Acta Aquatica Turcica
E-ISSN: 2651-5474 15(1), 91-98 (2019) DOI: https://dx.doi.org/10.22392/egirdir.419702

İç sularda Kafeslerde Sürdürülebilir Yetiştiricilik: Sediment Etkileşimi

Doğukan KAYA, Serap PULATSÜ

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Sorumlu Yazar: spulatsu@agri.ankara.edu.tr

Derleme

Geliş 30 Nisan 2018; Kabul 12 Haziran 2018; Basım 01 Mart 2019.

How to Cite: Kaya, D., & Pulatsü, S. (2019). İç sularda kafeslerde sürdürülebilir yetiştiricilik: Sediment etkileşimi. *Acta Aquatica Turcica, 15*(1), 91-98.

Özet

Ağ kafeslerde sürdürülebilir yetiştiriciliğin izlenmesinde su kolonu parametreleri önemli bir unsur olmakla birlikte son yirmi yılda kafeslerde balık yetiştiriciliğinde sediment odaklı izleme çalışmaları hız kazanmıştır. Denizel ekosistemlere göre daha fazla ötrofikasyon riski altında olan iç sularda sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi ve izlenmesi, sürdürülebilir çevre açısından da önem taşımakta, su kalite parametrelerinde olduğu gibi anlık değil daha uzun bir zaman periyodunu ifade eden çevresel koşullara işaret etmektedir. İç su ekosistemlerinde kafeslerde sürdürülebilir yetiştiricilik ekseninde sedimente dikkat çeken bu derleme çalışması kapsamında; a) kafeslerde yetiştiriciliğin sediment kalitesine ilişkin ulusal ve uluslararası güncel bildirişler özetlenmiş, b) sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin ve bölgenin çevresel durumunun belirlenmesi konusundaki analiz basamakları (sedimentteki makroomurgasız varlığı, sedimentin bazı kimyasal analizleri ile gaz, renk, koku gibi duyusal parametreler) değerlendirilmiş, c) sedimentteki besin elementleri açısından sedimentin kirlilik düzeyini gösteren indeks kullanım yöntemleri açıklanmış, d) iç sularda sedimentin çevresel kalite parametrelerine ilişkin yasal yaklaşımlar irdelenmiştir. Türkiye'de iç su ekosistemlerinde dağılım gösteren ağ kafes işletmelerinin yönetimi ve yetiştiriciliğin çevresel etkilerinin izlenmesinde sediment ön planda tutulmalı, sedimente ilişkin güvenilir, hızlı ve kolay uygulanabilir yöntemler yetiştiricilik faaliyetlerine entegre edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Sediment, sürdürülebilir yetiştiricilik, iç sular, kalite parametreleri, çevresel izleme programı

Sustainable Aquaculture in Freswater Cages - Sediment Interaction

Abstract

Sediment-focused monitoring studies in fish cages culture have accelerated over the past two decades since water column parameters were an important element in sustainable cages culture. Identification and monitoring of environmental quality parameters related to sediment in inland waters, which are under the risk of eutrophication more than marine ecosystems, are also important in terms of sustainable environment, indicating environmental conditions that express a longer period of time rather than an instant as in water quality parameters. Within the scope of this review study, which draws attention to sediment in sustainable aquaculture in cages in inland water ecosystems; (a) the national and international updated reports on the sediment quality of cage culture were summarized, (b) the analysis steps for determining the environmental quality parameters of the sediment and the environmental status of the area (sensory parameters such as macroinvertebrate presence in sediment, some chemical analyzes of sediment and gas, color and smell) , c) index usage methods showing the level of sediment pollution in terms of nutrients in sediment were explained, d) legal approaches on environmental quality parameters of sediment in inland are examined. Management of cage culture operation showing distribution in Inland water ecosystems in Turkey should be kept at the in monitoring the environmental impact of sediment, sediment for reliable, fast and easy to implement methods should be integrated into aquaculture operations.

