



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Yeşilırmak Havzası Çakmak Barajı rezervuarındaki sediment birikiminin araştırılması

A study on the reservoir sedimentation of Çakmak Dam located in the Yeşilırmak River Basin

Yazar(lar) (Author(s)): Zeliha SELEK¹, Murat PINARLIK²

ORCID¹: 0000-0002-5593-5538

ORCID²: 0000-0001-8783-825X

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Selek Z., Pınarlık M., “Yeşilırmak Havzası Çakmak Barajı rezervuarındaki sediment birikiminin araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 22(3): 715-721, (2019).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.457958

Yeşilirmak Havzası Çakmak Barajı Rezervuarındaki Sediment Birikiminin Araştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Zeliha SELEK, Murat PINARLIK*

Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 11.06.2018 ; Kabul/Accepted : 03.08.2018)

ÖZ

Barajların ekonomik ömrü, havzasından gelen sediment yüküne göre belirlenmektedir. Baraj ömrünü sonlandıran en büyük faktör, akarsu tarafından taşınan katı maddelerin (sediment, rüsubat, çökelti maddesi) baraj rezervuarının ölü hacmini doldurmasıdır. Bu çalışmada, Yeşilirmak Havzası Abdal akarsuyu üzerine inşa edilmiş Çakmak Barajındaki sediment birikimi incelenmiştir. Baraj rezervuarının 1988 ve 2014 yıllarına ait batimetrik haritalarından yararlanılarak NetCad 7.6 programı ile belirli aralıklarla boykesitler alınmış ve taban profilleri çizilmiştir. Çizilen rezervuar taban profillerinden sediment etkisiyle oluşan kot farkları tespit edilmiştir. Ayrıca, kot-alan-hacim yöntemi kullanılarak, 26 yıllık süreçte rezervuar ölü, aktif ve toplam hacminde yer alan suyun hacimsel ve alansal oluşan kaybı hesaplanmıştır. Sonuç olarak, baraj hacminin sediment ile dolan hacmi elde edilmiştir. Elde edilen bulgulardan, sediment birikimi nedeniyle rezervuar tabanında 10 metreye kadar yükselmeler meydana geldiği görülmüştür. Barajın faydalı ömrünü belirleyen ölü hacminin yaklaşık olarak %30'unun sediment ile dolduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeşilirmak Havzası, sediment birikimi, batimetrik araştırmalar, kot-hacim yöntemi.

A Study on the Reservoir Sedimentation of Çakmak Dam Located in the Yeşilirmak Basin

ABSTRACT

The economic life of the dams is determined by the sediment load from their own basin. The most important factor terminating the life of the dam is filling of dead volume of the reservoir by solid materials (sediment, sedimentation, deposit material) carried by the river. In this study, sediment deposition in Çakmak Dam built on Abdal stream of Yeşilirmak Basin was investigated. Using the bathymetric maps of the dam reservoir belonging to 1988 and 2014 years, the bottom profiles and cross-sections at regular intervals were drawn by using NetCad 7.6 program. The elevation differences occurred by sediment loads were determined from drawing bottom profiles. In addition, using the elevation-area-volume method, the volumetric and areal losses of water in reservoir dead, active and total volume for 26 years were calculated. As a result, the volume of the dam was filled with the sediment. From the results, it has been observed that up to 10 meters of elevation occurs on the bottom of the reservoir due to sediment deposition. Approximately 30% of the dead volume determining the useful life of the dam was filled with sediment.

Keywords: Yeşilirmak River Basin, reservoir sedimentation, bathymetric survey, elevation-volume curve.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

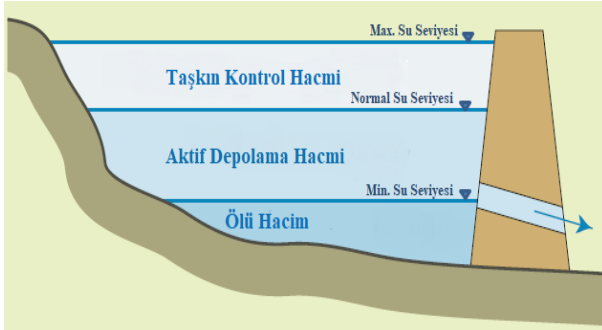
İçinde bulunduğumuz yüzyılda, hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve küresel ısınmaya bağlı olarak dünya genelinde su kaynakları üzerindeki kullanım baskısı artmaktadır. Ülkemizin yağış dağılımı, zaman ve bölgelere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Doğu Karadeniz Havzası'nın bazı bölgelerinde ortalama yıllık yağış metrekareye 2000-2500 mm iken bu değer Konya Kapalı Havzası ve Doğu Akdeniz Havzası'nın bazı bölgelerinde 300-400 mm'lere kadar düşmektedir. Aynı zamanda yağış, ülkemizde mevsimlere göre de farklılık arz etmektedir. Yağışların büyük bölümü kış ve bahar aylarında görülmekte, yaz aylarında ise bazı havzalarımız çok az yağış almaktadır. Bu nedenle, suyun çok olduğu dönemlerde depolanıp, az olduğu ve ihtiyacın fazla olduğu dönemlerde kullanılması bakımından barajların önemi büyüktür. Barajlardan su temininde

sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için baraja gelen sediment yükünün doğru tahmin edilmesi gerekmektedir. Ülkelerin su durumunu değerlendirmek için kişi başına kullanılabilir yıllık su miktarına göre sınıflama yapılmaktadır. Buna göre yıllık kişi başına su miktarı 1000 m³'ün altındaki ülkeler su kıtlığı yaşayan ülkeler olarak değerlendirilmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2017 yılında nüfusumuzun 81 milyon olduğunu göz önüne aldığımızda, kişi başı 1.383 m³ olarak hesaplanan yıllık su miktarının, 2023 yılında beklenen nüfusun 87 milyon olduğu kabulü ile 1287 m³, 2050 yılında 1.069 m³ olması beklenmektedir [1].

