

Ardışık Pik Analizi Yöntemi ile Baraj Sistemlerinde Bir İnceleme; Biçmekaya Barajı Örneği

An Examination of Dam Systems with The Sequential Pic Analysis Method; An Example of Biçmekaya Dam

Selim TAŞKAYA

Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Artvin, Türkiye

Geliş Tarihi: **07.05.2021**; Kabul Edildiği Tarih: **15.05.2021**; Yayınlandığı Tarih: **28.06.2021**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 5, Sayı (Number) : 1, Sayfa (Page) : 49-58 (2021)

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: selim_taskaya@artvin.edu.tr

Özet

Barajlar, canlı hayatının en önemli ihtiyacı olan suyun toplanmasının, depolanmasının yanı sıra enerji ihtiyacının karşılanmasında etkin rolü mevcuttur. Toprak, kil, ampirik yöntemlerle yapılan birçok baraj ve gölet tipleri vardır. Sulama ve enerji ihtiyacının karşılanması için genellikle inşa edilen yapay barajlar vadiyi kapatan esas yapı, işletme tesisleri ve yardımcı tesislerden oluşur. Çalışmamız, 2014 yılında Tunceli İli Pertek İlçesine yakın noktada inşaata başlanıp, 2017 yılında faaliyete giren Biçmekaya Barajı baz alınarak yapıldı. 2019 ile 2020 yılları ekim ve mart ayları olarak en fazla, nisan ve eylül ayları olarak en az altışar aylık akarsu mevcut akım değerleri baz alınarak planimetre ile hacmin belirlenmesi için ardışık pik analizi yöntemi ile hacim- verim ilişkisinden aktif hacim hesabı ve gerekli formüller yardımıyla da ölü hacim hesabı yapıldı. .Daha sonra gelmesi muhtemel taşkın debisi göz önüne alınarak rezervuarda taşkın ötelemesi yapıldı ve taşkın üst kotu bulundu. Hava payı da hesaba katılarak gölet üst kret kotu bulundu. Böylelikle ortalama yıllık yağışın en fazla olduğu ve en az olduğu aylarda hacimsel değişim saptanmaya çalışıldı.

Anahtar Kelimeler: Baraj sistemleri; Ardışık pik analizi; Biçmekaya

Abstract

Dams have an active role in meeting the energy needs as well as collecting and storing water, which is the most important need of life. There are many types of dams and ponds built using soil, clay, and empirical methods. Artificial dams, which are generally built to meet the irrigation and energy needs, consist of the main structure, operating facilities and auxiliary facilities that cover the valley. Our study was based on the Biçmekaya Dam, which started construction in 2014 near the Pertek District of Tunceli Province and became operational in 2017. In order to determine the volume with planimeter based on the current flow values of the streams for a maximum of October and March for the years 2019 and 2020, at least six months as April and September, the active volume calculation from the volume-yield relationship and the necessary formulas are also measured. volume calculation was made. Considering the possible flood flow rate to come later, flood displacement was made in the reservoir and the flood upper level was found. The upper crest elevation of the pond was found, taking into account the air share. Thus, the volumetric change was tried to be determined in the months when the average annual rainfall was the highest and the least.

Keywords: Dam systems; Sequential peak analysis; Biçmekaya

1. GİRİŞ (Introduction)

Baraj; sulama, içme suyu, endüstriyel su temini ve elektrik enerjisi üretimi için rezervuar oluşturulması, taşkın kontrolünün yapılması, rekreasyon sahalarının planlanması ile metalurji ve maden sanayinde atık madde stoklanması gibi gayelerle farklı tipte ve farklı malzemelerden inşa edilen büyük ebatlı bir istinat yapısıdır. Gelişmiş batılı ülkelerde rezervuar teşkil etmek amacıyla oluşturulmuş depolama tesisleri, “baraj” kavramı içinde ele alınmaktadır [3].

Barajlar, ileri teknoloji gerektiren büyük yapılardır. Bu yapılar, setleri arkasında devasa su kütlesi barındırdığından, bu suyun kontrollü bir şekilde tutulması çok önemlidir. Günümüzde gerek teknoloji gerekse ekonomik bakımından gelişmiş birçok ülkede dahi baraj kazaları gerçekleşmiştir. Günümüzün yüksek teknolojileri, su yapılarının olası risklerinin tespitine ve bu risklerin ortadan kaldırılmasına olanaklar sağlamaktadır [5]. Suyun debisini hesaplamak ve taşkın debilerini belirlemek için dereler üzerinde akım gözlem istasyonları kurulur ya da müteferrik ölçümler yapılır. Bu ölçümler ne kadar fazla olursa elde edilen sonuçlarda yanılma payı daha da az olur. Elde edilen ölçüm sonuçları hidroloji bölümünde hesaplama yapılarak değerlendirilir [4].

1.1. Barajlar ve Baraj Hazneleri

Her baraj yapısı vadiyi kapatan esas yapı, işletme tesisleri ve yardımcı tesislerden oluşur. Bu tesislerden bazıları, baraj gövdesi, bütün vadiyi kapatarak, yapay bir göl oluşmasını sağlayan masif veya dolgu malzemeden inşa edilen yapıdır. Baraj gölü, baraj gövdesinin membasında suyun depolandığı vadi kesimidir. Su alma yapısı, baraj gölünde depolanan sudan yararlanmak için suyun alınmasına hizmet eden yapıdır. Dip savak, gerektiğinde baraj gölünü tamamen boşaltmak, dolu savak kapasitesini azaltmak, akarsu mansabına bırakılacak suyu salmak amacına yönelik tesislerdir. Dolu savak, taşkın sularının baraj gövdesine zarar vermeden mansaba aktarılmasını sağlayan ve barajlarda emniyet görevini üstlenen yapıdır. Derivasyon tesisleri, baraj inşaatının kuru ortamda yapılmasını sağlayan tesislerdir. Derivasyon tüneli ve batardolardan oluşur. Baraj sitesi, büro, atelye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri gibi ihtiyaca göre tasarlanmış yapılardır. Diğer tesisler, barajın hizmet amacına uygun olarak yapılmış enerji santralleri, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçitleri gibi yapılardır [7].

