

Tuzluca Barajı'nın Fayda Maliyet Analizi

Çağrı AKGÜN
İğdır Üniversitesi
cagriakgun2063@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7155-6191

Salim Serkan NAS
Gümüşhane Üniversitesi
serkannas@gmail.com
ORCID: 0000-0001-9054-4674

Araştırma Makalesi

DOI:...

Geliş Tarihi: 17.03.2021

Kabul Tarihi: 24.03.2021

Atıf Bilgisi

Akgün, Ç., Nas, S.S. (2021). Tuzluca Barajı'nın Fayda Maliyet Analizi, *Ahi Evran Akademi*, 2(1), 61-71

ÖZ

Barajlar, suyun akış yönüne bir engel inşa edilmesiyle bölgede bir rezervuar oluşmasını sağlayan yapılar olarak tanımlanmaktadır. Barajların; içme ve sulama suyu temini, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın kontrolü ve su kalitesinin iyileştirilmesi gibi birçok faydası bulunmaktadır. Bununla birlikte barajların ciddi bir inşaat maliyeti ve birtakım çevresel etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Son yıllarda dünyanın birçok yerinde baraj sayısının artmasıyla birlikte, barajlarla ilgili ekonomik analizler yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında İğdir ili, Tuzluca ilçesi Aras Nehri üzerinde yapılması planlanan Tuzluca Barajı ve Hidroelektrik Santral Projesi ele alınmıştır. Tuzluca Barajı'nın çevresel etki maliyeti; altı farklı çevresel faktör dikkate alınarak değerlendirilmiş ve barajın bir MWh elektrik enerjisi üretimi için çevresel etki maliyeti 13.78 \$olarak tespit edilmiştir. Bu maliyet baraj maliyeti, tarımsal getiriler ve elektrik enerjisi üretimi gelirleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda barajın, 5.76 yılda kendisini amorti edeceği ve projenin rantabilitesinin 3.75 olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Fayda Maliyet Analizi, Çevresel Etki Maliyeti, Hidroelektrik Enerji, Ekonomik Analiz, Kamu Yatırımları

Cost Benefit Analysis of Tuzluca Dam

ABSTRACT

Dams are defined as structures that create a reservoir in the region by constructing an obstacle in the direction of water flow. Dams have many benefits which irrigation and drinking water supply, hydroelectric power generation, flood control and water quality improvement as. However it is known that dams have significant construction cost and some environmental impacts. In recent years, with the increase in the number of dams in many parts of the world, economic analyzes of dams have been done. In this study, Tuzluca Dam which is planned to be built on Aras River in Tuzluca district of İğdir province, have been discussed. Cost of environmental impacts of Tuzluca Dam been evaluated by considering six different environmental impacts and environmental cost in terms of one megawatt hour electricity energy generation for dam have been calculated as about 13.78 \$. This cost has been compared with the dam cost, agricultural returns and electrical energy generation revenues. It has been determined that the dam will amortize itself in 5.76 years and the project's rentability is 3.75.

Keywords: Cost Benefit Analysis, Cost of Environmental Impact, Hydroelectric Energy, Economic Analysis, Public Investments

Giriş

Barajlar, bir vadinin iki yakası arasında oluşturduğu gövde vasıtasıyla bir rezervuar oluşturan yapılardır. Günümüzde içme - sulama suyu temini, elektrik enerjisi üretimi, taşkın ve sel kontrolü, su kalitesinin iyileştirilmesi, akarsu ulaşımı, balıkçılığın geliştirilmesi ve mesire alanları oluşturması gibi birçok amaca hizmet edebilmektedir (Berkün, 2005, s.137; Ağırlioğlu, 2007, s.11).

İlk inşa edilen barajlar sulama ve içme suyu sağlama amaçlıdır. Sonraki dönemlerde ise gelişen teknolojiyle birlikte elektrik enerjisi üretimi amaçlı birçok baraj inşa edilmiştir. Bu durum son yıllarda dünyadaki baraj sayısının çok hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuş; baraj sayılarının artmasıyla, birtakım çevresel problemler ortaya çıkmış ve barajların meydana getirdiği çevresel etkilerin boyutu ile fayda maliyet analizleri araştırma konusu olmuştur.

Barajlar ve hidroelektrik santraller (HES) ülkelerin ekonomik gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Özellikle elektrik enerjisi üretimi ve sulama suyu sağlanmasıyla, tarım ülkesi ve enerji ithalatçısı olan ülkemiz açısından son derece önemli bir gelir kaynağı olmuştur. Bu düşünceler ışığında ülkemizde de son yıllarda birçok baraj inşa edilmiştir.

Barajların oluşturduğu çevresel etkilerden bahsedilecek olunursa; geniş kara parçalarının sular altında kalmasına, barajın herhangi bir nedenle yıkılması durumunda ciddi can ve mal kayıplarına, bölgede yaşayan insanların yerlerinden edilmesine, o bölgede süregelen tarımsal üretimin sonlanmasına, yeni relokasyon yollarının yapılması ve oluşan baraj gölünden ekosisteme sera gazı emisyonuna sebep olmaktadır.

