

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

URARTULAR DÖNEMİNDE YÜZEYSEL SU
YÖNETİMİ

Günsel AKYOL

Şubat, 2020
İZMİR

URARTULAR DÖNEMİNDE YÜZEYSEL SU YÖNETİMİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı,
Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Programı**

Günsel AKYOL

Şubat, 2020

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÜNSEL AKYOL, tarafından DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET ALKAN yönetiminde hazırlanan “URARTULAR DÖNEMİNDE YÜZEYSEL SU YÖNETİMİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



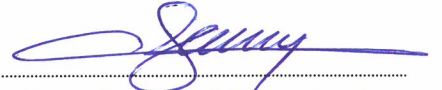
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ALKAN

Yönetici



Doç. Dr. Ebru ERİŞ DUMAN

Jüri Üyesi



Doç. Dr. Okan Fıstıkoglu

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Kadriye ERTEKİN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu çalışmanın hazırlanmasında büyük emeği olan, engin bilgi ve tecrübelerinden daima yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sabrını eksik etmeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ALKAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tarihi su yapıları ile araştırmalarını 1970'li yıllardan beri sürdüren ve bizleri bu konuda destekleyen, Emekli Prof. Dr. Ünal Öziş' e, su kaynaklarını ve hidroliği sevdiren, yönlendiren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen Dr. Yalçın ÖZDEMİR' e, tez çalışmamın hazırlanmasında büyük emeği geçen Doç. Dr. Okan FISTIKOĞLU' na, Coğrafi Bilgi Sistemleri hakkında aydınlanmamı sağlayan, değerli vaktini benden esirgemeyen, tez çalışmama büyük katkı sağlayan Doç. Dr. Ali GÜL' e şükranlarımı sunarım.

En büyük destekçilerim; eşim İnşaat Mühendisi Selami AKYOL, bugünlere gelmemi sağlayan ailem ve ilham kaynağı oğlum Kerem AKYOL'a teşekkür ederim.

Günsel AKYOL

URARTULAR DÖNEMİNDE YÜZEYSEL SU YÖNETİMİ

ÖZ

Anadolu toprakları üzerinde tarih boyunca birçok medeniyet gelişmiştir. Bahsedilen uygarlıklardan biri de, Doğu Anadolu Bölgesinde, M.Ö. I. binin ilk yarısında Van yöresindeki Urartulardır. Canlı hayatının temel ihtiyaçlarından birisi olan suyun teminine yönelik olarak, Urartular da özellikle Van ve yakın çevresinde olmak üzere, çok önemli su sistemleri geliştirmişlerdir. Urartular döneminde inşa edilen birçok barajın stabil olarak günümüze tarihlenmeleri, gelecek yüzyıllarda da ayakta durmaları ve işlevlerini sürdürmeleri için, geniş çevrede tanınmalarının da büyük önemi bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Van bölgesi Urartular dönemi yüzeysel su yönetimi hakkında fikir sahibi olmak için inşa edilen baraj karakteristiklerinden yola çıkılarak, baraj drenaj havzalarına ait akış katsayısı hesaplanmış baraj hazne kapasiteleri ve yüzeysel akışla gelen toplam su hacim hesaplamaları yapılmıştır. Özgün biçimlerini büyük ölçüde koruyarak, çoğu günümüzde de işlevsel durumda bulunan bu su yapılarından çalışma kapsamında olanlarının kot alan ve kot hacim grafikleri çıkartılarak, depolama hacimleri yaklaşık 35 milyon m³ olarak belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Tarihi barajlar, Urartular su yönetimi, depolama hacmi, kot, Van

SURFACE WATER MANAGEMENT IN URARTU PERIOD

ABSTRACT

Many civilizations have developed on Anatolian lands throughout history. One of the mentioned civilizations, Eastern Anatolia Region, BC. the first half of the first millennium are the Urartians in the Van region. Urartians have developed very important water systems especially for Van and its vicinity in order to supply water which is one of the basic needs of living life. It is of great importance that many dams, built during the Urartu period, are stably dated to the present day, and that they remain standing and function in the next centuries, and that they are recognized in the wider environment.

In this study, in order to have an idea about surface water management of the Urartuans in the Van region, the dam reservoir capacities and total water volume calculations were calculated based on the dam characteristics. Maintaining their original form to a great extent, most of these water structures, which are still functional, have been determined by drawing elevation area and elevation volume graphs of these water structures and their storage volumes have been determined as approximately 35 million m³.

Keywords: Historical dams, Urartian water management, storage volume, elevation, Van

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	viii
BÖLÜM BİR - GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
BÖLÜM İKİ - MEVCUT ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Genel.....	3
2.2 Urartu su yapılarıyla ilgili genel çalışmalar.....	16
2.3 Urartu barajları ile ilgili yayınlar.....	18
BÖLÜM ÜÇ - YÖNTEM.....	23
3.1 Hidrolojik çevrim.....	23
3.2 Akarsu havzalarının özellikleri ve yüzeysel akış.....	24
3.3 Ortalama akış katsayısı.....	27
3.4 Hacim satıh eğrileri	30

BÖLÜM DÖRT - VERİLER.....	33
4.1 Topoğrafya.....	33
4.2 Baraj karakteristikleri ve konum.....	33
4.3 Yağışlar ve akım gözlem istasyonları.....	36
 BÖLÜM BEŞ - UYGULAMA.....	 39
5.1 Genel.....	39
5.2 Tarihi Barajların Akış katsayısı.....	39
5.3 Urartu Su Yapılarının Drenaj Alanı ve Hazne Kapasitesinin Hesaplanması	41
5.3.1 Sayısal Yükselti Modeli (SYM).....	41
5.3.2 Boşlukların Doldurulması (Fill Sinks).....	43
5.3.3 Akım Yönü Belirlenmesi.....	44
5.3.4 Kümülatif Akım Hesabı.....	46
5.3.5 Nehir Tanımlama.....	46
5.3.6 Drenaj Alanı Hesaplama.....	47
5.3.7 Havza Yüzeysel Akış Hacmi.....	49
5.3.8 Hazne Alanı ve Hazne Hacmi.....	51
 BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR.....	 53
 KAYNAKLAR	 54

EKLER.....	59
-------------------	-----------

Ek 1: Kısaltmalar.....	59
------------------------	----

Ek 2: Barajlara ait kot alan kot hacim grafikleri.....	60
--	----



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Van kalesi	4
Şekil 2.2 Toprakkale (Rusahinili)	5
Şekil 2.3 Van kalesi üzerindeki yazıt	5
Şekil 2.4 Van Gölünden Van kalesi ve Ereğ dağı'nın görünümü	6
Şekil 2.5 Karakuyu barajının planı	7
Şekil 2.6 Keşiş gölü kuzey bendi	8
Şekil 2.7 Sihke göleti duvar planı	9
Şekil 2.8 Sihke (Bostaniçi) göleti görüntüsü	10
Şekil 2.9 Baraj ve göleti tanımlayan görsel	11
Şekil 2.10 Baraj rezervuar alan haritası	13
Şekil 2.11 Baraj hazne kısımlarında depolama bölümleri	15
Şekil 3.1 Hidrolojik çevrim	24
Şekil 3.2 Akarsu havzası ve su ayırım çizgisi	25
Şekil 3.3 Yüzeysel akış havzası	27
Şekil 3.4 Sarıoğlan barajı hacim satıh eğrileri	32
Şekil 4.1 Arç barajı profil yükseklik bilgileri	33
Şekil 4.2 Van ili etrafında konumlanan tarihi barajlar	34
Şekil 4.3 Van ili etrafında konumlanan akım gözlem istasyonları	38
Şekil 5.1 Çalışma alanı arazi topoğrafyası	42
Şekil 5.2 Çalışma alanı SRTM uydu görüntüsü	43
Şekil 5.3 Fill komutu kullanarak boşlukların doldurulması.....	43
Şekil 5.4 Akım yönleri	44
Şekil 5.5 Flow direction komutu kullanarak akım yönü belirlenmesi	45
Şekil 5.6 Akım yönlerini gösteren renk skalası	45
Şekil 5.7 Kümülatif akım hesaplama	46
Şekil 5.8 Akarsu ağı modellenmesi	47
Şekil 5.9 Keşiş barajı drenaj alanı	48

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1 Yağış akış eğrileri.....	26
Tablo 3.2 Yağış akış eğri numaraları.....	28
Tablo 4.1 Çalışma alanındaki barajlar ve boyutları	35
Tablo 4.2 Çalışma yapılan baraj listesi	36
Tablo 4.3 Meteoroloji gözlem istasyonu yağışları	37
Tablo 4.4 Akım gözlem istasyonları debi değerleri ve yağış alanları.....	37
Tablo 4.5 Akım gözlem istasyonu koordinatları	38
Tablo 5.1 Çalışma alanı ortalama akış katsayısı	40
Tablo 5.2 Drenaj alanları.....	48
Tablo 5.3 Türkiye havzalarının ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler	49
Tablo 5.4 Van bölgesi ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler.....	50
Tablo 5.5 Baraj drenaj havzası ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler	50
Tablo 5.6 Barajlara ait göl yüzey alanı ve hazne hacmi	52

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Canlı hayatının başlangıcı sudur. Tarih boyunca birçok medeniyet su kenarlarında kurulmuş olup suyun uygarlıkların gelişimindeki etkisi yadsınamaz. Suyun bizim kültürümüzde ki yeri de çok büyüktür. Bu sonuçtan hareketle; Doğu Anadolu da su yapıları incelenirken öncelikle Uygarlığın beşiği Anadolu’da suya dayalı modern tarım kültürünün gelişmesinde büyük katkı sağlamış olan Urartu Krallığı’nın imar faaliyetlerinden yola çıkarak başlamalıyız. Van bölgesi ve yöresi Urartular dönemine kadar tarıma yönlendirilmemiştir. Ülkenin daha önceden hayvancılığa dayalı yaşantısına Urartu Krallarının Van yöresinde yapmış olduğu barajlar, sulama kanalları, kehrizler, sarnıçlar, kanallar vb. sulama yapılarıyla verimsiz ova ve düzlükler suya kavuşmuş bu bölge hayvancılığın yanı sıra tarım alanında da önemli noktalara gelmiş ve eski çağda en verimli çağını yaşatmıştır. Ayrıca Van gölü kıyısında yapılan ilk limanların da Urartu kralları tarafından yaptırıldığı bilgisine ulaşılmıştır.

Günümüzde bile büyük hayranlıkla izlenen Urartu Krallığı’na ait baraj, gölet ve sulama kanalları kendisinden sonra Doğu Anadolu Bölgesinde kurulan uygarlıkların söylencelerine ve türkülerine konu olmuştur. Çünkü ne Eskiçağ ve Ortaçağda, ne de Yeniçağda hiçbir uygarlık Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu Krallığı’nın yapmış olduğu kadar baraj, gölet ve sulama kanalı inşa etmiştir (Belli, 1984). Bu yapıların bir kısmı yüzyıllar sonra, günümüzde de kullanılır durumdadır.

1.1 Amaç ve Kapsam

Doğu Anadolu bölgesinde hüküm süren Urartular döneminde su yönetimi başlıklı tez çalışmasında günümüzde de hala kullanılmakta olan ya da geçmişten günümüze izlerini taşıyan su yapılarından bugüne kadar en sağlam ve stabil gelen yapıların arasından baraj özelliğini koruyan yapılar seçilecek ve bu yapılar yakından incelenerek, konumları tespit edilecek ve belirlenmiş olan barajların karakteristikleri belirlenecektir.

Çalışma kapsamında belirlenen barajların yağış havzaları (drenaj havzaları), belirlenerek tarihi barajların inşa edildikleri dönemden günümüz de de işlevini sürdürmekte olanlarının, hesabı yapılacak, havza yüzeysel akış hacmi bulunacak, farklı kot seviyelerinde bulunan kot alan ve kot hacim grafikleri ile bahse konu barajlar anlatılmaya çalışılacaktır.



BÖLÜM İKİ

MEVCUT ÇALIŞMALAR

2.1 Genel

Van ilimiz Anadolu'nun en büyük kapalı havzası olan Van gölü kıyısında konumlanmış olup toprakları verimli, akarsuları bol, iklim koşulları oldukça elverişli bir yerleşim merkezidir. Bu yüzden tarihin en eski çağlarından beri birçok medeniyetin hakim olduğu bir yer olarak tarihe geçmiştir.

Arkeolojik araştırma ve kazı sonuçlarına göre; Van ilinin tarihi, yazılı tarih öncesi dönemlerine M.Ö. 7000 yıllarına uzanmakta olup; Van gölünün kuzeyinde yer alan ernis mezarlarında Kalkolitik, Bronz ve Demir devri dönemlerine ait kültürel buluntulara rastlanılmıştır. M.Ö.2000'lerden itibaren ise Hurrilerin bu bölgeye hakim olduğu görülmektedir. Hurrilerin siyasi otoritesi zayıflayınca beyliklere bölünmüş ve bu küçük beylikleri hakimiyeti altına almaya çalışan Asurlular ile Orta Asya'dan gelen Urartular arasında savaşlar başlamıştır. Urartular ile Asurlar arasındaki mücadeleler M.Ö. VI. Yüzyılın ortalarına kadar sürmüş olup Van ilinin medeni tarihi yazılı kaynaklardan da anlaşılacağı üzere Urartularla başlamıştır.

Urartuların başkentliğini Van ovasında yer alan bugünkü Tuşpa (Kral I.Sarduri tarafından yaptırılan Van Kalesi) (Şekil 2.1) ve Rusahinili'nin (Bugünkü Toprakkale) (Şekil 2.2) yaptığı ve sınırlarının Doğu Anadolu başta olmak üzere, Transkafkasya ve Kuzeybatı İran Bölgelerinde egemenliğini sürdürdüğü anlaşılmaktadır. Urartular ülkelerine "Bianili" veya "Viane" ismini vermiş ve bu isim zamanla Van kentine dönüşmüştür. Mezopotamya ve Asur sanatının etkisini barındıran bir kültüre sahip olan Urartular, çivi yazısı ve Hitit hiyeroglif yazısını kullanan bir devlettir. Urartu kralları tarafından yaptırılan Van kalesi üzerinde bugün bile örneğini gördüğümüz yazıtlar mevcuttur (Şekil 2.3). Doğu Anadolu Bölgesinin en zengin su kaynaklarından birini sağlayan ve coğrafi konumuna göre Van ovasının doğusunu yarım bir ay şeklinde çevirmiş olan ortalama 3200 metre yüksekliğindeki Ereğ dağının olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.4). Urartuların hüküm sürdüğü dönem de

Erek dağı ve etrafındaki su etekleri üzerinde inşa edilen baraj ve göletler sayesinde; Van glne kadar eğimli bir şekilde uzanan su kaynaklarını etkin bir bişimde kullanan Urartular; suyunu ulaştıramadığı yaklaşık 140-150 km² genişliğindeki fakir tarım arazisini sulamak amacıyla kullanmışlardır. Urartular, Van bölgesinin coğrafi özelliklerini; dağlık engebeli ve eğimli yapısını iyi değerlendirmış mevcut su kaynaklarından da faydalanarak çok sayıda baraj gölet vb.su yapısı inşa etmiş, tarım arazilerini suya kavuşturmuş, Van topraklarını verimli bir şekilde işlemeyi başaran uygar bir devlet olmayı amaçlamıştır. Ancak inşa edilen baraj ve göletlerin neredeyse tamamına yakını erozyon, zemin hareketlilikleri, deprem ya da buna benzer farklı sismik hareketliliklerden dolayı yok olmuştur.



şekil 2.1 Van kalesi (Aktuğ, 2010)



Şekil 2.2 Toprakkale (Rusahinili) (Kızmaz, 2014)



Şekil 2.3 Van kalesi üzerindeki yazıt (Bildirici, 2008)



Şekil 2.4 Van gölünden Van kalesi ve Erek dağının görünümü (Kızmaz, 2014)

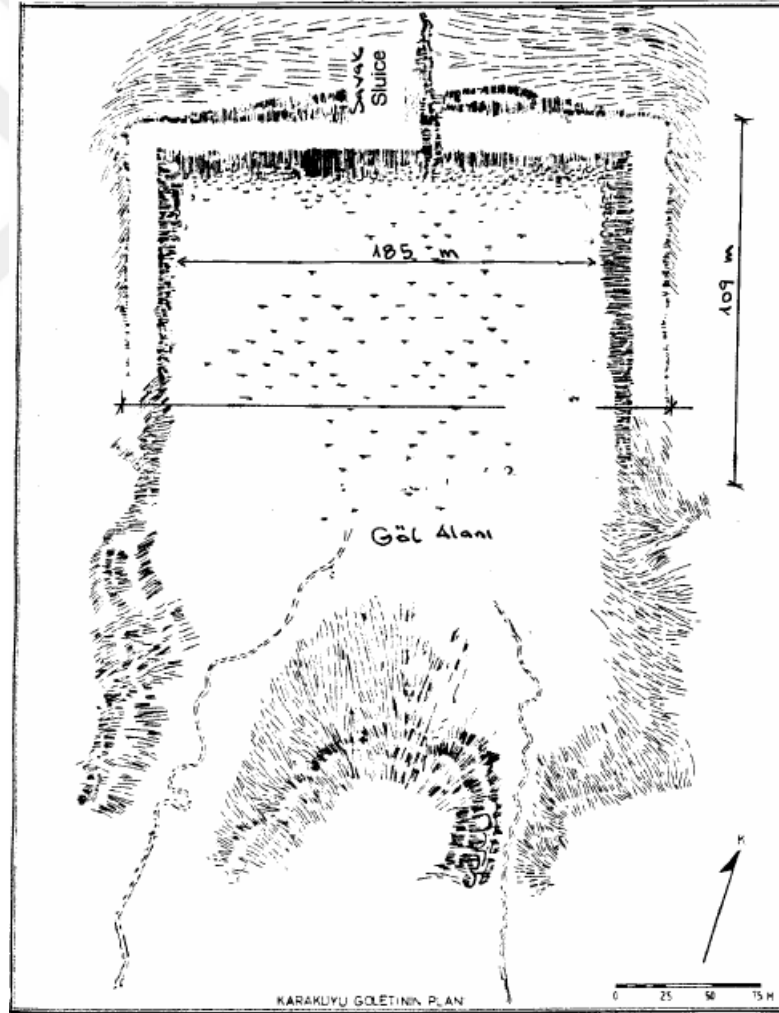
İnsanoğlunun ilkçağdan günümüze kadar yıllar boyunca yegane emeli suyu bir şekilde depolamak, tutmak olmuştur. Bu durum da baraj inşa etmeyi kaçınılmaz kılmıştır. Bir baraj belli başlı amaçlara hizmet edebilmek amacıyla inşa edilir. Bu amaçlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir.

- Şehirlerde içme ve kullanılan su olarak,
- Sanayi de kullanılmak üzere su temini,
- Sulama suyu olarak kullanılmak,
- Elektrik enerjisi üretimi amacıyla,
- Su ürünleri üretimi amacıyla,
- Mesire alanı olarak, yeşillendirme amacıyla kullanılabilir.

Dünyada ilk baraj M.Ö. 4000 yıllarında Nil nehri üzerinde inşa edildiği tahmin edilmektedir. Bahsedilen barajın uzunluğu 110 m ve yüksekliği 12 m dir. O dönemde de içme ve kullanma su ihtiyacını karşılamak için kullanılmıştır. Gene Nil nehri üzerinde Sadd-el-Kafara barajının M.Ö. 2950-2750 yılları arasında yapıldığı

bilinmektedir. Çin’de ise M.Ö. 200 yıllarında yapılan Tu-Kiang barajı, 200 bin hektarlık pirinç tarlalarını sulamak için günümüzde hala kullanılmaktadır. Hindistan ve Seylan’da 2000 yıl önce yapılmış barajlar vardır. Ülkemizde ise ilk önemli kargir baraj 10 m yüksekliğinde yapılan Kesiş Gölü barajıdır (Gedik, 2019).

Ülkemizde bilinen ilk tarihi baraj M.Ö. II. binin ortalarında Hititler dönemine ait Karakuyu barajıdır. Baraj Kayseri, Pınarbaşı ilçesi Örenşehir beldesinin 6 km güneyinde yer almaktadır. Karakuyu barajının kret uzunluğu 185 metre baraj yüksekliği 9,60 metre olup; 1933 yılında Von Der Osten’nin çizdiği baraj planı Şekil 2.5’de gösterilmektedir.