Barajların birçok site olmanı var ise de en çok yapıım olarak kullanılanı dolgu barajlardır. Dolgu barajlar, su basıncını dolgu gövdesinin ağırlığı ile temele aktaran barajlardır. Dolgu barajlar sızma suyu kayıplarını belirli sınırlar içinde kalacak şekilde sıkıştırılmalı ve mümkün olan bütün yüklenme durumlarında yeterli emniyeti sağlamalıdır [8]. Dolgu baraj çeşiti en çok tercih edileni, toprak dolgu barajlardır. Gövde inşaatında kullanılan malzemenin % 50 si çakıl, kum, silt, lem ve kaya parçaları gibi daneli veya kohezyonlu malzemeden oluşan dolgu barajlardır. Taş

dolgu genellikle yalnız memba tarafında ki şev yüzeyini dalga etkisinden korumak ve mansap topuğunun emniyeti kullanılır. Bu tip barajlar işçiliğin ucuz, demir ve çimentonun az olduğu ülkelerde yaygın olarak uygulanır. Toprak barajlar homojen, diyaframlı veya zonlu olarak düzenlenebilir. Homojen dolgu barajlarda bütün gövde aynı malzemeden imal edilir. Baraj inşaatı teknolojik yönden büyük kolaylıklar sağladığından ince daneli malzemenin bol olduğu yerlerde tercih edilir. Diyaframlı dolgu barajlarda dolgu gövdesinin geçirimsizliğini sağlamak amacıyla gövde içinde veya memba yüzeyinde geçirimsiz tabii malzeme (kil, lem), asfaltbeton, beton, çelik veya ahşap malzemeden bir diyafram yerleştirilir. Diyafram düşey veya eğik bir şekilde yerleştirilir. Gövdenin kalan kısımları homojen malzemeden oluşur.

Zonlu dolgu barajlarda ise suda çözülme her türlü kaya ve kohezyonsuz malzeme kullanılabilir. Malzeme merkezde ince, dışta iri kalacak şekilde filtre kurallarına uygun olarak gövdeye yerleştirilir. Bu durumda merkezden memba ve mansap yüzeylerine gidildikçe geçirimsizlik arttığından sızma çizgisi aşağıya düşer, boşluk suyu basıncı azalır ve borulanma büyük ölçüde önlenir. Bu durum dolgu stabilitesi yönünde daha emniyetli bir çözüm oluşturulur. Baraj yerindeki kazılardan (dolusavak, derivasyon, galeri ve temel kazıları) uygun malzemenin elde edildiği baraj yerlerinde tercih edilir. Toprak dolgu barajlarda şev eğimleri, dolgu malzemesinin özellikleri, temel durumu ve baraj yüksekliği göz önüne alınarak kayma sayısı şev eğimine eşit olacak şekilde seçilir. Burada tm en büyük kayma mukavemeti, σ zemin basınç gerilmesidir. Şev eğimi genellikle memba yüzeyinde $\frac{1}{2}$ -5 ile $\frac{1}{3}$, mansap yüzeyinde ise $\frac{1}{2}$ ile $\frac{1}{2}$ -5 arasında alınır [6].

1.2. Baraj Hazne Planlaması

Bir baraj yapılarak oluşturulan göle baraj haznesi, baraj gölü, rezervuar veya biriktirme haznesi gibi isimler verilir. Baraj haznesi planlanırken, akarsuyun debisi ile ihtiyaç debileri dikkate alınarak;

- Haznenin biriktirme kapasitesinin (aktif hacmin) belirlenmesi,
- Barajın ekonomik ömrünce haznede birikecek katı madde miktarının(ölü hacmin) belirlenmesi,
- Baraj gölünde oluşacak dalgalara göre hava payının ve baraj yüksekliğinin tespit edilmesi,
- Gelebilecek taşkın hidrografına göre taşkın ötelemesi,
- Taşkın kontrol hacminin belirlenmesi,
- Sızma ve buharlaşma kayıpları dikkate alınarak hazne işletme çalışmalarının hazırlanması çalışmaları yapılır [7].

Hazne özelliklerine bakıldığında, buldukları yerin topografyasına göre baraj haznelerinin özellikleri hacim yüzey eğrilerinden okunur. Hacim yüzey eğrileri oluşturulması ise, baraj gövdesi harita üzerine yerleştirildikten sonra göl alanında dere yatağından itibaren tesviye eğrisinin kapladığı alan planimetre aletiyle ölçülmesiyle olur [7].

2. YÖNTEM (Method)

2.1. Ardışık Pik Analizi Yöntemi

Uzun süreli akım kayıtları kullanılır. Genellikle bilgisayar kullanmak gerekir. Gelen akımlar, çekilecek akımlar, buharlaşma ve sızma kayıpları belirlenir. Gelen akımlar, çekilecek akımlar ve kayıplar toplamı farkı ardışık olarak toplanır ve grafiği çizilir. Grafikte oluşan her bir tepe noktasından (pik) yatay olarak doğrular geçirilir. Doğrularla $\sum(St-Dt)$ arasındaki maksimum farklar belirlenir. Bu farkların en büyüğü aktif hacmi verir [8]. Analitik çözüm için;

$$V_t = \begin{cases} Dt - St + V_t - 1 & (\text{eğer pozitifse}) \\ 0 & (\text{eğer negatifse}) \end{cases} \text{ eşitliği kullanılır.}$$

