



## Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri

Bülent VEREP<sup>1\*</sup> Çağlar ÇALIŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 53100, Rize, Türkiye

<sup>2</sup>Trabzon İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 61050, Trabzon, Türkiye

Geliş/Received: 10.12.2021

Kabul/Accepted: 22.12.2021

Yayın/Published: 31.12.2021

Atf yapmak için: Verep, B. & Çalış, Ç. (2021). Solaklı Akarsu Havzasında Kurulmuş Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 6(4), 684-699.

How to cite: Verep, B. & Çalış, Ç. (2021). Environmental Effects of Established River Type Hydropower Plants in Solaklı River Basin. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(4), 684-699.

\*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4238-8325>

ID: <https://orcid.org/0000-0002-5825-6055>

\*Corresponding author:

Bülent VEREP  
Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty  
of Fisheries, 53100, Rize, Turkey  
✉: [bulent.verep@erdogan.edu.tr](mailto:bulent.verep@erdogan.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, nehir tipi hidroelektrik santrallerin çevresel etkileri, akarsu üzerinde su kalite değişimlerinin incelenmesiyle belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için Çambaşı HES ve Regülatörü çalışma alanı olarak seçilmiş ve baraj öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgelerinin fizikokimyasal su kalite değişimleri aylık olarak izlenmiştir. İncelenen fizikokimyasal su kalite parametreleri; su sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve çözünmüş oksijen doygunluğu, elektriksel iletkenlik, pH, toplam çözünmüş katı madde, ORP, AKM, nitrit ve nitrit azotu, nitrat ve nitrat azotu, fosfat ve fosfat fosforu, sülfat, BOI<sub>5</sub> ve KOI olarak sıralanabilir. Bunların yanında sudaki çözünmüş ağır metal konsantrasyonları da analiz edilmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde ortalama olarak su sıcaklığı 12,76±0,68 °C, çözünmüş oksijen 10,13±0,23 mg/L, iletkenlik 85,21±29,51 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde 56,8±9,15 mg/L, pH 7,43±0,18, ORP -38,97±13,96, AKM 16,44±7,41, NO<sub>2</sub> 0,004±0,001 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0,001 mg/L, NO<sub>3</sub> 2,27±0,27 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 0,54±0,056, PO<sub>4</sub> 0,58±0,19 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 0,19±0,07 mg/L, SO<sub>4</sub> 17,89±8,11 mg/L, BOI<sub>5</sub> 2±0,29 mg/L ve KOI 10,49±5,09 mg/L olarak tesbit edilmiştir. Çalışmada baraj sonrası ve öncesi bölgeler arasındaki su kalite değişimleri önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Nitekim su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS %39, çözünmüş oksijen % 6,5 ve su sıcaklığı için %11 düzeyinde değişimler olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Çevresel etki, nehir tipi hidroelektrik santraller su kalitesi, solaklı vadisi.

## Environmental Effects of Established River Type Hydropower Plants in Solaklı River Basin

**Abstract:** In this study, the environmental effects of river-type hydroelectric power plants were investigated by examining the water quality changes on the river. For this purpose, Çambaşı HEPP and Regülatörü were selected as the study area and physicochemical water quality changes of the non-water intermediate zone and tail water regions were monitored monthly. Physicochemical water quality parameters examined; water temperature, dissolved oxygen and dissolved oxygen saturation, electrical conductivity, pH, TDS, ORP, SS, NO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub> and NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub> and PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub>, BOI<sub>5</sub> and COD can be listed as. In addition, dissolved heavy metal concentrations in water were also analyzed. When the results were evaluated, the average water temperature was 12,76±0,68 °C, dissolved oxygen 10,13±0,23 mg/L, electrical conductivity 85,21±29,51µS/cm, total dissolved solids 56,8±9,15 mg/L, pH 7,43±0,18, ORP -38,97±13,96, SS 16,44±7,41, NO<sub>2</sub> 0,004±0,001 mg/L, NO<sub>2</sub>-N 0,001 mg/L, NO<sub>3</sub> 2,27±0,27 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 0,54±0,056, PO<sub>4</sub> 0,58±0,19 mg/L, PO<sub>4</sub>-P 0,19±0,07 mg/L, SO<sub>4</sub> 17,89±8,11 mg/L, BOI<sub>5</sub> 2±0,29 mg/L and COD were determined as 10,49±5,09 mg/L. In the study, it was understood that water and post-dam regions were significant. As a matter of fact, changes in water quality were increased, %144 for sulfate, %137 for KOI, %107 for SS, conductivity %102, %84 for phosphate, %67 for nitrite, TDS %39, dissolved oxygen %6,5 and water temperature it was found to be %11. Therefore, the effects of river type hydroelectric power plants on water quality can be said to be important.

\*Sorumlu yazar:

Bülent VEREP  
Recep Tayyip Erdoğan University,  
Faculty of Fisheries, 53100, Rize, Turkey.  
✉: [bulent.verep@erdogan.edu.tr](mailto:bulent.verep@erdogan.edu.tr)

**Keywords:** Environmental Impact, River type hydroelectric power plants, Solaklı Valley Water quality.

<sup>1</sup>) Bu çalışma, Çağlar ÇALIŞ'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

This study was produced from the master thesis prepared by Çağlar ÇALIŞ.

## GİRİŞ

Yüzyıllardır doğa ile iç içe yaşayan insanlık, artan nüfus ile birlikte enerji, endüstri ve kentleşme faaliyetlerine daha fazla ihtiyaç duymuştur. Çağın gereksinimlerinin artması beraberinde insanları doğal kaynaklara daha fazla ilgi duymaya yöneltmiştir. Bu durum doğal kaynakların yönetiminde yeni hassasiyetlere ve doğal kaynakların kullanımı ile doğanın korunması arasında çelişiklere neden olmuştur. Hızla artan nüfus ve beraberinde ortaya çıkan ihtiyaçların doğal kaynaklara yönelik baskıyı artırması ile çevre sorunları ortaya çıkmıştır.

Ülkemizde 26 su toplama havzası bulunmaktadır. Yütürülen çalışmalarda ülkemizde yıllık yüzeysel su potansiyelinin 95 km<sup>3</sup>'ünün ekonomik olarak geliştirilebilir nitelikte olduğu belirlenmiştir. Ancak iklim koşulları ve küresel iklim değişiminin etkileri dikkate alındığında Türkiye'nin yenilenebilir tatlı su potansiyelinin toplam 234 km<sup>3</sup> dolayındadır. Günümüzdeki ekonomik şartlar çerçevesinde ülkemizin tüketilebilir yüzey ve yeraltı suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 110 milyar m<sup>3</sup> seviyesindedir. Ülkemizde yılda kişi başına düşen su miktarı toplam 3451 m<sup>3</sup> olmasına karşın, kişi başına düşen tüketilebilir su miktarı 1621 m<sup>3</sup> seviyesindedir (Yüksek, 2004). Ancak küresel iklim değişimi nedeniyle ülkemiz su kaynaklarına ait verilerde ciddi seviyede değişimler olabileceği öngörülmektedir.

Dünyamızda artan nüfus ve buna bağlı olarak hızlı gelişen teknolojik gelişmeler insanların ihtiyaçlarının sonucunda dünyada ve Türkiye'de enerji açığı hissedilir oranda görünmeye başlamıştır. Ülkemizin enerji açığı çeşitli yollardan temin edinilmeye çalışılmaktadır. 2015 yılı itibarıyla Türkiye'de üretilen enerjinin özkaynaklarımızın %59,2'undan elde edilmiştir. Enerji açığımızın büyük bir bölümü petrol ve ürünleri'den (%8,9) ve doğalgaz ve ürünlerinden (%31,9) elde edilmekte ve ülkemizde gelişen ihracatımıza rağmen, elde edilen gelirlerimiz çoğu enerji açığımız olan petrole gitmektedir. Ülkemizdeki enerji açığı cari açığımızı negatif yönde etkilemekle beraber enerji üretiminde güvenilir olmamıştır. Bu nedenle de enerji üretiminde ülkenin öz kaynakları içerisinde hidrolik potansiyel, yenilenebilir kaynaklar olması açısından en önemli ulusal niteliği ile güvenilir enerji arzını sağlayan kaynak oluşu gibi özelliklerle son yıllarda hızlı bir şekilde artarak ilk sıraları almıştır.

Bu gelişimin en önemli göstergesi olarak enerjiye yönelik talep artmakta ve artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için tükenmekte olan fosil yakıt kaynakları yanında yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Gelecek yıllarda doğacak enerji açığımız ona göre değerlendirilmez. Ülkemizin enerji kaynaklarımız enerji ihtiyaçlarını karşılayacak aşamada değildir. Bu sebeple enerji kaynaklarının uygun bir kombinasyonu ile enerji

üretiminin ve sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir (Akpınar, 2008). Ülkemizde su kaynakları potansiyelinin önemli bir bölümünün kullanılmamış olması son yıllarda Hidroelektrik enerjiye ilgiyi artırmıştır. O kadar ki hükümetler Enerji Arz Güvenliği Belgesi'nde 2030 yılına kadar tüm hidroelektrik potansiyelin kullanımını hedeflemektedir (Anonim, 2009). Bu hedefin doğal sonucu olarak ülkemizde neredeyse tüm akarsular üzerinde bir ya da birden fazla hidroelektrik santral projeleri geliştirilmiş ve yüzlerce HES işletmesi kurulmuştur. Türkiye'nin 2016 yılı verilerine göre akarsudan elde edilen hidrolik enerji santral sayısı 596 adettir (DSİ, 2016).

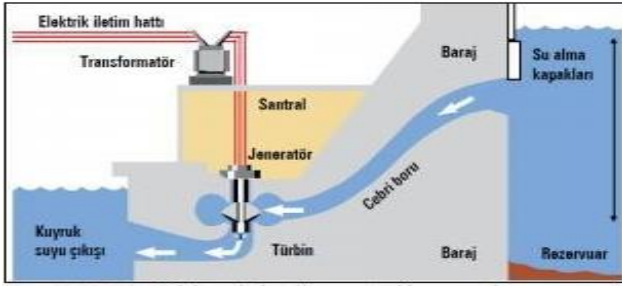
Hidroelektrik santraller için suyun önemli olmasının yanı sıra, su nehir akışı boyunca oluşan ekosistemin sürekliliğinin sağlanmasına da temel teşkil eder. Nehir yapısı boyunca sudan dolayı veya direkt etkilenen birçok yapı mevcuttur. Bu nedenle nehir akışı boyunca, mevcut su miktarı, kalitesi, besin taşınım yapısı ve içeriği nehir ekosistemleri ve çevresi için yaşamsal derecede öneme sahiptir. Bütün bu gereksinimleri tanımlayan ve ekosistemin devamı için gereken akış miktarını belirten kavram olarak can suyu kavramı karşımıza çıkmaktadır. Çevresel akış miktarının (can suyu) doğru belirlenmesi halinde ekosistemin sürekliliğinin yanı sıra mevcut su döngüsü de korunarak enerji üretimi açısından da süreklilik sağlanmış olur. HES'ler doğa tahribatına inşaat aşamasında başlayarak, işletme aşamasında da devam ederek vadiler boyunca doğal dengeyi bozmaktadır. Akarsu yatakları, flora ve fauna üzerinde geri dönüşü olmayan hasarlara neden olmaktadır. HES'lerin doğal yaşama etkileri; turizm, tarım ve hayvancılık v.b. ekonomik faaliyetlerin yanı sıra yöre halkının gelenek ve yaşam şekline yönelik değişikliklere neden olmaktadır.

