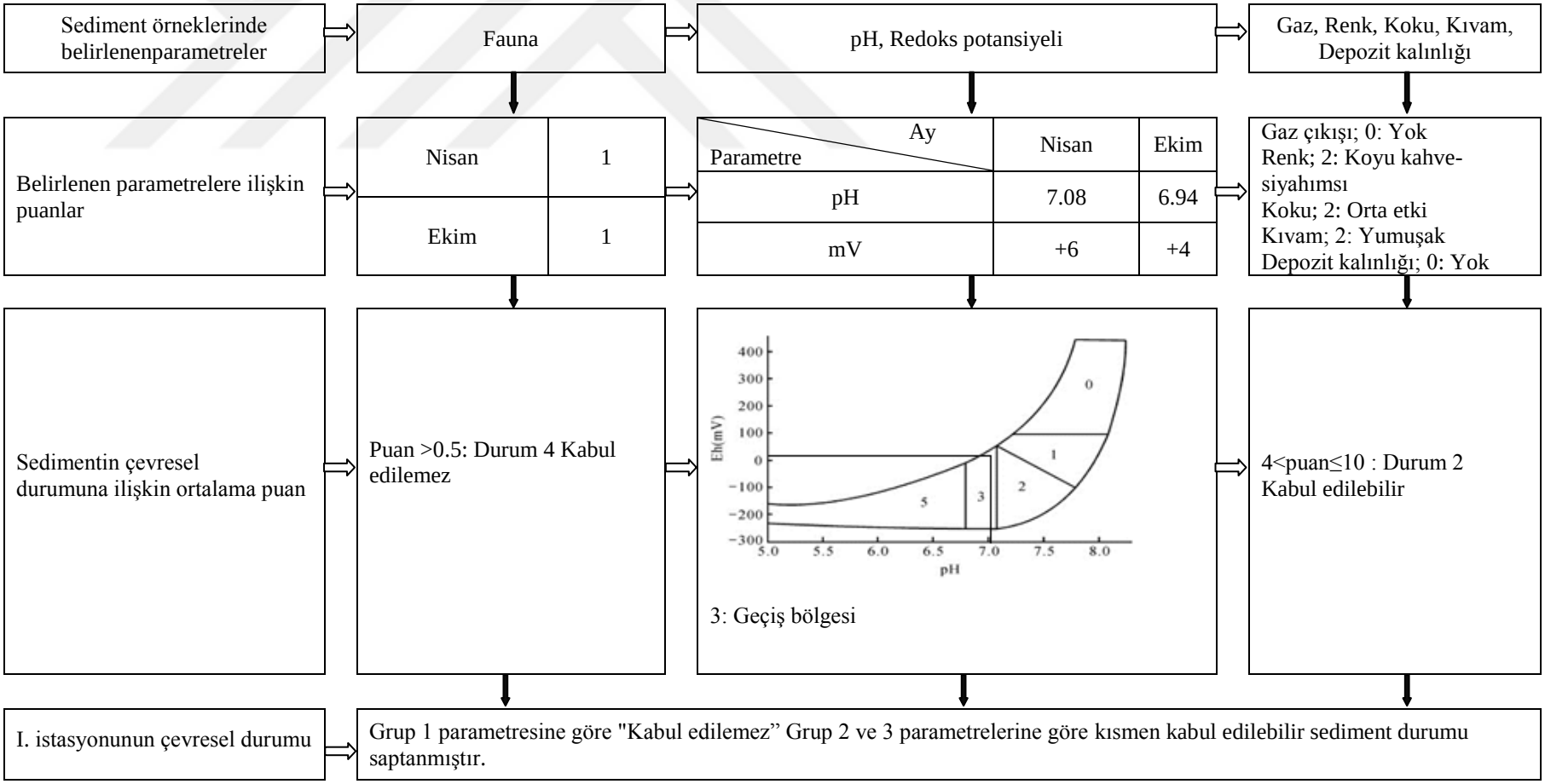


Şekil 4.2 Ekim ayında bazı su kalite parametrelerinin istasyonlara göre değişimi

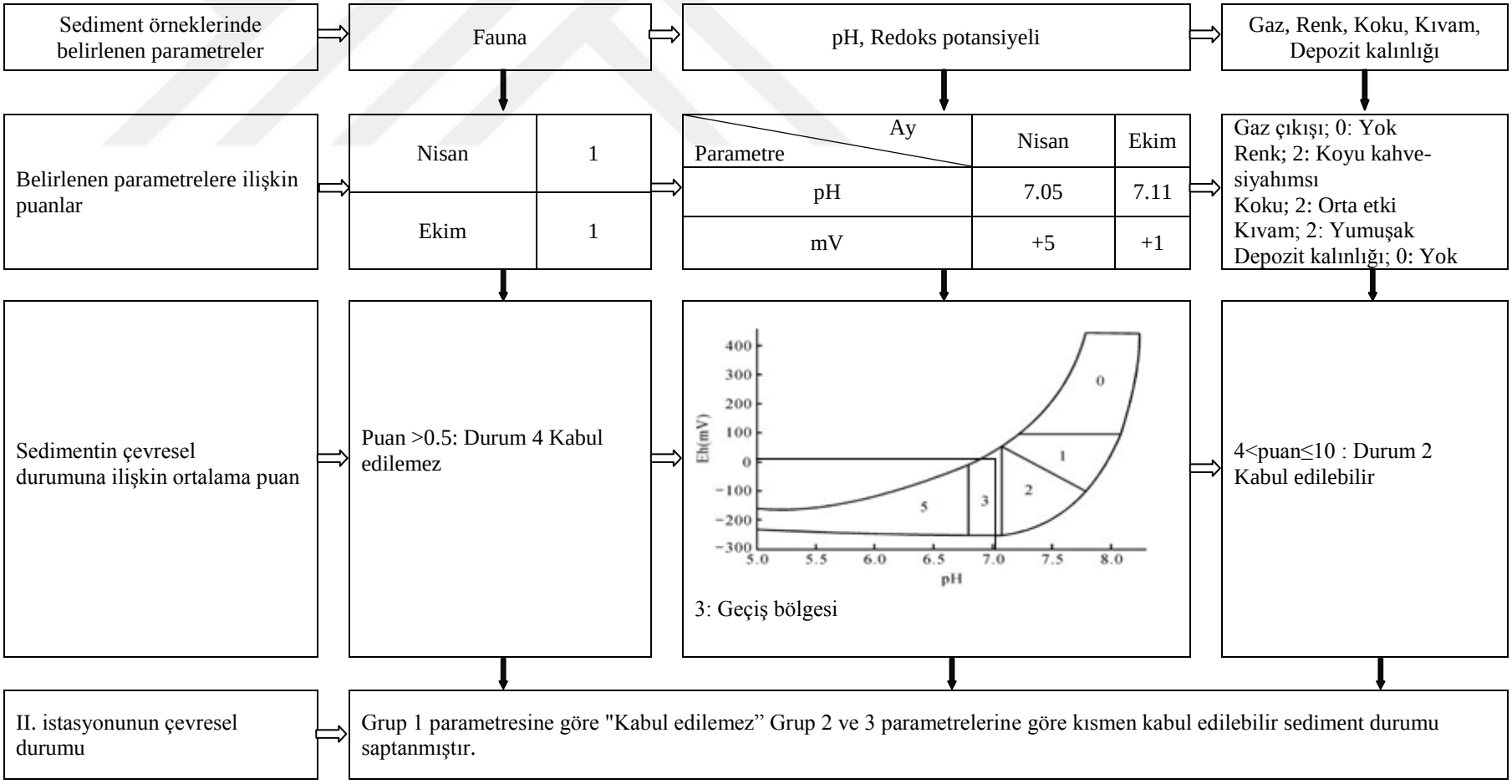
Araştırmada örnekleme yapılan aylarda su akıntı hızı manuel olarak ve yaklaşık 10 cm/s olarak belirlenmiştir.