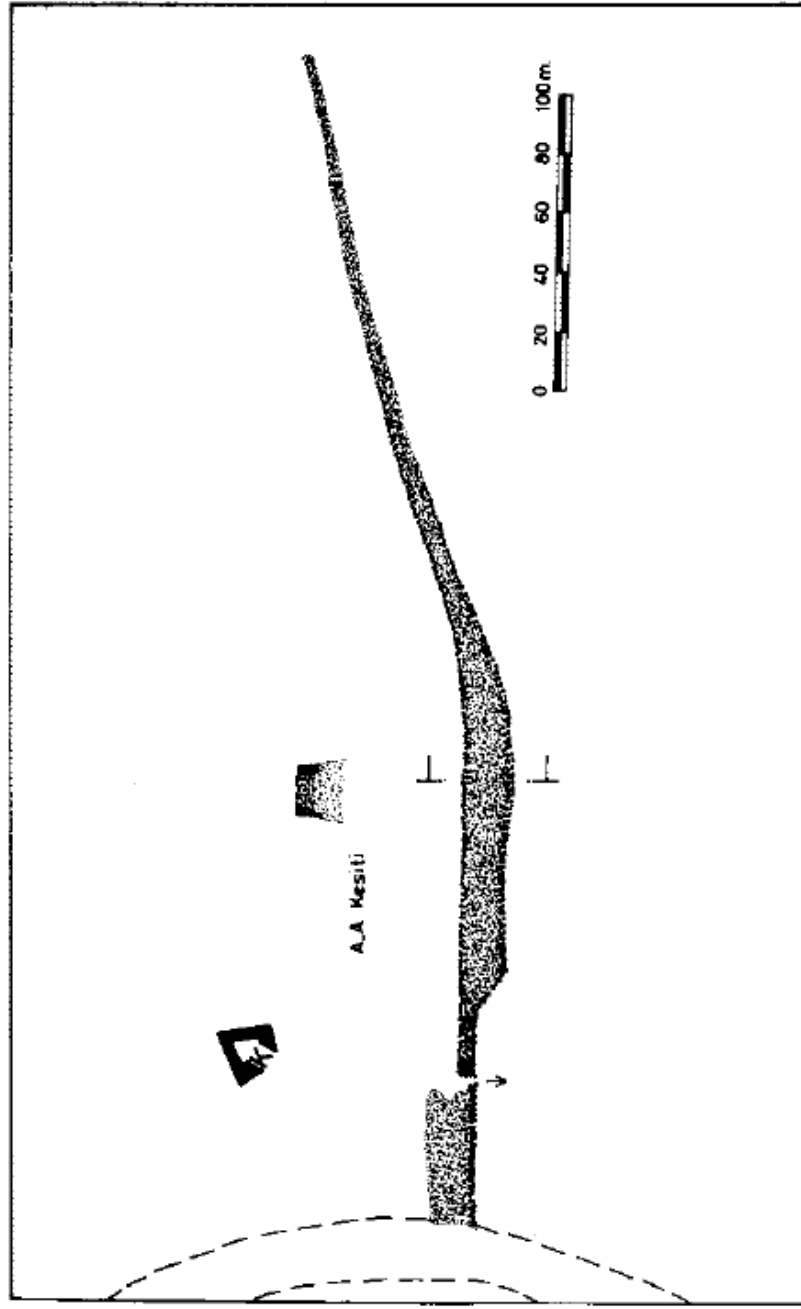
Şekil 2.5 Karakuyu barajının planı (Bildirici, 2008)

Urartular döneminde baraj, gölet, sulama kanalı ve diğer sulama yapılarını inşa ederek suya yön vermenin ya da depolamanın temel amacının ne için olduğu sorusunda ilk akla gelen cevap; tarım alanlarını sulamak amacıyla kullanmışlardır ve o dönemin “hidrolik uygarlığı” olmuşlardır şeklinde cevaplanabilir.

Toprak dolgu baraj tekniği ile eski zamanlarda inşa edilen oldukça fazla sayıda ve büyük boyutta baraj mevcuttur. Fazla sayıda olması kullanılan malzemenin doğada mevcut olması ve kolay ulaşılabilir olmasından kaynaklanabilir. Bu barajlardan bir kısmı iyi projelendirilmediğinden veya deprem heyelan vb. sebeplerden dolayı yıkılmıştır. Günümüzde baraj hesaplamalarında gelişmiş hesaplama yöntemleri kullanıldığından, projelendirmeler uzun ömürlü olmaktadır. Ancak bu bahsedilen yöntemleri kullanmak o dönemde pek mümkün değildi. Orta çağ ve Osmanlı döneminde geçirmiş olduğu onarımlar sayesinde Urartulara ait Sihke bugünkü Bostaniçi göletinin 2600 yıldan beri halen kullanılmakta olduğu belirtilmektedir. Ayrıca bu göletin en önemli özelliği ise yazıtının olmasıdır. Sihke göletinin duvar planı ve görüntüsü Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de gösterildiği gibidir. Bahse konu döneme ait önemli diğer bir baraj olan Keşiş göl barajının gövdesi 7’şer metre genişliğindeki iki taş duvar arasına 13 m genişliğinde toprak dolgu yapılarak Urartu baraj inşa tekniğinde yapılmıştır. Ayrıca kuzey-batıdaki esas barajın yüksekliği muhtemelen 10 m, kret uzunluğu 75 m mertebesinde olduğu düşünülmektedir ve bu baraj yıkılmıştır. Bu barajın 50 m menbasına ise 5,4 m yüksekliğinde ikinci bir baraj inşa edilmiş ve halen kullanılmaktadır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Keşiş gölü kuzey bendi (Öziş, 1994)



Şekil 2.7 Sihke göleti duvar planı (Belli, 1992)



Şekil 2.8 Sihke (Bostaniçi) göleti görüntüsü (Bildirici, 2008)

Günümüzde baraj ve gölet arasındaki ayırım sınıfları için DSİ ve ICOLD un belirlemiş olduğu pratik kabuller yer almaktadır. Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (ICOLD : International Commission on Large Dam) büyük baraj tanımlanabilmesini yapabilmek için aşağıda belirtilen şartları kabul etmektedir:

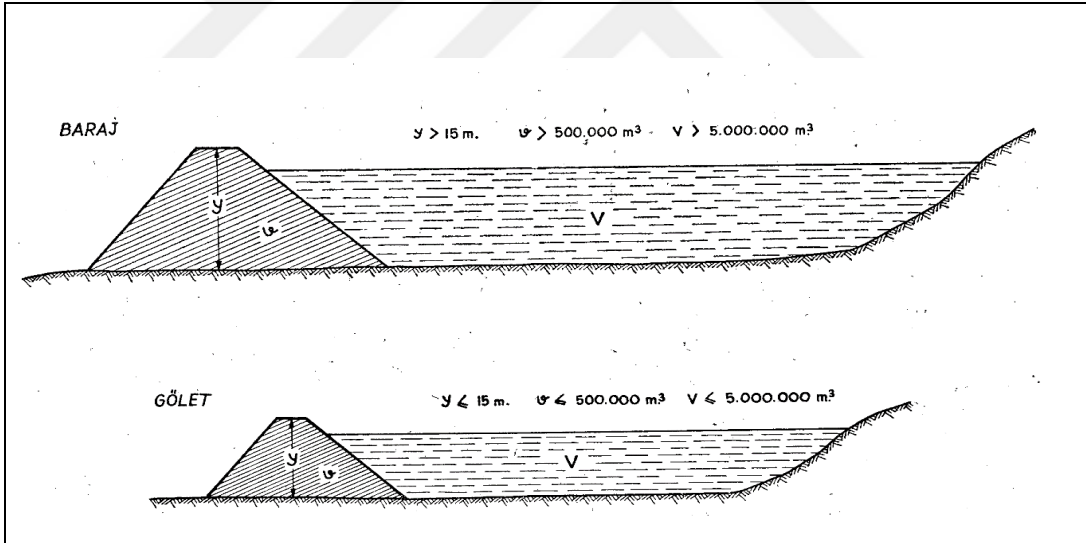
Büyük baraj: Kreti ile temeli arasındaki yükseklik 15 m'den fazla olan barajlar ile yüksekliği 10-15 m arasında olan fakat buna ek olarak,

- Baraj kret uzunluğu > 500 m
- Baraj hazne hacmi $> 1.10^6$ m³
- En büyük taşkın debisi > 1000 m³/sn olma özelliklerinden en az birisini taşıyan barajlar büyük baraj olarak isimlendirilmektedir (Ağralıoğlu, 2007).

Gölet (küçük baraj): Büyük baraj tanımının dışında kalan, diğer büyük barajlara göre projesi daha basit ve çabuk sonuç alınan yapılardır.

Yüksek baraj: Baraj yüksekliği 50 metreden den fazla olan barajlara denmektedir (Ağıralıoğlu, 2007).

1989 yılında basılan barajlar ve göletler adlı DSİ'ye ait su yapıları kitabında ise; baraj ile gölet arasındaki ayırım sınıfları şu şekilde belirlenmiştir. H yüksekliği 15 m den büyük, V gövde hacmi $5 \times 10^5 \text{ m}^3$ den fazla ve V rezervuar hacmi $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ den çok olan su biriktirme yapılarına “Baraj” bu değerlerden küçük değerli su yapılarına ise “gölet” adı verilir şeklinde tanımlanmıştır (DSİ, 1989). Baraj ve gölet arasındaki fark ise Şekil 2.9’ da gösterildiği gibidir. Daha sonra yöntem kısmında bahsedilecek olan rezervuar alanının ve tipik bir baraj yerinin görseli Şekil 2.10’ da verilmiştir.

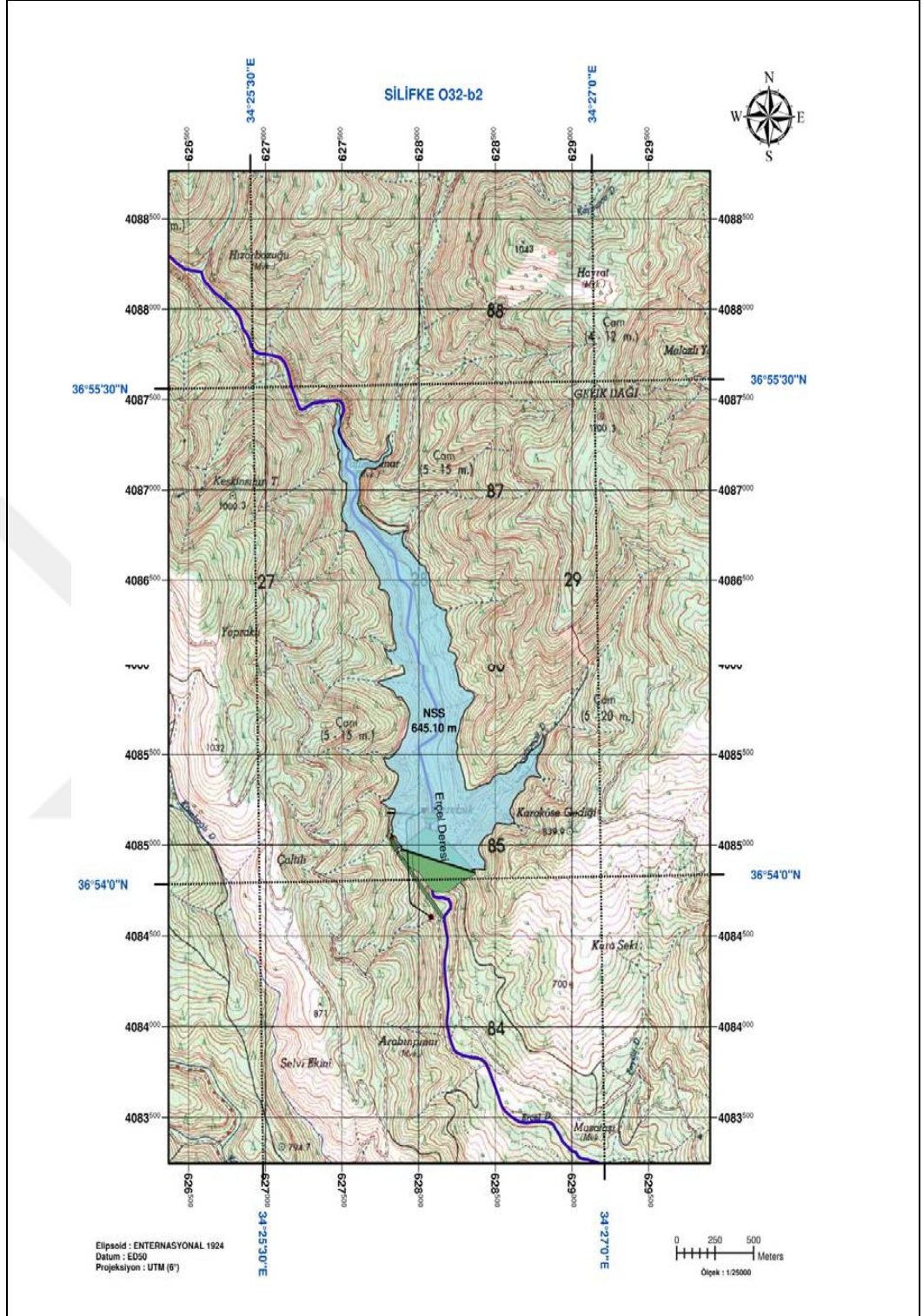


Şekil 2.9 Baraj ve göleti tanımlayan görsel (DSİ, 1989)

Tipik bir baraj ya da gölet yapısı şu kısımlardan oluşmaktadır:

- 1. Baraj gövdesi:** Baraj yapısının vadiyi kapatarak yapay göl oluşturması sonucu ortaya çıkar. Genellikle gövde, beton veya dolgu yapı malzemesinden imal edilmektedir (Gedik, 2019).

2. **Baraj gölü:** Baraj gövdesinin menbasında suyun depo edildiği kısımdır. Baraj gölü, ölü hacim, faydalı hazne hacmi ve taşkın koruma hacminden oluşur.
3. **Su alma yapısı:** Baraj rezervuarında olan sudan yararlanmak amacıyla hizmet eden yapıya denir.
4. **Dip savak:** İstendiğinde baraj gölünün tamamını boşaltmak için dolu savak kapasitesini azaltmak, akarsuyun mansaba bırakılması istenen miktarda barajda bulunan suyu salmak amacıyla kullanılan yapıdır (Şekil 2.11).
5. **Dolu savak:** Taşkın sularının yapıya zarar vermeden mansaba aktarılmasını sağlayan ve barajlarda emniyet görevini üstlenen yapıya denmektedir (Şekil 2.11).
6. **Derivasyon tesisleri:** Bir derivasyon sistemi baraj inşaatının kuru bir ortamda yapılmasını sağlar. Suyun inşaat alanına girmesini önleyen batardolardan ve suyun mansaba aktarılmasını sağlayan açık veya kapalı iletim tesislerinden oluşur.
7. **Büro, atölye, laboratuvar, lojman, ambar, garaj, park yerleri** gibi barajın özellik ve büyüklüğüne bağlı olarak ihtiyaçlara cevap verecek şekilde boyutlandırılmış yapılar (Gedik, 2019).
8. **Diğer tesisler:** Barajın hizmet ettiği amaca uygun olarak enerji santralleri, içme suyu arıtma tesisleri, balık geçidi, tomruk geçidi gibi yapılar öngörülür (Gedik, 2019).



Şekil 2.10 Baraj rezervuar alan haritası örnek (DSİ, 2015)

Bir baraj bazı kısımlara ayrılmaktadır. Baraj gölü de denen baraj haznesi suyu biriktirip barajın yüksekliğini arttırdığı için barajın en önemli kısmı sayılmaktadır. Suyun biriktiği baraj gölü başka bir deyişle yapay göl sayılabilmektedir. Baraj haznesinde bazı su seviyeleri tanımlanmaktadır. Bu kısımlar : Normal su seviyesi, Maksimum su seviyesi, Minimum işletme seviyesi şeklinde sayılabilir.

Normal su seviyesi: Baraj dolu savak kısmı en üst kota karşı gelen bu seviyeye, haznenin olduğu su seviyesi ya da normal su seviyesi denir.

Maksimum su seviyesi: Gerçekleşecek herhangi bir taşkın anında su seviyesi baraj kısımlarında anlatılan dolu savak hacmi seviyesini geçer. Bahsedilen bu kotta bulunan seviyeye, maksimum su seviyesi denmektedir.

Minimum işletme seviyesi: Baraj gölünde toplanan suyun en düşük seviyede iken alınmasını sağlayan yapının en düşük kotta çalışabildiği seviyedir.

Haznede bahsedilen kısımlarla ilişkili olarak baraj yapısının menbasında oluşan toplam hazne hacmi ise bazı kısımlara ayrılır. Bu bölümleri sıralamamız gerekirse ölü hacim, canlı hacim, taşkın kontrol hacmi, faydalı hacim, hava payı olarak sıralanır. Bu tanımlar daha açıklayıcı ifade ile;

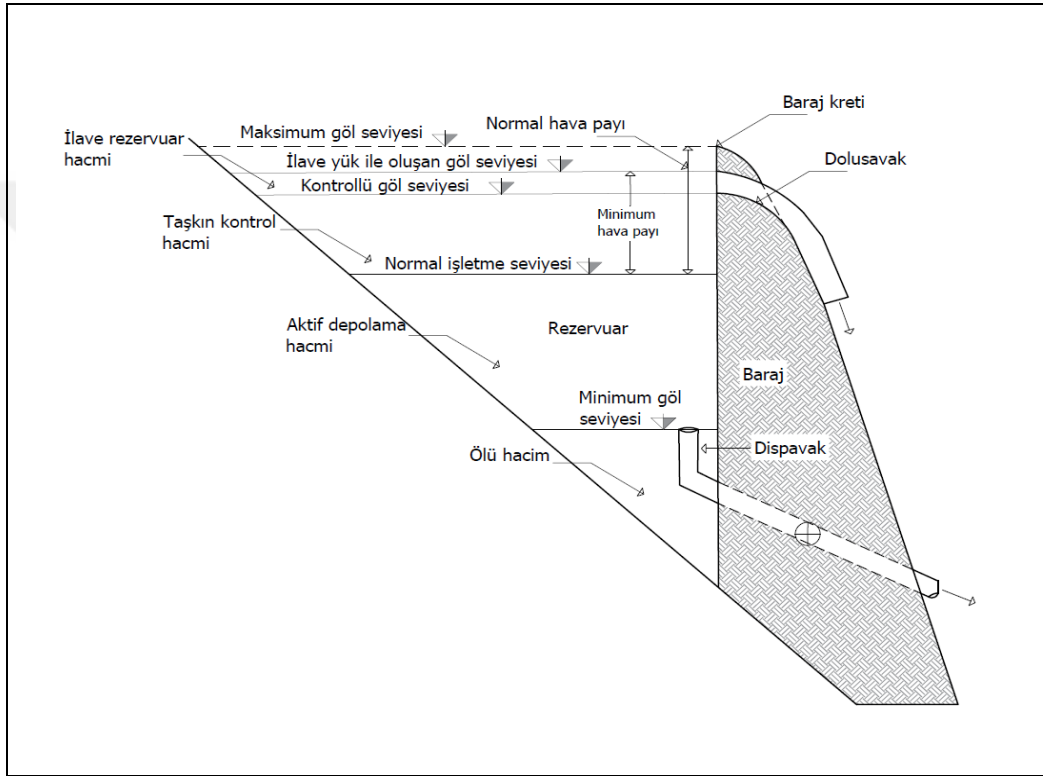
Ölü Hacim: Akarsu tabanı ile en düşük dip savak tabanı arasında kalan ve hiçbir zaman yer çekimi ile boşaltılamayan hacimdir.

Canlı Hacim: Normal işletme seviyesi altındaki hacimden ölü hacim çıkarılınca kalan hacimdir.

Taşkın Kontrol Hacmi: Baraja gelebilecek olan taşkın sularını tutabilmek amacıyla kontrollü göl seviyesi ile normal işletme seviyesi altında bırakılan hacimdir.

Faydalı Hacim (Aktif Hacim): Normal işletme seviyesi ile Minimum göl seviyesi arasındaki hacimdir. Aktif hacim, taşkın kontrol hacim seviyesinin alt kısmında bulunur ve biriktirme amacı ile kullanılır.

Hava Payı : Hava payı, maksimum göl seviyesi ile normal işletme seviyesi arasındaki düşey mesafeye denmektedir.



Şekil 2.11 Baraj hazne kısımlarında depolama bölümleri

Yukarıda bahsedilen tanımlamalara ek olarak yamaç hacminden de bahsetmek gerekirse; baraj haznesinin vadi kenarlarında baraj gövdesinin yaslandığı, yamaç görevi üstlenen toprak, büyük çoğunlukla geçirgen bir yapıya sahiptir. Baraj su ile dolduğunda yamaç toprağın içine girer. Barajda bulunan su düzeyi düşünce de bahsedilen arazinin boşluklarına giren su hazneye yönelir. Bu tanımdan hareketle arazide toplandığı söylenen su miktarı ise yamaç hacmi olarak tanımlanabilmektedir. Bu hacim arazideki jeolojik boşluklarla ilişkili olarak rezervuarın kapasitesini artırır.

2.2 Urartu Su Yapılarıyla İlgili Genel Çalışmalar

Doğu Anadolu su yönetiminde egemen olan Urartu devletinin hidrolik uygarlığını anlatan su yapılarıyla ilgili yapılan ve bu tez çalışmasında faydalanılan çalışmaları kronolojik olarak sıralamak gerekirse; Ögün, (1970); Burney, (1972); Schnitter, (1979); Garbrecht, (1980); Öziş, (1981); Öziş, (1984); Öziş, (2003); Öziş, (2015); Garbrecht, (1987); Belli, (1994); Schnitter, (1994); Öziş, (1999), Bildirici, (2004); Erdoğan, (2006); Mays, (2008); Baykan ve diğer., (2015); Gülyüz (2018) şeklinde yapmak mümkün olabilmektedir.

Urartu Dönemi başkentlerinden Tuşpa ve Rusahinili' nin bulunduğu Van ili merkezinde, bahsedilen dönemin su kaynaklarının kullanımına yönelik olarak yapılmış olan tarihi barajlardan Keşiş Gölü barajının, su temini için M.Ö. 700' lerde inşa edildiği belirtilmektedir (Ögün, 1970).

“*Anatolian Studies*” (Anadolu Çalışmaları) adlı dergide Doğu Anadolu'da hüküm süren Urartu devletine ait sulama sistemleri hakkındaki yüzey araştırma sonuçlarından bahsetmiştir (Burney, 1972).

Keşiş barajının Güney-Batı bendinin 7 metre yüksekliğinde ve 60 metre kret uzunluğunda olduğu, 7 metrelik iki taş duvar arasının 13 metre genişliğinde bir toprak dolgu ile doldurulduğu, 0,7 metre genişliğinde ve 0,95 metre yüksekliğinde bir dipsavak yapısını ihtiva ettiği belirtilmektedir (Schnitter, 1979).

“*The water supply system at Tuspada*” (Tuspada Su Temin Sistemi) Modern Hidrolik yapıların sadece boyutlarına göre farklılık gösterdiğini ancak belli başlı bazı ilkelerin değişmediğinden bahsetmektedir. 2500 yıldan fazla bir süredir hala kullanılabilir olan barajlara değinip, Van ovasına su temini sağlayan akarsuları haritalandırarak Rusa gölü ve Menua kanalı hakkında bilgiler vermiştir (Garbrecht, 1980).