V_t nin başlangıç değeri sıfır olarak alınır. Maksimum V_t aktif hacmi verir [7]. 1963 yılında ardışık pik yöntemi önerilmiştir [17]. Bu yöntemde [0,T] aralığında girdi ile çıktılar arasındaki farkların toplamı hesaplanır ve işletme zamanına bağlı olarak grafik olarak çizilir. Birinci tepe nokta ile ondan sonraki düşük nokta arasında olan düşey mesafe aktif hacim olarak kabul edilir. Bu iki yöntem talebin sabit ve belirli olduğu zamanlar da kullanılabilen klasik yöntemlerdir. Baraj sayısının ve amaçların birden fazla olduğu yerlerde ve diğer bazı hidrolojik parametreler hazne sistemine girdi ve çıktı gibi katıldığından klasik yöntemlerle en uygun kapasiteyi belirlemek zordur. Dolayısıyla kullanılacak optimizasyon teknikleri ile etkili olabilecek bütün hidrolojik parametreler modele dahil edilir ve uygun çözüme ulaşmaya olanak sağlar. Su kaynakları yönetiminde genel olarak optimizasyon çalışmalarında amaç fonksiyonları ve kısıtlar, karar değişkenlerinin doğrusal fonksiyonu olarak dikkate alınır [18]. Rezervuar depolaması belirlenebilmesi için 2 klasik metot vardır. Bunlar “toplam akımların birikimi metodu” (Ripple metot) ve “ardışık pik analiz metodu” dur. “Ripple metodu, grafiksel analiz metodudur ve bu metodun uygulanmasında kısaca kümülatif akımların zamana göre eğrisi çizilir. Çizilen bu eğri üzerinde rezervuardan talep edilen miktar kümülatif akım eğrisine teğet olacak şekilde çizilir. Teğet çizimler arasında kalan en büyük fark gerekli olan rezervuar depolaması olarak belirlenir. Bu metot yalnızca talep sabit olduğunda kullanılabilir. Ardışık pik analiz metodu ise Ripple metodunun gelişmiş versiyonudur. Bu metotta kümülatif toplam akımların ve taleplerin arasındaki fark zamana karşı çizilir. Başlangıçtaki tepe noktası ile ondan sonra gelen düşük nokta arasındaki düşey mesafe aktif depolama kapasitesi olarak belirlenir. Bu iki metot da rezervuar kapasitesi belirlemek için kullanılabilir. Ama optimum rezervuar işletmesi yapmak, rezervuar kapasitesi belirlenmesinde daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Çünkü rezervuar kapasitesi belirlenmesi sırasında birçok hidrolojik parametre göz önüne alınmalıdır ve bu değerler sabit değildir. Hatta bu parametreler belirlenmemiş olan rezervuar depolamasının bir fonksiyonudur. Problemi çözümü için gerekli optimizasyon modelleri oluşturulmalı ve uygun metotlar seçilerek problem çözümlenmelidir [19].

2.2. Çalışma Alanı

Çalışma Tunceli İli Pertek ilçesi Biçmekaya Köyüne yakın mesafede bulunan Biçmekaya Barajı üzerinde yapıldı. Biçmekaya Barajı 2014 yılında inşaatına başlanılmış ve 2017 yılında ise işletmeye alınmıştır [15]. Barajın yerden yüksekliği 44 metre olup, yaklaşık 2.8 milyon m³ su tutma kapasitesi ve yaklaşık 4.000 dönüm tarım arazisinin sulanmasını sağlayacak büyüklüğe sahiptir [16].



Şekil 1. Baraj Üst Görüntüsü [9].



Şekil 2. Baraj üst gövde görüntüsü [10].



Şekil 3. Barajın üst genel görüntüsü [11].

Şekil 1,2 ve 3 de barajın İHA ile üstten yakın ve uzak çekimi gözükmektedir. Şekil 4.de, barajın kuşbakışı genel görüntüsü gözükmektedir. Tablo 1.de, yıllık bazda 2 yıl boyunca aylara göre gelen su miktarı gelen akım olarak değerlendirilmiştir. Gelen akım miktarı hm³ olarak hesaplandı.

Tablo 1. Yıllık bazda aylara göre gelen akım miktarı [2].

YIL.	AYL.	GELEN AKIM	YIL.	AYL.	GELEN AKIM	TOP
2019	EKİ.	3.6	2020	EKİ.	4.9	8.5
	KAS.	5.8		KAS.	5.3	11.1
	ARA.	4.4		ARA.	7.4	11.8
	OCA.	5.8		OCA.	11.7	17.5
	ŞUB.	11.2		ŞUB.	10.8	22.0
	MART	11.9		MART	16.8	28.7
	NİS.	17.8		NİS.	14.9	32.7
	MAY.	12.2		MAY.	13.9	26.1
	HAZ.	9.2		HAZ.	9.1	18.3
	TEM.	6.9		TEM.	8.0	14.9
	AĞU.	5.8		AĞU.	6.8	12.6
	EYL.	5.3		EYL.	5.8	11.1
TOPLAM	99.90	TOPLAM	115.40			
GENEL TOPLAM: 215.30						



Şekil 4. Barajın kuşbakışı görüntüsü

Tablo 2. Yıllık bazda aylara göre giren akım ile talep edilen akım [1].

YILLAR	AYLAR	GİREN AKIM St	TALEP Dt	Dt-St	Vt
2019	EKİM	3.6	0.63	-2.97	0
	KASIM	5.8	0.63	-5.17	0
	ARALIK	4.4	0.63	-3.77	0
	OCAK	5.8	0.63	-5.17	0
	ŞUBAT	11.2	0.63	-10.57	0
	MART	11.9	0.63	-11.27	0
	NİSAN	17.8	0.63	-17.17	0
	MAYIS	12.2	0.63	-11.57	0
	HAZİRAN	9.2	0.63	-8.57	0
	TEMMUZ	6.9	0.63	-6.27	0
	AĞUSTOS	5.8	0.63	-5.17	0
	EYLÜL	5.3	0.63	-4.67	0
2020	EKİM	4.9	0.63	-4.27.	0
	KASIM	5.3	0.63	-4.67	0
	ARALIK	7.4	0.63	-6.77	0
	OCAK	11.7	0.63	-11.07	0
	ŞUBAT	10.8	0.63	-10.17	0
	MART	16.8	0.63	-16.17	0
	NİSAN	14.9	0.63	-14.27	0
	MAYIS	13.9	0.63	-13.27	0
	HAZİRAN	9.1	0.63	-8.47	0
	TEMMUZ	8.0	0.63	-7.37	0
	AĞUSTOS	6.8	0.63	-6.17	0
	EYLÜL	5.8	0.63	-5.17	0
TOPLAM				%100 için	C=0

Tablo 2.de 2019 ve 2020 yılları arasında 24 ay boyunca aylara göre alana giren akım miktarı ile talep edilen

akım miktarı 0.63 hm³ olarak sabit alınarak ikisi arasındaki farktan %100 hacim değişimi izlendi.

