



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2010, Volume: 5, Number: 4, Article Number: 1A0115

ENGINEERING SCIENCES

Received: August 2010

Accepted: October 2010

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Atilla Dorum¹

Uğur Akkaya²

Hakan Polat³

Gazi University¹⁻²

Gumushane University³

adorum@gazi.edu.tr

Ankara-Turkey

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK AÇISINDAN BARAJ GÖVDE TİPİNİN SEÇİMİNİ ETKİLEYEN
FAKTÖRLER**

ÖZET

Ekonomisinin önemli bir kısmı tarıma dayalı olan ülkemiz için barajlar büyük bir öneme sahiptir. Baraj gövde tipinin belirlenmesinde maliyet, arazinin topoğrafik ve jeolojik durumu, bölgenin sosyoekonomik yapısı, bölge için geleceğe yönelik su politikaları gibi birçok faktör vardır. Bu çalışmada Ülkemizde GAP Batman - Silvan Projesi Planlama Raporu kapsamındaki, Dicle nehrine soldan karışan çaylar üzerinde planlanan, Karacalar barajı esas alınarak, barajın çevreye yapacağı etkiler, bulunduğu jeoloji ve doğal yapı malzemesine uygunluğu ve maliyet karşılaştırılmalarının gövde tipi seçimine etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Baraj, Maliyet, Baraj Gövdesi, Çevre

FACTORS OF THE SELECTION OF DAM BODY TYPE IN TERMS OF SUSTAINABILITY

ABSTRACT

An important part of the economy based on agriculture which for our country, dams have a great importance. Determining the dam body type, there are many factors; such as; the cost, topographic and geologic conditions of the land, the region's socio-economic structure and water policies for the future of the region. In this study, under the Gap Batman-Silvan Project Planning Report, based on Karacalar Dam, the affects of dam's environmental impacts, the eligibility of geology and natural building materials and the affects of the cost comparisons for body type selection, have been investigated.

Keywords: Dam, Cost, Dam Body, Environment

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Baraj suyu toplama, sulama ve elektrik üretme amacıyla akarsular üzerine yapılan bent olarak tanımlanmaktadır [1]. Barajlar su gereksinimini karşılamak amacıyla kullanılmakta, selleri azaltarak veya önleyerek mevsimlere göre düzensiz dağılan su kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Su kaynaklarının korunumu projeleri kapsamında barajlar su temini, sulama, taşkın kontrolü, hidroelektrik enerji üretimi, ulaşım, eğlence, kirlilik azalımı, endüstri gereksinimi, balıkçılık, faunanın korunumu, tuzluluk kontrolü ve yeraltı sularının beslenmesi gibi amaçlara yönelik olarak inşa edilir [2].

2. BARAJLARIN SINIFLANDIRILMASI (CLASSIFICATION OF DAMS)

Her biri ayrı bir uzmanlık alanını oluşturan hidrolik, jeolojik ve topoğrafik çalışmalar ile ekonomik analizler sonucu bir barajın yapılıp yapılamayacağına karar verilir. Bu durumda söz konusu barajın hacmi, yüksekliği, dolusavak kapasitesi, tünel ve su alma yapılarına ait kapasitelerin yanı sıra barajın gövde tipine de karar verilir. Barajlar öneme göre çeşitli şekillere sınıflandırılırlar [3].

2.1. Büyüklüklerine Göre Baraj Sınıfları (Dams Classes According To Size)

Barajlar büyüklüklerine göre büyük baraj veya küçük baraj (gölet) olarak sınıflandırılır. Bununla beraber bu sınıflandırmayı kesin tanımlar ile vermek mümkün değildir. Uluslar arası büyük barajlar komisyonu (ICOLD) [4] büyük barajlar için aşağıdaki sınıflamayı yapmıştır.

