

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜZELHİSAR - İZMİR BARAJINDA SIZMA
KAYIPLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Doğan GÜNEY

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Hidrolik

Ağustos, 2011

MANİSA

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜZELHİSAR- İZMİR BARAJINDA SIZMA
KAYIPLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Doğan GÜNAY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24.08.2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 16.09.2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Tamer YILMAZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ahmet GÜZEL

Jüri Üyesi : Prof. Dr. M. Ali YURDASEV

Ağustos, 2011

MANİSA

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimden başlayarak özellikle yüksek lisans eğitimim süresince bana akademik ve mesleki anlamda önemli ölçüde yardımda bulunan, tezimin belirlenmesinde ve kurgusunun oluşturulmasında her türlü desteği veren danışman hocam, Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Tamer Yılmaz'a, teşekkürlerimi sunarım.

Doğan GÜNAY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
SEMBOL LİSTESİ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
KISALTMALAR LİSTESİ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
1. GİRİŞ	1
2. BARAJ HAZNESİNDE SIZMA KAYIPLARI	2
3. ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI VE ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ	3
3.1. Araştırma Alanının Tanımı	3
3.1.1. Baraj Yeri ve Barajın İnşa Amacı	3
3.1.2. Güzelhisar Barajı Bölgesinin Jeolojik Yapısı	3
3.1.3. Güzelhisar Barajı Özellikleri	3
3.1.4. Yağış, Buharlaşma ve Akım Gözlem İstasyonları	6
3.2. Araştırma Yöntemleri	8
3.2.1. Baraj Haznesine Giren ve Çıkan Akımlar	8
3.2.2. Baraj Haznesi Buharlaşma Kayıpları	8
3.2.3. Baraj Haznesine Düşen Yağış	8
3.2.4. Baraj Haznesinde Su Seviyesi Ölçümü	8
3.2.5. Baraj Haznesinde Aylık Sızma Kayıplarının Hesaplanması	16
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMASI	19
4.1. Hazneye Giren Su Hacmi	19
4.2. Hazneden Çıkan Su Hacmi	19
4.3. Hazneden Olan Aylık Sızma Kayıpları	23
4.3.1. Baraj Haznesinde Kot Pınarlaşma İlişkisi	38
4.3.2. Baraj Haznesinde Kot Sızma Kaybı İlişkisi	38
4.3.3. Baraj Haznesinde Kot Birim Yanal Alan Sızma Kaybı İlişkisi	42
4.3.4. Baraj Haznesinde Sızma Kayıplarının Analizi	42
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	49

SEMBOL LİSTESİ

E	Hazneden olan buharlaşma	(m ³)
F	Hazneden aylık sızma kaybı	(m ³)
N	Örnek eleman sayısı	
P	Hazneye düşen yağış	(m ³)
ΔS	Haznedeki aylık hacim değişikliği	(m ³)
Y	Hazneden çıkan su miktarı	(m ³)
X	Hazneye giren yerüstü su miktarı	(m ³)
F'	Haznedeki aylık sızma kaybı	(m ³ /m ²)
P _i	Aylık pınarlaşma miktarı	(m ³)
h	Su kotu	(m)
r	Hesaplanan korelasyon katsayısı	
sd	Serbestlik derecesi	
t	Hesaplanan t istatistiği değeri	
r _i	i anlamlılık düzeyindeki kritik korelasyon katsayısı	
t _i	i anlamlılık düzeyindeki kritik t istatistiği değeri	

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 3.1.	Güzelhisar Havzası ve Güzelhisar Barajı	4
Şekil 3.2.	Güzelhisar Barajı giren ve çıkan aylık ortalama akım değerleri	12
Şekil 3.3.	Güzelhisar Barajı'nda hazne yüzey alanı-kot ilişkisi	17
Şekil 3.4.	Güzelhisar Barajı'nda hazne hacmi-kot ilişkisi	18
Şekil 4.2.	Güzelhisar Barajı kot-sızma kaybı ilişkisi	41

ÇİZELGE LİSTESİ

		Sayfa No
Çizelge 3.1.	Güzelhisar Barajı özellikleri	5
Çizelge 3.2.	Güzelhisar Çayının aylık akımları	7
Çizelge 3.3.	Güzelhisar Barajı çıkış akımları	9
Çizelge 3.4.	Güzelhisar Barajı aybaşı su kotları	10
Çizelge 3.5.	Güzelhisar Barajı aylık ortalama su kotları	11
Çizelge 4.1.	Güzelhisar Barajı haznesine düşen yağışlar	20
Çizelge 4.2.	Güzelhisar Barajı toplam aylık giriş akımları	21
Çizelge 4.3.	Güzelhisar Barajı haznesinden olan aylık buharlaşma	22
Çizelge 4.4.	Güzelhisar Barajı'nda sızma kayıpları	25
Çizelge 4.5.	Güzelhisar Barajı'nda kot-sızma kaybı ilişkisi	40
Çizelge 4.6.	Güzelhisar Barajı'nda kot-birim alan sızma kaybı değerleri	44
Çizelge 4.7.	Bölge özellikleri ve t istatistiği	48

KISALTMALAR LİSTESİ

AGİ	Araştırma Gözlem İstasyonu
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GB	Güzelhisar Barajı

ÖZET

Bu çalışma ile Güzelhisar Barajı sızma kayıpları incelenmiştir. Bu amaçla 1990 - 2002 su yıllarına ait aylık yağış ve buharlaşma değerleri yanında hazneye aylık giren ve çıkan akım hacimleri kullanılmıştır.

