

TURKISH JOURNAL OF AQUATIC SCIENCES

© Istanbul University Faculty of Aquatic Sciences

RESEARCH ARTICLE/ARAŞTIRMA MAKALESİ

ISSN: 2149-9659

E-ISSN: 2528-9462

DOĞU KARADENİZ'DE İŞLETMEYE AÇILAN BAZI NEHİR TİPİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN SUCUL EKOSİSTEM VE KARADENİZ ALABALIĞI (*SALMO LABRAX*) POPULASYONLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa ZENGİN¹ ORCID ID: 0000-0002-0243-1432, Oğuz KURTOĞLU² ORCID ID: 0000-0002-1706-1542,
Hatice ŞENGÜL³ ORCID ID: 0000-0003-3851-4130, Eyüp ÇAKMAK¹ ORCID ID: 0000-0003-3075-9862

¹Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

²Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

³Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 25.07.2017

Accepted: 05.10.2017

Published online: 27.10.2017

Zengin et al. 32(4): 189-207 (2017)

doi: 10.18864/TJAS201718

Corresponding author: Mustafa ZENGİN,
Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü,
Trabzon, Türkiye

E-mail: muze5961@gmail.com

Anahtar Kelimeler:

Doğu Karadeniz akarsuları,
Hidroelektrik santralleri,
Habitat kayıpları,
Telaflı suyu,
Karadeniz alabalığı,
Av çabası

Keywords:

Eastern Black Sea Rivers,
Hydropower plants,
Habitat deficiencies,
Critical water,
Black Sea trout,
Catch effort

Öz

Bu çalışmada; 2012 ve 2016 yılları arasında, Doğu Karadeniz'de işletmeye açılan HES'leri temsil edecek şekilde altı pilot bölge (Rize-Güneysu, Of-Solaklı, Sürmene-Köprübaşı, Arsin-Yanbolu, Maçka-Değirmendere ve Giresun-Gelevera dereleri) seçilmiştir. Çalışmanın temel verilerini; pilot bölgelerdeki akarsu ve su yapılarına ilişkin geriye dönük, uzun süreli hidrolojik veriler, biyo-ekolojik gözlemler ve dere yatakları üzerinde sürdürülen inceleme çalışmaları oluşturmaktadır. Bu süreçte her bir HES'e ait regülatör ile santral arasındaki dere yatağında, belirlenen referans istasyonlarında, coğrafik bilgi sistemi (CBS) temel alınarak, yaz ve kış periyotlarında habitat gözlemleri yapılmıştır. Aynı zamanda örnekleme yapılan hidroelektrik santralleri ve bu santrallere su sağlayan regülatörlerin işletmeye açıldıktan sonraki süreçte, akarsu sucul ekosistemine; özellikle bölge akarsuları için baskın balık türü Karadeniz alabalığına (*Salmo labrax*; Pallas, 1814) etkileri bu dereler üzerindeki tüm yaşam döngüsü temel alınacak şekilde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; yetersiz telaflı suyu sonucunda akarsu yatağında habitat kayıplarının yanı sıra, omurgasız ve omurgalı fauna da negatif yönde etkilenmiştir. Su sıcaklığının yaz aylarındaki artışına ve debinin göreceli olarak düşüşüne bağlı olarak kuyruk suyu deşarj noktasından mansaba kadar olan lokalitelerde algal kolonizasyonlar oluşabilmektedir. Bu negatif etmenler akarsu sistemindeki su akış rejimini ve suyun kalitesini bozarak, bölge akarsularında yaşayan alabalık populasyonlarının azalmasına neden olmuştur. Bu çalışmada pilot akarsu olarak seçilen Solaklı Deresi'ndeki *S.labrax* populasyonu; aynı akarsuda yaklaşık 15 yıl önce gerçekleştirilen araştırma bulguları ile karşılaştırılmış ve Karadeniz alabalığına ilişkin birim çabadaki av miktarı (CPUE) 15 adet/saatten 0,5 adet/saate düşmüştür.

Abstract

IMPACT OF RUN-OF-RIVER HYDROPOWER PLANT OPERATION ON AQUATIC ECOSYSTEM AND TROUT (*SALMO LABRAX*) POPULATION IN THE EASTERN BLACK SEA REGION

In this study, six pilot regions (Rize-Güneysu, Of-Solaklı, Sürmene-Köprübaşı, Arsin-Yanbolu, Maçka-Değirmendere, and Giresun-Gelevera rivers) were selected to represent hydroelectric power plants (HPPs) whose operation started between 2012 and 2015. Long-

term hydrological data based on relation retroactively between water structures and rivers in the pilot regions, bio-ecological observations, and meta-studies on riverbeds are the essentials of this study. Riverbed habitats located between the regulator and HPPs were observed in reference stations using Geographical Information Systems in summer and winter. The impact of HPPs and their regulators, and changes in the aquatic ecosystem after they were up and running, on the aquatic ecosystem, especially on the life cycle of the dominant fish species Black Sea salmon (*Salmo labrax*) in the rivers of these pilot regions, were evaluated. According to the results, insufficient compensation of water due to HPPs caused habitat losses and negatively impacted both vertebrate and invertebrate fauna. Due to the increase in water temperature in summer and relative decrease in the discharge, algal colonization can be formed from tail water discharge point to downstream. These negative impacts caused quality losses in water flow regime and water quality, thus decreasing the salmon population in the region. In Solaklı Deresi, one of the pilot rivers selected for this study, compared with a study conducted 15 years ago on the same location, it was found that *S. labrax* population has decreased from 15 number/hour to 0.5 number/hour catch per unit effort (CPUE).

GİRİŞ

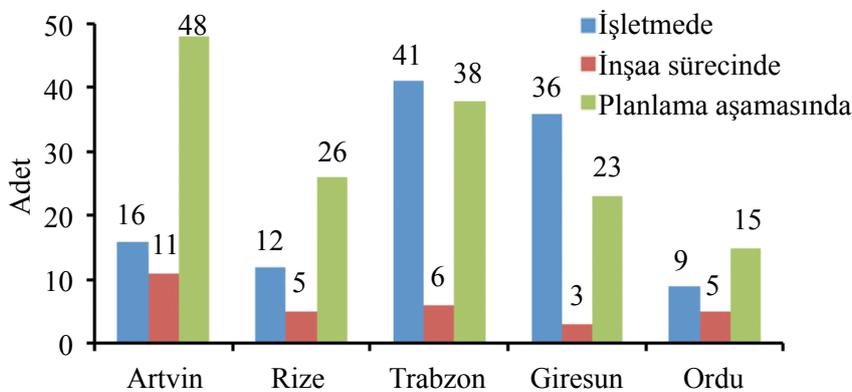
Akarsu potansiyeli bakımından Doğu Karadeniz ül-kemizin en önemli coğrafik alanlarının başında yer almaktadır. Toplam alanı 24077 km² olan havza, yılda ortalama 14,90 km³ yüzeysel su potansiyeli ile Tür-kiye potansiyelinin %8'ini sağlamaktadır (Karstarlı ve ark., 2011). Bölgedeki akarsuların debisi çok yük-sek olmamakla birlikte, yağış dönemlerinde akışlar, periyodik olarak artış eğilimine girmektedir (Atalay, 2001). 2000'li yıllardan sonra ülkemizdeki enerji aç-ığı kapatabilme politikalarında bölgedeki akarsular en önemli potansiyel kaynak olarak ele alınmış ve giderek yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda Doğu Karadeniz'de yaygınlaşan nehir tipi hidroelektrik santrallerinin maliyeti ucuz olmas-na karşın, enerji üretimleri baraj tipi santrallerle mu-kayese edildiğinde oldukça düşüktür. Ancak bu akar-sular üzerinde kurulan nehir tipi HES'ler ile ilgili şikâyetlerin artmasıyla yerel ve ulusal basında konu sıkça tartışılmakta ve çevreye ve sucul ekosisteme verdiği zararları konusunda tepkilerin arttığı görül-mektedir (Erdoğan, 2010). Doğu Karadeniz'deki akarsulardan elde edilecek toplam hidroelektrik potansiyeli brüt 39910GWh olarak bildirilmektedir (Karstarlı ve ark., 2011). 2016 yılı itibari ile Doğu Karadeniz'deki (Artvin, Rize, Trabzon, Giresun ve Ordu) akarsular üzerinde planlanan toplam 294 adet HES'in %38,8'i (114 adet) işletmede, %10,2'si (30

adet) inşa sürecinde ve %51'i (150 adet) ise henüz planlama aşamasındadır (DSİ, 2016) (Şekil 1).

Hidroelektrik Santrallerinin ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri iki başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki yol, tünel, kanal, regülatör, yük-leme havuzu, cebri boru ve santral binası gibi ya-pıların inşaat sürecinde oluşan çevresel etkiler. Diğeri ise inşaatı sonrası oluşacak çevresel problemlerdir (Kurdoğlu ve Özalp, 2010). İşletme aş-amasında Hidroelektrik Santralleri ve barajlar balık faunası için bir takım sorunlar oluşturmaktadır. Bu sorunlar sırasıyla: (1) aşağı ya da yukarı yönlü ba-lık geçişlerinin engellenmesi ya da geciktirilmesi, (2) balıkların türbin ya da savaklardan geçişleri sırasında yaralanması ya da ölmesi, (3) balıkların avcı kuş ya da balıklar tarafından öldürülmesi ve (4) insanlar tarafından kolayca avlanmaları şeklin-de sıralanabilir (Albayrak ve Boes, 2016).

Doğu Karadeniz akarsuları üzerinde planlanan nehir tipi hidroelektrik santrallerinden işletme sırasında ve sonrasındaki süreçte en fazla etkile-nen balık türü Karadeniz alabalığı (*S. labrax*)'dır (Lelek, 1980; Chernitskii, 1988; Radchenko ve Aleyev, 1997; Solomon, 2000). Karadeniz alaba-lığı; Kuzeydoğu Karadeniz, Kırım ve Kafkasya bölgelerinde yayılım gösteren, bölgeye özgü, çok önemli bir anadrom balıktır (Lelek, 1980; Chernit-skii, 1988; Radchenko ve Aleyev, 1997; Solomon,



Şekil 1. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki akarsular üzerinde planlanan hidroelektrik santrali projelerinin dağılımı (DSİ, 2016).

Figure 1. Distribution of the planned of the hydropower plant projects on the rivers in the Eastern Black Sea region (DSİ, 2016).



Şekil 2. Çalışma alanı.
Figure 2. Study area.



Şekil 3. Solaklı deresi ve kolları üzerindeki alabalık örnekleme istasyonları (akarsuyun akış yönü kuzeydir).

Figure 3. *Salmo labrax* sampling stations in the Solaklı stream and its branches (flow direction of stream is the north).