Van Gölü'nün doğusunda Erek Dağı'nın 2544 m yüksekliğinde yağmur suyunun ve baharda erimiş olan karların toplandığı geniş bir alana yayılan çöküntü olduğundan bahsetmiştir. Bu çöküntüde ise 40 milyon m³ ten fazla suyun Van Gölü'ne doğru aktığı ve Kral II. Rusanın ise bu çıkışı bir baraj ile kapatarak çöküntüyü Rusa Gölü diğer bir deyişle Keşiş gölü adında yapay göl haline getirdiğinden bahsedilmiştir. Göl seviyesi yükseldikçe, su gölün güneyinden akmasına sebep olur ve buna istinaden kralın ikinci bir baraj inşa ettirdiği anlatılmış ve barajdaki suyu daha henüz başkent olmuş olan Rusahinili 'ye yönlendirdiğinden bahsedilmektedir (Öziş, 1981).

Türkiye'de "İnşaat Mühendisliği Alanında Gelişmeler" kongresinde Urartular hanedanının hüküm sürdüğü çağdan günümüze değin ayakta kalan ve halen izlerini barındıran Türkiye'deki su kaynaklarıyla ilgili teknolojik gelişmelerden bahsetmiştir (Öziş, 1984).

Doğu Anadolu'da, Helenistik-Roma-Bizans dönemleri ile Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinden kalma ve İç Anadolu'da Hitit döneminden kalma barajlara ek olarak Urartu döneminden kalma çeşitli barajların olduğundan bahsedilmektedir. Dönemsel farklılıkları da içeren baraj yapı malzemesinin barajlarda kullanılma teknikleri anlatılmaktadır (Öziş, 2003).

Son 4000 yıllık tarihin tüm dönemlerinden kalma eski hidrolik eserlerin hala birkaç onarımla veya restorasyonla ayakta kaldığından söz etmiş ve ülkemizi açık hava müzesi haline getirdiğinden bahsetmiştir (Öziş, 2015).

Alaini (Doni) Çayı üzerindeki Doni gölünde yer alan üç barajın ikisi hala kullanımda olup Urartu Dönemine ait olduğu belirtilmektedir (Garbrecht, 1987).

Süphan (Sultan) Barajı da Urartular dönemine tarihlenmektedir. Bu bendin Kral Menua tarafından yaptırıldığı düşünülmekte ve Muradiye ovasının sulanmasında kullanılmaktadır. Barajın gövde duvarı gölün güney ucuna inşaa edilmiş olup; kalıntıların incelenmesinden burada Osmanlı döneminde de bir onarım olduğu

kanaatına varılmıştır. Deniz seviyesinden 2432 metre yükseklikteki Süphan Gölü yaklaşık 1,5 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Baraj duvarı, kuzey güney doğrultusunda uzanan Süphan gölünün güney ucuna yapılmıştır. Bu yukarı Süphan olarak bilinir, bunun 500 m aşağısına ikinci bir baraj duvarı daha yapılmış ve aşağı Süphan olarak isimlendirilmiştir. Barajdan güneybatı yönüne doğru bir kanalla akıtılan sular 19 Km uzaklıktaki Muradiye ovasına akmakta olduğu ileri sürülmektedir (Belli, 1994).

“A History of Dams The useful pyramids” adlı kitapta antik medeniyetler hakkında ve farklı medeniyetlerin hüküm sürdüğü çağlar boyunca inşa edilmiş barajların; günümüz baraj teknolojisi alanında bilgi vermektedir (Schnitter, 1994),

Turna Gölü, Kuzey -Batı bendinden alınan suyla beslendiği belirtilen Bostaniçi barajı 7.2 metre yüksekliğinde olup Urartular hanedanlığının hüküm sürdüğü döneme ait olmadığı M.S. 1. binin ikinci yarısına tarihlendiği belirtilmektedir (Öziş, 1999).

Tarihi Sulama, Su Depolama, Taşkın Koruma Tesisleri adlı kitabında genel olarak farklı dönemlerdeki sulamalara değinilmiştir. Ayrıca Urartu Hanedanındaki Krallar hakkında kısa bilgi verilerek; Urartu döneminde inşa edilen ve günümüzde halen daha kullanılmakta olan Şamran kanalının teknik olarak boyutlarına ve kesitlerine değinilmiş, Van ve yakın çevresinde bulunan kehrizleri örneklendirmiştir (Bildirici, 2004).

“A very brief history of hydraulic technology during Antiquity” isimli kitapta Antik dönemde Hidrolik yapıların iş gücü ve maliyeti azaltma çabalarından doğduğunu ve Dünyada halen ayakta kalan hidrolik yapılardan günümüzün koruma sorunlarına çözüm ve destek için çok güzel örneklerin bulunduğunu ve bu yapıların halen günümüz tasarımında ve mühendislik teknolojisinin geliştirilmesinde kullanıldığından bahsedilmektedir (Mays, 2008).

Menua Şamram Kanalı ve Urartu Bahçeleri isimli tezde Urartu Krallığına ait olan bahçelere ne şekilde su taşındığını araştırmayı hedeflemiş ve sulama kanallarından Menua ve Şamram kanalı üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Erdoğan, 2006).

Bin Yıllar Boyunca Anadolu'daki Su Mühendisliği Adlı bildirilerinde “4.'üncü Su Yapıları” sempozyumunda Anadolu'daki su mühendisliğinden bahsetmiş ve antik dönemlerdeki su yapılarına değinerek Urartu dönemindeki kehrizlerin borulu sulama sisteminin atası olduğunu vurgulayarak ilk örneklerinin bu döneme tarihlendiğini belirtmişlerdir (Baykan ve diğer., 2015).

Van Yöresi Urartu dönemi su yapılarının üzerinde bulunduğu jeolojik birimler, yapıların geometrileri ve yapı malzemeleri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Faruk bendinin sismik performansı belirlenmiş ve bendin bölgeyi karakterize eden depremlerden dolayı ciddi bir hasar görmediği, ancak temelindeki jeolojik farklılıklardan dolayı zamanla işlevini yitirdiği belirtilmektedir (Gülyüz, 2018).

2.3 Urartu Barajları İle İlgili Yayınlar

Urartu Devletine ait barajlarla ilgili pek değerli hocalarımız Em. Prof. Dr. Ünal ÖZİŞ, Prof. Dr. Oktay BELLİ ve daha birçok hocamız tarihi barajların kalıntılarına ulaşmış, barajların teknik detayları belirlenmiş, konumlarına ilişkin bilgiler vererek birden fazla baraj gölet vb. tarihi eserlerin çizimleri oluşturulmuştur. Doğu Anadolu Bölgesinde yoğunlaşan özellikle de Van ve yakın çevresinde 1987 yılından günümüze uzanan yüzey araştırmalarında birçok bilgiye ulaşılmıştır. Bu araştırmalardan bazılarını kronolojik olarak sıralamak gerekirse, Belli (1984, 1988, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1996, 1998a, 1998b, 1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2009, 2011) şeklinde sıralanabilir.

2'nci yüzey araştırma toplantı sonuçlarına göre; Geniş göl barajının M.Ö. 7.'nci yüzyıla tarihlendiği ve Erek Dağı üzerinde konumlandığından bahsedilmiştir. Geniş Göl barajından getirilen sular ile Van ovasının kuzeydoğusundaki arazinin sulandığı ve daha verimli hale getirildiğinden söz edilmiştir (Belli, 1984).

“Van Bölgesinde Urartu Baraj ve Sulama Sisteminin Araştırılması”, başlıklı çalışmada sunulan; deniz seviyesinden yaklaşık 3200 m yüksekliğindeki Erek dağı üzerinde bulunan Keşiş Göl Barajının ve Roma dönemine ait Faruk bendinin teknik özelliklerine ulaşılmış olup; Gelincik barajının genişliğine gölde toplanan su miktarına ve savak kanalının teknik özelliklerine değinmiştir (Belli, 1988).

8’inci yüzey araştırma toplantı sonuçlarında Yukarı Süphan, Aşağı Süphan, Arç barajı , Kırmızı Düzlük barajının konumuna ilişkin bilgiler verilmiş olup ; bahse konu olan barajların yapımında kireçtaşı kullanıldığı tespit edilmiş ve Arç barajının ilk kez çay üzerinde bir baraj olarak inşa edildiğinden bahsetmiştir (Belli, 1990).

Prof Dr. Oktay Belli, 1991 senesinde gerçekleştirilen toplantı sonuçlarında Yukarı Anzaf Kalesi Barajının Aşağı ve Yukarı Anzaf Kalesi olmak üzere iki ayrı baraj olarak konumlandığını belirtmiş ve baraj kretinin 64-66 metre yarım ay biçiminde ve 64-66 m uzunluğunda olduğu belirtilmektedir. Van Toprak Su Müdürlüğü’nün Urartu barajının boyutlarını büyüttüğü için Yukarı Anzaf Kalesine ait ilk baraj yüksekliğinin belirlenemediği belirtilmektedir (Belli, 1991).

En büyük Urartu göletinin 2’nci Rusa döneminde yapılan ve Van şehrinin 3 km kuzeydoğusunda bulunan Sıhke Göletinin (Bostaniçi Göleti) olduğu belirtilmektedir. Sıhke göletinin yapılmasının en büyük nedeninin hızla gelen suyun depo edilmesi ihtiyacından kaynaklandığından bahsedilmiştir. Bu barajın inşa yazıtının mevcut olduğu ve yazıtın günümüzde Berlin Pergamon Müzesinde sergilenmekte olduğu belirtilmektedir (Belli, 1992).

11’inci araştırma sonuçlarına göre; Ağrı ilinde bulunan Reşan barajının teknik özellikleri belirlenmiştir aynı ilde bulunan Sünnet Nebi Barajının dar bir boğaza inşa edildiği belirtilmektedir. Urartu Krallığının 2’nci başkenti olan Toprakkale’nin (Eski Rusahinili) barajın 24 km kuzeydoğusunda aynı zamanda Gövelek köyünün 1 km kuzeydoğusunda bulunduğu tespit edilmiştir. Baraj kretinin 70 metre, genişliğinin 5 metre, gövde kalınlığının ise 6-7 metre civarında olduğu belirtilmektedir. Barajın

üstü toprak kaplı olduğundan verilen ölçülerin tahmini boyutlar olduğu anlaşılmaktadır (Belli, 1993).

Van Şehrinin 39 km güneydoğusunda, bugünkü Van-Gürpınar Kırkgeçit-Irak karayolunun güney eteğinde Hırsız Deresi Barajının bulunduğu belirtilmektedir. Barajın kret genişliğinin 5 metre, uzunluğunun 30-32 metre, barajın yüksekliğinin ise 4-4,5 metre arasında bulunduğu belirtilmektedir. Meydan Boğazı Barajının güneyde dar bir boğaza inşa edildiği ve Orta çağ da onarım gördüğü belirtilen barajın üç duvarının olduğu tespit edilerek ve teknik özellikleri belirlenmiştir. Yazarın 12' nci araştırma sonuçları toplantısına göre barajın konum topoğrafya bilgilerine de yer verilmiştir (Belli, 1994).

Süs barajının Van'ın 90 km kuzeydoğusunda bulunan Muradiye ovasında yer aldığı belirtilmektedir. Barajın süs gölünün batısına inşa edildiği belirtilmektedir. Kretin uzunluğu 153 metre, genişliği ortalama 9 metre, barajın ayakta kalan en yüksek kısmının 1 metre mertebesinde olduğu belirtilmektedir (Belli, 1996).

15'inci yüzey araştırma toplantı sonuçlarında bulunan barajlar ve göletler; Yukarı Ömer Barajı, Aşağı Ömer Barajı, Kilise Gölü Barajı, Kevenli Barajı, Tasmalı Barajı, Yukarı Adır ve Aşağı Adır Barajı, Aşağı Esenpınar Barajı, Bend Murat Barajı, Aşık Hüseyin Barajı, Düzlük Göletidir. Yapılan yüzey araştırmaları sonucunda bulunan baraj ve göletler ile ilgili olarak; teknik çizimlere yer verilmiş, baraj ölçülerine ulaşılmış, Urartu devletine ait bu yapıların ve kalıntılarının hangi dönem yapısı olduğuna kanaat getirilmiş baraj ve göletlerin konumlarına ilişkin bilgiler yer almıştır (Belli, 1998a).

16'ncı yüzey araştırmaları toplantı sonuçlarında "Urartu Baraj ve Sulama Sisteminin Araştırılması" başlıklı çalışmada Doğu Anadolu'yu barajlar bölgesi haline getiren Urartular Devletine ait su yapılarından Yukarı Esenpınar barajı, Abbasgöl Barajı, Çirişgöl Barajı, Bey Göleti ve Kanalının tespit edildiği Yukarı Esenpınar barajının Van'ın 45 km kuzeyinde yer aldığı ve; baraj kretinin uzunluğu 90 metre olduğu belirtilmektedir (Belli, 1998b).

Kurugöl Barajının deniz seviyesinden yaklaşık 2200 metre yüksekliğinde bir çöküntü alanında bulunduğu baraj kretinin mevcut uzunluğunun 118 metre, genişliği 11 metre ve yüksekliği de 1,5-2 metre arasında değiştiği gerçek genişliğinin daha dar olduğu belirtilmektedir. Bu araştırmada belirlenen diğer baraj ise Mustafa Paşa Barajıdır. Mustafa Paşa Barajına en yakın yerleşim merkezinin, 4-4,5 km. güneybatıda bulunan Derebey Köyü olduğu belirtilmektedir. Dağların zirvesindeki barajın deniz seviyesinden yüksekliğinin 2350 metre olduğu, 17.'nci yüzey araştırma toplantı sonuçlarında barajın İki vadi arasına kuzey-güney doğrultusunda yapıldığı anlatılmaktadır. Baraj kreti 120 metre uzunluğunda ve 3-3,5 metre genişliğindedir. Kelle Barajı, Kızkapan Barajı tespit edilen diğer önemli barajlardandır (Belli, 1999).

18'inci yüzey araştırma sonuçlarının yer aldığı çalışmada Kurubaş göleti, Yakup göleti Vakıf bendi ve kanalı, Kör kanal hakkında bilgiler vermiş, bahsedilen göletlerin çoğu tarım arazisinin sulama gereksinimini karşıladığından bahsetmiştir. Araştırma Van ili ve çevresindeki barajlara ilaveten Erzincan, Erzurum illerinde yer alan tarihi barajları da bulmayı hedeflemiş olup; keşfedilen bu barajlar Yukarı Ağındır barajı, Aşağı Ağındır barajı, Aşağı Karaağaç barajlarıdır. Bahsedilen barajların yapım tekniği belirtilmiş olup; harç malzemesi olarak horasan harcı kullanıldığı belirtilmektedir. Ayrıca Aşağı Karaağaç barajına betondan yeni bir savak yapıldığı belirtilmiş olup; barajın kret uzunluğunun 34 metreyi aşan boyutlarda olduğu ve yüksekliğinin 1-1,5 metre arasında değiştiği ileri sürülmektedir (Belli, 2000).

2001 Senesinde yayınlanan 19'uncu yüzey araştırma sonuçlarında; Şehnagöl Barajı, Yukarı Embi Barajı, Mengene Sulama Kanalı, Yukarı Kelekom Göleti, Aşağı Kelekom Göleti, Kalenur Göleti, Albayrak Göleti, Atlılar Göleti, Yukarı Bedengöl Göleti, Aşağı Bedengöl Göleti hakkında bilgiler mevcuttur. Yukarı Embi ve Aşağı Embi Barajı deniz seviyesinden yaklaşık 2155 metre yüksekliğinde yer almaktadır. Yukarı Embi Barajı ortalama 26 metre uzunluğunda kreti 5,5 metre genişliğindedir. Kretin mevcut toprak seviyesinden yüksekliği ise 1-1,5 metre arasında olduğu belirtilmektedir (Belli, 2001).

“2002 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu Baraj, Gölet ve Sulama Kanallarının Araştırılması” başlıklı çalışmada; Çuh göleti, Çimlik göleti, Pestekan kanalı, Düztepe göletinin konumlarına ilişkin bilgiler yer almış olup duvar genişlikleri ile ilgili verilere ulaşılmıştır (Belli 2003).

“2004 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu Baraj, Gölet ve Sulama Kanallarının Araştırılması” başlıklı çalışmada; Kurugöl göleti, Büklümdere göleti, Kurbağalı göleti, Mercimek göleti, Arab göleti, Zor Osman Paşa Arkına ait bilgilere yer verilmiştir (Belli, 2005).

1987 yılından günümüze uzanan arkeolojik yüzey araştırmaları sonucu Prof. Dr. Oktay Belli toplamda 121 adet sulama kanalı, baraj, gölete ulaşmış olup bunlardan 113 tanesinin Doğu Anadolu Bölgesinde yer aldığı belirtilmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi dışında ne Anadolu’da ne de Dünyanın diğer coğrafi bölgelerinde 2700-2800 yıldır kesintisiz çalışan sulama tesisinin bulunmadığı vurgulanmaktadır. Çalışma Bölgesinde yer alan Yukarı Esenpınar Barajı kabaca elips planında oluşmaktadır. Ortalama 49 x 33 metre büyüklüğünde olup ilk inşa edilen dönemde boyutlarının daha büyük olduğu sanılmaktadır (Belli, 2009).

29’uncu araştırma sonuçları toplantısına göre toplamda 133 adet baraj gölet sulama kanalı tespit edilmiştir. Doğu Anadolu’yu “barajlar bölgesi” haline getirmiş olan Urartular su mühendisliğinin en güzelini oluşturan Issıdere barajını M.Ö. 8’inci yüzyılın ikinci yarısında yapmış olup; Issıdere Baraj suları Van ilinin güney yönünde bulunan tarım alanları, meyve bahçeleri ve üzüm bağlarının su ihtiyacını karşıladığı ileri sürülmektedir (Belli, 2011).

BÖLÜM ÜÇ

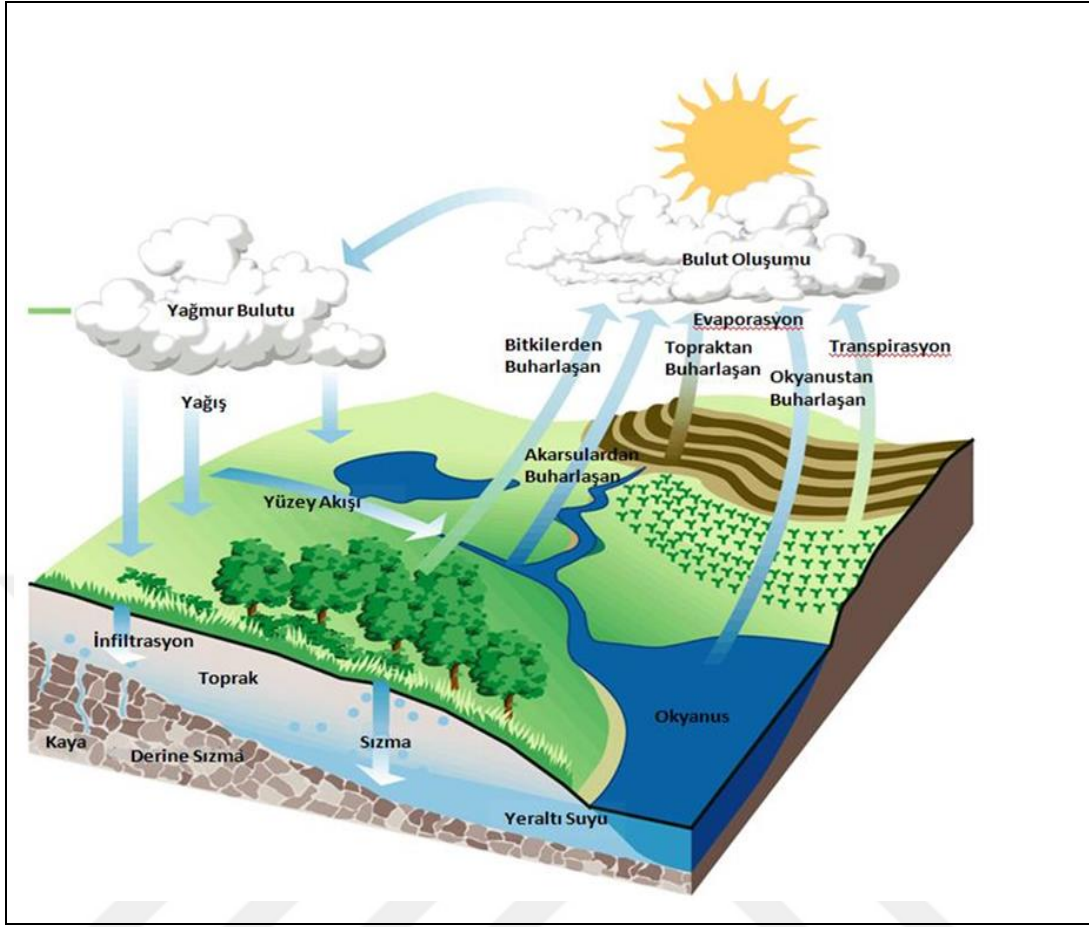
YÖNTEM

3.1 Hidrolojik Çevrim

Suyun doğada üç halde sıvı katı ve gaz hallerinde bulunduğu ve yer kürenin çeşitli bölümlerin de ki hareketiyle hidrolojik çevrim oluşturduğu bilinmektedir

Yağışla gelen suyun bir kısmı bitkiler tarafından tutulur, toprakta tutulur, derinlere sızar, yüzeydeki çukurlukları doldurur, toprak ve bitki yapraklarından buharlaşır, geri kalan miktar ise yüzeysel akışa geçer. Yüzeysel akış, buharlaşma, sızma ve tanımları açıklanan diğer kavramların şematik olarak gösterimi Şekil 3.1 de verilmiştir.