tadır. Türkiye'nin; ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıma şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olmak üzere iyi değerlere sahiptir. Bu çalışmanın icra edildiği Manisa ili için Eylül ayı 4,63 kWh/m² global radyasyon ve 9,26 saat güneşlenme süresi ortalama değerlerine sahiptir [1]. Falkenmark [2], indeksine göre, mevcut durumda su stresi yaşayan ülkemiz, ileride

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : muratpinarlik@gazi.edu.tr

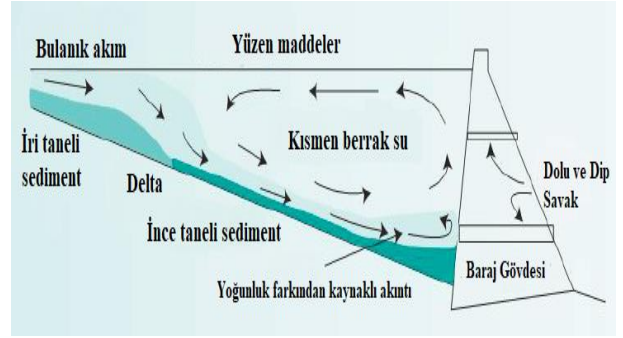
su kıtlığı yaşayabilecek konuma gelebilir. Bu sebeple; ülkemizdeki su kaynakları çok akılcı yönetilmeli, her damlası çok dikkatli kullanılmalı ve israf edilmemelidir. Bu nedenle, mevcut su kaynaklarının depolanması ve verimli biçimde kullanılabilmesi için ülkemizde baraj inşaatları hız kazanmıştır. Barajlar; sulama, içme suyu, elektrik üretimi, taşkın kontrolü, ulaşım, balıkçılık gibi farklı işletme amaçlarıyla inşa edilmektedir [3]. Baraj işletme stratejisine göre de rezervardaki suyun kullanım miktarı ve hacimsel oranları değişiklik göstermektedir. Bir barajdaki su seviyeleri ve bu su seviyelerine karşılık gelen baraj hacimleri Şekil 1’de gösterilmiştir. Normal su seviyesine karşılık gelen hacim, aktif ve ölü hacmin toplamı barajın toplam depolama hacmine karşılık gelmektedir. 2014 yılı verilerine göre Çakmak Barajındaki ölü hacim oranı %19.2, aktif hacim oranı %64.5 ve taşkın kontrol hacmi oranı %16.3 olarak elde edilmiştir.



Şekil 1. Baraj rezervuarındaki suyun hacimsel dağılımı (Volumetric water distribution in reservoir) [4]

Barajlara akarsu ile birlikte katı madde taşınımı da söz konusudur. Her ne kadar istenmeyen bir durum olsa da baraj rezervuarları taşınan bu katı maddelerin birikimine neden olan bir araç görevi görmektedir [5]. Baraj rezervuarlarında su içinde asılı halde bulunan katı maddelerin yerçekimi etkisi ile çökmesine sedimentasyon adı verilmektedir [6]. Baraj ömrü boyunca meydana gelen sedimentasyon süreci Şekil 2’de ifade edilmiştir.

Barajların planlama aşamasında katı madde taşınımını dikkate alınarak baraj ölü hacimleri tasarlanır. Rezervuar ölü hacminde biriken sedimentin yeri, miktarı ve depolanma süresi rezervuarın şekli, büyüklüğü, işletme süresi gibi faktörlere bağlıdır [8]. Rezervuar ölü hacmi sediment ile dolduğunda baraj faydalı ömrünü tamamlamış olur. Barajlar, buldukları coğrafi koşullar ve üzerine inşa edildikleri akarsuyun karakteristik özelliklerine göre 50 ile 100 yıl arasında bir tasarım ömrüne sahiptirler [9]. Dünya genelinde sediment nedeniyle rezervuar depolama kapasitesi kaybı yıllık ortalama %0,5-1 olarak hesaplanmıştır [10,11]. Rezervuardaki katı madde birikimini sonlandırmak mümkün olmasa da, gelen sediment miktarını azaltmak ve depolanan sedimenti boşaltmak için farklı yöntemler uygulanmaktadır.