**Hidroelektrik Santraller:** Hidrolik elektrik santraller; suyun sahip olduğu potansiyel enerjiden faydalanarak mevcut enerjiyi türbinler vasıtasıyla mekanik enerjiye ve mekanik enerjiyi de jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren yapılardır. Bu tesisler su kütesinin düşey mesafeden düşürülmesi prensibine göre çalışır. Hidroelektrik santraller suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. Barajda biriken su yerçekimi potansiyel enerjisi içermektedir. Su, belli bir yükseklikten düşerken, enerjinin dönüşüm prensibine göre yerçekimi potansiyel enerjisi önce kinetik enerjiye (mekanik enerji) daha sonra da türbin çarkına bağlı jeneratör motorunun dönmesi vasıtasıyla potansiyel elektrik enerjisine dönüşür ve bu şekilde elektrik enerjisi üretilir (Yıldız, 2010). Hidroelektrik santraller, düşülerine göre, ürettikleri enerjinin karakter ve değerine göre, kapasitelerine göre ve üzerinde kuruldukları suyun özelliklerine göre olmak üzere beş kısımda incelenebilir. Tablo 1'de Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması verilmiştir (Akkaya vd., 2009).

HES'ler temel olarak doğal akışlı (nehir tipi), depolamalı (baraj tipi) ve pompalı rezervuarlı olmak üzere üç grupta değerlendirilir (Şekil 1). Buna karşın Türkiye'de an itibari ile 'nehir tipi HES' ve 'baraj tipi HES' olmak üzere iki farklı tip HES mevcuttur. Üçüncü tip HES'lerin de yakında gündeme gelmesi beklenmektedir (DSİ, 2011). Şekil 2'de Nehir Tipi HES, Baraj Tipi HES ve Pompajlı Rezervuarlı verilmiştir.

**Tablo 1.** Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması (Akkaya vd., 2009).  
Table 1. Classification of hydroelectric power plants (Akkaya et al., 2009).

Düşülerine Göre (m)	Ürettikleri Enerjinin Özellik ve Değerine Göre	Kapasitelerine Göre (kw)	Yapılışlarına Göre	Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre
Açık Düşümlü Santraller H< 15 Orta Düşümlü Santraller 15<H<50	Baz Santraller	Küçük Santraller <99 Düşük Santraller 100-999	Yer Altı Santrali Yarı Gömülü veya Batık Santraller	Nehir Santraller Kanal Santraller
Yüksek Düşümlü Santraller H > 50	Pik Santraller	Orta Santraller 1000-9999 Yüksek Santraller >10000	Yer Üstü Santrali	Baraj Santraller Pompaj Rezervuarlı Santraller



**Şekil 1.** Hidroelektrik santralinin genel yapısı (USGS, 2021).

**Figure 1.** General structure of the hydroelectric power plant (USGS, 2021).



**Şekil 2.** Hidro elektrik santral (HES) tipleri (Anonim, 2001)

**Figure 2.** Hydroelectric power plant (HEPP) types (Anonymous, 2001)

Hidroelektrik enerji kaynakları; yenilebilir ve temiz olmaları, yerli doğal kaynaklar kullanılarak yapılmaları, bakım ve işletme giderlerinin düşük olmaları, fiziki ömürlerinin uzun oluşu gibi sebeplerle doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtlarda elde edilen enerjiye oranla çevreci yenilebilir enerji kaynaklarıdır. Bu tip santrallere genel olarak yükleme havuzu, çökeltim havuzu, cebri boru, su iletim kanalı ve yolu, regülatör, santral binası ve salt sahasından meydana gelirler. Bu santrallerin su tutma kapasiteleri çok azdır; kısa sürede içerisinde nehirden gelen suyla hazneleri dolmaktadır. Nehrin içine su toplamak için bir set çekilerek nehrin suyu tünelle veya bir boru ile santrale yönlendirilip elektrik üretilir. Ekseriyetle nehir santrallerinin gücü 25 MW'dan az olur. Nehir tipi HES'lerin kuruluş ve işletilme maliyetleri düşük seviyelerde ve çevreye verdikleri olumsuz etki azdır (Akpınar vd, 2005). Nehir tipi Hidroelektrik santraller son

**Nehir Tipi (Regülatör) HES'ler:** Nehir Tipi Santrallerde akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör (düzenleyici) ile su seviyesi bir miktar kabartılır (Şekil 1). Bu durumda debilerin su alma yapısı tarafından daha kolay alınır, düşüde kazanılmış olur. Böylece tesislerde debi düzenlenmesi olmaz. Mevsimlere bağlı olarak santralin üreteceği elektrik enerjisi değişir. Güvenilir enerji akarsuyun doğal şartlarda gelen minimum debisi ile sınırlıdır, Üretilmesi planlanan elektrğin çoğu ikincil enerjidir.

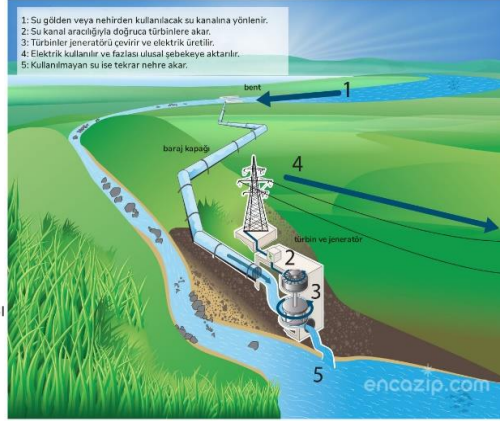
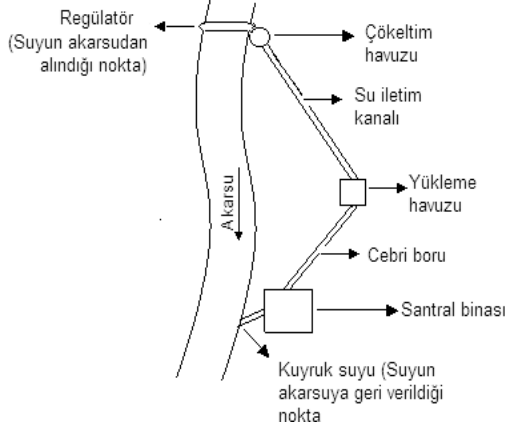
zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Bu santrallerin iki avantajı vardır. Bu santrallerin maliyetleri oldukça düşük seviyede, ikinci olarak böyle santrallerin inşaat süreleri kısa ve uluslararası bankalar tarafından fazla desteklenmektedir. Dünyanın her tarafında bu tip santrallerin yapımı devam etmektedir.

Akarsuyun üzerine yapılan bir regülatör yardımı ile suyun seviyesi kabartılarak yönlendirilir. Bu şekilde akarsudan alınacak olan debi daha kolaylıkla ve sürekli alınması sağlanır. Bu tip tesislerde debi düzenlenmesi yapılamaz. Çünkü bu santraller biriktirmeli değildir. Dolayısıyla üretilecek olan enerji yağış şartlarına çok sıkı olarak bağlıdır üretilecek güvenilir enerji akarsuyun debisine çok sıkı bir şekilde bağlıdır (DSİ, 2011). Akarsudan su çevirme işlemi, genellikle bir regülatör ve su iletim sistemi (açık kanal, kondüvi veya tünel) ile gerçekleştirilir. Sistemi oluşturan ünite ve elemanlar genelde şu kısımlardan ibarettir; Çevirme Yapısı (Regülatör), Çökeltim havuzu, Su iletim Sistemi (İsale Hattı), Yükleme Odası (denge bacası), biriktirme havuzu, Cebri Boru, Santral ve salt Tesisler, Enerji Nakil Hattı ve Servis Yolları ve Site Tesisleri (Şekil 3).

**Hidroelektrik Santral ve Çevre:** Hidroelektrik santrallerin kalkınmaya ve gelişmelere olan katkılarının olumlu etkileriyle beraber; nehirlerdeki biyolojik çeşitlilik, ekosistemler ve birincil derecede besin zinciri ve hizmet destekli oluşumlar üzerinde negatif yıpranmalar oluşturduğu artık bir realite olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu olumsuz durumlar bölgesel olarak durmayıp bütün akarsu boyunca etkisini artırmaktadır. Daniel vd., (1996)'nin çalışmalarında 2025 yılında dünyadaki %70'ine erişim sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çalışma düzenlenirken dünya üzerinde erişilebilir su %54 oranındadır. Tahmin edilen %70 oranına talep artışı enerjide yaşam standartlarındaki gelişme, küresel anlamda sıcaklıklardaki değişimler ve artan nüfus sayısı 2025 yılına gelmeden varılabileceği yönünde ortak bir düşünce oluşumu mevcuttur.

Nehirlerdeki akıştan; suyu depolama veya direkt sudan faydalanabilmek için oluşturulan yapılara baraj denmektedir. İlk hidroelektrik santrali 1882 yılında kurulan Appleton WI'den bu yana hızlı bir gelişim göstermiştir. Baraj kapasiteleri ve büyüklüklerine göre sulama, içme suyu kullanımı, elektrik üretimi, taşkın kontrolü ve balık üretimi gibi gelişme göstermiştir. Hidroelektrik santraller insanlık için çok önemli

faýdalarının yanında, zayıf bir planlama, tasarım veya işletim hem nehir ekosistemi üzerinde hemde nehirlerden hizmet ve besin sağlayan oluşumlar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir. Barajlar su akışını (hacim ve zamanlama), su kimyasını, nehir kanalının fiziksel yapısını ve taşkın alanların, üst ve alt akıntı ile bağlantının temel bileşenleri nehirin her yerinde değişiklik meydana getirir.



Şekil 3. Nehir tipi hidroelektrik santral şeması ve yapısı (Yurtseven, 2011)

Figure 3. Diagram and structure of river type hydroelectric power plant (Yurtseven, 2011)

**Memba (Upstream) Etkileri:** Barajlar ve değiştirilmiş akış rejimleri habitat yaşamlarını üzerindeki etkileri geniş bir ölçekte tanımlanabilir. Memba etkileri doğal nehir habitatı üzerinde barajlardan kaynaklı oluşan etkilerden en önemlilerden bir tanesidir. Büyüklüklerine göre farklılık arz edecek olsalar bile regülatörden veya baraj yapısından önce nehir sisteminden farklı olarak yeni bir göl ya da birikme sistemi meydana getirmektedir. Bu birikme, artık oluşan habitatı nehir habitatından ziyade göl habitatı olarak incelenecek olan yapı baraj yüksekliği, vadi morfolojisi ve depolama karakteristiği gibi havza şekli, oluşan hacim diğer etkenlere bağlı olacaktır.