Geçmiş yıllarda barajların ekonomik analizleriyle ilgili yapılan çalışmalarda, barajların çevresel etkilerinden ziyade yatırım maliyetine odaklanılmıştır. Yatırım maliyeti; bir barajın inşaat maliyeti, kamulaştırma maliyeti ve yeniden yerleşme maliyetinin inşaat süresi faizi de dikkate alınarak toplanmasından oluşmaktadır. Yatırım maliyeti yüksek bir değer olarak karşımıza çıkmakta fakat bir barajın ortalama 40-50 yıl olan ekonomik ömrü boyunca sebep olacağı çevresel etkilerin de küçümsenemeyecek ve ekonomik fayda-maliyet analizlerinde ihmal edilemeyecek bir seviyede olduğu hesaplamalarda görülmüştür.

Herhangi bir bölgeye baraj yapılmadan önce, düşünülmesi gereken ilk şey barajın fayda-maliyet analizidir. Yapılan analizlerde barajın yatırım maliyeti ile inşaat ve işletme sürecinde ortaya çıkan çevresel etki maliyetleri, barajın elektrik üretimi ve/veya sulama gelirlerinden büyükse; bu baraj artık kârlı bir yatırım olmaktan çıkmakta, kamu kaynaklarının israf edilmesine ve zaman kayıplarına sebep olmaktadır.

Barajların meydana getireceği çevresel etkiler ve maliyetleri, planlama safhasında detaylıca düşünülmelidir. Planlama, herhangi bir projenin teknik ve ekonomik açıdan yapılabilirliğini araştırmak ve en uygun çözümü bulmaktır. Yapılan ekonomik analizler de projenin verimliliği hakkında değerlendirme yapılabilmesi açısından rantabilite oranı veya yıllık gelir gider farkı kullanılmaktadır. Rantabilite; ekonomik analiz süresince bir projenin yıllık gelirinin yıllık giderine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu oran 1'den büyükse proje ekonomik açıdan verimli olmaktadır. Yine amortisman süresi de, barajın ekonomik analizi sonucunda projenin verimliliği ile ilgili ipuçları vermektedir. Amortisman; faiz giderleri de dâhil olmak üzere projenin yatırım bedelinin geri ödenmesi için her yıl faizi ile birlikte ödenmesi gereken eşit taksitlerdir (Karataban, 1976, s.43; Keskin ve Demir, 2018, s.760).

Literatür

Barajlar ve HES'ler; ekolojik, iklimsel, kültürel, sosyo-ekonomik ve hatta psikolojik birtakım etkilere sebep olmaktadır. İlk dönemlerde fazla dikkat edilmeyen bu etkiler, dünyanın birçok yerinde baraj sayılarının artması ve bazı çevresel sorunların ortaya çıkmasıyla birlikte tartışılmaya başlanmıştır (Akgün, 2018, s.28).

Barajlar, fosil yakıtlar kadar hava kalitesini bozmamasına rağmen, nehir ekosistemini olumsuz etkilemekte, sudaki canlılarının hayatını tehlikeye atmakta, yöredeki tarihi yapıları, tarım alanlarını ve hatta ata mezarlıklarını sular altında bırakmaktadır. Yine yapılan birçok çalışmada barajların nehrin su kalitesini olumsuz etkilediği de belirtilmektedir. Barajlar, oluşturduğu geniş rezervuar alanıyla bölgedeki canlıların yaşam alanları yok etmekte ve birçok insanın yaşadığı yerleri terk etmesine sebebiyet vermektedir ki dünya çapında barajlardan dolayı 80 milyon civarında insan yeniden yerleşimlere maruz bırakılmıştır (Ludwig, 1982, s.269; Sanguri, 2013).

Barajların meydana getirebileceği problemlerden bir diğeri de baraj yıkılması durumudur. Geçmişte çeşitli nedenlerden dolayı (borulanma, aşırı yağış, temel deformasyonu vs.) birçok baraj yıkılması gerçekleşmiştir. Bu durum binlerce insanın hayatını kaybetmesine, ciddi ekonomik kayıplara ve milyonlarca canlı türünün yok olmasına neden olmuştur. Bu durumla ilgili çarpıcı örnekler vermek gerekirse; 2010 yılında Kazakistan'daki Kyzylagash Barajı'nın yıkılmasıyla 43 kişi, 2008 yılında Nepal'de Koshi Barajı'nın yıkılmasıyla 250 kişi, 1979 yılında Hindistan'da Machchu Barajı'nın yıkılmasıyla yaklaşık 5000 kişi hayatını kaybetmiştir (Williamson, 2017, s.10; Akgün, 2018, s.35).

Fosil yakıtlar sera gazı (GHG) emisyonu ile küresel ısınmaya sebep olduğu için yıllardır eleştirilmekteydi. Son yapılan çalışmalar barajların da bu konuda pek masum olmadığını göstermektedir. Barajlar oluşturduğu geniş rezervuar alanının altında kalan yaşam alanları ve bitkilerin çürümesi sebebiyle atmosfere CO₂ ve CH₄ emisyonu yapmaktadır. Çeşitli araştırmalara göre, dünya genelinde baraj rezervuarlarından yılda 1 milyar ton sera gazı emisyonu olduğu düşünülmektedir (McCartney, Sullivan, Acreman, 2001, s.20; The guardian, 2017).