Sızma kayıpları su dengesi denkleminde yararlanılarak aylık olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonunda hazne yanal yüzey alanı arttıkça sızma kayıplarının da arttığı belirlenmiştir. Sızma kayıplarının hangi kotlar arasında daha fazla ya da daha az olduğunu belirlemek amacı ile 10^6 m³/ay şeklinde hesaplanan sızma kayıpları, birim yanal alan sızma kaybı (m³/m²/ay) şeklinde ifade edilmiş ve bu değerler ile kot h(m) arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Araştırma sonunda, araştırma yıllarında 82,80 m – 105,14 m arasında değişen su kotu, 82,80 m – 96,24 m kotları arasında kaldığında sızma kayıplarının en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu kayıpların, 96,31 m ile 105,14 m arasında kalan yaklaşık 9 m'lik bölgedeki sızma kayıplarından farklı olup olmadığını saptamak için bu bölge 3 m'lik üç ayrı bölgeye ayrılmıştır. Bu üç bölge sızma kayıpları ile sızma kayıplarının yüksek olduğu 82,80 m – 96,24 m kotları arasındaki bölge sızma kayıpları istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda maksimum sızmanın birinci bölgede meydana geldiği ve istatistiksel olarak ikinci ve üçüncü bölge ile arasında fark bulunmadığı, dördüncü bölge ile %99 güven düzeyinde farklı olduğu sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Leakage losses from Güzelhisar Dam were investigated in this study. In this scope, monthly precipitation and evaporation values as well as monthly stream flow values into and out from the reservoir in the 1990-2002 water year were used.

Leakage losses were calculated monthly by the use of the water equilibrium equation. It was determined that the leakage losses increase by the increasing side surface area of the reservoir. In order to determine the water levels between which the occurrence of relatively more or less leakage losses take place, the leakage losses calculated in $10^6 \text{ m}^3/\text{month}$ units, were expressed as the unit side surface area leakage loss ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{month}$) and the relationship between these values and the water level $h(\text{m})$ was investigated.

As a result of this investigation, in the related years, when the water level which changes in the range 88,80 m – 105,14 m is found between 82,80 m – 96,24 m the leakage losses reach the maximum values. In order to find out whether these losses are different than the leakage losses in the 9 m high region between the 96,31 m – 105,14 m, this region was divided into three 3 m High subregions. These three regions are high leakage losses and lakeage losses 82,80 m – 96,24 m elevations of the region between the leakage occurred as a result of companing statistically. The maximum leakage occurred as a result of comparing the first region and the absence of statistical difference between the second and third region, the fourth region are found to be different with the %99 confidence level.

1- GİRİŞ

Barajlar, suyun depolanmasını sağlayan en önemli yapıların başında gelir. Bu yapılar taşkın koruma, sulama, enerji üretimi, içme ve kullanma suyu temini gibi çok amaçlı olarak inşa edilebilecekleri gibi sadece bir amaçlı olarak da inşa edilebilmektedir.

İçme ve kullanma suyu amaçlı inşa edilen bir barajdan alınıp yerleşim alanına iletilen suyun, toplum ihtiyacını yeterli düzeyde karşılaması ya da sulama amaçlı inşa edilen bir barajdan alınan suyun, sulama mevsimi boyunca ihtiyacı yine yeterli düzeyde karşılaması istenir.

Özellikle su miktarının sınırlı olduğu yörelerde, baraj haznesi ile yerleşim veya sulama alanı arasındaki su taşıyıcı yapılardaki kayıpların yanı sıra barajda depolanan suyun baraj haznesinden sızma yoluyla olan kayıplarının da minimum olması istenir. Baraj yerinde ve baraj gölündeki bazı kayaçların suya karşı hassas olmaları sonucu suda erimeleri, şişme ve kabarmaları ya da ayrışmaları göl sularının sızmasına kaçmasına neden olmaktadır. Yazın baraj göllerinde suların azalması, haznenin ve buradaki kayaçların kuruması, diğer taraftan kışın baraj gölünün dolması, kayaçların su ile dolgun hale gelmesi, hidrostatik basıncın artması, kayaçların su tutma özelliklerini ve basınç dayanımlarını azaltmaktadır. Bu nedenle barajın inşa edileceği yerin ve özellikle hazne alanının jeolojik yapısının baraj inşasına uygun olması gerekir. (Erguvanlı, 1995).

Jeolojik yapısı uygun olmayan yerlerde inşa edilen barajlarda, hazneye bir yılda gelen suyun %25-30 a varan kısmının sızma nedeniyle kaybolduğu belirlenmiştir (Ulugör, 1982). Nitekim Konya Bölgesi'nde inşa edilen baraj kaçaklarından Konya Ovası yer altı suyunun yıllık beslenmesi 162310^6 m^3 olarak hesaplanmıştır (Yılmaz, 1988).

İnşa edilen bir baraj haznesinden olan sızma kayıp ve kaçaklarının azaltılması ancak ilgili baraj üzerinde yapılan araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda alınacak Önlemlerle mümkündür. Bu araştırma, Güzelhisar Barajı'ndaki sızma kayıplarının miktarını tespit etmek ve kayıp su miktarının fazla olduğu yanal yüzey kotlarını belirlemek amacı ile yapılmıştır.

2- BARAJ HAZNESİNDE SIZMA KAYIPLARI

Baraj haznesinden olan sızma kayıpları iki grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi, hazne tabanı ve haznenin yanal yüzeylerinden hidrolik basınç altında infiltrasyon yolu ile derinlere sızarak yer altı suyuna karışan suların oluşturduğu kayıplardır. Bu şekilde olan sızma kayıpları başta zeminin cinsi (killi, kumlu vb.) olmak üzere; zemin yapısı, bitki örtüsü gibi faktörlerin etkisi altında değişik değerler alır. Barajlarda bu tür kayıplar küçük olmaları sebebiyle ihmal edilebilir (Bayazıt ve ark., 1982).

Ancak ikici grupta yer alan kayıplar baraj yerinin jeolojik yapısında bulunan çatlak ve düdenlerden (Düden; kireçli bölgelerde kirecin erimesi ya da yeraltındaki karstlı bir çukur tavanının çökmesiyle oluşan doğal kuyu) kaynaklanan kayıplar olup, hidrolik basınç altında artarak büyük değerlere ulaşabilmektedir.