Keywords: Sediment, sustainable aquaculture, freshwaters, quality parameters, environmental monitoring programs

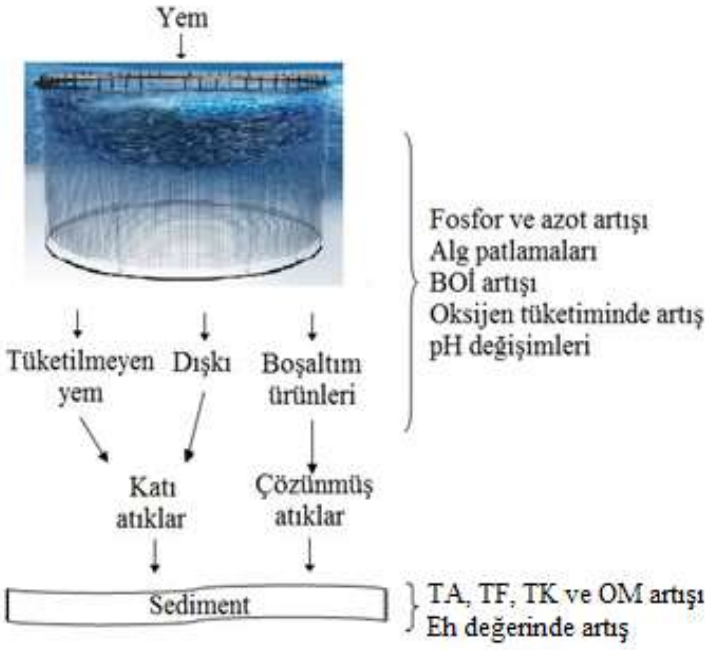
GİRİŞ

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.

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 (Demir vd., 2001; Karaca ve Pulatsü, 2003; Aşır ve Pulatsü, 2008). Ülkemizde iç su ekosistemlerinde, kafeslerde balık yetiştiriciliği- sediment etkileşimine ilişkin araştırma sayısı ise sınırlıdır (Alpaslan ve Pulatsü, 2008; Özdal ve Pulatsü, 2015; Karakoca ve Topçu, 2017, Kaya ve Pulatsü, 2017). İç sularda kafeslerde yetiştiricilik kaynaklı çevresel değişimler şekil 1'de sunulmuştur.

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.



Şekil 1. İçsularda kafeslerde yetiştiricilikten kaynaklanan çevresel değişimler (Laird ve Needham, (1988)'den uyarlanmıştır)

İçsularda 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. Kafeslerin tabanından alınan sediment örneklerindeki organik madde (%) düzeyinin diğer istasyonlara göre daha yüksek bulunduğunu bildirmişler, yüksek yemleme periyodu boyunca tüketilmeyen yemler dolayısıyla iki ay (Ocak 1990 -Haziran 1990) yüksek fosfor seviyesi görüldüğünü de kaydetmişlerdir. Troell ve Berg (1997) tarafından, dünyanın en büyük yapay göllerinden biri olan tropikal Kariba Gölü (Zimbabwe)'nde 1991-1994 yılları arasında yürütülen bir çalışmada ise üç farklı tilapya türünün; *Orecochromis mortimeri* (Trewas 1966), *Tilapia rendalli* (Boulunger 1986) ve *Orecochromis niloticus* (Unnaeus 1758)'un kafeslerde yetiştiriciliğinin sedimentteki besin elementlerine etkisi araştırılmış; gölde, sedimente ilişkin karbon ve besin elementleri konsantrasyonlarının 5-8 cm'lik sediment kesitinde, yüzey sedimentine göre ortalama olarak daha düşük bulunduğu rapor edilmiştir.

Temporetti vd. (2001), Alicura Rezarvuarı (Arjantin)'nda yoğun salmonid üretimi yapılan bölgede, 100 ton/yıl kapasiteli kafes işletmesinin su ve sediment kalitesine etkisini araştırmışlardır.