- Kret ile temeli arasındaki yükseklik 15 m'den fazla olan barajlar,
- Yüksekliği 10m ile 15m arasından olan fakat buna ek olarak;
 - o Kret uzunluğu >500m.
 - o Hazne hacmi > 1000 000 m³
 - o En büyük taşkın debisi > 2000 m³/sec

gibi hususlardan en az birisinin mevcut olduğu barajlar büyük baraj olarak isimlendirilir. Küçük barajlar, ya da göletler, bu tanımın dışında kalan etüt, proje ve inşaat esasları daha basit ve çabuk sonuç alıcı kriterlere göre yapılan barajlardır.

2.2. Yapım Amaçlarına Göre Baraj Sınıfları (Classified by Purpose of Construction of Dams)

Tek Amaçlı Barajlar;

- İçme, kullanma ve endüstri suyu sağlayan barajlar
- Tarım yapmak için gerekli suyu sağlayan sulama barajları,
- Hidroelektrik enerji üretmek için yapılan enerji barajları,
- Taşkın koruma barajları,
- Başka bir barajın mansap şartlarının düzenlenmesi, yeraltı suyunun beslenmesi, su kirliliğinin önlenmesi, fabrika atıklarının depolanması, su ürünlerinin yetiştirilmesi ve benzeri amaçlı barajlar [4].

Birden fazla fonksiyonu yerine getiren çok amaçlı barajlar;

Barajlar çoğunlukla birden fazla amaca hizmet etmek üzere inşa edilirler. Birden fazla amacın hedeflendiği barajlarda ayrı ayrı her amaca hizmet verebilecek bir rezervuar tahsisine gidilir. Çok amaçlı genel bir projede depolama, taşkın kontrolü ve rekreasyona yönelik fonksiyonlar bir arada bulundurulmalıdır [5].

2.3. Gövde Malzemesine Göre Baraj Sınıflandırması (According to the Classification of the Dam Body Material)

Baraj gövde tiplerinin, özelliklerinin değişik yönlerden değerlendirilmelerine göre, farklı sınıflandırmalarının yapılması

mümkündür. Aşağıdaki sınıflandırma ise, bazı özel uygulamaların dışında, baraj gövdesinde kullanılan malzeme cinsine ve bundan yararlanma şekline göre yapılmıştır [6].

Dolgu Barajlar

- *Homojen gövdeli barajlar*
- *Zonlu barajlar*
- *Toprak dolgu*
- *Kaya dolgu*
- *Karışık zonlu dolgu*
 - o *Memba sevi geçirimsiz kaplamalı kaya dolgu barajlar*
 - o *Asfalt memba kaplamalı*
- *Beton memba kaplamalı*
- *Metal, vs. memba kaplamalı*

Beton Barajlar

- *Beton ağırlık barajları*
 - *Dolu gövdeli*
 - *Boşluklu gövdeli*
 - *Payandalı*
 - *Sermebeton (R.C.C.) gövdeli*
- *Beton kemer barajlar*
 - *Kemer ağırlık gövdeli*
 - *Basit silindirik gövdeli*
 - *İki eğrilikli gövdeli*

Karma Tipte Barajlar

Çoğunlukla dolgu ve beton ağırlık gövde kombinasyonlarından oluşur.

3. BARAJ TİPİNİN SEÇİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER (FACTORS AFFECTING SELECTION OF DAM TYPE)

Baraj gövde tipinin seçiminde, aks yerinin tasarlanan baraj tipine teknik yönden uygun olup olmaması birinci derecede rol oynar. Bazı özel durumların dışında, aks yeri birden fazla tipte baraj gövdesinin projelendirilmesine uygun olabilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığı takdirde, uygun görülen baraj tipleri planda yerleştirilip, boy ve enkesitleri hazırlanır ve diğer yapıların etkileri de göz önünde bulundurulur, kabaca ekonomik karşılaştırmaları yapılır. Bazı durumlarda, tesis ile ilgili diğer bir yapının maliyetinin az olması da baraj gövde tipinin seçilmesinde önemli bir etken olabilmektedir.