4.1 Sedimente İlişkin Çevresel Kalite Parametreleri

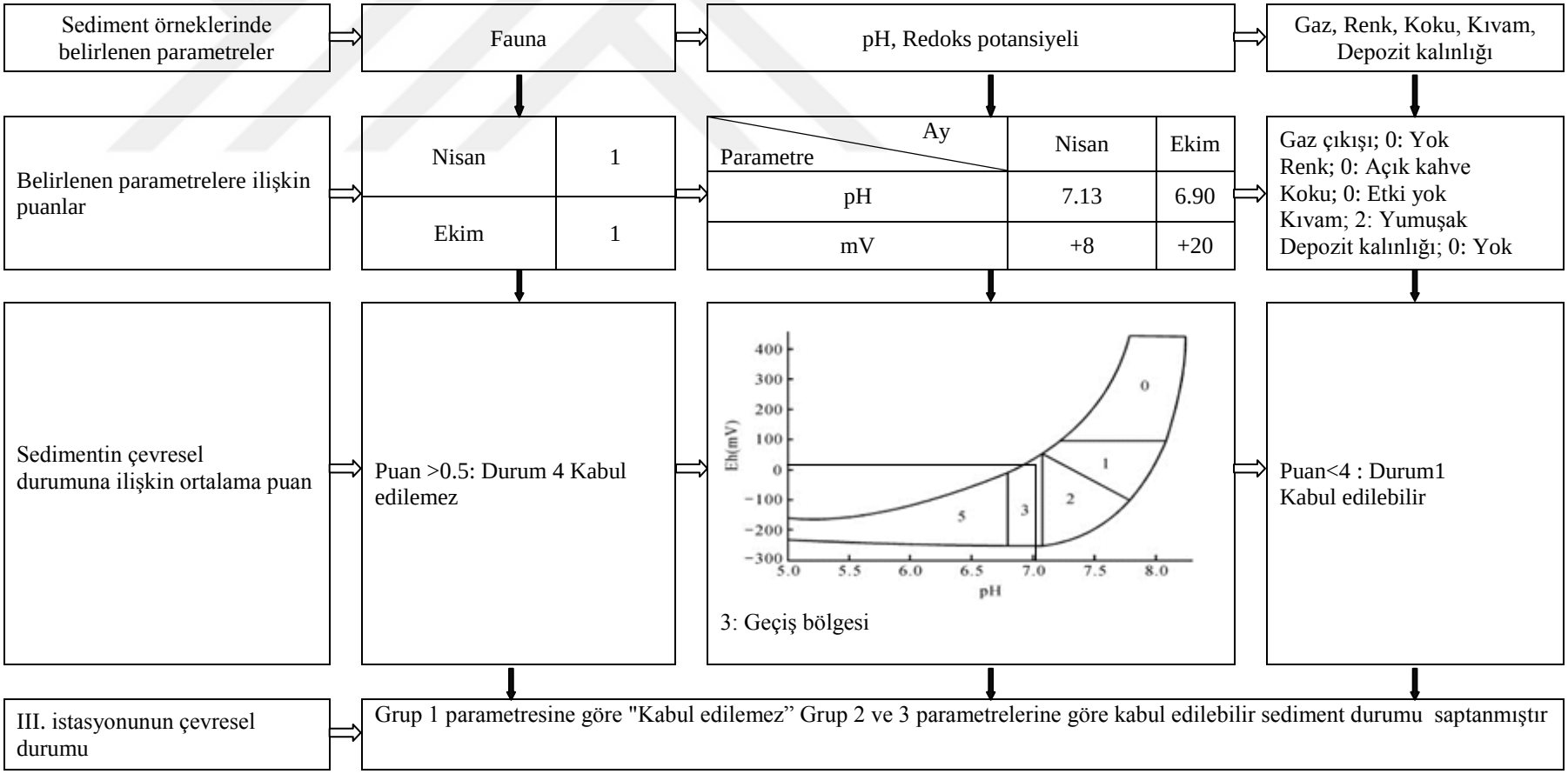
Almus Baraj Gölü'nde kafes işletmeleri alanında seçilen I. ve II. istasyon ile kafes işletmeleri alanından 250 ve 500 metre uzaklıktaki III. ve IV. istasyonun, sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu şekil 4.3-4.6'da sunulmuş, şekil 4.7'de ise istasyonların çevresel durumu göl haritası üzerinde gösterilmiştir.



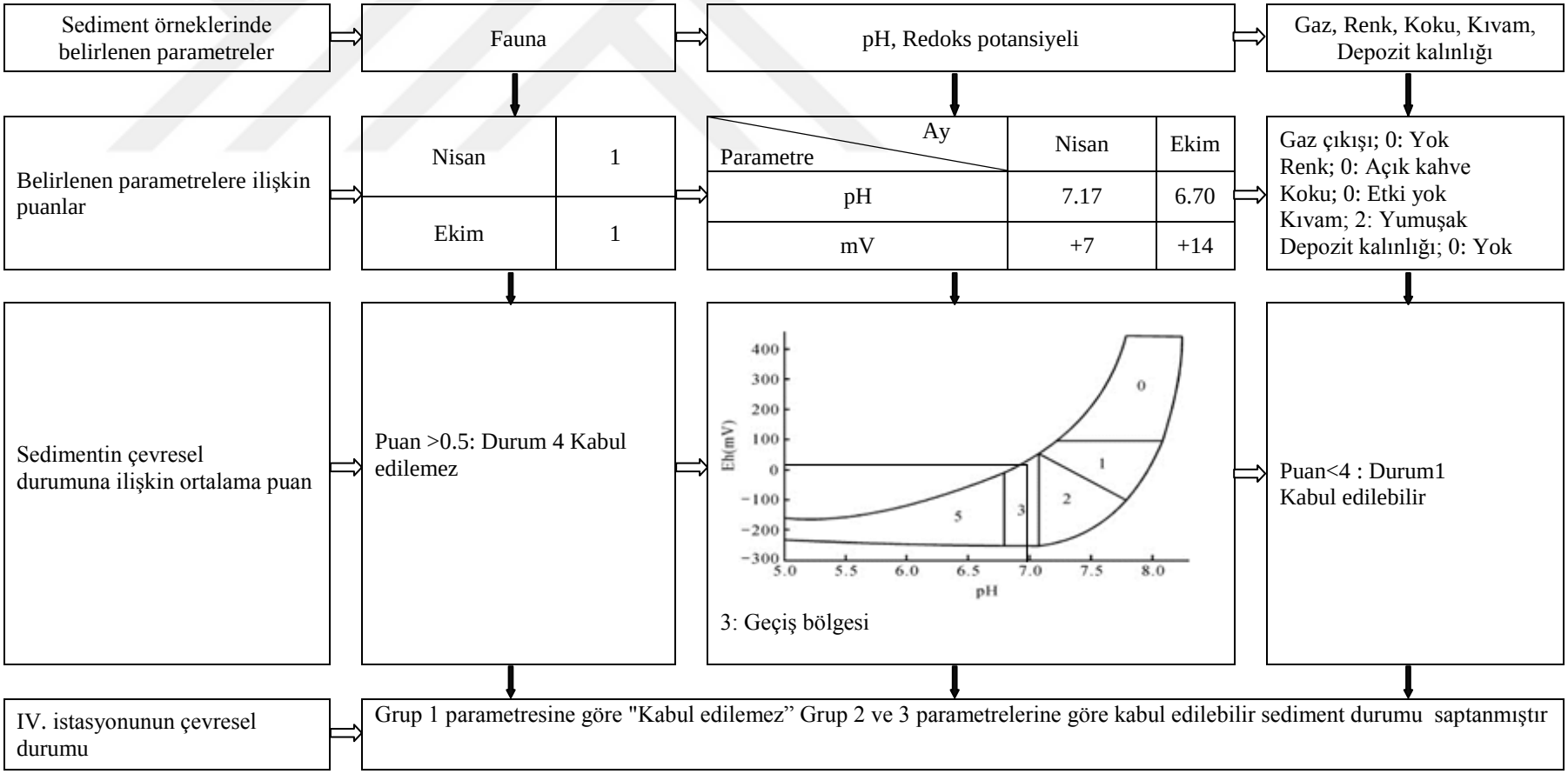
Şekil 4.3 Kafes işletmeleri alanındaki I. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu



