

# Hazne Hacminin Belirlenmesinde Farklı Yöntemlerin Değerlendirilmesi: Afyonkarahisar Sandıklı Kızılca Barajı Örneği

**Emin TAŞ, Murat KİLİT**

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi A. N. S. Kampüsü

Afyonkarahisar/Merkez 03000

Tel: 0(272) 228 14 23

E-Posta: emintas@aku.edu.tr, mkilit@aku.edu.tr

## Öz

Bir akarsudan çeşitli kullanımlar için alınması planlanan su miktarı, doğal akış miktarını aşılırsa, su ihtiyacı ya yeraltısuyundan, ya başka bir havzadan yapılan su transferlerinden ya da bir biriktirme haznesinden karşılanabilir. Su ihtiyacı çoğunlukla da bir biriktirme haznesi oluşturularak giderilir. Su ihtiyacını karşılayabilecek hazne hacmi, akarsuyun akım büyüklüklerine ve değişkenliğine, ihtiyaç miktarına ve ihtiyacı karşılayamama riskine bağlı olarak değişmektedir. Biriktirme haznelerinin tasarımında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu çalışmada DSİ tarafından 2012 yılında yapımı tamamlanan 9,90 hm<sup>3</sup> hazne hacmine sahip Afyon Sandıklı Kızılca Barajı'nın hazne kapasitesi, eklenik akımlar, eklenik farklar, ardışık tepeler, aylık su bütçesi yöntemleriyle ve Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ArcGIS 10.3 yardımıyla hesaplanan hazne kapasiteleri ile karşılaştırılarak irdelenmiştir. Yukarıdaki yöntemlerle hazne kapasitesi hesaplanırken Büyük Menderes Havzası Kestel Deresi üzerinde bulunan DSİ-Afyon Sandıklı (7-111) akım gözlem istasyonunda gözlenmiş verilerin DSİ-Kızılca (7-87) akım gözlem istasyonu verileriyle (R=0,909 korelasyon katsayısıyla) uzatılarak elde edilen 23 yıllık (1986-2008) aylık ve yıllık akım verileri kullanılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Düşük akım hidrolojisi, Kritik dönem, Biriktirme haznesi kapasitesi, Sandıklı Kızılca Barajı.

## Giriş

Dünyadaki su dağılımına bakıldığında yüzeysel tatlı su kaynaklarının (akarsular, bataklıklar, göller) toplam su miktarının %0.3'ünü oluşturduğu görülmektedir. Kolay erişilebilir ve yenilenebilir olmasından dolayı yüzeysel tatlı su kaynakları insanoğlunun ihtiyacını karşılama noktasında hayati öneme sahip bir konumdadır. İnsanoğlu tarih boyunca su ihtiyacını genellikle akarsuyun doğal akışından karşılamaya çalışmış, akarsular doğal akış miktarlarıyla ihtiyacı karşılayamadığında ise öncelikli olarak biriktirme hazneleri oluşturma yoluna başvurmuştur. Zamana göre değişen akış miktarlarıyla ihtiyaçların karşılanabilmesi için de biriktirme haznelerinin optimum hacminin belirlenmesi gerekmektedir.

Akarsuyun doğal akışının su ihtiyacından büyük olduğu dönemler sulak dönemler, küçük olduğu dönemler ise kurak dönemler olarak adlandırılır. Su kullanma maksatlı

haznelerde en kurak dönem, taşkın kontrolü maksatlı haznelerde ise en sulak dönem dikkate alınarak hazne hacmi belirlenir (Ağırlioğlu, 2004).

## **Hazne Hacminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler**

Su ihtiyacını karşılayabilecek olan hazne hacmi, akarsuyun akım büyüklüklerine ve değişkenliğine, ihtiyaç miktarına, ihtiyacın karşılanmasındaki güvenilirlik düzeyine ve işletme şekline bağlıdır (Bayazıt, 1997).

Hazne hacminin belirlenmesinde kullanılan yöntemleri ön tasarım ve kesin tasarım yöntemleri olarak ikiye ayırmak mümkündür. Ön tasarım yöntemleri buharlaşma ve sızma kayıplarının ihmal edildiği, su ihtiyacının da zamanla değişiminin sabit kabul edildiği basit yöntemlerdir. Ön tasarım yöntemlerinde yapılan bu kabuller sonuçların hassasiyetini etkilemektedir. Kesin tasarım yöntemlerinde ise talepteki mevsimsel değişimler, buharlaşma ve sızma kayıpları dikkate alındığından gerçeğe daha yakın sonuçlara varmak mümkündür.