2000; Nikandrov ve Shindavina, 2007; Vassilev ve Trichkova, 2007). Ülkemiz sularındaki stokları uzun yıllardır bilinçsiz avlanma ve yaşama alanlarının bozulması nedeniyle giderek kritik sınıra sınırına gelmiştir. Günümüzde popülasyonundaki büyük azalıştan dolayı ticari önemi kalmamıştır. Bu nedenle avcılığı tamamen yasaklanmış ve

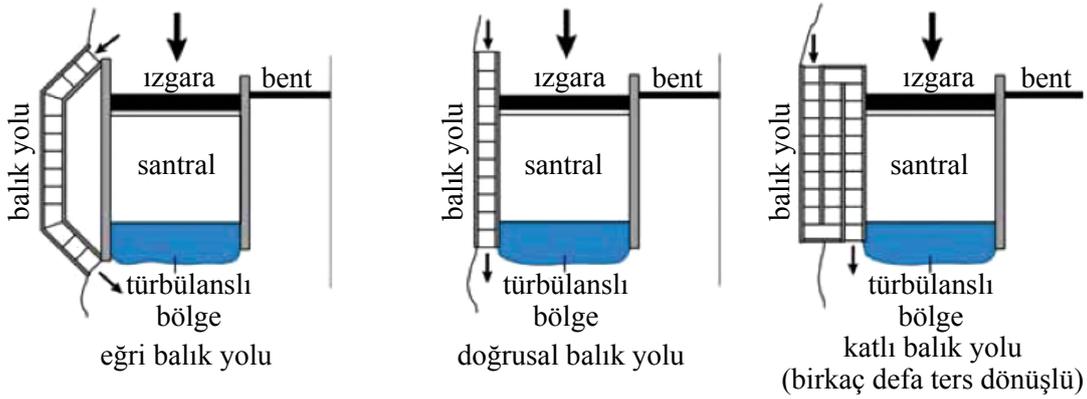


Şekil 4. a, b. Optik okuyuculu akım gözlem istasyonu (AGİ): Regülâtörden verilen telafi suyunu ölçmektedir (a) genel, (b) detay.

Figure 4. a, b. Flow observation station with optical reader: It is measure make-up water which is coming from regulatory (a) overall, (b) detail.

uluslararası anlaşmalar ile koruma altına alınmıştır (IUCN, 2016). Buna karşın balık üzerindeki yasadışı av baskısı ve çevresel/antropojenik faktörler artarak devam etmektedir (Zengin ve ark., 2001; Zengin ve Aksungur, 2008).

IUCN 'Kırmızı Liste' kapsamında bulunan *S. labrax* türü Doğu Karadeniz Bölgesi akarsularında doğal



Şekil 5. Havuzlu balık geçitleri (üstten görünüş) (Larinier, 2002).
Figure 5. Fish passages with pool (top view) (Larinier, 2002).

dağılım göstermektedir. Bu tür soğuk ve hızlı akan akarsuları tercih etmektedir. Karadeniz alabalığı popülasyonuna ait ergin bireyler yumurtlamak için nehrin üst kısımlarına göç ederken, gençler daha fazla besin bulabilmek ve denize çıkış yapabilmek için aşağı kısımlara doğru göç ederler. Bu durum daha sonra tersine devam etmektedir (Zengin ve Aksungur, 2009; Aksungur ve ark., 2011). Bu ters yönlü göçün sürdürülebilirliği için enerji üreten firmalar, resmi otoritenin direktifi doğrultusunda akarsu üzerine inşa ettikleri regülatörler ile kesilen dere yatağındaki balık göçünün sürekliliğinin sağlanabilmesi için bu hidrolojik yapılar üzerinde uygun ölçütlerdeki balık geçitlerini inşa etmektedirler.

Bu çalışma ile ülkemizin en önemli akarsu potansiyeline sahip Doğu Karadeniz Bölgesinde sayıları hızla artan hidroelektrik santrallerinin sucul ekosistem ve Karadeniz alabalığı stokları üzerindeki olası negatif etkileri ortaya konularak, gelecekte bu işletmelerden doğacak olası sorunlara ışık tutması hedeflenmiştir. Sucul habitata yönelik toplanan veriler ile de başlıca şu sorulara yanıt aranmıştır. (1) Karadeniz alabalığının örnek olarak seçilen deredeki (Solaklı deresi) popülasyonunun önceki ve şimdiki durum nedir? (2) Akarsudaki mevsimsel akış debisi akarsu sucul ekosistemi için yeterli midir? (3) HES işletme sonrası akarsu sucul habitatlarında ne gibi değişiklikler meydana gelmiştir? (4) İşletmeye açılan ve yeni planlanan HES'lerin akarsu su rejimine balık göçlerine etkisini azaltıcı önlemler alınabilir mi?

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma; 2012 ve 2016 yılları arasında, Doğu Karadeniz'de işletmeye açılan HES'leri temsil edecek şekilde altı pilot akarsu (Rize-Güneysu, Of-Solaklı, Sürmene-Köprübaşı, Arsin-Yanbolu, Maçka-Değirmendere ve Giresun-Gelevera dereleri) üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Çalışmanın temel verilerini; pilot bölgelerdeki akarsu ve su yapılarına ilişkin



Şekil 6. Trabzon, Sürmene, Köprübaşı Manahoz Deresi üzerinde 2009 yılında işletmeye açılan bir regülatör üzerinde 90° açıyla inşa edilen bir balık geçidinin genel görünüşü.

Figure 6. A fish passage which was designed with 90° angle on the regulatory in 2009, Köprübaşı, Manahoz Stream, Sürmene, Trabzon.

geriye dönük, uzun süreli hidrolojik veriler, habitat gözlemleri ve dere yatakları üzerinde sürdürülen inceleme/gözlem çalışmaları oluşturmaktadır. Örnek olarak seçilen akarsu yatakları üzerindeki çalışma dönemleri Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bu süreçte her bir HES'e ait regülatör ile santral arasındaki dere yatağında, belirlenen referans istasyonlarında, CBS temel alınarak, mevsimsel periyodik habitat sörveyleri gerçekleştirilmiştir. Örneklemeye yapılan hidroelektrik santralleri ve bu santraller su sağlayan regülatörlerin işletmeye açıldıktan sonraki süreçte, bölge akarsuları için baskın balık türünü oluşturan Karadeniz alabalığının (*S.labrax*) bu dereler üzerindeki tüm yaşam döngüsü temel alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bunun için pilot akarsu olarak Solaklı Deresi seçilmiştir (Şekil 3). Zira bu akarsu üzerinde 1990'lı yılların sonunda benzer ör-

nekleme yöntemi ile bu akarsu üzerindeki Karadeniz alabalığının bolluk-dağılımının tespitine yönelik çalışmalar yürütülmüştür (Tabak ve ark., 2001). Özellikle regülâtörün mansap ve membamdaki (bypass edilen akarsu yatağında) birim zamandaki (saat) balık yoğunluğunu (CPUE; birim çabadaki av miktarı) karşılaştırmak için elektroşok cihazı ile *S. labrax* populasyonunun nehir üzerindeki beslenme ve üreme göçü yaptığı; Ağustos, Ekim, 2015 ve Ocak, Nisan, 2016 dönemlerinde balık örnekleme yapılmıştır. Bu çalışmada balıkçılık yoğunluğunun bir göstergesi olarak birim çabadaki av miktarı (CPUE) indeksinden yararlanılmıştır (Phiri ve Shirakihara, 1999). Burada hesaplanan her bir CPUE (balık sayısı/saat), sayısal olarak balık miktarının avcılık çabasına bağlı olarak değişimini göstermektedir. Buradaki av çabası; balık yakalamada kullanılan elektroşok cihazının akarsuda toplam etkin olduğu süredir.

Sucul habitat tanımlamalarına ve işletme-ekosistem ilişkilerine ait bulgular için santrallerin bulunduğu lokalitelerde alan uygulama çalışmaları yürütülmüştür. Alan çalışmalarında akarsuyun durumu ve işletmelerin su kullanım bütçeleri de birlikte ele alınarak metodolojik bir yaklaşım ile akarsu habitatında değişime uğramış tüm önemli noktalar incelenmiştir. Bu gözlem ve incelemeler belirli bir yöntem çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Akarsu vadisi boyunca HES işletmelerinin kurulu bulunduğu en üst ve en alt noktalar referans alınarak akarsuyun kullanım karakteristiğine bağlı olarak dere yatağı belli aralıklarla bölümlendirilmiştir. Bölümlendirilmiş bu her bir lokalitenin coğrafik koordinatları ölçülerek bölgenin büyük ölçekli haritalarına işaretlenmiştir.

Kurak dönemlerde Santralden dere yatağına tekrar bırakılan kuyruk suyundaki biyolojik kirlenmeyi belirlemek için Yanbolu, Selimoğlu HES binasının bulunduğu 121 m rakımda, deşarj sularının bırakıldığı dere yatağındaki yoğun alg kitleleri, Ağustos, 2011 tarihinde %70'lik etil alkol ile 250 ml'lik uygun plastik kaplarda fikse edilerek, cins düzeyindeki nitel tayinleri İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ndeki limnoloji uzmanları tarafından belirlenmiştir.

Regülâtörden sağlanan telafi suyu ihtiyacını belirlemede 'Tennant Metodu'ndan yararlanılmıştır. Tennant yöntemi kullanılarak belirlenen su ihtiyacında, ülkemizde genel olarak tercih edilen ölçüt ortalamasının %10'nun ekolojik su ihtiyacı olarak bırakılması şeklindedir. Tennant yöntemi ile akım hesaplama, habitatın doğal besin üretiminin en az 2/3 ünün sağlanması koşuluna dayalıdır. Küçük nehir ve derelerde habitat/akım ilişkisi lineerdir ve ortalama akımın %30'u doğal habitatın 2/3 oranında devamlılığını

sağlama potansiyeline sahiptir. Ancak bu koşullar akarsuyun ekolojik özelliklerine bağlı olarak yüksek su ihtiyacı da gösterebilir (Jowett, 1997; Richter ve ark., 2003). Tennant metoduna benzer ve uygulama kolaylığı olan bir diğer yöntem ise ABF (Sucul Akım Modeli)'dir. Bu modelde Tennant modeli gibi ortalama ve minimum akım değerleri temel alınmakta ve ortalamaya göre aylık minimum değer ekolojik su ihtiyacı olarak tanımlanmaktadır. Bu metotta balıkların yumurtlama ve kuluçka dönemleri için ekstra su bırakılması önerilmektedir (Richter ve ark., 2003).