Bilim insanlarının sıklıkla üzerinde tartıştığı konu olan, baraj yapısından kaynaklı kaybolan nehir ekosisteminin yerine oluşan göl habitatının bu olumsuz durumu giderilmesidir. Yapılan bazı çalışmalar, doğal göl ve sulak alanların özellik olarak nehir birikmelerinden kaynaklı oluşan yapılardan oldukça farklı olmasıdır. Sonradan oluşan su birikintilerinin su seviyesi kullanım şekline ve amacına göre günlük, dönemsel veya yıllık olarak sürekli dalgalanmaktadır. Dalgalanmalar arasında oluşan zaman farkından yeni ekosistemler oldukça zayıf olup ortam olarak da farklı fiziksel ve kimyasal oluşumlar meydana gelmektedir (Geray vd., 2008). Avustralya'nın güneyinde oluşturulan su biriktirme yapısı üzerinde yapılan araştırmalarda nehir habitatında yoğun kayıplardan kaynaklı tatlı su istakozunun neslinin tükenmekte olduğu, nehir sisteminde ve sucul alanda yaşayan birçok canlısının yok olmayla karşı karşıya olduğu bildirilmiştir.

Biriktirme oluşturmak için meydana gelen setlerin olumsuz etkisi sera gazı salınımlarına neden olmaktadır. Normal akış dönemlerinde akıntıya hareket etmesi gereken organik madde içeriği yoğun olan toprak ve biyokütle zaman içerisinde birikerek karbondioksit ve metan gazlarının salınımına neden olmaktadır. Bu oluşan salınımların yoğunluğu ve oranı birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Örneğin birikintinin derinlik, organik maddelerin tutulma süresi, sıcaklık gibi etkenlerin yanı sıra maddelerin kimyasal içerikleride dahil edilmelidir (Allan vd., 1993).

**Balıklar Üzerine Etkisi:** Su depolamak için akışın veya nehrin önünü kesecek şekilde inşa edilen yapıların nehir sürekliliğinde kesintiye neden olmaktadır. Bu yapılar akışın hem nehir akışı doğrultusunda hemde yatay doğrultuda suyu engellemektedir. Oluşan set etkisinin azaltmak için bazı mühendislik yaklaşımları (balık geçitleri, merdivenler, asansörler) olmasına rağmen neredeyse tamamına yakınının havza içerisindeki normal akış düzenindeki hareket özgürlüğünü sağlayamadığı ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde örneğin tropikal bölgelerde inşa edilen barajlarda balık geçişleri için yapıların ya olmadığı; olanların ise bütün balık türleri için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan geçitler daha çok somon balıkları için yapılar bu türün dışında kalan canlılar dikkate alınmamıştır. Her balık türünün göç ederken hızlarının farklılığı ve türünden kaynaklı fiziksel özellikleri farklı yapıların oluşturulmasını gerekli kılmaktadır (Berkün vd., 2008).

Sucul canlılar farklı zamanlarda farklı gereksinimler için değişik alanlarda bulunabilirler. Özellikle beslenme ve yumurtlama için göç edip uygun ortamlar arayabilirler. Göç hareketleri nehir akışı boyunca yönelim olarak nehirde diğerine veya nehirde göl ya da denize şeklinde ya da tam tersi yönlerde gerçekleşebilir. Geçitleri olmayan setlerin varlığı bazı kalıcı bozulmaların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Örneğin nüfusun kendi içinde setten kaynaklı tecrit hali oluşması, kendilerini yenilemede bozulmalar, gen akışında kesintiler ve yerel olarak balıkların ve diğer sucul canlıların zamanla tükenmesi gibi sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Nehir üzerinde yapılan barajların en önemli etkilerinden biri de popülasyonda azalmaya sebebiyet vermesidir. Popülasyondaki azalma ticari anlamda üretimde olan canlıları içermektedir (somon, mersin balığı). Reyes ve arkadaşlarının Fransa'da Rhone Nehri ve İspanya'da Guadalquivir Nehri üzerinde yaşayan organizmalar, su tortu ve tohum gibi sayısız bileşen halindedir. Hareket özelliği sayesinde uygun yumurtlama ve üreme ortamlarına geçiş, tohum taşınımı sayesinde türlerde çeşitliliği ve çoğalma, organik maddelerin iletimi ile diğer organizmaların beslenmesi ve yapıtaşlarını oluşturmaları gibi birçok kazanım elde edilmektedir (Berkün vd., 2008).

Nehirdeki akış birikmesinin neden olduğu bir diğer olumsuz etki hızın düşmesi ve bitkilerin çoğalmasını ya da tozlaşmasını sağlayan tohum yapılarının batık olması veya rüzgârla kıyıya süpürülmüş olmasıdır. Bu olumsuz etkinin sonucunda tohum taşınımı gerçekleşmez ve türlerin yayılması engellenmiş olur. Üremeyi sağlayan tohumların çok küçük bir kısmı savaklardan, türbinlerden veya geçitlerden geçip sürekliliği sağlayabiliyorlar. Barajlarda bu yapılar ki özellikle geçitler sürekli açılmayıp ihtiyaç durumlarında açılmaktadır. Dünya üzerindeki nehir yapılarının bu kadar yoğun bir şekilde kullanılmış olması bütün bu sayıları üreme ve taşınım üzerindeki set etkisini küresel bir realite haline getirmiştir.

**Mansap (Downstream) Etkileri:** Nehirler yıllık 15-20 milyar ton karasal materyali, okyanuslara bir taşıyıcı mekanizma gibi çalışırlar. Bu devasa miktardaki çökelti ya da tortu küresel jeolojik döngüde, kimyasal döngüde ve kıyasal ekosistem döngülerinde hayati öneme sahiptir. Nehir üzerine yapılan yapılardan kaynaklı bu döngüler üzerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Normal sediment akışının %30'a yakını bu yapılar tarafından tutulduğu tahmin edilmektedir. Bu yapısal bozulmalar sonuç olarak katı madde hareketleri ve kanal yapısını, besin taşınımını, ısı rejimi, habitat yapısını ve nehir içerisindeki organizmaların yeniden yapılanmasını engellemektedir. Bu sediment aktarımındaki kısıtlama gün geçtikçe artmaktadır.

Nehirden faydalanabilmek için nehir yatağı üzerinde yapılan müdahaleler kanal kesitinin yani normal akışın sağlandığı alanın daralmasına ve azalmasına neden olabilmektedir. Nehir üzerinde yapılan baraj çalışmalarının sonuçlarının sonuçları birçok parametreye göre değişkenlik arz edebilir. Örneğin barajın kurulduğu alan, barajın büyüklüğü, barajın amacı, nehrin jeomorfolojik yapısı, nehrin içerisindeki toprak yapısı gibi etmenler oluşacak etkilerin büyüklüğünü belirlemektedir.

Baraj yapılarında en önemli sorun birikme yapılarının verimli çökeltilerle dolmasıdır. Barajların birikme kısımlarının verimli çökeltilerle dolması baraj ömürlerini direkt olarak etkilemektedir. Bu çökelti birikmesinin bir problem olarak tespiti 1920 yılına uzanmaktadır. Bu soruna çözüm geliştirilmesi 1960'lara denk gelmektedir. Kurulan baraj yapılarında ölü boşluklar bırakılarak çökeltilerin bu boşluklara dolması sağlanarak baraj ömürlerinin artması sağlanmıştır. Örneğin Hoover Barajı arkasında oluşan Mead Gölü'nün 78 metre aşağısında oluşan çökeltiyi ortadan kaldırmak için ölü bir hacim bırakılmıştır. Bu şekilde oluşturulan ölü hacim nedeniyle verimli çökelti ya da tortuların kanal boyunca ilerlemesi engellenmektedir.

Feamside, (2004) yaptığı çalışmada; barajlarda biriken çökelti ya da tortu hem mansap için hemde akışın ulaştığı noktalarda oluşturduğu deltalar üzerindeki habitat yapısı için çok sert etkilerinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Baraj tarafından tutulduğu için çökelti ve tortu yapısı olarak zayıf olan akış ilerleyişi süresince daha ince olan toprak yapısı üzerinde erozyon etkisi yapmaktadır. Bu daralmalar yıllar içerisinde çok aşırı noktalara ulaşmış nehir yatak yapısının kaybolmasıyla sonuçlanmıştır. Nehir yatağının kaybolma sürecinin süresini belirleyecek olan durum ise verimli çökelti ve tortu geçişine ne kadar müsaade edildiğidir.

Nehir kanal yapısının aşınma ve kesmeden kaynaklı bozulmasının bir diğer etkisi kanal içerisindeki alüvyon koridorunun taşınım ve kıvrım sayısının zamanla azalmasıdır. Nehir kendi doğal yapısından farklı olarak dolaşımın azalmasından kaynaklı ilerleyen süreçlerde mendereslerin (kıvrımların) oluşumunun kısıtlanması ve nehirdeki sucul ekosistemin sürekliliğini sağlayan diğer kanal kenarı ve kanal dışı habitatların bozulması gibi önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Missourui Nehri üzerindeki Fort Peck Barajı üzerinde yapılan bir çalışmada nehirdeki düşük akım ve düşük korumadan kaynaklı baraj sonrası oluşan menderes (kıvrımlı) yapının yıllık oluşma oranı 25 ft iken bu oran zamanla 6 ft gibi bir orana düşmüştür. Missouri nehrinde yapılan bir diğer çalışmada menderes oluşma yapısındaki azalmadan kaynaklı Kanada kavağının yenilenme oranında düşüş tespit edilmiştir.

Elektrik üretimi sağlamak için kurulan barajların nehrin doğal akış rejimine etkileri normal baraj yapılarından görece farklıdır. Üretimde oluşabilecek dalgalanmaları engellemek için oluşturulan barajlar gerek görüldüğü takdirde farklı çalışma durumlarına geçerek üretimin durmasını engellemektedir. Bu yaklaşım nedeniyle akış üzerinde günlük hızlı akış dalgalanmaları meydana gelmektedir. Hızlı ve günlük değişen akış dalgalanmaları nehir yaşamı ve ekosistemi üzerinde olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Bu tekil santral yapısının yanı sıra nehir kaynağından akışın bittiği noktaya doğru sürekli bir eğim durumu var ise nehir üzerinde sıralı bir şekilde santral dizisi kurulabilmektedir. Sıralı bir halde yapılan barajlar nehir akış hızını düşürmekte ve yüksek oranda suyun akışını engellemektedir. Tekil baraj yapısı için tespit edilen sorunlar sıralı santral yapılarında daha fazla olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.

**Mansap Suyu Sıcaklık Değişimi:** Temiz su organizmaları, yaşam döngüleri süresince ısı rejim bileşenleri ile ekolojik olarak ilişki içerisinde. Isıl rejimdeki yapısal bütünsellik akış rejimindeki bütünsellik kadar önemlidir. Nehir düzenlenmesinden kaynaklı oluşan termal rejim değişikliği barajın bulunduğu arazinin pozisyonuna, barajın kullanım şekli ve amacına, salık verilen suyun derinliğine ve mekanizmasına, iklimsel ve jeomorfolojik yapısına bağlıdır. Isıl rejimdeki değişimler sadece baraj yapısını ve yakın çevresini değil akış boyunca bir bütün yapıyı etkilemektedir.