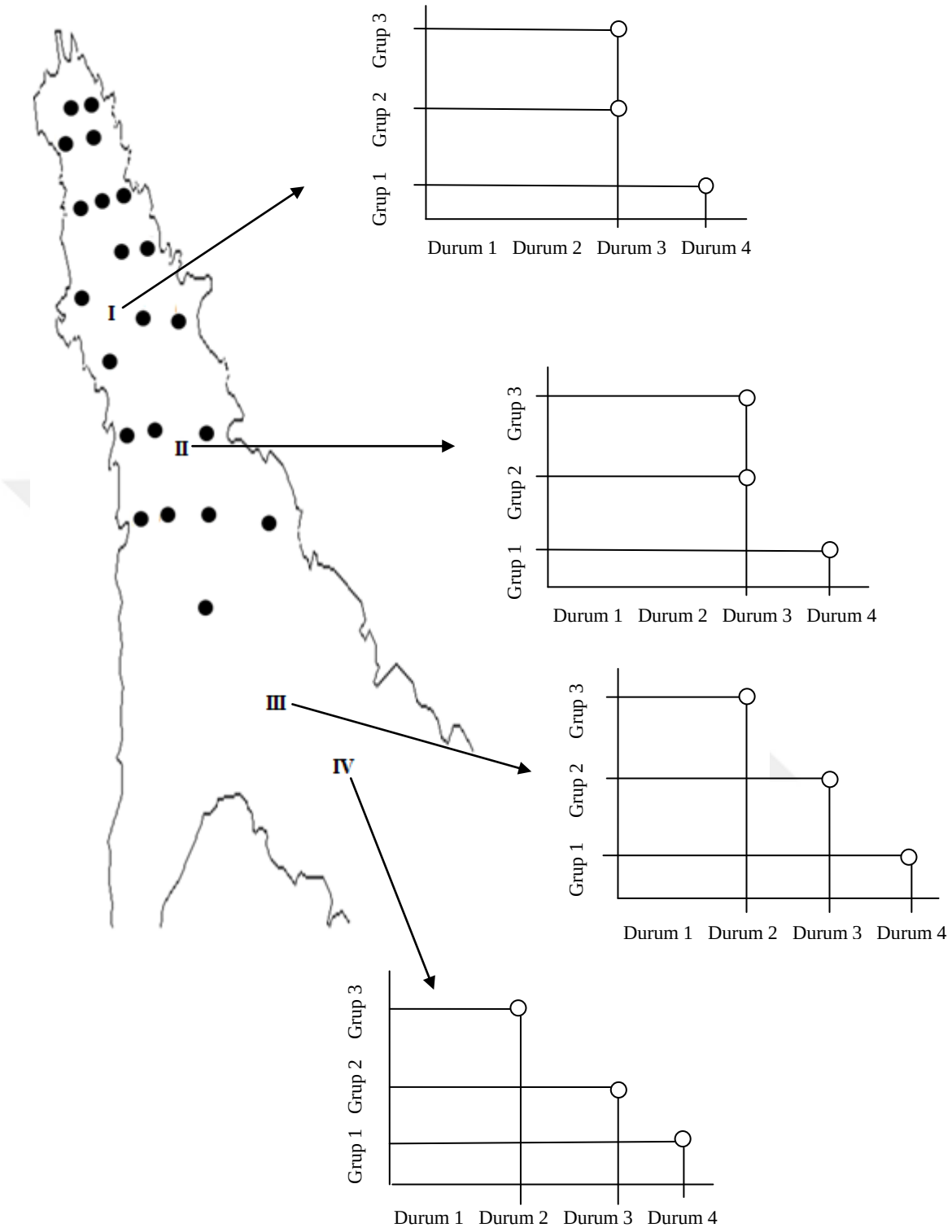
Şekil 4.4 Kafes işletmeleri alanındaki II. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu



Şekil 4.5 Kafes işletmeleri alanından 250 metre uzaklıktaki III. istasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu



Şekil 4.6 Kafes işletmeleri alanından 500 metre uzaklıktaki IV. İstasyonun sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu



Şekil 4.7 Almus Baraj Gölü'nde seçilen kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarının sediment kalite parametrelerine göre çevresel durumu

4.2 Sediment Kalite Parametreleri

Çalışma kapsamında ele alınan sediment kalite parametrelerinin; istasyonlar bazında aylara bağlı değişimi T-testi ile, aylar bazında araştırma istasyonları arasındaki farklılıklar Duncan testi ile belirlenmiştir.

4.2.1 Redoks potansiyeli

Sedimentin ortalama redoks potansiyeli değeri, en yüksek 20±0.82 mV ile ekim ayında kontrol (III) istasyonunda, en düşük ise 1±0.00 mV ile yine ekim ayında kafes (II) istasyonunda ölçülmüştür (Şekil 4.8).

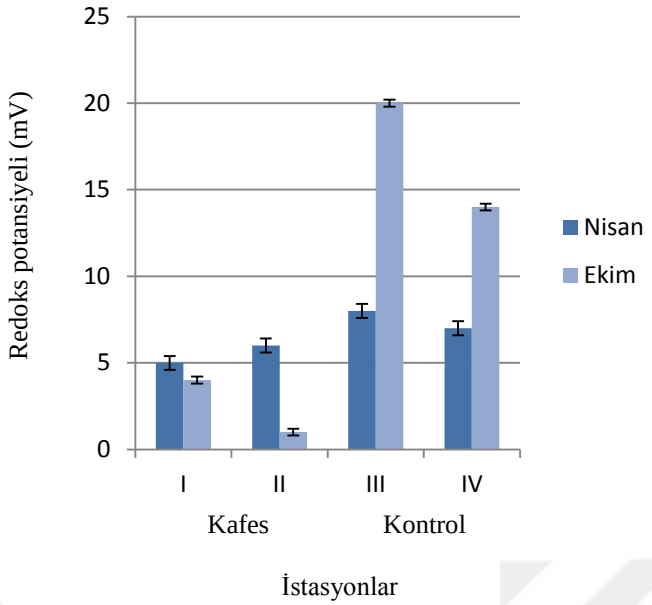
Nisan ayı baz alındığında, I ve II no'lu kafes istasyonları arasındaki farklılık ile III ve IV no'lu kontrol istasyonları arasındaki farklılık istatistiki açıdan benzerlik göstermiştir ($p>0.005$). Kafes istasyonları ile kontrol istasyonları arasındaki farklılık ise istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.005$) (Çizelge 4.1). Ekim ayı baz alındığında ise tüm istasyonlar arası farklılık istatistiki açıdan önemli seviyededir ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Bu parametrenin her bir istasyon ayrı ayrı ele alınarak aylara bağlı değişimi incelendiğinde ise, kafes ve kontrol istasyonlarında nisan ve ekim ayları arası farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Sedimentte redoks potansiyeli, organik madde toplam azot, toplam fosfor ve toplam karbon ortalama değerlerinin aylara ve istasyonlara bağlı değişimi