Barajların oluşturacağı doğrudan ve dolaylı tüm etkiler, planlama safhasında yapılan ekonomik ve fayda maliyet analizlerinde hesaba katılmalıdır. Kamusal projelerinin ekonomik açıdan değerlendirilebilmeleri için birçok yöntem kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu yöntemlerin genellikle projelerin ürettiği mal ve hizmetler ile tükettiği mali ve fiziki kaynakların ekonomik ifadelerle belli bir karşılaştırma ortamına getirilmesi esasına dayandığını göstermektedir. Araştırmalara göre ekonomik analizler yapılırken üzerinde durulması gereken en önemli hususlardan birisi de zaman ve iskonto değerlerini hesaba katmaktır. Buna göre kâr ve maliyet gelecekte ortaya çıkıyorsa bunların iskontolanmış bugünkü değerini esas almanın, çalışmanın doğruluğu açısından önemli olduğu ifade edilmektedir (Genç, 2004; s.26 ve 28).

Barajların meydana getirdiği çevresel etkilerin maliyetiyle ilgili, Emiroğlu (2009, s.82) tarafından yapılan çalışmada Artvin'deki Yusufeli Barajı'nın ekonomik ömrü boyunca yıllık yaklaşık 1.3 milyon dolar maliyetinde çevresel etki oluşturacağı saptanmıştır.

Barajların çevresel etkilerinin maliyetiyle ilgili başka bir çalışmada ise Üslü (2011, s.89), Güneydoğu Anadolu Projesinin (GAP) son büyük projesi olan Ilısu Barajı için, barajın 50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde 743.4 milyon dolarlık bir çevresel etki maliyeti oluşturacağını hesaplamış ve toplam çevresel etki maliyetinin, barajın getirileriyle birlikte 6.48 yılda amorti edilebileceğini tespit etmiştir.

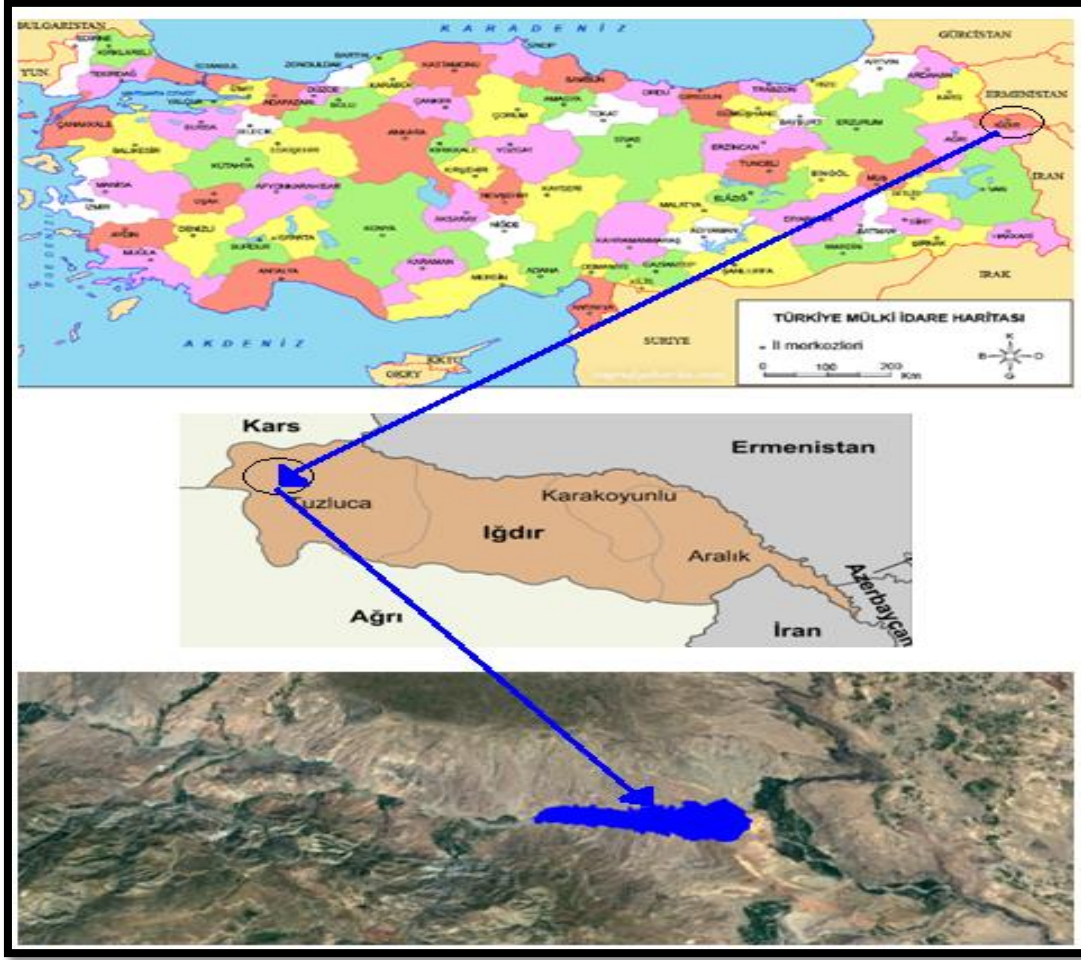
Kamusal projelerdeki fayda maliyet analizlerinin amacı, hükümetleri veya karar vericileri topluma fayda sağlayacak projelere yönlendirmektir. Bu konuda Fayda maliyet analizleri, ilk olarak 1808 yılında yine bir su kaynakları projesi için ABD'de kullanılmıştır (Karayılmazlar ve İşler, 2019, s.68).