Baraj haznesinden suların kaybolmasına en iyi örneklerden biri Konya kapalı havzasındaki May Barajı'dır. Sulama ve taşkın kontrolü amacıyla 1959 yılında inşa edilen bu barajda 1960 yılı Şubat ayında su tutulmaya başlanmıştır. Ancak barajda 1960 yılı Nisan ayında hazne su kotunda düşme görülmüş ve Haziran ayında haznede hiç su kalmamıştır. Bu durum karşısında yapılan araştırmalar sonucu hazne tabanındaki alüvyonlarda yuvarlak ve elips şekilli, değişik çaplı, dik kenarlı 30 kadar çukur görülmüş ve suların buralardan kaybolduğu anlaşılmıştır (Erguvanlı, 1995).

3- ARAŞTIRMA ALANININ TANIMI VE ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

3.1- Araştırma Alanının Tanımı

3.1.1- Baraj Yeri ve Barajın İnşa Amacı

Güzelhisar Baraj yeri, Güzelhisar çayı üzerinde Aliağa İlçesinin 12 km doğusunda, Fırınlık tepe ile Antiktaş Tepesi arasındadır (Şekil 3.1). Türkiye'nin batısında yer alan Güzelhisar Havzası kuzeyden Bakırçay Havzası, güney ve doğudan Gediz Havzası ve batıdan Ege Denizi ile çevrilidir. Havzanın tek akarsuyu Güzelhisar Çayı olup denize döküldüğü noktada drenaj alanı 560km².

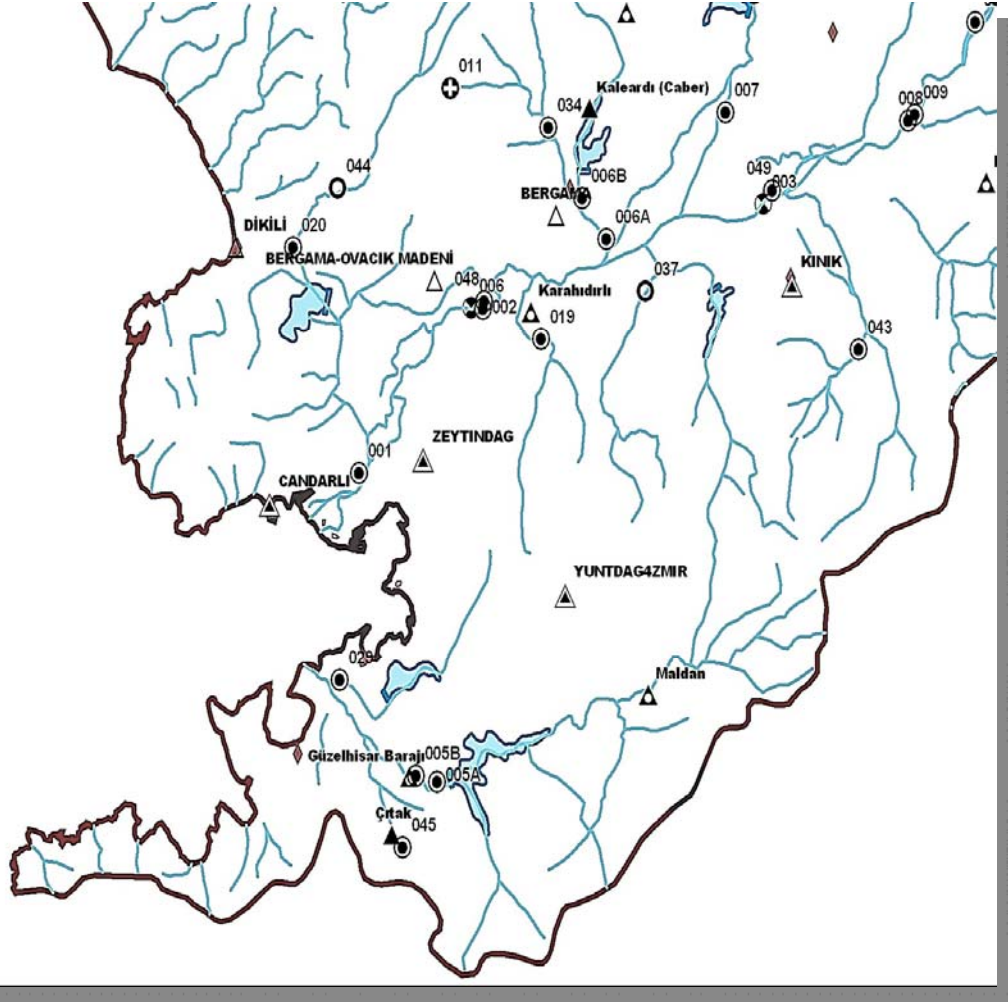
Güzelhisar Çayı üzerinde, önceleri Güzelhisar ve Menemen sağ sahil ovalarını sulamak amacı ile bir baraj inşası düşünülmüştür. Ancak son yıllarda gerek İzmir şehrinin içme suyu ihtiyacının artması ve gerekse civarda endüstri tesislerinin hızla gelişmesiyle, bu baraj içme ve endüstri suyu temini amacı ile inşa edilmiştir (DSİ, 1969).

3.1.2- Güzelhisar Barajı Bölgesinin Jeolojik Yapısı

Baraj bölgesinde toprak alüvyal ve kollovil topraklar grubundandır. Toprakların rengi koyu kahverengidir. Etüt alanı toprakları genellikle üst topraklar granüler, alt topraklar blok ve yapısızdır. Etüd alanı toprakları genellikle ağır, orta ve hafif bünyelidir (DSİ, 1969).

3.1.3- Güzelhisar Barajı Özellikleri

Aliağa ilçe merkezinin 12 km doğusunda Güzelhisar çayı üzerinde bulunan baraj, PETKİM petrokimya tesislerinin ihtiyacı olan sanayi suyunu karşılama amacı ile yapılmıştır. Projesi ve inşaatı Devlet Su İşlerince yapılan baraj, inşaatına 1975 yılında başlanmış olup 1982 yılında tamamlanarak PETKİM tesislerine su vermeye başlamıştır. PETKİM ile DSİ arasında barajdaki su kullanımını düzenleyen bir protokole göre Aliağa Belediyesi PETKİM tesisleri içinde bulunan ve 1993 yılında İller Bankasınca yapılan içme suyu arıtma tesislerinden Aliağa Beldesine içme suyu almaktadır. İçme suyu arıtma tesisi 2006 yılında İZSU Genel Müdürlüğüne devredilmiştir.