Şekil 2. Baraj Rezervuarında meydana gelen sedimentasyon süreci (The process of sedimentation in the dam reservoir) [7]

Literatürde, rezervardaki sediment miktarının belirlenmesi, depolanma bölgelerinin tespiti ve biriken sedimentin baraj işletme performansına etkileri konusunda mevcut araştırmalar bulunmaktadır. Rezervuardaki sediment birikimini ve taban yüksekliklerindeki değişimi tespit etmek için Dijital Yükselti Modeli ve Üçgen Poligonlara Bölen Düzensiz Ağ Modeli kullanılmıştır [12]. Bunun dışında hidrografik araştırmalar, elle örnek alma ve kot/hacim metodu da yaygın olarak uygulanan yöntemler arasında yer almaktadır [13]. Bu çalışmalar, NetCAD, Global Mapper and PDS2000 gibi yazılımlarla desteklenmektedir [14]. ArcGIS ve GIS yazılımlarının havadan fotoğraflama, uydu görüntüleri, batimetrik araştırmaları ve sediment takip modülü rezervardaki sediment dağılımını gözleme ve sediment miktarını tahmin etmede etkili olarak uygulanmıştır [15,16,17,18].

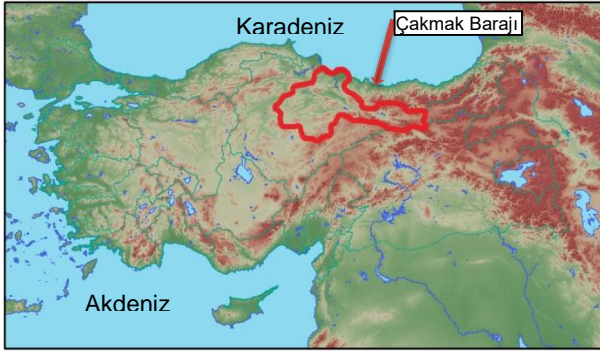
Son dönemdeki çalışmalar incelendiğinde, rezervardaki sedimentasyonun değerlendirilmesinde uzaktan algılama veri tabanlı dijital görüntü işleme tekniğinin kullanıldığı ve (IRS- (P6) LISS-III) uydu verilerinden yararlanıldığı görülmüştür [19]. Sediment önleme yöntemlerinin maliyeti ile sedimentin barajda oluşturduğu etkilerin maliyetini karşılaştırmak için Coğrafi Bilgi Sistemini ve Toprak ve Su Değerlendirme Aracı (TSDA) programları birbirine entegre edilerek kalibre edilmiş bir hidrolojik model ortaya konulmuştur [20]. Ayrıca, batimetrik haritalardan yararlanılarak dört farklı enterpolasyon yöntemiyle Kriging, ters mesafe ağırlıklı yöntem, doğal komşu ve Spline rezervardaki sediment kaynaklı depolama hacmi azalması tespit edilmiştir [21].

Bu çalışmada, Yeşilirmak Havzasında yer alan Çakmak Barajının rezervuarında biriken sediment miktarı, biriken sedimentin rezervuar taban profiline etkileri ve rezervuar hacmindeki yıllara göre değişimi incelenmiştir. Elde edilen batimetrik veriler yardımıyla rezervuar tabanındaki yükseklik değişimleri açıkça gözlemlenmiş ve alınan boykesitlerde sediment birikim formu ortaya çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra, kot/hacim yöntemi kullanılarak ve rezervuarın 1988-2014 yıllarına ait kot/hacim verilerinden yararlanılarak baraj ölü, aktif ve toplam hacmindeki sediment kaynaklı kayıplar araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

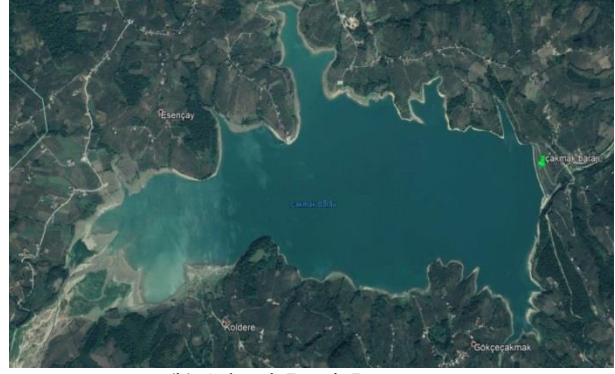
Türkiye hidrolojik olarak 25 adet havzaya ayrılmıştır. Çakmak Barajı, Yeşilirmak Havzası Abdal akarsuyu üzerine kurulmuştur. Yeşilirmak Havzasının coğrafi konumu ve barajın havza üzerindeki yeri Şekil 3 ve 4'de gösterilmiştir. Samsun iline içme suyu amacıyla inşa edilen barajın inşaatına 1985 yılında başlanmış ve baraj 1988 yılında işletmeye açılmıştır. Kil çekirdekli, toprak dolgu barajın normal su kotunda göl alanı 6 km² olup temelden yüksekliği yaklaşık 58 metredir [22]. Barajın tasarım aşamasında minimum su kotu 103 m, maksimum su kotu ise 120 m olarak belirlenmiştir. 2014 yılında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan batimetrik ölçümlerden faydalanılarak mevcut rezervuar ölü hacminin 20.93 hm³, rezervuar toplam depolama hacminin 91.18 hm³ ve aktif hacmin 70.25 hm³ olduğu tespit edilmiştir. Çakmak Barajının havzası ve baraj rezervuarının uydu görüntüleri Şekil 4.a-b.'de verilmiştir. Baraj havzası genellikle ormanlık alanlarla kaplı olmakla birlikte özellikle yukarı havzada yer yer çıplak araziler de mevcuttur.



