

Derleme Makale / Review Article

Nehir Tipi HES Projelerinde Balık Geçitlerinin Önemi

Esin ACAR^{1*} 

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Artvin, TÜRKİYE
esin.acar@artvin.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 05.11.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 30.05.2025

Özet: Nehir tipi HES (Hidroelektrik Santral) projeleri daha küçük ölçekli enerji üretim santralleri olup, ülkemizde birçok akarsu üzerine kurulmuş yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarıdır. Bu HES projeleri, akarsu üzerine inşaa edilen regülatör yapıları ile suyun kabartılarak enerji üretim yapıları vasıtasıyla elektrik enerjisinin üretilerek, suyun tekrar akarsu yatağına bırakılması prensibine dayanarak çalışmaktadır. Mevcut akarsu yatağı üzerindeki sucul yaşamın devam edebilmesi amacıyla kurulan balık geçitleri sayesinde balıkların doğal yaşamına olanak sağlayan bu yapıların tasarım ve işletme aşaması oldukça önemlidir. Bu çalışma ile balık geçitlerinin Nehir tipi HES'lerde önemi, çevresel olumlu/olumsuz sonuçları ele alınmıştır. Nehir tipi santrallerin regülatörleri üzerine inşaa edilen balık geçitleri tipleri incelenmiştir. Zira uygun ekosistem canlıları için balık geçidi tipinin belirlenmesi, geçitlerin işletme çalışmasının büyük bir titizlikle yapılması, yeterli can suyunun bırakılması, geçitlerin düzenli temizliklerinin yapılması, balıkların yumurtlama döneminde mansaptan membaya geçişlerinin sağlanması, geçitlerin üzerlerinin ızgaralar ile kapatılarak balıkların korunması, balık geçitlerinin bulunduğu alanda balıkçılık faaliyetlerinin yasaklanması, zamanla oluşabilecek korozyon ve duvar çatlamalarına karşı önlemlerin alınarak suyun yeterli miktarda geçidin içinde bulunmasının sağlanması, geçit bulunmayan regülatörlerde tuzaklama ve taşıma işlemlerinin yapılması sucul yaşamın devamlılığının sağlanması açısından önemlidir. HES projeleri her ne kadar yenilenebilir temiz enerji kaynakları olsa akarsu boyunca doğal yaşamın devam edebilmesi için uygun balık türlerine göre balık geçitlerinin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nehir Tipi HES, Balık Geçitleri, Akarsu projeleri, Yenilenebilir Enerji

Importance of Fish Passages in River Type HEPP Projects

Abstract: River type HEPP (Hydropower plant) projects are smaller scale power generation plants and are renewable and clean energy sources built on many rivers in our country. These HEPP projects operate on the principle that the water is raised by the regulator structures built on the river, electrical energy is generated by means of power generation structures and the water is released back into the river bed. The design and operation phase of these structures, which enable the natural life of fish thanks to the fish passages established for the continuation of aquatic life on the existing river bed, is very important. In this study, the importance of fish passages in river type HEPPs and their positive/negative environmental consequences are discussed. The types of fish passages constructed on the regulators of river type power plants are examined. Determining the type of fish passage for the appropriate ecosystem species, operating the passages with great care, leaving sufficient life water, regular cleaning of the passages, ensuring the passage of fish from downstream to upstream during the spawning period, and protecting the fish by covering the passages with gratings, It is important to prohibit fishing activities in the area where the fish passages are located, to take precautions against corrosion and wall cracking that may occur over time, to ensure that there is enough water in the passage, and to carry out trapping and transportation operations in regulators where there is no passage in order to ensure the continuity of aquatic life. Although HEPP projects are renewable clean energy sources, fish passages should be built according to the appropriate fish species in order for natural life to continue along the river.

Keywords: River Type HEPP, Fish Passages, River projects, Renewable Energy

1. Giriş

Teknolojinin ilerlemesi beraberinde enerji ihtiyacını da getirmektedir. Bu sebeple temiz ve güvenilir enerjiye ulaşmak hem çevresel hem de endüstriyel anlamda enerji üretimi en büyük ihtiyaç haline gelmektedir. Fosil yakıtları ve nükleer enerjinin çevresel etkileri ve uzun yıllarca verdikleri zararlar

düşünüldüğünde yenilenebilir enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu kapsamda hidroelektrik, güneş, rüzgâr, biyoenerji gibi kaynaklardan elde edilen enerjiler yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu tip enerjilerin en büyük etkileri yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi ve enerji üretimi sırasında herhangi bir kayba uğramamasıdır. Her bölge için farklı yenilenebilir enerji kaynakları bulunmakta olup, enerji üretimi sağlanabilmektedir.