Şekil 3.1- Güzelhisar Havzası ve Güzelhisar Barajı

Toprak ve kaya gövde dolgu tipi olan baraj 71 m. yüksekliğinde, 116.7310^6 m^3 depolama hacmine sahip, yılda 73.71310^6 m^3 su regüle edebilmekte ve bu surette devamlı olarak $2.34 \text{ m}^3/\text{sn}$ su verebilmektedir (DSİ, 1969).

Barajın diğer özellikleri Çizelge 3.1 de gösterilmiştir (DSİ, 1969).

Çizelge 3.1- Güzelhisar Barajı özellikleri

BARAJ/GÖLET ADI	GÜZELHİSAR BARAJI					
BÖLGESİ	DSİ II. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ					
HAVZASI	BAKIRÇAY HAVZASI					
AKARSUYUN ADI	Güzelhisar Çayı					
TİPİ	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu					
AMACI	Sanayi suyu temini					
İŞLETMEYE AÇILIŞ TARİHİ	06.08.1982	SULAMA ALANI (Planlanan)		yok	ha	
YAĞIŞ ALANI	450	km^2	SULAMA ALANI (Net)		yok	ha
YILLIK ORTALAMA AKIM	115,00	hm^3	İÇME VE KULLANMA SUYU		73,71	$\text{hm}^3/\text{yıl}$
YILLIK ORTALAMA YAĞIŞ	574	mm/yıl	YILLIK ORT. ENERJİ ÜRETİMİ (Plan)		yok	Gwh/yıl
AKTİF HACİM	145,00	hm^3	YILLIK ORT. ENERJİ ÜRETİMİ (Fiili)		yok	Gwh/yıl
MAX İŞLETME KOTU	107,00	m	KURULU GÜÇ		yok	MW
MİN İŞLETME KOTU	63,00	m	TÜRBİN ADEDİ		yok	adet
MAX İŞLETME HACMİ	155,35	hm^3	SANTRAL KAPASİTESİ		yok	m^3/s
MİN İŞLETME HACMİ	11,96	hm^3	TAŞKINDAN KORUNAN ALAN		yok	ha
DOLUSAVAK KAPAK ADEDİ	7 (7,5x9,0)	adet	MAX FEYEZAN KOTU		107,00	m
DOLUSAVAK MAX KAPASİTESİ	2550,00	m^3/s	MAX YATAK KAPASİTESİ		2850,00	m^3/s
DOLUSAVAK EŞİK KOTU	95,50	m	TAŞKIN TEKERRÜR PİKİ (m^3/s)			
DOLUSAVAK KRET KOTU	98,50	m	Q_5	563	Q_{100}	1224
DİPSAVAK KAPASİTESİ	96,00	m^3/s	Q_{10}	706	Q_{1000}	2009
DİPSAVAK ÇIKIŞ KOTU	27,50	m	Q_{25}	930	Q_{5000}	2095,8
SULAMA MODULÜ (Planlama)	0,66	l/s/ha	Q_{50}	1077	Q_{10000}	2658

3.1.4- Yağış, Buharlaşma ve Akım Gözlem İstasyonları

Sızma kayıplarının hesaplanmasında kullanılan giren akım değerleri DSİ Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü işletme raporlarından alınmıştır. Şekil 3.1 incelendiğinde Güzelhisar Deresi üzerinde 04-05/A ve 04-05/B numaralı iki tane gözlem istasyonu görülmektedir. Fakat şekil güncel olup çalışma yılları içerisinde istasyonlar faaliyette bulunmadıkları için değerler işletme raporlarından alınmıştır.

Baraj haznesine düşen yağış ve baraj haznesinden olan buharlaşma değerleri 04-018 nolu baraj meteoroloji istasyonundan alınmıştır.

Hazneden çıkan akımlar; içme ve sanayi suyu ile zaman zaman savaklanan akımlardan oluşmuştur. Bu değerler DSİ 2. Bölge Müdürlüğü'nde bulunan "Güzelhisar Barajı Aylık Su Raporları"ndan alınmıştır. Bu çalışmada 1990 – 2002 yılları arasındaki 13 su yılı değerleri kullanılmıştır. Çizelge 3.2 de Güzelhisar Barajına giren aylık su miktarları verilmiştir.

Çizelge 3.2 – Güzelhisar Barajı'na Dökülen Güzelhisar Çayının aylık akımları (10^6m^3)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam	Ort.
1990	0,65	2,47	21,6	1,45	4,38	1,11	0,88	0,65	1,42	3,31	0,63	0,00	38,57	3,21
1991	0,02	0,51	9,38	6,60	2,38	1,83	1,68	5,55	0,76	0,00	1,30	1,25	31,26	2,60
1992	0,97	0,71	1,15	0,94	0,85	2,07	1,10	1,07	1,32	0,43	0,00	0,41	11,02	0,92
1993	0,00	1,53	10,08	4,57	26,55	15,16	5,99	0,78	0,97	0,00	0,12	0,00	65,75	5,48
1994	0,07	0,66	6,52	1,97	3,68	7,91	1,56	0,74	0,00	2,25	0,36	0,06	25,78	2,15
1995	0,78	3,17	10,27	20,10	31,84	30,81	6,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103,67	8,64
1996	0,00	4,77	9,35	1,07	27,55	5,01	6,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,12	4,51
1997	0,00	0,00	3,96	13,94	0,00	6,58	17,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,39	3,53
1998	1,70	3,86	56,36	9,18	2,74	8,18	1,66	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	89,34	7,45
1999	0,35	8,15	5,18	0,97	0,00	20,17	6,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,64	3,47
2000	0,05	2,78	9,52	12,71	22,80	10,54	6,46	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	64,92	5,41
2001	0,00	0,72	0,00	2,22	9,13	0,13	1,08	0,80	0,36	0,00	0,00	0,00	14,44	1,20
2002	0,00	8,99	57,79	53,15	4,13	8,99	10,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	144,03	12,00

3.2- Araştırma Yöntemleri

3.2.1- Baraj Haznesine Giren ve Çıkan Akımlar

Baraj haznesine giren akım değerleri araştırma yılları için Çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

Baraj haznesinden çıkan akımlar ise içme ve sanayi suyu ile zaman zaman savaklanan akımlardan oluşmuştur (Çizelge 3.3).