Literatürde 'çevresel/ekosistem su ihtiyacı' olarak tanımlanan ve regülâtörlerden bypass edilen akarsu yatağına bırakılacak telafi suyu miktarının hesaplanmasında kullanılan bu metod ortalama akış yüzdeleri ve balıklar için farklı kalitedeki habitatlar temeline dayanır. Örneğin %10 (yıllık ortalama debinin %10'u) düşük kalitede (ancak yaşamaya uygun), %30 orta kalitede (yeterli, tatmin edici) ve %60 mükemmel bir habitatı garanti altına alan minimum akış olarak sınıflandırılmaktadır (Jowett, 1997; Richter ve ark., 2003). Tennant metodunun herhangi bir coğrafik bölgede de uygulanabilirliği bildirilmektedir. Ancak her yeni bölge için doğru göstergeler yeniden belirlenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, bu indisler uzlaşmanın gerekli olduğu yerlerdeki özel çalışmalar için tavsiye edilmemektedir (Jowett, 1997; Richter ve ark., 1997). Bu yöntemde akarsuya ilişkin uzun yılların akım/debi değerlerinden ve işletme sonrası regülâtörün membasına ve mansabına kurulan AGİ (akım gözleme istasyonu) aylık ortalama akış değerleri kullanılmıştır. Akarsu yatağının memba ve mansabındaki akım seviyelerini günlük-anlık periyotlarla seri olarak ölçmek için kurulan AGİ 'Optik Kodlu Limnigraf' (Şekil 4) DSİ tarafından işletilmekte ve kontrol edilmektedir. Dijital olarak kaydedilen bu verilerde regülâtörden (balık geçidinden) bırakılan kritik su miktarının seviyesi yükseklik (m) olarak kaydedilmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Balık Geçitleri ve Telafi Suyu Miktarına İlişkin Bulgular

Bu çalışmada örnekleme olarak ele alınan HES işletmelerinin faaliyet gösterdiği dere yataklarındaki bypass edilen ortalama uzunluğu 5113,7 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Doğu Karadeniz Bölgesinde halen faaliyette, inşaat sürecinde ve planlama aşamasındaki işletme sayısı 294 olarak tespit edilmiştir (DSİ, 2016). Bu verilere göre Doğu Karadeniz'deki HES işletmelerinden ötürü olası risk altındaki toplam dere yataklarının toplam uzunluğu 1739,1 km olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 7. a-c. Araştırma bölgesinde yaygın olarak uygulanan ‘havuzlu balık geçidi’ne ilişkin yapısal detaylar: (a) Mansapta balıkların geçide ilk giriş yaptığı, en düşük kottaki nokta. (b) Havuzu balık geçidi, (c) Balık geçidi perdeleri.

Figure 7. a-c. Structural detail of using of pooled fish passage in the study region: (a) minimum code in the lower course, (b) pooled fish passage, (c) shutters of fish passage.

Diğer taraftan örnekleme çalışmalarının yürütüldüğü her bir regülâtör için Karadeniz Bölgesi akarsularında yaygın olarak ‘havuzlu balık geçidi’ tipi uygulanmıştır (Tablo 1). Havuzlu balık geçidinde prensip; mabadan mansaba kadar bütün kanal ardışık basamaklı havuzlar oluşturacak şekilde ‘perde duvarlar’ ile bölümlere ayrılmaktadır. Su genellikle perde duvarlarındaki açıklıklardan geçer ve sudaki potansiyel enerji, havuzlarda kademeli olarak kırılmaktadır. Balıklar, perde duvarlarda tabanda veya üstte bulunan açıklıkları kullanarak bir havuzdan diğerine geçebilirler. Göç eden balıklar sadece perde duvarlardan geçişte yüksek akış hızları ile karşılaşırken, hızın düşük olduğu havuzlarda sığınma ve dinlenme imkânı bulabilirler (DSİ, 2009; Armstrong ve ark., 2010). Bölgedeki havuzlu geçitlerin tasarımı çoğunlukla mabadan mansaba kadar doğrusaldır (Şekil 5-7). Bununla birlikte, eğri geçitler veya yapı uzunluğunu kısaltan, 180° açıyla bir defa, ya da daha fazla dönüş yapan katlı geçitler de kullanılmaktadır (Larinier, 2002).

Havuz uzunluğu, genişliği ve derinliği, balık geçidi tipine, düşü yüksekliklerine, balık türüne, su hızı ve debisine göre değişmekle beraber, araştırmada ele alınan regülâtörler genel olarak 1,20-3,00 m uzunluğunda, 0,8-1,5 m genişliğinde ve 0,60-1,20 m derinliğinde inşa edilmiştir.

Bu çalışmada pilot olarak seçilen regülâtörler için Tennant yöntemine göre hesaplanan ve işletmeler tarafından taahhüt edilen telafi suyu miktarları Tablo 1’de verilmiştir. Bu su aynı zamanda regülâtörlerdeki balık geçitlerine bırakılan sudur. Bu çalışma sırasında işletme aşamasında taahhüt edilen

ve regülâtörün bypass edilen dere yatağı kısmına bırakılması gereken telafi suyu miktarlarının bu taahhütlerin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Sürmene, Köprübaşı-Manahoz Deresi üzerinde 2009 yılında işletmeye açılan bir HES için Ekim 2010 ile Ağustos 2011 tarihleri arasında, regülâtörden bypass (akarsu yatağını atlama) edilen dere yatağına bırakılan telafi suyu miktarının tespiti için regülâtörün mansabında kurulan ‘Akım Gözlem İstasyonu’ndaki (AGİ) aylık ortalama akım (debi) değerleri incelenmiş ve regülâtörden bırakılan telafi suyunun; yağışlı dönemleri kapsayan Nisan ve Mayıs ayları hariç, şirketin taahhüt ettiği yıllık ortalama değer çok altında ($0,21 \text{ m}^3/\text{s}$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8).

Yağışlı dönemler (Nisan-Mayıs) hariç işletme sürecindeki aylık ortalama telafi suyu miktarlarının bu çalışmada hesaplanan ortalama yıllık telafi suyu miktarı, DSİ (Devlet Su İşleri) ve DKMP (Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü) tarafından önerilen ortalama değerlere ulaşmadığı görülmüştür. Dere yatağına verilecek olan su miktarının, her iki dönem için de $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ çıkartılması gerekmektedir. Benzer tespitler ele alınan diğer HES (Hidro elektrik santrali) işletmeleri için de tespit edilmiştir edilmiştir (Tablo 1). Regülâtörün planlama aşamasında akarsu ortamındaki sucül yaşamın devamı için bırakılacak kritik su miktarı/can suyu miktarı $0,34 \text{ m}^3/\text{sn}$ ($340 \text{ lt}/\text{sn}$) olarak hesaplanmıştır. Mansaba bırakılacak su miktarı için deredeki son 10 yılın (1995-2004) yıllık ortalama debinin ($3,40 \text{ m}^3/\text{sn}$) %10’u esas alınmıştır.

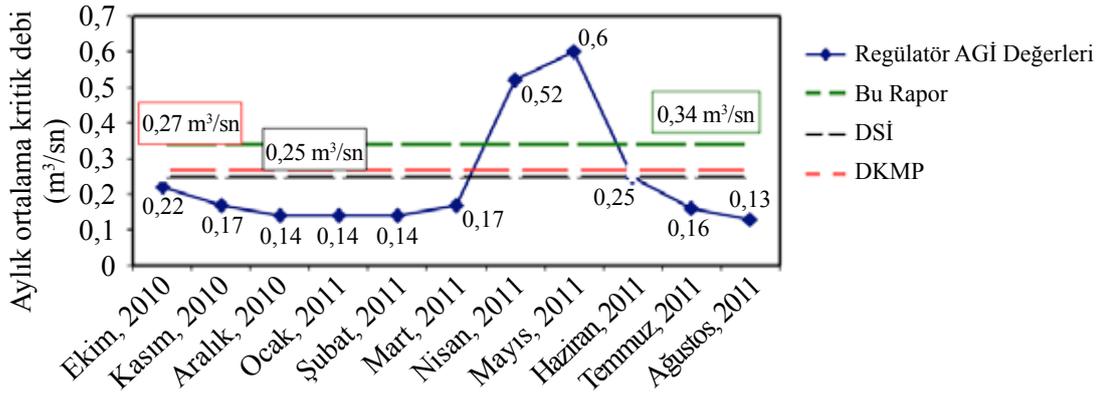
Tablo 1. Örnekleme alanındaki hidroelektrik santrallerine (regülatör) ilişkin bazı hidrolojik parametreler.
Table 1. Some hydrologic parameters about hydropower plants (regulatory) in the sampling area.

Yerleşim	Akarsuyun adı	Akarsu uzunluğu (km)	İşletmeye başlama yılı	Çalışmanın yapıldığı dönem	Balık geçidi tipi	Baypas edilen dere yatağının uzunluğu (m)	*Ortalama akarsu debisi (m ³ /s)	**İşletmenin sağladığı telafi suyu (m ³ /s)	***İhtiyaç duyulan asgari telafi suyu (m ³ /s)
Sürmene-Köprübaşı	Manahoz	40	2009	Ağustos-Eylül, 2011	Klasik havuzlu	2806	3,40	0,21	0,34
Rize-Güneysu	Potomya	50	2010	Temmuz, 2011	Klasik havuzlu	5347	2,80	0,22	0,35
Arsin	Yanbolu	56	2010	Ağustos, Eylül, 2011	Klasik havuzlu	5000	4,84	0,21	0,34
Maçka	Acısu/Larhan	65	2012 (ardışık iki HES)	Haziran, 2013	Klasik havuzlu	2893	3,50	0,14 0,20	0,19 0,21
Of-Çaykara	Solaklı/Ögene kolu	65	2012	Nisan, Ağustos, Ekim, 2015/16	Klasik havuzlu	2750	3,10	0,18	0,31
Maçka	Maden/Larhan	55	2014	Eylül, Ocak, 2015	Klasik havuzlu	4000	3,63	0,36 ıslak dönem 0,17 kuru dönem	0,36
Giresun	Gelevera	80	2014	Ekim, 2015	Klasik havuzlu	13000	2,03	0,19	0,26

*DSİ'den sağlanmıştır.

**DSİ tarafından önerilen ve akarsudaki son 10 yılın yıllık ortalama debinin %10'u esas alınarak tahmin edilen, ıslak ve kuru dönemlerde işletme tarafından balık geçidinden bırakılmaması taahhüt edilen telafi suyu miktarları.

***Mansaba bırakılacak telafi suyu miktarı (aynı zamanda balık geçidinden bırakılan su miktarı).



Şekil 8. Sürmene, Köprübaşı-Manahoz Deresi üzerinde 2009 yılında işletmeye açılan bir regülâtörün mansabında AGİ tarafından ölçülen telefi suyu miktarlarının aylık ortalama dağılımları ve optimum telefi suyu miktarının işletme öncesi iki kurum (DSİ ve DKMP) tarafından önerilen miktarlar ile işletme aşamasında gereksinim duyulan miktarlarının karşılaştırılması.

Figure 8. Distribution of monthly amount of average make-up water in the lower course measured by Flow Observation Station after run-off hydropower plant and its comparison to recommended optimal amount of make-up water by two official institutions (DSİ and DKMP) before run-off hydropower plant in 2009, Köprübaşı, Manahoz Stream, Sürmene, Trabzon.



Şekil 9. a-c. Solaklı deresi ve yan kolları (Haldizen ve Ögene) üzerinde elektroşok cihazı ile gerçekleştirilen Karadeniz alabalığı örnekleme çalışmaları (a) elektroşok cihazı ile balık örnekleme, (b, c) yakalanan balık örnekleri (Ocak, 2015-Nisan, Ekim, 2016).