Yapılan Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında; Iğdır ili, Tuzluca ilçesi, Aras Nehri üzerinde yapılması planlanan Tuzluca Barajı ve HES ele alınarak, barajın oluşturacağı çevresel etki maliyeti, altı farklı çevresel faktördikkate alınarak hesaplanmış; baraj maliyeti, tarımsal getiriler ve hidroelektrik enerji üretimi gelirleriyle karşılaştırılarak bir amortisman süresi ve rantabilite değeri tespit edilmiştir.

Tuzluca, Iğdır'ın batısında ve 40 km uzaklıkta bulunan, şehrin en büyük ilçesidir. Adını ilçenin isminden alan Tuzluca Barajı'nın proje sahası Aras Nehri şeridinde Kars – Erzurum - Iğdır karayolu ayrımında bulunmaktadır. Yapılacak olan Tuzluca Barajı ve HES'e ait yer bulduru haritası Şekil 1.'de verilmiştir.

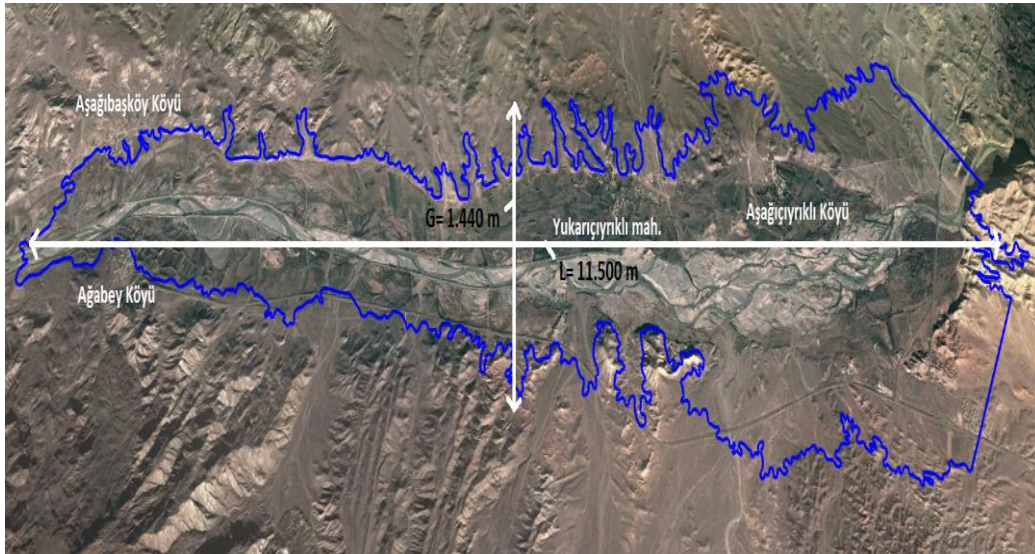
Şekil 1. Tuzluca Barajı ve HES'e ait yer bulduru haritası



(Akgün, 2018, s.46).

Barajın yapılmasıyla birlikte Ağabey, Aşağıcıvrıklı ve Aşağıbaşköy köyü, sular altında kalacaktır. Tuzluca Barajı'nın oluşturacağı rezervuar alanına ait uydu görüntüsü Şekil 2.'de verilmiştir.

Şekil 2. Tuzluca Baraj rezervuarının uydu görüntüsü



(Akgün, 2018, s.47).

Baraj, Aras Nehri üzerinde 45 m yükseklikte, toplam rezervuar hacmi 265 milyon m³ olacak şekilde tasarlanmıştır. Tuzluca Barajı ve HES 20 MW'lık bir kurulu güce sahiptir ve yılda ortalama 117 GWh enerji üreteceği tahmin edilmektedir (Dolsar, 2004, s.2-2; AK-TEL, 2015, s.6).

Tuzluca Barajı ve HES projesi, sulama suyu sağlama ve hidroelektrik enerjisi üretimi amaçlıdır. Yılda 117,10 GWh elektrik enerjisi üretiminin yanında, Iğdır'ın 150000 dekarlık bir alanına sulama suyu sağlayacağı düşünülmektedir. Elverişli iklim koşulları ve toprak yapısıyla birçok sebze ve meyve çeşidinin yetiştirilebildiği Iğdır, ülkemizin en az yağış alan bölgelerinden biridir. Tuzluca Barajı ile birlikte bölgenin sulama suyu ihtiyacının karşılanacak olması, tarımsal ürün miktarı ve çeşidinde önemli oranda artışlara sebep olarak ciddi zirai gelir artışları sağlayacaktır. Barajın yapımıyla ilgili Devlet Su İşleri 24. Bölge Müdürlüğü yetkilileriyle yapılan görüşmelerde, barajın yatırım programına alındığı ve 2021 yılı içerisinde ihale edilerek, yapımına başlanılacağı öğrenilmiştir.

Çevresel Etki Maliyetinin Hesaplanması

Barajlar, gerek inşaat aşamasında gerekse işletme safhasında rezervuarın varlığından kaynaklı sera gazı emisyonu (GHG) yapmaktadır. Bu miktarın tespitine ilişkin Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın ve Dünya Barajlar Komisyonu (WCD)'nin verileri kullanılmıştır. Buradan alınan verilerle; barajın tipi, kapasite faktörü ve kurulu gücü gibi karakteristik veriler de kullanılarak barajın meydana getireceği CO₂ ve CH₄ gazları C eşdeğer formuna dönüştürülerek toplam emisyon miktarı hesaplanmıştır (Emiroğlu, 2009, s.66 ve 67).