Su biriktirme yapılarında oluşan derinliğe bağlı olarak suyun sıcaklığı ve suda çözülmüş oksijenin miktarı değişkenlik göstermektedir. Su yüzeyinden barajın dip noktasına kadar barajı sürüm, metalimniyon ve hipolimniyon diye üç tabaka halinde inceleyebiliriz. Bu tabakalar içerisinde hipolimniyon tabakası sıcaklık bakımından en düşük sıcaklığa sahip olup su yapısının en alt kısmında yer alır ve santral yapısından itibaren nehir akışına bırakılan suyu temsil etmektedir. Bu katmanın sıcaklığının düşük olmasının aktarılan suyun bu katmandan aktarıldığı düşünüldüğünde beraberinde ekosistem için önemli problemleri getirmektedir. Yaz aylarında bu durumun tersi bir oluşum da barajın yüzeyine yakın olan kısımdan veya epilimniyon tabakasından bir miktar akış serbest bırakılarak sıcaklık artışı bir miktar sağlanabilir. Örneğin, Duncan ve Cline (2002)'nin yaptıkları bir çalışmada, yaz aylarında baraj sonrası akıştaki suda sıcaklık artışının yaklaşık olarak 2,7 °C arttığını ve bunun da 1 °C ve 5,5 °C arasında değiştiğini göstermişlerdir.

Suyun sıcaklık değerleri değişimin etkilediği bir diğer durum ise canlı organizmaların yumurtlama dönemlerinde istenilen sıcaklıkta bir değer sağlanamamasıdır. Belirli sıcaklık aralığının uygun olduğu bir canlı türünde örneğin bir balık türünde 19-21 °C iken

barajın hipolimniyon tabakasından 16-18 °C derece de akış bırakıldığı uygun yumurtlama olmayacağından üreme gerçekleştirilmeyecektir. Bu durumu ortadan kaldırmak için su biriktirme yapısının epilimniyon tabakasından yumurtlama dönemini kapsayacak şekilde hipolimniyon tabakasına görece daha sıcak olan akışın serbest bırakılmasıdır.

**Mansap Suyu Miktarının Etkileri:** Nehir akışının engellenip üzerine biriktirme yapısı oluşturularak baraj yapısının nehir doğrultusuna olan akış önemli ölçüde engellenmiş olur. Nehir yapılarının en önemli bileşeninin su olduğu göz önüne alındığında akışta oluşan azalmalar nehir ekosistemi ve çevresi üzerinde yıkıcı etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Nehir üzerindeki akış tanımlanırken, bu akışı karakterize eden farklı özellikler bulunmaktadır. Örneğin; nehir akışının hızı, suyun kalitesi, suyun miktarı ve zamanlaması gibi nehir akış miktarının olması gerekenden daha düşük olması beraberinde çeşitli sorunları da getirmektedir.

Mansap suyunun az olması halinde nehirdeki ekosistem, içerisindeki canlı yaşamın zayıflamasından dolayı önemli ölçüde zarar görecektir. Sadece akışın geçtiği nehir yatağı değil bir bütün olarak havza yapısı da etkilenebilmektedir. Birincil etkilenebilecek canlı grubu olarak karşımıza balıklar çıkmaktadır. Nehir ekosisteminde balıkların yaşamlarında en belirleyici etken olan suyun azlığı halinde yaşam alanlarının yok olacağı tehdidiyle karşılaşılacaktır. Nehirdeki suyun akış hızı, derinliği ve makul seviyedeki bulanıklık sayesinde nehir yapısının kendisini yenilemesini sağlar. İçerisinde bulunan atık suyu ve zararlı katı partikülleri uzaklaştırabilmektedir. Baraj yapısı tarafından suyun engellenmesi veya uygun miktardaki suyun mansaba bırakılmaması halinde nehirdeki yenilenme gerçekleşmeyecek ve kirlilik oranı nehir ekosistemini tehdit edici noktaya ulaşacaktır.

Nehirdeki akıştan yararlanabilen canlı gruplarının içerisinde insanlar da önemli bir kullanıcı olarak durmaktadır. Nehir suyu farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin tarımsal arazilerinin sulanmasında, içme suyu olarak kullanılmasında ve yerleşim yeri kırsal bir bölge ise alt yapı yani kanalizasyon yokluğunda direkt evsel atıklarını atabileceği bir atık alanı olarak da kullanılabilir. Suyun eksikliği veya tükenmişliği bu faaliyetleri de engelleyecektir. Bu kullanım alanına ek olarak bazı bölgelerde nehirlerden turistik amaçlı faydalanma ve eğlendirilen alanı olarak kullanımı da mümkündür. Böyle bir kullanım da, akım eksikliğinden direkt etkilenecektir. Daha önce de belirtildiği gibi su nehir ekosistemindeki her bir canlı organizma için hayati önemlidir. Suyun ekosistemdeki önemi bu kadar açık ve aleni iken suyun sistemde olması gerektiği kadar yani canlı yaşamlarının idame edilebilmesi ve nehrin doğal yapısının

bozulmaması için gerekli olan miktarın akışı sağlanması gerekmektedir.

**Su Kaynakları Üzerine Etkisi:** Nehir tipi HES tesislerinin su kaynakları açısından neden olduğu ilk ve en önemli etki derelerin su miktarı ve rejimi üzerine yapmış oldukları etkidir. Tesislerin üretim aşamasında üzerinde buldukları derenin doğal şartlarda taşıdığı su miktarının önemli bir kısmı regülatörlerle su iletim kanallarına veya tünellerle alınacağından deredeki su akışlarında değişiklikler olacaktır. Dere yatağına yeterli oranlarda su bırakılmaz ise sucul canlıların habitatları olan su ortamı olumsuz etkilenecektir. Özellikle yağışları azaldığı kurak dönemlerde bu etkiler çok daha fazla olacaktır (Ak vd., 2009). Böyle durumlarda dere yatağına bırakılacak olan can suyunun ölçülmesi oldukça fazla önem taşımaktadır. Ölçümlerin kontrolleri DSİ tarafından kurulan Alet Gözlem İstasyonları aracılığı ile yapılmaktadır (Güner vd.,2008).

Tesislerin su kaynaklarını kirletmesi ve sedimentasyon oluşturması ağırlıklı olarak santral inşaatları sırası yaşanmaktadır. Özellikle havzaların yukarı bölümlerinde planlanan tesislere ait düzenleyici, su alma yapısı, santral binası, yardımcı bina ve tesisat gibi birçok birimin inşa edilmesi sürecinde belirli bir bölge tahrip edilmektedir. Su kaynakları açısından en önemli zararlar ulaşım yolları ile açık yada tünel şeklindeki su iletim kanallarının yapımı sırasında gerçekleşmektedir. İnşaatlar sırasında ortaya çıkan hafriyatın arazi yapısının da engebeli olması ile uygun tekniklerle depolanmayarak eğimli şeylerden aşağıya gelişigüzel bırakılması ile hem su kaynakları kirlenmekte hem de dere yatağı bazı durumlarda dolmaktadır (Oğuz vd., 2008).

Sarp ve dik vadilerin oluşu tesislerin inşaat aşamasında tünel ve ulaşım aşamasında ortaya çıkan hafriyatların taşınmasında sorun olmaktadır. Örneğin, en küçük çaplı ve 10 km uzunluğundaki bir tünelden yaklaşık 120 bin m<sup>3</sup> (yaklaşık 300 bin ton) kaya çıkarılmakta, bazı durumlarda bu miktar yeni açılan yollarla birlikte iki katına kadar çıkmaktadır. Vadilerde depolanması oldukça zor olan bu hafriyat en kolay olarak şeyvlerden aşağıya bırakılmaktadır (Güner vd., 2008). Bu uygulama sonucunda sonucunda ise hafriyat dökümü yapılan yerdeki bitki örtüsü zarar görmekte, bazı yerlerde ise tamamen yok olmakla buralarda, habitat ayrılmalarına/parçalanmalarına yol açmaktadır. Bununla birlikte bazı bölgelerde dere yatağının dolarak sucul sistemin de bozulmasına neden olmaktadır (Albayrak, 2008).

Üzerinde tesis kurulması planlanan derelerden regülatörlerle üretim amaçlı alınacak olan su miktarının ne kadar olacağı, diğer bir ifadeyle o derenin doğal yatağında ne kadar su bırakılacağı konusu çok önemli bir sorun teşkil etmektedir. 'Can suyu' veya 'telafi suyu' olarak adlandırılan bu miktar, deredeki çevre bilimle ilgili

yaşamın sürdürülebilmesi (devamı) için yeterli olacağı düşünülen su miktarıdır. Su miktarının belirlenmesinde; deredeki suyun debisi ve akış rejimi, yerel halk tarafından kullanım durumu, dere kenarı vejetasyonu, sucul canlılar ve yaban hayatı gibi birçok farklı etmen gözönünde bulundurulmalıdır. Su kullanım hakkı anlaşması yönetmenliğine göre, mansaba bırakılacak su miktarı 'projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10'u olacaktır' ibaresi ile tesislerin üretimi sırasında doğal mecraya bırakılacak su miktarı rakamsal bir ifadeye dönüştürülmüştür (Anonim, 2010).

Enerji üretiminde çevre dostu kavramlar ve yatırımlar geliştirilmek suretiyle oluşacak çevresel etkinin azaltılmasına çalışılmaktadır. Son dönemde yaşanan gelişmeler modifiye edilerek hidroelektrik sanayi için de uygulanmaktadır. Özellikle belirli bölgelerde küçük ölçekli uygulamalarla geliştirilen teknolojileri nehir ekosistemleri için olumsuz etkileri olmadan mümkün olan en yüksek miktarda elektrik üretebilmektedir. Karlılık hedef alınarak yapılan klasik enerji üretimi uygulamaları yerine küçük bazı yatırımlar veya projelerde yapılacak değişiklikler sayesinde, çevresel açıdan etkili sonuçlar alınabilmektedir. Örneğin, balıkların korunmasının söz konusu olduğu ve ekosistem bütünlüğü taşıyan projelerin enerji üretimi ile optimize şekilde yürütülmesi gerekmektedir (Muluk vd., 2009).

**Sucul Ekosistem Üzerine Etkisi:** Sucul ekosistemlerde çevresel etkilerin azaltılmasında öngörülen ve ülkemizde halihazırda uygulanmayan belli başlı noktalar şöyledir (Karr vd., 1998).

1. Su kalitesinde meydana gelecek değişim,
2. Balık stokları ve bu stokların sucul ekosistem üzerinde oluşturması muhtemel etkiler,
3. Havza bazında taşıma kapasitelerinin tespit edilip bu doğrultuda çevresel etkinin çıkarılması,
4. Balık geçitlerinin işlerliği ve balıkların yukarı göç (upstream) yapabilmeleri için bu yerlerin dizayn edilmesi,
5. Akarsudan aşağı yöne doğru yapılan balık göçlerinde (down stream) bariyerler ve kollektörler kullanılması,
6. Çevresel/ekosistem su ihtiyacının bölgenin özelliklerine göre tespit edilmesi,
7. HES'lerin inşaatı ve işletilmesi esnasında su ürünleri ve faunaya olan etkinin izlenmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınabilmesi için iyileştirme projeleri yürütülmesi,
8. Ticari açıdan önem taşıyan türlerde balıklandırma programları uygulanması,
9. Aynı bölgeyi kullanan sektörler, tarım, turizm, balıkçılık gibi çatışmanın engellenmesi.