- **Hidrolojik Çevrim** : Suyun doğada dönüp durduğu yolların tümüne birden hidrolojik çevrim denmektedir.
- **Yüzeysel Akış** : Yağışla gelen suyun akışa geçen kısmıdır.
- **Evapotranspirasyon** : Yer yüzeyinden olan buharlaşma ve bitki yüzeyinden olan terleme ile kaybedilen toplam su miktarıdır.
- **İnfiltrasyon** : Suyun yüzeyden toprağa sızma sürecine denir.
- **Perkolasyon (Süzülme)**: Suyun doymuş ortamda toprak içinde gerçekleştirdiği düşey harekete denir.
- **Yağış şiddeti** : Birim zamanda yağan yağış miktarıdır. Birimi mm/saat veya cm/saat olarak ifade edilir. Yağış yoğunluğu da denilmektedir.
- **Yıllık ortalama yüzey akışı** : Akarsuyun akıttığı yıllık ortalama su hacmi.
- **Havza** : Yüzeysel akışları aynı akarsuya gönderen alan.

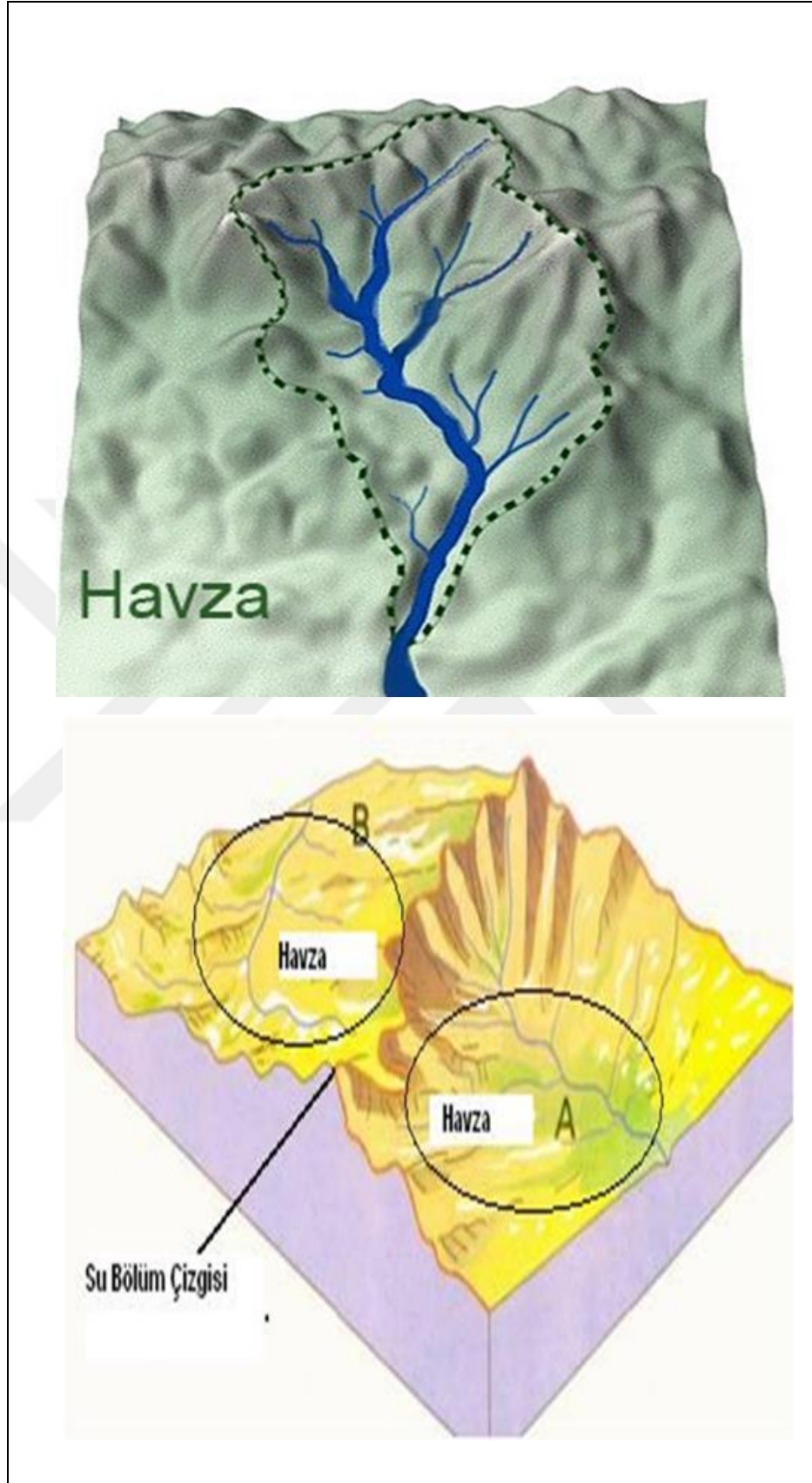


Şekil 3.1 Hidrolojik çevrim (Tur, 2016)

3.2 Akarsu Havzalarının Özellikleri ve Yüzeysel Akış

Coğrafi bir terim olarak havza; etrafı dağ ve tepelerle çevrilmiş ve bir akarsu tarafından bölünmüş olan ve o akarsuya özgü doğal kaynakları bünyesinde toplayan suları aynı denize, ırmağa veya göle akan belirli büyüklükteki arazi parçasına “havza” denilmektedir (Şekil 3.2).

Hidroloji terimi olarak drenaj alanının ifadesi ise şu şekildedir; akarsu bir alan üzerine veya havzaya düşen yağışın oluşturduğu bir sistemdir. Bu nedenle havza yağışı akışa dönüştüren bir sistem olarak incelenebilmektedir. Bir nehir üzerindeki herhangi bir kesit için, tüm yüzeysel suyunu bu kesite veren kesit üzerindeki alan drenaj alanı veya havza olarak tanımlanabilmektedir (Onuşluel, 2019).



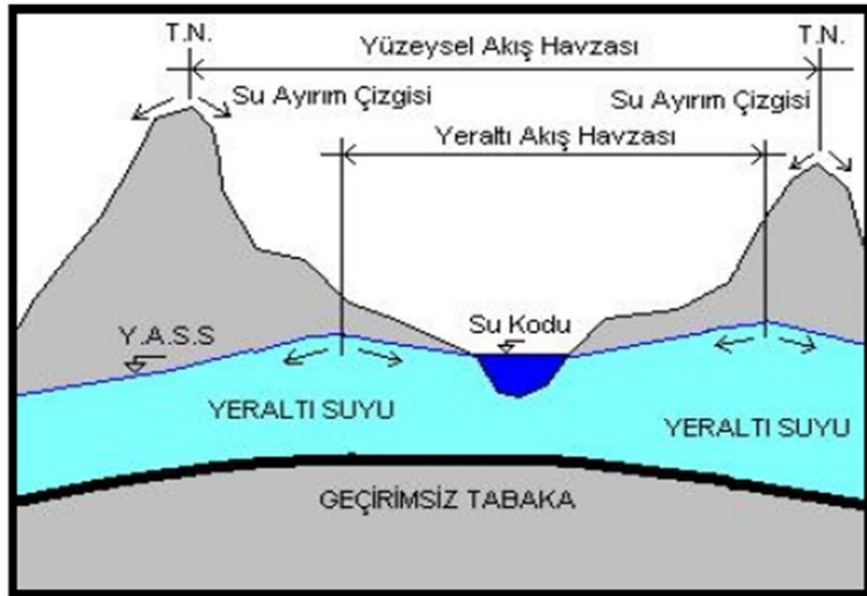
Şekil 3.2 Akarsu havzası ve su ayırım çizgisi (Yönter, 2016)

Su ayırım çizgisi Şekil 3.2’ de gösterildiği üzere bir havzayı diğer havzadan başka bir deyişle iki komşu havzayı birbirinden ayıran sınıra denir. Su ayırım çizgisi arazinin en yüksek ve en alçak kotunda bulunan noktalardan geçmektedir.

Havzanın yağışı akışa dönüştüren bir sistem olması nedeniyle havza karakteristiklerinin iyi bilinmesine ihtiyaç olmaktadır. Havza karakteristiklerini;

- Zemin cinsi,
- Bitki örtüsü,
- Havzanın büyüklüğü,
- Havzanın biçimi,
- Havzanın eğimi,
- Havzanın ortalama kotu,
- Havza alanının çıkış noktasından olan uzaklığa göre dağılımı şeklinde tanımlayabilmek mümkündür.

Bir akarsu kesitinden geçen akış belli başlı kısımlara ayrılmaktadır. Havzaya düşen yağıştan sızma, buharlaşma, yüzeysel biriktirme vb. kayıplar çıkınca arazinin eğimine uyarak akan kısmı yüzeysel akış olarak tanımlanabilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yüzeysel akış havzası (Onuşluel, 2019)

Yüzey Akış = Yağış–(İnfiltrasyon+Buharlaşma) şeklinde ifade edilebilir. Bahsedilen formüldeki infiltrasyonu açmamız gerekirse yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı direkt akışa geçer, diğer bir kısmı da yerçekimi etkisiyle zeminin içine süzülür, bu olaya sızma (infiltrasyon) denir.

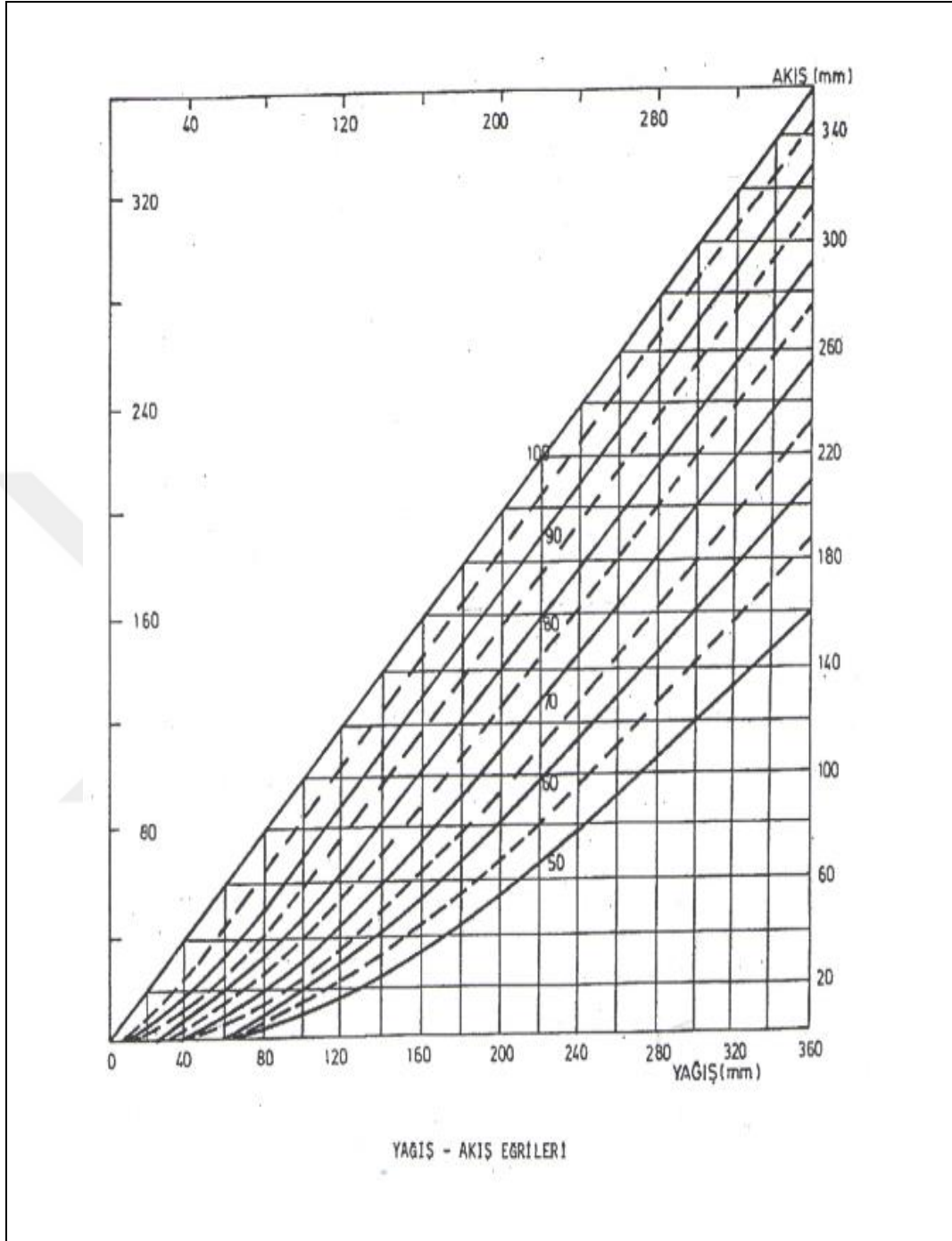
3.3 Ortalama Akış Katsayısı

Akış katsayısı belli bir süre içindeki akış yüksekliğinin aynı süre içindeki yağış yüksekliğine oranı olarak tanımlanabilmektedir Bağntı (3.1). Bu bağıntıdaki akış yüksekliği bir akarsu havzasının çıkış noktasından belli bir süre içinde geçen akış miktarına denmektedir.

$$C = \frac{\text{Akış Yüksekliği}}{\text{Yağış Yüksekliği}} \quad (3.1)$$

Akış katsayısı, 0 ila 1 arasında değişen boyutsuz bir katsayı olarak açıklanmaktadır. Akış katsayısının değeri, yüzey kaplama cinsi, zeminin özellikleri, bitki örtüsü, yüzey eğimi, yağışın şiddeti ve süresi, bölge iklimi, hava sıcaklığı ve nem gibi faktörlere bağlı olmaktadır. Hesaplamalar farklı hidrolojik toprak grupları ve bitki örtüsüne göre akış eğri numaraları verilmiş olan tablolar yardımıyla yağış akış eğrilerine bakılarak, belirlenebilmektedir (Tablo 3.1 ve Tablo 3.2).

Tablo 3.1 Yağış akış eğrileri (Öziş ve diğer., 2009)



Tablo 3.2 Yağış akış eğri numaraları (Öziş ve diğer., 2009)

Yağış-Akış eğri numaraları						
Arazi kullanma şekli ve bitki örtüsü	Uygulama tipi	Sızma şartı	Hidrolojik zemin grubu			
			A	B	C	D
Nadas	M=montazam sıralı		77	86	91	94
Dizi nebat (pancar gibi)	M=montazam sıralı	Z=zayıf	72	81	88	91
	M	I=iyi	67	78	85	89
	C=tesv.eğr.ne paralel	Z	70	79	85	89
	C	I	65	75	82	86
	CT= " " " " ve CT teraslanmış	Z	66	74	80	82
		I	62	71	78	81
Ufak daneli (Buğday gibi)	M	Z	65	76	84	88
	M	I	63	75	83	87
	C	Z	63	74	82	85
	C	I	61	73	81	84
	CT	Z	61	72	79	82
	CT	I	59	70	78	81
Sık ekilmiş bakliyat veya ot rotasyonu	M	Z	66	77	85	89
	M	I	58	72	81	85
	C	Z	64	75	83	85
	C	I	55	69	78	83
	CT	Z	63	73	80	83
	CT	I	51	67	76	80
Çayırılık veya meydanlık		Z	68	79	86	89
		E=elverişli	49	69	79	84
		I	39	61	74	80
	C	Z	74	67	81	88
	C	E	25	59	75	83
	C	I	35	70	79	79
Devamlı çayır			30	58	71	78
Orman (Çiftlik ağaçlandırma)		Z	45	66	77	83
		E	36	60	73	79
		I	25	55	70	77
Çiftlik binaları			59	74	82	86
Yollar			72	82	87	89
			74	84	90	92

Homojenlik göstermeyen havzalarda; ortalama akış katsayısının kullanılması daha gerçekçi olacağı için bu değer, bağıntı (3.2)'deki gibi tanımlanabilir.

$$C_{ort} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad (3.2)$$

$A_{1,2}$: Farklı özelliğe sahip alanlar

$C_{1,2}$: Bu alanlara ait her bir bölgenin akış katsayısı

3.4 Hacim Satış Eğrileri

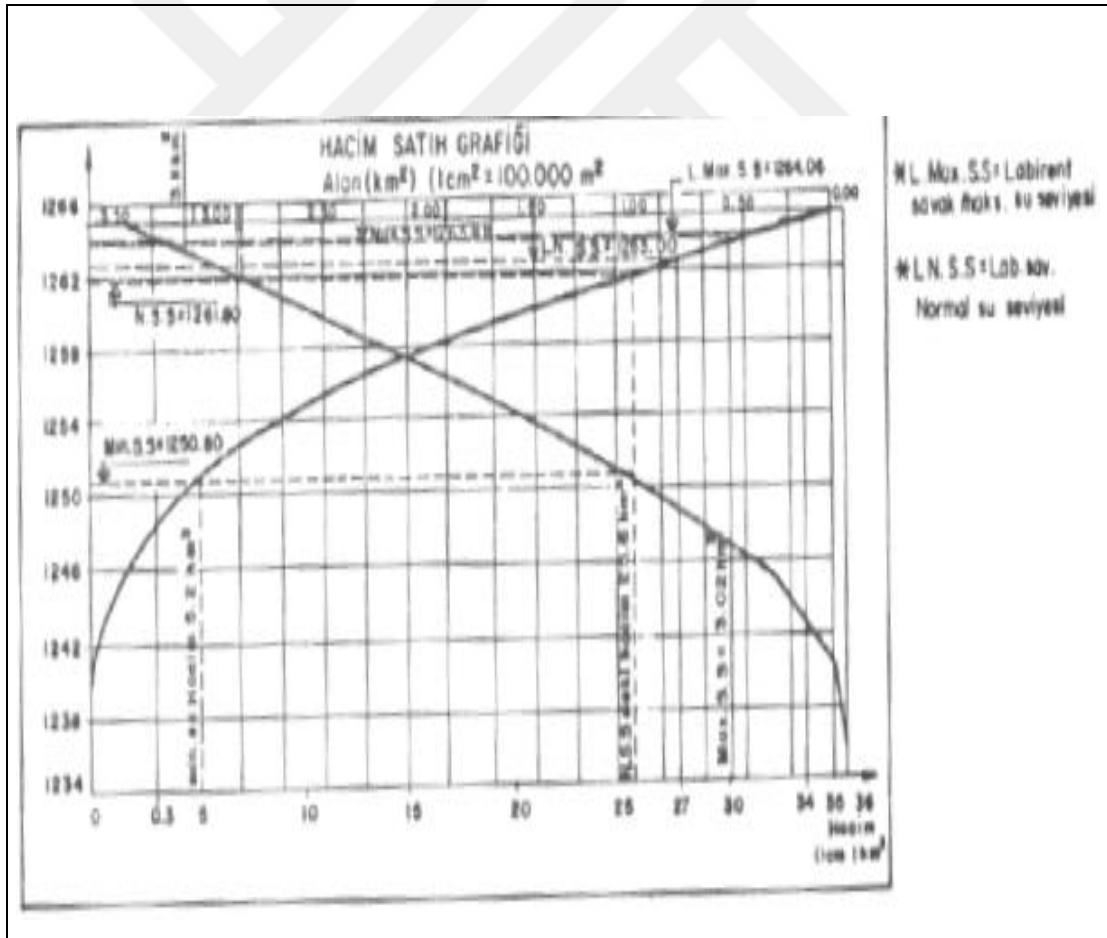
Akım bir rezervuara nehrin ana kolundan ve yan derelerden girer. Bunun yanı sıra rezervuarın çevresindeki eğimli arazi ve kıyılardan da yüzey akımı şeklinde rezervuara giriş olur. Bir rezervuar ayrıca atık sular, göl yüzeyine düşen yağış veya rezervuara pompalanan su ile beslenebilir. Rezervuarlardaki su hacmi ise suyun çeşitli şekillerde mansaba bırakılması, buharlaşma ve sızma kayıpları ile azalır. Rezervuarların gerek planlama ve tasarım aşamasında gerekse işletmesinde, baraj yüksekliği (h_x) ile hazne hacmi arasındaki bağıntı hacim satış eğrileri arasındaki bağıntılar ile tanımlanabilir (Odabaşı, 2011).

Bir baraj yerinin planlamasında işletmesinde veya tasarımında hacim satış eğrilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eğriler hazne su seviyesine bağlı olarak hangi miktarda su hacmi olduğunu belirlememize olanak sağlamaktadır. Bu eğriler hesaplanırken şu prosedür izlenmektedir: En düşük su kotundan başlanır, bölgenin topoğrafik haritasından eğrisinin kapsadığı baraj yeri her bir eş yükselti eğrisinin imkan dahilindeki olanaklarla belirlenir. Bir x-y eksen takımında alan, x yükseklik olmak üzere gösterilir ve öncelikle alan ile yükseklik ilişkilendirilerek alan eğrisi (h_x - A_x) eğrisi oluşturulur. Hacim ise bu eğri ile düşey eksen arasında kalan alan olarak hesaplanırsa metre-küp cinsinden okunabilir. Hacim satış eğrisi kabaca bağıntı 3.3 kullanılarak bulunabilir.

$$V = \left(\frac{A_{x+1} + A_x}{2} \right) \times h_x \quad (3.3)$$

H_x , iki alan arasında yer alan yükseklik farkını tanımlamaktadır. Bir diğer ifade ile su kotları arasındaki farktır. Bulunan $V_x + V_{x-1}$, h_x ile gerekli hesaplamalar yapıp ilişkilendirilirse hacim eğrisine ulaşılır. Bu iki eğri ile hacim satıh (yüzey) eğrileri oluşturulmuş olur. Hacim ile gösterdiğimiz eksen takımından istediğimiz kottaki barajın kapasitesini diğer bir ifade ile depolayacağı toplam hacmi elde edebilmek mümkün olabilmektedir. Sarıoğlu barajı için oluşturulmuş örnek bir hacim satıh grafiği Şekil 3.4’ de gösterilmektedir.

Farklı kotlarda bulunan hacimleri bilmemiz daha çok baraj işletme çalışmalarında işe yaramaktadır (Şekil 3.4). Hacim satıh seviye grafikleri yardımıyla farklı kotlarda bulunan hacmi ve alanı hesaplayabilen bazı paket programlar da mevcuttur.