Hesaplamalara göre baraj atmosfere yıllık 1900.62 ton C eşdeğer formunda GHG emisyonu yapacaktır. Barajın meydana getirdiği toplam emisyon maliyetinin hesaplanabilmesi için uluslararası piyasada ekonomik karşılığı bulunan karbon emisyonunun birim maliyeti, 26.10 \$/ton olarak alınmıştır (Investing, 2020). Bu doğrultuda barajın bir MWh enerji üretimi için meydana getireceği toplam emisyon maliyeti;

$$\text{Emisyon Maliyeti}_{\text{MWh ortalama}} = \frac{1900.62 \times 26.10}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.42 \text{ \$/MWh hesaplanmıştır. (1)}$$

Baraj yıkılmaları çevresel etkiden ziyade bir felaket olarak nitelendirilebilir. Yıkılma sonucu oluşan taşkın etkileri bölgenin özelliklerine göre değişebilmektedir. Tuzluca Barajı'nın yıkılmasıyla oluşacak tahmini hayat kaybı sayısının hesabı için, DeKay-McClelland (1993) tarafından ileri sürülen bağıntı kullanılmıştır (Bowles ve McClelland, 2002, s.49; Akgün, 2018, s.92).

DeKay ve McClelland tarafından geliştirilen bağıntıda risk altında olan nüfus ve uyarı süresi parametreleri kullanılmıştır. Risk altındaki bölgeler olarak barajın mansabında bulunan yerleşimlerin toplam nüfusu 1778 kişidir. Yapılan hesaplamalar sonucunda Tuzluca Barajı'nın yıkılmasıyla meydana gelecek tahmini hayat kaybı sayısı 49 olarak tespit edilmiştir.

Tatalovich (1998, s.6), ortalama baraj yıkılma oranının (F) 10⁻⁴ olarak alınabileceğini belirtmiştir. Buna göre olası hayat kaybı miktarı (ED) aşağıda hesaplanmıştır.

$$E_D = F \times 49 = 10^{-4} \times 49 \quad (2)$$
$$E_D = 0.0049 \text{ kişi olarak tespit edilmiştir.}$$

Hesaplanan can kaybı miktarının iktisadi değeri için, insan hayatının ekonomik karşılığına ihtiyaç duyulmaktadır. ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın 2016 yılında yayınladığı bir rapor doğrultusunda bu değer 9.6 milyon \$ olarak alınmıştır (U.S., 2016).

Buna göre 1 MWh elektrik enerjisi üretimi için, gerçekleşmesi beklenen can kayıplarının maliyeti;

$$E_{D(S)} = \frac{0.0049 \times 9.6 \times 10^6 \$}{20 \times 8760 \times 0.67} = 0.40 \$/MWh \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (3)$$

Bir bölgeye baraj yapılması, oluşacak geniş rezervuar alanı nedeniyle birçok insanın yerinden edilmesine sebep olmaktadır. Doğal olarak bu durum bir yeniden yerleşim maliyeti oluşturacaktır. Bu maliyetin hesabı için Markandya (2000) tarafından önerilen formülasyon ve Devlet Su İşleri'nin geçmiş uygulamaları incelenerek, yerinden edilen kişi sayısı ve ülkemiz için kişi başına düşen gayrisafı yurtiçi hasıla değeri göz önüne alınarak; bu değer $1.87 \times 10^6 \$$ olarak hesaplanmıştır. (Emiroğlu, 2009, s.73; Akgün, 2018, s.98).

Ağırlioğlu (2007), Barajların kullanım ömrü uzun olduğundan fayda – maliyet analizlerinde karşılaştırmaların aynı para biriminde ve aynı zamanda yapılması gerektiğini belirtmiştir. Fayda ve maliyetlerin aynı zamanda denkleştirilmesi için, 2020 yılı faiz oranları da hesaba katılarak yıllık seri ödemelerin bugünkü değeri bağıntısı kullanılmıştır (Ağırlioğlu, 2007, s.37).

Barajın 50 yıllık bir ekonomik ömrü (n) olduğunu kabul edersek yıllık bazda 1 MWh için yeniden yerleşim maliyeti (YM) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Y_{M(S)} = \frac{Y_M \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}}{P[\text{MW}] \times 8760 \times 0.67} \quad (4)$$

Faiz oranı (i), Merkez Bankası'nın 2020 yılı verilerine göre %8.75 olarak alınmıştır.

$$Y_{M(S)} = \frac{1.87 \times 10^6 \$ \times \frac{0.0875 \times (1 + 0.0875)^{50}}{(1 + 0.0875)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67} = 1.42 \$/MWh \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (5)$$

Barajın su tutmasıyla oluşacak göl alanı, o bölgedeki 3 köyü sular altında bırakacaktır. Su altında kalacak Aşağıcıyıklı, Ağabey ve Aşağıbaşköy köyleri için oluşacak arazi kaybı maliyeti, daha önceden belirlenen kamulaştırma bedeli değeri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Barajın yapılabirlik raporunda (2002) 7.861 trilyon TL (eski) olarak belirtilen kamulaştırma bedeli, TÜİK verileri kullanılarak 2020 yılına göre güncellenerek $49.90 \times 10^6 \text{ TL}$ ($7.30 \times 10^6 \$$) olarak hesaplanmıştır.