Parametre	Ay	Kafes		Kontrol	
		I. İstasyon	II. İstasyon	III. İstasyon	IV. İstasyon
Redoks potansiyeli (mV)	Nisan	6.00±0.82 ^{bcA}	5.00±0.82 ^{cA}	8.00±0.82 ^{aB}	7.00±0.82 ^{abB}
	Ekim	4.00±0.82 ^{cB}	1.00±0.00 ^{dB}	20.00±0.82 ^{aA}	14.00±0.82 ^{bA}
Organik madde (%)	Nisan	7.16±2.08 ^{aA}	7.02±1.09 ^{aA}	6.10±0.24 ^{aA}	5.58±0.35 ^{aB}
	Ekim	7.61±0.00 ^{aA}	7.77±0.03 ^{bA}	6.30±0.12 ^{dA}	6.44±0.00 ^{cA}
Toplam azot (%)	Nisan	0.19±0.00 ^{aB}	0.12±0.01 ^{bB}	0.11±0.05 ^{bB}	0.11±0.02 ^{bA}
	Ekim	0.15±0.02 ^{bA}	0.28±0.07 ^{aA}	0.14±0.00 ^{bA}	0.08±0.00 ^{cB}
Toplam fosfor (%)	Nisan	0.08±0.00 ^{bA}	0.10±0.00 ^{bA}	0.07±0.00 ^{cB}	0.06±0.00 ^{dB}
	Ekim	0.08±0.00 ^{aB}	0.09±0.00 ^{bB}	0.07±0.00 ^{cA}	0.06±0.00 ^{dA}
Toplam karbon (%)	Nisan	3.87±0.03 ^{aA}	3.68±0.06 ^{bB}	3.40±0.03 ^{cA}	2.91±0.01 ^{dA}
	Ekim	3.57±0.00 ^{bA}	3.39±0.00 ^{aA}	2.94±0.03 ^{cB}	2.00±0.02 ^{dB}

Aynı satırdaki küçük harfler, aynı ayda her bir parametrenin istasyonlar arasındaki farklılığını, aynı sütundaki büyük harfler ise aynı istasyonda her bir parametrenin aylar arasındaki farklılığını göstermektedir



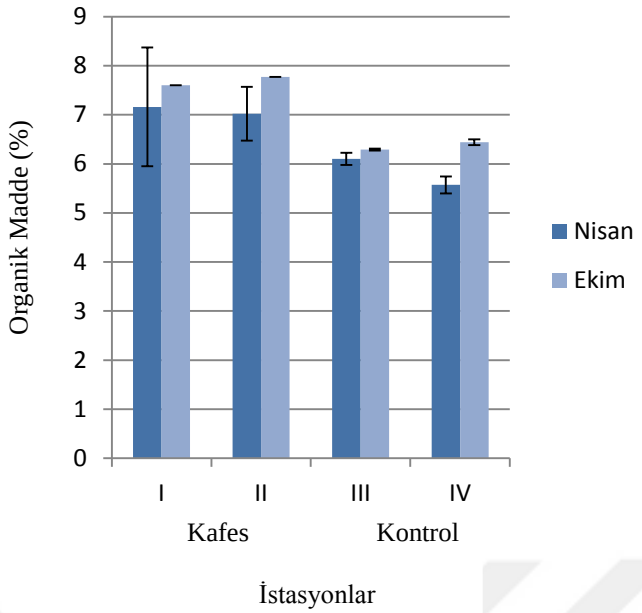
Şekil 4.8 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte redoks potansiyelinin aylara bağlı değişimi

4.2.2 Organik madde

Sedimentin ortalama organik madde değeri en yüksek % 7.77±0.03 ile ekim ayında kafes (II) istasyonunda, en düşük değeri ise % 5.58±0.35 ile nisan ayında kontrol (IV) istasyonunda tespit edilmiştir (Şekil 4.9).

Nisan ayında sedimentteki ortalama organik madde değerlerinin, kafes istasyonlarına göre değişimi istatistiki olarak önemsiz düzeyde ($p>0.005$) belirlenirken, bu parametre açısından ekim ayında bütün istasyonlar arasındaki farklılığı istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Organik madde değerleri açısından kafes (I, II) istasyonları ile kontrol (III) istasyonunda nisan ve ekim ayları arası farklılık istatistiki açıdan önemsizken ($p>0.005$), kontrol (IV) istasyonunda nisan ve ekim ayları arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli saptanmıştır ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).



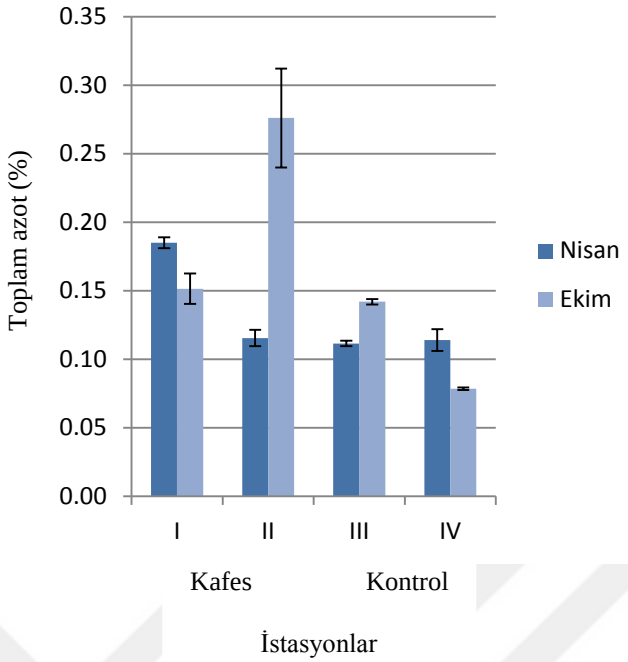
Şekil 4.9 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte organik maddenin aylara bağlı değişimi

4.2.3 Toplam azot

Sedimentin ortalama toplam azot değeri en yüksek % 0.28±0,07 ile ekim ayında II no'lu kafes istasyonunda saptanmış, en düşük değer % 0.08±0.00 ile nisan ayında IV no'lu kontrol istasyonunda belirlenmiştir (Şekil 4.10).

Nisan ayında I no'lu kafes istasyonunda ortalama toplam azot değeri (% 0.19) diğer üç araştırma istasyonuna göre istatistiki olarak farklılık göstermiştir ($p<0.005$). Ekim ayında ise I no'lu kafes istasyonu ile III no'lu kontrol istasyonu istatistiki açıdan benzerlik gösterirken ($p>0.005$), II no'lu kafes istasyonu ve IV no'lu kontrol istasyonunda farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Bu parametre açısından aylara bağlı değişim incelendiğinde tüm istasyonlar istatistiki olarak önemli seviyededir ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).



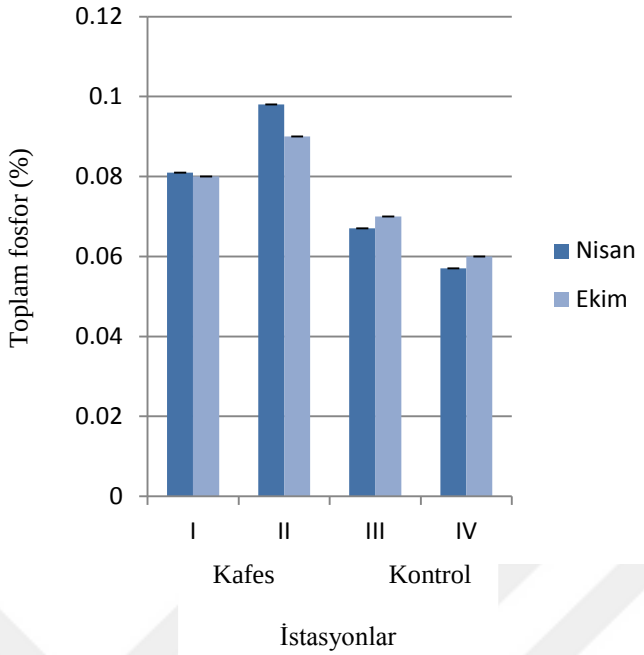
Şekil 4.10 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam azotun aylara bağlı değişimi

4.2.4 Toplam fosfor

Sedimentin ortalama toplam fosfor değeri en yüksek % 0.10±0,00 ile nisan ayında II no'lu kafes istasyonunda tespit edilirken, en düşük değer % 0.06±0.00 ile nisan ayında IV no'lu kontrol istasyonunda belirlenmiştir (Şekil 4.11).