Hazne hacmi belirlenmesinde kullanılan yöntemleri kritik dönem yöntemleri (eklenik akımlar, eklenik farklar, ardışık tepeler, minimum akımlar, aylık su bütçesi, Alexander, Dinçer, Gould Gamma), Moran hazne teorisini temel alan yöntemler (Moran ve Gould olasılık matris yöntemleri, McMahan, Hardison) ve sentetik veri kullanımını temel alan yöntemler (Gould sentetik veri yöntemi, Monte Carlo) olarak üç grupta da sıralamak mümkündür (McMahon ve Mein, 1978).

## **Uygulama Alanı**

Afyonkarahisar ili Sandıklı ilçesinde Kızılca köyü yakınında içme-kullanma ve sulama amaçlı olarak DSİ tarafından 2012 yılında yapımı tamamlanan Kızılca Barajı, Büyük Menderes Havzası içinde Kestel Deresi üzerindedir (Şekil 1).

Kızılca Barajı yağış alanı  $38,1 \text{ km}^2$  olup baraj havzasının yıllık yağış yüksekliği  $746,6 \text{ mm}$  (1968-1993) ve yıllık toplam akış hacmi  $11,316 \text{ hm}^3$  (1986-2008)'tür. Baraj yerinin ortalama sıcaklığı  $11,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (1963-2005), net buharlaşma yüksekliği  $544,1 \text{ mm}$  (1995-2005) ve hazne yüzeyinden yıllık buharlaşma hacmi  $0,24 \text{ hm}^3$ 'tür. Kil çekirdekli geçirimli (kum-çakıl) bir dolgu barajı olan Kızılca Barajı'nın gövde hacmi  $0,693 \text{ hm}^3$  ve temelden yüksekliği  $59 \text{ m}$ 'dir. Barajın talvegten yüksekliği ise  $48,6 \text{ m}$ 'dir. Normal su seviyesindeki göl alanı  $0,532 \text{ km}^2$  ve bu seviyedeki göl hacmi  $9,90 \text{ hm}^3$  olan barajın, minimum su seviyesindeki göl alanı  $0,103 \text{ km}^2$  ve bu seviyedeki göl hacmi (minimum hacim yada ölü hacim)  $0,57 \text{ hm}^3$ 'tür. Ölü hacim hesabı yapılırken havzadan baraja taşınan sediment miktarının  $300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl}$  ve ekonomik ömrün  $50 \text{ yıl}$  olduğu kabul edilmiştir (DSİ, 2010).



Şekil 1 Kızılca Barajı coğrafi konumu (TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü, 2010).

Kızılca Barajı'ndan yakındaki Sorkun kasabası (3,11 lt/s) ve Kızılca köyünün (1,93 lt/s) içme ve kullanma suyu karşılanacak olup gelecekteki talepler de dikkate alınarak toplamda yıllık  $0,504 \text{ hm}^3$  (16 lt/s) içme kullanma suyu tahsis edilmiştir. Barajdan sağlanacak sulamayla sulanacak net alan 1799,5 ha ve sulama suyu ihtiyacı  $4136,8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{yıl}$  olduğundan yıllık sulama diversiyonu  $7,44 \text{ hm}^3$ 'tür. Ortalama su ihtiyacının kayıplar çıkartıldıktan sonra hazneye gelen ortalama su miktarına oranı olarak tanımlanan hazne düzenleme oranı, Kızılca Barajı için baraj alanının topoğrafik özellikleri ve civardaki işlenebilir tarım arazileri nedeniyle %67 alınmıştır (DSİ, 2010).