Can suyu akarsulardaki doğal yaşamın sürdürülebilmesi engellemeyecek çevrebilimle ilgili eşik ifade etmektedir. Can suyu hem çevreyle ilgili devamlılığı sağlayacak miktarda olmalıdır. Bölgede derelere atılan kanalizasyon ve evsel atıklar çevre ve insan sağlığı bakımından oldukça sakıncalı olan bu uygulama su miktarının bolluğu kırsalda yaşayan insan sayısının azlığı, atık konsantrasyonlarının hastalık oluşturmayacak seviyede kalmasını sağlamaktadır. Ancak suların iletim hatlarına alınmasıyla, akarsularla taşınmakta olan evsel atıkların ortamdaki uzaklaştırılması oldukça zor olacak, hastalık yapan atık konsantrasyonunun can suyu içinde fazla miktarda bulunması önemli sorunlar meydana getirecektir. Bunun sonucundan ise hem insan sağlığı hemde hayvan sağlığı olumsuz olarak etkilenecektir (Kurdoğlu vd., 2010). Can suyu miktarının net olarak belirlenmesi aslında su kaynaklarının korunması için yeterli bir durum değildir. Akış şartlarının burada önemli bir etkisi bulunmaktadır, su akışının yılın her dönemi düzenli olması gerekmektedir. Sudaki yaşam oksijene bağlı olduğu için suda oluşacak kısa süreli bir kesilme dahi geri dönüşü olmayan yıkımlara yol açabilecektir. Bu nedenle akarsulardaki akışın sürekliliğinin sağlanabilecektir. Aynı zamanda canlıların üreme ve göç dönemlerinde, by pass kanalları sayesinde, mevsimsel özelliklere göre belirli seviyelerde akış korunabilecektir (Anonim, 2008).

**Solaklı Vadisi HES'leri:** Araştırma alanı olan Solaklı dere havzasında toplam 36 nehir tipi HES yapılması planlanmaktadır. Bu nehir tipi HES'lerin 1'i ön inceleme aşamasında, 14 adeti planlama aşamasında, 10 adeti proje aşamasında, 7 adeti inşaat aşamasında ve 4 adeti işletme aşamasında bulunmaktadır (Tablo 2).

#### **Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali:**

Çambaşı Regülatörü ve hidroelektrik santrali; Trabzon ili Çaykara ilçesinde Solaklı deresi ve kolları üzerinde Çambaşı Regülatörü, Ögene Regülatörü ve 45 MW gücündeki Hidroelektrik santralinden oluşmaktadır. Çambaşı HES santral binası ise Çaykara ilçesinin 1,5 km güneyinde ve Çambaşı Regülatör yeri santral yerinin yaklaşık 7,5 km güneyinde Solaklı deresinin Haldizen kolu üzerinde, Ögene Regülatörü ise Çambaşı Regülatörünün 1,8 km batısında Ögene deresi üzerinde bulunmaktadır. Çambaşı Regülatörü ve HES Projesi'nin tesis edilmesi ile yaklaşık 45 MW Kurulu güç ile yılda ortalama 190 GWh enerji üretilmektedir. Çambaşı Regülatörü ve HES Projesi'nde Regülatörlerle çevrilen su Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık 6380,3 m uzunluğundaki enerji tüneliyle Çambaşı Santraline iletilmektedir.

Çambaşı Regülatörü'nden yaklaşık tünel-1'e kadar 2096,1 m uzunluğunda, yaklaşım tüneli-1'den yaklaşım tüneli-2'ye kadar 2655,9 m uzunluğunda yaklaşım tüneli'nden denge bacasına kadar 1628,3 m

uzunluğundadır. Enerji tüneli iletim hattı, Çambaşı Regülatörü'nden alınan 20 m<sup>3</sup>/sn debinin öncelikle denge bacasına, oradan da çelik kaplamalı tünel ile santral binasına iletilmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle regülatörle çevrilen suyun santral binasına enerji tüneliyle ulaştığı durumlarda, nehrin tünele çevrilmesiyle nehir yatağında su miktarının azalması özellikle sucul canlılar üzerinde etkilere neden olmaktadır. Santral yapısını bir bütün olarak incelediğimizde; santralde regülatörler, iletim tüneli, yaklaşım tüneli gibi ana kısımlar mevcuttur. Santral ile ilgili teknik bilgilendirme Tablo 3.'de genel olarak verilmiştir.

**Tablo 2.** Solaklı Deresi havzasına ait hidroelektrik santral proje listesi (DSİ, 2013).

Table 2. Hydroelectric power plant project list of Solaklı Stream basin (DSI, 2013).

Sıra No	Hidroelektrik Santralin Adı	İlçe	Tesisin Bulunduğu Akarsu
1	Kayalar Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
2	Solaklı Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
3	Holo Reg. ve HES	Of	Holo Dere
4	Çark Reg. ve HES	Of	Çark Dere
5	Kurtali Reg. ve HES	Çaykara	Alisostal Deresi
6	Nursu Reg. ve HES	Of	Bölümlü Deresi
7	Hadi Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
8	Maltepe Reg. ve HES	Çaykara	Maltepe (Hadi) Deresi
9	Yeşilçamlık Reg. ve HES	Çaykara	Dermiyoz Deresi
10	Güven Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Siron Deresi
11	Derin Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Eğri (Yeşilalan) Deresi
12	Demirkapı Reg. ve HES	Çaykara	Demirkapı-Şekersu, Kuzugözü, Kanlı D.
13	Kısacık Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen-Demirkapı Deresi
14	Çınar Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
15	Kutlu Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı-Akköse Dereleri
16	Güneyce Bar. ve HES	Of	İyidere
17	Uzungöl-II Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
18	Uzungöl-I Reg. ve HES	Çaykara	Haldizen
19	Balıca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere
20	Derebaşı HES	Çaykara	Büyükdere
21	ATM-I Reg. ve HES	Çaykara	Köknar Dere
22	Şirin Reg. ve HES	Çaykara	Eğridere
23	Esentepe Reg. ve HES	Of	Ögene Dere
24	Yeşilalan Reg. ve HES	Çaykara	Kozno Dere
25	Volkan Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
26	Çambaşı Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
27	Çaykara Reg. ve HES	Çaykara	Solaklı Dere
28	Ataköy HES	Çaykara	Karaçam Dere
29	Kemerçayır Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
30	Üçhanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı Dere
31	Balkodu-II Reg. ve HES	Çaykara	Kavlatan Dere
32	Güneşli II ve HES	Of	Solaklı Dere
33	Üçharmanlar Reg. ve HES	Of	Baltacı
34	Çamlıkaya Reg. ve HES	Çaykara	Karaçam
35	Balkodu-I Reg. ve HES	Çaykara	Balkodu Deresi
36	Arca Reg. ve HES	Of	Solaklı Dere

Elektrik üretim lisansı 25.04.2008 tarihi ve 1583-4 sayılı karar ile EPDK tarafından verilmiştir. Projelendirme sürecinde santral kurulu gücü 45 MW olarak belirlenmiş yürürlükte olan ÇED yasasına göre kurulu gücü 10 MW ile 50 MW arasında olan projeler Ek-2 listesine göre değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman İl Müdürlüğü tarafından 24.07.2007 tarihinde 'ÇED Gerekli Değildir' kararı alınmıştır. Çalışma sahasında çok fazla sayıda HES santral projeleri planlanması sebebiyle nehir tipi HES'lerin etkilerine yönelik bu çalışma birçok soruya cevap niteliğinde olacaktır (Anonim, 2010).





Şekil 4. Çambaşı regülatörü ve çevresi (Anonim, 2010)  
Figure 4. Çambaşı regulator and its surroundings (Anonymous, 2010)

Elektrik üretim lisansı 25.04.2008 tarihi ve 1583-4 sayılı karar ile EPDK tarafından verilmiştir. Projelendirme sürecinde santral kurulu gücü 45 MW olarak belirlenmiş yürürlükte olan ÇED yasasına göre kurulu gücü 10 MW ile 50 MW arasında olan projeler Ek-2 listesine göre değerlendirilmiştir. Çevre ve Orman İl Müdürlüğü tarafından 24.07.2007 tarihinde ‘ÇED Gerekliliği Değildir’ kararı alınmıştır. Çalışma sahasında çok fazla sayıda HES santral projeleri planlanması sebebiyle nehir tipi HES’lerin etkilerine yönelik bu çalışma birçok soruya cevap niteliğinde olacaktır (Anonim, 2010).

Tablo 3. Çambaşı regülatörü ve hidroelektrik santrali (Anonim, 2010).  
Table 3. Çambaşı regulator and hydroelectric power plant (Anonymous, 2010)

Santralin Adı	Çambaşı Regülatörü-HES
Santralin Yeri	Solaklı Deresi / Çaykara / Trabzon
Kurulu Güç	45 MW
Enerji Üretimi	190 GWh/yıl
Santral Bileşenleri	Ögene Regülatörü
	Çambaşı Regülatörü
	İletim ve Yaklaşım Tünelleri
	Denge Bacası ve Cebri Boru
İletim Kanalı	Santral Binası
	Uzunluk : 8332,5 m
Cebri Boru	Genişlik : 3,5 m (iç çap)
	Uzunluk : 931,9 m
Çökeltim Havuzu	Çap : 2,3 m
	Çambaşı / 1 Göz: 6 m X 130 m (2 gözlü)
Yükleme Havuzu	Ögene / 1 Göz: 5 m X 16,05 m (2 gözlü)
	Çambaşı / 15 m X 10 m X 0,4 m
Yaklaşım Kanalı	Tünel 1 : 462,9 m (uzunluk) & 4,3 m (çap)
	Tünel 2 : 545,6 m (uzunluk) & 4,3 m (çap)
Proje Debisi	Çambaşı : 20 m <sup>3</sup> /s (santral)
	Ögene : 12 m <sup>3</sup> /s
	Tip : Francis- Düşey Eksenli
Türbin	Verim : 0,93
	Adet : 3
	Brüt Düşü : 274,75 m
(Çevresel Akış)	Temmuz- Mart : 0,6 m <sup>3</sup> /s
	Nisan-Haziran: 1,2 m <sup>3</sup> /s

## MATERYAL VE METOD

**Çalışma Alanı:** Trabzon ilinin güneydoğusunda olan çalışma alanımız Of ilçesinin güneyin kesiminde olan Solaklı Havzası alanı içerisindedir (Şekil 5). Çalışma alanı olan Solaklı Deresi havzasının toplam alanı 758,822

km<sup>2</sup> ve havzanın toplam çevresi 180,479 km’dir. Araştırma yeri olarak Solaklı deresi üzerinde Taşkiran Mevkii’sinin arasında kalan Çambaşı HES ve Regülatör arasında içermektedir (Şekil 5). Üç farklı ilçedeki topraklardan meydana gelen Solaklı havzası, Of, Dernekpazarı, Çaykara’dan meydana gelir. İlçelerin içinde en geniş olanı güneyde bulunan Çaykara’dır. Çaykara ilçesinin, doğu bölümünde Karadeniz Bölgesi, güneydoğusunda Trabzon ili, 40° 15’40”30’’ doğu boylamları ve 40°33’-40° 55’ kuzey enlemleri arasında bulunur.



Şekil 5. Araştırma alanının yeri (Google Maps, 2019).  
Figure 5. Location of the research area (Google Maps, 2019).