HES’lerde enerjinin dönüşümü kuralına göre yerçekimi potansiyel enerjisi, suyun yüksekten düşmesiyle ilk olarak kinetik enerjiye, sonrasında ise türbine bağlı jeneratörün çalıştırılmasıyla da elektrik enerjisine dönüştürülmektedir (Kocabaş vd., 2013; Eroğlu vd., 2022). Akarsu yataklarının yoğun olduğu yerlerde de HES projeleri yaygın olarak gelişip, temiz enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Bu projeler nehir tipi ya da baraj tipi HES’ler olarak planlama esaslarına göre projelendirilmektedirler. Enerji üretimi için kullanılan akarsuyun debi değerlerine ve coğrafi şartlara göre projelendirmeler belirlenmektedir. Baraj tipi HES projeleri daha büyük yapılar olup, santral kapasiteleri de oldukça yüksektir. Nehir tipi HES projeleri ise daha küçük yapılara sahip olup, debilerin daha düşük olduğu akarsular üzerinde planlanmaktadır. Bu projelerin enerji üretim değerleri Baraj HES’lere göre oldukça düşük kalmaktadır. Nehir tipi HES’ler sadece enerji üretmek için kullanılırken baraj tipi HES’ler enerji, taşkın, sulama, içme suyu gibi birçok alanda hizmet verebilmektedirler. Ayrıca akarsu debisi zamana bağlı değişkenlik gösterdiği için farklı debiler oluşmakta ve enerji üretimi de değişebilmektedir.

Nehir tipi HES projeleri sulama yapısı (regülatör), çökeltim havuzu, su iletim kanalı/tüneli, yükleme havuzu, cebri boru, santral ve kuyruksuyu kanalından oluşmaktadır. Regülatör yapıları suyun düzenlenmesini ve kontrollü bir biçimde suyun çökeltim havuzu vasıtasıyla su iletim kanalına aktarılmasını sağlamaktadır. Regülatörler akarsu yatak kesitlerine dik olacak şekilde planlanmakta olup akarsu yatağındaki suyu kontrollü bir biçimde su iletim yapılarına almaktadır. Bu durumda akarsu işletmesi sırasında akarsu yatağında yer alan sucul yaşamı olumsuz yönde etkilemektedir. Regülatör yapısı akarsu akışını direkt etkilediği için özellikle sucul yaşamdaki balıkların membaya doğru ilerlemeleri zorlaşmaktadır. Twardek vd. (2022), çalışmasında balık geçidinin, balıkların habitatlar arasında serbestçe hareket etmesini sağlayan yapılardan oluştuğunu belirtmiştir (Clay, 1995). Öner ve Sorgucu (2016)’ya göre, su canlılarının popülasyonlarına ve ekosisteme verilen zararı minimuma indirebilmek amacıyla su canlılarının geçişini sağlayacak balık geçitlerinin yapılması gerekmektedir.

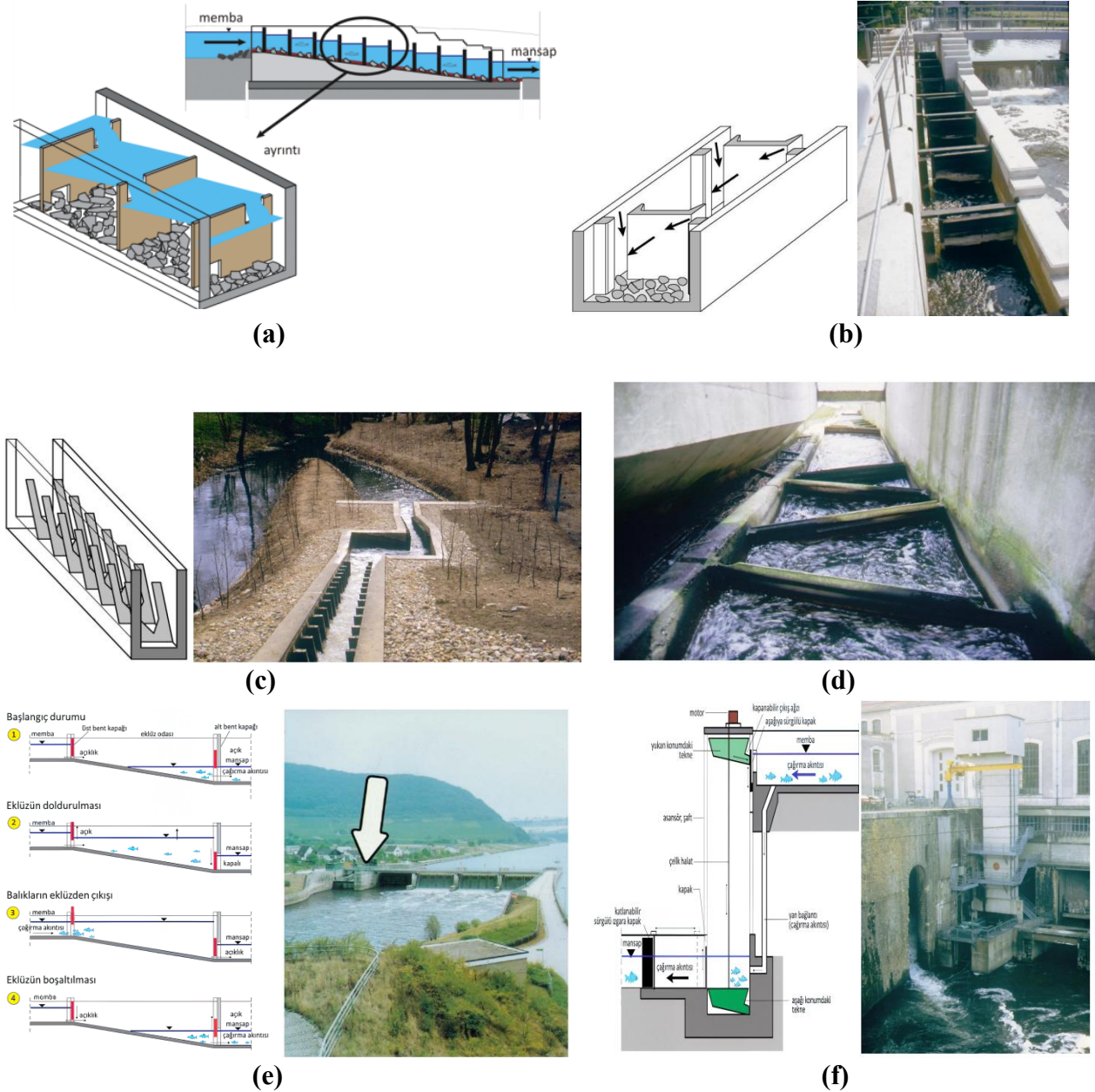
Geçmişte balıkların engelleri geçmesini sağlamak ve engellerin etkilerini en aza indirmek için çeşitli balık geçidi tasarımları geliştirilmiştir (Roscoe ve Hinch, 2010; Alp vd., 2020). Yıldırım (2018) çalışmasında balık geçitlerinin verimliliğinin değerlendirilmesi amacıyla bilgisayarla görme ve sinyal işleme tabanlı analiz yöntemleri geliştirmiştir.