Yetiştiricilik yapılmayan bölge ile kafes işletmesinin bulunduğu alandan alınan sediment örnekleri karşılaştırıldığında; toplam fosfor, toplam azot ve toplam karbonun daha yüksek sevilerde olduğunu belirtmişlerdir. 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. Kafes yetiştiriciliği kaynaklı besin elementi düzeyinin araştırıldığı bir diğer çalışmada da, Prayeun Baraj Gölü (Tayland)'nde, Ekim–1998 ile Eylül-1999 arasında, tilapya (*Oreochromis niloticus*) yetiştiriciliği yapılan alandan aylık periyotlarla bir yıl süreyle alınan sediment örneklerine ait bulgular ile; organik madde, toplam azot ve toplam fosfor miktarlarının kafesin hemen altında kafesi çevreleyen istasyona göre artış gösterdiği bildirilmiştir. 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 (Jiwyam ve Chareontesprasit, 2001).

Zhang 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. Araştırma sonucunda organik madde içeriğinin kafes yanından alınan örneklerde kafese uzak bölgeye göre önemli derecede yüksek çıktığını, sedimentte fosfor tutulumunda en önemli payın demire bağlı fosfor (Fe-P) olduğunu ve ortalama değerinin, kafes yanından alınan yüzey sedimentinde kafese uzak noktadan seçilen istasyona göre daha yüksek tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Guo vd. (2009) tarafından, belirli bir süre nadasa bırakma periyodu sonrası kafes yetiştiriciliğinin etkisi araştırılmıştır. Sedimentteki azot ve fosfor konsantrasyonlarının, ilk yetiştirme periyodunda ikinci periyoda göre daha yüksek seviyede saptandığı, 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, gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin sediment ve sediment gözenek suyu kimyasına etkisini araştırmışlardır. Kafes istasyonunda toplam azot, toplam fosfor ve toplam organik karbonun diğer istasyonlara göre önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir.

Leon-Munoz vd. (2013), Rupanco Gölü (Şili)'nde arazi kullanımı değişimi ve su ürünleri yetiştiriciliğinin su ve sediment kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Toplam azot, toplam organik madde ve toplam fosfor düzeylerinin kafes istasyonlarında kontrol istasyonuna göre yükseldiği rapor edilmiş ve araştırma verilerine göre arazi kullanımıyla birlikte alabalık yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda bu parametreler üzerinde önemli bir artış olduğu ve zamanla daha da artma eğiliminde olduğu bildirilmiştir.

Zhang vd. (2015), Nansi Gölü (Çin)'nde fosfor, azot ve organik maddenin yüzey sedimentinde dağılım karakteristiklerini araştırmışlardır. 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.

Ülkemizde iç sularda kafeslerde balık yetiştiriciliği-sediment etkileşimi konusundaki bir çalışma, Kesikköprü Baraj Gölü (Ankara)'nde yürütülmüştür (Alpaslan ve Pulatsü, 2008). Kesikköprü Baraj Gölü'nde kafes istasyonunda redoks potansiyeli (Eh) değerlerinin düşme gösterdiğini, sedimentte organik madde ve toplam azot değerlerinin kontrol istasyonu verilerine göre, sırasıyla 1,08 ve 1,3 kat daha fazla olduğunu vurgulamışlardır. Kafes istasyonu sedimenti toplam fosfor ve toplam karbon düzeylerinin kontrol istasyonu değerleri ile karşılaştırıldığında ise, sırasıyla 2,6 ve 1,4 katlık bir artış gösterdiği belirtilmiştir. Sedimentin besin elementi konsantrasyonlarının kafes işletmesi atık girdilerini yansıttığını ve işletmenin sediment kalitesine lokalize etkilerinin olduğunu da vurgulamışlardır. Ülkemizde ortalama üretim kapasitesi 4000 ton/yıl olan ve gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde yürütülen bir çalışmada üretim faaliyetinin gerçekleştiği alanı temsil eden bölgede yetiştiriciliğin sedimente olan etkisi araştırılmıştır. Organik madde ve toplam azot verilerinin yetiştiricilik alanında kontrol istasyonlarına göre sırasıyla 1.23 ve 1.70 katlık artış gösterdiği, toplam fosfor ve toplam karbon düzeylerinin ise kontrol istasyonlarından 1.40 kat daha yüksek saptandığı belirtilmiştir (Kaya ve Pulatsü, 2017). Yoğun yetiştiriciliğin yapıldığı iç su

alanlarında sediment kalite parametreleri odaklı izlemenin, iç su ekosistemlerinin doğal kompozisyonlarının korunmasındaki önemine işaret etmişlerdir.