Solaklı Deresi üzerinde Çaykara İlçesi (Uzungöl yönünde) çıkışında bulunan Nehir Tipi Hidroelektrik santral şeklinde inşaa edilmiş ve işletmede olan Çambaşı HES Santralinin kuyruk suları (3.Nokta), santralin 6 km yukarısında HES ve su alma yapısı regülatör arabölgesini temsilen (2.Nokta) ve Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii, Çambaşı Regülatörünün 2 km yukarısında ise memba sularını içeren (1.Nokta) üç örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 6, 7 ve 8).



Şekil 6. Bir numaralı örnekleme istasyonu (Taşkiran Mevkii).  
Figure 6. Sampling station No. 1 (Taskiran Locality).



Şekil 7. İki numaralı örnekleme noktası (Ataköy Köprü 250 m aşağısı).  
Figure 7. Sampling point number two (Ataköy Köprü 250 m below).



Şekil 8. Üç numaralı örnekleme istasyonu (Çambaşı HES)  
Figure 8. Sampling station number three (Çambaşı HEPP)

**Arazide Ölçüm Çalışmaları, Numune Alınması ve Saklanması:** Arazi çalışmaları Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arasındadır. Çalışma 2017 Kasım-2018 Ekim tarihleri arasında bir yıl süreyle her ayın ortasında ölçüm yapılacak şekilde yürütülmüştür. Ölçülecek parametreler için Çambaşı HES'in kuyruk suyunun bulunduğu yerden Taşkiran Mevkii arasında 3 farklı ölçüm noktası seçilmiştir. Her bir noktadan suyun kalite ölçüsünü gösteren numuneler alınmıştır.

Solaklı havzası akarsularında belirlenen üç istasyondan iki paralel olacak şekilde altı adet su numunesi alınarak her ay Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarında analiz edilmiştir. Su numuneleri Yüzey Suları Su Kalitesi Yönetimi Yönetmenliğine bağlı olarak ileri sürülmüş su numunesi alma tebliğine göre su kaynağını en iyi temsil edecek noktalardan, akarsu yüzeyinden yaklaşık 50 cm derinlikten ve akıntı yönüne doğru alınmıştır. Numune alım noktasının sıcaklığı, çözülmüş oksijen yüzdesi, elektriksel iletkenlik, toplam çözülmüş katı madde ve pH sı numune alım sırasında elektrometrik yöntemle ölçüm yapan taşınabilir arazi tipi Hach Lange HQ40D multiprobla ölçülmüştür.

**Araç ve Gereçler:** Hach Lange HQ40D multiprobla ve 6 adet 1 L su numune kaplarıyla su numune örnekleri alınarak; Arazi çalışmaları 2017 Kasım - 2018 Ekim tarihleri arasında Çaykara İlçesi çıkışında bulunan Çambaşı HES başlayarak Uzungöl yolu üzerinde Taşkiran Mevkii kısmına kadar belirlenen noktalar arasındadır.

Hach Lange HQd Field multi cihazı kullanılarak arazide direkt olarak, çözülmüş oksijen (mg/l), sıcaklık (°C), pH, ORP (mV), elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), çözülmüş katı madde (mg/l) parametreleri ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Hach Lange HQd Field multi cihazı, her ay arazi çalışmalarında su kalitesi parametreleri ölçülmeden önce kalibre edilmiştir. Çalışma sonunda cihaz saf su ile temizlenerek bir sonraki kullanıma kadar muhafaza edilmiştir. Cihazın kullanım süresince, kullanılan standartlar ve problemler, kullanım ömürlerine bağlı kalmarak yenileriyle değiştirilmiştir.

**Su Örneklerinin Alınması:** Çalışmada kullanılan fiziko kimyasal analiz yapılacak su örnekleri tespit edilen istasyonlardan Ekim 2017 ile Ekim 2018 tarihleri arasında periyodik olarak ayda bir kez olmak üzere bir yıl boyunca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmenliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'ne uygun olarak alınmıştır (T.C. Resmi Gazete 2009). Örnekler 1L'lik polietilen şişelere birkaç kez çalkalanarak örnekleme şişelerinde hava boşluğu kalmayacak şekilde alınmıştır. Kimyasal verileri alınmak üzere aynı gün Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kimyası Laboratuvarı'na getirilmiş ve fiziko-kimyasal analizleri yapılmıştır.

**Yapılan ölçümler ve izlenen parametreler:** Çalışma bölgesinde belirlenen istasyonlardan alınan su numuneleri üzerinde arazide öncelikle fiziko-kimyasal parametreleri (su sıcaklığı, çözülmüş oksijen ve doygunluğu, elektriksel iletkenlik, TDS, pH ve ORP) yerinde Hach Lange multiprob kullanılarak ölçülmüştür. Kimyasal ve diğer parametreler ise (Askıda Katı Madde, Nitrit, Nitrat, Fosfat, Sülfat,  $\text{BOI}_5$ , KOI ve Ağırmetaller ve iz elementler) örnek şişelerinin buz kaplarında laboratuvara ulaştırılmasıyla laboratuvar koşullarında analiz edilmiştir.

## BULGULAR

**Su Sıcaklığı:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan su sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında su sıcaklığı değerleri  $7,7^\circ\text{C}$  ve  $18,4^\circ\text{C}$  arasında değiştiği, ortalama su sıcaklığının  $12,76^\circ\text{C}$  civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük su sıcaklığı ( $7,7^\circ\text{C}$ ) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek su sıcaklığı ( $18,4^\circ\text{C}$ ) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Su sıcaklığının yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**pH:** Çalışmada gerçekleştirilen pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında periyodu sürecinde içerisinde yapılan pH ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında pH değerleri 7,11 ve 7,94 arasında değiştiği, ortalama pH 7,441389 civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük pH ( $7,11$ ) Ocak ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek pH ( $7,94$ ) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. pH yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Çözülmüş Oksijen ve Doymunluğu:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözülmüş oksijen ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözülmüş oksijen değerleri  $8,78$  mg/L ile  $11,41$  mg/L arasında değiştiği,

ortalama çözülmüş oksijen 10,14 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözülmüş oksijen (8,78 mg/L) Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İstasyonda) kaydedilirken en yüksek çözülmüş oksijen (11,41 mg/L) ise Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözülmüş oksijen yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan çözülmüş oksijen doygunluğu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında çözülmüş oksijen değerleri % 91,2 mg/L ile % 109 mg/L arasında değiştiği, ortalama çözülmüş oksijen doygunluğu % 97,58 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük çözülmüş oksijen doygunluğu (% 91,2 mg/L) Aralık ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek çözülmüş oksijen doygunluğu (% 109 mg/L) ise Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Çözülmüş oksijen doygunluğu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Toplam Çözülmüş Katı Madde:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan TDS ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında TDS değerleri 26,7 mg/L ve 79,2 mg/L aralığında değiştiği, TDS ortalama 56,8 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük TDS (26,7 mg/L) Nisan ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek TDS (79,2 mg/L) ise Eylül ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) ölçülmüştür. TDS yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Elektriksel İletkenlik:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında elektriksel iletkenlik değerleri 63,3 µS/cm ve 152,1 µS/cm arasında değiştiği, ortalama elektriksel iletkenlik 108,5889 µS/cm civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük elektriksel iletkenlik (63,3 µS/cm) Nisan ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek elektriksel iletkenlik (152,1 µS/cm) ise Ekim ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Askıda Katı Madde:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan askıda katı madde ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında askıda katı madde değerleri 1 mg/L ve 125 mg/L arasında değiştiği, ortalama askıda katı madde 19,22 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük askıda katı madde (1 mg/L) Nisan ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek askıda katı

madde (125 mg/L) ise Aralık ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Askıda katı madde yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**ORP:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan ORP ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında ORP değerleri -11,4 mv ile -63,8 mv arasında değiştiği, ortalama ORP -38,9694 mv civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük ORP (-63,8 mv) Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek ORP (-11,4mv) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. ORP yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Nitrit Azotu ve Nitrit(NO<sub>2</sub>):** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit Azotu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit azotu değerleri 0,001 mg/L ve 0,048 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit azotu 0,033667 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit Azotu (0,001 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit Azotu (0,048 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrit ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrit değerleri 0,002 mg/L ve 0,157 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrit 0,037167 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrit (0,002 mg/L) Kasım ayında 2. Su alma noktasında (2. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrit (0,157 mg/L) ise Mayıs ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrit yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Nitrat Azotu ve Nitrat (NO<sub>3</sub>):** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat Azotu sıcaklığı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat Azotu değerleri 0,14 mg/L ve 2 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Nitrat Azotu 0,543056 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat Azotu (0,14 mg/L) Kasım ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat Azotu (2 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat Azotu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Nitrat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Nitrat değerleri 0,5 mg/L ve 9 mg/L aralığında değiştiği, ortalama

Nitrat 2,275556 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Nitrat (0,5 mg/L) Ağustos ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Nitrat (9 mg/L) ise Ekim ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) ölçülmüştür. Nitrat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Fosfat Fosforu ve Fosfat:** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat fosforu ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat fosforu değerleri 0,01 mg/L ve 0,75 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,189167 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat fosforu (0,01 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.), Ekim ayında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat fosforu (0,75 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat fosforu yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan Fosfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında Fosfat değerleri 0,02 mg/L ve 0,99 mg/L aralığında değiştiği, ortalama Fosfat fosforu 0,603333 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük Fosfat (0,02 mg/L) Kasım-Ağustos ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek Fosfat (0,99 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Fosfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Sülfat ( $SO_4^{2-}$ ):** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan sülfat ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında sülfat değerleri 2 mg/l ve 113 mg/L aralığında değiştiği, ortalama sülfat 17,88889 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük sülfat (2 mg/L) Aralık-Mart ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek sülfat (113 mg/L) ise Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Sülfat yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOI<sub>5</sub>):** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan biyokimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 0,94 mg/L ve 4,19 mg/L aralığında değiştiği, ortalama biyokimyasal oksijen ihtiyacı 1,99 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük biyokimyasal oksijen ihtiyacı (0,94 mg/L) Mart ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (4,19 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel

eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI):** Çalışma periyodu sürecinde içerisinde yapılan kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümleri sonucunda Solaklı havzasında kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri 5 mg/L ve 34,8 mg/L aralığında değiştiği, kimyasal oksijen ihtiyacı 10,49139 mg/L civarında olduğu belirtilmiştir. En düşük kimyasal oksijen ihtiyacı (5 mg/L) Temmuz ayında 1. Su alma noktasında (1. İst.) kaydedilirken en yüksek biyokimyasal oksijen ihtiyacı (34,8 mg/L) ise Mayıs ayında 3. Su alma noktasında (3. İst.) ölçülmüştür. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı yıllık değişimi mevsimsel eğilime uygun bir değişim göstermiş olup sucul yaşamı tehdit eden koşulların bu dönem içerisinde olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Ağır Metal ve İz Element Analizleri:** Çalışmamızda istasyonlardan temin edilen su örnekleri ağır metal açısından incelenmek üzere akredite bir laboratuvara gönderilmiştir. Mevsimsel olarak ağır metal ve diğer iz elementler açısından incelemesi yapılan su örnekleri ICP-MS sistemi kullanılarak ACME Laboratuvarı (Kanada) tarafından analiz edilmiştir.