Tablo 3. Verimlilik ve ortalama çekilebilecek su miktarı [14].

AYLAR	AYLIK VERİM	YILLIK ORT. AKIM	YILLIK VERİM	YILLIK ÇEKİLEBİLECEK SU	AYLIK ÇEKİLECEK SU
EKİM	-	2.24	0.4	0.896	-
KASIM	-	2.35	0.4	0.94	-
ARALIK	-	2.6	0.4	1.04	-
OCAK	-	2.77	0.4	1.108	-
ŞUBAT	-	2.99	0.4	1.196	-
MART	-	4.12	0.4	1.648	-
NİSAN	-	4.61	0.4	1.844	-
MAYIS	-	4.54	0.4	1.816	-
HAZİRAN	6.2	3.35	0.4	1.34	2.48
TEMMUZ	6.86	3.3	0.4	1.32	2.744
AĞUSTOS	7.08	2.4	0.4	0.96	2.832
EYLÜL	3.3	2.31	0.4	0.924	1.32

Tablo 3.de, 2 yıllık bazda ortalama çekilebilecek su miktarı ve aylara göre verimlilik değerleri hm^3 olarak

gösterilmiştir.

2.3. Aktif Hacim

Haznenin aktif hacmi belirlenirken akarsuyun akım değerleri ve ihtiyaç debileri bir arada değerlendirilir. Gelen akım, çekilen akım ve zaman periyoduna bağlı olarak

hazne depolama kapasitesi belirlenir. Eğer baraj haznesinin boyutlandırılması planlama değil de projelendirme safhasında ise veya işletme çalışması yapılıyorsa, baraj haznesindeki buharlaşmalar ve sızmalar kayıplar olarak dikkate alınır [7].

Tablo 4. Ardışık pik analizi yöntemi ile aktif hacim hesap gösterimi

YILLIK	AYLAR	GİREN AKIM (St)	TALEP (Dt)	Dt-St	Vt	St-Dt	TOP Vt
2019	EKİM	3.6	0.00	-3.60	3.54	3.60	23.78
	KASIM	5.8	0.11	-5.69	0	5.69	29.47
	ARALIK	4.4	0.88	-3.52	0	3.52	32.99
	OCAK	5.8	1.16	-4.64	0	4.64	37.63
	ŞUBAT	11.2	2.24	-8.96	0	8.96	46.59
	MART	11.9	2.38	-9.52	0	9.52	56.11
	NİSAN	17.8	3.53	-14.27	0	14.27	70.38
	MAYIS	12.2	2.39	-9.81	0	9.81	80.19
	HAZİRAN	9.2	6.73	-2.47	0	2.47	82.66
	TEMMUZ	6.9	6.86	-0.04	0	0.04	82.70
	AĞUSTOS	5.8	7.08	1.28	1.28	-1.28	81.42
	EYLÜL	5.3	3.30	-2.00	0	2.00	83.42
2020	EKİM	4.9	0.86	-4.04	0	4.04	87.46
	KASIM	5.3	1.05	-4.25	0	4.25	91.71
	ARALIK	7.4	1.48	-5.92	0	5.92	97.63
	OCAK	11.7	2.34	-9.36	0	9.36	106.99
	ŞUBAT	10.8	2.16	-8.64	0	8.64	115.63
	MART	16.8	3.36	-13.44	0	13.44	129.07
	NİSAN	14.9	2.95	-11.95	0	11.95	141.02
	MAYIS	13.9	2.73	-11.17	0	11.17	152.19
	HAZİRAN	9.1	6.71	-2.39	0	2.39	154.58
	TEMMUZ	8.0	7.0	-1.0	0	1.0	155.58
	AĞUSTOS	6.8	7.08	0.28	0.28	-0.28	155.30
	EYLÜL	5.8	3.6	-2.2	0	2.2	157.50
				mak	5.10		

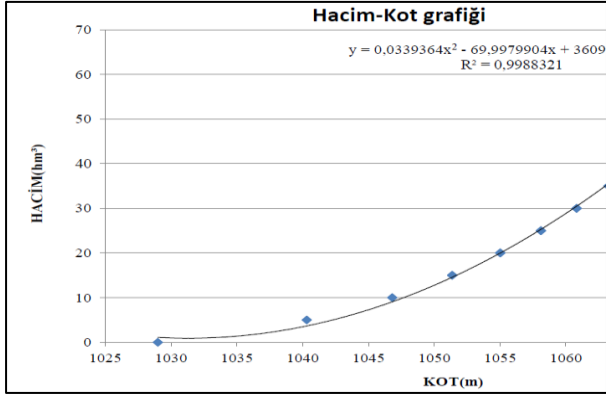
Tablo 4.de, 2019 ve 2020 yılları arasında aylık gelen akım miktarı ile talep edilen akım miktarı arasındaki farktan

yaklaşık maksimum $5.1 hm^3$ lük hacim değişimi izlenmiştir.

Tablo 5. Baraj kot yüksekliğine göre alan ve havzada birikecek toplam su hacmi gösterimi [15].