Ekosisteme uyum sağlamak için yapılan regülatör yapısı üzerine balık geçitleri planlanmakta ve balıkların özellikle yumurtlama dönemlerinden mansaptan membaya doğru kolaylıkla geçişleri sağlanabilmektedir. Günümüzde akarsular üzerinde kurulan birçok HES projeleri bulunmakta olup, enerji üretimlerinin dışında sucul yaşam üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Bu çalışma ile Nehir tipi HES projelerinin balık geçitleri incelenmiştir. Ayrıca Nehir tipi HES projelerinde inşaa edilen regülatörler üzerindeki balık geçitlerinin önemi ve çevresel etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

1.1. Balık Geçidi Türleri

Balık geçitleri, su organizmalarının barajlar ve regülatörler gibi göç etmesine engel olan memba ve mansap göçlerini kolaylaştıran yapılardır (Meşe, 2019). Boiten (2002); Üçüncü ve Altındağ (2012)’ye göre balık geçitlerinin, balıkların geçide doğru yüzmesini sağlayan; su bentleri, perdeler, bölmeler ya da pervanelerle bölümlenmiş eğimli kanallardan oluştuğunu ifade etmiştir. Tüfek (2009); Öner ve

Sorgucu (2016)'a göre zaman içerisinde birçok balık geçidi tipi geliştirilmiştir. Bunların en çok kullanılanları, Havuzlu (orifis savaklı) Geçitler, Yarıklı Geçitler, Denil Geçitler, Yılan Balığı Merdivenleri, Balık Eklüzleri ve Balık Asansörleridir (Şekil 1). Küçük ölçekli hidroelektrik santrallerde genellikle havuzlu tip balık geçidi kullanılmaktadır (Larinier vd., 2002; Baydar, 2014). Balık geçitlerinin tipleri HES proje tiplerine ve sucul yaşam türlerine göre farklılıklar göstermektedir. Anonim (2009)'a göre farklı balık geçit tipleri şu şekildedir;



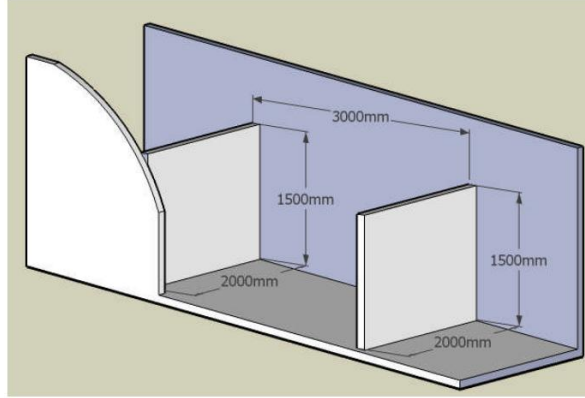
Şekil 1. (a) Havuzlu balık geçidi (Anonim, 2009), (b) Çift dikey yarıklı balık geçidi (Anonim, 2009), (c) Denil Tipi Geçitler (Lonnebjerg, 1980), (d) Yılan Balığı Merdivenleri (Anonim, 2009), (e) Balık Eklüzü (Anonim, 2009), (f) Balık Asansörü (Anonim, 2009)

Balık geçitleri tipleri regülatör yapısına, akarsu özelliklerine ve ekosistemde yaşayan sucul canlıların çeşitlerine göre en uygunu belirlenerek seçilmektedir.

2. Daha Önce Yapılan Deneysel ve Nümerik Çalışmalar

Çalışmada ülkemizde yer alan Nehir tipi HES projelerinin regülatör gövdesinde inşaa edilen balık geçitlerinin tipleri belirtilerek, sucul yaşama olan olumlu/olumsuz etkileri ortaya konmuştur. Daha önce yapılan bu alandaki deneysel ve uygulama çalışmalarından yararlanılmıştır. Ayrıca çevresel etkileri ve işlevsellikleri açısından verimli kullanımları konusundaki çalışmalar belirtilmiştir.