1 MWh enerji üretimi için oluşacak arazi kaybı maliyeti, ülkemiz için güncel faiz oranları da göz önüne alınarak aşağıda hesaplanmıştır;

$$AKM_s = \frac{7.30 \times 10^6 [\text{\$}] \times \frac{0.0875 \times (1 + 0.0875)^{50}}{(1 + 0.0875)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67} = 5.52 \$/MWh \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (6)$$

Barajlar, oluşturduğu geniş rezervuar sebebiyle bölgedeki tarım arazilerini de sular altında bırakmakta ve bir tarımsal ürün kaybı meydana getirmektedir. Bu kaybın hesaplanması için barajın yapılabirlik raporundan proje sahasında yetiştirilen tarım ürünleri ve miktarı alınarak, TÜİK verileri ve piyasa

fiyatlarından yararlanılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir (Dolsar, 2004, s.5-18; Akgün, 2018, s.102; TUİK, 2020).

Tablo 1. Tarımsal üretim kayıplarının maliyeti

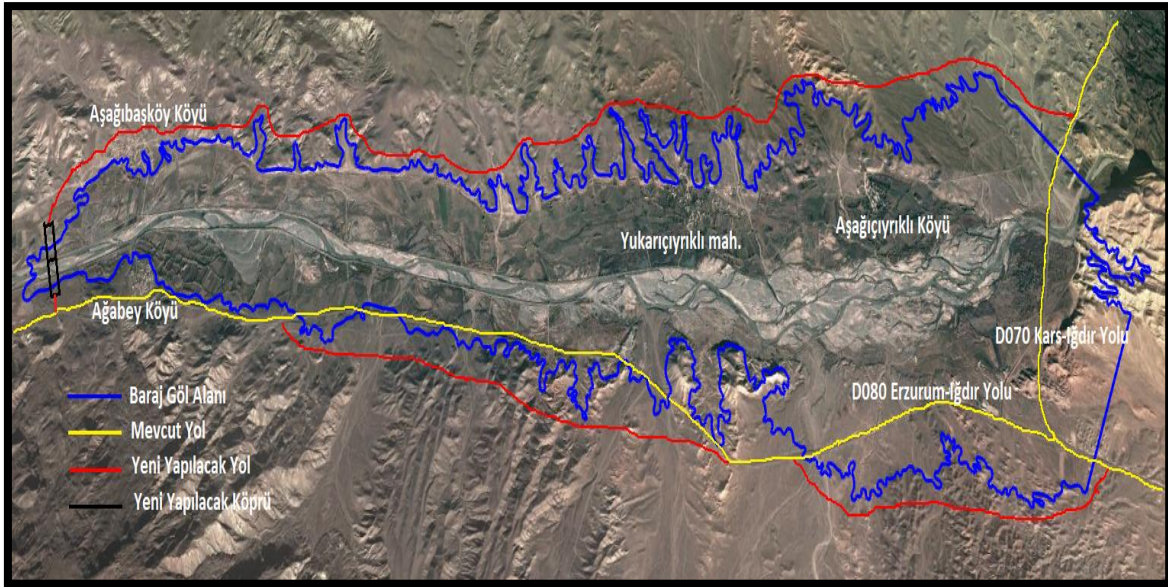
Tarımsal Ürünler	Üretim miktarı (ton)	Birim Fiyat (TL/ton)	Tarımsal Üretim Kaybı Maliyeti (TL)
Kayısı	67.35	3340	224949
Elma	107.76	1750	188580
Domates	316.55	1350	427343
Buğday	278.40	1220	339648
Arpa	10.80	1090	11772
Yonca	249.23	900	224307
Fasulye	13.47	6420	86477
Patates	23.61	1850	43679
TOPLAM			1546755

1,546,755 TL = 226,134 \$ olarak alınmıştır. 1 MWh başına tarımsal üretim kaybı maliyeti;

$$TÜKM_s = \frac{226134 \$}{20 \times 8760 \times 0.67} = 1.93 \$ \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (7)$$

Tuzluca Barajı'nın su tutmasıyla birlikte İğdir'dan Erzurum ve Kars illerine olan ulaşım yolları su altında kalacaktır. Bu illere ulaşımın yeniden sağlanabilmesi için yeni yollara ihtiyaç duyulmaktadır. Barajın ÇED ve yapılabirlik raporlarında 22 km'lik yeni yol ve tahmini 150 m uzunluğunda bir köprü yapılacağı belirtilmiştir (Dolsar, 2004, s.ek-8; AK-TEL, 2015, s.11). İlgili raporlarda belirtilen relokasyon yolları aşağıdaki şekilde kabaca gösterilmiştir.

Şekil 3. Relokasyon yolları



(Akgün, 2018, s.103).

Yeni yollar ve köprü için maliyet; Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı birim fiyatları ve çeşitli mühendislik hesaplamalar sonucunda 36,894,921.50 TL (5.40x 10⁶ \$) olarak hesaplanmıştır.