KOT (m)	ALAN (km ²)	HACİM (hm ³)
1029	0	0
1034	0.06	1.1
1039	0.13	2.7
1044	0.37	6.7

Çizelge 5.de, 1029 m kottan başlayan barajın bulunduğu topoğrafya, 1044 metreye doğru alanın 0.37 km² civarında olduğunu, suyun maksimum tutulacak hacim potansiyelinin ise 6.7 hm³ olduğunu göstermektedir. Şekil 5.de, 1025 kottan itibaren baraj rezervuarının alanını orantılı bir şekilde arttığı gösterilmiştir. Şekil 6.da, hacim kot grafiğinde rezervuarın bulunduğu kottan itibaren hacminin yükseklikle doğru orantılı olacak şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 6. Yüksekliğe göre hm³ olarak baraj rezervuarının hacim kot grafik gösterimi.

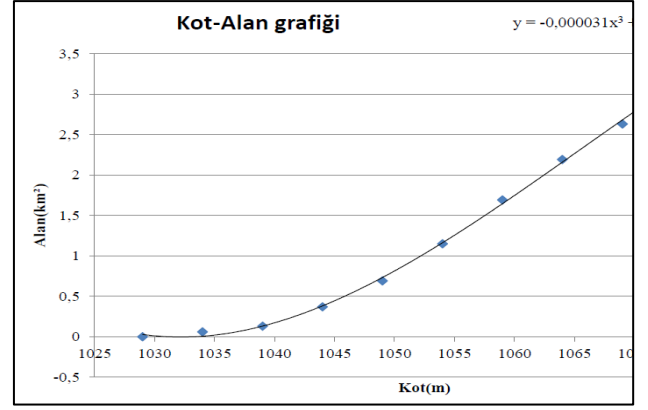
2.4. Ölü Hacim

Bütün doğal rezervuarlar akarsuyun taşıdığı katı maddenin birikmesi ile zaman içerisinde siltlenirler (sedimentle/rüsubatla dolarlar). Akarsu tarafından taşınan katı madde ne kadar çoksa rezervuarın ömrü ona bağlı olarak o kadar çabuk azalır. Ölü hacim, baraj haznelerinin zaman içerisinde (ekonomik ömrü boyunca) katı madde ile dolması beklenen hacimdir [8].

Hazneye gelen katı madde miktarı havzanın büyüklüğüne, bitki örtüsüne, zemin cinsine ve akarsuyun debisine bağlıdır. Bir yılda havzanın birim alanından belirli bir kontrol noktasına ulaşan katı madde miktarı katı madde verimi olarak adlandırılır. Birimi genellikle ton/km²/yıl olarak ifade edilir [7].

Planlama aşamasında pratik olarak ölü hacmin hesabı:

Havzanın 1 km² sinden 1 yılda gelen katı madde miktarı hesaplanır:



Şekil 5. Yüksekliğe göre rezervuardaki alan miktarı.

$$G=1421 \times A^{-0.229}$$

$$A=\text{Havza alanı (km}^2\text{)}$$

$$G=\text{Havzadan gelen katı madde miktarı (m}^3\text{/km}^2\text{/yıl)}$$

$$\text{Haznenin V toplam hacmi seçilir (Vtop=Völü+Vaktif)}$$

$$R=0.0002 \times G^{0.95} (A/V)^{0.80}$$

$$R = \text{bir yılda ortaya çıkacak hacim azalması (\%)}$$

$$G = \text{havzadan gelen katı madde miktarı (ton/km}^2\text{/yıl)}$$

$$A = \text{havza alanı (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{haznenin toplam hacmi (m}^3\text{)}$$

% 0.3-1.3 arasında değişen hacim azalma yüzdesi barajın ekonomik ömrü ile çarpılarak toplam hacim kaybı yüzdesi elde edilir. Bulunan yüzde değeri V toplam hacmi ile çarpılarak ölü hacim bulunur.

Planlama ve projelendirme aşamasında ölü hacmin hesabı:

$$V_o = E \times Q_s$$

$$V_o = \text{faydalı hacimden her yıl eksilen hacim}$$

$$Q_s = \text{hazneye gelen katı madde debisi}$$

$$E = \text{hazne tuzaklama katsayısı (oranı)}$$

Tuzaklama katsayısı (oranı), barajda tutulan katı maddenin, baraja gelen katı madde miktarına oranıdır. Baraj hazne hacminin maksimum kapasitesinin yıllık ortalama akıma oranına bağlıdır.

D.M. Crim'in Tuzaklama Oranı Formülü:

$$E = \frac{C}{I} \div (0.012 + 0.0102x \frac{C}{I})$$

$$C/I = \text{hacim-akım oranı}$$

$$C = \text{rezervuar kapasitesi}$$

$$I = \text{yıllık ortalama akım}$$

$$E = \text{tuzaklama katsayısı}$$

$$Q_s \text{ debisi ölçümlerden elde edilir.}$$

Tablo 6. Baraj nitelik bilgileri.

Baraj Ömrü	100	Yıl	V _{aktif} = 5,1 m ² buna karşılık gelen kot: 1043,84 m' dir.
Havza Alanı	115	Km ²	
V (aktif)	43.35	Hm ³	V _{ölü} = 18,49 m ² buna karşılık gelen kot: 1054,00 m' dir.
V (ölü)	18.49	Hm ³	
V (top)	61.84	Hm ³	
G	474.746	M ³ /km ² /yıl	Dolusavak kret kotu= (1066,84-1054,00)+(1054,00-1029)+1029=1043,84 m' dir.
G	1258.078	Ton/ km ² /yıl	
R	0.30	%	

2.5. Taşkın Kontrol Hacmi

Taşkın hidrografının baraja ve varsa, barajın mansabındaki yerleşim birimlerine ve arazilere zarar vermeden ötelenmesi için taşkın olmadığı durumlarda boş tutulan hacme taşkın kontrol hacmi denir. Taşkın ötelemesi, bir akarsu veya bir göl boyunca ilerleyen taşkın dalgasının zamana bağlı olarak değişimidir. Başka bir deyişle belirli bir akarsu kesimine giren taşkın dalgasının bu bölümün sonunda ki değişimi taşkın ötelemesi ile belirlenir. Bu değişiklik en büyük debinin değerinde azalma ve en büyük debinin oluşma zamanında gecikme şeklinde pratik olarak sonuçlanır.