Şekil 3.4 Sarıoğlu barajı hacim satıh grafiği (DSİ, 2014)

BÖLÜM DÖRT

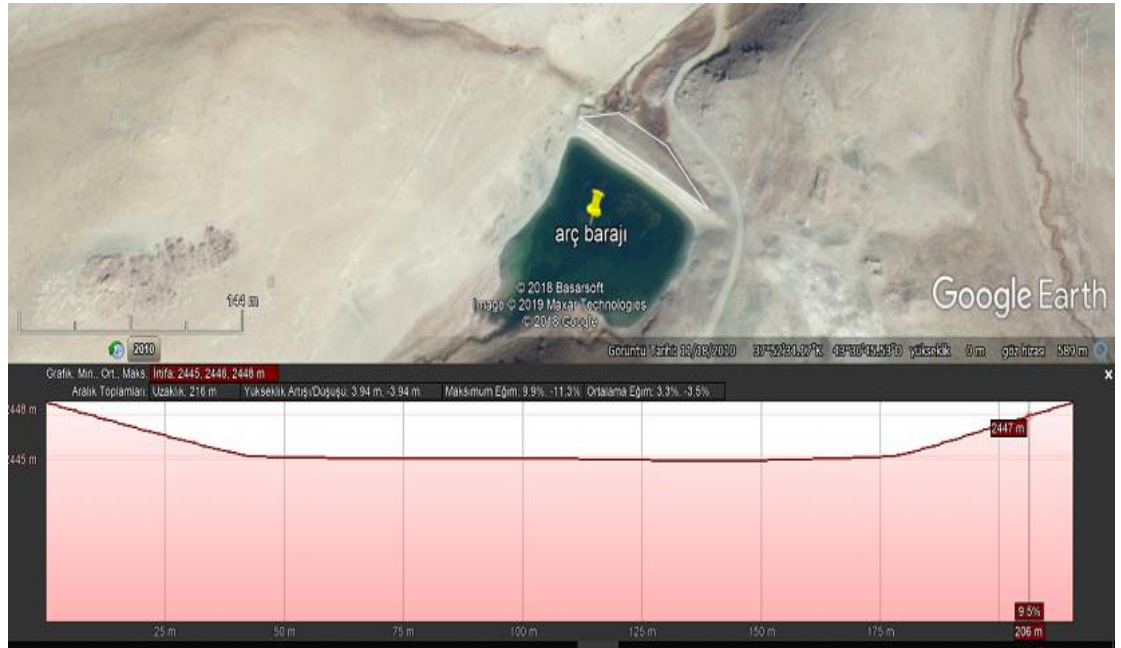
VERİLER

4.1 Topoğrafya

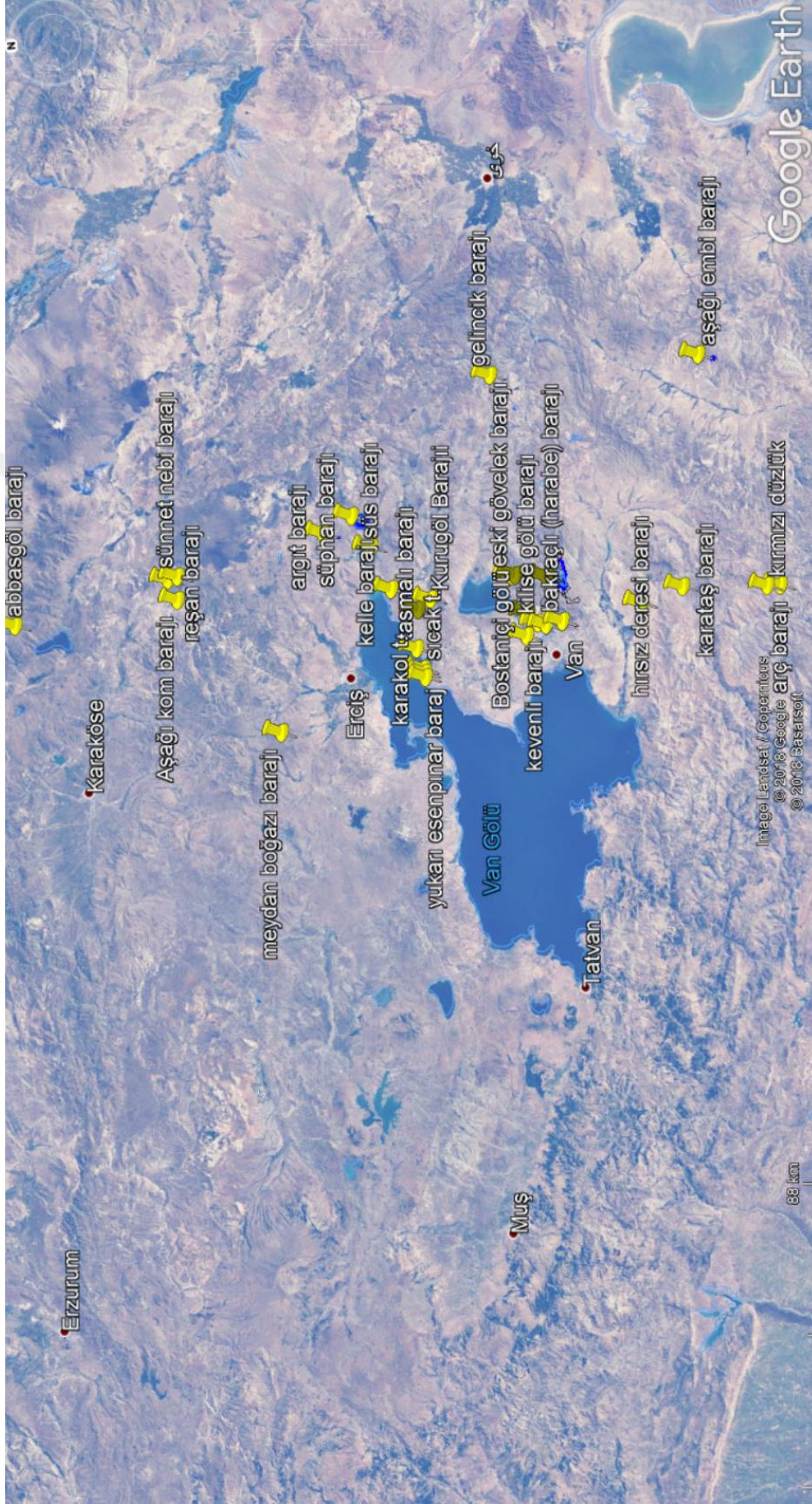
Van ilimizde yer alan Urartulara ait tarihi barajların konumları ele alınırken bölgenin 1/25.000'lik haritaları kullanılmıştır. Yöreyle ait daha büyük ölçekli haritalar mevcut değildir.

4.2 Baraj Karakteristikleri ve Konum

Çalışma alanında yapılan yüzey araştırmaları sonucunda geçmişten günümüze ayakta kalabilen barajlardan boyutlarıyla ilgili bilgilere ulaşılabilenler çalışmaya dahil edilmiş olup Tablo 4.1' de boyutları, Şekil 4.2' de konumları verilmiştir. Tablo 4.1' de ki barajlardan yıldız ile işaretli olanların yükseklikleri belirlenememiştir. Baraj yükseklikleri Google Earth programı yardımıyla profil kesiti alınarak belirlenmiştir. Profil kesiti alınarak yüksekliğine ulaşılan örnek baraj görseli Şekil 4.1' de verilmektedir.



Şekil 4.1 Arç barajı profil yükseklik bilgileri (Google Earth programından yararlanılmıştır, 2019)



Şekil 4.2 Van ili etrafında konumlanan tarihi barajlar (Google Earth programından yararlanılarak oluşturulmuştur, 2019)

Tablo 4.1 Çalışma alanındaki barajlar ve boyutları

BARAJLAR			
	Kret genişlik (m)	Kret uzunluk (m)	Yükseklik (m)
Abbasgöl Barajı	3	300	3
Arç Barajı*	3	20	4
Argıt Barajı	5	91	1,3
Aşağı Embi Barajı	5,5	26	1,5
Aşağı kom Barajı	4	70	1,5
Bakraçlı Barajı	4	80	2
Çirişgöl Barajı	2,5	190	5
Darboğaz Barajı	186	2,5	3
Gelincik Barajı	2,5	95	2
Gövelek Barajı*	5	70	4
Hırsız Deresi Barajı	5	32	4,5
Karataş Barajı	4,5	53	1
Kelle Barajı*	7	208	15
Keşiş Göl Barajı	7	60	5,4
Kevenli Barajı	17	180	9
Kırmızı Düzlük Barajı*	5	91	2
Kızkapan Barajı	8	120	1
Kilise Gölü Barajı*	3	96	3
Köşebaşı Barajı	15	25	3,5
Kurugöl Barajı	11	118	2
Meydan Boğazı Barajı	5,2	70	3
Mustafa Paşa Barajı	3,5	120	1
Reşan Barajı*	4,5	102	3
Sünnet Nebi Barajı	2,5	65	1,5
Süphan Barajı	180	170	3,5
Süs Barajı	9	153	1
Tasmalı Barajı	4	17	1,5
Yukarı Embi Barajı	5,5	26	2
Yukarı Esenpınar	5	90	1

Urartular dönemine tarihlenen barajların birçoğu Van bölgesinde yer almaktadır. Tablo 4.1 de verilen barajlar baraj boyutlarına ulaşılabilen tüm baraj listesidir. Yıldız ile işaretli barajların yüksekliği Google Earth programı yardımıyla profil en kesit alınarak belirlenebilmiştir. Tez çalışmamızda kullandığımız paket programlar

aracılığıyla çalışma yapılabilen baraj sayısı 10 adet olup; Tablo 4.2 de yer almaktadır.

Tablo 4.2 Çalışma yapılan baraj listesi

	BARAJLAR		
	Kret genişliği (m)	Kret uzunluğu (m)	Yükseklik (m)
Arç Barajı Barajı*	3	20	4
Argıt Barajı	5	91	1,3
Bakraçlı Barajı	4	80	2
Gelincik Barajı	2,5	95	2
Gövelek Barajı*	5	70	4
Keşiş Barajı	7	60	5,4
Kurugöl Barajı	11	118	2
Meydan Boğazı Barajı	5,2	70	3
Süphan Barajı	180	170	3,5
Yukarı Esenpınar Barajı	5	90	1

* ile işaretli barajların yüksekliklerine profil en kesit alınarak ulaşılmıştır.

4.3 Yağışlar ve Akım Gözlem İstasyonları

Çalışma alanımıza ait toplam 60 adet akım gözlem istasyonu mevcuttur. Bu akım gözlem istasyonlarının barajlarımıza en yakın olanları seçilmiştir. Çalışma alanında dikkate alınan tarihi barajları temsil edebilecek akım gözlem istasyonlarının yıllık ortalama yağış verileri; Van kapalı havzasında 8 farklı bölge ve Dicle havzasında 2 farklı bölge olmak üzere Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün meteoroloji gözlem istasyon bilgileri (MGİ) veri tabanı aracılığı ile belirlenen istasyonlardan elde edilen verilerdir. Yıllık ortalama yağış verileri meteoroloji gözlem istasyonlarına en yakın bölgeye göre seçilmiş olup; 10 bölgenin yıllık ortalama yağış verileri Tablo 4.3' de verilmektedir.

Çalışmaya dahil edilen barajlara en yakın olan akım gözlem istasyonlarının yağış alanları ve debi değerlerinden faydalanılmış olup; yıllık ortalama debi değerleri ve yağış alanları Tablo 4.4' de verildiği gibidir. Literatüre geçen araştırmalarda yer alan

tüm barajlar tespit edilip; akım gözlem istasyonlarının (AGİ) koordinatları Tablo 4.5’ de gösterilmektedir. Akım gözlem istasyonlarının konumları Google Earth programı yardımıyla bulunmuş olup; 60 adet akım gözlem istasyonunun haritası Şekil 4.3’ de gösterilmektedir.

Tablo 4.3 Meteoroloji gözlem istasyonu yağışları

	Bölgelere yakın olan istasyon	Yıllık yağış ortalama (mm)
Arç Barajı Barajı	Hakkari Merkez	789
Argıt Barajı	Gönderme	454
Bakraçlı Barajı	Ortaköy	462
Gelincik Barajı	Kurucan	427
Gövelek Barajı	Değirmenarkı	446
Keşiş Barajı	Çörekli	461
Kurugöl Barajı	Değirmenözü	451
Meydan Boğazı Barajı	Koçköprü	476
Süphan Barajı	Çubuklu	430
Yukarı Esenpınar Barajı	Değirmenözü	451

Tablo 4.4 Akım gözlem istasyonları debi değerleri ve yağış alanları

Baraj	Yıllık ortalama debi m³/sn	Yağış alanı (km²)	Gözlem süresi
Arç Barajı Barajı	34,4	4842	1977-Hala
Argıt Barajı	12,3	1425	1975-2012
Bakraçlı Barajı	3,39	1594,2	1958-1969
Gelincik Barajı	0,189	29,18	2009-Hala
Gövelek Barajı	0,601	219,27	2008-Hala
Keşiş Barajı	4,83	939,7	2013-Hala
Kurugöl Barajı	1,42	1334	1962-1999
Meydan Boğazı Barajı	9,84	700	1959-1979
Süphan Barajı	0,762	101,78	1985-Hala
Yukarı Esenpınar Barajı	1,42	1334	1962-1999

Tablo 4.5 Akım gözlem istasyonu koordinatları

Baraj	Akım gözlem istasyonu	Koordinat
Arç Barajı	D26A034 DEPİN KÖP. ZAP S.	37°34'32" N 43°46'30" E
Argıt Barajı	D25A024 GÖNDERME BENDİMAHI Ç	39°5'15" N 43°47'37" E
Bakraçlı Barajı	D25A007 ZEYREK ZEYREK S.	38°21'20" N 43°39'40" E
Gelincik Barajı	D25A046 KURUCAN KURUCAN S.	38°37'10" N 44°14'23" E
Gövelek Barajı	D25A048 ERÇEK DEĞİRMENARKI D.	38°37'17" N 43°44'19" E
Keşiş Barajı	D25A051 ZERNEK 2 KÖP. GUZELSU Ç.	38°20'24" N 43°45'36" E
Kurugöl Barajı	D25A012 ERDEVİZ (GÖLALAN) KARASU	38°45'0" N 43°32'0" E
Meydan Boğazı Barajı	D25A002 KOÇKÖPRÜ ZİLAN D.	39°7'40" N 43°19'40" E
Süphan Barajı	D25A031 ÇUBUKLU ÇUBUKLU S.	39°4'37" N 44°5'17" E
Yukarı Esenpınar Barajı	D25A012 ERDEVİZ (GÖLALAN) KARASU	38°45'0" N 43°32'0" E



Şekil 4.3 Van ili etrafında konumlanan akım gözlem istasyonları (Google Eearth programından yararlanılarak oluşturulmuştur, 2019)

BÖLÜM BEŞ

UYGULAMA

5.1 Genel

Bu tez çalışmasında uygulanan aşamaları özetlemek gerekirse;

- Bölgenin 1/25000'lik haritaları temin edildi.
- Haritalar Global Mapper programında altlık olarak kullanıldı.
- Van ili tarihi barajlarının konumları belirlendi.
- Konumlar haritalarda ve Google Earth programında işaretlendi.
- Baraj kret genişliği, kret uzunluğu ve yükseklikleri temin edildi.
- Baraj yükseklikleri temin edilemeyenlerin bulunduğu akarsu kesitinin profili oluşturularak yüksekliği belirlendi.
- Akım gözlem istasyonlarının yerleri ve konumları belirlendi.
- Dikkate alınan meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama yağışları ve akım gözlem istasyonlarının yıllık ortalama debileri temin edildi.
- Bölgenin ortalama akış katsayısı belirlendi.
- Bölgeye ait sayısal yükselti modeli (SYM) temin edildi.
- Google Earth programında sayısallaştırılan barajlara ait noktalar ArcMap programına aktarılan sayısal yükselti modeli ile aynı koordinat sistemine dönüştürüldü.
- ArcGIS programı yardımıyla barajların drenaj alanları hesaplandı.
- Çalışma alanındaki barajların göl yüzey alanı ve depolama hacmi hesaplandı.
- Barajların farklı seviyelere ait kot alan ve kot hacim grafikleri oluşturuldu.

5.2 Tarihi Barajların Akış Katsayısı

Yapılan çalışmada yöntem kısmında verilen Bağntı 3.1 ve 3.2'den faydalanılmıştır. İstasyonlardaki veriler yıllık ortalama debi, havza alanları ise kilometre kare olarak elde edilmiş olduğundan hesaplamalara ilk olarak gerekli çevirmeler yapılarak başlanmıştır. Akım gözlem istasyonlarından elde edilen veriler

yıllık ortalama debi olduğundan ortalama debiye dönüştürülmüş ve aynı istasyonun yağış alanı ise metre kareye çevrilmiştir. Bağntı 3.1 kullanılarak 10 adet istasyonun yer aldığı her bir bölgeye karşılık gelen akış katsayılarına ulaşabilmek için öncelikle akış yüksekliği hesaplanmıştır. Akış yüksekliği yıllık ortalama debinin yağış alanına bölünmesi sonucu elde edilmiş olup; çıkan sonuçlar her bir baraja ait yağış yüksekliğine bölünerek çalışma kapsamındaki barajların C_{brj} (Barajlara ait akış katsayısı) değerleri Tablo 5.1’ de gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

Tablo 5.1 Çalışma alanı ortalama akış katsayısı

Baraj	Ortalama debi m^3/sn	Yağış alanı (km^2)	Akış katsayısı
Arç Barajı Barajı	34,4	4842	0,28
Argıt Barajı	12,3	1425	0,60
Bakraçlı Barajı	3,39	1594,2	0,15
Gelincik Barajı	0,189	29,18	0,48
Gövelek Barajı	0,601	219,27	0,19
Keşiş Barajı	4,83	939,7	0,35
Kurugöl Barajı	1,42	1334	0,07
Meydan Boğazı Barajı	9,84	700	0,93
Süphan Barajı	0,762	101,78	0,55
Yukarı Esenpınar Barajı	1,42	1334	0,07
$C_{ort} =$			0,30

Çalışmamızda kullanılacak olan ortalama akış katsayısı yöntem kısmında verilen Bağntı 3.2 kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir baraja ait akış katsayısı (C_{brj}) ile o barajın yağış alanları çarpılmıştır ve daha sonra çıkan sonuç; toplam 10 adet barajın kendi yağış alanlarının toplamına bölünerek; bölgeye ait ortalama akış katsayısı değeri (C_{ort}) 0,30 olarak bulunmuştur. Ancak Türkiye’nin ortalama akış katsayısı 0,37 mertebesinde olduğundan (Ağralıoğlu, 2013) bu değer, hesaplamalarda C_{ort} 0,37 olarak da ayrıca değerlendirmeye alınmıştır.

5.3 Urartu Su Yapılarının Drenaj Alanı ve Hazne Kapasitesinin Hesaplanması

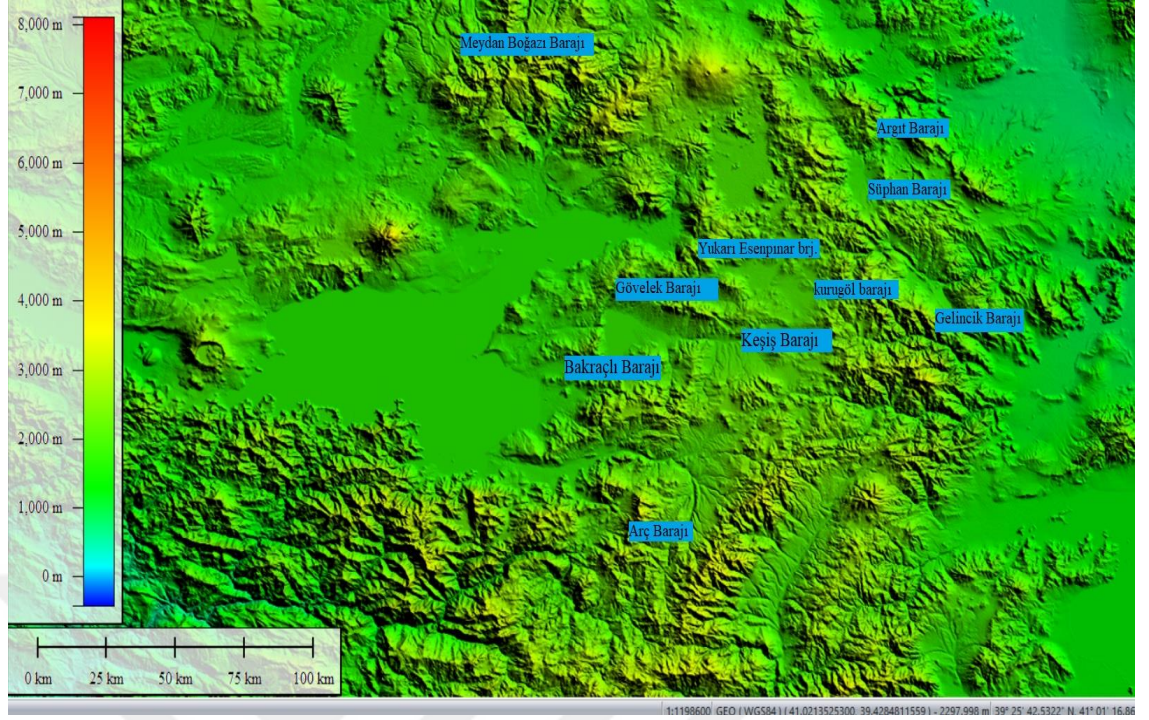
Çalışma alanımızda yer alan söz konusu tarihi barajların drenaj alanları ve mevcut hazne kapasiteleri açısından değerlendirilmesi ArcGis programı (Esri, 2009) yardımıyla yapılarak tarihe ışık tutacak ve o dönemin hidrolik uygarlığı olan Urartuların imar faaliyetleri hakkında fikir sahibi olmamıza olanak sağlayacaktır.