Buna göre 1 MWh elektrik üretimi için yıllık yol maliyeti, güncel faiz oranları göz önüne alınarak aşağıda hesaplanmıştır.

$$RYM_s = \frac{5.40 \times 10^6 \$ \times \frac{0.0875 \times (1 + 0.0875)^{50}}{(1 + 0.0875)^{50} - 1}}{20 \times 8760 \times 0.67} = 4,09 \$/MWh \quad (8)$$

Bu çalışmada Tuzluca Barajı ve Hidroelektrik Santrali'nin üreteceği her bir MWh enerji için oluşturacağı çevresel etkilerin maliyetleri hesaplanmıştır. Söz konusu etkiler ve maliyetleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2. 1 MWh enerji üretimi için çevresel etki maliyetleri

Çevresel Etkiler	Maliyet (\$/MWh)
Sera Gazı Emisyonu	0.42
Hayat Kayıpları	0.40
Yeniden Yerleşme	1.42
Arazi Kaybı	5.52
Tarımsal Ürün Kaybı	1.93
Relokasyon Yolları Maliyeti	4.09
TOPLAM	13,78

Fayda – Maliyet Analizi

Bu çalışmada yapılan hesaplamalar sonucunda, Tuzluca Barajı ve Hidroelektrik Santralinin üreteceği her bir MWh elektrik enerjisi için 13.78 \$'lık çevresel etki maliyeti meydana getireceği tespit edilmiştir. TEDAŞ'ın belirlediği güncel birim fiyatlara göre meskenlere satılacak 1 MWh elektriğin bedeli 710.23 TL (103.83) \$ olarak alınmıştır.

Tuzluca Barajı ve HES, yıllık 117.10 GWh elektrik enerjisi üretmesinin yanında Iğdır'ın 150000 dekarlık tarım alanlarına sulama suyu sağlayacağı düşünülmektedir (Dolsar, 2004, s.2-2; AK-TEL, 2015, s.123).

Sulama imkânlarının gelişmesiyle oluşacak zirai gelir artışlarını hesaplamak için, DSİ'nin sulama suyu sağlayan barajlar için belirlediği ve ortalama 40-130 \$/dekar arasında değişen sulama faydası değeri kullanılmıştır. Iğdır ili için sulama faydası değeri 70 \$/dekar olarak alınmıştır.

Buna göre barajın üreteceği yıllık 117.10 GWh elektrik enerjisinden yılda toplam 12.16x 10⁶ \$; zirai gelir artışından ise 10.50 x 10⁶ \$ ekonomik kazanç sağlanacaktır. Yine yapılan araştırma ve çeşitli mühendislik hesaplamalarına göre; barajın yapımı için gereken yatırım maliyetin 49.75 x 10⁶ \$ olduğu kabul edilmiştir.

Projenin rantabilitesinin hesaplanabilmesi için, toplam yatırım bedelinin yıllık maliyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Söz konusu değer için yine yıllık seri ödemelerin bugünkü değeri formülasyonu kullanılmıştır.

$$49.75 \times 10^6 \$ \times \frac{0.0875 \times (1 + 0.0875)^{50}}{(1 + 0.0875)^{50} - 1} = 4.42 \times 10^6 \$ \quad (10)$$

Barajın çevresel etkilerinin yıllık maliyeti ise; $13.78 \times 20 \times 8760 \times 0.67 = 1.62 \times 10^6$ \$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre projenin rantabilitesi;

$$R = \frac{12.16 \times 10^6 \$ + 10.50 \times 10^6 \$}{4.42 \times 10^6 \$ + 1.62 \times 10^6 \$} = 3.75 \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (11)$$

Bu çalışma kapsamında hesaplanan barajın çevresel etki maliyeti ise; yıllık 1 MWh enerji üretimi başına 13.78 \$ olarak tespit edilmiştir. Buna göre projenin 50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde; 80.88×10^6 \$'lık çevresel etki meydana getireceği düşünülmektedir.

Tuzluca Barajı ve HES projesinin 50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde oluşturacağı çevresel etki maliyeti ve barajın yatırım maliyeti, barajın yıllık faydasıyla karşılaştırıldığında;

$$\frac{49.75 \times 10^6 \$ + 80.88 \times 10^6 \$}{12.16 \times 10^6 \$ + 10.50 \times 10^6 \$} = 5.76 \text{ yıl}$$

5.76 yılda barajın, 50 yıllık çevresel etki maliyetini ve toplam yatırım maliyetini karşılayacağı görülmektedir.

Sonuçlar

Kamusal yatırımlara karar verme sürecinde gerçekçi bir fayda maliyet analizinin yapılması, ülkenin sınırlı kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımı noktasında planlayıcılara yol göstermektedir. Ülkemizde son zamanlarda en çok yapılan kamusal yatırımlardan biri olan barajlar; yüksek yatırım maliyeti ve uzun bir ekonomik ömre sahiptir. Bu akımdan baraj yapılmadan önce detaylı bir fayda-maliyet analizi yapılmalıdır. Geçmişte yapılan fayda maliyet analizlerinde barajın çevresel etkilerinden ziyade inşaat, kamulaştırma, relokasyon işlemleri gibi kamunun para harcadığı kalemler üzerinde durulduğu görülmüştür. Ancak bu çalışma kapsamında barajın oluşturacağı çevresel etkiler de tek tek irdelenmiş ve maliyet analizine dâhil edilmiştir.

Analiz yapılırken barajın ekonomik ömrü boyunca oluşturacağı çevresel etkilerin de hesaba katılması önemli bir husustur. Bir barajın 40-50 yıllık ekonomik ömrü içerisinde meydana getireceği çevresel etki ve maliyetlerin ihmal edilemeyecek boyutta olduğu düşünülmektedir. Baraj projelerinin oluşturacağı çevresel etkilerin maliyetini hesaplayabilmek için tam anlamıyla kabul görmüş, genel bir yöntem bulunmamaktadır. Eksikliği hissedilen bu konuda bir fayda maliyet analizi, şu an planlama aşamasında olan Tuzluca Barajı için uygulanmış ve bir fayda maliyet karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmanın konusunu oluşturan Tuzluca Barajı'nın Fayda Maliyet Analizi, çeşitli çevresel etkiler ve yatırım maliyeti dikkate alınarak projenin getirileriyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizlere göre; Tuzluca Barajı ve HES projesinin 5.76 yılda 50 yıllık çevresel etki maliyetini ve toplam yatırım maliyetini amorti edeceği görülmüştür. Projenin rantabilitesi, 3.75 gibi yüksek bir değer olarak karşımıza çıkmıştır. Barajın yıllık 22.66×10^6 \$'lık faydasının yanında 6.04×10^6 \$'lık maliyetinin küçük bir değer olduğu görülmüştür.