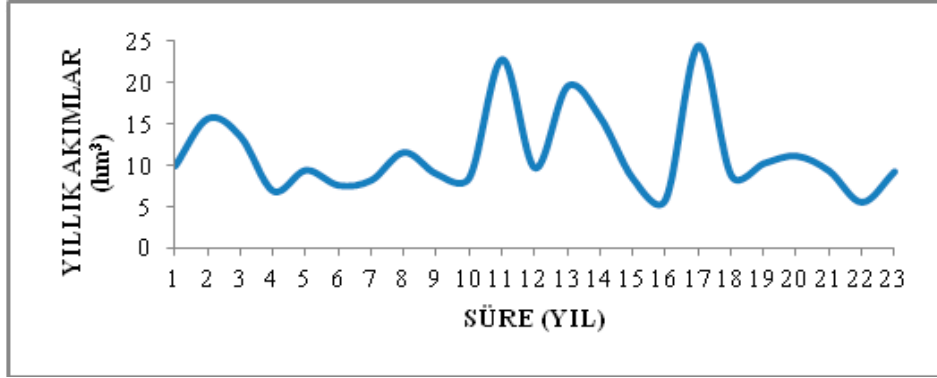
Hazne hacminin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda kullanılan akım verileri DSİ tarafından işletilen Afyon Sandıklı (7-111) ve Kızılca (7-87) akım gözlem istasyonlarından (Tablo 1) elde edilmiştir.

Tablo 1 Akım gözlem istasyonları bilgileri.

İstasyonun Adı / No / Koordinatları	Akarsu Adı	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Kot (m)	Gözlem Süresi
Afyon Sandıklı / D07A111 / 38° 22' 33" K - 30° 04' 57" D	Kızılca Suyu	38,1	1145	1991-2000
Kızılca / D07A087 / 38° 23' 15" K - 30° 04' 39" D	Kestel Deresi	46,2	1067	1986-2011

7-111 nolu AGİ tam baraj aksında olduğu için Kızılca Barajı hazne hacmi irdelemesinde bu istasyonun verilerinin kullanılması uygundur. Fakat bu istasyonun gözlem süresi baraj işletmesi için yeterli olmadığından, yeterli gözlem süresine sahip ve mansapta yer

alan 7-87 nolu istasyon verileriyle korelasyon kurularak uzatılmıştır. Korelasyon katsayısı  $R=0,909$  ve korelasyon denklemi  $y=0,7907x+0,1288$  olarak bulunmuştur. Sonuçta 7-111 nolu istasyonun korelasyonla 7-87 nolu istasyon verileriyle uzatılarak elde edilen 23 yıllık (1986-2008) aylık ve yıllık akım verileri biriktirme hazne tasarımında kullanılmıştır (DSİ, 2010). 23 yıllık gözlem süresince yıllık gelen akım miktarları Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2 Kestel Deresi Kızılca baraj yeri girişi 23 yıl süreli (1986-2008) yıllık akım verileri.

## Hazne Hacminin Belirlenmesi

Çalışmada ön tasarım ve kesin tasarım aşamasında kullanılan bazı kritik dönem yöntemleri ile gerekli hazne hacminin belirlenmesi ve Kızılca Barajı'nın hazne hacminin irdelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca yöntemler farklı düzenleme oranları ve ihtiyacı karşılayamama olasılıkları için uygulanarak bu faktörlerin belirlenecek hazne hacmine etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmada hazne hacmi belirlenmesi için kullanılan ön tasarım ve kesin tasarım yöntemleri de kritik dönem yöntemleridir. Pratikte daha çok kullanıldığı için hazne hacmi hesabında bazı kritik dönem yöntemleri tercih edilmiştir. Yeterli kapasitesi olan bir hazne kritik dönemin başlangıcında tamamen dolu iken kritik dönemin sonunda boşalacaktır.

### Ön Tasarım Yöntemleri

Öntasarım kritik dönem yöntemlerinde haznenin kritik dönemin başında dolu olduğu, su ihtiyacının sabit olduğu, buharlaşma ve sızma kayıplarının olmadığı ve gözlenen verilerin geleceği temsil ettiği kabulleri yapılır. Bu kabuller gerekli hazne kapasitesi belirlenirken hassasiyetin düşük olmasına neden olmaktadır. Fakat bu yöntemlerin basit olması, yöntemlerde gözlenen veriler kullanıldığından mevsimsellik ve içsel bağımlılık gibi akım özelliklerinin gerekli hazne kapasitesi belirlenirken dikkate alınıyor olması bu yöntemlerin avantajlarıdır (Bayazıt, 1997).