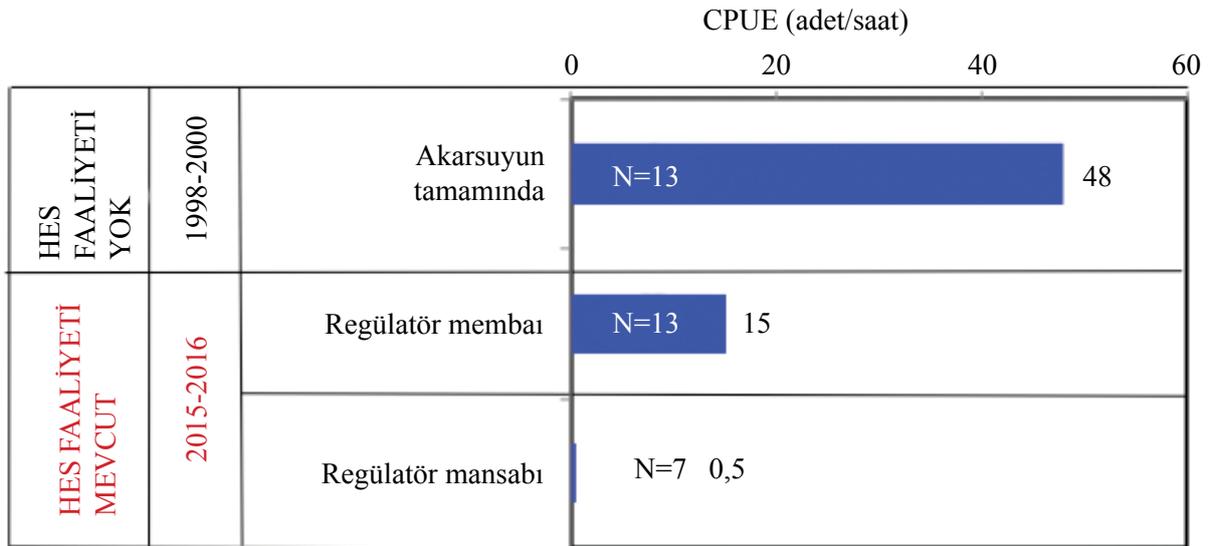
Figure 9. a-c. Black Sea trout sampling study with electro shocker in the Solaklı stream and its branches (Haldizen and Ögene) (a) fish sampling with electro shocker, (b, c) catching of fish samples (January, 2015-April, October, 2016).

Karadeniz alabalığı (*S.labrax*) populasyonunun durumu

Bu çalışmada Solaklı Deresi üzerinde faaliyette bulunan bir regülâtörün memba ve mansabında, 2015/16 döneminde; bypass edilen 2750 m'lik akarsu yatağında gerçekleştirilen balık örneklemlerinde (Şekil 9) regülâtörün membaındaki av çabası 15 adet/saat, mansabındaki av çabası ise 0,5 adet/saat olarak hesaplanmıştır (Şekil 10). İlgili HES'in inşaatına 2009'da başlanılmış ve 2012'de faaliyete geçmiştir. Hâlbuki aynı akarsu bölgesinde HES faaliyetlerinin henüz başlamadığı 1998-2000 yılları arasındaki dönemdeki av çabası 48 adet/saat olarak belirlenmiştir (Tabak ve ark., 2001). Aynı dere yatağında 15 yıl önce gerçekleştirilen araştırma ile karşılaştırıldığında Karadeniz alabalığı populasyonunun yaklaşık %75 oranında bir kayba uğradığı tespit edilmiştir.

Dere sucul ekosisteminin durumu

Doğu Karadeniz akarsuları akış rejimlerinden dolayı sucul omurgasızların (sucul böcekler, bentik yumuşakçalar, kabuklular, poliketler/solucanlar) yaşama alanlarını oluşturan ve sucul vejetasyonlar açısından zengin değildir. Buna karşın akarsu kıyı bölgelerindeki durgun gölcükler, mikro bataklık/sazlık habitatların varlığı balık populasyonlarının beslenmesi açısından son derece hayati (Şekil 11, Şekil 12). Ancak bu araştırmanın yürütüldüğü Doğu Karadeniz dereleri üzerinde; santral ile regülâtörlerin arasında kalan ve suyu bypass edilen dere yataklarının mikro habitatlar açısından bozulduğu ve doğal özelliklerini kaybettiği gözlenmiştir. Akarsuyun topoğrafik yapısı; dere yatağının çok dar ve dik olması, aşırı keskin eğim ve hızlı akış bu tür mikro alanların oluşmasını büyük



Şekil 10. Solaklı deresi üzerinde iki ayrı dönemde; HES (Hidro elektrik santrali) faaliyetlerinin başlamadığı 1990'lı yılların sonu ve HES faaliyetlerinin hayata geçirildiği 2010'lu yıllardaki *S. labrax* popülasyon yoğunluklarının dağılımı [N: örnekleme sayısı; CPUE (catch per unit Effort): 1 saate standardize edilmiş ortalama balık sayısı].

Figure 10. Distribution of *S. labrax* population density before (end of 1990s) and after (2010s) HES (Hydropower plant activities) in the Solaklı stream [N: number of sampling size; CPUE (catch per unit Effort): standardised average fish number in a hour].



Şekil 11. a, b. Bir akarsu kıyı habitatında örneklelenen *S. labrax* smolt bireyleri. (a) Bir smolt balık sürüsü, (b) Bu bireylerin vücut uzunluğu yaklaşık 8-10 cm'dir (Güneysu Deresi, Rize, 01.07.2012).

Figure 11. a, b. Samples smolt *S. labrax* in the stream coastline habitat. (a) A smolt fish scholl, (b) The body length is about 8-10 cm (Güneysu Stream, Rize, 01.07.2012).

ölçüde engellemektedir. Diğer taraftan bu tip özel sucul habitatların varlığı büyük ölçüde akarsudaki suyun mevcudiyetine bağlıdır. Özellikle yaz ve erken sonbahar dönemlerinde yavru alabalıkların yaşama ortamını oluşturan bu mikro habitatların yetersiz su nedeniyle kuruma ve işlevlerini kaybetme olasılıkları yüksektir. Regülâtör yapılarının bypass edilmemiş üst/memba kısımlarındaki dere yatağının etkisi altındaki sucul alanlar; karakteristik olarak bölgeye özgü Karadeniz alabalığının dışında diğer makrofaunaya ait türlerin de önemli yaşam alanlarını oluşturmaktadır (Şekil 12).

HES'lerin inşa ve işletme sürecinde, özellikle regülâtörlerin mansap kısmında akarsu yatağına yapılan müdahaleler ve bypass edilen bölgelere kafi derecede suyun sağlanamaması sonucu önemli ölçülerde alan kayıpları meydana gelmiştir. Bu alanlar kaba taş molozları, kaya parçaları, iri çakıl ve yer yer kum-mil materyali birikintileri ile dolmuştur. Akarsudaki bu bozulmalar nedeniyle; akarsu kenarı ve içi sucul vejetasyonları gelişmemiştir. Dere kenarında, erozyon/sel sonucu kil-mil yığıntıları birikmiştir (Şekil 13). Birikme zamanla kalıcı sübstrat tabakalarına dönüşmüştür. Akarsuyun sığ/kenar bölgelerinde, akıntının durağan olduğu bu kısımlarda, zayıf düzeyde kamış (*Phragmites australis*), hasır sazı (*Juncus effusus*), su teresi (*Nasturtium officinale*) ve yaş ot (*Commelina communis*) gibi bazı tipik makrofit toplulukları mevcuttur (Şekil 14).



Şekil 12. a-f. Doğu Karadeniz'deki akarsular alabalık popülasyonlarının yanısıra diğer makrofaunaya ilişkin önemli türlerin de yaşam alanlarını oluşturmaktadır. Bunlardan bazıları; (a) dere bir dere kurbağası (*Rana ridibunda*), (b) kurbağa larvaları, (c) Tricoptera pupa, larva ve nimfleri, (d) Sığırcıkgiller (*Sturnidae*) familyasına ait bir sığırcık kuşu, (e) bir ergin insecta bireyi ve (f) Lepidoptera familyasına ait bir kelebek türü (Rize-Güneysu, 2010; Maçka-Acısü, 2012; Solaklı-Ögene, 2015).

Figure 12. a-f. Besides *S. labrax* population other important macro faunal species are living in the Eastern Black sea rivers. Some of them: (a) A stream toad (*Rana ridibunda*), (b) toad larvae's, (c) Tricoptera pupa, larvae and nymph, (d) A bird from *Sturnidae* family, (e) An adult insecta species, and (f) A butterfly species which is belonging *Lepidoptera* family (Rize-Güneysu, 2010; Maçka-Acısü, 2012; Solaklı-Ögene, 2015).



Şekil 13. a, b. (a) Bypass edilen akarsu yatağının sığ bölgelerinde, akıntının durağan olduğu kısımlarda, makrofit toplulukları mevcuttur. (b) Dere yatağına inşa edilen seddenin oluşturduğu rezervuarda biriken kil-mil, zamanla kalıcı sübstrata dönüşmüştür (Rize, Güneysu, Temmuz, 2011).

Figure 13. a, b. There is macrophyte community in the shallow region of the performed in the bypass stream bed where the flow is stable, (b) Clay-alluvion accumulated in the reservoir constituted by bank constructed to stream bed into constant substrate in time (Rize, Güneysu July, 2011).

Bir diğer önemli bulgu; dere yatakları üzerindeki oldukça yüksek taşkın bentlerinin (yüksekliği 5 ile 8 m'ye ulaşan ve balık geçidi tasarlanmamış betonarme yapılar) varlığı nedeniyle özellikle alabalık popülasyonlarının beslenme ve yumurtlama göçü

gibi temel yaşamsal ihtiyaçlarını sağlayabilecek özellikleri büyük ölçüde kaybetmiş durumdadır. Dere yataklarına büyük ölçüde müdahale edilen bu lokaliteler için alabalık popülasyonları risk altındadır (Şekil 15).



Şekil 14. a-g. Bozulmamış dere yatağı kıyısı boyunca bölgeye karakteristik sucul bitkiler; (a) Solucan eğreltisi (*Dryopteris filix-mas*), (b) *Pteris cretica*, (c) Sıtma otu (*Eupatorium cannabinum*), (d) Hasır sazı (*Juncus effusus*), (e) Atkuyruğu (*Equisetum arvense*), (f) Eğrelti (*Blechnum spicant*), (g) Yaş ot (*Commelina communis*) (Arsin, Yanbolu, Ağustos-Eylül, 2011).

Figure 14. a-g. Characteristic aquatic flora along the undistributed stream bed in the Eastern Black Sea region: (a) Sword fern (*Dryopteris filix-mas*), (b) *Pteris cretica* (c) *Eupatorium cannabinum* (d) Scirpus (*Juncus effusus*), (e) Marsh horsetail (*Equisetum arvense*), (f) Pterophyta (*Blechnum spicant*), (g) Wet weed (*Commelina communis*) (Arsin, Yanbolu, August-September, 2011).