Kadioğlu (2010) çalışmasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) sayısal modelleme programından yararlanarak daha önce yapılmış deneysel çalışmanın sonuçları ile balık geçidinin hidrolik analizini çalışmış ve Şekil 2’de HAD program geometrisi yer almaktadır.



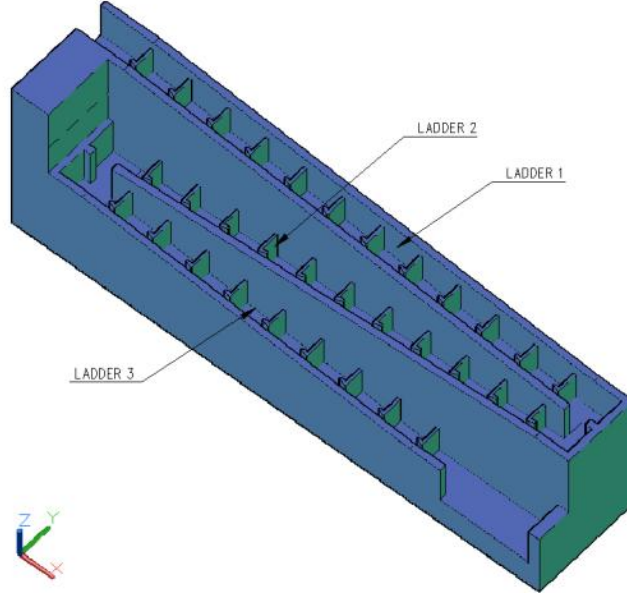
Şekil 2. Balık Geçidi Geometrisi

Sorgucu (2016) balık geçidinin hidrolik hesaplamaları için açık kanal düzeneği ile laboratuvar ortamında çalışma yapmıştır. Havuzlu geçit tipinin modellenmesi amacıyla da kapaklı bir kanal düzeneği oluşturulmuştur (Şekil 3).



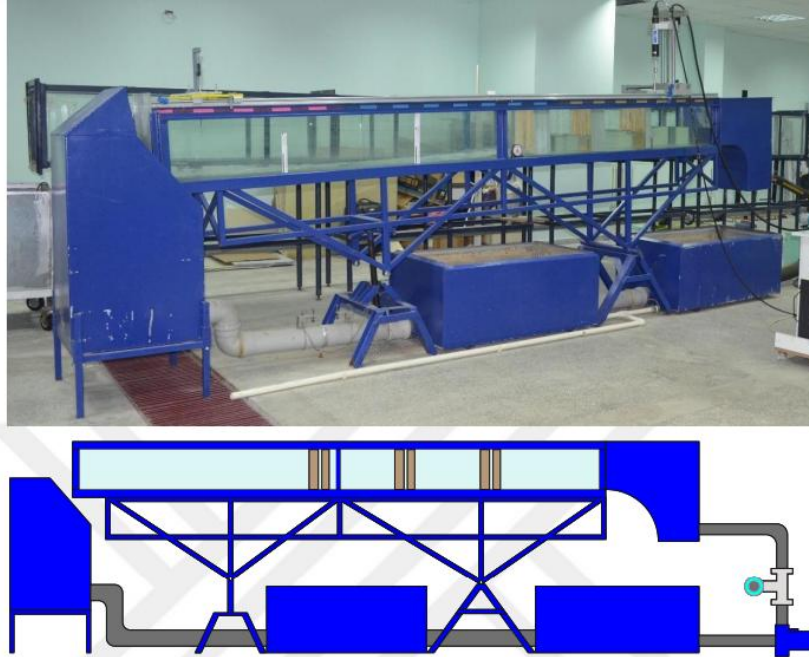
Şekil 3. Balık Geçidi Deney Kanalı

Özkaya (2014) HAD programı ile sayısal modelleme yaparak balık geçitlerindeki serbest yüzeyli akımların incelemiştir. Çalışmada 3 boyutlu modelleme yaparak (Şekil 4) balık geçidini hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile akımlarını hidrolik açıdan incelemiştir.



Şekil 4. Balık geçidinin 3 boyutlu modellemesi

Can (2022) çalışmasında, açık kanal içerisine yerleştirilen tek yarıklı dikey balık geçitleri (Şekil 5) ile etkileşimde olan akım karakteristikleri deneysel olarak ölçmüştür. Deneysel ölçümlere en yakın sonucu veren sayısal model ile deneysel olarak elde edilmesi zor olan akım özellikleri sayısal olarak incelenmiş ve dikey yarıklı balık geçitlerinin akım yapısı değerlendirilmiştir.



Şekil 5. Açık kanal modeli ve şematik gösterimi

3. Balık Geçitlerinin Çevresel Etkileri

Alp vd. (2015); Bülbül (2019) çalışmasında akarsular üzerinde yapılan bend, baraj ve regülatör gibi birçok yapılar sulara yaşayan canlıların üreme, beslenme ve yaşam alanları gibi hayati fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilediğini, bu gibi tehditlerin üreme imkânı bulamayan türlerin neslinin tükenmesine kadar gidebildiğini belirtmiştir. Bu sebeple sadece enerji üreterek ülke

ekonomisine katkıda bulunmak yerine temiz enerji üretiminin prensip edinilmesi ve mevcut canlı yaşamın devamlılığını sağlayacak tedbirler alınması gerekmektedir. Mallen-Cooper (1996); Akşit (2018)'a göre nehirler üzerine inşa edilen su yapılarının üzerinde bulundukları akarsulardaki balık geçişlerini olumsuz etkilemekte olduğunu ve yapılmış olan balık geçitlerinin birçoğunun işlevsel olmadığını belirtmiştir.