Ön tasarım aşamasında eklenik akımlar, eklenik farklar ve ardışık tepeler yöntemlerinde belirlenen hazne hacminin ihtiyacı karşılamama olasılığı için kabaca şöyle bir formül kullanılabilir:

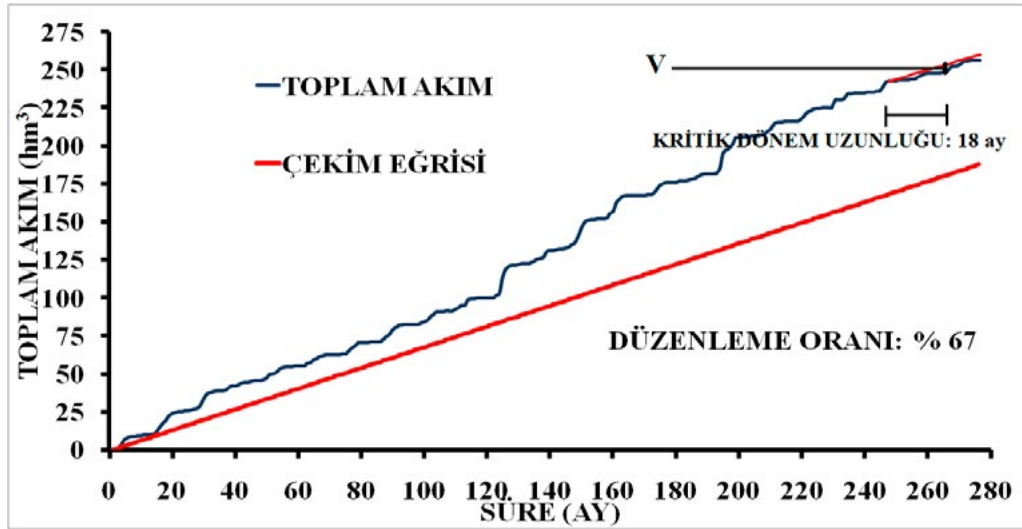
$$P = \frac{0,6}{N + 0,2}$$

Yukarıdaki formül kullanılarak 1986-2008 yılları arasında gözlenmiş akımlar (N=23 yıl) yardımıyla hacmi belirlenen haznenin toplam gözlem süresi içerisinde bir kez ihtiyacı karşılayamama olasılığı %2,6 olarak bulunmuştur.

#### *Eklenik Akımlar (Ripple) Yöntemi*

Ripple yönteminde aylık (veya yıllık) akımlar eklenik olarak toplanarak toplam akım çizgisi elde edilir. Belirli bir çekimi sürekli sağlamak için gerekli hazne hacmi belirlenirken, toplam akım çizgisine düzenleme oranına karşılık gelen eğimde teğetler çizilir. Toplam akım çizgisine yukarıdan değen teğetler haznenin dolu olduğu bir noktayı gösterir. Böyle bir noktadaki teğetle daha sonraki bir anda çizgiye aşağıdan değen bir teğet arasındaki düşey uzaklık gerekli hazne hacmini verir. Toplam akım çizgisi boyunca bu şekilde başka teğet çifti varsa bu teğet çiftlerinin arasındaki düşey uzaklığın en büyüğü gerekli hazne hacmini; gerekli hazne hacminin belirlendiği teğet noktalarının arasındaki yatay uzaklık da kritik dönem uzunluğunu verir (McMahon ve Mein, 1978).

Afyon Sandıklı (7-111) AGİ'na ait 23 yıl süreli aylık akım miktarları kullanılarak %67 düzenleme oranı (0,682 hm<sup>3</sup>/ay) için elde edilen toplam akım ve çekim eğrileri Şekil 3'de sunulmuştur. Bu yöntemle %67 düzenleme oranı için gerekli hazne hacmi 5,687 hm<sup>3</sup> (256,702-251,015); kritik dönem uzunluğu ise 18 ay (265.ay-247.ay) olarak bulunmuştur. %75 düzenleme oranı (0,763 hm<sup>3</sup>/ay) için ise gerekli hazne hacmi 7,621 hm<sup>3</sup> (78,937-71,316), kritik dönem 54 ay (86.ay-32.ay) olarak bulunmuştur.