Buna örnek olarak, baraj gövdesi ile dolusavak ilişkisi verilebilir. Bir aks yerinde tasarlanan dolgu ve beton tipindeki barajların birbirine yakın maliyet değerleri olduğunu düşünüldüğünde, dolgu tipindeki barajda, gövde dışındaki dolusavağın boşaltım kanalı uzun ve yapı büyük hacimde kazı ile beton sarfiyatını gerektiriyor ise beton tipinde gövde üzerinde düzenlenmiş ekonomik bir dolusavak yapısı, toplam maliyeti önemli ölçüde düşürecektir.

Genel olarak baraj gövde tipinin seçimini belirleyen faktörler aşağıdaki başlıklarda açıklanmıştır [4].

3.1. Topografya (Topography)

Topoğrafik değerlendirmeler bir baraj tipinin belirlenmesinde kararlaştırılma için başvuru alan ilk bilgileri içermektedir. Baraj ve rezervuar alanının yüzey oluşumu ile baraj yerine ve malzeme alanlarına ulaşım gibi konuların ele alındığı topoğrafik çalışmalar sonucunda yapılacak barajın tipi hakkında ilk düşünceler oluşmaktadır. Mesela, sağlam

ve yüksek kayalıkların bulunduğu bir vadiye inşa edilecek baraj tipinin beton bir baraj olacağı açıktır (Şekil 1). Yeterli ve kaliteli malzeme olması halinde bu gibi yerlerde kaya dolgu bir barajın yapımı da düşünülebilmektedir. Ancak oldukça dik ve derin bir vadide kaya dolgu bir baraj inşa edip ayrıca bir dolusavak yapmaktansa, dolusavağı üzerine oturtma imkanı bulunan beton bir baraj inşaatı daha uygun ve daha ekonomik olabilmektedir. Diğer yandan geniş vadiler üzerine genellikle dolgu barajların inşası daha uygun olmakta (Şekil 2); bu iki durum arasında kalan yerlerde ise karma bir baraj yapımı düşünülerek de çözüm yoluna gidilebilmektedir [4].



Şekil 1. Beton gövdeli Berke barajı
(Figure 1. Berke dam is concrete-bodied)



Şekil 2. Dolgu gövdeli hasanoğurlu barajı
(Figure 2. Hasanoğurlu dam is fill-bodied)

3.2. Jeolojik Şartlar (Geological Conditions)

Tasarlanan baraj aksındaki jeolojik şartlar, temel tabakalarının kalınlığı, mukavemeti ve eğimi ile geçirgenliği, kırıklar ve fay zonları baraj tipinin seçiminde etkili olmaktadır [7].

Nehir yatağında derin bir alüvyon tabakası bulunması, beton barajın aleyhinde olan bir faktördür. Ayrıca temel kayasının taşıma gücünün düşük oluşu, dolgu baraj tipinde bir seçim yapılmasını gerekli kılabilir [7].

3.3. Dolgu Malzemelerinin Yeterli Miktar Ve Kalitede Mevcut Olması

(Filler Materials are Present in Sufficient Quantity and Quality)

Baraj aksı civarında yeterli miktarda inşaat dolgu malzemesi mevcut bulunmalıdır. Örneğin, jeolojik şartlar bir dolgu barajı gerektiriyor, fakat civarda çekirdek için geçirimsiz malzeme bulunmuyorsa, zonlu dolgu yerine homojen dolgu seçilir. Şayet barajın özellikleri (yüksekliği v.s.)

buna da elvermiyorsa, asfalt veya beton memba kaplamalı kaya dolgu tipine gidilebilir [5].

3.4. Yapı Malzemelerinin Baraj Yerine Mesafesi (The Length of Construction Material to the Dam)

Bir baraj aksı için dolgu veya beton baraj tipinin her ikisi de uygun görülüyorsa, dolgu malzeme ocaklarının uzaklığı, beton baraj tipinin tercihini gerektirebilir. Bunun için bir maliyet karşılaştırması yapılmalıdır [4].