Taşkın öteleme hesabı için giren hidrografa ait değerler alındı. Giren hidrografın pik değerinin düşürüldüğü dolusavak kret uzunluğu 50 m alındı. Belirlenen toplam hacim dikkate alınarak hacim- kot eğrisinden kret üst kotu belirlendi. Taşkın hidrografından taşkın pik debisi bulundu ve taşkın hidrografının grafiği çizildi.

Tablo 7. Saat aralıkları ile taşkın analiz değerleri

dt(saatt)	Q	dt(saatt)	Q
0	0.00	8.5	78.09
0.5	31.46	9	62.31
1	112.94	9.5	50.72
1.5	247.25	10	42.11
2	414.64	10.5	34.25
2.5	559.86	11	26.37
3	645.36	11.5	21.05
3.5	633.41	12	17.43
4	567.92	12.5	13.79
4.5	480.39	13	10.90
5	385.60	13.5	9.08
5.5	307.76	14	7.26
6	246.85	14.5	5.61
6.5	198.45	15	4.60
7	158.12	15.5	3.59
7.5	127.06	16	2.58
8	100.03	16.5	0.00

Rezervuarda Taşkın Ötelemesi Adımları

Hacim-Alan eğrisinden, aktif hacmin üst kotundan itibaren taşkın kontrol hacmi için Hacim-Kot (S-H) eğrisi çizilir.

Dolu Savak Debi denkleminde aktif hacmin üst kotundan itibaren farklı kotlar için debiler (çıkan debi) hesaplanır ve dolusavak deşarj eğrisi (Q-H) çizilir.

Hacim – Kot (S-H) ve dolusavak deşarj eğrisinden (Q-H) yararlanarak Debi-Hacim (Q-S) ve (2S/dt+Q)-Q eğrileri çizilir.

Bu eğriler yardımı ile taşkın öteleme tablosu doldurulur.

Dolusavak kret kotu= 1043.84m

Dolusavak uzunluğu (L)=45 m (Q_{max}=645,36 m³/sn=C₀*L*H_{3/2})

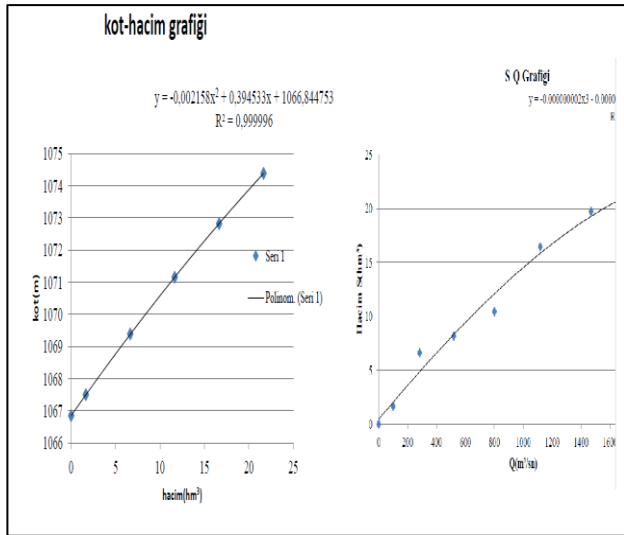
Zaman aralığı(dt) = 3600*0,5= 1800 sn H_{3/2}

Bu verilenlerden Q= C₀*L* H_{3/2} formülü ile debi hesaplandı. Hacim- kot eğrisinden hangi kotta ne kadar hacim (S) olduğu belirlendi. Bu verilere göre (2S/d_t + Q) değeri hesaplandı. Buradan Q- S ve (2S/d_t+Q)-Q grafikleri belirlendi. Taşkın öteleme tablosuna veriler girilerek aşağıda belirtilen yöntemlerle tablo değerleri belirlendi.

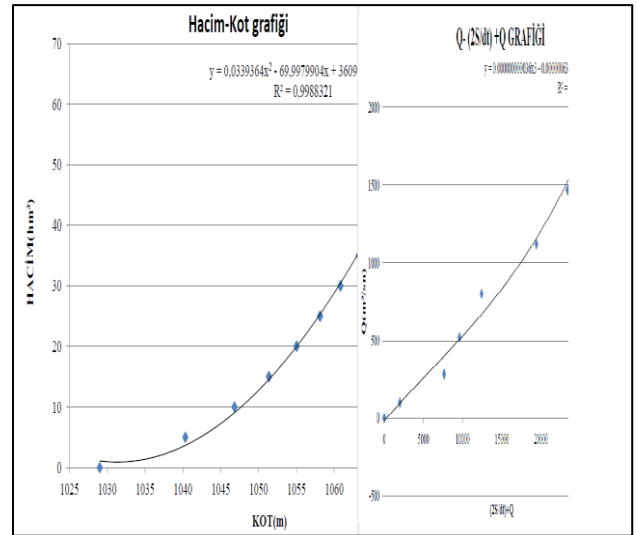
1. Satır :
6. Kolon için Giren Akım = Çıkan Akım Alınır
2. Satır:
3. Kolona 2. Kolondaki giren akımların 2. Satır ve 1. Satır değerlerinin toplamı
5. Kolona 3. Kolondaki giren akımların toplamı değeri ile 1. Satırdaki 4. Kolonun toplamı yazılır
6. Kolona 5. Kolon değerine karşılık (2S/Dt)+Q - Q Eğrisinden okunan Q değeri yazılır.
- Tüm satırlar için:
8. Kolon için 7. Kolon değerine karşılık S-K Eğrisinden K Kotu okunur
9. Kolon için 8. Kolondaki Kot değeri dolusavak kret Kotundan çıkarılır.

Böylece dolusavak üzerindeki su yükü bulunmuş olur. Bundan sonraki işlemler diğer satırlar için tekrarlandı. Proje için işlemler sırası ile yapıldı ve taşkın üst kotu 1047,00 m,

Taşkın kontrol hacmi= 29,78 hm³ olarak bulundu.