Hesap yıllarına ait toplam çekilen akım ile giren akım değerleri olarak Şekil 3.2 gösterilmiştir.

3.2.2- Baraj Haznesi Buharlaşma Kayıpları

Buharlaşma miktarlarının hesaplanması için baraj meteoroloji istasyonunda bulunan Class A Pan tipi buharlaşma tavaından faydalanılmıştır. Bu ölçümlerin hazne yüzeyinden olan buharlaşmayı daha iyi ifade edebilmesi için ölçüm değerleri 0,7 düzeltme katsayısı ile çarpılmış ve günlük değerler toplanarak birim hazne yüzey alanındaki aylık toplam buharlaşma miktarı (mm) elde edilmiştir. Bulunan bu değerler de hazne yüzey alanı ile çarpılarak göl yüzeyinden olan aylık buharlaşma m^3 cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.3- Baraj Haznesi Düşen Yağış

Baraj bölgesine düşen yağış baraj meteoroloji istasyonunda ölçülmüştür. Baraj meteoroloji istasyonunda ölçülen aylık toplam yağış değerleri (mm) hazne yüzey alanı ile çarpılarak m^3 cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4- Baraj Haznesinde Su Seviyesi Ölçülmesi

Baraj haznesinde, hazne su seviyesi ölçümleri baraj gölü rasat istasyonunda bulunan eşel - limnigraf ile ölçülmüştür.

Araştırma yılları (1990-2002) aylarına ait aybaşı su kotları Çizelge 3.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 – 1990-2002 su yılları Güzelhisar Barajı çıkış akımları (10^6m^3)

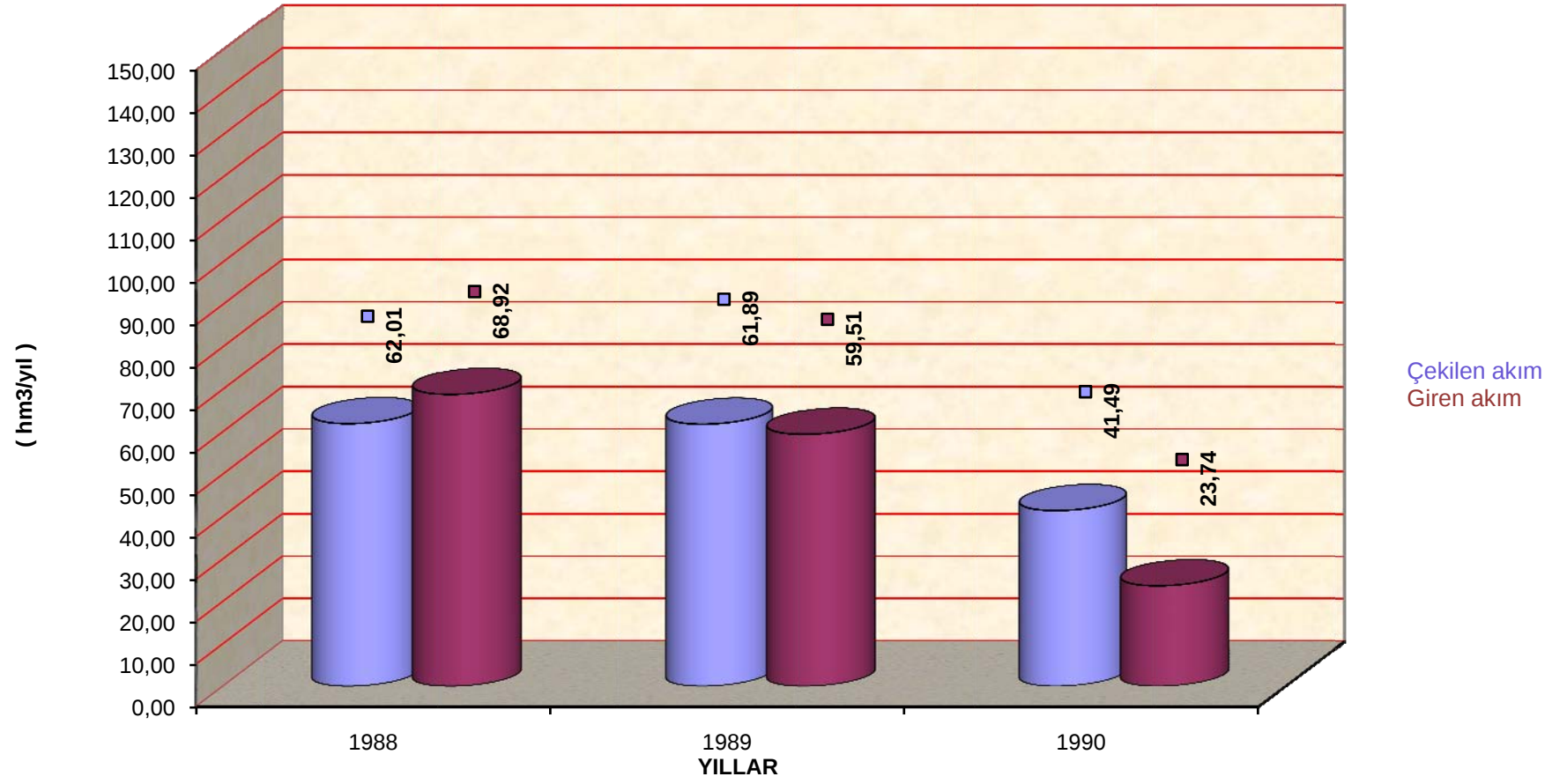
Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
1990	2,90	2,75	2,71	2,47	2,30	2,61	2,63	2,71	3,22	4,09	2,89	3,48	34,76
1991	2,81	2,77	2,77	2,71	2,68	2,74	2,69	2,67	2,73	3,44	6,51	3,88	38,40
1992	2,70	2,23	2,49	3,15	2,81	2,53	2,18	2,61	2,66	3,23	4,86	2,65	34,10
1993	2,74	2,72	2,67	2,46	2,91	2,39	2,32	2,45	3,70	3,59	3,97	3,12	35,04
1994	2,81	2,47	2,63	2,68	2,59	2,66	2,61	2,92	4,32	4,10	4,20	2,95	36,94
1995	3,49	2,45	2,43	2,59	2,31	2,43	2,48	3,03	3,48	4,30	4,54	3,16	36,69
1996	4,36	3,71	3,75	2,55	15,24	2,38	2,48	3,08	4,35	4,72	4,85	3,68	55,15
1997	3,95	3,67	3,98	3,34	3,67	3,65	3,82	4,36	4,07	5,56	5,36	4,75	50,18
1998	3,98	3,76	3,63	3,59	2,54	3,18	3,53	3,56	3,79	5,86	6,06	3,86	47,34
1999	3,63	3,30	3,36	3,50	3,20	8,81	2,88	4,31	4,52	4,73	5,49	4,07	51,80
2000	2,97	2,36	2,37	3,30	3,02	3,30	3,21	3,32	3,86	5,19	4,50	3,35	40,75
2001	3,07	2,45	2,52	2,30	2,07	2,51	2,44	2,63	2,92	4,75	4,98	2,83	35,47
2002	2,63	2,48	16,36	57,38	6,65	2,51	2,50	3,06	3,40	4,62	4,71	2,80	109,10
Top.	42,04	37,12	51,67	92,02	51,99	41,70	35,77	40,71	47,02	58,18	62,92	44,58	605,72
Ort.	3,24	2,85	3,97	7,08	3,99	3,21	2,75	3,13	3,62	4,48	4,84	3,43	46,59