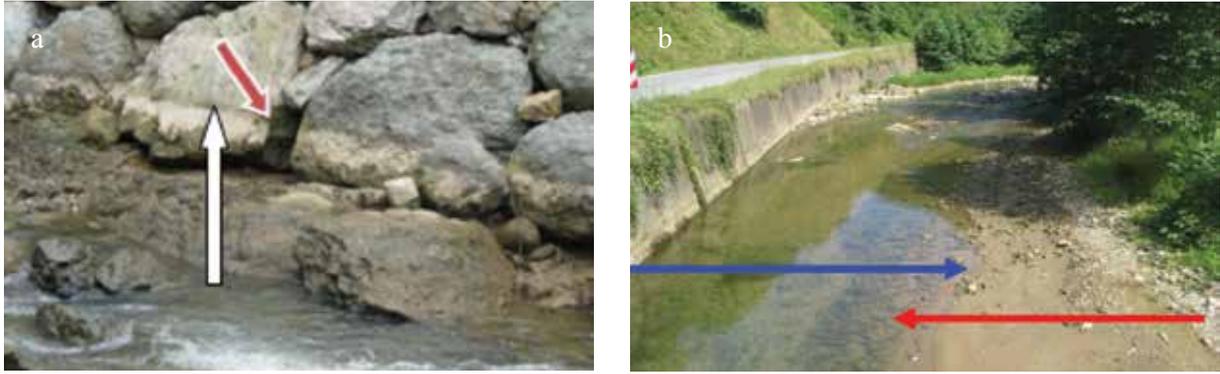
Şekil 15. a, b. Güneysu deresi üzerine inşa edilen sel taşkın bentleri. Bu bentlerin yüksekliği 8 m'dir. Beton malzemeden inşa edilen bu bentlerde balık geçidi bulunmamaktadır (Temmuz, 2011, Rize, Güneysu).

Figure 15. a, b. Constructed weirs for flood control on the Güneysu Stream. These weirs' high is 8 m. These weirs were constructed concrete material. They haven't fish passage (Rize, Güneysu, July, 2011).

Su kalitesine ilişkin göstergeler

Su sıcaklığının yaz aylarındaki artışına ve debinin göreceli olarak düşüşüne bağlı olarak kuyruk suyu deşarj noktasından mansaba kadar olan lokalitelerde algal kolonizasyonlar oluşabilmektedir. Bu negatif etmenler akarsu sistemindeki su akış rejimini ve suyun kalitesini (oksijen seviyesini düşürerek) bozarak, bölge akarsularında yaşayan balık popülasyonları üzerinde negatif etki yaratmaktadır.

Özellikle yaz periyodunda; Temmuz-Ağustos ayları arasında yetersiz su debisi nedeniyle santrallerdeki enerji üretimi periyodik aralıklarla yapılmaktadır. Yükleme havuzu yaklaşık üç saatlik bir sürede dolmakta ve bu kapasitedeki su ile bir saatlik bir üretim yapılabilmektedir. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği yaz periyodundaki gözlemlerde (Ağustos-Eylül arasında) santralin devre dışı bırakıldığı saptanmıştır. Santrale suyun verilmediği; kısaca kuyruk suyunun kesildiği dönemlerde santral kuyruk suyu çıkış



Şekil 16. a, b. HES binasının mansabında kuyruk suyunun tekrar akarsuya deşarj edildiği bölgede; dönemlerinde tespit edilen su seviyeleri. (a) Su seviyesi santral çıkış noktasında yaklaşık 1,5 m seviyelere kadar düşmektedir. (b) Akarsu tabanında akış hızı çok düşüktür (Arsin, Yanbolu, Temmuz, Eylül 2011).
Figure 16. a, b. Determination of tail water levels discharge location at the lower course of hydropower plant. (a) Water level is decreasing about 1,5 m at the starting point of plant, (b) The flow rate is very low in the stream bed (Arsin, Yanbolu, September, 2011).



Şekil 17. a, b. Kurak dönemde Yanbolu Deresi, HES Santral binasının mansabında yoğun alg kolonileri tespit edilmiştir (Eylül, 2011).
Figure 17. a, b. It is determined mass algal colonies at the lower course of hydropower plant in the dry period, Yanbolu Stream (September, 2011).

noktasından itibaren akarsu deşarj noktasına kadar ki dere yatağı da tıpkı regülatör nedeniyle bypass edilen alan gibi telafi suyu ile yetinmek durumunda kalmaktadır. Halbuki HES su kullanım anlaşmalarında sadece regülatör ile santral arasındaki bypass edilen bölge için telafi suyu anlaşması yapılmaktadır. Diğer taraftan birçok HES'in yasal çalışma prosedürü 'depolamasız/sürekli akım prensibi'ne göre düzenlenmiştir.

Yükleme havuzunda yaz dönemindeki periyodik depolamalar sırasında akarsu yatağına deşarj edilen kuyruk suyunun kesilmesi sonucunda santralin mansabındaki su seviyesi; santral çıkış noktasında yaklaşık 1,5 m seviyelere kadar düşmektedir. Bu süreçlerde akarsu yatağına yukarıdan bırakılan telafi suyunun sucül yaşam için gerekli olan optimum ihtiyaçlarını yeterli ölçüde karşılayamadığı gözlenmiştir. HES'in mansabında dere yatağı

su debisinin yeterli olmadığı dönemlerde bypass bölgesinden gelen telafi suyu ile yetinilmekte ve akarsu tabanı yaklaşık %50 oranında kurumaktadır (Şekil 16). Bu nedenle yaz periyodunda santral kuyruk suyunun bırakıldığı noktadan itibaren ve regülatör mansabındaki bypass edilen akarsu tabanında alg biyomasları tespit edilmiştir (Şekil 17).

Araştırma kapsamında elde edilen örnekler mikroskopik düzeyde incelenmiş ve genus düzeyinde *Oscillatoriaspp.*, *Cymbella*, *Aulacoseira*, *Naviculaspp.*, *Cosmarium*, *Synedra*, *Achnanthes*, *Gyrosigma*, *Cocconeis* türleri tespit edilmiştir. Ayrıca, örnek içeriğinde Nematod ve çok sayıda Siliat'da gözlenmiştir. Çıkan türlerin büyük bir bölümü *Diatom*'lardan oluşmakta ve bunların önemli bir bölümü bağımlı ve göreceli olarak kirli ortamı seven türlerdir. Ayrıca görüntü alanında çok sayıda tespit edilen *Oscillatoria* filamentleri de bu ortamın kirletildiğine dair önemli bir göstergedir.

Algal kolonizasyonun aşırı derecede çoğalması; su sıcaklığının yaz aylarındaki artışından ve debinin göreceli olarak düşük olmasından ileri gelmektedir. Bu küçük ısı farkı bile sporların üremesi ve yoğun bir biyomasın oluşmasına sebep olabilmektedir. Eğer HES'e gelen suyun debisi azalıyor, giriş-çıkışlar su sıcaklığında fark yaratıyorsa (artışlar sağlıyorsa) ve su işleminden geçirirken bir miktar bekletiliyorsa bunların hepsinin ya da bir kısmının meydana geldiği durumlarda algal popülasyonlarda artışlar görülmektedir. Bunlardan başka akarsuya HES kadar dışarıdan organik atık yükü de giriş yapmakta ve suyun kalitesini düşürmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen sonuçları başlıca üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar sırasıyla; yetersiz su debisi, habitat kayıpları-alg biyomaslarında artışlar ve alabalık popülasyonlarındaki azalışlardır. Yetersiz telafi suyu sonucunda akarsu yatağında habitat kayıplarının yanısıra, omurgalı-omurgasız fauna ve sucul vejetasyonlar olumsuz etkilenmiştir. Su sıcaklığının yaz aylarındaki artışına ve debinin göreceli olarak düşüşüne bağlı olarak kuyruk suyu deşarj noktasından mansaba kadar olan lokalitelerde algal kolonizasyonlar oluşabilmektedir. Bu negatif etmenler akarsu sistemindeki su akış rejimini ve suyun kalitesini bozarak, bölge akarsularında yaşayan balık popülasyonlarının hızla azalmasına neden olmuştur.

Durağan ve sığ özellikteki akarsu kıyı habitatları alabalık balık popülasyonlarının larva, yavru ve genç birey dönemleri için çok uygun yaşama alanlarıdır. Yavru balıklar yuvadan ayrıldıktan sonra 5-7 cm büyüklüğe erişinceye kadar ki dönemlerini (0+ yaş) küçük derelerde veya büyük derelerin kıyı sularında, kaynağa yakın bölgelerde; 15-35 cm su derinliği olan sığ/durgun gölcüklerde, çakıllı, kumlu ve milli zemine sahip yerlerde geçirirler (Zengin ve Aksungur, 2009). Su içerisinde besin maddelerini oluşturan mikro habitatın, akıntıda sürüklenmesi ve karşı koymak için akarsu bentiğindeki bitki, taş ve diğer materyale tutunarak yaşamını sürdürmesi, yavru balıkların bu karaktere sahip alanları tercih etmesine neden olmaktadır (Neveu, 1999).

Özellikle son 15 yılda nehir tipi hidroelektrik santaller için alınan özendirici önlemler sonucu küçük debili dereler üzerinde birden fazla yapı inşa edilmiştir. Ekolojik bütünlük ve nehir sürekliliğinin dikkate alınmaması sonucunda gözlenen olumsuzluklar Türkiye'de de 'can suyu' kavramının gündeme gelmesine neden olmuştur. Bu kavramın nehir sürekliliğini sağlamasının mümkün olmadığı

anlaşılmış ve gelişmiş ülkelerde terk edilerek yeni yaklaşım arayışlarına girilmiştir. Bu süreçte, can suyu terimi yerine 'çevresel akış' veya 'ekolojik akış' kavramlarının daha anlamlı olduğu konusunda bir sonuca varılmıştır. Çevresel veya ekolojik akış kavramlarının temelinde, akarsuyun hidrolojik dinamikleri ve hidrolik yapısı, hidromorfolojik yapılar ve işlevleri ile ekolojik yapı ve işlevleri arasındaki ilişkilerin tanımlanması yer almaktadır. Ekolojik akış kavramı, Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi kapsamında tanımlanan çevresel hedeflere ulaşabilmek için hazırlanan rehber belgelerde de yer almıştır (Ekmekçi, 2016). 2011 yılı Ocak ayında revize edilen İsviçre Su Koruma Yasası ve Su Koruma Yönetmeliği'ne göre, 20 yıl içerisinde nehir bağlantılarının restore edilmesi ve HES'lerin balık göçleri üzerindeki negatif etkilerinin azaltılması önerilmektedir. Bununla birlikte hâlihazırda balık stoklarını koruma teknolojileri için herhangi bir tasarım standardının var olmaması nedeniyle, bu kanun ve yönetmelikler HES operatörleri ve sorumlu belediye veya devlet kuruluşları için sorun teşkil etmektedir (Albayrak ve Boes, 2016).