3.5. Bölgedeki Sismik Aktivite (Seismic Activity in the Region)

Bölgede sismik aktivitenin yoğun bulunması, özel bir baraj tipinin seçilmesini gerektirebilir. Bu durumda barajın temel ve yamaç şartları da göz önünde bulundurulur. Bu bölgelerdeki dolgu barajlar da ince kil çekirdekten, gövde içersinde geçirimsizliği sağlayacak düşey beton perdelerden kaçınılır [5].

3.6. Meteorolojik Şartlar (Meteorological Conditions)

Eğer inşaatta killi yapı malzemesi büyük çapta söz konusu oluyor, fakat iklim şartları bunun işlenmesine uygun olmuyorsa, örneğin her mevsim yağışlı veya uzun süre don periyodu varsa, bu durumda beton baraj tipinin seçimine gidilir. Burada gerekli görülen inşaat süresi de beraber düşünülmesi gereken bir faktördür [4,5].

3.7. İnşaat Süresi (Construction Period)

Herhangi bir sebepten dolayı inşaat süresi kısıtlı ise, çabuk inşa edilebilecek bir baraj tipi seçilir [8].

3.8. Gerekli Teknoloji ve Uzman Kadronun Mevcudiyeti (The Existence of the Necessary Technology and Expert Staff)

Eğer belirli tipte bir baraj inşaatı için yeterli teknoloji ve yetişmiş uzman mühendis, usta, işçi ve müteahhit bulunmuyorsa ve bunların ithali de istenmiyorsa, projelendirme ve uygulama şartlarının daha kolay yerine getirilebileceği bir baraj tipi seçilir [4-7].

3.9. Aktif Hacim (Active Volume)

Aktif hacmi hızlı bir şekilde boşalan barajlarda, memba şev kaymalarını önlemek için ani seviye düşmelerine duyarsız baraj tipleri seçmek gerekir. Örnek olarak beton ve membası geçirimsiz membranla kaplamalı kaya dolgu barajlar verilebilir. Zonlu barajlarda, merkezi kil çekirdekli çözümler kullanılır [8].

3.10. Doğanın Korunması Ve Çevre Şartları (Nature Conservation And Environmental Conditions)

Doğa ve çevrenin korunması günümüzde çok önem kazanmıştır. Mesela bitki örtüsünün çok yoğun olduğu bölgelerde, kil malzeme elde edebilmek için çok kıymetli tarımsal arazilerin talan edilmesi, ağaçların sökülmesi, doğaya çirkin bir görünüm verilmesi yerine, kil malzeme gerektirmeyen geçirimsiz memba kaplamalı kaya dolgu tipinde bir baraj gövdesi seçilmesi daha uygun olmaktadır.

Kaya tabakası ile korumalı bir mansap şevi yerine, çimen ve bodur bitkilerle kaplanmış bir şev, doğa ile daha güzel bir uyum sağlayacaktır.

Dolgu veya beton tipinde baraj gövdelerinin seçiminde, ilgili diğer yapıların maliyetlerinin rol oynamasına rağmen, genelde vadinin biçimi ve jeolojisi tercih için en önemli faktör olmaktadır.