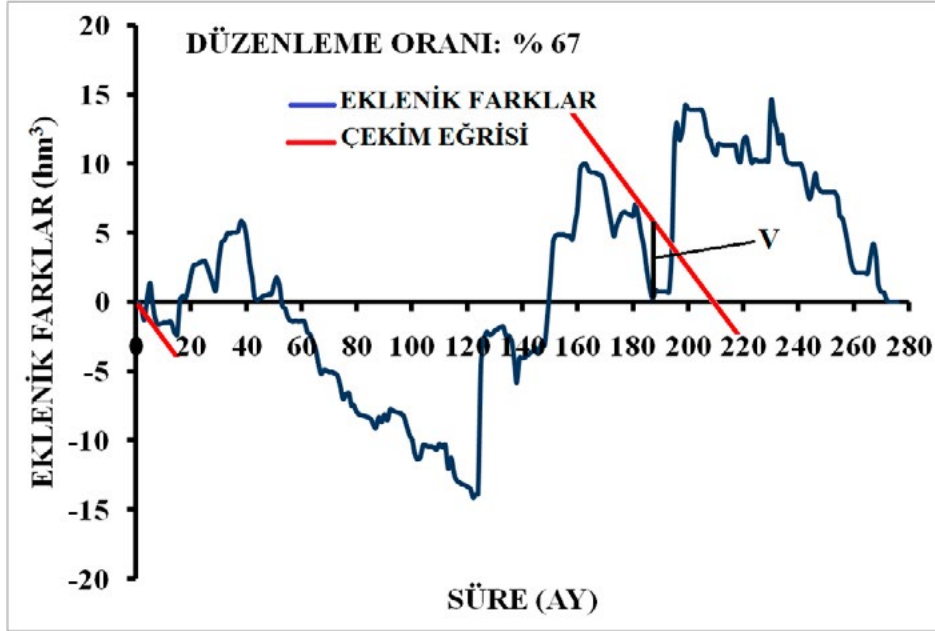


Şekil 3 Eklenik akımlar (Ripple) yöntemiyle hazne kapasitesinin belirlenmesi.

#### *Eklenik Farklar Yöntemi*

Eklenik farklar yönteminde her bir akım ve çekim değerinden ortalama akımlar çıkartılarak farklar elde edilir. Daha sonra bu farkların kümülatif değerleri çizilir. Çekim ve eklenik fark eğrisi arasındaki en büyük fark gerekli hazne kapasitesini vermektedir (McMahon ve Mein, 1978).

Afyon Sandıklı (7-111) AGİ'na ait 23 yıl süreli aylık akım miktarları kullanılarak %67 düzenleme oranı için elde edilen eklenik farklar ve çekim eğrileri Şekil 4'de sunulmuştur. Bu yöntemle %67 düzenleme oranı için gerekli hazne hacmi 5,500 hm<sup>3</sup> (5.765-0.265); kritik dönem uzunluğu ise 6 ay (187.ay-181.ay) olarak bulunmuştur. %75 düzenleme oranı için ise gerekli hazne hacmi 7,200 hm<sup>3</sup> (7,456-2,256); kritik dönem 30 ay (260.ay-230.ay) olarak bulunmuştur.



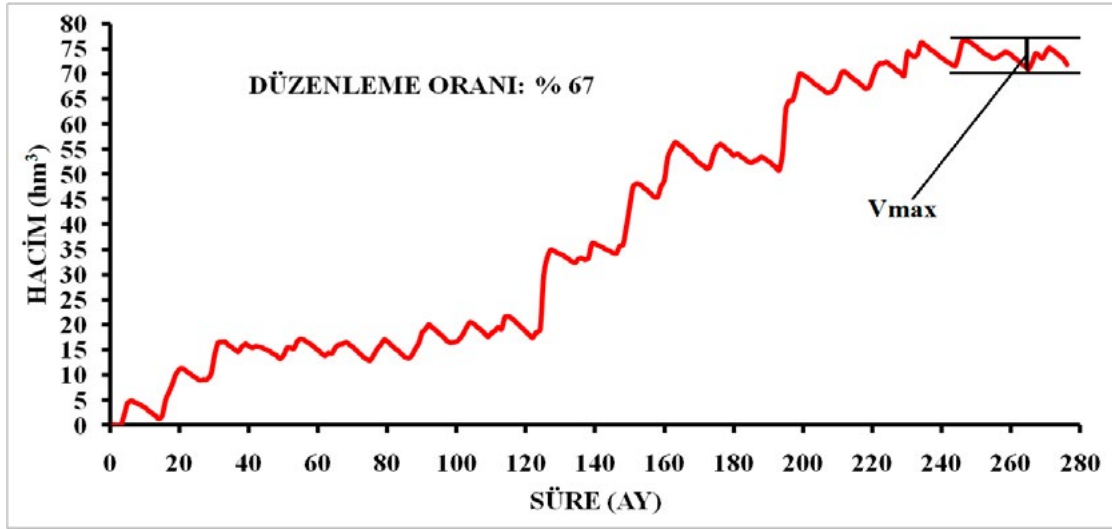
Şekil 4 Eklenik farklar yöntemiyle hazne kapasitesinin belirlenmesi.