Her iki ayda da sedimentte ortalama toplam fosfor değerlerinin, kafes istasyonları ile kontrol istasyonları arasında istatistiki olarak önemli seviyede farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Bu parametrenin aylara bağlı değişimi incelendiğinde ise tüm istasyonlar arası farklılık her iki ayda da istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).



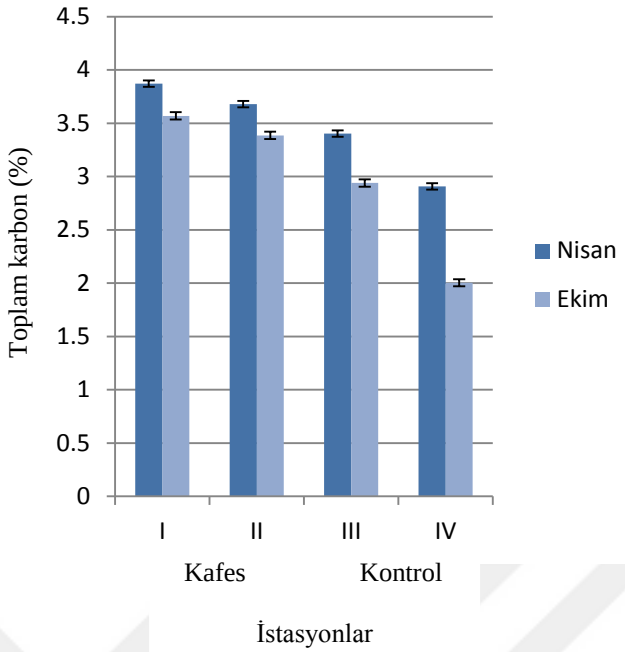
Şekil 4.11 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam fosforun aylara bağlı değişimi

4.2.5 Toplam karbon

Sedimentin ortalama toplam karbon değeri en yüksek % 3.87±0,03 ile nisan ayında kafes (I) istasyonunda, en düşük değeri ise % 2.00±0.02 ile ekim ayında kontrol (IV) istasyonunda saptanmıştır (Şekil 4.12).

Toplam karbon, her iki ayda da istasyonlar arasında istatistiki açıdan önemli seviyede farklılık göstermiştir ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).

Bu parametre açısından araştırma istasyonları arasındaki farklılık her iki ayda da istatistiki açıdan önemli düzeydedir. ($p<0.005$) (Çizelge 4.1).



Şekil 4.12 Kafes (I, II) ve kontrol (III, IV) istasyonlarında sedimentte toplam karbonun aylara bağlı değişimi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Araştırma Alanının Çevresel Durumuna İlişkin Değerlendirmeler

Norveç'te denizlerde kafeslerdeki yetiştiricilik faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılan MOM sisteminin (Modelling- Ongrowing Fish Farms-Monitoring), izleme ve modelleme olmak üzere iki ana bileşeni bulunmaktadır. Modelleme, alıcı ortamda kafes işletmeleri faaliyete geçmeden önceki teorik taşıma kapasitesini tahmin etmek, izleme ise dikkate alınan (geçerli) kalite standartlarını değiştirmeyecek şekilde çevresel etkiyi korumak amacıyla kullanılmaktadır (Stigebrandt vd. 2004, Halide vd. 2009).

Çevresel kalite standartları, izleme programının temel unsurları ve uygulama araçlarıdır. Kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği bağlamında önem arz eden izleme programlarında su veya sedimente ilişkin çevresel kalite standartları kullanılmaktadır. İzleme programları, MOM sisteminde olduğu gibi denizlerde kurulu kafes işletmelerinin lokal çevresel etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmakta ((Ervik vd. 1997, Hansen vd. 2001) ve iç sularda da benzer prensiplerin uygulanabileceği bildirilmektedir (http://www.eprints.utas.edu.au 2000). İç sularda yetiştiricilik faaliyetlerinin izlenmesinde ve kafes alanının çevresel durumunun ortaya konmasında sedimente ilişkin çevresel kalite parametreleri ön plana çıkmakta ve bu kapsamda sedimentte makroomurgasız varlığı, sedimentin bazı kimyasal analizleri (pH, redoks potansiyeli) ile gaz, renk, koku gibi duyusal parametreler dikkate alınmaktadır.

Ülkemizde kafeslerde gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı baraj göllerimizden biri olan Almus Baraj Gölü'nde de çok sayıda ve üretim kapasiteleri farklı gökkuşağı alabalığı kafes işletmesi faaliyette bulunmaktadır. Tez kapsamında; işletmelerin yoğun olduğu alanları temsilen seçilen kafes istasyonları ile kontrol istasyonlarının çevresel durumlarını belirlemek amacıyla toplam dört araştırma istasyonuna ait sediment örneklerinde, MOM yönteminde belirtilen kalite parametreleri üç kategoride tespit edilmiştir. İlk kategoride yer alan kriter biyolojik olup makrofauna varlığı ile ilintilidir. Seçilen dört istasyona ait sediment örneklerinin hiçbirinde makrofaunaya rastlanmamış ve bu parametreye göre istasyonların çevresel durumu "Kabul edilemez" şeklinde

belirlenmiştir. Ancak sediment zarar görmemiş olsa bile faunaya rastlanamayabilmektedir (Ervik vd. 1997).

Zengin ve Buhan (2007), Yukarı Yeşilırmak Havzası içerisinde yer alan Almus ve Ataköy Baraj Göllerinin 1965 yılından itibaren DSİ'nin balıklandırma projesi kapsamında karnivor ve omnivor özellikler taşıyan; yayın (*Siluris glanis*), havuz balığı (*Carassius carassius*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) populasyonları ile balıklandırıldığını, aşılanan bu türlerin yerli türler (*Leuciscus cephalus, Chalcalburnus chalcoides, Alburnus orontis, Chondrostoma regium, Capoeta capoeta,Capeota tinca, Barbus* spp.) üzerinde baskı oluşturarak göldeki balık faunası yerli türler aleyhine bozulduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca her iki baraj gölünde, ağ kafeslerde 1999 yılından itibaren başlatılan kültür balığı işletmelerinden kaçan gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) güçlü bir karnivor beslenme davranışına sahip olmalarının göl ortamında yerli balıkların aleyhine predasyon baskısını hızlandırdığının vurgulandığı çalışmada, balıklandırma amacı ile göl ortamına bırakılan türlerin dolu mide içerikleri tanımlanmış ve kantitatif olarak kaydedilmiştir. Almus Baraj Gölü'nden yakalanan yayın balıkları mide içeriğinde Gastropod (% 2.8) ve sucul böcekler (% 1.8), sazanda sucul böcekler (% 2.7), yumuşakçalar (% 2.6) ve bentik kurtçuklar (% 1.3) tespit edilmiştir. Anonim (2013) tarafından Almus Baraj Gölü'nde yürütülen kapsamlı bir diğer çalışmada ise, kıyı şeridinden yeterli miktarda bentik organizma tespit edilemediği, yoğun olarak mevcut olan *Dressenia* sp. türü (*Bivalvia*) elde edildiği ve Almus Barajı'nın, Yeşilırmak Nehri Yukarı Havzası'nda yaşayan balık ve bentik organizmaların topluluk yapısını olumsuz olarak etkilediği bildirilmiştir.