Kurdoğlu (2016); Türkiye'de faaliyette bulunan HES'lerin ekosistem üzerindeki negatif etkilerini tespiti üzerine gerçekleştirdiği bir çalışmada; farklı disiplinlerden, kendi alanında 60 uzman ile yapılan çalışma sonuçlarına göre; yetersiz minimum çevresel akış miktarının %75, dağ ve yamaçlar ile nehir kenarlarındaki ormanlık alanların bozulmasının %51,6; biyoçeşitlilik kaybının %61,7; turizm üzerindeki negatif etkilerin %60 ve doğal habitat üzerine olan olumsuz etkinin %31 olduğunu tespit etmiştir.

Akyüz ve Baydar (2016) tarafından Akdeniz bölgesinde balık geçidi sistemlerinin yapısal özellikleri ve etkin bir şekilde çalışabilmesinin koşulları üzerine yürütülen bir çalışmada, klasik havuzlu balık geçidi bulunan HES projelerinde ortaya çıkan hatalar sonucunda geçitlerin etkin kullanılmadığı belirlenmiştir. HES projelerine uygulanacak balık geçitlerinin uzman kişiler kontrolünde gerçekleştirilmesi; balık faunasının korunması açısından büyük önem taşıdığı altı çizilmiştir. Balık geçitleri planlanırken mümkün olan her yerde, ölü aç ve ölü nokta oluşmayacak şekilde su çıkışının, özellikle balık geçidinin mansap girişinin, bent veya türbin çıkışının altında olması gerekmektedir (DSİ, 2009; Armstrong ve ark., 2010). Ancak bölgedeki regülatöründe inşa edilen balık geçidinin mansap ile teması olmayıp, bırakılan su belli bir yükseklikten, yaklaşık 50-60 cm'lik bir yükseklikten dere yatağına bırakılmaktadır. Ayrıca havuzlardaki su hareketi de balık göçleri için çok önemlidir. Bu nedenle balıkların membaya

doğru yüzerken dinlenmesini ve güç kazanmalarını temin eden havuzlarda su hızı mümkün olduğu kadar az ve istenmeyen girdap ve akıntılar yok edilecek şekilde tasarlanmalıdır (maksimum hız: 2,4 m/sn ve su giriş hızı maksimum 1,2-2,4 m/sn) (DSİ, 2009).

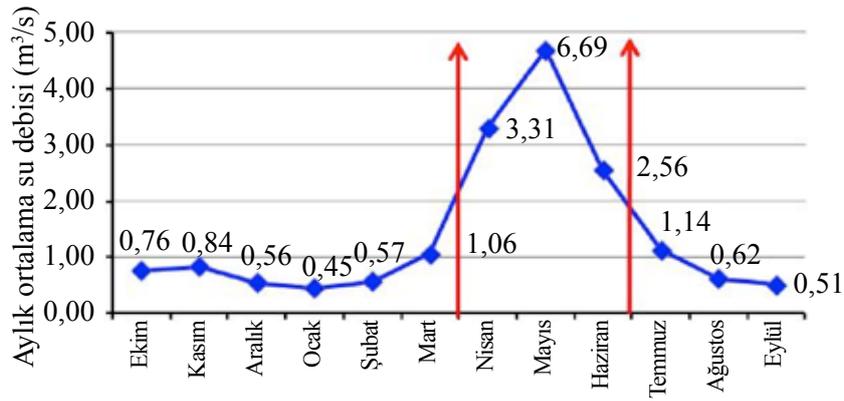
Bölgede; çok sınırlı da olsa balık geçitlerinin işlevi üzerine yürütülen araştırmalarda da; balık geçidi projelerinde çevresel akış debisinin biyolojik ihtiyaçları karşılayabilecek seviyede hesaplanmadığı, aynı zamanda göç yapan balıkların geçebileceği tipte, uygun eğimli ve boyutlarda geçit inşa edilmediği vurgulanmıştır (Üstündağ, 2013). Solaklı deresi, Ögene kolu üzerinde, işletme sürecindeki regülatörlerdeki balık geçitlerinin işlevselliği üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada; mansaptan regülatöre doğru olan yaklaşık 500 metrelik alanda çok sayıda balık tespit edilmesi, balıkların geçidi aşmakta zorlandıklarına işaret ettiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada balık geçidine verilen su kesilerek tesisi kullanan balık olup olmadığı kontrol edilmeye çalışılmıştır. Ekim ayında yapılan bu çalışmada iki adet Karadeniz alabalığı (*Salmolabrax*) yakalanmış olmasına rağmen, bu balıkların membaa göç eden balıklar mı yoksa mansaptaki balık geçidi girişindeki yüksek türbülans nedeniyle balık geçidine sürüklenen balıklar mı, olduğu konusunda kesin yargıya varılamamıştır. Benzer çalışmada Yanbolu Deresi üzerindeki işletmede *S. labrax* örneklerine rastlanmamıştır. Bu regülatörde havuzlu tip balık geçidi inşa edilmiş olup, balık geçidinin eğimi, taban yapısı, havuz boyutları, debi, su hızı, konumu ve giriş-çıkış yapıları bakımından uygun olmadığından balık geçişlerini sağlayamadığı rapor edilmiştir (Üstündağ, 2013). Yine Korkmaz ve ark., (2015) tarafından Yanbolu Deresi'nde faaliyette bulunan bir hidroelektrik santrallerinin balık göçleri üzerine olan etkisi konusunda yürütülen bir araştırmada bıyıklı balık popülasyonu (*Barbus tauricus*) HES regülatörünün alt kısımlarında (mansap) yoğun olarak örneklenirken, regülatörün üst (membra) kısımlarında hiçbir bireye rastlanamamıştır. Benzer durum Karadeniz alabalığı (*S. labrax*) için de tespit edilmiştir.

Doğu Karadeniz'deki akarsularda aşırı yağmurlar ve yüksek dağlardaki karların erimesi ile oluşan sellerin dere yatağında ve vadi yamaçlarında meydana getireceği erozyon ve heyelan gibi toprak, kaya, taş materyallerinin oluşturacağı zararı önlemek amacıyla inşa edilen beton 'taşkın seddeleri' derelerde yaşayan balık faunasının göçü için başka bir risktir. Bu bentlerin üst ve alt kısımlarında balıkların geçişini sağlayacak özel bir bağlantı borusunun, büz veya menfezin inşa edilmesi hayatidir. Dere yatağını enine kesecek şekilde; DSİ tarafından inşa edilen taşkın koruma seddesi bu açıdan önemli bir engel

oluşturmaktadır. Bu beton sedde balıkların göçü için herhangi bir balık geçidi planlanmamıştır. Yüksekliği yaklaşık 7-8 m arasında değişen bu koruma bentleri başta alabalık popülasyonları olmak üzere dereler üzerinde yaşayan diğer tüm balık türlerinin mansap-memba yönündeki geçişini engelleme riskine sahiptirler (Zengin ve ark., 2013). Özellikle stokları son derece yıpratılmış alabalık popülasyonlarının bu engelleri aşması mümkün görünmemektedir. Dere yatağındaki bu uzun mesafeli ters göçün sekteye uğraması balık popülasyonlarının uzun vadedeki yaşam döngülerini engelleme riski bulunmaktadır. Karadeniz alabalığı popülasyonlarının sürdürülebilirliği için bu bentlerin yeniden revize edilerek; balık popülasyonlarının akarsu yatağındaki çift yönlü göçünü güvenli bir şekilde sağlayacak, uygun tasarımda geçitlerin inşa edilmesi şarttır.

Bölgedeki akarsuların günlük ve aylık ortalama akımları incelendiğinde dere yatakları ile ilgili olarak, kuru ve ıslak dönem zamanlarının farklı olduğu görülmektedir. Karadeniz iklim ve yağış rejiminin etkisi altındaki akarsuların akış rejimi yıl içerisindeki mevsimsel sıcaklık koşullarına uygunluk göstermektedir. Yüksek akışlar; kar yağışının az, sıcaklığın yüksek olduğu bu nedenle de karların eridiği Nisan sonu ile Mayıs ayında görülmektedir (ıslak dönem). Düşük akışlar ise; yağış miktarının fazla olmasına karşılık, yağışın kar şeklinde yüksek kesimlerde biriktiği kış aylarında rastlanmaktadır. En az akış Ocak, Şubat ve Eylül aylarında (kuru dönem) ölçülmüştür (Şekil 18) (Zengin ve ark., 2013). Derelerin debileri Haziran ayında azalmaya başlayarak, bu azalış Ağustos ayına kadar artarak devam etmektedir. Bu azalışta yaz aylarındaki aşırı buharlaşmanın ve kar sularının azalmasının da rolü bulunmaktadır. Bu özellikler sonucunda Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki akarsular için en önemli doğal karakteristikleri şu şekilde özetlenebilir. (1) Dağlar kıyıya paralel ve yüksek eğimli, Karadeniz'e bakan taraflarında yer alan akarsuların boyları kısadır. (2) Yer şekillerinin etkisiyle akarsu yataklarındaki eğim yüksektir. Bu nedenle akış hızları artmaktadır (Hocaoğlu, 1996; Gültekin ve ark., 2005). Bu akarsuların sucul vejetasyonları; sahip oldukları jeolojik karakteristiklerinden ötürü zayıftır. Soğuk su akarsularının başlıca baskın balık faunasını *S. labrax* popülasyonları oluşturmaktadır ([http://fishbase.org/summary/salmo labrax.html](http://fishbase.org/summary/salmo%20labrax.html)).

Balık geçitlerinin göç eden nehir balıkları üzerindeki etkinliğini tespit etmek için Alp ve ark., (2015) tarafından Ceyhan Nehri üzerindeki gerçekleştirilen bir araştırmada *Capoeta angorae* ve *Alburnus kotschy* popülasyonlarının göç davranışlarını belirlemek için



Şekil 18. Doğu Karadeniz bölgesindeki akarsuların kuru ve ıslak dönemler için karakteristik aylık ortalama akımlarının zamansal değişimi.

Figure 18. For dry and wet period temporal change of the characteristic monthly average discharge in the Eastern Black Sea region stream.



Şekil 19. a-f. Trabzon, Maçka, Maden Deresi üzerinde faaliyet gösteren bir regülatörün giriş ve çıkışlarındaki akımları ölçen AGİ cihazlarına ait ardışık süreçlerdeki su seviyeleri. Yaklaşık bir haftalık süreçte giriş ve çıkış akımları ile balık geçidi havuzundaki su seviyesinde çok radikal bir azalma gözlenmiştir. 16 Haziran, 2012: (a) memba (b) mansap (c) balık geçidi/havuzu, 16 Haziran, 2012: (d) memba, (e) mansap, (f) balık geçidi/havuzu.

Figure 19. a-f. A regulatory which is activity on the Maden Stream, in Maçka, Trabzon. Its water levels sequential process in upstream and downstream locations measured by optical reader stations. It was observed the input and output flow levels decreased radically about in a week period in fish passage pools. 10 June, 2012: (a) upstream, (b) downstream, (c) fish passage (having pool), 16 June, 2012: (d) upstream, (e) downstream, (f) fish passage (having pool).