#### *Ardışık Tepeler Yöntemi*

Ardışık tepeler yöntemi eklenik akımlar yönteminin analitik çözümü olarak tanımlanabilir. Yöntemde öncelikle eklenik akımlardan çekim değerleri çıkarılmaktadır. Daha sonra bu fark değerlerindeki en büyük ilk değer ( $H_1$ ) ve ondan sonra gelen daha büyük ikinci değer ( $H_2$ ) ve bu ikisinin arasındaki bölgede kalan en küçük değer ( $T_1$ ) tespit edilmektedir. Bu işlemlere tüm fark verileri tamamlanıncaya kadar devam edilmektedir. ( $H_i - T_i$ ) değerleri hazne hacimlerini vermektedir ve bu değerlerden en büyüğü gerekli hazne hacmi olarak alınmaktadır (Halden ve Özkul, 2004).

Afyon Sandıklı (7-111) AGİ'na ait 23 yıl süreli aylık akım miktarları kullanılarak %67 düzenleme oranı için elde edilen eklenik akım ve çekim farkı eğrisi Şekil 5'de sunulmuştur. Bu yöntemle %67 düzenleme oranı için gerekli hazne hacmi 5,687 hm<sup>3</sup> (76,654-70,967); kritik dönem uzunluğu ise 18 ay (265.ay-247.ay) olarak bulunmuştur. %75 düzenleme oranı için ise gerekli hazne hacmi 7,922 hm<sup>3</sup> (43,238-35,316); kritik dönem 30 ay (193.ay-163.ay) olarak bulunmuştur.





Şekil 5 Ardışık tepeler yöntemiyle hazne kapasitesinin belirlenmesi.

## Kesin Tasarım Yöntemleri

### *Aylık Su Bütçesi Yöntemi*

Haznenin boş olduğu ay sayısı, toplam gözlem süresindeki ay sayısına bölünerek su alınmayacak zaman yüzdesi (başarısızlık yüzdesi) bulunur. Haznenin ihtiyacı karşılayamama olasılığı kabul edilebilir bir güvenilirlikte seçilerek hazne hacmi belirlenir. Bu yöntemde haznenin başlangıçta dolu olduğu ve gözlenmiş akımların gelecekteki akımları temsil ettiği kabulleri yapılmaktadır. Ayrıca su taleplerinin gelecekteki artış oranının tahmin edilmesi çok kolay değildir (Ağırlioğlu, 2004).