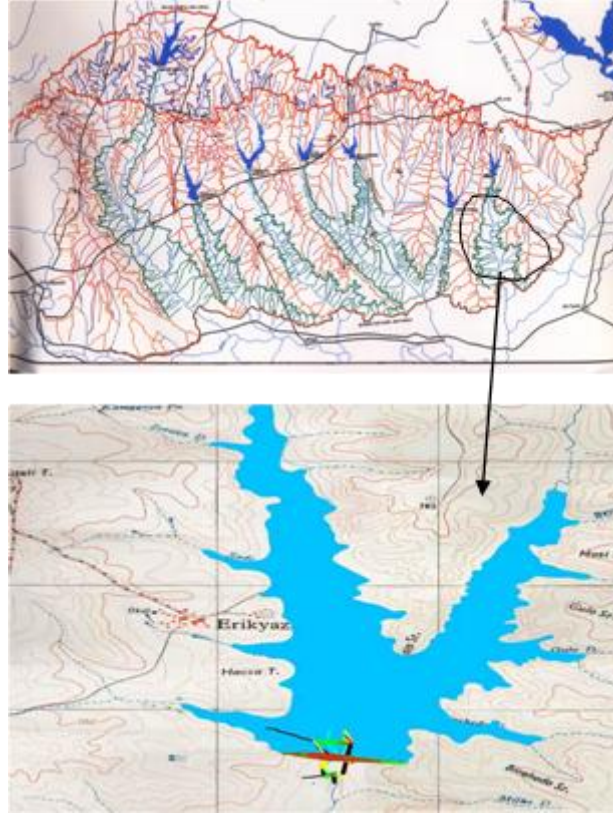
Dar vadiler kemer ve ağırlık barajlarının projelendirilmesine elverişlidir. Ağırlık barajlarının, vadi genişledikçe ve tabanda alüvyon kalınlığı arttıkça ekonomisi azalır ve dolgu gövde lehine gelişir. Payandalı (boşluklu) beton barajlar daha geniş vadilerde ekonomik olabilir.

Derin bir vadi ile üst kotlarda yatık yamaç kombinasyonlarında karma tipte baraj gövdeleri projelendirilebilir [8].

4. KARACALAR BARAJINA GENEL BAKIŞ (AN OVERVIEW OF THE DAM KARACALAR)

GAP Batman - Silvan Projesi Planlama Raporu kapsamındaki Dicle nehrine soldan karışan çaylar üzerinde düşünülen ve toplam 245 372 ha alanın sulanmasını sağlayacak 7 adet ova depolamasından birisi olan Karacalar Barajına ait Mollaali çayı (Şekil 3) Vadisindeki 5099 ha alanın sulanması planlanmaktadır [9].

Planlanan baraj bir sulama projesidir. Proje büyük olduğundan hem inşaat aşamasında ve hemde işletme aşamasında çok önemli neticeler doğurmakta ve faydalar temin etmektedir. Bölgede yaygın olan kuru tarım şartlarından sulu tarım şartlarına geçilmesi suretiyle meydana gelen gelir 6,5 kat artmaktadır [9]. Tarım gelirlerinin artması aynı zamanda tarıma dayalı sanayinin de artışı beraberinde getirmekte ve ekonomik gelişme katlanmaktadır. Diğer taraftan çok önemli iş gücü ihtiyacı doğmaktadır.



Şekil 3. GAP Batman - Silvan Karacalar barajı
(Figure 3. GAP Batman - Silvan dam Karacalar)

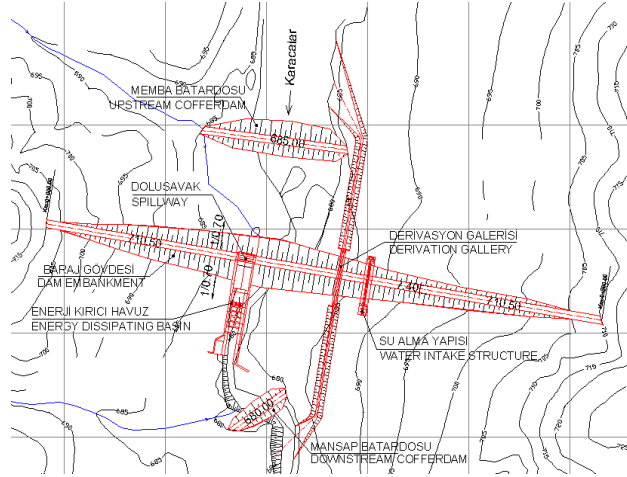
Ekonomik gelişme sosyal ve kültürel gelişmeyi de beraberinde getirmektedir. Bölgede yaşayan insanların gelirlerinin artışına paralel olarak eğitim düzeylerinde artması düşünülmektedir. Bütün bunlar sadece Karacalar barajı için değil aynı zamanda GAP Batman-Silvan projesinde bulunan tüm baraj ve hidroelektrik santralleri çevresindeki halk için direkt olarak etkili olacağı düşünülmektedir.