Şekil 7. Kot Hacim ve S-Q grafiği gösterimi



Şekil 8. Hacim Kot ve Q- (2s/dt) grafiği

Tablo 8. Kapak açıklığı hacim tablosu

KOT (m)	KAP. AÇIL. (m)	Q (m³/sn)	HACİM S (hm³)	(2S/dt)+ Q	dt(sn)
167	0	0	0	0	1800
168	1	60	1.69	1937.778	1800
169	2	169.706	6.63	7536.372	1800
170	3	311.769	8.17	9389.547	1800
171	4	480.000	10.45	12091.111	1800
172	5	670.820	16.47	18970.820	1800

Tablo 7. de, her yarım saate bir alınan taşkın analizi ile meydana gelebilecek olası hacim ölçülmüştür.

Tablo 8.de, barajın kapakları açıldığında birim zamanda tahliye edilmesi olası su miktarı verilmiştir. Şekil 7. ve

Şekil 8.de, zamansal olarak artan su miktarı ile taşkın önleme analizi yapılmıştır.

Tablo 9.da, 16,5 saat boyunca yarımşar saat arayla tüm giren çıkan akımlar, dolu savak üzerinde ve üzerindeki kretin taşkın riski ortalama yüksekliği bulunmaya çalışıldı.

2.6. Hava Payı

Hava payı, maksimum işletme seviyesi ile barajın en üst kotu arasındaki düşey mesafedir. En büyük taşkın barajdan geçerken dolu savak üzerinde oluşan su yükü, su yüzündeki rüzgar kabartı yüksekliği, rüzgarın ortaya çıkardığı dalganın baraj gövdesinde kırılması sonucu ortaya çıkan tırmanma yüksekliği, emniyet payı, taşkınlar sırasında dolu savak üzerinde ortaya çıkan en büyük su yükü, taşkın öteleme hesapları sonunda belirlenir.

Rüzgar kabartı yüksekliği, rüzgarın ve haznenin durumuna bağlı olarak;

$$H_k = V^2 F / K D \times \cos a$$

H_k = rüzgar kabartı yüksekliği

V = su yüzündeki en büyük rüzgar hızı

F = Feç uzunluğu, (baraja doğru esen rüzgarın baraj gölünde aldığı mak. düz mesafe)

D = feç doğrultusunda ortalama göl derinliği

a = feç doğrultusu ile rüzgar yönü arasındaki açı

$K = 63200$ alınabilen bir katsayı

Rüzgar etkisi ile haznenin kabarması için rüzgarın esiş süresi de önemlidir. Örneğin, 3 km feç uzunluğu için 1 saat, 20 km feç uzunluğu için 3 saat süreli rüzgar olmalıdır. Yeni bir haznenin su yüzünden 10 m yukarıda ölçülen rüzgar hızı, göl oluşmadan önceki ölçümlerden daha büyüktür (Şahin, 2003).

Su yüzündeki rüzgar hızını bulmak için: Etkili Feç(km) 1,0 2,0 4,0 8,0 12,0 Rüzgar Hızı Oranı 1,1 1,16 1,23 1,29 1,31 su yüzündeki rüzgar hızının karadakinine oranıdır.

Dalga yüksekliği hesabı için Stevenson Formülü:

$$H = 0.34 \sqrt{F} + (0.76 - 0.26^4 \sqrt{F})$$

H = dalga yüksekliği

F = Feç uzunluğu (Feç uzunluğu 20 km den fazla ise parantez içindeki terimler ihmal edilir)

Tablo 10. Hava payları gösterimi

Feç Uzunluğu (km) 1.6 dan az	Normal Hava Payı (m) 1.2	Min. Hava Payı (m) 0.9	Tablo 10.da, Hava payının teorik hesabı, baraj gölünde oluşacak doğal yüksekliklerinin ve yerel koşulların tam olarak bilinmesi ile olabilir. Bir baraj gölünde oluşan dalgaların yüksekliği rüzgârın doğrultusuna, hızına, süresine, su derinliğine ve göl alanı genişliği gibi faktörlere bağlıdır. Bu etkenlere göre hava payı hesabı oldukça karmaşık hesaplar gerektirmektedir. DSİ hava payı hesabında iki ayrı yöntem kullanılmaktadır. Fakat DSİ barajlar ve HES dairesince 2m alınmaktadır. Hava Payı: 2m, Maksimum Baraj Kret Kotu: 1042.21+2=1044.21 m
1.6	1.5	1.2	
4.0	1.8	1.5	
9.0	2.4	1.8	
16.0	3.0	2.1	