Iğdır Ovası, yumuşak bir iklime ve verimli topraklara sahip olmasına karşın ülkemizin en az yağış alan bölgelerinden birisidir. Yağış ve sulama imkânlarının yetersiz olması şehri tarımsal potansiyelinin altında üretim yapmaya mahkûm kılmıştır. Tuzluca Barajı ve HES'in tamamlanmasıyla birlikte; Iğdır'ın temmuz ve ağustos aylarındaki sulama suyu ihtiyacı karşılanacak olup bölgede ciddi miktarda tarımsal ürün ve zirai gelir artışı sağlanacaktır. Sulama faydasının yanında barajın üreteceği yıllık 117.10 GWh enerji ile Iğdır ili tükettiği elektriğin büyük bir kısmını kendi sınırları içerisinde

yenilenebilir bir enerji kaynağından karşılanmış olacaktır. Yine baraj, bölgede taşkın kontrol hizmeti sürdürerek verimli toprakların korunmasını sağlayacak, mesire alanları oluşturacak ve bölgede balıkçılığı geliştirecektir. Bu bakımdan Tuzluca Barajı ve HES projesinin şehir için faydalı bir proje olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında hesaplanan rantabilite ve amortisman süresi değerleri de projenin verimliliğine işaret etmektedir.

Kaynakça

- Akgün, Ç. (2018). Tuzluca Barajı Çevresel Etkilerinin Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Ağırlioğlu, N. (2007). Baraj Planlama ve Tasarımı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- AK-TEL, (2015). Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve HES Projesi Nihai Çed Raporu, AK-TEL Mühendislik Eğt. Tur. Gd. San. Tic. Ltd. Şti., Ankara.
- Berkün, M. (2005). Su Kaynakları Mühendisliği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bowles, D.S., McClelland, D.M. (2002). Estimating Life Loss For Dam Safety Risk Assessment A Review and New Approach, U.S. Army Corps of Engineers, Utah.
- DeKay, M. L., and G. H. McClelland. (1993b). Predicting Loss of Life in Cases of Dam Failure and Flash flood. Risk Analysis 13(2):193-205.
- Dolsar, (2004). Aşağı Aras Havzası Tuzluca Barajı ve Hidroelektrik Santrali Projesi Yapılabilirlik Raporu, Dolsar Müh. Ltd. Şti., Ankara.
- Genç, O. (2004). Baraj Planlaması, Ekonomik Analiz, Mali Analiz ve Maliyet Ayrımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karataban, A.Y. (1976). Su Kaynaklarının Planlama ve İdaresinde Ekonomik ve Mali Fizibilite, DSİ Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Karayılmazlar, A.Y., İşler, İ. (2019). Kamu Yatırım Projelerinde Fayda Maliyet Analizi, Pamukkale Üniversitesi SBE Dergisi, Denizli 35, 66-82.
- Keskin, A.Ü., Demir, Ş.D. (2018). Amasya Değirmendere Barajında Sulama Alanı ve Baraj Yüksekliği Arasında Ekonomik Analiz, Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 20(60), 755-764.
- Ludwig, H. F. (1982). Environmental Aspects of Multi - Purpose Reservoir Projects in Developing Countries, Water Science and Technology, 14, 269-288.
- Markandya, A. (2000). Methods for Valuation of Impacts of Hydropower, Department of Economics, University of Bath. One of the 126 Contributing Papers to the World Commission on Dams.
- McCartney, M.P., Sullivan, C. and Acreman, M.C. (2001). Ecosystem Impacts of Large Dams IUCN/ UNEP / WCD, 82p.
- Tatalovich, J. (1998). Comparison of Failure Modes From Risk Assessment and Historical Data for Bureau of Reclamation Dams, Bureau of Reclamation, DSO-98-1, 70p.
- U.S., (2016). U.S. Department of Transportation, Office of the Secretary of Transportation, Guidance on Treatment of the Economic Value of A Statical Life (VSL) in U.S. Department of Transportation Analyses, USA, 2016, 12p.

- Williamson, T. (2017). Historic Dam Failures and Recent Incidents, Engineers Ireland, Ireland.
- Investing, (2020). <https://tr.investing.com/commodities/carbon-emissions> (Eriřim tarihi: 3 Haziran 2020).
- TUİK. (2020). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (Eriřim tarihi: 4 Haziran 2020).
- Theguardian, (2017). <https://www.theguardian.com/global-development/2016/nov/14/hydroelectric-dams-emit-billion-tonnes-greenhouse-gas-methane-study-climate-change> (Eriřim tarihi 14 Ekim 2017).
- Sanguri M. (2013). Negative Impacts of Hydroelectric Dams, <https://www.brightubeengineering.com/geotechnical-engineering/71200-negative-impacts-of-hydroelectric-dams/>.