Barajın yapılmasıyla civardaki halk için önemli birçok mesire yeri oluşturulması, doğal bir peyzaj ögesi olan suyun baraj gölünde depolanması ile civar sakinleri için fevkalade iyi bir ortam oluşması planlanmaktadır.

4.1. Karacalar Barajı Gövde Tipinin Seçilmesi (Choose the type of dam body Karacalar)

Baraj yerinin topoğrafik ve jeolojik koşulları genellikle dolgu tipi barajların yapılmasına uygun olduğu, baraj yerinin topografyasının çok yayvan olduğundan beton ağırlıklı vb. baraj tipleri için uygun olmayacağı belirlenmiştir. Karacalar barajı yapımında ekonomiklik ve çevrede bulunan doğal malzemeler göz önüne alınarak 4 tip baraj gövdesi incelenmiştir [9].

- Hardfill (kuru beton)
- Silindirle sıkıştırılmış beton
- Önyüzü beton kaplı kum çakıl gövdeli
- Kil çekirdekli kum çakıl gövdeli



Şekil 4. Karacalar barajı genel vaziyet planı (gövde tipi hardfill)
(Figure 4. General layout of the dam Karacalar) (body type hardfill)

İncelenen gövde tiplerinin maliyet analizleri Tablo 1’de, avantaj ve dezavantajları aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir. Tablodan bölgede yeterli miktarda bulunan doğal malzemelerin bulunması nedeni ile maliyetin önemli derecede düştüğü anlaşılmaktadır. Buna göre Karacalar barajı için “kil çekirdekli kum çakıl dolgu” beton gövde tipi seçimi yapılmıştır.

Tablo 1. Gövde tipi maliyetlerinin karşılaştırılması
(Table 1. To compare the cost of dams body type)

GÖVDE TİPİ BARAJ ÜNİTESİ	HARDFİLL BETON	ZONLU KUM ÇAKIL DOLGU	ÖN YÜZÜ BETON KUM ÇAKIL	RCC BETON
Baraj Gövdesi ve Batardolar	23 744 172	8 227 847	9 033 361	17 420 073
Dolusavak	918 102	582 386	582 386	862 514
Derivasyon-Dipsavak kondüvisi	1 102 806	708 247	509 611	265 688
Yollar	88 048	238 485	238 485	88 048
TOPLAM MALİYET (TL)	25 853 128	9 756 765	10 363 843	18 636 323

Seçilen gövde tiplerinin maliyetlerinin dışında avantaj ve dezavantajları ise şunlardır;

Hardfill Beton Gövde

Avantajları

- Gövde üzerine yerleştirilen dolusavak yapısı ile maliyetin düşürülmesi
- Gövde sıyırma kazısının az olması nedeniyle maliyetin düşmesi
- Gövde şevlerinin dik olması nedeniyle Derivasyon Dipsavak ünitesi boyunun kısılması

Dezavantajları

- En Pahalı alternatif ve beton gövde olması nedeniyle zemin gerilmelerinin büyük olması
- Göl alanının fazla geniş olmaması sebebiyle kamulaştırmanın fazla olmaması, fakat göl alanının tamamının kamulaştırılması

Zonlu Kum -Çakıl Gövde

Avantajları

- En ucuz alternatif olması ve gerekli dolgu malzemesinin mevcut ocaklarda yeterli bulunması
- Mevcut malzeme ocaklarında gövdedeki gerekli olan kum-çakıl malzemesinin yeterli olması
- Gövde şevlerinin yatık olması nedeniyle temel zemininde gerilmelerin en az çıkması