Kocabaş vd. (2013), balıkların beslenme ve üreme göçünü yapabilmesi için, yeterli miktarda suyun akarsu yatağından akmasına bağlı olduğunu, balık türü ve büyüklüğüne, bağlı olarak mümkün olabildiğini belirtmiştir. (Bless vd. (1994); Bülbül (2019), yumurtlama ya da beslenme için, membadan mansaba ya da mansaptan membaya göç etmek zorunda olan göçmen balıkların göç yollarına yapılan bu tür su yapılarının balık türü popülasyonlarında azalmalara sebep olduğunu ifade etmiştir (Bless vd., 1994; Bülbül, 2019).

Ekren (2015) ise balık geçitlerinin uygun biçimde planlanması gerektiğini, bu planlamaların ülke ekonomisi için önemini ve tatlı su balıkçılığı için olumlu etkilerinin olduğunu ifade etmiştir. Yıldırım (2018), balık geçitlerinin planlanmasının biyolojik, hidrolik ve kinematik gibi parametreleri barındıran karmaşık bir yapı olduğunu ve birçok balık geçidinin de balık geçişleri için uygun olmadığını belirtmiştir. Bu durumun geçitlerin yeterince analiz edilmemesine, verilerin ve ölçüm tekniklerinin uygun olmamasına bağlamıştır. Akşit (2018), balık geçitlerinin tasarımında balığın balık geçidi girişini bulabilmesi ve balıkların geçitten yüzmeyi başarıyla tamamlayıp engelin diğer tarafına ulaşabilmesi ve balık geçidinde balığın en büyük sorununun, mansaptan membaya geçişteki akıntının hızlı olması olduğunu belirtmiştir. Bu sebeple balık geçitlerinin planlamasında sayısal destekli programlardan yararlanarak mevcut nehir akışı ve balık popülasyonuna göre hidrolik çalışmaların planlama aşamasında yapılması gerekmektedir.

Aslıyüksek (2014), balık geçitleri için en önemli durumun, ekolojik denge suyu olduğunu, bu suyun nehirdeki miktarının ne olduğu ve ne kadar uzunlukta ve mesafede aktığıdır. Bu sebeple bu denge suyunun miktarının çok iyi belirlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Özellikle birden fazla havzada yer alan Nehir Tipi HES'ler göz önüne alındığında akarsu boyunca oluşacak ekolojik denge suyunun havza planlaması çerçevesinde hesaplanarak, kontrol edilmesi gerekmektedir.

Cooper vd. (2021), büyük nehirlerde yaşayan göçmen balıkların genellikle boylamsal (ve yanal) bağlantıda ciddi kayıplarla karşı karşıya kaldığını (Cooke vd., 2012), sebebinin büyük nehirlerin genellikle barajlar tarafından bölünmesinden kaynaklandığını belirtmektedir (Cooper vd., 2017). Küresel olarak, kritik göçmen balık yollarını yeniden açmak için barajların kaldırılması gerektiğini ve balık geçiş yapılarının inşasına yapılan yatırımların da arttığını belirtmiştir (O'Connor vd., 2015; Silva vd., 2018).

Tan vd. (2024)'e göre balık geçiş tesislerinin (yani balık geçitlerinin) kurulması, nehir parçalanmasını azaltmak, nehir bağlantısını ve balık popülasyonlarını eski haline getirmek için etkili bir araç olarak kabul edilmektedir (Roscoe ve Hinch, 2010; Bunt vd., 2012; Silva vd., 2018; Cooper vd., 2021; Sanchez-Perez vd., 2022; Sun vd., 2023).

Magaju vd. (2023)'e göre balık geçidi araştırmaları, su yolu yapılarının neden olduğu parçalanmış nehir habitatlarının olumsuz etkilerini azaltmak için önemlidir. Wang vd. (2024) çalışmasında hidroelektrik projelerinin kapsamlı gelişimi, balık habitatlarının eko hidrolojik koşullarını önemli ölçüde değiştirdiğini, habitat kullanımı ve göç de dahil olmak üzere balık davranışlarını farklı boyutlarda etkilediğini belirtmiştir. Balık göçü dinamiklerini anlamak, ekolojik restorasyon önlemlerinin göçmen balıklar üzerindeki etkisini niceliksel olarak değerlendirmek için gerekli olduğunu ifade etmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Köse (2021), balık geçitlerinin tasarımı için, ilk olarak HES kurulması düşünülen akarsuda habitat çalışmalarının yapılması gerektiğini, bu çalışmalar ile birlikte balık türlerinin belirlenerek, bu türlere uygun balık geçidi tipi seçilmesi gerektiğini belirtmiştir. Baydar (2014) ise habitat çalışmalarının eksikliğinden kaynaklı göç eden balık türlerinin tespit edilemediği, geçitlerin etkili bir biçimde çalışması için HES kurulacak yerlerde öncelikle habitat çalışmalarının yapılması gerektiğini belirtmiştir. Kadioğlu (2010), balık geçitlerinin tasarlanmasındaki en önemli hususun hizmet edeceği balık türünün belirlenmesi olduğunu, geçidin işlevselliği için akımdaki hızlara çok dikkat edilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Sorgucu (2016) çalışmasında balık geçitleri yapımında kullanılacak olan malzemelerin seçilirken çevresindeki doğal yapıya benzer malzemelerin tercih edilmesinin, tasarlanacak olan geçidin doğaya uyumunu arttıracığını savunmuştur. Tesis edilecek olan balık geçidinde, bölgenin bitki örtüsüne uygun yeşillendirme çalışmalarının yapılmasını vurgulamıştır .