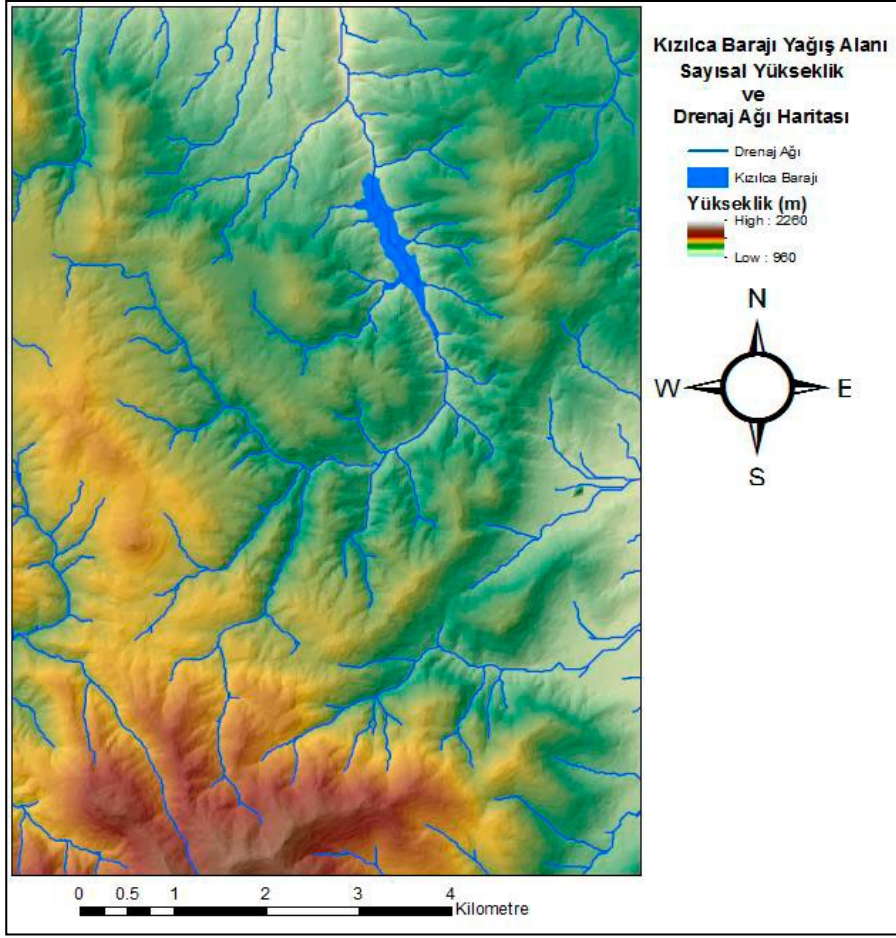
Kızılca Barajı için 23 yıl süreli gözlemlenen aylık gelen akım, sulama ve içme-kullanma suyu ile buharlaşma miktarları kütlelerin korunumu prensibiyle dikkate alınarak ve hazne başta dolu kabul edilerek savaklanan miktar ve ay sonu hazne hacmi hesaplanmıştır. Bu yöntemle %2,5 ihtiyacı karşılayamama olasılığı ve %67 düzenleme oranı için gerekli hazne hacmi 7,530 hm<sup>3</sup>, kritik dönem uzunluğu ise 18 ay (48.ay-30.ay) olarak bulunmuştur. Sürekli ihtiyacı karşılaması için ise gerekli hazne hacminin 9,690 hm<sup>3</sup> olması gerekmektedir.

Ön tasarım yöntemlerinde buharlaşma ihmal edildiğinden ve çekim sabit kabul edildiğinden, aylık su bütçesi yöntemiyle ön tasarım yöntemlerini kıyaslayabilmek için, aylık su bütçesi yönteminde de buharlaşmayı ihmal ve çekimi sabit kabul ettiğimizde gerekli hazne hacmi %2,5 ihtiyacı karşılayamama olasılığı ve %67 düzenleme oranı için 4,260 hm<sup>3</sup> olmaktadır. Kritik dönem yine 18 ay (193.ay-175.ay) olarak bulunmaktadır. %0 ihtiyacı karşılayamama olasılığı için ise gerekli hazne hacmi bu şartlarda 5,330 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır.

### **Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı ile Hazne Hacmi Hesabı**

Kızılca Barajı'nın ArcGIS 10.3 programında normal su seviyesinde hazne hacminin hesaplanması için 10 metre hassasiyetli sayısal yükseklik haritası (Şekil 6) kullanılmıştır. Baraj gövdesinin koordinatları girilerek normal su seviyesi olan 1145,90

metrenin altında kalan hacim  $9,560 \text{ hm}^3$  olarak bulunmuştur. Hazne yüzey alanı ise  $0,554 \text{ km}^2$  olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6 Kızılca Barajı yağış alanı yükseklik ve drenaj ağı haritası.

## Sonuçlar ve Öneriler

Hazne tasarım yöntemleriyle elde edilen değerlere (Tablo 2) baktığımızda, yöntemleri birbiriyle rahatça kıyaslamak mümkün olmaktadır. Ön tasarım yöntemlerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Aylık su bütçesi I yöntemiyle kıyaslandıklarında ise ön tasarım yöntemlerinin güvenli tarafta kalmadıkları görülmektedir. Aylık su bütçesi II yöntemiyle ise yakın sonuçlar vermektedirler. Fakat ön tasarım ve aylık su bütçesi II yöntemlerinde buharlaşma ihmal edilmekte ve çekim sabit değerde kabul edilmektedir. Bu durum bu yöntemlerin gerçeği çok iyi yansıtmamasına sebep olmaktadır. Bu yüzden aylık su bütçesi I yöntemi gerçeği en iyi temsil edeceğinden kullanılması en uygun yöntem olacaktır.