Araziye ait veriler kısmında yer alan bilgiler ışığında akarsu ağı modellemesi yapılan barajların drenaj alanı, hazne alanı ve hazne hacmi hesaplama aşamaları başlıklar altında alt bölümlerde sunulmuştur.

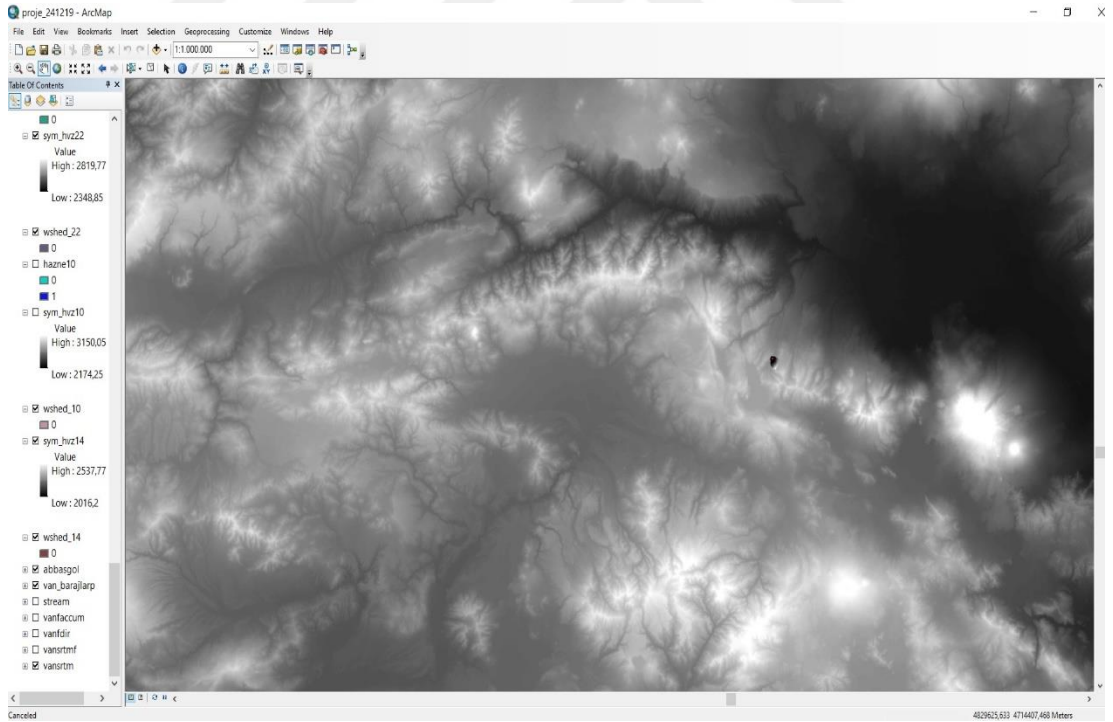
5.3.1 Sayısal Yükselti Modeli (SYM)

Araziye ait sayısal yükselti modeli (Digital Elevation Model) verisi diğer bir ifadeyle DEM verisi yeryüzünün sürekli olarak değişim içinde olan topoğrafik yüzeyini üç boyutlu görsel şeklinde gösteren bir formattır. DEM verisi sayısal ortama gönderilen münhani haritalardan veya uydu görüntülerinden elde edilir. Uydu görüntüleri ile indirilen veya elimizde bulunan münhanilerden elde edilen sayısal yükselti modeli verileri arasındaki fark, çözünürlük farkıdır denilebilir. Van yöresine ait olan bu çalışmada da SRTM veri seti kullanılmıştır.

Çalışma alanımıza ait SYM modelinin oluşturulabilmesi için öncelikle arazinin koordinatları Global Mapper programına tanıtılarak arazi modeli belirlenmiştir. 41,5 Kuzey, 41 Doğu Sol Üst, 37,5 Kuzey 45,5 Doğu Sağ Alt olmak üzere çalışma alanı sınırlarımız belirlenerek; Şekil 5.1 de gösterilen arazi topoğrafyası SRTM uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükselti modeli ise Şekil 5.2' de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 5.1 Çalışma alanı arazi topoğrafyası (Global Mapper yardımıyla oluşturulmuştur, 2019)



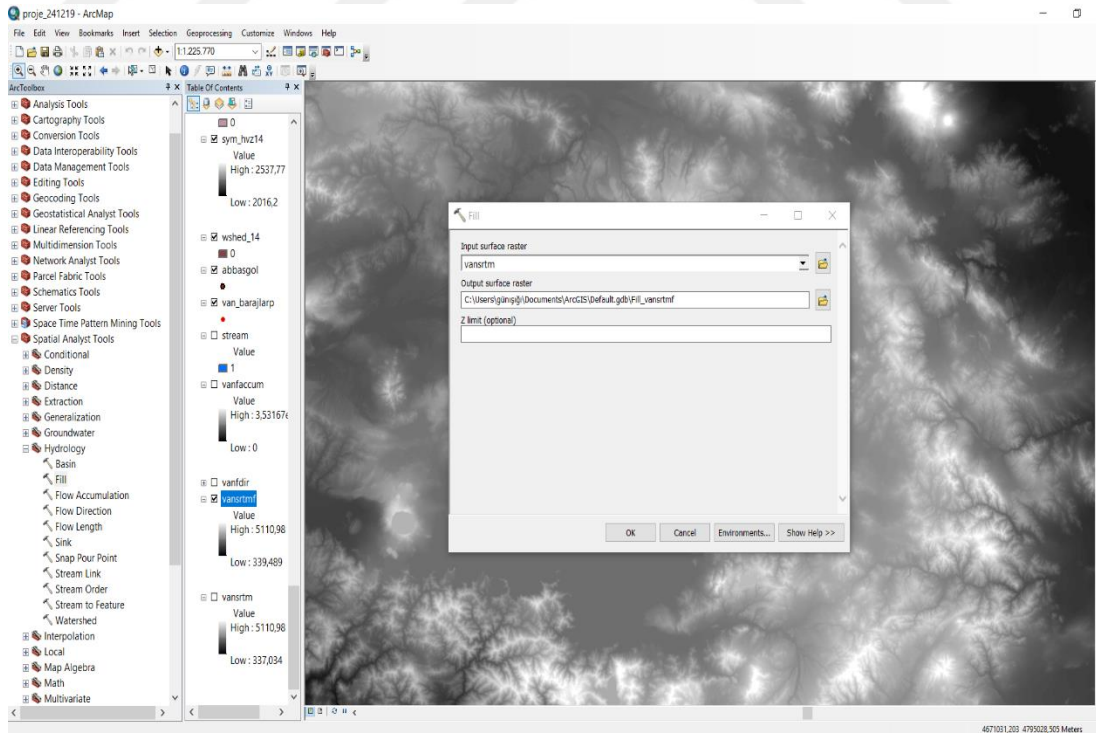
Şekil 5.2 Çalışma alanı SRTM uydu görüntüsü

Verileri ön işlemede en önemli noktalardan biri olan aşama, arazide bulunan noktaları sayısallaştırarak programa tanıtmaktır. Google Earth programında

sayısallaştırılan barajlara ait noktalar ArcMap programına aktarılan sayısal yükselti modeli ile aynı koordinat sistemine dönüştürülerek verilerin doğruluğu teyit edilmiştir. Sayısal Yükselti Modeli ise GRİD format olarak çalışma dosyasına kaydedilmiştir.

5.3.2 Boşlukların Doldurulması (Fill Sinks)

Baraj göl hacimlerinin hesaplanması için öncelikle ArcMap programına aktarılmış olan SYM verileri GRİD formatta SRTM veri seti kullanılarak programa tanıtılmıştır. Fill Sinks (Boşlukları doldurma) komutu ile SYM de oluşan boşluk hatalarının giderilmesi amaçlanmıştır. Bu komutu kullanma da ki temel hedef, bir hücrenin daha fazla yükseklik değerine sahip olan hücre ile çevrilmesi durumunda su, kot değeri daha az olan bu hücreye doğru akacaktır ve bu istenmeyen bir durumdur. SYM’de var olan boşluklar doldurulmadığı sürece yüzey akışı oluşamaz. Bu nedenle boşlukların doldurulması gereklidir. Fill komutu bu sorunu ortadan kaldırır ve kot değerlerini yeniden düzenlemeye yardımcı olur (Şekil 5.3).

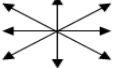


Şekil 5.3 Fill komutu kullanarak boşlukların doldurulması

Şekil 5.3’ de yer alan görselde vansrtm verisi vansrtmf olarak çalışma dosyasına kaydedilmiş ve bu aşamadan sonra yapılan tüm işlemler hücreler doldurulduktan sonraki vansrtmf katmanı baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

5.3.3 Akım Yönü Belirlenmesi

Akım yönü belirleme fonksiyonu (flow direction) sisteme tanıtılmış olan sayısal yükselti modelinin akım yönünü tayin etmede kullanılır. Sekiz yönlü akım modeli kullanılarak akım yönü tayini yapılır. Toplam 9 hücre ile işlemler gerçekleştiğinden, bir hücreye komşu 8 hücre daha vardır. Bu hücreler en düşük su kotuna doğru akım yönünü göstermektedir. Her bir grid de ise kot değerleri yani yükseklikler yer almaktadır. Suyun akışı en düşük yükseklik değerine sahip gride yönelecektir. Akım yönü tayini için gridin akım yönleri rakamsal ifadelerle Şekil 5.4’ de gösterilmektedir.

32	65	128
16		1
8	4	2

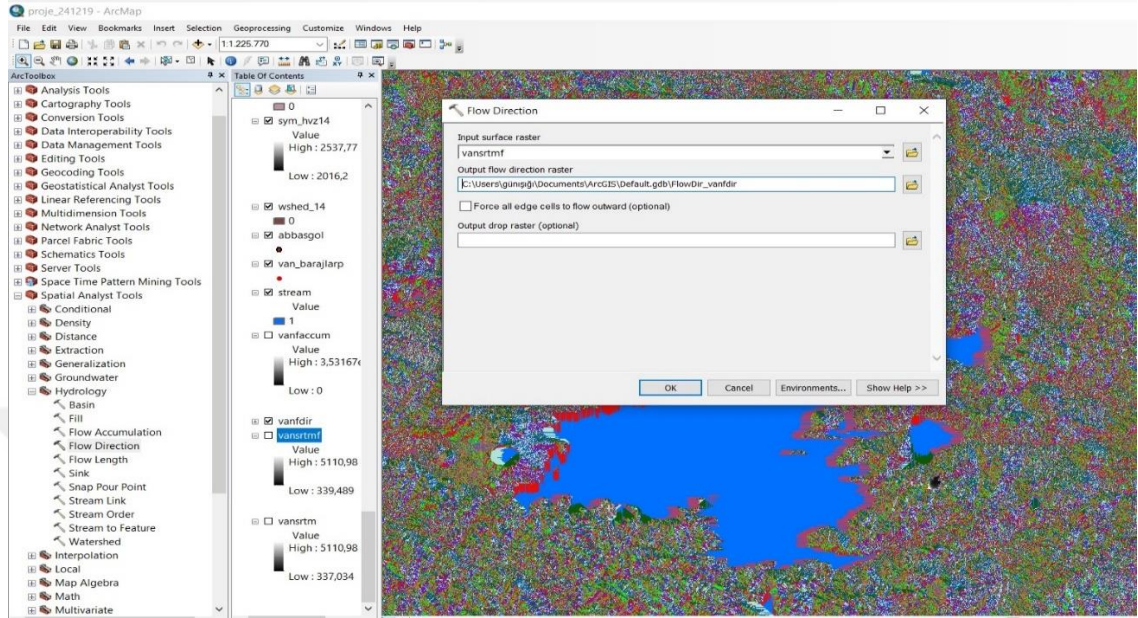
KB	KUZEY	KD
BATI		DOĞU
GB	GÜNEY	GD

Şekil 5.4 Akım Yönleri

Bir hücreden gerçekleşen akımın güney batı yönünde olduğunu ifade edebilmek için 8 rakamı, kuzey doğu yönünde akım var şeklinde yorum yapılabilmesi için 128 rakamı kullanılır. Akım yönleri ArcMap programının araç çubuğu olan hidroloji modeli; Şekil 5.4’ de gösterilen şekilde yön tayini yapılarak oluşturulmuştur.

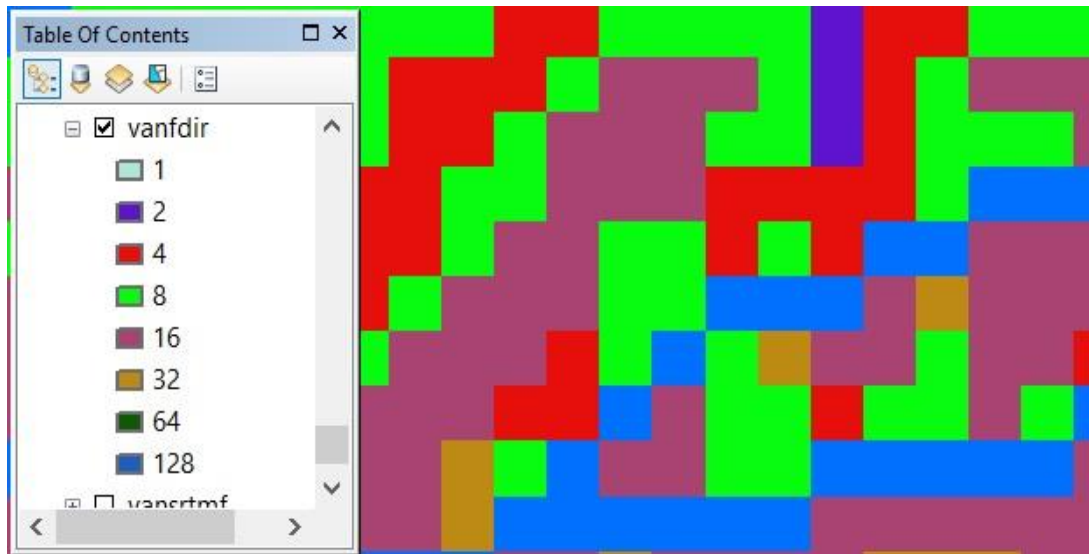
Programda hidroloji modelinin girdisi olarak bir önce yaptığımız boşlukları doldurma işleminin “Fill” yani daha önceki kısımda anlatılan “vansrtmf ” olduğu

teyit edilir ve daha sonra bu işlemin akım yönü yani “flow direction” katmanını ise çıktı olacak şekilde “vanfdir” ismi verilen çalışma dosyasına kaydedilir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Flow direction komutu kullanarak akım yönü belirlenmesi

Kaydedilen katmanda bazı hücrelere yaklaşıldığında hücrelerin akış yönüne göre farklı değerlere ve renklere sahip olduğu görülmektedir. Bu renk skalası “8 yönlü akım modeli”ne göre modellendiğinden akım yönlerini göstermektedir (Şekil 5.6).

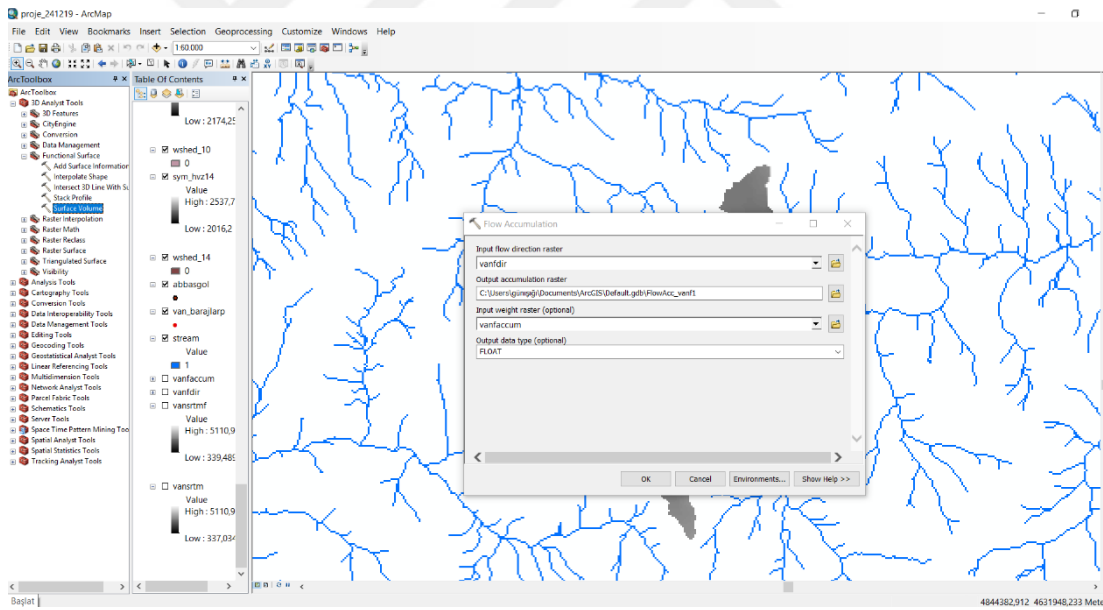


Şekil 5.6 Akım yönlerini gösteren renk skalası

5.3.4 Kümülatif Akım Hesabı

Akım yönü belli olan katmandan sonra kümülatif akım hesaplama (flow accumulation) işlemine geçilmektedir. Bu işlem sonucunda hücreler arası akım ilişkileri belirlenmektedir. Akım hesaplama yöntemi ile bir hücrenin su toplama alanında, verilen katmanda yer alan hücre sayısı hesabı yapılır. Böylelikle her bir hücrenin su toplama alanında kalan hücre sayısı belirlenmektedir.

Programda girdi olarak bir önceki bölümde tanımlanan katman input flow accumulation raster bölümüne “vanfdır” (daha önceki bölümde bulunan akım yönleri) işaretlenir, çıktı katmanı ise (flow accumulation) kümülatif akım hesabı yapmamıza olanak sağlayan “vanfaccum” katmanıdır (Şekil 5.7). İşlem tamamlandığında bu katmanda haritamıza eklenecektir.

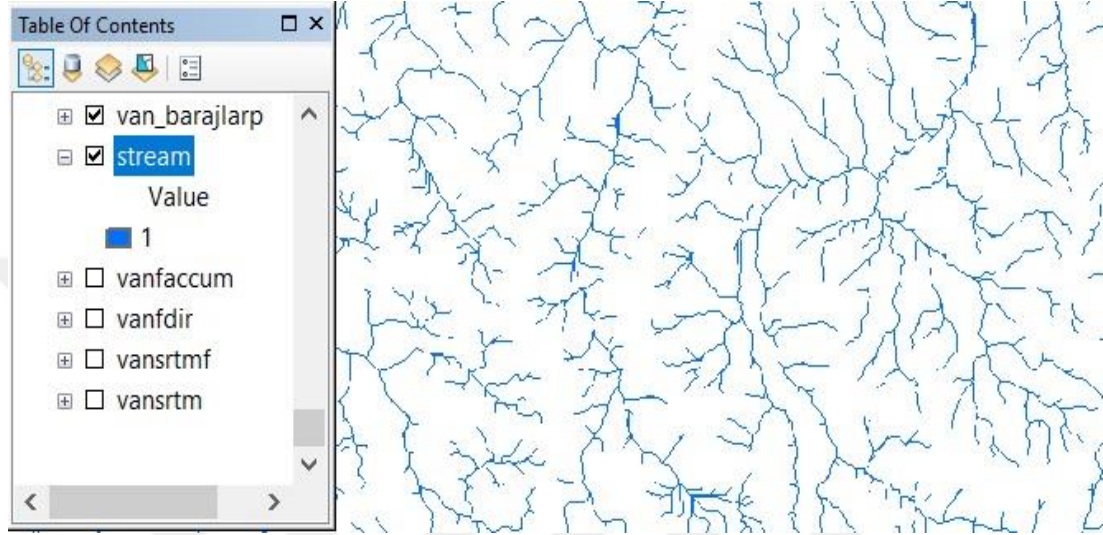


Şekil 5.7 Kümülatif akım hesaplama

5.3.5 Nehir Tanımlama

Çalışma alanımıza ait nehir tanımlamaları yapmamıza olanak sağlayan “stream definition” komutu ile su toplama alanı için programa belli bir alan tanımlanması gerekmektedir. Su toplama alanı, toplam hücre sayısı ile bir hücre alanının çarpımına

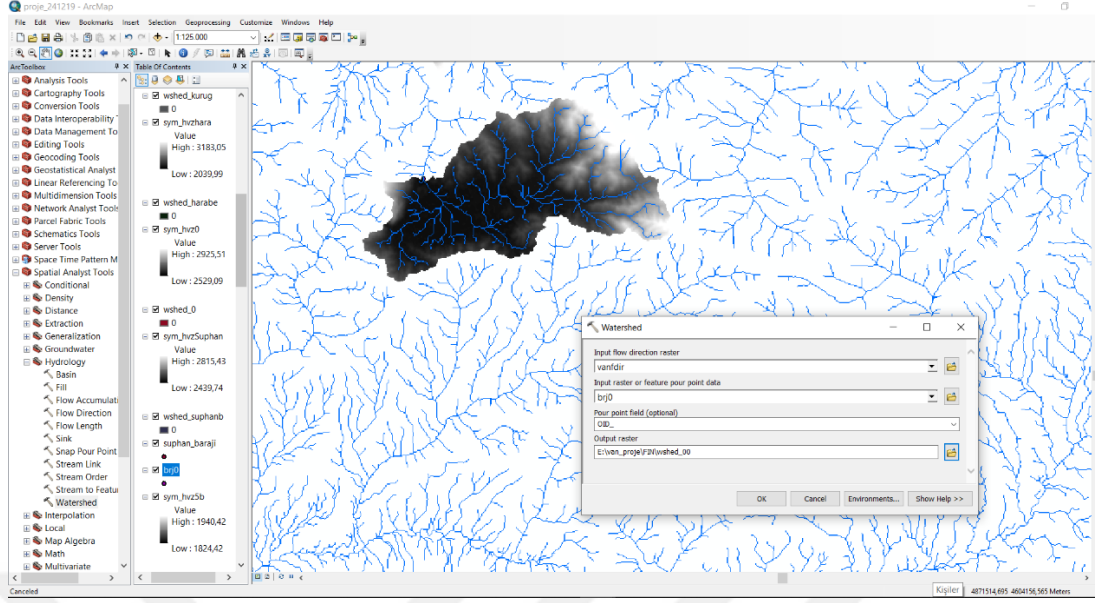
eşittir. Daha küçük bir alan değeri tanımlanırsa akarsu ağı daha yoğun modellenir. Çalışmamızda eşik değer olarak 25 km² tanımlanmıştır. Akarsu ağı oluşturmak için girdi katmanı yani input yazılı kısma “vanfaccum” ise çıktı katmanı “stream” olarak seçilir ve çalışma kaydedilir. Akarsu ağları tanımlanıp seçtiğimiz katmanda modellendikten sonra tüm hücreler 1 olarak (Şekil 5.8) görülmektedir.