Analiz sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde toksik metallerin ölçüm sınırı değeri altında olduğu ve Al, Ba, Ca, K, Mg, Na, S, Sr, Zn gibi iz elementler analizlerinde ise belirli seviyelerde sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4). Bunlardan Al, Zn, Ba değerlerinin yüzey suları açısından tavsiye edilen değerlerin üzerinde olduğu diğerlerinin ise bu limitlerin altında olduğu değerlendirilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Ağır metal ve iz element analiz değerleri (mg/L).

Ağır metal	Baraj Öncesi-1	Susuz Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama
Al	<0,6	<0,6	0,3519	
As	<3	<3	<3	
Ba	<0,08	0,194	<8	
Ca	0,1708	0,1798	0,1915	0,1807
Cd	<0,7	<0,7	<0,7	
Co	<0,3	<0,3	<0,3	
Cr	<0,3	<0,3	<0,3	
Cu	<80	<80	<80	
Fe	<10	<10	<10	
K	0,002	0,0175	0,0175	0,0183
Li	<1	<1	<1	
Mg	0,0325	0,0225	0,225	0,0258
Mn	<0,05	<0,05	<0,05	
Na	0,0018	0,006	0,0475	0,0958
Ni	<0,3	<0,3	<0,3	
Pb	<4	<4	<4	
S	0,005	<0,005	<0,005	
Sr	0,8125	0,6375	0,0065	0,07
Zn	0,915	0,833	0,743	0,83033

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde Çambaşı HES ve Regülatörü öncesi, susuz ara bölge ve kuyruk suyu bölgesi sularının fizikokimyasal su kalite değişimleri göze çarpmaktadır. Nitekim; ortalama olarak su sıcaklığı 12,76±0,68 (min-max) °C, çözünmüş oksijen 10,13±0,23 (min-max) mg/L, elektriksel iletkenlik 85,21±29,51(min-max) µS/cm, toplam çözünmüş katı

madde  $56,8 \pm 9,15$  (min-max) mg/L, pH  $7,43 \pm 0,18$  (min-max), ORP  $-38,97 \pm 13,96$  (min-max), askıda katı madde  $16,44 \pm 7,41$  (min-max), nitrit  $0,004 \pm 0,01$  mg/L (min-max), nitrit azotu  $0,001$  (min-max) mg/L, nitrat  $2,27 \pm 0,27$  (min-max) mg/L, nitrat azotu  $0,54 \pm 0,056$  (min-max) mg/L, fosfat  $0,58 \pm 0,19$  (min-max) mg/L, fosfat fosforu  $0,19 \pm 0,07$  mg/L (min-max), sülfat  $17,89 \pm 8,11$  (min-max) mg/L, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI<sub>5</sub>)  $2 \pm 0,29$  (min-max) mg/L ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI)  $10,49 \pm 5,09$  (min-max) mg/L olarak tesbit edilmiştir. Tüm parametreler ayrı ayrı değerlendirildiğinde nehir tipi santrallerin üzerinde kurulmuş olduğu akarsuyun su kalitesi üzerinde önemli değişimler oluşturduğu görülmektedir. Bu

değişimlerin çoğunlukla ilgili parametrelerin artması yönünde olduğu açık bir gerçektir (Tablo 5).

Çalışmada baraj sonrası (kuyruk suyu veya mansap) ve öncesi (menba) bölgeler arasındaki su kalite değişimlerinin önemli ölçüde olduğu anlaşılmıştır. Nitekim; su kalite değişimleri artış yönünde olup sülfat için % 144, KOI için % 137, AKM için % 107, iletkenlik için % 102, fosfat için % 84, nitrit için % 67, TDS için % 39, biyokimyasal oksijen ihtiyacı için % 31, nitrat için % 25, pH için % 5, çözünmüş oksijen için % 6,5 ve su sıcaklığı için % 11 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5). Dolayısıyla nehir tipi hidroelektrik santrallerin suyunu kullanmış olduğu akarsuyun fizikokimyasal su kalitesi üzerindeki etkileri önemli olduğu söylenebilir.

**Tablo 5.** Fiziko-kimyasal su kalite değerlerinin baraj sonrası ve öncesi değişim yüzdesi.

**Table 5.** Percentage of change in physico-chemical water quality values after and before the dam.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Ara Bölge-2	Kuyruk Suyu-3	Ortalama	±SS	% Değişim
Su Sıcaklığı °C	12,07	12,80	13,42	12,76	± 0,68	11
AKM	12,25	12,08	25	16,44	± 7,41	106,9
Çöz. O <sub>2</sub>	9,95	10,06	10,4	10,13	± 0,23	6,5
Çözünmüş O <sub>2</sub> Doy. (%)	97,36	96,98	98,82	97,72	± 0,97	1,89
İletkenlik (µS/cm)	81,80	116,28	57,55	85,21	± 29,51	102
TDS (mg/L)	47,29	65,56	57,55	56,8	± 9,15	38,6
pH	7,25	7,43	7,62	7,43	± 0,18	5,1
ORP (mV)	-23,35	-43,33	-50,23	-38,97	± 13,96	115
Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N) (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,01	± 0	0
Nitrit (NO <sub>2</sub> ) (mg/L)	0,03	0,05	0,04	0,04	± 0,01	66,6
Nitrat Azotu	0,61	0,50	0,53	0,54	± 0,06	22
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (mg/L)	2,57	2,20	2,05	2,27	± 0,27	25
Fosfat fosforu (PO <sub>4</sub> -P) (mg/L)	0,13	0,19	0,26	0,19	± 0,07	100
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) (mg/L)	0,43	0,52	0,79	0,58	± 0,19	83,7
Sülfat (SO <sub>4</sub> ) (mg/L)	11	15,84	26,83	17,89	± 8,11	143,9
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	1,87	1,79	2,34	2	± 0,30	30,7
KOI (mg/L)	6,88	8,28	16,32	10,49	± 5,10	137,2
<b>Ortalama</b>						<b>58,6</b>

Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Yerüstü Su Kalite Yönetmeliğinin Ek-5'inde ileri sürülen Yerüstü su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları tablosunda belirtilen su kalite kriterlerine göre baraj öncesi, susuz arabölge ve baraj sonrası bölge suları fizikokimyasal su kalite sınıfları değerlendirilmiş olup (I: Çok iyi, II: İyi, III: Orta, IV: Zayıf) aşağıda Tablo 6'da tüm parametreler için kalite durumu değerlendirilmiştir. Baraj yapılarında enerji üretimi öncesi, ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfları çoğunlukla önemli ölçüde değişmemiştir. Hemen hemen tüm parametreler için baraj öncesi su kalite sınıfı 1.sınıf iken kuyruk suyu kalitesi de fosfat fosforu (o-PO<sub>4</sub>-P) hariç 1.sınıftır. Sadece fosfat fosforu baraj öncesi 1.sınıf iken ara bölge ve kuyruk suyu su kalite sınıfı 2.sınıfa düşmüştür. Tablo y'ya göre baraj faaliyetleri nedeniyle su kalite parametrelerinde önemli değişimler mevcut olduğu halde bu değişimler, fosfat fosforu hariç olmak üzere henüz su kalite sınıfını değiştirebilecek düzeyde olmadığı görülmektedir.

Çalışma sonuçları irdelendiğinde şu bir açık gerçektir ki nehir tipi HES'ler bulunduğu çevre üzerinde etkili olmakla beraber üzerinde kuruldukları akarsuyun su kalitesi üzerinde oldukça etkilidirler. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar araştırıldığında literatürün çok zayıf olduğu görülmektedir. Nitekim çoğunlukla nehir tipi HES'lerin çevresel ve sosyal etkileri üzerine araştırmaların ağırlıklı derleme şeklinde yoğunlaştığı görülmüştür (Ak vd., 2009; Özdemir vd., 2009; Atılğan vd., 2011; Kurdoğlu vd., 2010; Yurtseven, 2011; Tabak vd., 2011; Uzun, 2011; Yılmaz vd., 2012; Bodur vd., 2013; Ülke vd., 2013; Küçükbaşoğlu vd., 2015).

Ancak Koralay (2015) Solaklı deresi Karaçam kolu üzerindeki HES'lerle ilgili çalışmasında nehir tipi santrallerin akarsu su kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir (Arca ve Çamlıkaya, ). Bu çalışmada ilgili barajların hem inşaat hem de işletme aşamalarında akarsuyun fizikokimyasal bazı parametreleri üzerinde etkileri araştırılmış ve AKM, pH ve sıcaklık parametreleri üzerinde önemli değişimler oluşturduğu belirlenmiştir. Bu

araştırmada ise baraj öncesi ve baraj sonrası kuyruk suları fizikokimyasal su kalite özellikleri arasında hemen hemen bütün parametreler üzerinde önemli derecede artış olduğu gözlenmiştir (Tablo 5).

Nehir tipi santrallerin akarsu kalitesi üzerindeki etkileri üzerinde nadir doğrudan ölçüm ve gözleme dayanan araştırmalardan biri olan Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri isimli çalışmada ise fizikokimyasal su kalite değişimleri (su hızı, seki derinliği, çözülmüş oksijen, su sıcaklığı, pH, elektrik iletkenliği, bulanıklık, dere enkesiti, ıslak çevre

ölçümleri) ve akarsuyun fiziksel habitat koşullarının değerlendirilmesi yapılmış olduğu görülmüştür (Yurtseven ve Serengil, 2015). Bu çalışmada havzanın ekolojik ve hidrolojik anlamda en az şekilde etkilenebilmesi için hidroelektrik santrallerin havzanın çıkış noktasına (mansabına) yakın uzaklıklarda inşa edilmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü akarsuyun hangi noktasında inşa edilirse edilsin bu santralin kurulduğu noktanın aşağısındaki akarsuyun ekolojik ve hidrolojik özellikleri sediment ve akış özelliklerindeki değişimler nedeniyle eskisi gibi olamayacağı ileri sürülmektedir.

**Tablo 6.** Kıtaçi Yerüstü Su Kalite standartlarına göre su kalite sınıflaması.

**Table 6.** Water quality classification according to Inland Surface Water Quality standards.

Parametreler	Baraj Öncesi-1	Sınıf	Ara Bölge-2	Sınıf	Kuyruk Suyu-3	Sınıf
Su Sıcaklığı (°C)	12,07	-	12,80	-	13,42	-
AKM (mg/L)	12,25	-	12,08	-	25	-
Çözülmüş O <sub>2</sub> (mg/L)	9,95	1	10,06	1	10,4	1
İletkenlik (µS/cm)	81,80	1	116,28	1	57,55	1
TDS (mg/L)	47,29	-	65,56	-	57,55	-
pH	7,25	1	7,43	1	7,62	1
Nitrat Azotu (mg/L)	0,61	1	0,50	1	0,53	1
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (mg/L)	2,57	-	2,20	-	2,05	-
Fosfat fosforu (PO <sub>4</sub> -P) (mg/L)	0,13	1	0,19	2	0,26	2
Fosfat (PO <sub>4</sub> ) (mg/L)	0,43	-	0,52	-	0,79	-
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	1,87	1	1,79	1	2,34	1
KOI (mg/L)	6,88	1	8,28	1	16,32	1

## ÖNERİLER

Bu çalışmada gerek yerinde gerçekleştirilen gözlemler ve gerekse inceleme ve değerlendirmeler ışığında hidroelektrik santrallerin inşaat ve işletme aşamalarında çevresel etkiyi en aza indirmeleri bağlamında yapılabilecek öneriler aşağıdaki maddelerle sunulmuştur.