ArcGIS 10.3 yazılımı ile hesaplanan hazne hacmi değeri, kesin tasarım olan aylık su bütçesi I yöntemi sürekli ihtiyacı karşılama durumundaki sonucuna çok yakın bir değerdir. Bu durum ArcGIS 10.3 yazılımının hazne hacmi tasarımında kullanılabileceğini göstermektedir.



Tablo 2 Farklı yöntemlerle hesaplanan hazne hacimleri.

Yöntemler	Düzenleme Oranı: %67			Düzenleme Oranı: %75		
	İht. Karş. Olasılığı (%)	Hazne Kapasitesi (hm <sup>3</sup> )	Kritik Dönem (ay)	İht. Karş. Olasılığı (%)	Hazne Kapasitesi (hm <sup>3</sup> )	Kritik Dönem (ay)
Eklenik Akımlar	2,6	5,687	18	2,6	7,621	54
Eklenik Farklar	2,6	5,500	6	2,6	7,200	30
Ardışık Tepeler	2,6	5,687	18	2,6	7,922	30
Aylık Su Bütçesi I	2,5	7,530	18	-	-	-
	0	9,690	-	-	-	-
Aylık Su Bütçesi II (Buh.=0 ve Çekim=sbt)	2,5	4,260	18	-	-	-
	0	5,330	-	-	-	-

Düzenleme oranının artmasıyla bekleneceği gibi gerekli hazne hacmi değerlerinin de arttığı görülmektedir. Düzenleme oranındaki yaklaşık %10'luk bir artışta gerekli hazne hacminin yaklaşık %50, kritik dönem uzunluklarının ise yaklaşık birkaç kat arttığı görülmektedir. Buradan düzenleme oranının hazne kapasitesi hesabında ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

İhtiyacı karşılamama olasılığının düşmesiyle bekleneceği gibi hazne hacmi değeri artmaktadır. İhtiyacı karşılamama olasılığının %2,5'tan %0'a düşmesi gerekli hazne hacmi kapasitesinin %25-30 arasında arttırmaktadır. Risk faktörünün de hazne kapasitesi üzerinde ne denli etkili olduğu açıktır.

Hazne hacmi kapasitesi belirlenirken haznenin coğrafi özelliklerine, vereceği hizmetin önem derecesine, ekonomik ömrüne, paydaşların gelişim potansiyeline vs. gibi özelliklerine bakılarak düzenleme oranının ve ihtiyacı karşılamama olasılığının doğru belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir.

DSİ tarafından hesaplanan 9,900 hm<sup>3</sup> hazne hacminin kabul edilebilirliğine baktığımızda, aylık su bütçesi I yöntemiyle elde edilen %0 ihtiyacı karşılamama olasılığı olan hazne kapasitesine yakın bir değer olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, gerçeğe en yakın sonucu vermesini beklediğimiz bu yöntemin sonucuna çok yakın ve güvenli tarafta kalacak şekilde tercih edilen DSİ hazne kapasitesi miktarı uygun bulunmuştur.

Bir ön tasarım yöntemi olarak kullanılabilen kaba bir yaklaşımla, 12 ay için uzun yıllar gelen akımların ortalamalarından o aya ait çekim ve kayıp miktarlarını çıkardığımızda sıfırın altına düşen değerleri (Kızılca Barajı için Haziran-Eylül arası) mutlak değerce topladığımızda 6,866 hm<sup>3</sup> yapmaktadır. Bu değer gelen akımın ihtiyacı karşılayamama miktarı olduğundan gerekli hazne hacmi miktarıdır ve bu çalışmada kullanılan diğer yöntemlere yaklaşık bir sonuç vermektedir.

## Kaynaklar

Ağıralioğlu, N. (2004) Baraj Planlama ve Tasarımı. cilt 1, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye.

Bayazıt, M. (1997) Biriktirme Haznelerinin Tasarımı ve İşletilmesi. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye.

McMahon, T. A. and Mein, R. G. (1978) Reservoir Capacity and Yield. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands.

TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü (2010) Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi-Büyük Menderes Havzası Proje Nihai Raporu. Kocaeli.

DSİ Genel Müdürlüğü (2010) Afyonkarahisar-Sandıklı Kestel Barajı Kat'i Proje Raporu. Ankara.

Halden, E. ve Özkul, S. (2004) Kritik dönem yöntemleri ile hazne hacminin belirlenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt 6, sayı 1, sayfa 99-113.