Sakarya Nehri üzerine kurulu Gökçekaya Baraj Gölü (Nallıhan- Ankara)'de 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 olanağının araştırıldığı çalışmada düşük (29 ton/yıl) ve yüksek kapasiteli (950 ton/yıl) seçilen farklı iki ağ kafes işletmesinde, alan sınıflandırma modülüne ilişkin bazı sediment kalite kriterlerinin saptandığı bildirilmiştir (Özdal ve Pulatsü, 2015). Aynı baraj gölünde yürütülen bir diğer çalışmada ise, ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinin yapıldığı bir işletmede (950 ton/yıl), üretim periyodu öncesi ve sonrasında sediment kalite parametreleri belirlenmiştir. Üretim öncesi ve sonrası sedimentteki toplam fosfor, redoks potansiyeli, % su içeriği ve toplam organik karbon değerlerinde istatistik olarak anlamlı bir artış olduğu araştırıcılar tarafından belirtilmiştir (Karakoca ve Topçu, 2017).

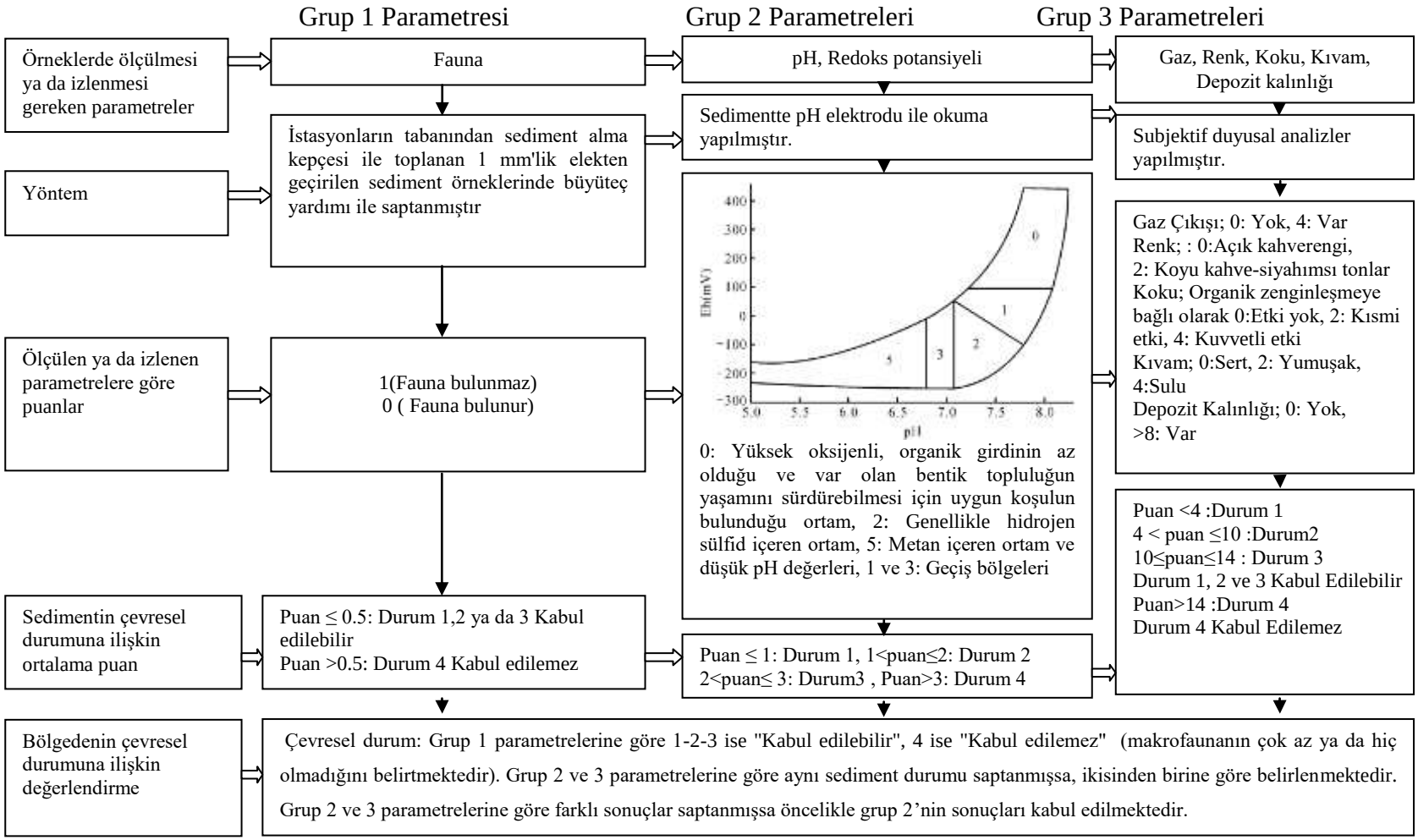
İçsu Ekosistemlerinde Çevresel Durumun Sediment Odaklı İzlenmesi