Hidroelektrik santrallerin üzerinde kuruldukları akarsuya bırakılmak durumunda kaldıkları can suyu akarsu ekosistemini destekleyen en önemli parametre olması sebebiyle ilgili akarsu havzasının hidrolojik özellikleriyle daha gerçekçi bir şekilde hesaplanması ve bırakılıp bırakılmaması hususunda gerekli önlemlerin alınması veya izleme programının kontrollü şartlar altında olmasına dikkat edilmelidir.

Hidroelektrik santrallerin elektrik üretimi süreci olan işletme aşamalarında özellikle HES'e giren ve çıkan suların HES faaliyetleri nedeniyle fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin önemli olduğu bu çalışmada belirlenmiştir. Dolayısıyla gerek can suyu bırakılan susuz ara bölgede ve gerekse HES kuyruk sularının su kalitesinin ilgili yönetmeliklere uygunluğunu kontrol edilmelidir. Bunun için Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüklerinin HES'lerin işletme süreçleri boyunca belirli periyotlarla susuz ve kuyruksuyu bölgelerine bırakılan suların Kıtaçi Yerüstü Su Kalite Standartlarına ve deşarj standartlarına uygunluğunu su örneklerinin analizlenmesi yoluyla kontrol etmesi tavsiye edilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan Su Kirliliği Yönetmeliği kapsamında bulunan çeşitli sektörlerle ait kullanılmış suların deşarjı konusunda çeşitli su kalite standartları mevcuttur. Ancak birçok sektöre ait mevcut kıstaslara rağmen HES'lere yönelik herhangi bir deşarj standart tablosu ve mevcut tablolardan herhangi birinin kullanılabilmesi konusunda bir ifade de mevcut değildir. Bu sebeple burada ileri sürdüğümüz önerilerden 2. maddedeki kontrollerin yapılabilmesi için HES'lerle ilgili bir tablonun eklenmesi veya mevcut tablolardan birinin kullanılabilmesi için ilgili yönetmelik veya deşarj standartları eklerine bu konuda yönetsel bir ifade koyulması tarafımızca önerilmektedir.

Diğer taraftan HES'lerin işletme aşamalarında gerek evsel sıvı ve katı atıklarının bertarafında çevreye duyarlı olmaları, akarsu yatağına asla bırakılmaması, mümkünse geri dönüşüm süreçlerine katmaları mümkün değilse en yakın belediye hizmetlerine vermeleri ve gerekse işletme sürecinde kullandıkları her türlü yakıt, kimyasal madde ve diğer maddelerin ilgili kanun ve yönetmelikler ışığında kullanılması, gerekli olursa ilgili kurumlara bildirilerek gerekli izinlerin alınması tavsiye edilir.

## TEŞEKKÜR

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri

tarafından desteklenen FYL-2017-834 nolu projeden üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akkaya, U., Gültekin, A., Dikmen, Ç.B. & Durmuş, G. (2009).** Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel Etkilerinin Analizi: Ilısu Barajı Örneği. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- Ak, O. (2009).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosistem Üzerine Etkileri. *Su Ürünleri Araştırma Merkezi Yunus Araştırma Bülteni*, 9(2), 16-20.
- Ak, O., Aksungur, M. & Özdemir, A. (2009).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinde ÇED Süreci ve Sucul ekosisteme Etkide Doğal Alabalıkların Yeri. *Doğal Alabalık Çalıştay: Sürdürülebilir Yetiştiricilik, Koruma ve Balıklandırma*, 22-23 Ekim 2009, s. 135-139 Trabzon.
- Ak, O., Çakmak, E., Aksungur, M. & Çavdar, Y. (2008).** Akarsu Üzerindeki Faaliyetlerin Sucul ekosisteme Etkisine Bir Örnek: Yaanbolu Deresi(Arsin, Trabzon). *Su ve Enerji Kullanımı Kongresi*, 22-23 Ekim, Artvin: 334-340.
- Akpınar, E. (2005).** Nehir Tipi Santrallerin Türkiye'nin Hidroelektrik Üretimindeki Yeri. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 1-25.
- Akpınar, A., vd. (2009).** Çoruh Havzasındaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, V. Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Haziran-2009, 249-254 s, Diyarbakır.
- Akpınar, A., Kömürcü, M. İ. & Filiz, M.H. (2008).** Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Çevre, Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz enerji Kaynakları. *7. Ulusal Enerji Günleri, Sempozyum Bildiri Kitabı*, 12-24 s, Editörler Zekai Şen, Ahmet Duran Şahin, İstanbul.
- Albayrak, A. (2008).** Hidroelektrik Santrallerinin (HES) Çevresel Etkilerinin Rize İli Açısından Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü XXVI. Bölge Müdürlüğü 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, 25-26 Eylül 2008, Su ve Enerji Konferansı Bildiriler Kitabı, 408-418 s, Artvin.
- Allan, J.D. & Flecker, A.S. (1993).** Biodiversity conservation in running waters. *BioScience*, 43, 32-43.
- Anonim. (2001).** Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 132 s. Yayın No: DPT: 2555-ÖİK: 571 Ankara.
- Anonim. (2008/a).** Dokuzuncu Kalkınma Planı Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, TC. Başbakanlık DPT Yayın No: DPT: 2718-ÖİK: 671, s.26, Ankara.
- Anonim. (2009/a).** Hidroelektrik Santrallerin yapımı ile İlgili İnşaat Mühendisleri Odası Görüşü, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı: 454, yıl:54/2009-2, Ankara.
- Anonim. (2009/b).** Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetlerinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Antlaşması İmzalanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmenlik. Devlet Su İşleri. [http://dsi.gov.tr/ska/yonetmenlik\\_tamami.htm](http://dsi.gov.tr/ska/yonetmenlik_tamami.htm).
- Anonim. (2010).** Çambaşı Regülatörü ve Hidroelektrik Santrali Projesi, Proje Tanıtım Dosyası.
- Anonim. (2010).** Elektrik İşleri Etüt İdaresi. Hidroelektrik Etütler Dairesi Başkanlığı. [http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji\\_gozlemist.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji_gozlemist.html).
- Atılğan, E., Soğuklu, Ş. & Aslan, H., (2011).** Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevreye Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasına Dair Öneriler: Trabzon İli Örneği. *Yunus Araştırma Bülteni*, 4, 7-12.
- Berkün, M., Aras, E. & Koç, T. (2008).** Barajların ve Hidroelektrik Santrallerinin Nehir Ekolojisi Üzerine Etkiler. *TMMOB-Türkiye Mühendislik Haberleri*, 452(6), 41-48.
- Bodur, G. & Şenyuva, E. (2013).** Üniversite Öğrencilerinin Hidroelektrik Enerji Santrallerine (HES) İlişkin Görüşleri ve Çevreye Yönelik Tutumları Arasındaki İlişki. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 2(4), 27-38.
- Daniel, D. (1981).** Hydropower: An Old Technology for a New Era. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 23(7), 16-45.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2010).** Hidroelektrik Enerji Raporu, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.html> (Erişim tarihi: 18.11.2010).
- DSİ. (2011).** <http://www.dsi.gov.tr>.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2014).** <http://www.dsi.gov.tr/toprak/su/kaynaklar.html> (Erişim tarihi: 24. 04. 2014).
- DSİ. (2015).** Çevre ve Temiz Enerji Hidroelektrik, Ankara, Orman Su İşleri Bakanlığı Yayınları (Erişim tarihi: 02.06.2015).
- DSİ. (2016).** Orman Su İşleri Bakanlığı 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- Duncan W. & Cline R. (2002).** Mechanical Governors for Hydroelectric Units, United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- Feamside, P.M. (2004).** Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of greenhouse gases. *Environmental Conservation*, 22(1), 7-19.
- Geray, U. (2008).** Su Krizinde Ülkeye Özgü Bakış. *TMMOB 2. Su Politikalar Kongresi*, Bildiriler Kitabı, 567-576 s.
- Güner E., Tor. O.B. & Altın M. (2008).** Küçük Hidroelektrik Santrallerin Projelendirilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Bazı Teknik Hususlar. ELECO, Busa, TÜRKİYE.
- Karr, J.R. (1998).** Rivers as sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management, Pages 502-528 in RJ Naimman, RE Bilby (eds), *River Ecology and Management: Lessons from the Coastal Ecosystems*. Springer, NewYork.

- Koralay, N. (2015).** *Solaklı Deresi Havzasında Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerin Su Kalitesine Etkileri.* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Bölümü, Havza Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon.
- Kurdoğlu, O. & Özalp, M. (2010).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımların Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğa Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: 2, 688-707 s, 20-22 Mayıs 2010, Artvin.
- Muluk, Ç.B., Turak, A., Yılmaz, D., Zeydanlı, U. & Bilgin, C.C. (2009).** Hidroelektrik Santral Etkiler Uzman Raporu: Barhal Vadisi. Kaçkar Dağları Sürdürülebilir Orman Kullanımı ve Koruma Projesi, TEMA-ODTÜ-Doğa Koruma Merkezi.
- Oğuz, S. (2008).** Yenilebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santraller. *VII: Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES*, 479-492s. İstanbul.
- Tabak, İ., Aksungur, M., Zengin, M., Yılmaz, C., Aksungur, N., Alkan, A., Zengin, B. & Mısır, D.S. (2001).** Karadeniz Alabalığının Biyoekolojik Özelliklerinin Tespiti ve Kültüre Almabilirliğinin Araştırılması Projesi. TAGEM/HAYSUD/98 /12/01/2007, Sonuç Raporu, 193s. (2001), Trabzon.
- U.S.G.S. (2021).** Hydroelectric Power Water Use, <http://water.usgs.gov/edu/wuhy.html>, son erişim tarihi: 22.012.2021.
- Uzun, O. (2011).** Hidroelektrik Santraller (HES) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Düzce Örneği. *Ormancılık Dergisi*, 7(2), 1-13.
- Ülke, A. & Sağlam, C.G. (2013).** Nehir Tipi Santraller ve Karadeniz Bölgesindeki Örnekleri. *Su Yapıları Sempozyumu*, 449-458, 2013.
- Yıldız, D. (2010).** Hidroenerji, Hidroloji ve Su Kaynakları Yönetimi İlişkisi. *VI. Ulusal Hidroloji Kongresi*, 22-24 Eylül, Pamukkale, Denizli.
- Yılmaz, C., Uzun, A., Zeybek, H.İ. & Kaya, M. (2012).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Coğrafi Ortam Üzerine Etkilerine Bir Örnek: Ayancık HES. *Journal of New World Sciences Academy*, 7(3), 50-67.
- Yurtseven, İ. (2011).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin, Havzalar Üzerindeki Etkileri, *İstanbul University Journal of the Faculty of Forestry*, 61(1), 55-62, 2011.
- Yurtseven, İ. & Serengil, Y. (2015).** Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Yapısal Elemanlarının Çevresel Etkileri. *4. Su Yapıları Sempozyumu*, 519-529, 19-20-21 Kasım 2015, Antalya.
- Yüksek, T. (2004).** Türkiye'nin Su Kaynakları ve Havza Planlamasına Dönük Genel Değerlendirmeler, *KAÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 71-83.