Araştırmamızda seçilen tüm istasyonlarda makrofaunaya rastlanamamış olması, yukarıda bahsedilen her iki çalışmada da baraj gölünün zengin bir bentik faunaya sahip olmadığı yönündeki bulguları doğrular niteliktedir. Ayrıca kontrol istasyonlarında da makrofauna varlığından söz edilememesi, kafeslerde yetiştiriciliğin makrofauna üzerinde olumsuz etkileri olduğuna ilişkin bir değerlendirmeyi olanaksız kılmaktadır. Almus Baraj Gölü'nü temsil edecek daha çok sayıda örnekleme ile detaylı incelemeler, sedimentteki makrofauna varlığı konusuna açıklık getirebilecektir. Zira morfometrik ve hidrolojik özelliklerin göllere göre farklılık gösterdiği rezervuarlarda, bentik

makroomurgasızlar özellikle sedimenti etkileyen su seviyesindeki değişikliklere, sıcaklık rejimine, rüzgar kaynaklı sediment dağılımına karşı da hassastırlar (Trichhova vd. 2013).

MOM yönteminde belirtilen ve ikinci kategoride yer alan çevresel kalite parametreleri, sedimentten alınan örneklerde elektrodlarla yapılan pH ve redoks potansiyelidir. Solunum, sülfat indirgenmesi ve metan üretimi olmak üzere üç büyük ayrışım prosessi tarafından kontrol edilen redoks potansiyeli, organik maddelerce zenginleşmiş sedimentte oksijen yetersizliğini ifade etmektedir (Stigebrandt vd. 2004). Alpaslan ve Pulatsü (2008) tarafından Kesikköprü Baraj Gölü'nde (Ankara) yürütülen çalışmada, sedimentin ortalama redoks potansiyeli değeri en düşük (-10.50 ± 0.29 mV) ile kafes istasyonunda mayıs ayında, en yüksek değer ise (16.50 ± 0.29 mV) ile kontrol istasyonunda aralık ayında ölçülmüştür. Özdal ve Pulatsü (2012), Gökçekaya Baraj Gölü'nde farklı kapasiteli (29 ve 950 ton/yıl) iki ağ kafes işletmesinde, alan sınıflandırması modülünde yer alan sedimenti tekstür açısından 'iyi' (kum), redoks potansiyeli açısından 'kötü' (< -200 mV) olarak sınıflandırıldığını belirtmişlerdir. Aynı baraj gölünde Karakoca (2013) tarafından yaklaşık 950 ton/yıl üretim kapasitesindeki gökkuşağı alabalığı kafes işletmesine ait sediment örneklerinde, en yüksek değer üretim periyodu sonunda (nisan) −170.00±4.08 mV, en düşük değer üretime başlamadan önce (eylül) −327.00±0.08 mV olarak saptanmıştır. Bu çalışmada ise tüm istasyonlarda, negatif redoks potansiyeli değerleri ölçülmemiş ve sediment; nispeten düşük oksijenli, organik girdinin fazla olduğu ve var olan bentik topluluğun yaşamını sürdürebilmesi açısından daha az uygun koşulun bulunduğu "geçiş bölgesini" ifade eder durumda tespit edilmiştir. Ancak redoks potansiyeli değerleri örnekleme yapılan her iki ayda da kontrol istasyonlarında (7-20 mV) kafes istasyonlarına (1-6 mV) göre daha düşük bulunmuştur.

MOM yönteminde belirtilen ve üçüncü kategoride yer alan sedimente ilişkin duyusal parametreler ise organik madde miktarı arttıkça değişiklik göstermektedir; sedimentin rengi, kokusu, gaz kabarcıkları, sedimentin üst katmanındaki depozit kalınlığı gibi. Bu gruptaki puanlama subjektif olduğundan parametreler, teker teker değil grup olarak değerlendirilmektedir. Grup 3 parametrelerine ait ortalama değer minimum on örnekten elde edilmiş olup; kafes işletmelerinin yoğun olarak dağılım gösterdiği alanda seçilen I

ve II no'lu kafes istasyonlarının çevresel durumu (6 puan) "Kısmen kabul edilebilir" olarak tespit edilirken, bu istasyonlardan 250 ve 500 m uzakta seçilen III ve IV no'lu kontrol istasyonlarının çevresel durumu (2 puan) "Kabul edilebilir" bulunmuştur. Bu kategoride yer alan renk ve koku parametreleri, kafes ve kontrol istasyonlarının çevresel durumunu ayırt etmede etkili unsurlar olmuştur. Ayrıca gerek kimyasal gerekse duyusal parametreler açısından kafes istasyonlarının çevresel durumunun benzer bulunması, duyusal parametrelere ilişkin değerlendirmeleri de doğrular niteliktedir.

Sonuç olarak sedimente ilişkin ikinci grup kalite parametreleri baz alındığında; Almus Baraj Gölü'nde seçilen araştırma ve kontrol istasyonlarının çevresel durumları "geçiş bölgesi" olarak belirlendiğinden kafeslerde balık yetiştiriciliği açısından gölün alarm veriyor olduğu, üçüncü grup parametreleri baz alındığında ise faal olan işletmelerin taşıma yoğunluğunu aştığı bilimsel olarak ortaya konmuştur.

Ülkemizde iç sularda faaliyet gösteren balık işletmelerinin sediment odaklı izlenmesine ilişkin yasal bir düzenleme bulunmamaktadır. Ancak görüldüğü gibi, sediment kalite parametrelerini baz alan izleme programları, kafes işletmelerinin çevresel durumu başka bir deyişle lokal etki alanı konusunda etkin bir değerlendirme aracıdır. Tez çalışmasında önerilen yöntemlerin güvenilir ve basit olmasının yanı sıra hızlı ve kolay uygulanabilir olması gibi avantajlarının, karar verici mekanizmalara özellikle baraj göllerinde yoğun bir dağılım gösteren kafes işletmelerinin yönetimi ve lokal etkilerini izleme konusunda katkı sağlayacağı ve yol göstereceği düşünülmektedir.

5.2 Sediment Kalite Parametrelerine İlişkin Değerlendirmeler

Sediment kalite parametrelerindeki değişimler, su kalite parametreleri ile karşılaştırıldığında çok daha uzun zaman aldığından, su kalite parametreleri anlık çevresel koşullara işaret ederken, sediment kalite parametreleri bu koşulların çok daha uzun zaman periyodunda nasıl oluştuğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda, sedimentler çevresel durumun değerlendirilmesinde suya göre daha iyi indikatörlerdir.

Bu çalışmada kafes istasyonlarında belirlenen toplam organik madde değerleri % 7.02-7.77 arasında değişmiş olup, Özdal ve Pulatsü (2012)'nün Gökçekaya Baraj Gölü için bildirdikleri yüzey sedimenti değerleri (% 6.94- 8.00) ile benzerlik göstermiştir. Bu benzerlik, her iki baraj gölünün hidrolojik ve morfolojik parametreler açısından benzer olması ve aynı balık türünün yetiştirilmesi ile ifade edilebilir. Alpaslan ve Pulatsü (2008) tarafından Kesikköprü Baraj Gölü'nde yürütülen yetiştiricilik-sediment kalitesine yönelik bir diğer çalışmada, yüzey sedimenti organik madde düzeyleri % 12.23-15.71 arasında belirlenmiştir. Sedimentin organik madde miktarına ilişkin bulgularımızın, Kesikköprü Baraj Gölü sedimentine göre daha düşük saptanmasında; Almus Baraj Gölü'nün daha derin ve daha fazla yüzey alanına sahip olması nedeniyle organik madde birikiminin engellenmesi etken olabilir.