Tablo 9. Rezervuarda taşkın önleme tablosu

Zaman (saat)	Giren Akım (m ³ /sn)	Ortalama I (m ³ /sn)	(2Si/dt)-Q		(2Si/dt)+Q	Çıkan Akım Üzerindeki	Dolu Savak Üzerinde ki	Dolu Savak Üzerindeki	TÜM Savak Üzerindeki
Iort (m ³ /sn)	Su Hacmi S(milyon m ³)		K (m)		Su Kotu h (m)	Su Yüksekliği			
0	0	0.00	509.4	0	0.45846	1067.02517702	0.18517702		0.18514207
0.5	31.46	31.46	777.099	540.86	9.344467832	0.70779927	1067.12292206		0.28292206
1	112.94	144.40	1160.41	921.50	22.7743093	1.06486855	1067.26243173		0.42243173
1.5	247.25	360.19	1751.49	1520.60	43.60200529	1.61558102	1067.47652042		0.63652042
2	414.64	661.89	2607.26	2413.37	74.0255238	2.41315498	1067.78425555		0.94425555
2.5	559.86	974.50	3688.74	3581.75	112.9622385	3.42153076	1068.16939637		1.32939637
3	645.36	1205.22	4862.56	4893.96	155.8995352	4.51661139	1068.58268252		1.74268252
3.5	633.41	1278.77	5949.9	6141.33	196.366604	5.53163818	1068.96113412		2.12113412
4	567.92	1201.32	6817.29	7151.22	229.1733232	6.34181789	1069.26001758		2.42001758
4.5	480.39	1048.31	7426.99	7865.60	252.5355006	6.91157094	1069.46850856		2.62850856
5	385.60	865.99	7791.05	8292.98	266.6116041	7.25189576	1069.59237599		2.75237599
5.5	307.76	693.36	7954.07	8484.41	272.9462123	7.40431290	1069.64768892		2.80768892
6	246.85	554.60	7974.73	8508.67	273.7504541	7.42363077	1069.65469231		2.81469231
6.5	198.45	445.30	7899.24	8420.02	270.8134187	7.35304717	1069.62909552		2.78909552
7	158.12	356.57	7759.39	8255.80	265.3836819	7.22229747	1069.58162300		2.74162300
7.5	127.06	285.18	7579.47	8044.57	258.419484	7.05410453	1069.52044710		2.68044710
8	100.03	227.09	7376.67	7806.56	250.5976484	6.86454285	1069.45135252		2.61135252
8.5	78.09	178.12	7161.97	7554.79	242.3489919	6.66389158	1069.37804686		2.53804686
9	62.31	140.40	6946.49	7302.38	234.1023011	6.46252960	1069.30430686		2.46430686
9.5	50.72	113.03	6738.84	7059.51	226.1859646	6.26852676	1069.23309629		2.39309629
10	42.11	92.82	6543.71	6831.67	218.7728847	6.08623429	1069.16603610		2.32603610
10.5	34.25	76.36	6362.15	6620.07	211.8979278	5.91664067	1069.10351867		2.26351867
11	26.37	60.62	6192.52	6422.77	205.4941011	5.75821034	1069.04500422		2.20500422
11.5	21.05	47.42	6035	6239.94	199.5639142	5.61110608	1068.99057594		2.15057594
12	17.43	38.47	5891.28	6073.47	194.1667488	5.47689869	1068.94083800		2.10083800
12.5	13.79	31.21	5760.66	5922.49	189.2726855	5.35493523	1068.89557030		2.05557030
13	10.90	24.68	5641.76	5785.34	184.8271543	5.24393118	1068.85431446		2.01431446
13.5	9.08	19.97	5534.41	5661.74	180.820403	5.14370619	1068.81701909		1.97701909
14	7.26	16.34	5437.83	5550.75	177.2218675	5.05354980	1068.78343337		1.94343337
14.5	5.61	12.87	5350.64	5450.71	173.9776296	4.97215472	1068.75308135		1.91308135
15	4.60	10.21	5272.19	5360.85	171.0628054	4.89893159	1068.72575219		1.88575219
15.5	3.59	8.19	5201.85	5280.38	168.4519629	4.83327049	1068.70122574		1.86122574
16	2.58	6.17	5138.5	5208.02	166.103173	4.77414005	1068.67912277		1.83912277
16.5	0.00	2.58	5079.82	5141.07	163.9296	4.71937035	1068.65863638		1.81863638
MAKS			273.75045406	7.42363077	1071.65469231	2.814692	2.847657		

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak dolgu barajlarda, hazne tasarlanmasında akarsu yatakları üzerinde çanak yada derin vadi alanlarda öncelikle uzunca periyotlarla debi ölçümleri yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Hangi saatler, aylarda su miktarı pik noktaya ulaşacağı saptanmalıdır. Buna göre, barajın yükseklik miktarı hesaplanmalıdır. Olası taşkın miktarı kotu bulunarak, meydana gelecek taşma riskine

karşı baraj kapaklarının birim zamanda tahliye edeceği su miktarı bulunmalıdır. Hava payı da rezervuarda taşkın hacmine eklenerek brüt kret kotu bulunmuştur. Barajların ömrünün ne kadar olabileceği ise aktif ve ölü hacim analizi ile bulunmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Akarsu Havzaları,
<http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/HES/hidroloji/havzalar.html>
- [2] Baraj Bilgileri,
<http://www.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=57>
- [3] Karadağ, Abdullah., Dolgu Baraj Tasarımında Türkiye Pratiği Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mayıs 2018
- [4] Keşkek Hıdır., Baraj Planlama Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması: ELAZIĞ MADEN DURMUŞTEPE GÖLETİ ÖRNEĞİ Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği 2018.
- [5] Kılıç, Hakan., Dolgu Barajların Stabilite Analizleri ve Bir Uygulama Yüksek Lisans Tezi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mayıs 2019.
- [6] Kişi, Ö., Su Yapıları 2 Ders Notu , Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2020.
- [7] Şahin, A., Dolgu Barajlarda Hazne Tasarımı, Şev Stabilitesi ve Sızma Analizi, Bitirme Ödevi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2003.
- [8] Yurtal, R., Su Yapıları 2 Ders Notu, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2020.
- [9]
Url1:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/1>
- [10]
Url2:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/2>
- [11]
Url3:<https://twitter.com/MevltAYDIN06/status/1070904630647898112/photo/3>
- [12]
Url4:<https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2020/03/04/tuncelide-dsi-3-baraj-yapti>
- [13] Url5:<https://bolge09.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/998>
- [14] Url6: Akarsu Havzaları;
<http://www.dsi.gov.tr/agibilgi/agibilgi.aspx>
- [15] Url7: <https://bolge09.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/998>
- [16] Url8:
<https://twitter.com/mevltaydin06/status/1070904630647898112>
- [17] Thomas, H. A. and R. P, Burden. 1963. Operation researches in water quality management, Harvard University, Cambridge, M A. www.gams.com.
- [18] Sattari, Mohammad. T.;Salmasi, Farzin.;Öztürk, Fazlı. 2008. Sulama Amaçlı Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Çeşitli Yöntemlerin Karşılaştırılması, TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ 2008, 14 (1) 1-7 ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
- [19] Erdin, Emre Taha.;Sakarya-Altan, Burcu.A. 2015. Sulama Amaçlı Rezervuarlarda İşletme Çalışması Yapılması ve Optimum Rezervuar Kapasitesinin Belirlenmesi. 4.Su Yapıları Sempozyumu.