Şekil 3. Yeşilirmak Havzasının coğrafi konumu (The geographical location of Yeşilirmak Basin)



(a) Çakmak Barajı Havzası



(b) Çakmak Barajı Rezervuarı

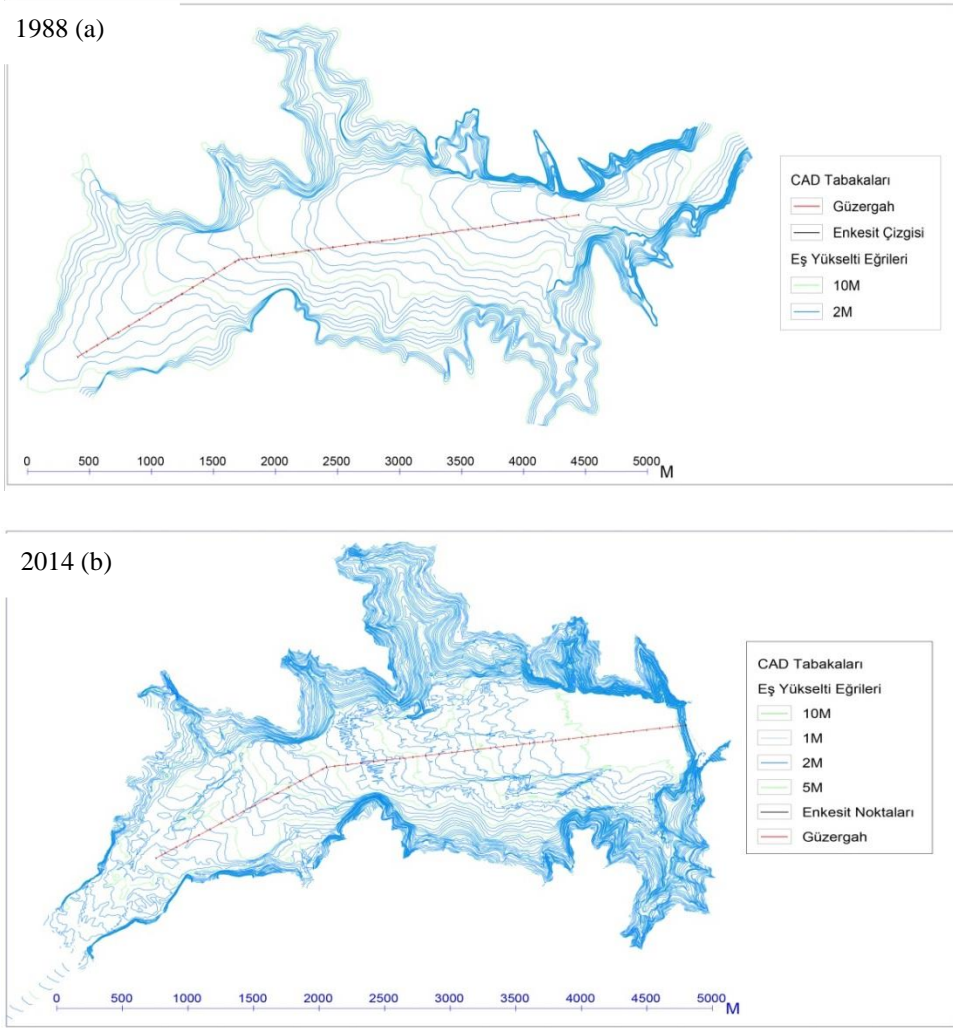
Şekil 4a,b. Çakmak Barajı Havzası ve Baraj Rezervuarı Uydu Görüntüleri (Satellite views of Çakmak Dam Basin and Dam Reservoir)

2.2. Batimetrik Veriler (Bathymetric Data)

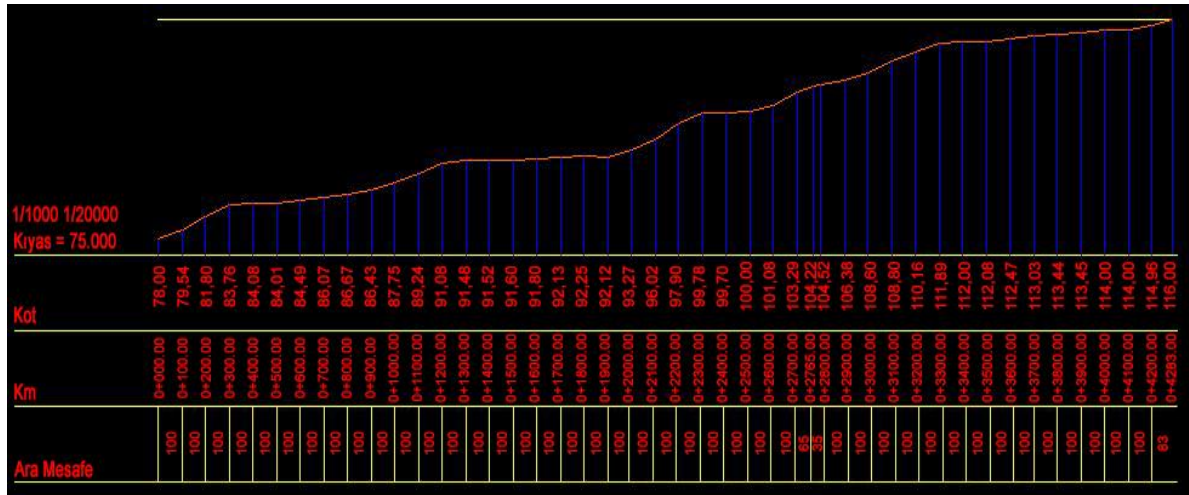
Batimetrik ölçümleri, DSİ tarafından, elektronik olarak derinlik ölçebilen, çift frekanslı güç çevirici (transducer), dalga yayılım açısı (konik açı) 5-10 derece aralığında, yüksek frekans: 250-200 KHz., düşük frekans: 10-50 KHz., okuma frekansı olan derinlik ölçer (echo-sounder) yardımı ile yapılmıştır.