Şekil 5.8 Akarsu ağı modellemesi

5.3.6 Drenaj Alanı Hesaplama

Çalışma alanımızda Tablo 4.2 de yer alan barajlarımıza ait drenaj alanı hesaplaması yapılmıştır. İlk olarak söz konusu barajlara ait akarsu ağı modellendikten sonra sayısallaştırılan nokta konumları haritaya eklenmiştir. Daha sonrasında girilen noktaya ait su toplama katmanı oluşturmak için “arctoolbox” menüsünden “watershed” komutu seçilmiştir. Girdi olarak daha önce oluşturulan “vanfdir” seçilir, “input raster” seçeneği için hesaplama yapmak istenilen akarsu ağı üzerinde bulunan baraj noktası seçilir ve çıktı olarak barajlara ait “FID” numarası yani baraj yeri sıralama numarası olarak “wshed_00” şeklinde çalışma dosyasına kaydedilir. Drenaj alanını program piksellere ayırarak otomatik olarak hesaplamıştır. Örnek olarak Keşiş barajının programa ait görseli Şekil 5.9’ da verilmiştir.



Şekil 5.9 Keşiş barajı drenaj alanı

Barajlara ait drenaj alanları piksel şeklinde verilmiş olup; her bir piksel 38,218 metre olduğundan öncelikle bir pikselin alan hesabı yapılmıştır. Daha sonra örnekte verilmiş olan Keşiş barajına ait wshed_00 katmanına ait tablo özelliklerine bakıldığında 43,446 pikselden oluşmuş olduğu bilgisine erişildi. Drenaj alanı hesabı $(38,218)^2 \times 43,446 = 63457902,0557 \text{ m}^2$ olarak bulunmuştur. Çalışma alanına ait barajların drenaj alanları Tablo 5.2’ de verilmiştir.

Tablo 5.2 Drenaj alanları

Baraj	Drenaj alanı (m ²)
Arç Barajı Barajı	21771935
Argıt Barajı	1625665
Bakraçlı Barajı	12206363
Gelincik Barajı	8925821
Gövelek Barajı	20930620
Keşiş Barajı	63457902
Kurugöl Barajı	1624204
Meydan Boğazı Barajı	26869483
Süphan Barajı	19610224
Yukarı Esenpınar Barajı	451330
*Virgülden sonraki hane eklenmemiştir.	

5.3.7 Havza Yüzeysel Akış Hacmi

Çalışma alanına ait barajların drenaj alanları ArcGis programı yardımıyla hesaplandıktan sonra havzadan gelen yüzeysel suların akış hacmi hesabına geçilmiştir. Havza yüzeysel akış hacmi hesaplaması için daha önceki bölümlerde bulunan baraj bölgelerine göre özelleştirilen akış katsayısı C_{brj} Van bölgesi ortalama akış katsayısı $C_{ort} = 0,30$ Türkiye'nin akış katsayısı $C_{tot} = 0,37$ değerleri kullanılmıştır.

Havza yüzeysel akış hesaplamaları Tablo 5.3' de verilmiştir. Hesaplamalar baraja ait akış katsayısı C_{brj} ile hesaplanan drenaj alanı A_{baraj} ve her baraja ait bölgedeki meteoroloji istasyonlarından alınan yağış yüksekliği $P_{(mm)}$ çarpılarak Bağntı 5.1 'e göre oluşturulmuştur. Tablo 5.3 her bir baraj bölgesine ait akış katsayısı ile Tablo 5.4 incelenen yerlere ait ortalama akış katsayısına göre Tablo 5.5 ise Türkiye havzalarının akış katsayısı değerine göre hesaplanmıştır.

$$\text{Havza yüzeysel akış hacmi} = C_{(brj)} \times P_{(mm)} \times A_{(baraj)} \quad (5.1)$$

Tablo 5.3 Türkiye havzalarının ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler

Baraj	Akış katsayısı	Yağış miktarı (mm)	Drenaj alanı (m ²)	Havza yüzeysel akış hacmi (m ³)
Arç Barajı Barajı	0,37	789	21771935	6355880985
Argıt Barajı	0,37	454	1625665	273079219
Bakraçlı Barajı	0,37	462	12206363	2086555851
Gelincik Barajı	0,37	427	8925821	1410190534
Gövelek Barajı	0,37	446	20930620	3453970988
Keşiş Barajı	0,37	461	63457902	10824014354
Kurugöl Barajı	0,37	451	1624204	271030998
Meydan Boğazı Barajı	0,37	476	26869483	4732253378
Süphan Barajı	0,37	430	19610224	3119986642
Yukarı Esenpınar Barajı	0,37	451	451330	75313469
Toplam =				32602276420

Tablo 5.4 Van bölgesi ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler

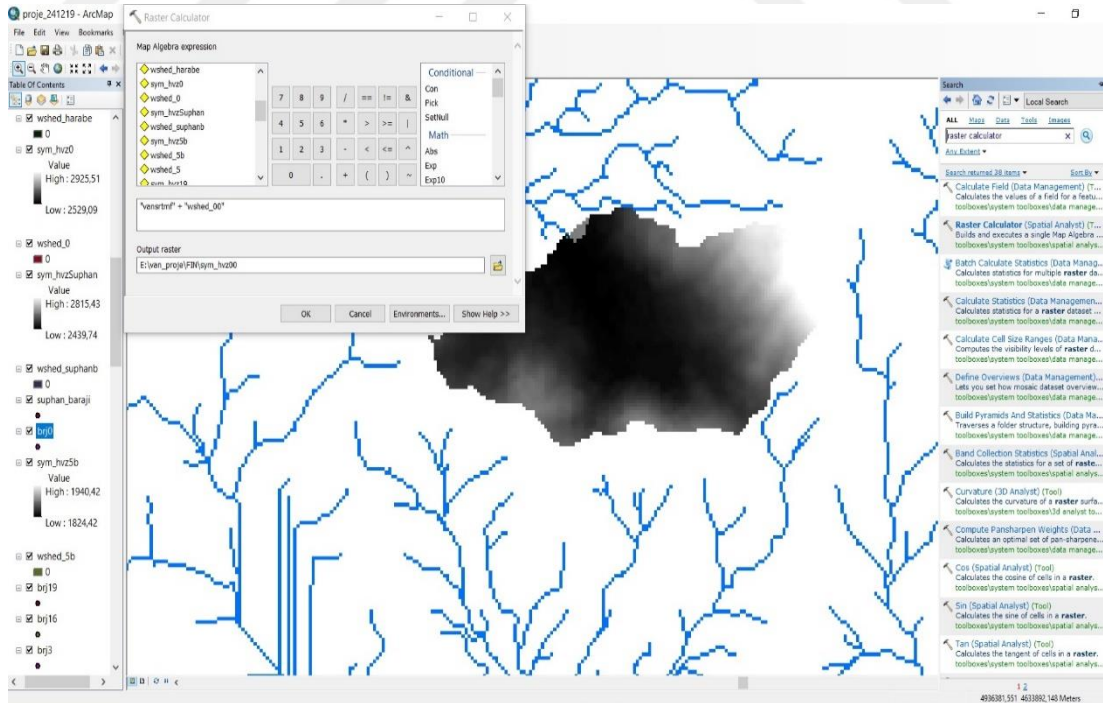
Baraj	Akış katsayısı	Yağış miktarı (mm)	Drenaj alanı (m ²)	Havza yüzeysel akış hacmi (m ³)
Arç Barajı Barajı	0,30	789	21771935	5153417015
Argıt Barajı	0,30	454	1625665	221415584
Bakraçlı Barajı	0,30	462	12206363	1691802041
Gelincik Barajı	0,30	427	8925821	1143397730
Gövelek Barajı	0,30	446	20930620	2800517017
Keşiş Barajı	0,30	461	63457902	8776227854
Kurugöl Barajı	0,30	451	1624204	219754864
Meydan Boğazı Barajı	0,30	476	26869483	3836962198
Süphan Barajı	0,30	430	19610224	2529718899
Yukarı Esenpınar Barajı	0,30	451	451330	61064976
Toplam =				26434278178

Tablo 5.5 Baraj drenaj havzası ortalama akış katsayısına göre hesaplanan hacimler

Baraj	Akış katsayısı	Yağış miktarı (mm)	Drenaj alanı (m ²)	Havza yüzeysel akış hacmi (m ³)
Arç Barajı Barajı	0,28	789	21771935	4877949428
Argıt Barajı	0,60	454	1625665	442514933
Bakraçlı Barajı	0,15	462	12206363	818558674
Gelincik Barajı	0,48	427	8925821	1823187436
Gövelek Barajı	0,19	446	20930620	1809189110
Keşiş Barajı	0,35	461	63457902	10286087654
Kurugöl Barajı	0,07	451	1624204	54523010
Meydan Boğazı Barajı	0,93	476	26869483	11911404646
Süphan Barajı	0,55	430	19610224	4630007417
Yukarı Esenpınar Barajı	0,07	451	451330	15150728
Toplam =				36668573036

5.3.8 Hazne Alanı ve Hazne Hacmi

Drenaj alanları belirlenmiş olan tarihi barajların hazne alan ve hacim hesaplamalarını yapabilmek için programa öncelikle o baraja ait havza özelliklerini tanıtmamız gerekir. Programda sadece çalışmak istenilen baraj havzasına ait kısımda hesaplama yaptırılmak istendiğinde; spatial analyst toolbar altında bulunan raster calculator komutunu kullanmamız gerekir. Bu komut verildiğinde açılan pencereden girdi kısmına vansrtmf + wshed_00 yazılacak (wshed_00 daha önce hesaplanan 00 barajına ait drenaj alanı) çıktı kısmına sym_hvz00 diye isimlendirdiğimiz keşiş barajına ait havzamızın isimlendirmesi girilerek işlem tamamlanacaktır. Bu toplama işlemini yapmamızın amacı istediğimiz özellikteki alanları çakıştırarak bize sonucu vermesini sağlamaktır. İşlem sonucunda sym_hvz00 diye yeni bir katman haritamıza eklenecektir. O katmanda en düşük ve en yüksek kot değerleri bulunur. Bu değerler bize akarsu yatağının kot özelliklerini gösterir. Ekranda çıkan en yüksek seviye barajımıza ait talveg kotudur. Bu işlemler sonucunda barajın kendi drenaj alanındaki yükselti modeli oluşturulmuştur (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Keşiş barajı drenaj alanına ait yükselti modeli

Drenaj alanına ait yükselti modeli oluşturulan baraja ait Arctoolbox altındaki 3D Analyst tools- Functional surface aracı altında yer alan surface volume aracı bize barajın istenilen seviyeye ait alan ve hacim değerlerinin hesaplanması işlemini yapar. Barajların maksimum kottaki hazne hacmi ve göl yüzey alanları Tablo 5.6 da verilmiştir. Tez çalışmamız kapsamında çalışma alanında yer alan tüm barajlara ait kot alan ve kot hacim grafikleri oluşturulmuş olup Ek-2 de sunulmuştur. Baraj yüksekliklerimiz tarihi barajlarımızın çoğunda çok küçük olduğundan bazı barajlarda kotlar 0,5 metre aralıklarla bazı barajlarımızda ise 1 metre aralıklarla hesaplanmıştır.

Barajlara ait depolama hacimlerinden Keşiş barajı diğer bir ifadeyle Rusa, Genişgöl barajı yaklaşık 15 milyon metreküp olarak hesaplanmıştır. Dönemin diğer en önemli barajı ise Süphan barajı olarak bilinir. Süphan barajı ise Keşiş barajından sonra, çalışılan barajların içinde ikinci en büyük depolama hacmine sahip olan barajdır yorumu yapılabilir. Çalışma alanındaki toplam mevcut baraj depolama hacmi ise yaklaşık 35 milyon metreküptür denilebilir.

Tablo 5.6 Barajlara ait göl yüzey alanı ve hazne hacmi

Baraj	Hazne alanı m²	Hazne hacmi m³
Arç Barajı Barajı	19413	29536
Argıt Barajı	348	165
Bakraçlı Barajı	1934	1199
Gelincik Barajı	160915	95980
Gövelek Barajı	638525	1531521
Keşiş Barajı	9411556	15164369
Kurugöl Barajı	13074	9564
Meydan Boğazı Barajı	4735422	7297502
Süphan Barajı	3249277	10532915
Yukarı Esenpınar Barajı	763	322
Toplam =		34663073

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Hidrolik uygarlığı kurulmuş Van ili ve çevresinde su o dönem için de hayati önem taşımaktaydı. Urartular döneminde inşa edilen su yapıları halkın ve toprağın su ile kavuşmasına olanak sağlamak için günümüzde de halen varlığını koruyan ve yazıtlardaki türkölere konu olan tarihi barajları inşa etmiştir.

Van ve yakın çevresinde bulunan on adet baraj drenaj alanından 36,6 milyar m³/y mertebesinde yağmur kaynaklı bir yüzeysel su potansiyeli olduğu görölmektedir. Kar yağışı sisteme dahil edilememiştir.

Çalışmada dikkate alınan 10 adet barajın toplam hazne hacmi 34,6 milyon m³ mertebesindedir. Ancak bu hacmin bir kısmının ölü hacim olarak kullanılamayacağı düşünüldüğünde; düzenleme için kullanılabilecek miktar 34,6 milyon m³' den daha az olacaktır. Bu gölet ve barajların çoğunun depolama hacmi oldukça küçük olmasına rağmen Urartular döneminde merkez ve çevre nüfusun su ihtiyacının bahsedilen barajlarla karşılandığı düşünülmektedir. Urartu uygarlığı kullandığı su miktarı ile halkın tarımsal sulama yapmasına imkan sağlamış, tarım topraklarının zenginleşip verimli hale gelmesine olanak tanıyarak halkın sosyokültürel yapısının ilerlemesine ve gelişmesine katkı sağlamıştır.

Urartu hanedanlığı, yağmur kaynaklı yüzeysel akışla gelen suyun küçük bir kısmını su ihtiyaçlarını karşılamada kullanmışlardır.

Çalışmanın sonuçları, yöredeki tarihi su yapılarına ait havza ve hazne kapasiteleri hakkında bilgi vermektedir. Çalışma sonucunda en büyük hazne kapasitesine sahip barajlardan ilki Keşiş barajı ikincisinin ise Süphan barajı olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Antik dönemde hidroteknolojik becerileri yüksek olan bu uygarlığın suyu tarımsal sulamada ve içmede kullanarak halkını refah içinde yaşatmayı başarmış bir toplum olması bize o dönemde de suyun önemini açıkça vurgulamaktadır.

KAYNAKLAR

Ağıralioğlu, N. (2007). *Baraj planlama ve tasarımı* (2.Baskı). İstanbul: Su vakfı.

Ağıralioğlu, N. (2013). *Su kaynakları mühendisliği* (7.Baskı). İstanbul: Beta

Aktuğ, M. (2010). *Van güzel*. 10 Şubat 2019, <https://vanguzel.com/galeri/>

Bayazıt, M. ve Önöz, B. (2008). *Taşkın ve kuraklık hidrolojisi* (1. Baskı). İstanbul: Nobel.

Baykan O. Ve Baykan N. (2015). Bin yıllar boyunca Anadolu'daki su mühendisliği. Antalya. *Su Yapıları Sempozyumu* 396, 148-168.

Belli, O. (1984). Van ovasında yeni Urartu merkezleri. *İzmir, 2. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 169-186

Belli, O. (1988). Van bölgesinde Urartu baraj ve sulama sisteminin araştırılması. *Ankara, 6. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 313-333.

Belli, O. (1990). Van bölgesinde Urartu baraj ve sulama sisteminin araştırılması. *Ankara, 8. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 111-137

Belli, O. (1991). Van bölgesinde Urartu baraj ve sulama sisteminin araştırılması. *Ankara, 9. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 479-525.

Belli, O. (1992). Van bölgesinde Urartu baraj ve sulama sisteminin araştırılması. *Ankara, 10. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 291-311.

Belli, O. (1993). Van bölgesinde Urartu baraj ve sulama sisteminin araştırılması. *Ankara, 11. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 291-311.

- Belli, O. (1994). Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 12. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 189-205.
- Belli, O. (1996). Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 14. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 111-171.
- Belli, O. (1997). Doğu Anadolu'da Urartu sulama kanalları - Urartian irrigation can, canals in eastern Anatolia. İstanbul, *Arkeoloji ve Sanat Yayınları*, 64
- Belli, O. (1998a). Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 15. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 312-348.
- Belli, O. (1998b). Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 16. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 111-171.
- Belli, O. (1999). 1998 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 17. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 267-293.
- Belli, O. (2000). 1999 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *İzmir, 18. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 205-219.
- Belli, O. (2001). 2000 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 19. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 239-245.
- Belli, O. (2003). 2002 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Ankara, 21. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 205-219.

- Belli, O. (2005). 2004 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Antalya, 23. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 123-135.
- Belli, O. (2009). 2008 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Denizli, 27. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 77-100.
- Belli, O. (2011). 2010 yılında Doğu Anadolu Bölgesinde Urartu baraj, gölet ve sulama kanallarının araştırılması. *Malatya, 29. Araştırma Sonuçları Toplantısı*, 293-316.
- Bildirici, M. (2004). Tarihi sulama, su depolama, taşkın koruma tesisleri. Ankara, *Devlet Su İşleri yayınları*, 109-111.
- Bildirici, M. (2008). Urartular dönemi tarihi su yapıları, *İzmir, Devlet Su İşleri II.Bölge Müdürlüğü, Tarihi Su Yapıları Konferansı*, 29-30.
- Burney, C. (1972). Urartian irrigation works. *Anatolian Studies*, 179-186.
- Erdoğan S. (2006). *Minua Samram Kanalı ve Urartu Bahçeleri*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- ESRI (2009). *ArcGIS 9 Using ArcGIS geostatistical analyst*. 3 Mayıs 2016, dusk2.geo.orst.edu/gis/geostat_analyst.pdf
- Gedik N. (2019). *Barajlar ders notu*, 8 Temmuz 2019, <http://insaat.balikesir.edu.tr>.
- Gülyüz N. (2018). *Tuşba, Van bölgesindeki antik su yapılarının jeo-mühendislik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.

- Garbrecht, G. (1980). The water supply system at Tuşpa. *World Archeology*, 306-315.
- Garbrecht, G. (1987). Die Tallsperren der Urartaer. *Stuttgart, Witter, Historische Tallsperren* 139-145.
- Tur H. (b.t.). *Hidrografi ve oşinografi*. 27 Mart 2019, <https://slideplayer.biz.tr/1076515>
- T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) (1989). Teknik Rehber Niteliği, *Baraj ve Göletler (Su Biriktirme Yapıları)-Su Yapıları Cilt-1*: Ankara, 85-86.
- T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) *Barajlar rehberi*. 10 Haziran 2015, <http://bolge06.dsi.gov.tr/>
- T.C. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) *Barajlar ve Göletler tasarım rehberi*. 15 Temmuz 2015, <http://bolge06.dsi.gov.tr/>
- Kızmaz İ. (2014). *Van ve Bitlis yöresindeki Urartular dönemine ait eserler ve bölgede yapılan kazılar*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Mays, L. W. (2008). A very brief history of hydraulic technology during antiquity. *Environmental Fluid Mechanics*, 8(5-6), 471-484.
- Odabaşı B. (2011). *Rezervuarlarda sediment birikiminin önlenmesi ve rezervuar ekonomik ömrünün uzatılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Onuşluel G. (b.t.). *Uygulamalı Hidroloji ders notları*. 5 Ağustos 2019, <https://slideplayer.biz.tr/slide/151555553>.
- Ögün, B. (1970). *Van'da Urartu sulama tesisleri ve Şamram (Semiramis) kanalı*. Ankara: Anadolu Matbaası.

- Öziş, Ü. (1984). Su Mühendisliği Tarihi. *Su Mühendisliği Tarihi Açısından Anadolu'daki Eski Su Yapıları*, 1 (2), 73-89.
- Öziş, Ü. (1999). Historical dams in Turkey. *Ankara, State Hydraulic Works (DSİ) & Turkish National Committee of International Commission on Large Dams (TRCOLD)*, 100.
- Öziş, Ü., Türkman F., ve Alkan A. (2009). *Su kuvveti tesislerinde sayısal örnekler* (5.Baskı). İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, 28-29.
- Öziş, Ü. (1981). Anadolu'da su kaynaklarının geliştirilmesinin dünü, bugünü, yarını. Ankara, Devlet Su İşleri. *İnşaat Fakültesi Dergisi Atatürk'ün 100. Doğum Yılı Özel Sayısı*, 411-450.
- Öziş, Ü. (2003). *Historical waterworks in Turkey*. Bergen: International Water History Association.
- Öziş, Ü. (2015). Water works through four millenia in Turkey. İstanbul, European Water Resources Association. *9th World Congress, Proceedings*, 15 (9), 1-13.
- Schnitter, N. (1979). Antike Talsperren in Anatolien. *Leichtweiss Institut für Wasserbau, Mitteilungen*, 64, 1-8.
- Schnitter, N. (1986). Vorrömische Talsperren. *Schweizer Ingenieur und Architect*, 156 (15), 485-491.
- Schnitter, N. (1994). *A history of dams*. Rotterdam: Balkema.
- Yönter, G. (2016) (b.t). *Havzalarda yüzey akış hesaplama yöntemleri*. 10 Ağustos 2019, https://avesis.ege.edu.tr/resume/downloadfile/gokcen.havzalarda_hesaplamayoter?key=809daa056d05-4d5b-b951-1e6aebde1294.