Araştırmamızda mezotrofik besin düzeyine sahip Almus Baraj Gölü sedimenti organik madde düzeyi, oligotrofik Passage Gölü (Kanada)'nde üretim kapasitesi oldukça az olan (14 ton) gökkuşağı alabalığı kafes işletmesine ait % 39.0-66.8 değerlerine (Cornel ve Whoriskey 1993) göre oldukça düşük bulunmuştur. Jiwyam ve Chareontesprasit (2001) tarafından Prayeun Baraj Gölü (Tayland)'nde tilapya yetiştiriciliğinin yapıldığı kafesin hemen altından seçilen istasyonda organik madde miktarının % 0.528'den 4.681'e, kafesi çevreleyen istasyonda % 2.07'den 4.37'ye yükseldiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, sedimentin organik madde düzeyi açısından istasyonlar arası farklılık yalnız ekim ayında sözkonusudur.

Tez çalışması kapsamında, kafes istasyonlarında sedimentin toplam azot düzeyleri % 0.12-0.28 arasında değişmiş olup, Jiwyam ve Chareontesprasit (2001) tarafından Prayeun Baraj Gölü (Tayland)'nde belirlenen toplam azot düzeyine (% 0.254) oldukça yakın bulunmuştur. Leon-Munoz vd. (2013)'ün, Rupanco Gölü (Şili) etrafındaki arazi kullanım şeklinin değiştirilmesinin ve göldeki su ürünleri yetiştiriciliğinin etkisini bir arada değerlendirdiği çalışmasında, toplam azot düzeyi % 0.090-0.643 arasında değişmiş olup, en yüksek değer çalışmamıza göre yaklaşık üç kat daha fazla saptanmıştır. Temporetti vd. (2001) tarafından, ortalama derinliği 48 m olan Alicura Rezarvuarı (Arjantin)'nda belirlenen kontrol istasyonunda % 0.1 olan değerin kafes istasyonunda 0.4'e yükseldiği bildirilmiştir. Rooney ve Podemski (2010) tarafından da,

oligotrofik özellikte ve ortalama derinliği 11.6 m olan 375 Gölü (Kanada)'nde yürütülen bir çalışmada, kontrol istasyonunda ortalama % 0.94 olarak belirlenen değer, kafes istasyonunda % 4.23'e yükselmiştir. Çalışmamızda da kontrol (II) istasyonu sedimentinde saptanan % 0.079 değerinin, kafes (II) istasyonunda % 0.28 değerine yükselerek yaklaşık 3.5 katlık artış gösterdiğine ilişkin bulgumuz, son iki çalışma sonucu ile örtüşmektedir.

Almus Baraj Gölü sedimentinde belirlenen toplam azot düzeyi, Kesikköprü Baraj Gölü'nde Alpaslan ve Pulatsü (2008) tarafından yürütülen çalışmada % 0.44 olarak belirlenen toplam azot düzeyinden düşük bulunmuştur. Araştırmamızda sedimentin toplam azot değerinin nispeten düşük olmasının nedeni, Kesikköprü Baraj Gölü derinliğinin daha az olması sonucu kafes kaynaklı atıkların sedimentte daha fazla oranda birikmesi olabilir.

Çalışmamızda kafes istasyonlarında, sedimentin toplam fosfor düzeyleri % 0.08-0.10 arasında değişmiş olup, Alpaslan ve Pulatsü (2008)'nün Kesikköprü Baraj Gölü'nde belirledikleri % 0.06-0.13 değişim aralığı içerisindedir. Karakoca (2013) tarafından, benzer morfolojik ve hidrolojik özelliklere sahip Gökçekaya Baraj Gölü'nde ise toplam fosfor düzeyi % 8.80-9.10 olarak saptamış olup, bu değerler çalışmamızla karşılaştırıldığında on kat daha yüksektir.

Göllerde kafeslerdeki yoğun yetiştiriciliğin sedimentte toplam fosfor düzeyini artırma eğiliminde olduğu bildirilmiş ve kafes istasyonları sedimenti toplam fosfor düzeylerinde kontrol istasyonu değerlerine göre artışlar olduğu farklı araştırmalarda da (Troell ve Berg 1997, Zhang vd. 2015) tespit edilmiştir. Rooney ve Podemski (2010)'nin kafeslerde gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinin sediment kalitesine etkisini belirledikleri çalışmalarında da, kontrol istasyonunda % 0.19 olarak saptanan değer, kafes istasyonunda % 3.89'a yükselerek önemli düzeyde bir artış göstermiştir. Almus Baraj Gölü'nde sayıları ve kapasiteleri artmaya devam eden kafes işletmelerinden kaynaklı bu parametrenin sedimentteki miktarının kontrol istasyonlarına göre daha yüksek bulunması, yukarıda bildirilen çalışma sonuçları ile uyum göstermektedir.

Araştırmamız kapsamında kafes istasyonları sedimentinde belirlenen toplam karbon düzeyleri (% 3.39-3.87), Troell ve Berg (1997)'in tropikal Kariba Gölü'nde üç farklı tilapya türü yetiştiriciliğinin sedimente etkisine yönelik çalışmada saptadıkları değerlerlerle (% 2.8-4.4) benzerlik göstermektedir. Bu parametreye ilişkin bulgularımız; Zhang vd. (2015)'in bildirdiği su ürünleri yetiştiriciliği yapılan ve ortalama derinliği, Almus Baraj Gölü'ne göre oldukça az olan (1.46 m) Nansi Gölü'ne ilişkin değerle (% 4.14), ortalama derinliği Almus Baraj Gölü'ne yakın olan ve Temporetti vd. (2001) tarafından bildirilen Alicura Rezervuarı (48 m) sedimentine ilişkin değere (% 2.8) benzer bulunmuştur. Rooney ve Podemski (2010)'nin ortalama derinliği 11.6 m olan oligotrofik özellikteki 375 Gölü (Kanada) için belirttikleri organik karbon değerinden (% 40.6) ise oldukça düşük bulunmuştur.

Almus Baraj Gölü sedimenti toplam karbon değeri, Karakoca (2013)'nın Gökçekaya Baraj Gölü için belirttiği değerler (%11.30-13.40) ile Alpaslan ve Pulatsü (2008)'nün Kesikköprü Baraj Gölü'nde 60 ton/yıl kapasiteli gökkuşağı alabalığı kafes işletmeleri sedimenti için % 8.59 olarak tespit ettikleri değerden düşüktür.

Sedimentte karbon/azot oranı, organik karbon girdisinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Karasal girdilerden etkilenen sedimentlerde karbon/azot oranı % 14-20 aralığında değişim gösterirken, göllerde iç kaynaklı organik maddenin ana kaynağı fitoplankton olduğunda bu değer % 7-9'a kadar düşebilmektedir. Organik girdinin artmasına bağlı olarak sedimentte karbon/azot oranı artış gösterebilmektedir (Ruban ve Demare 1998). Çalışmamızda kafes istasyonlarına ilişkin karbon/azot oranı % 21.20 olarak belirlenmiş olup, Ruban ve Demare (1998) tarafından noktasal ve yaygın kirletici kaynakların tehditi altındaki Bort-les-Orgues Rezervuarı'nda saptanan değerden (% 14.8) yüksek bulunmuştur.

Sonuç olarak, sediment kalitesinde görülen olumsuz değişimler yalnız su kalitesini değil ortamdaki makrofauna çeşitliliğini ve miktarını da etkilemekte, doğal balık türleri üzerinde de tehdit oluşturmaktadır. Bu bağlamda, sediment kalite parametrelerinin izlenmesi, iç sularda su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinin sürdürülebilirliği için temel oluşturmakta ve iç su ekosistemlerinin doğal yapısının korunması açısından da önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Ackefors, H. and Enell, M. 1990. Discharge of nutriens from Swedish fish farming to abjacent sea areas. Ambio, 19, 29-35.

Alpaslan, A. and Pulatsü, S. 2008. The effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage culture on sediment quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8 (1), 65-70.