Batimetrik haritaların oluşturulmasında, baraj rezervuarında güzergah tanımlamada, boykesit çiziminde ve boykesitlerin analizlerinde NetCad 7.6 GIS yazılımı ve NetSurf modülü kullanılmıştır. NetCad Coğrafi Bilgi Sistemi kullanıcıları ve Mühendislik alanında çalışanlar için tasarlanmış uluslararası standartları uygun bir yazılımdır [23]. NetSurf modülü ise, hâlihazırda harita üretimini tüm aşamaları ile gerçekleştiren, arazi verilerinden sayısal arazi modeli oluşturan üzerinde hesaplamalar ve kot değerlerine bağlı çok çeşitli analiz işlemlerini gerçekleştiren; eş potansiyel eğrilerini, enkesit ve boykesitleri oluşturabilen, kübaj hesaplamalarını yapabilen NetCad modülüdür [24]. Bu çalışma kapsamında NetCad programı kullanılarak Çakmak Barajının 1988 ve 2014 yıllarına ait batimetrik haritaları sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış haritalar üzerinde NetSurf modülünden yararlanılarak eşit aralıklı aynı güzergahtaki boykesitler çıkarılmıştır. Eş yükselti eğrilerinden yararlanılarak kot farkları elde edilmiş ve taban profilleri çizilmiştir.

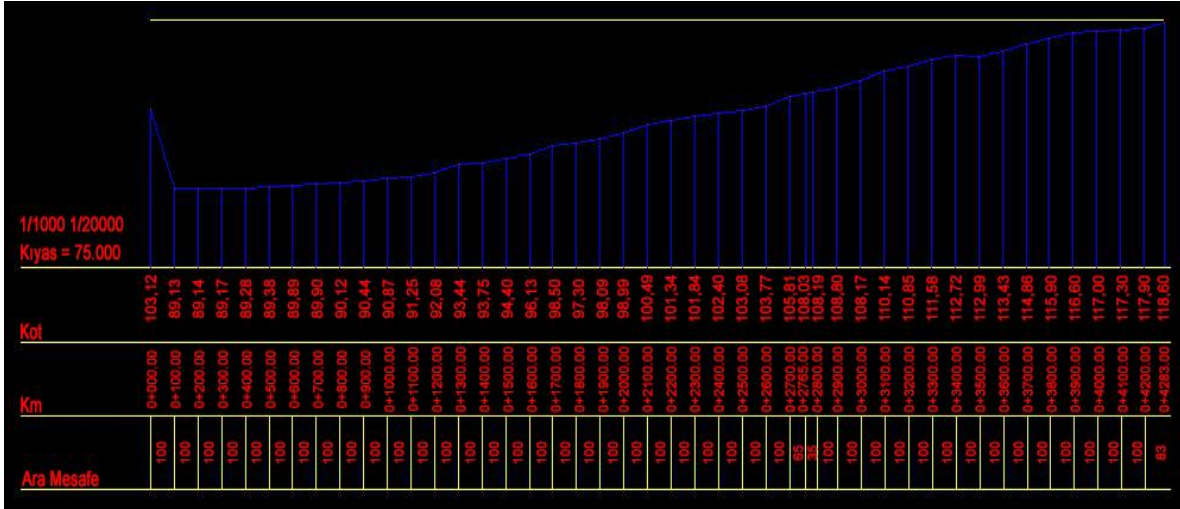
Batimetrik ölçümlerden faydalanılarak elde edilen Çakmak Barajı Rezervuarına ait 1988 ve 2014 yılı rezervuar haritaları Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu haritalar üzerinden boykesitleri elde etmek için çizilen güzergah, baraj gövdesi üzerinden başlamış olup, hem 2014 yılı hem de baraj yapımı öncesi tahmini rezervuar alanını kapsayacak şekilde sonlandırılmıştır. Güzergah üzerindeki her bir noktanın bulunduğu enkesiti daha iyi temsil edebilmesi için güzergahın rezervuar talveg hattına yakın geçirilmesine dikkat edilmiştir.



Şekil 5 a, b. Çakmak Barajı Rezervuarına ait 1988-2014 yılı batimetrik haritaları (Bathymetric maps of the Çakmak Dam Reservoir belonging to 1988 and 2014)



Şekil 6. Çakmak Barajı 1988 yılı rezervuar taban profili (Reservoir sub-grade profile of Çakmak Dam in 1988)



Şekil 7. Çakmak Barajı 2014 yılı rezervuar taban profili (Reservoir sub-grade profile of Çakmak Dam in 2014)

İki batimetrik harita üzerinden elde edilen boykesitler Şekil 6 ve 7’de verilmiştir. Taban profil çizimlerine bakıldığı zaman kıyas kotunun (en düşük kotun) 75 m alındığı görülmektedir. Baraj gölü uzunluğu yaklaşık olarak 4283 metredir. Taban profili oluşturulurken seçilen noktalar arası mesafeler eşit olup 100 m olarak belirlenmiştir. Bazı noktalarda güzergah yön değişimi nedeni ile mesafelerde kısaltmalar görülmüştür.