Sucul ekosistemlerdeki kafes işletmelerinde su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği bağlamında, yetiştiriciliğin çevresel etkilerine ilişkin izleme programları geliştirilmekte ve yetiştiricilik yöntemlerine göre kalibre edilmektedir. Bunlardan biri olan MOM yönteminde (Modelling- Ongrowing Fish Farms-Monitoring) yetiştiricilik yapılan bölgenin kullanım derecesindeki artışı belirtmek için üç izleme seviyesi kullanılmaktadır. Bu seviyeler çevresel etkinin derecesine bağlıdır. 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. 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 kullanılmaktadır (Özdal ve Pulatsü, 2012).

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 (Şekil 2).

MOM Modelinin, balık işletmelerinin sedimente yönelik etkileri ile işletme yakınındaki etkilerinin belirlenmesinde başarı ile kullanılabileceği bildirilmiştir (Anonim, 2015a).

Anonim (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. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, Almus Baraj Gölü (Tokat)'nde sedimentte MOM Modelinin uygulanabilirliği incelenmiş; kimyasal, biyolojik ve duyusal parametreler açısından değerlendirilmiştir (Kaya ve Pulatsü, 2017). Araştırıcılar gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılan alan sedimentinin kimyasal ve duyusal parametreler bakımından sırasıyla geçiş bölgesi ve kısmen kabul edilebilir çevresel şartlarda olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte sedimente ait kalite parametrelerinin MOM modeli ile uyumlu çalıştığını ve böylelikle bu modelden faydalanılarak etki izlemesinin daha basit bir biçimde yapılabileceğini kaydetmişlerdir.



Şekil 2. Sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin belirlenmesi ve bölgenin çevresel durumunun değerlendirilmesi (Hansen vd. (2001) ve Stigebrandt (2004)'den uyarlanmıştır).

Sedimentteki Kirlilik Düzeyini Gösteren İndeks Kullanımı

Alıcı ortamlarda kafeslerde yetiştiricilik sürecindeki tüketilmeyen yemler ile dışkılar, alıcı ortamın besin düzeyini değiştirebilen fosfor, ortofosfat ve azot bileşikleri kaynaklı kirlilik yükü oluşturmaktadır. Bu bağlamda sözü edilen besin elementleri açısından sedimentin kirlilik düzeyini gösteren indeks kullanımı, sürdürülebilir kafes balıkçılığı adına kullanılabilecek etkin bir araç olarak düşünülmektedir. Bu indekslerden, sedimentte kirlenme indeksi (K_i) değeri aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir (Zhang vd., 2015):

$K_i = C_i / C_{0i}$ *(1)*

K_i : Kirlenme indeksi

C_i: Sedimentteki besin elementi konsantrasyonu,

C_{0i}: Çevresel ölçüm standart değerleri (OM (%): 1.724, TA (%): 0.055, TF (%): 0.06)

Sedimentte organik indeks değerleri ise aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilmekte ve Tablo 1'de verilen değerler dikkate alınarak değerlendirilmektedir.