Anonim. 2007. Denizlerde Balık Çiftliklerinin Kurulamayacağı Hassas Alan Niteliğindeki Kapalı Koy ve Körfez Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Tebliğ. 24 Ocak 2007 Tarih ve 26413 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim. 2009. Denizlerde Kurulan Balık Yetiştiriciliği Tesislerinin İzlenmesine İlişkin Tebliğ. 13 Haziran 2009 Tarih ve 27257 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim. 2013. Yukarı Yeşilırmak Nehir Havzası'nın besin ağ yapısı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu. Sonuç Raporu. 2010/38, 110 s. Tokat.

Anonim. 2014a. Web Sitesi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005, Erişim Tarihi: 02.03.2016.

Anonim. 2014b. Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ. 26 Şubat 2014 Tarih ve 28925 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim. 2015. Web Sitesi:http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi7/tokat.htm#almus, Erişim Tarihi: 02.03.2016.

Anonymous. 2000. Web Sitesi: http://www.eprints.utas.edu.au/456. Cage Culture of Salmonids in Lakes: Best practice and risk management for Tasmania. Erişim tarihi:19.11.2015.

Anonymous. 2015a. Web Sitesi: http://www.ecasaatoolbox.org.uk/the-toolbox/eia-species/MOM analysis.pdf. Local environmental effects of aquaculture farming sea bream/sea bass in the Mediterranean Sea; A MOM (Modelling-Ongrowing fish farm-Monitoring system) model study. Erişim tarihi: 28.10.2015.

Anonymous. 2015b. Web Sitesi: http://www.aquaculture.asia/files/PMNQ. Annex 2. Water Quality Criteria and Standards for Freshwater and Marine Aquaculture. Erişim tarihi: 19.11.2015.

Aşır, U. and Pulatsü, S. 2008. Estimation of the nitrogen - phosphorus load due to cage cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in Kesikköprü Dam Lake: Comparison of pelleted and extruded feed. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 32, 417-422.

Aydın B. A. 2014. Su Çerçeve Direktifine Göre Sedimanın Kimyasal İzlenmesi ve Türkiye'deki Uygulamaların Değerlendirilmesi. Uzmanlik Tezi. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı. 134.s. Ankara.

Beveridge, M. C. M., Phillips, M. J. and Macintosh, D.J. 1997. Aquaculture and the environment: the supply and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability, Aquaculture, 28, 797-807.

Buhan, E., Koçer, M. A., Polat F., Doğan H. M., Dirim S. ve Neary, E. 2010. Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 27 (1), 57-65.

Cornel, G. E. and Whoriskey, F. G. 1993. The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Qöuebec, Aquaculture, 109, 101-117.

Demir, N., Kırkağaç, M., Pulatsü, S., Bekcan, S. 2001. Influence of trout cage culture on the water quality, plankton and benthos in an Anatolian Dam Lake, The Israeli Journal of Aquaculture, 53 (3-4), 115-127.

Düzgüneş, O., Kesici, T. ve Gürbüz, F. 1983. İstatistik Metotları 1, A.Ü. Zir.Fak. Yayınları: 861, Ders Kitabı, Ankara.

Ervik, A., Hansen, P.K., Aure, J., Stigebrandt, A., Johannessen, P. ve Jahnsen, T. 1997. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming I. The concept of the MOM system (Modelling-Ongrowing Fish Farms Monitoring), Aquaculture, 158: 85-94.

Guo, L., Li, Z., Xie, P. and Ni, L. 2009. Assesment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China, Aquacult Int, 17, 229-241.

Halide, H., Stigebrandt, A., Rehbein, M. and McKinnon, A.D. 2009. Developing adecision support system for sustainable cage aquaculture, Environmental Modelling&Software, 24, 694-702.

Hansen, P.K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T. and Stigebrandt, A. 2001. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming II. The monitoring programme of the MOM System (Modelling-Ongrowing fish farms- Monitoring), Aquaculture, 194, 75-92.

Jiwyam, W. and Chareontesprasit, N. 2001. Cage culture of nile tilapia and its loadings in a freshwater reservoir in Norteast Thailand, Pakistan Journal of Biological Sciences, 4 (5), 614-617.

Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.

Karaca, İ. and Pulatsü, S. 2003. The effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage culture on benthic macrofauna in Kesikköprü Dam Lake, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 27 (5),1141-1146.

Karakoca, S. 2013. Gökçekaya Baraj Gölü'nde Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Yetiştiriciliğinin Yapıldığı Ağ Kafeslerde Sediment-Sediment Gözenek Suyuna İlişkin Bazı Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kelly, L. A. and Elberizon., I. R. 2001. Freshwater finfish cage culture, In: Environmental Impacts of Aquaculture, Black K. D. (ad), Sheffield Academic Press, UK.

La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A. and Meugeri, T.L. 2004. Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea, Aquaculture, 230, 153-167.

Laird, L. M. and Needham. T. 1988. Salmon and trout farming. Ellis Harwood Limited, 271p., England.

Leon-Munoz, J., Echeverria, C., Marce, R., Riss, W., Sherman, B., Iriarte, J. L. 2013. The combined impact of land use change and aquaculture on sediment and water quality in oligotrofic Lake Rupanco, Journal of Environmental Management, 128, 283-291.

Özdal, B. and Pulatsü, S. 2012. Using of the computer software for the sustainable rainbow trout cage culture: A case study in Gökçekaya Dam Lake (Ankara, Turkey). Ege Journal of Fisheries an Aquatic Sciences, 29(1), 49-54.

Polat, F. ve Özmen H. 2011. Almus Baraj Gölü'nde trofik seviyenin belirlenmesi ve gölün fosfor taşıma kapasitesinin araştırılması, Ekoloji, 20, 78, 53-59.

Rooney, C. R., and Podemski, C. L. 2010. Freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming affects sediment and pore-water chemistry, Marine and Freshwater Research, 61, 513-526.

Ruban, V., and Demare, D. 1998. Sediment phosphorus and internal phosphate flux in the hydroelectric reservoir of Bort-les-Orgues, France. Hydrobiologia, 373/3374, 349-359.

Schendel, K. E., Nordstrom, E. S. and Lavkulich, M. L. 2004. Floc and sediment properties and their enviromental distribution from a marine fish farm. Aquaculture Research, 35, 483- 493.

Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A. and Hansen, P.K. 2004. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming III. A model for estimation of the holding capacity in the modelling-ongrowing fish farms- monitoring system, Aquaculture, 234, 239-261.

Temporetti F.P., Alanso F. M., Baffico G., Diaz M. M., Lopez W., Pedrozo L. F. and Vigliano H. P. 2001. Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina), Lakes&Reservoirs: Research and Management, 6, 259-267.

Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Kenderov, L., Vidinova, Y., Botev, I., Kozuharov, Z., Uzunov, Y., Stoichev,S. and Cheshmedjiev, S. 2013. Benthic macroinvertebrate diversity in relation to environmental parameters, and ecological potential of reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria. Acta Zoologica Bulgarica, 65(3), 337-348.

Troell, M. ve Berg, H. 1997. Cage fish farming in the tropikal Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment, Aquaculture, 28, 527-544.

Zengin, M., ve Buhan, E. 2007. Almus-Ataköy baraj göllerinde (Yeşilırmak havzası, Tokat) balıklandırma sonrası balık faunasında görülen değişimin değerlendirilmesi, Türk Sucul Yaşam Dergisi, 5-8.

Zhang, M., Zhou, Y., Xie, P., Xu, J., Li, J., Zhu, D. and Xia, T. 2004. Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphates activity in a hypereutrophic lake, people's republic of China, Environmental Contamination and Toxicology, 73, 927-932.

Zhang, Z., Ly, Y., Zhang, W., Zhang, Y., Sun, C., Marhaba, T. 2015. Phosphorus, organic matter and nitrogen distribution characteristics of the surface sediments in Nansi Lake, China. Environ Earth, 73, 5669-5675.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Doğukan KAYA

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 12.07.1990

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Selahattin Akbilek Lisesi (2007)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü (2014)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı (Eylül 2014-)