Çizelge 3.4 – 1990-2002 su yılları Güzelhisar Barajı aybaşı su kotları (m)

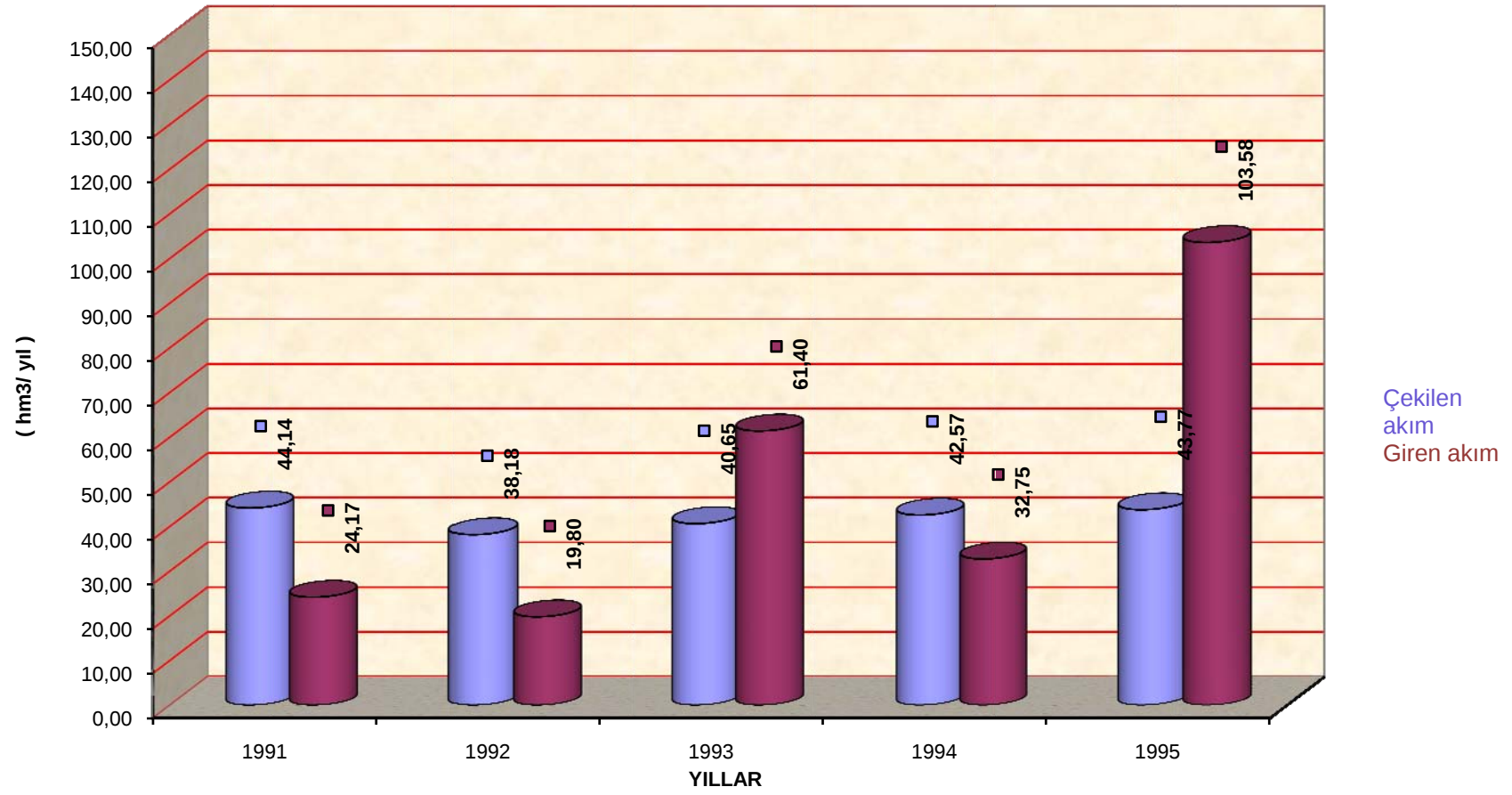
Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1990	94,90	94,08	93,48	99,00	98,76	99,20	98,79	98,32	97,72	97,12	96,68	95,94
1991	91,64	91,06	90,46	95,05	95,92	95,82	95,55	95,24	95,79	95,13	93,97	92,46
1992	83,26	82,34	82,02	90,00	89,38	88,82	88,64	88,26	87,66	87,06	85,97	84,18
1993	91,07	90,24	89,62	84,56	85,20	91,90	94,98	95,74	95,23	94,37	93,25	92,02
1994	86,18	85,46	85,63	90,64	90,42	90,68	91,98	91,60	90,87	89,98	88,62	87,24
1995	101,00	100,20	100,64	87,89	92,60	99,32	104,80	105,48	104,76	103,90	102,86	101,76
1996	99,98	99,00	98,16	101,98	101,67	104,00	104,44	105,08	104,24	103,20	102,04	100,86
1997	97,01	96,45	96,45	98,17	100,37	99,58	100,15	102,88	101,89	100,90	99,52	98,20
1998	97,77	98,94	99,79	104,77	103,79	103,79	104,66	104,24	104,55	103,66	102,26	100,70
1999	95,94	95,03	94,86	101,10	95,55	93,85	101,13	101,82	100,80	98,68	98,40	96,95
2000	98,98	98,26	97,86	96,25	98,13	102,16	103,49	104,01	103,24	102,27	101,07	98,84
2001	92,84	94,95	93,54	97,30	97,25	98,74	98,14	97,76	97,23	96,44	95,10	93,63
2002	99,44	98,79	100,73	102,62	101,79	101,29	102,50	103,91	103,18	102,31	101,17	100,01