2.3. Kot/Hacim Yöntemi (Elevation/Volume Method)

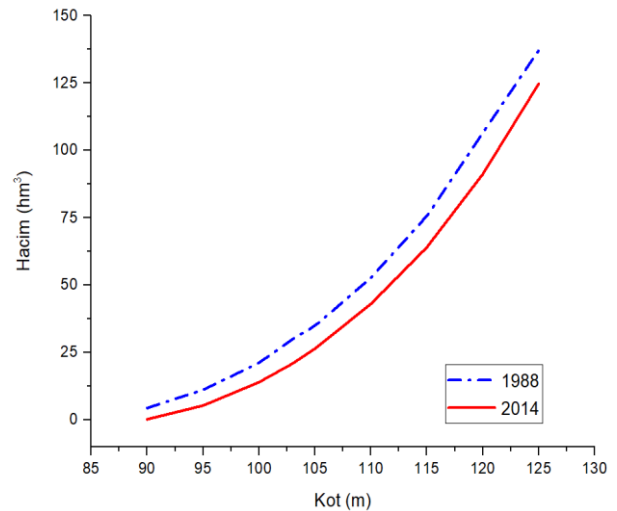
Çakmak Baraj Rezervuarının 1988 ve 2014 yılına ait kot/hacim verileri Çizelge 1’de verilmiştir. 26 yıllık süreçte rezervuar hacminde meydana gelen değişiklik Şekil 8’deki grafikte ifade edilmiştir. Rezervuar hacmindeki kaybı daha iyi ifade edilebilmek için kot/alan verileri Çizelge 2’de ele alınmıştır. Rezervuarın alanının kota göre değişim grafiği Şekil 9’da gösterilmiştir. Kot/alan grafiğindeki elde edilen sonuçların kot/hacim grafiğiyle paralel olması, barajdaki hacimsel kaybı açıkça gözler önüne sermiştir.

Çizelge 1. 1988 ve 2014 yıllara ait kot/hacim verileri (Elevation/volume data belonging to 1988 and 2014)

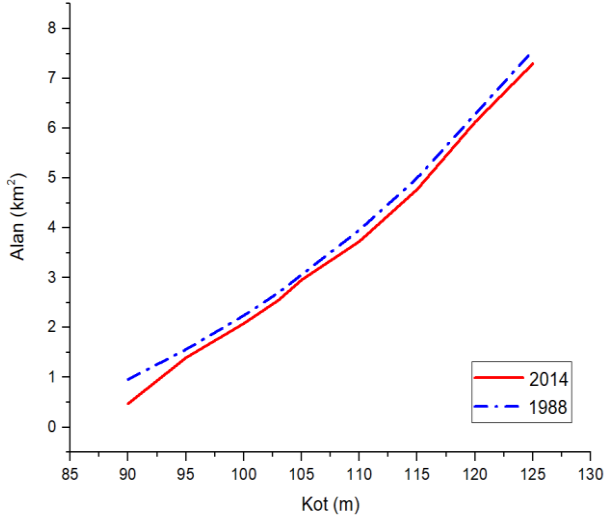
Kot (m)	Hacim (hm ³)	
	1988	2014
90.00	4.40	0.25
95.00	11.20	5.36
100.00	21.20	13.99
103.00	30.00	20.93
105.00	34.80	26.46
110.00	52.80	43.08
115.00	75.60	64.07
120.00	106.50	91.18
125.00	137.20	124.77

Çizelge 2. 1988 ve 2014 yıllara ait kot/alan verileri (Elevation/area data belonging to 1988 and 2014)

Kot (m)	Alan (km ²)	
	1988	2014
90.00	0.96	0.47
95.00	1.56	1.39
100.00	2.24	2.08
103.00	2.7	2.55
105.00	3.06	2.96
110.00	3.96	3.73
115.00	5.00	4.78
120.00	6.28	6.12
125.00	7.56	7.30