Balıkların doğal nehir sistemlerindeki hareketleri, barajlar ve savaklar da dahil olmak üzere akarsu içi insan yapımı yapılardan etkilenmektedir (Chanson and Gonzalez, 2024). Balıklar için göç yollarının restorasyonu, barajların geliştirilmesi nedeniyle dünya çapında artan nehir parçalanması bağlamında popülasyonların korunması için çok önemlidir (Grimardias vd., 2022). Bu sebeple özellikle baraj yapılarının balık popülasyonuna olumsuz etkileri konusunda balık geçidi planlamalarının ya da balıkların doğal yaşam dengesinin korunmasına yönelik önlemlerin alınması gerekmektedir.

Barajların ve savakların inşası küresel olarak birçok nehri ve akarsuyu parçalara ayırmıştır ve bu durum biyolojik çeşitlilik için büyük bir tehdittir. Bu etkileri azaltmak için kullanılan en yaygın yöntem balık geçitleri inşa etmektir. Yayınlanmış örnekler, balık geçitlerinin etkili olabilmelerinin yanı sıra performanslarının da oldukça değişken olabileceğini göstermektedir. Bu değişkenlik göz önüne alındığında, balık yolu performansını değerlendirmek için şeffaf hedeflerin belirlenmesi ve kriterlerin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır (O'Connor vd., 2022). Hidroelektrik enerjinin genişlemesinin akarsu ekosistemleri üzerinde yarattığı olumsuz ekolojik etkilerin azaltılması büyük bir zorluktur. Balıkların türbine girmesini önlemek, yaralanma ve ölüm riskini azaltmak için türbin girişlerine sıklıkla yatay veya dikey olarak yönlendirilmiş çubuklara sahip ince ızgaralar gibi fiziksel bariyerler yerleştirilmektedir (Knott vd., 2023). Balıkların güvenli bir biçimde yaşam alanlarının sağlanması, santral yapısı elemanlarından korunması ve ekolojik denge şartlarına göre uygun popülasyon gelişimlerinin korunması çevresel anlamda oldukça önemlidir.

Köse (2021), balık geçitlerinin daha verimli bir şekilde işletilebilmesi için,

- Birçok balık geçidinde balıkların geçide girişini sağlamak için su şırıltısı oluşturmak üzere boru ile çağırma suyu bırakılması,
- Tüm regülatörlerde bulunan balık geçitlerinde can suyu geçit çıkışından verilmektedir ve çıkışta balıkların zarar görebileceği türbülans oluşmamalı,
- Bazı (küçük) regülatörlerde balık geçidi bulunmamaktadır. Bu nedenle balıkların beslenme, üreme vb. yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmeleri için tuzaklama ve taşıma yöntemi kullanılmalıdır.

Balık geçitleri özellikle nehir tipi HES projeleri gibi daha düşük debilere sahip akarsu üzerlerinde mevcut sucul yaşamın idame edebilmesi için uygun şartlarda planlanarak, uygulanması önem arz etmektedir. Zira o bölgede yaşayan balık türlerinin belirlenerek, en verimli çalışabilecek balık geçidi tipinin seçilmesi ve işletme süreçlerinin takip edilmesi gerekmektedir. Balık geçitlerinin düzenli olarak temizliklerinin yapılması, habitata uygun yeterli miktarda suyun bırakılması canlı yaşamının sürekliliğini sağlayacaktır. Balıkların sadece membadan mansaba değil aynı zamanda mansaptan

membaya geçişlerinin sağlanabilmesine olanak tanıyan balık geçitleri planlanmalıdır. Böylece özellikle yumurtlama döneminde balık popülasyonunun korunması sağlanacaktır. Çağırma suyunun bırakılması için oluşturulan kontrollü kapağın belirlenen su miktarını iletebilecek açıklıkta olması ve sürekli kontrol edilmesi gerekmektedir. Balık geçitlerinin üzerinin ızgaralar ile kapalı olması geçiş sırasında balıkları kuş türlerinden koruyacağı için güvenlik amaçlı yapılması gerekmektedir. Balık popülasyonunun korunması amacıyla regülatör ve balık geçitlerinin bulunduğu alanda balıkçılık faaliyetlerinin yasaklanması gerekmektedir. Balık geçitlerinin duvarlarında zamanla oluşabilecek aşınma ve çatlamalara karşı önlem alınmalı ve gerekli tadilatlar yapılmalıdır. Yan duvarlarda meydana gelebilecek çatlaklar su kaybına neden olacağı için geçidin çalışmasına engel teşkil edecektir. Regülatörlerden bırakılacak can suyu balık geçitlerinden verileceği için geçidin çıkışında türbülansa izin verilmeyecek, suyun enerjisinin kırılmasını sağlayacak yapılar inşaa edilmelidir. Balık geçitlerinin düzenli bakım, kontrol ve tadilatlarının yapılması, yeterli miktarda kontrollü suyun akışının sağlanması gerekmektedir. Balık geçitleri bulunmayan regülatörlerde ise tuzaklama ve taşıma yöntemiyle sucül yaşamın devamlılığı sağlanmalıdır.