Çizelge 3.5 – 1990-2002 su yılları Güzelhisar Barajı aylık ortalama su kotları (m)

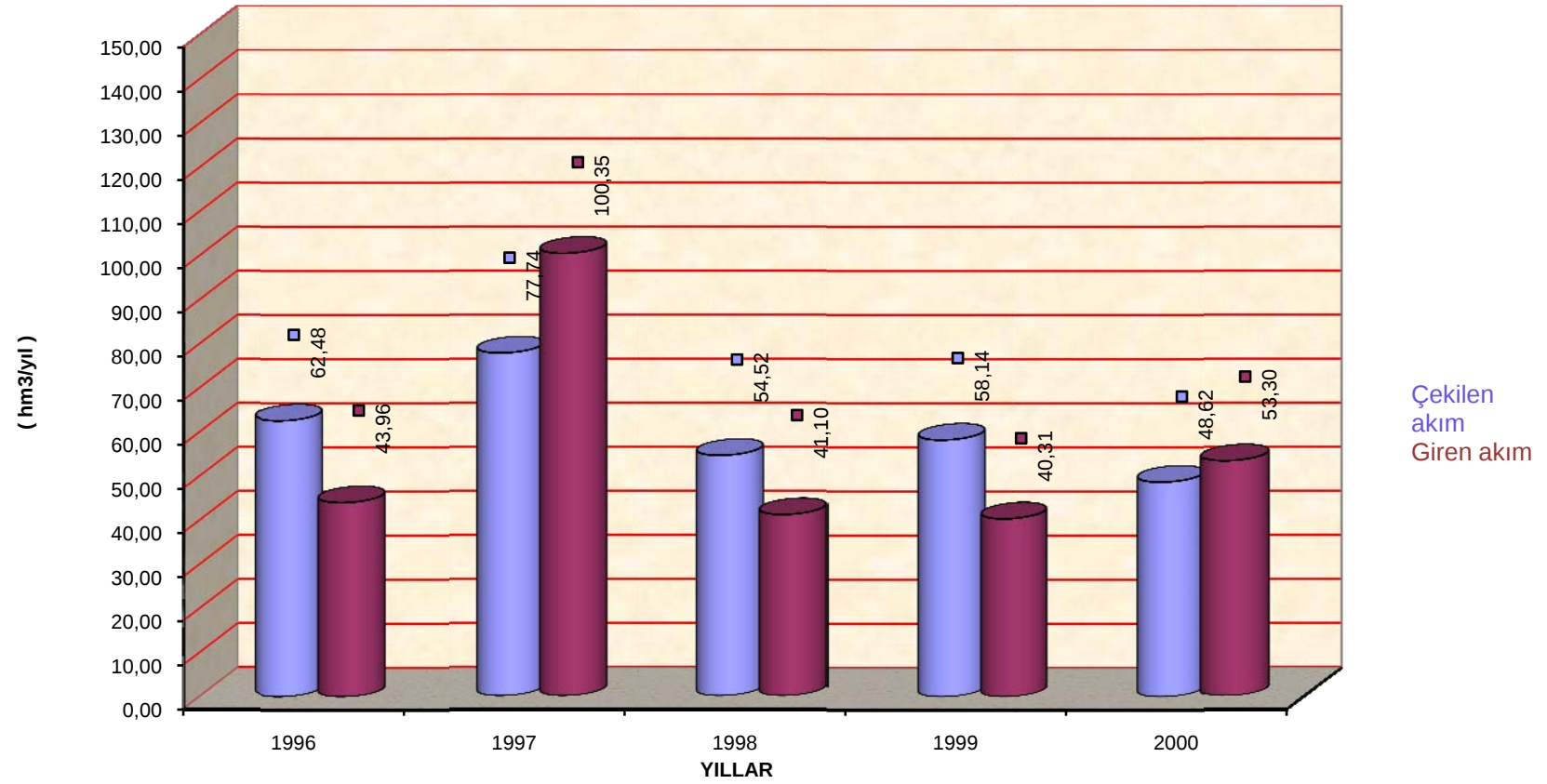
Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1990	94,49	93,78	96,24	98,88	98,98	98,99	98,55	98,02	97,42	96,90	96,31	93,79
1991	91,35	90,76	92,75	95,49	95,87	95,69	95,40	95,52	95,46	94,55	93,22	87,86
1992	82,80	82,18	86,01	89,69	89,10	88,73	88,45	87,96	87,36	86,52	85,08	87,63
1993	90,66	89,93	87,09	84,88	88,55	93,44	95,36	95,49	94,80	93,81	92,64	89,10
1994	85,82	85,55	88,14	90,53	90,55	91,33	91,79	91,24	90,43	89,30	87,93	94,12
1995	100,60	100,42	94,27	95,96	95,96	102,06	105,14	105,12	104,33	103,38	102,31	100,87
1996	99,49	98,58	100,07	101,83	102,84	104,22	104,76	104,66	103,72	102,62	101,45	98,94
1997	96,73	96,45	97,31	99,27	99,98	99,87	101,52	102,39	101,40	100,21	98,86	97,99
1998	98,36	99,37	102,28	104,28	103,79	104,23	104,45	104,40	104,11	102,96	101,48	98,32
1999	95,49	94,95	97,98	98,33	94,70	97,49	101,48	101,31	99,74	98,54	97,53	97,97
2000	98,62	98,06	97,06	97,19	100,15	102,83	103,75	103,63	102,76	101,67	89,96	95,84
2001	93,90	94,25	95,42	97,28	98,00	98,44	97,95	97,50	96,84	95,77	94,37	96,54
2002	99,12	99,76	101,68	102,21	101,54	101,90	103,21	103,55	102,75	101,74	100,59	100,47