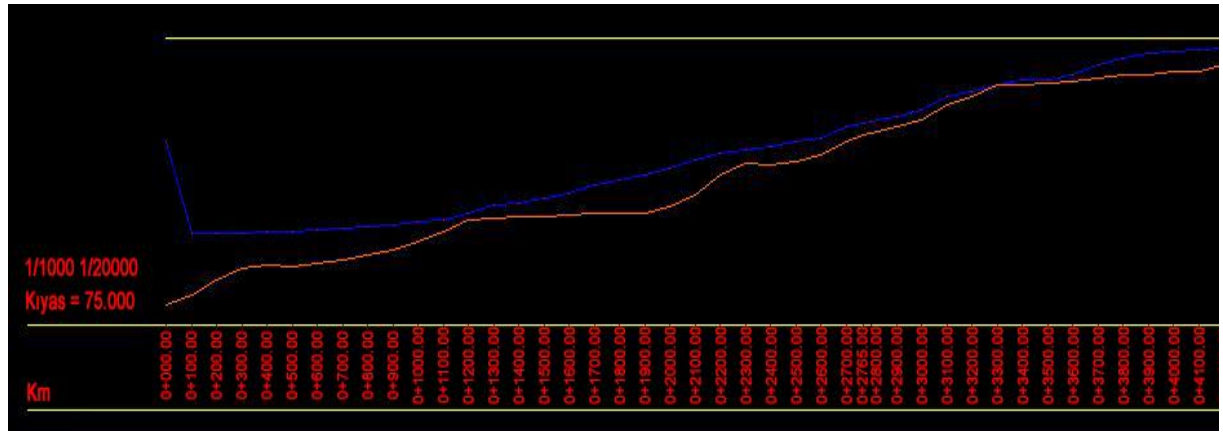
Şekil 8. 1988’den 2014 yılına kadar olan rezervuar kot/hacim değişimi (Elevation/volume change of reservoir from 1988 to 2014)



Şekil 9. 1988'den 2014 yılına kadar olan rezervuar kot/alan değişimi (Elevation/area change of reservoir from 1988 to 2014)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Şekil 6 ve 7'de verilen Çakmak Baraj Rezervuarının 1988 ve 2014 yılına ait iki rezervuar taban profilinin karşılaştırılması için Şekil 10'daki grafik oluşturulmuştur. Baraj gövdesi sıfır noktası kabul edilerek membaya doğru mesafeler 100'er metre



Şekil 10. Çakmak Baraj rezervuarı taban profili kıyaslaması (Sub-grade profiles comparison of Çakmak Dam Reservoir)

aralıklarla arttırılmıştır. Aynı mesafedeki kot farklarının bu grafik üzerinde daha net bir biçimde görülmesi için 1988 yılına ait taban profili turuncu, 2014 yılına ait taban profili ise mavi renk ile gösterilmiştir. Başlangıç noktası baraj gövdesi üzerinde seçildiği için, baraj gövdesi yüksekliğinden kaynaklı 1988 ile 2014 yılları arasındaki batimetrik haritada başlangıç noktasındaki kot farkı yaklaşık olarak 25 m bulunmuştur. Baraj gövdesinden uzaklaşıp membaya doğru gidildikçe rezervuar taban profilleri arasındaki kot farkı yaklaşık olarak 1 metre ile 10 metre arasında değişiklik göstermiştir. Baraj gövdesinden membaya doğru olan ilk 100 metrelik mesafede sediment birikim yoğunluğu maksimum seviyededir ve yaklaşık yükseklik farkı 10 metredir.

Rezervuarın geri kalan kısımlarında bölgesel olarak artış gösteren en yüksek 7 metre, en düşük ise 1 metre olan rezervuar taban yükselmeleri saptanmıştır. Şekil 10'da görüldüğü gibi, 26 yıllık süre zarfında genel olarak taban yüksekliklerinde gözle görülür bir artış mevcuttur.

Şekil 8'de çizilen kot/hacim eğrisinden 26 yıllık süreçte baraj rezervuarındaki depolama hacmindeki azalma net bir şekilde görülmektedir. Baraj rezervuarında meydana gelen bu hacimsel kayıp Şekil 9'daki kot/alan eğrisi ile desteklenmiştir. Bilindiği üzere baraj rezervuarlarında minimum su kotuna karşılık gelen hacim ölü hacmi, normal su kotuna karşılık gelen hacim toplam depolama hacmini ve ikisinin farkından elde edilen hacim ise aktif hacmi ifade etmektedir. Bu durum göz önüne alınarak, 1988 ve 2014 yıllarındaki rezervuar minimum su kotu ve normal su kotuna karşılık gelen hacimler kıyaslandığında sediment etkisine bağlı olarak baraj ölü hacminde %30,23, aktif hacminde %8,17 ve toplam hacimde %14,39'luk depolama kaybı yaşandığı gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yeşilirmak Havzasında yer alan Çakmak Barajında sediment birikiminden kaynaklı rezervuar genelinde bölgesel olarak taban kotlarında bir artış söz konusudur. Baraj gövdesinden 1000 metrelik mesafede delta tipi bir sediment dağılımı gözlenmektedir. Sediment birikimi baraj işletme performansını ve baraj yararlı ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. Baraj ömrünün en

belirleyici faktörü olan ölü hacim 26 yıllık süreçte %30,23 oranında hacim kaybına uğramıştır. Bu da planlanan baraj ömrünün kısaldığı anlamına gelmektedir. Sedimentin rezervuara daha az girişini sağlamak veya rezervuarda biriken sedimentin uzaklaştırılması için önlemler alınması gerekmektedir. Sediment birikimini önleyici tedbir olarak, barajın su toplama havzasının yukarı kısımlarında; rüsubat tutucu yapılar (tersip bendi, ıslah sekisi, taban kuşağı vs.) inşa edilebilir. Ayrıca, yukarı havzada yer alan çıplak arazilerde, erozyon kontrolüne yönelik teraslama ve ağaçlandırma çalışmaları yapılması önerilebilir. Rezervuarda biriken sedimentin uzaklaştırılması için ise yıkama, su altı kazısı