Organik İndeks = Organik karbon (%) x Organik azot (%) *(2)*

Organik Azot = TA (%) X 0.95 *(3)*

Tablo 1. Sedimentte organik indeksi değerlendirme standartları (Zhang vd., 2015)

Organik indeks	<0,05	0,05-0,35	0,350,75	≥0,75
Organik azot	< % 0,033	% 0,033-0,066	% 0,066-0,239	> % 0,239
Kalite türü	Kirlenmemiş	Az kirlenmiş	Kirlenmiş	Çok kirlenmiş
Sınıf	I	II	III	IV

İçsularda Sedimentin Çevresel Kalite Parametrelerine İlişkin Yasal Yaklaşımlar

Anonim (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, sedimente ilişkin riskler ve hastalık risklerini içermektedir. 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 tespitinin gerekliliği vurgulanmıştır.

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" (Anonim, 2009) çerçevesinde izlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda 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.

Anonim (2015) tarafından Türkiye'de denizel ekosistemlerde kafeslerdeki taşıma yoğunluğunu tahmin etmede Karakassis vd. (2013)'nin önerdiği matematiksel eşitliğin baz alındığı; formülde ülkemiz denizleri için uygulanan mevzuat dikkate alınarak farklı değerdeki katsayıların kullanıldığı bildirilmiştir. Yine denizel ekosistemler için izleme çalışmalarında, bölgeye özgü fırsatçı türlerin nispi bolluğun %30'un üzerinde çıkması durumunda, Çınar vd. (2015) tarafından geliştirilen TUBI'ye göre değerlendirme yapılması gereği bildirilmiştir. TUBI, iki metrikli bir indeks olup, 1. metrik Shannon-Weiver Çeşitlilik İndeksi'ni (H'), 2. metrik ise 3 ekolojik grubun (duyarlı türler, toleranslı türler ve fırsatçı türler) nisbi bolluğunu içermektedir. Potansiyel alan belirlenirken mevsimsel olarak, izleme çalışmalarında ise yılda 1 kez eylül ayında yapılması önerilmektedir.

"Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ" (Anonim, 2014) 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.

SONUÇ

Sediment kalite parametrelerindeki değişimler, alıcı ortamdaki daha uzun soluklu çevresel değişikliklere işaret etmekte ve çevresel durumun değerlendirilmesi açısından iyi bir araç olarak belirtilmektedir. Sediment kalitesinde görülen olumsuz değişimler yalnız su kalitesini değil ortamdaki makrofauna çeşitliliğini ve miktarını 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 (Kaya ve Pulatsü, 2017).

Kafeslerde balık yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği bağlamında önem arzeden izleme programlarında su veya sedimente ilişkin çevresel kalite standartları kullanılmaktadır. Çevresel kalite standartları, izleme programının temel unsurları ve uygulama araçlarıdır.

Türkiye'de iç sularda faaliyet gösteren balık işletmelerinin sediment odaklı izlemesine 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. Bu çalışmada ele alınan sedimente ilişkin çevresel kalite parametrelerinin ve sedimentin kirlilik düzeyini gösteren indeks kullanımının güvenilir ve basit olmasının yanısıra hızlı ve kolay uygulanabilir olması gibi avantajları bulunmaktadır. Sözkonusu avantajların, karar verici mekanizmalara özellikle denizel ekosistemlere göre daha fazla ötrofikasyon riski altında olan baraj göllerinde yoğun bir dağılım gösteren kafes işletmelerinin yönetimi ve lokal etkilerini izleme konusunda katkı sağlayacağı ve yol göstereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Alpaslan, A., & 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. (2014). Durgun Yerüstü Kara İç Sularının Ötrofikasyona Karşı Korunmasına İlişkin Tebliğ. 26 Şubat 2014 Tarih ve 28925 Sayılı Resmi Gazete.

Anonim. (2015). Çevresel Açıdan Sürdürülebilir Çevre Dostu Balık Çiftlikleri Sisteminin Oluşturulması Kılavuzu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Ankara.

Anonim. (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.

Anonim. (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.

Anonim. (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., & 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.