üç farklı yöntem (tuzaklar, plastik marka ve elektronik marka) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre havuz ve orifis tipi balık geçitlerinin bu türler için uy-

gun olmadığı görülmüştür. Zira her iki tip havuzda da balık örneği bulunamamıştır. Bunun çevresel akış debisi miktarının yetersizliğinden ve balık geçitlerinde-

ki farklı engellerden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Bu sebeplerden ötürü inşa edilecek depolama tesislerinden balık geçidi projelendirilmesi uygun görülenlerde; göç yapan balıkların geçebileceği tipte, uygun eğimli ve boyutlarda geçit inşa edilmesine katkı sağlayacak şekilde detaylandırılması gerekmektedir.

Ancak bölgedeki ‘balık geçidi’ projelerinde çevresel akış debisi biyolojik ihtiyaçlar hesaplanarak belirlenmemiştir (Şekil 19). Akarsu bir bütün olarak ele alınmalı ve çevresel akış debisi ihtiyaca göre tekrar belirlenmelidir. Projeler işletmeye alındıktan sonra dere su azalacağından dere yataklarındaki doğal yapı, balıkların aşamayacağı engeller ortaya çıkmaktadır. HES Projeleri işletmeye alınmadan önce dere yatakları balık yaşamına uygun hale getirilmelidir.

1990’lı yılların başına kadar Doğu Karadeniz’deki akarsular üzerindeki HES projelerinin sayısı yok denecek kadar azdı. Ancak 2000’li yılların başından itibaren DPT’ce yapımı onaylanan ve enerji açığını gidermeye yönelik olarak birçok akarsu üzerinde DSİ tarafından planlanan hidroelektrik santrali projelerinin sayısı giderek artış göstermiştir (Tabak ve ark., 2001). Bugün bu akarsular üzerinde ardışık olarak birden fazla hidroelektrik santrali işletmeye açılmıştır. Bu çalışma kapsamında ele alınan Trabzon, Of, Solaklı Deresi üzerinde 2000’li yılların başına kadar herhangi bir HES işletmesi mevcut değilken; ilk olarak Solaklı Deresinin yan kollarını oluşturan ve doğrudan Uzungöl’e bağlantılı olan Haldizen ile Balkodu, Kavlatan ve Büyükdere üzerinde planlanan Of-Solaklı Hidroelektrik Santrali Projesinin 2000 yılında uygulamaya dönük etüt projeleri hazırlanmıştır. Geçen bu 15 yıllık süreçte Solaklı Deresi ve bu derenin iki ana kolunu oluşturan Haldizen ve Ovit kolları üzerinde birbirine ardışık olarak toplam 12 adet hidroelektrik santrali ve bu santralleri besleyen regülatör yapıları inşa edilmiştir. Bu akarsu sistemi üzerinde kurulu bulunan her bir regülatör bir üst noktadaki HES’in kuyruk suyundan ve yan derelerden beslenmektedir.

Bu projeler genel olarak tek tipte planlanmış olup, akarsu yatağının önü kesilmek suretiyle yönlendirilen suyun bir tünel vasıtasıyla santrale akıtılması prensibine dayanmaktadır. Su temininde en önemli nokta akarsu yatağının belli bir bölgesinde tünellere alınan bu suyun, başta akarsudaki balık faunası olmak üzere diğer sucul organizmaların yaşamını ne şekilde etkileyip etkilemeyeceği konusudur.

Bu güne kadar yapılan birçok araştırmada; alabalık popülasyonlarının yaşam döngüsünde, gerek akarsu ve gerekse de deniz ortamında yapılan göçler sırasında doğal yollardan ve insan aktiviteleri (av-

cılık, yaşam ortamının değiştirilmesi, kirlilik, vb.) neticesinde çok büyük sömürülmeye maruz kaldıkları ortaya koyulmuştur. Bir akarsudaki su kalitesi ile hidro mekanik ve hidrolojik özellikler arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Akarsu debileri akarsudaki balıkların yaşam alanlarını için gerekli olan minimum su debisinin yanısıra; bu ortamlara verilen kirleticilerin seyreltilmesi ve taşınmasını sağlayarak, ortamlarda meydana gelecek kirletici birikimlerini azaltırlar (Baglinière ve Maisse, 1999). Ekolojik olarak akıntı, balık habitatlarının korunmasını sağlayan fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerin temelini oluşturmaktadır. Ekolojik akıntı rejimi sonucu oluşan bu bileşenler nehir sisteminin sağlıklı işlemesi için gerekli unsurlardır.

Doğu Karadeniz akarsularının baskın ve hassas balık türü *S. labrax*’dır. Bu değişimden en çabuk etkilenecek olan da bu türdür. Bu alabalık popülasyonu hızlı akıntılı, temiz ve soğuk su ortamlarını tercih eder. Baraj sonrasında bu türün varlığını sürdürebilmesi için eski koşulların minimum düzeyde devamlılığının sağlanması gerekmektedir. Dolayısı ile barajdan bırakılacak olan minimum su miktarı nehrin alt kısımlarındaki biyolojik yaşamı olumsuz etkilemeyecek bir düzeyde tutulmalıdır.

HES projesi uygulanan akarsularda sucul canlıların, regülatörün alt kısımlarında yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan ve biyolojik olarak ihtiyaç duyabileceği minimum suyun bırakılması bütün sorunu çözmektedir. Bu miktar, çeşitli yöntemlerle hesaplanmakla birlikte regülatörün alt kısımlarındaki toplam balık stoku ile yakından ilişkilidir. Suyun az verilmesi durumunda balıklar derin ve havuz oluşturmuş alanlarda toplanmaktadır. Toplam balık stokunun fazla olması durumunda bu küçük havuz sistemlerinin taşıyamayacağı yoğunlukta olması sebebiyle toplu balık ölümleri meydana gelebilecektir. Dere yatağının özelliği nedeniyle akarsu bağlantısı kesilmesi sonucu sıcaklık artışı, çözülmüş oksijen miktarındaki azalma, besin maddesi birikimi ve devamında ötrifikasyona yol açan olumsuz koşullar oluşacaktır. Bu açıdan bakıldığında Doğu Karadeniz Bölgesi akarsuları gibi dağ derelerinde indikatör bir tür olarak nitelendirilebilecek *S. labrax*’ın mevcudiyetini sürdürebilmesi, verilecek su miktarı ile yakından ilişkilidir. Çünkü bu tür, hızlı akıntılı, soğuk ve oksijen bakımından zengin sulara yaşayabilmektedir. Bu faktörler göz önüne alınarak hesaplanan su miktarı bırakılması dereye canlılığın devamını sağlamaya yetecektir.

Bunun yanısıra yukarı göçlerde oluşturulan balığın girişi ve hareketlenmesini sağlayan sistemler ve hidrolük

koşullar, aşağıya yapılan göçlerde aynı etkinliği göstermemektedir. Balık geçitlerinin dizayn edilmesinde regülatör üzerinde yer alan yönlendirme ekipmanları, tünel, havuz sistemleri, çöktürme ve çakıl düşürme yapılarının geometrik yapıları, engelleme, akış ve boşaltma durumları, su seviyeleri gibi teknik ve yapı elemanlar önem taşımaktadır (Larinier, 2002).

Bu araştırmada genel olarak HES'lerde işletme aşamasında tespit edilen sorunları şu şekilde özetlemek olasıdır:

Telafi/can suyuna ilişkin sorunlar: Firmalar tarafından akarsu yatağının bypass edilen bölümü için taahhüt edilen su miktarı düzenli olarak sağlanamamaktadır. Telafi suyunun düzenli verilmesine yönelik olarak HES işletmeleri rasyonel bir yönetim planı uygulayamamaktadır. Ayrıca bırakılacak telafi suyu miktarının da yukarıda açıklandığı gibi bölge hidrolojisi ve ekolojisine özgü daha rasyonel yöntemler dikkate alınarak belirlenmesi gerekmektedir. Telafi suyu için yıl içerisindeki akarsu debisinin kapasitesine bağlı olarak farklı uygulamalara gidilmelidir. Kurak aylar ve yağışlı aylar olarak iki farklı telafi suyu kriteri hesaplanmalıdır. Su debisinin minimum seviyede seyrettiği Temmuz ile Ocak ayları arasındaki dönemde bypass edilen dere yatağı sadece üstten gelen can suyu ile takviye edilmektedir. Bu uygulama illegaldir ve sözleşmelerde bulunmamaktadır.

Habitat kayıpları: Regülatör ile santral arasındaki akarsu yatağı boyunca akarsu dere yatağı ve kıyı bentiği taşkın, sel, heyelan ve karayolu gibi altyapı tesisleri için gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde ileri düzeyde bozulmuş ve doğal yapısından uzaklaştırılmıştır. Bu durum bypass edilen kısımda habitat kayıplarına yol açmaktadır. Aynı zamanda telafi suyunun rantabiletisini de azaltmaktadır. Bu nedenle ilerleyen süreçte akarsu yatağına düzensiz ve yetersiz bırakılan telafi suyu ile birlikte omurgasız ve omurgalı faunanın negatif yönde etkilenme olasılığı bulunmaktadır.

Balık geçidine ilişkin sorunlar: Balık geçidinin mansabındaki suyun son çıkış noktası ile dere yatağı arasında yaklaşık 50-60 cm'lik bir kot farkı bulunmaktadır. Bu durumda dereye yaşayan herhangi bir balık türünün bu yüksekliği aşip, geçide yönlenmesi zordur. Bu nedenle balık geçidinin mansaptaki son havuzunun çıkış kodu deredeki su seviyesinin altında olmalıdır. Balıkların üst havzaya göç için bu geçitleri kullanabilmesi için geçitlerin dere yatağı ile buluşma noktası bent ya da baraj gövdesinin sonlandığı, taşkın sularının boşaldığı bent önüne yakın ve dere yatağı zemini ile aynı seviyede olmalıdır. Başka bir ifade ile balık geçidi çıkış kodu ile dere kodu aynı olmalıdır ki balıklar

değişiklik yokmuş, dereye yüzmeye devam ediyormuş gibi yollarını kolaylıkla bulabilsinler.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar büyük olasılıkla Karadeniz alabalığı populasyonunun regülatör tarafından engellendiğini göstermektedir. Bu durumda iki önemli ihtimal bulunmaktadır. Bunlardan ilki; bypass (akarsu yatağını atlama) edilen dere yatağına bu türün ihtiyacı olan ve yaşam döngüsünü sağlayacak miktarda yeterli seviyede su bırakılmamaktadır (bu olgu Tablo 1'de gösterilmiştir). İkinci olasılık ise bölge için tasarlanan balık geçitleri işlevini yerine getirmemektedir.

Alabalık populasyonlarının sürekliliği: HES yapım aşamasında ve işletme sürecinde deredeki suyun kesilmesinden en fazla etkilenen balık türü Karadeniz alabalığıdır. Aynı zamanda bölge akarsuları için de en önemli indikatör tür olan Karadeniz alabalığının; başta göç olmak üzere biyoeolojik yaşam döngüsünü sağlayacak şekilde bypass edilen alana yeterli miktardaki telafi suyunun bırakılması sağlanmalıdır. Bunun için de işletmeler tarafından taahhüt edilen telafi suyu gerek miktar, gerekse de kalite açısından sürekli olarak izlenmelidir.