Dezavantajları

- Gövde dolgu hacminin en fazla olması sebebiyle inşaat süresinin uzaması
- Riprap kayasının 15 Km gibi uzak mesafeden taşınması
- İklimin kurak olması nedeniyle inşaat sırasında kil dolgu su muhtevasının zor sağlanabilmesi

Ön Yüzü Beton Kaplamalı Kum-Çakıl Gövde

Avantajları

- İkinci en ekonomik gövde alternatifi olması ve klasik metotlarla dolgu imalatının yapılabilmesi
- Mevcut malzeme ocaklarında gövdedeki gerekli olan kum-çakıl malzemesinin yeterli olması

Dezavantajları

- İnşaat için özel ekipman gerektirmesi
- Derece deprem bölgesinde olduğundan, ön yüz kaplama betonu derzlerinin hassasiyeti

Silindirle sıkıştırılmış (RCC) Gövde

Avantajları

- Gövde üzerine yerleştirilen dolusavak yapısı ile maliyetin düşürülmesi
- Gövde sıyırma kazısının az olması nedeniyle maliyetin düşmesi
- Gövde şevlerinin dik olması nedeniyle Derivasyon - Dipsavak ünitesi boyunun kısılması

Dezavantajları

- İkinci pahalı alternatif ve beton gövde olması nedeniyle zemin gerilmelerinin büyük olması
- İnşaatı ve inşaat ekipmanının seçilmesi konusunda özel hassasiyet gerektirmesi

5. DEĞERLENDİRME (ASSESSMENT)

Karacalar barajı için tercih edilen "kil çekirdekli kum çakıl dolgu" baraj gövdesi tipi, mali açıdan değerlendirildiğinde önemli bir fark olmasından dolayı tercih edildiği görülmektedir. Bu maliyet farkının büyük ölçüde doğal kaynakların baraj inşaatına yakınlıktan kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu tür mali analizlerde, baraj inşaatı için gerekli kaynakların mesafesi önem arz etmektedir. Zira doğal kaynaklara olan mesafe uzadıkça baraj maliyeti artmakta ve başka tip baraj gövdesi tercih edilebilmektedir. Karacalar barajı gövde tipi için yapılan tercih mali açıdan önemli bir katkı sağlayacağı gibi, doğal kaynakların kullanılması ile çevre dostu bir seçimin de yapıldığını göstermiştir. Yapılan tercih çevre için en tehlikesiz tercihlerden biri olarak görülmektedir.

Bölgede terör sorununun ortadan kalkması, gelecekte sosyoekonomik düzeyinin ilerlemesi, ihtiyaçların, nüfusun ve eğitim düzeyinin artması ile bu tür barajlardan sadece sulama değil aynı zamanda elektrik üretiminin de yapılması gerekeceği unutulmamalıdır. Görüleceği üzere bu tür barajlarda sadece mali değerlendirme ile değil sürdürülebilirlik için çevre ve yörenin özellikleri de dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Türk Dil Kurumu resmi web sayfası, (08.08.2010), <http://tdkterim.gov.tr/bts/?kategori=veritbn&kelimesec=344>
2. "Dams and Development", (2000). The World Commission on Dams (WCD) Report, London, Earthscan Publications Ltd.
3. Gürbüz, A., (1995). Filtreler, Baraj ve Gölet Projelendirme Semineri. DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı, Bursa.
4. EİE. Barajlar ve Hidroelektrik Santrallerin Dizaynı. (05.09.2010), <http://www.eie.gov.tr>.
5. Karadayı, N., (1989). Tiplerine Göre Barajların İncelenmesi. Adana. Barajlar ve Hes kati Proje Semineri.
6. Turfan, M., (1988). Özetle Baraj Nedir?. Ankara, DSİ Yayınları.
7. Berkün, M., (2007). Su Yapıları. İstanbul, Birsen Yayınevi.
8. Design of Small Dams, (1987). U.S. Bureau of Reclamation, 3. Edition. Water Resources Publications, LLC.
9. GAP Batman - Silvan Projesi Planlama Raporu (2001). Ankara. GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.