Beveridge, M. C. M., Phillips, M. J., & Macintosh, D. J. (1997). Aquaculture and the environment: the supply of and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. *Aquaculture research*, *28*(10), 797-807.

Cornel, G.E., & 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, Quebec. *Aquaculture, 109,* 101-117.

Çinar, M. E., Bakır, K., Öztürk, B., Katağan, T., Dağlı, E., Açık, Ş. Doğan, A., & Bakır, B. B. (2015). TUBI (TUrkish Benthic Index): A new biotic index for assessing impacts of organic pollution on benthic communities. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, *21*(2).

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.

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

Hansen, P. K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T., & Stigebrandt, A. (2001). Regulating the local environmental impact of intensive, marine fish farming: II. The monitoring programme of the MOM system (Modelling–Ongrowing fish farms–Monitoring). *Aquaculture*, *194*(1-2), 75-92.

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

Karakassis, I., Dimitriou, P. D., Papageorgiou, N., Apostolaki, E. T., Lampadariou, N., & Black, K. D. (2013). Methodological considerations on the coastal and transitional benthic indicators proposed for the Water Framework Directive. *Ecological indicators*, *29*, 26-33.

Karakoca, S., & Topcu, A. (2017). Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cage culture: Preliminary observations of surface sediment's chemical parameters and phosphorus release in Gokcekaya Reservoir, Turkey. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, *5*(04), 12.

Kaya, D., & Pulatsü, S. (2017). Sediment-focused environmental impact of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage farms: Almus reservoir (Tokat). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *17*(2), 345-352.

Kelly, L. A., & Elberizon, I. R. (2001). Freshwater finfish cage culture. *Environmental Impact of Aquaculture. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, UK*, 32-50.

La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A., & Maugeri, T. L. (2004). Benthic microbial indicators of fish farm impact in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Aquaculture*, *230*(1-4), 153-167.

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

León-Muñoz, J., Echeverría, C., Marcé, R., Riss, W., Sherman, B., & Iriarte, J. L. (2013). The combined impact of land use change and aquaculture on sediment and water quality in oligotrophic Lake Rupanco (North Patagonia, Chile). *Journal of Environmental Management*, *128*, 283-291.

Özdal, B., & Pulatsü, S. (2012). Ağ kafeslerde sürdürülebilir balık yetiştiriciliği için bir bilgisayar yazılımının kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, *4* (1), 15-26.

Özdal, B., & Pulatsü, S. (2015). 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 and Aquatic Sciences*, *29*(1), 49-54.

Rooney, R. C., & Podemski, C. L. (2010). Freshwater rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farming affects sediment and pore-water chemistry. *Marine and Freshwater Research*, *61*(5), 513-526.

Schendel, E. K., Nordström, S. E., & Lavkulich, L. M. (2004). Floc and sediment properties and their environmental distribution from a marine fish farm. *Aquaculture research*, *35*(5), 483-493.

Soto, D., & Norambuena, F. (2004). Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *Journal of Applied Ichthyology*, *20*(6), 493-501.

Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A., & Hansen, P. K. (2004). Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming: III. A model for estimation of the holding capacity in the Modelling–Ongrowing fish farm–Monitoring system. *Aquaculture*, *234*(1-4), 239-261.

Temporetti, P. F., Alonso, M. F., Baffico, G., Diaz, M. M., Lopez, W., Pedrozo, F. L., & Vigliano, P. H. (2001). Trophic state, fish community and intensive production of salmonids in Alicura Reservoir (Patagonia, Argentina). *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, *6*(4), 259-267.

Troell, M., & Berg, H. (1997). Cage fish farming in the tropical Lake Kariba, Zimbabwe: impact and biogeochemical changes in sediment. *Aquaculture research*, *28*(7), 527-544.

Zhang, M., Zhou, Y., Xie, P., Xu, J., Li, J., Zhu, D., & Xia, T. (2004). Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphatase activity in a hypereutrophic lake, People's Republic of China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *73*(5), 927-932.

Zhang, Z., Lv, 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. *Environmental Earth Sciences*, *73*(9), 5669-5675.