Rezervuar (baraj gölü) önündeki set yüzünden alt ve üst bölümler arasında biyolojik temas kesilmektedir. Rezervuarda biriken suyun sıcaklığı yükselmektedir. Rezervuarda biriken organik malzemelerin çürümesi sebebiyle suda oksijen azalmaktadır. Şüphesiz bu aşırı tükenişte HES olgusu (regülatördeki telafi suyunun yeterliliği ve balık geçidinin tasarımı/konumu) önemli bir etken olmasına karşın; illegal avcılık ve başka nedenler; taşkın koruma bentleri, dere ıslahı çalışmaları, yol yapımı, kentleşme-belediyelerin evsel ve endüstriyel deşarjları doğrudan akarsuya boşaltmaları doğal populasyonun geleceğini tehdit etmiştir.

İşletmeye ilişkin yönetsel sorumluluklar: Firma işletme aşamasında telafi suyunun takibi, bu takibi izlemek için kurulan AGİ'nin bakımı, nihayetinde regülatöre giriş ve çıkış suyunun takibi için gerekli olan ve taahhüt edilen iki adet AGİ'nin inşaa edilmesi ve süreç içerisinde uyarılara dikkat etmesi ve başta akım değerleri olmak üzere HES'e ilişkin tüm teknik bilgileri konuyla ilgili resmi ve tüzel taraflarla içtenlikle paylaşması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Akyüz, A., Baydar, Ş. (2016). Determination of structural properties of fish passage systems in the Eastern Mediterranean. Workshop on Fish Passages and Migration, 21-22 November 2016, İstanbul-Turkey, Symposium Abstract Book, s38-40.

- Alp, A., Akyüz, A., Özcan, M. (2015). Passages and Migratory Fish in River Ceyhan. International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage. Paper 8. http://scholarworks.umass.edu/fishpassage_conference/2015/June24/8
- Albayrak, İ., Boes, R. (2016). Research on downstream fish passage technologies in Switzerland. Workshop on Fish Passages and Migration, 21-22 November 2016, İstanbul-Turkey, Symposium Abstract Book, s10-13.
- Aksungur, M., Zengin, M., Tabak, İ., Aksungur, N., Alkan, A. (2011). Migration characteristics of the black sea trout (*Salmo trutta labrax*, Pallas, 1814) in the eastern black sea coasts and streams. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 623-630.
- Armstrong, G.S., Aprahamian, M.W., Fewings, G.A., Gough, P.J., Reader, N.A., Varallo, P.V. (2010). Environment agency fish pass manual: Guidance Notes on the legislation, selection and approval of fish passes in England and wales, 367 p.
- Atalay, İ. (2001). Türkiye'nin beşeri ve ekonomik coğrafyası 1, İnkılap Kitapevi, 184 s.
- Carolsfeld, J., Brian, H., Ross, C., Baer, A. (2003). Migratory fishes of South America: Biology, fisheries and conservation status. World Fisheries Trust, The World Bank International Development Research Centre, p373.
- Cebeci M.E., Tör, O. B., Yılmaz, O., Altın, M., Güner, E., Nadar, A. (2008). Nehir-Tipi hidroelektrik santrallerinde kararlı ve güvenli çalışma sınırlarını belirleyen faktörler, ELECO 2008, Bursa, Türkiye.
- Chernistkii, A.G. (1988). Black sea trout smolt (*Salmo trutta labrax*) in the Kodori River, Abkhaz SSR Georgian SSR USSR. *VoprIkhtiol*, 28(4), 657-663, UDC 134: 574.2.
- Cowx, I. G., Gould, R. A. (1989). Effects of stream regulation on Atlantic salmon *Salmo salar* L. and brown trout *Salmo trutta* L. in the upper Severn catchment, UK, *Regulated Rivers: Research and Management*, 3: 235-245.
- Davis, R., Hijri, R. (2003). Water resources and environment technical note c1, environmental flows: concepts and methods, *The World Bank*, Washington.
- DSİ (2009). Balık geçitleri: Tasarım, boyutlandırma ve izleme (Türkçe baskı), Çevre ve Orman Bakanlığı, s118.
- Ekmekçi, M. (2016). Effects of hydrotechnical structures on river continuum and the environmental flow concept. Workshop on Fish Passages and Migration, 21-22 November 2016, İstanbul-Turkey, Symposium Abstract Book, s14-16.
- Erdoğan, G. (2010). Doğu karadeniz bölgesinde başlanan ve planlanan nehir tipi hidroelektrik santrallerin çevresel ve sosyal etkileri. <http://glrnerdgn.blogspot.com.tr/2010/12/normal-0-21-false-false-false-tr-x-none.html>
- Gültekin, F., Dilek, R., Ersoy, A.F., Ersoy, H. (2005). Aşağı Değirmendere (Trabzon) havzasındaki suların kalitesi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 29(1), 200: 21-34.
- Güner, E., Altın, M., Nadar, A., Tör, O.B. (2010). Küçük hidrolik santrallerin projelendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken bazı temel hususlar. TÜBİTAK, KAMAG (1007 programı) Proje No: 105G124.
- Hocaoğlu, Ş. (1996). Türkiye fiziki coğrafyası. 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- IUCN (2016). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016. <http://dx.doi.org/>
- Jowett, L.G. (1997). Instream flow methods: A Comparison of approaches, Hamilton, New Zeland.
- Karstarlı, Ç., Kömürçü, M.İ., Akpınar, A., Uzlu, E., Kankal, M., Önsoy, H. (2011). Doğu karadeniz havzasındaki hidroelektrik potansiyelin analizi. II. Su Yapıları Sempozyumu. 16-18 Eylül 2011, Diyarbakır, Bildiriler Kitabı, s:129-138.
- Korkmaz, M., Mangıt, F., Yerli, S.V. (2015). The effect of hydroelectric power stations on fish migration: A case study at yanbolu stream. Fish passage, 2015: International Conference on River Connectivity Best Practices and Innovations, June 22-24, 205, Groningen, Nederland.
- Kurdoğlu, O., Özalp, M. (2010). Nehir tipi hidroelektrik santral yatırımlarının yasal süreç, çevresel etkiler, doğa koruma ve eko turizmin geleceği kapsamında değerlendirilmesi". III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010 Artvin Cilt: II s: 688-707.
- Kurdoğlu, O. (2016). Expert-based evaluation of the impacts of hydropower plant const-

- ruction on natural systems in Turkey. *Energy & Environment*, 27(6-7), 690-703. sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav. DOI: 10.1177/0958305X16667186, eae.sagepub.com
- Larinier, M. (2002). Location of fishways. In: M. Larinier, F. Travadeve J.P. Porcher (Eds). Fish ways: biological basis, design criteria and monitoring, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 364:39-53.
- Lelek, A. (1980). The occurrence taxonomy and Future of trouts in North East Turkey, Report for European Committee for the Conservation of Nature and Natural Resources, 44 p.
- Neveu, A. (1999). Feeding strategy of the Brown trout (*Salmo trutta* L.) in running water. Baglinière, J.L. ve Maisse, G. (Eds) *Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout*, Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK.
- Nikandrov, V., Shindavina, N.I. (2007). Characteristics of the hatchery-reared Black Sea salmon *Salmo trutta labrax*. *Journal of Ichthyology*, 47(2), 184-193. DOI: 10.1134/S0032945207020063
- Phiri, H., Shirakihara, K. (1999). Distribution and Seasonal Movement of Pelagic Fish in Southern Lake Tanganyika. *Fisheries Research* 41, 63-71.
- Radchenko, V.N., Aleyev, M.Y. (1997). Black Sea Salmon Hybridization and Spawning Sites Conservation. In: E. Özhan (Ed.), 11-14 November, MEDCOAST'97, Antalya.
- Richter, B. D., Baumgartner, J.V., Wigington, R., Braun, D.P. (1997). How much water does a river need?. *Freshwater Biology*, 37: 231-249. doi:10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x
- Solomon, D.J. (2000). The biology and status of the Black Sea Salmon *Salmo trutta labrax*, EU Tacis Black Sea Environmental Programme. Black Sea Salmon Project. Draft report, 24 pp
- Üstündağ, K. (2013). Balık geçitlerinin planlanmasında balık faunasının tespiti ve balık geçidi kriterlerinin belirlenmesi projesi: Solaklı ve Yanbolu dereleri sonuç raporu. Ar-Ge Proje No: 2011/2. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 52 s.
- Tabak, İ., Aksungur, M., Zengin, M., Alkan, A. (2001). Karadeniz alabalığının biyoekolojik özelliklerinin tespiti ve kültüre alınabilirliğinin araştırılması projesi. *TAGEM/HAY-SUD/98/12/01/2007*. Proje Sonuç Raporu. Trabzon, 193 s.
- Tahmircioğlu, M. S., Anul, N., Ekmekçi, F., Durmuş, N. (2014). Positive and Negative Impacts of Damson the Environment. <http://www.creditvalleyca.ca/wpcontent/uploads/2011/02/60.pdf>
- Vassilev, M., Trichkova, T. (2007). The Black Sea salmon is endemic *Salmo labrax* Pallas, 1811 (Pisces: Salmonidae)—a New Record for the Bulgarian Sector of the Danube River. *Acta Zoologica Bulgarica*, 59(1), 97-99.
- Zengin, M., Aksungur, M., Tabak, İ. (2002). Karadeniz kıyılarında dağılım gösteren Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*, PALLAS, 1811) populasyonunun gelişimini etkileyen faktörler. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı, 05-08 Kasım 2002, E. Özhan, N. Alparslan (Editörler), DESAM, İzmir.
- Zengin, M., Aksungur, M. (2008). Effects of environmental factors on the reproduction migration of the Black Sea trout (*Salmo trutta labrax*) in the Eastern Black Sea Region (Turkey). EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) Symposium on Interactions Between Social, Economic and Ecological Objectives of Inland Commercial and Recreational Fisheries and Aquaculture, 25th Session, 20-28 May, 2008, Antalya, Turkey.
- Zengin M., Aksungur, M. (2009). Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) populasyonun akarsu ve deniz ekosistemlerindeki göç mekanizması. Doğal Alabalık Çalıştay: Sürdürülebilir Yetiştiricilik, Koruma ve Balıklandırma Çalıştay, 22-23 Ekim 2009, Trabzon SÜMAE. Bildiriler Kitabı (Editörler: Aksungur, N., Çakmak, E.), s: 10-18.
- Zengin, M., Hacisalihoğlu, S., Gümüş, S., Akbulut, S. (2013). Doğu Karadeniz Bölgesinde faaliyette bulunan HES'lerden bırakılan telafi suyunun işletme sonrasında sucul ekosistem ve balık populasyonları üzerine olan etkileri: Trabzon, Arsin, Yanbolu Deresi örneği. FABA 2013 (Balıkçılık ve Akuatik Bilimler) Sempozyumu. 30 Mayıs-01 Haziran, 2013, Erzurum.