HES projeleri her ne kadar yenilenebilir temiz enerji kaynakları olsa da akarsu yatağı akışının doğal yapısını değiştirdiği için regülatör yapısından kuyruksuyu kanalına kadar olan akarsu boyunca doğal yaşamın devam edebilmesi için yeterli ve kontrollü biçimde can suyu bırakılması ve uygun balık türlerine göre balık geçitlerinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca deneysel ve sayısal modelleme yöntemleri kullanılarak balık türleri ve akarsu akışına göre modellemeler yapılması, uygulama öncesi balık geçitlerinin daha iyi planlanmasına katkıda bulunacaktır. HES projelerinin mevcut ekosisteme olan etkisinin azaltılması ile HES projeleri uzun vadede çevresel etkilerini minimize edecek bir yapıya dönüşecek, doğa ile uyumlu enerji santralleri olarak yerini alacaktır.

Çıkar çatışması

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Akşit, S. (2018). Havuzlu balık geçitlerinin deneysel ve nümerik olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, TÜRKİYE.

Alp, A., Akyüz, A., Özcan, M. & Yerli, S.V. (2015). Ceyhan Nehri'ndeki balık popülasyonlarında göçlerin, habitat tercihlerinin ve balık geçitlerinin etkinliklerinin belirlenmesi. TÜBİTAK 112T266 Nolu Proje Sonuç Raporu, 181 s.

Alp, A., Akyüz, A., Özcan, M. & Yerli, S. (2020). Efficiency and Suitability of the Fish Passages of River Ceyhan, Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.17216/limnofish.618924>

Anonim. (2009). Balık geçitleri Tasarım, boyutlandırma ve izleme. DSİ yayını, 118s, Ankara.

Aslıyüksek, H.O. (2014). Ekolojik denge suyu debisinin balık geçitleri yönünden değerlendirilmesi: Rize İlindeki hidroelektrik santrallere uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE.

Baydar, Ş. (2014). Doğu Akdeniz Bölgesindeki balık geçit sistemlerinin yapısal özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, TÜRKİYE.

- Bless, R., Lelek, A. & Waterstraat, A. (1994). Rote Liste und Artenverzeichnis der in Deutschland in Binnengewässern vorkommenden Rundmäuler und Fische, Cyclostomata und Pisces: 137-156. Nowak, E., Blab, EJ & Bless.
- Boiten, W. (2002). Flow Measurement Structures. *Flow Measurement and Instrumentation*, 13(5-6), 203–207.
- Bunt, C.M., Castro-Santos, T. & Haro, A. (2012). Performance of fish passage structures at upstream barriers to migration. *River Res. Appl.* 28(4), 457–478. <https://doi.org/10.1002/rra.1565>
- Bülbül, O. (2019). Yukarı Ceyhan havzasındaki iki farklı balık geçidinin performanslarının biyolojik ve hidrolojik açıdan incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, TÜRKİYE.
- Can, M.C. (2022). Dikey yarıklı balık geçitlerinin deneysel ve sayısal modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, TÜRKİYE.
- Chanson, H. & Gonzalez, C. (2024). Downstream fish passage on dam spillway: Low fish mortality rate at Paradise Dam stepped spillway. *Ecological Engineering*, 204, 107267. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107267>
- Clay, C.H. (1995). Design of Fishways and Other Fish Facilities, second ed., Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Cooke, S.J., Paukert, C. & Hogan, Z. (2012). Endangered river fish: factors hindering conservation and restoration. *Endanger. Species Res.* 17, 179–191. <https://doi.org/10.3354/esr00426>
- Cooper, A.R., Infante, D.M., Daniel, W.M., Wehrly, K.E., Wang, L. & Brenden, T.O. (2017). Assessment of dam effects on streams and fish assemblages of the conterminous USA. *Science of The Total Environment*, 586, 879–889. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.067>
- Cooper, A.R., Infante, D.M., O’Hanley, J.R., Yu, H., Neeson, T.M. & Brumm, K.J. (2021). Prioritizing native migratory fish passage restoration while limiting the spread of invasive species: A case study in the Upper Mississippi River. *Science of The Total Environment*, 791, 148317. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148317>
- Ekren, M.G. (2015). Evaluation of Fish Passage Design: A Case Study in Vereinigte Weißeritz River, M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University, İstanbul, TÜRKİYE.
- Eroğlu, M., Düşükcan, M. & Çoban, M. Z. (2022). Perisuyu Çayı Üzerindeki Hidroelektrik Santraller ve Etkilenmesi Muhtemel Balık Türleri. *Dünya Sağlık Ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 5(2), 142-150. <https://doi.org/10.56728/dustad.1225091>
- Grimardias, D., Chasserieu, C., Beaufils, M. & Cattaneo, F. (2022). Ecological connectivity of the upper Rhone River: Upstream fish passage at two successive large hydroelectric dams for partially migratory species. *Ecological Engineering*, 178, 106545. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106545>
- Kadioğlu, C. (2010). Balık geçitlerinin sayısal analiz ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE.
- Knott, J., Mueller, M., Pander, J. & Geist, J. (2023). Bigger than expected: Species- and size-specific passage of fish through hydropower screens. *Ecological Engineering*, 188, 106883. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106883>
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Kutluyar, F. & Aksu, Ö. (2013). HES’ler ve Balıklar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 128-131.