EKLER

Ek 1: Kısaltmalar

SYM Sayısal Yükselti Modeli

MGM Meteoroloji Genel Müdürlüğü

DSİ Devlet Su İşleri

ICOLD Uluslararası Barajlar Komisyonu

MGİ Meteoroloji Gözlem İstasyonu

AGİ Akım Gözlem İstasyonu

DEM Sayısal Yükselti Modeli

SRTM Mekik Radar Topoğrafya Görevi

M.Ö Milattan Önce

M.S Milattan Sonra

Ek 2: Barajlara ait kot alan ve kot hacim grafikleri



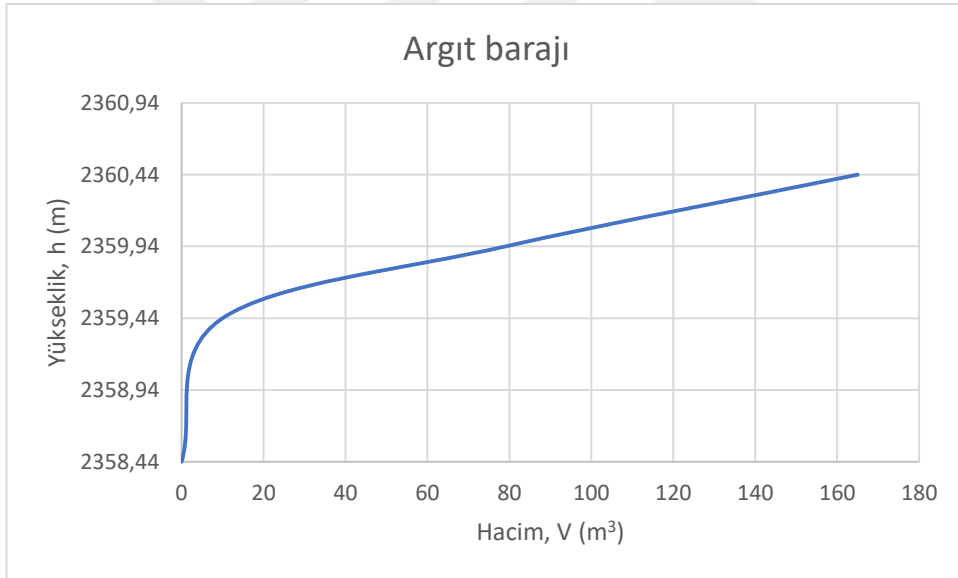
Şekil A.1 Arç barajı kot alan grafiği



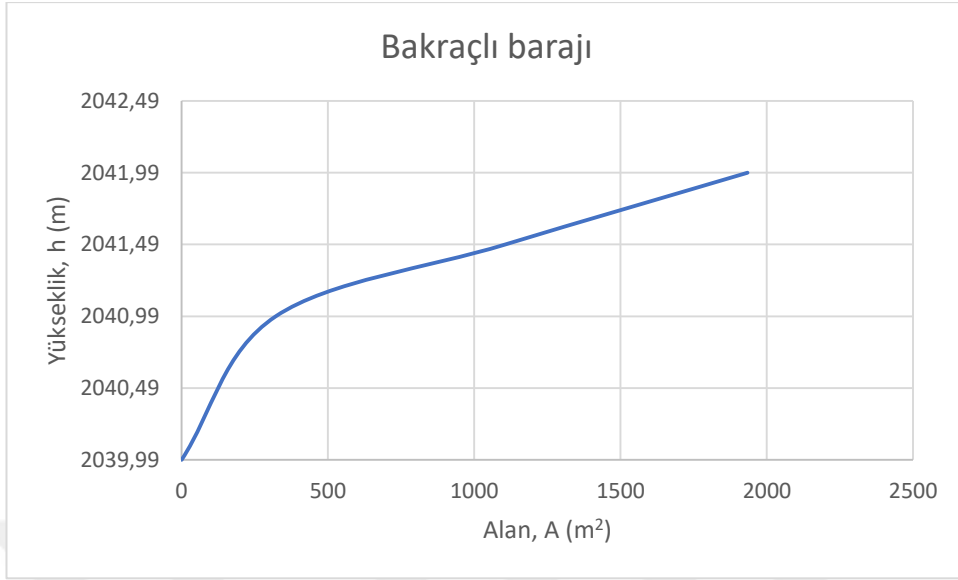
Şekil A.2 Arç barajı kot hacim grafiği



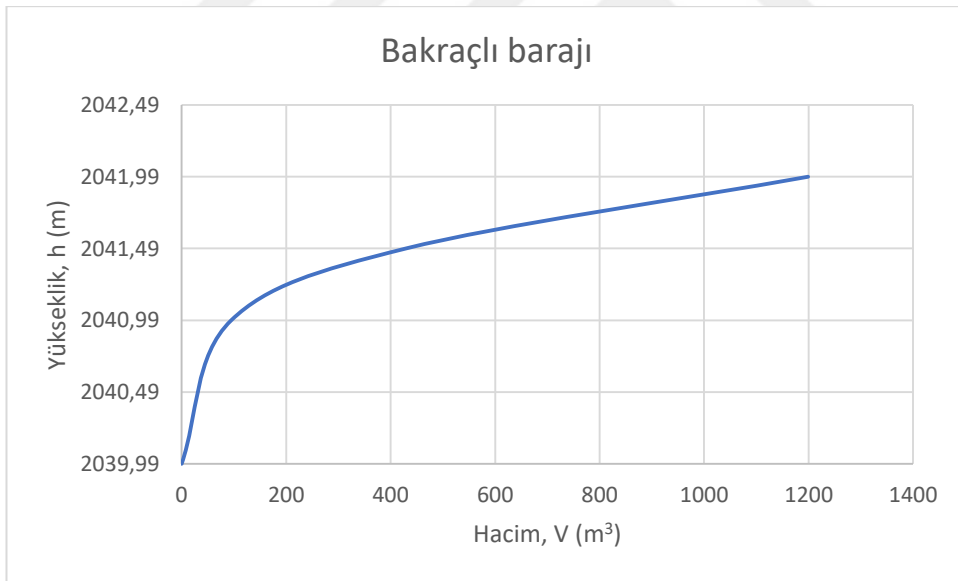
Şekil A.3 Argıt barajı kot alan grafiği



Şekil A.4 Argıt barajı kot hacim grafiği



Şekil A.5 Bakraçlı barajı kot alan grafiği



Şekil A.6 Bakraçlı barajı kot hacim grafiği



Şekil A.7 Gelincik barajı kot alan grafiği



Şekil A.8 Gelincik barajı kot hacim grafiği



Şekil A.9 Gövelek barajı kot alan grafiği



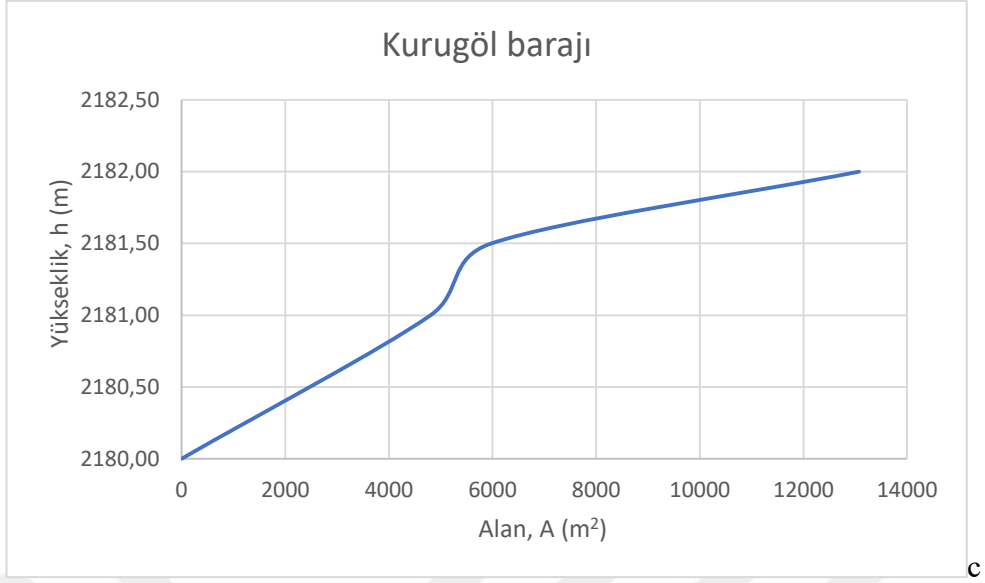
Şekil A.10 Gövelek barajı kot hacim grafiği



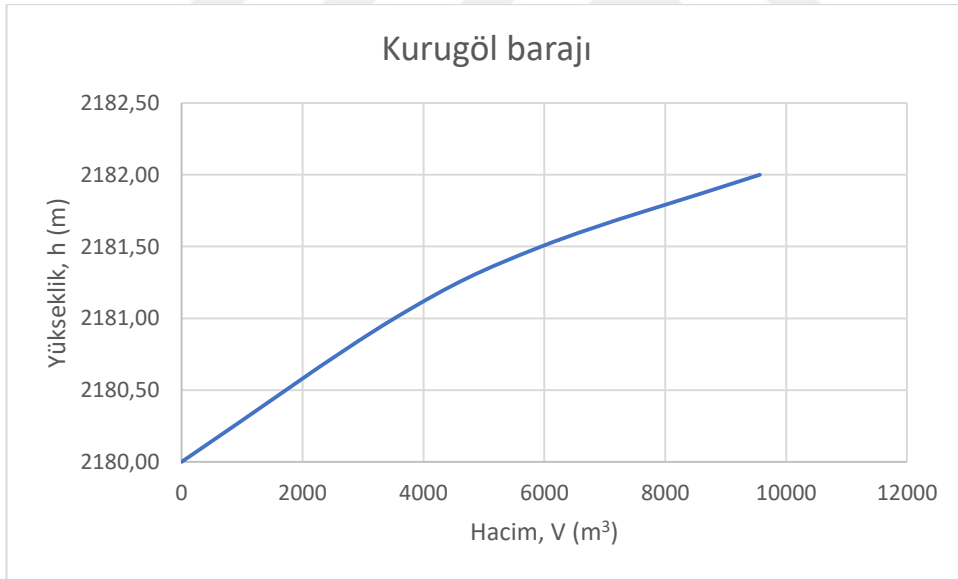
Şekil A.11 Keşiş barajı kot alan grafiği



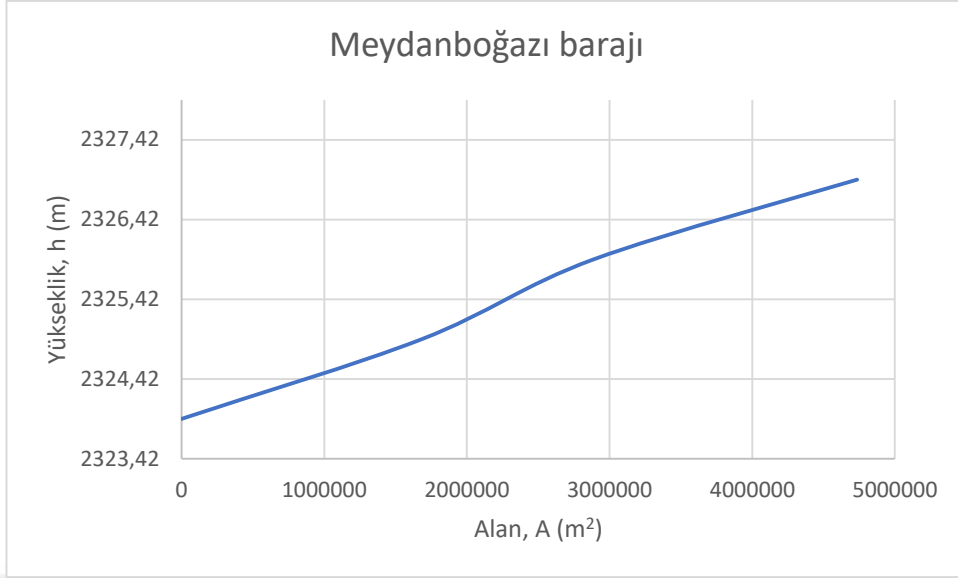
Şekil A.12 Keşiş barajı kot hacim grafiği



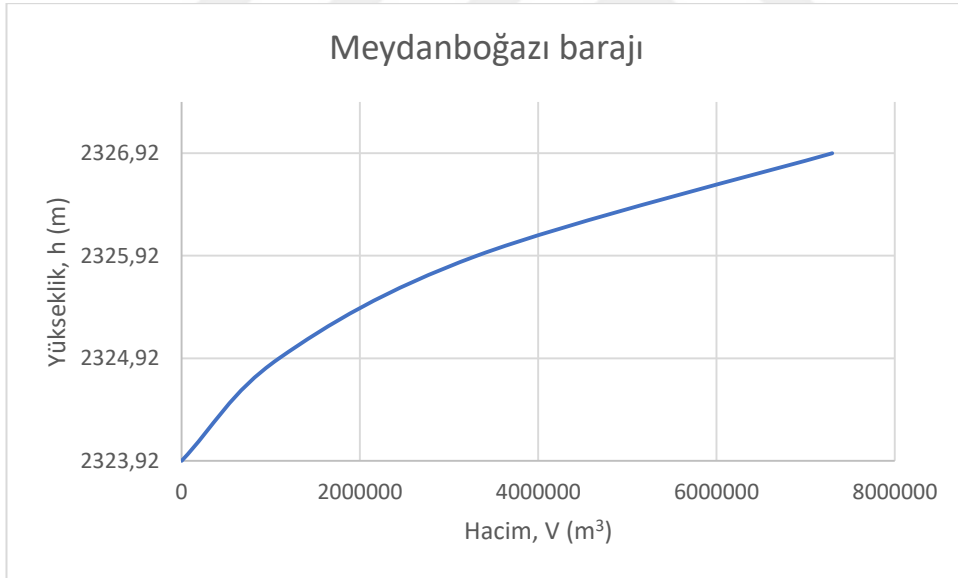
Şekil A.13 Kurugöl barajı kot alan grafiği



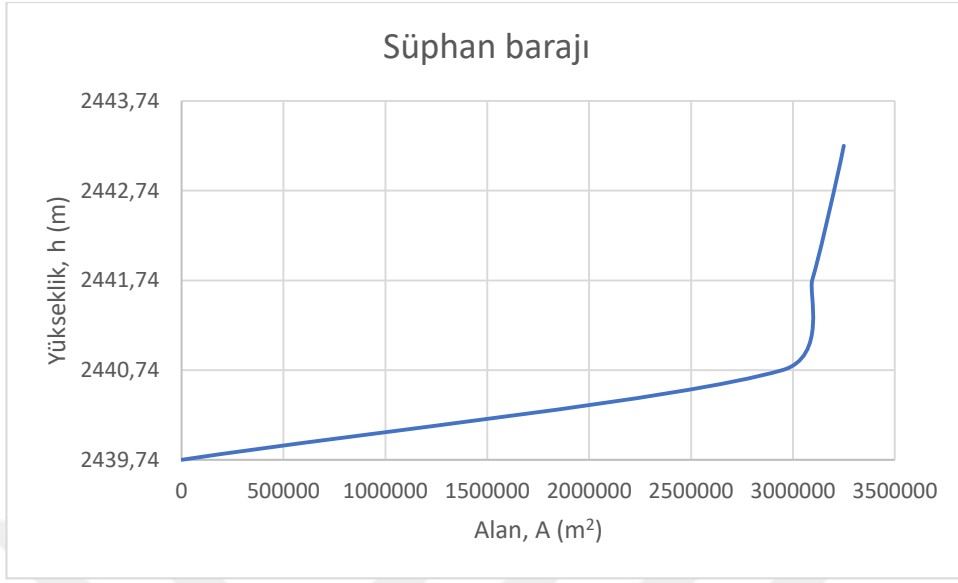
Şekil A.14 Kurugöl barajı kot hacim grafiği



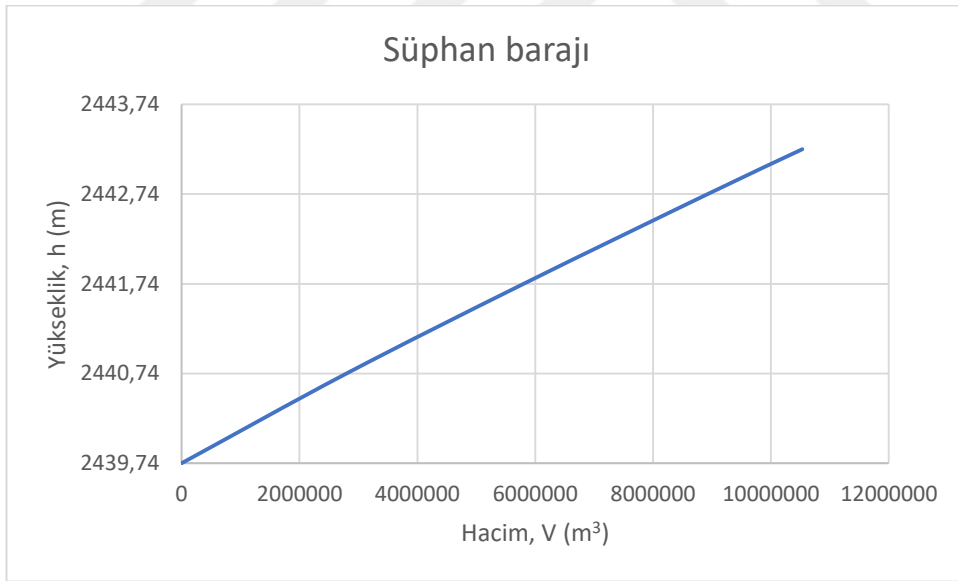
Şekil A.15 Meydanboğazı barajı kot alan grafiği



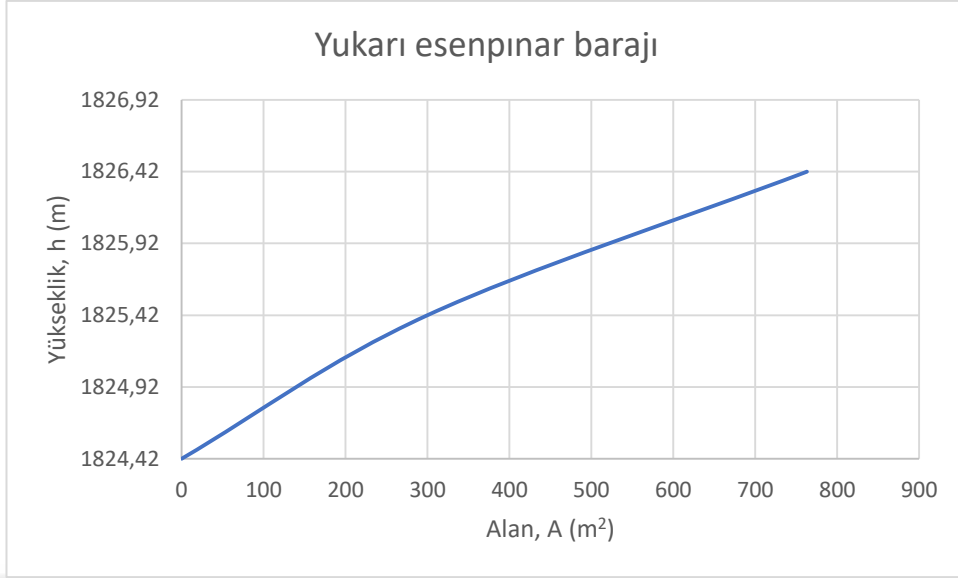
Şekil A.16 Meydanboğazı barajı kot hacim grafiği



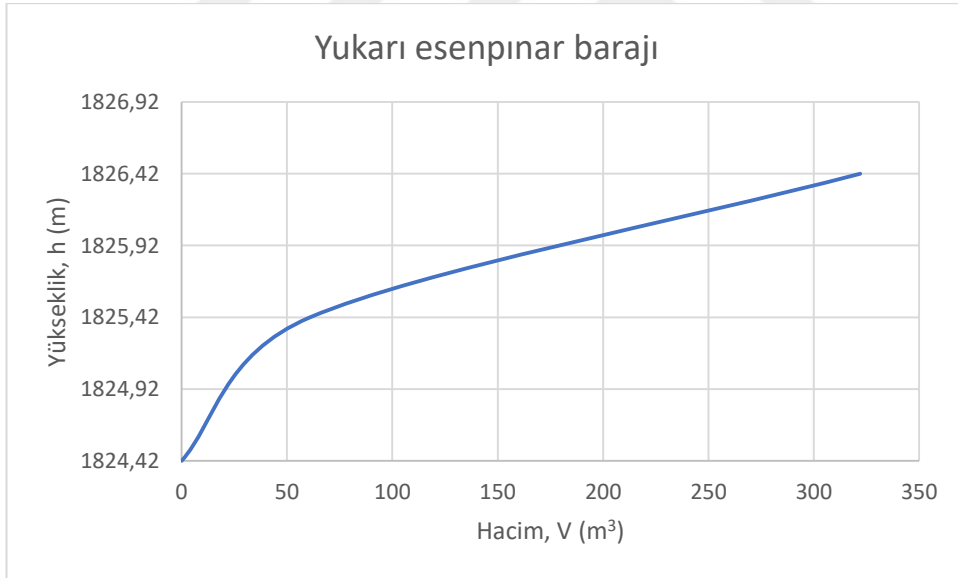
Şekil A.17 Süphan barajı kot alan grafiği



Şekil A.18 Süphan barajı kot hacim grafiği



Şekil A.19 Yukarı esenpınar barajı kot alan grafiği



Şekil A.20 Yukarı esenpınar barajı kot hacim grafiği