gibi doğal ve mekanik yöntemlere başvurulabilir. Ayrıca, aktif hacimde oluşan %8,17'lik kayıp barajın planlanan içme suyu temininde güçlükler oluşacağını göstermektedir. Dolayısı ile içme suyu amaçlı inşa edilen Çakmak Barajının su temin ettiği yerleşim yerleri özellikle kurak dönemlerde bir süre sonra susuzluk sorunu ile karşı karşıya kalma riski altındadır. Bununla birlikte, barajdaki sediment birikiminin izlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarının, su kaynakları projelerinin geliştirilmesi aşamalarında çalışan uygulayıcılar ve araştırmacılar için yapısal tasarımda kullanılan sediment birikiminin tahmin edilmesinde önemli katkılar sağlayacağı söylenebilir. Böylelikle, yapının işletme ömrü içerisinde sediment birikimi açısından karşılaşılabilecek risklerin önceden belirlenmesinde çalışmanın faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Yazarlar, vermiş oldukları destekler için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt, Planlama ve Tahsisler Daire Başkanlığı, Harita Şube Müdürlüğüne teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] TÜİK (2018), <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist> (erişim tarihi: 13.04.2018).
- [2] Falkenmark M., "The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed?", *Ambio*, 18(2): 112-118, (1989).
- [3] "Dams and Development", World Commission on Dams, Report, November 2000.
- [4] Ketelsen T., Nguyen V.A., Vinh M.K., Kumm M., Ward P., Meynell P., Rasanen T., "Example from the Yali Reservoir, VietNam", *Optimising cascades of hydropower, Hydrology & Flood Control*, December, (2013)
- [5] Bobrovitskaya N.N., "Erosion and sediment yield modelling in the former USSR", In *Modelling Erosion, Sediment Transport and Sediment Yield*; Summer, W., Walling, D.E., Eds., *UNESCO*: Paris, France, pp. 30-45, (2002).
- [6] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2018), DSİ Hidroloji Sözlüğü, <http://dsi.gov.tr/dsi-sozluukler>, (erişim tarihi: 06.04.2018)
- [7] Palmieri A., Shah, F., Annandale, G.W. and Dinar A., "Reservoir Conservation, Vol. I, The RESCON Approach", *World Bank*, Washington, D. C. (2003).
- [8] Chimwala M., "engineering a non-shifting river boundary between Malawi and Tanzania", *Nyasa Times*, 22 February, (2009).
- [9] Morris G.L. and Fan J.H., "Reservoir Sedimentation Handbook", *McGraw-Hill*, New York, (1997)
- [10] Mahmood K., "Reservoir sedimentation: impact, extent, mitigation", *World Bank Tech. Rep. 71*, Washington, D. C., (1987).
- [11] White W. R., "Evacuation of sediment from reservoirs", *Thomas Telford*, London (2001).
- [12] Hasan Z. A., Bin Yusoff M. S., and Talib S. H. Bi. A., "Bukit Merah reservoir sedimentation assessment," *2011 Int. Conf. Environment Sci. Eng.*, 8: 86-90, (2011).
- [13] Chitata T., Mugabe F. T. and Kashaigili J. J., "Estimation of small reservoir sedimentation in semi-arid Southern Zimbabwe," *J. Water Resour. Prot.*, 6: 1017-1028, (2014).
- [14] Inal C., Fakioglu P., Bulbul S., "Determination of sediment volumes in dams with hydrographic surveys," *Selcuk Univ. J. Eng. Sci. Tech.*, 3(4): (2015).
- [15] Issa I.E., Al-Ansari N., Knutsson S., "Mosul dam reservoir sedimentation characteristics, Iraq", *Journal of Environmental Hydrology*, 22: Paper 3, (2014).
- [16] Wulandari D. A., Legono D. and Darsono S., "Evaluation of deposition pattern of Wonogiri Reservoir sedimentation," *Int. J. Civ. Environ. Eng.*, 15(2): 15-20, (2015).
- [17] El-Sersawy H., "Sediment deposition mapping in Aswan high dam reservoir using Geographic Information System (GIS)," *Ninth International Water Technology Conference, IWTC9*, Sharm El-Sheikh, Egypt, 239-247, (2005)
- [18] Güvel Ş. P. et al., "Investigation of sedimentation effects on dam reservoirs: Berdan Dam Example Abstract," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Derg.*, 1: 89-97, (2017).
- [19] Shuklaa S. et al., "Assessment of sedimentation in Pong and Bhakra reservoirs in Himachal Pradesh, India, using geospatial technique," *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8: 148-156, (2017).
- [20] Adeogun A. G. et al., "Cost effectiveness of sediment management strategies for mitigation of sedimentation at Jebba Hydropower reservoir, Nigeria," *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, 30: 141-149, (2018).
- [21] Khaba L., Griffiths J. A. "Calculation of reservoir capacity loss due to sediment deposition in the Muela reservoir, Northern Lesotho," *International Soil and Water Conservation Research*, 5: 130-140, (2017).
- [22] <http://barajlar.dsi.gov.tr/> (erişim tarihi: 09/04/2018).
- [23] "Netcad GIS 7.6." [Online]. Available: <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/NETCAD+GI> S. [Accessed: 12-July-2018].
- [24] "Netcad Netsurf Module 7." [Online]. Available: <http://portal.netcad.com.tr/display/HELP/NETSURF>. [Accessed: 12-July-2018]