- Köse, A.E. (2021). Hidroelektrik Santrallerde Balık Geçitleri Sorunları: Gümüşhane ve Bayburt Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, TÜRKİYE.
- Larinier, M., Travade, F. & Porcher, J.P. (2002). Fishways: Biological Basis, Design Criteria and Monitoring. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 364: 208.L
- Mallen-Cooper, M. G. (1996). Fishways and freshwater fish migration on SouthEastern Australia, Doctoral dissertation, University of Technology Sydney, Sydney, AUSTRALIA.
- Lonnebjerg, N. (1980): Fiskepas af Modströmstypen. – Ingeniörhöjskolen – Horsens Teknikum.
- Magaju, D., John Montgomery, J., Franklin, P., Baker, C. & Friedrich, H. (2023). Machine learning based assessment of small-bodied fish tracking to evaluate spoiler baffle fish passage design. *Journal of Environmental Management*, 325, 116507. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116507>
- Meşe, A. (2019). Hydraulic design of Borland fish lock for Ordu Turnasuyu hydro electric power plant, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE.
- O'Connor, J.E., Duda, J.J. & Grant, G.E. (2015). 1000 dams down and counting. *Science*, 348, 496–497. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9204>
- O'Connor, J., Hale, R., Cooper, M. M., Cooke, S.J. & Stuart, I. (2022). Developing performance standards in fish passage: Integrating ecology, engineering and socio-economics. *Ecological Engineering*, 182, 106732. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106732>
- Öner, A.A. & Sorgucu, O. (2016). Havuzlu Balık Geçidi Hidroliğinin Deneysel İncelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 168-176. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.295563>
- Özkaya, K. (2014). Numerical simulation of free surface flows at fish passages, Yüksek lisans tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE.
- Roscoe, D.W. & Hinch, S.G. (2010). Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish Fish.* 11(1),12-33. doi: 10.1111/j.1467-2979.2009.00333.x
- Sanchez-Perez, A., Torralva, M., Zamora-Marin, J.M., Bravo-Cordoba, F.J., Sanz- Ronda, F.J. & Oliva-Paterna, F.J. (2022). Multispecies fishways in a Mediterranean river: contributions as migration corridors and compensatory habitat for fish. *Sci. Total Environ.*, 830, 154613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154613>
- Silva, A.T., Lucas, M.C., Castro-Santos, T., Katopodis, C., Baumgartner, L.J., Thiem, J.D., Aarestrup, K., Pompeu, P.S., O'Brien, G.C., Braun, D.C., Burnett, N.J., Zhu, D.Z., Fjeldstad, H., Forseth, T., Rajaratnam, N., Williams, J.G. & Cooke, S.J. (2018). The future of fish passage science, engineering, and practice. *Fish Fish.*, 19, 340–362. <https://doi.org/10.1111/faf.12258>
- Sorgucu, O. (2016). Balık geçitlerinin hidrolik açıdan değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, TÜRKİYE.
- Sun, J.J., Tan, J.J., Zhang, Q., Shen, Y.T., Shi, J.Y., Zhang, H. & Shi, X.T. (2023). Attraction and passage efficiency for salmonids and non-salmonids based on fishway: a meta- analysis approach. *River Res. Appl.* 39 (10), 1933–1949. <https://doi.org/10.1002/rra.4194>
- Tan, J., Sun, J., Wang, Y., Tian, H., Cheng, B., Qing, J., Yan, X., Sun, G., Ke, S., Kattel, G.J. & Shi, X. (2024). Fish community dynamics following the low-head dam removal and newly installed fish passage in a

headstream tributary of Jinsha River, Southwest China. *Science of the Total Environment*, 954, 176774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176774>

Tüfek, Ö.M. (2009). Balık Geçitleri-Tasarım, Boyutlandırma ve İzleme, DSİ Yayınları, Ankara, Türkiye.

Twardek, W.M., Landsman, S.J. & Cooke, S.J. (2022). Collaboration between fish passage scientists and engineers: Insights from an international questionnaire. *Journal of Environmental Management*, 323, 116268. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116268>

Üçüncü, E., & Altındağ, A. (2012). Balık Geçitleri ve Tasarımı Üzerine Genel Bir Bakış. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(2), 50-58. <https://doi.org/10.18016/ksujns.23576>

Wang, J., Baoligao, B., Mu, X., Qie, Z. & Li, G. (2024). A coupled machine-learning-individual-based model for migration dynamics simulation: A case study of migratory fish in fish passage facilities. *Ecological Modelling*, 498, 110899. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2024.110899>

Yıldırım, Y. (2018). Video analysis based fish detecton and tail beat frequency estimation in fishways, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, TÜRKİYE.