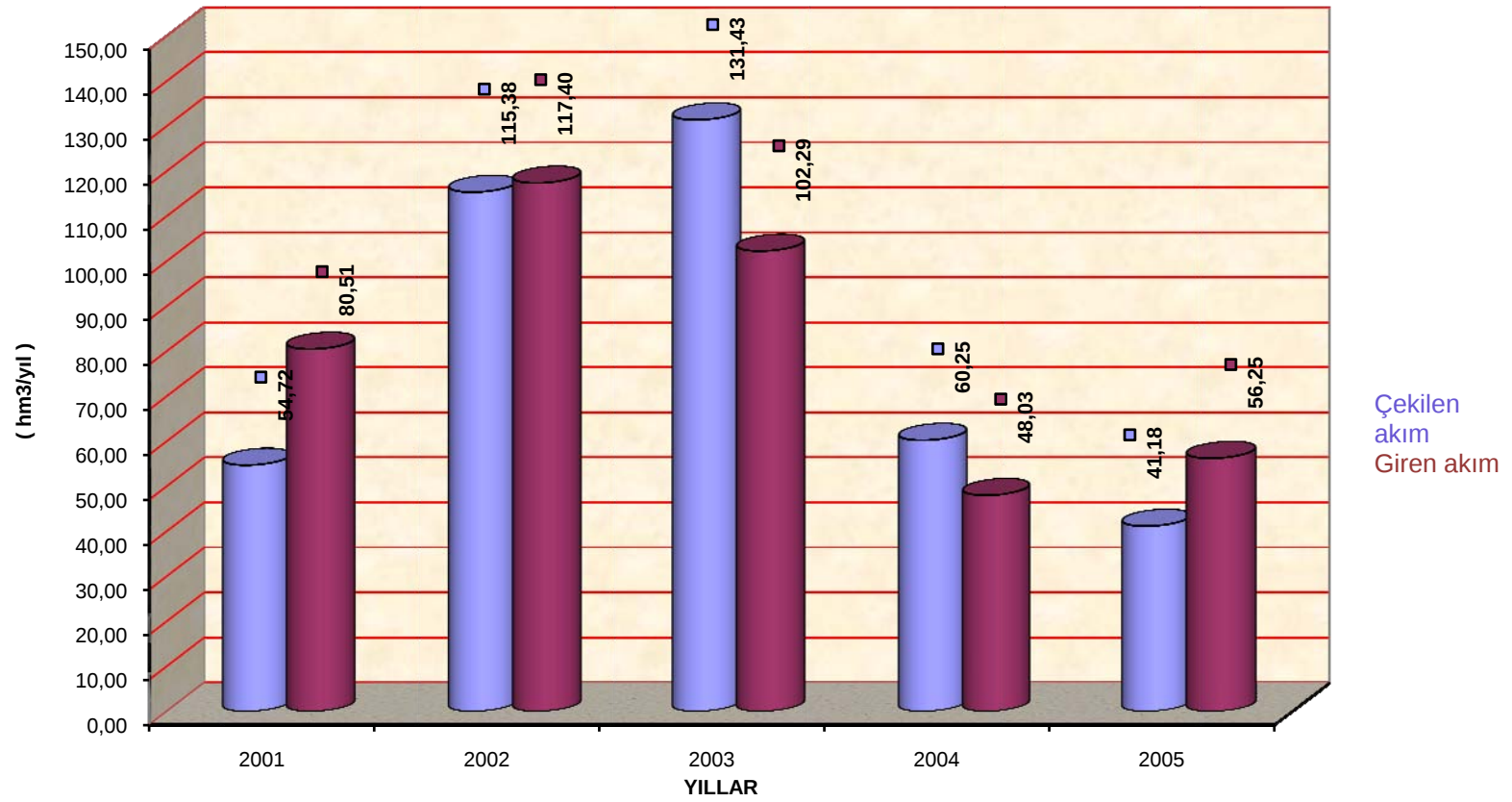
Şekil 3.2- Güzelhisar Barajı giren ve çekilen aylık ortalama akım değerleri



Şekil 3.2- Güzelhisar Barajı giren ve çekilen aylık ortalama akım değerleri (Devamı)



Şekil 3.2- Güzelhisar Barajı giren ve çekilen aylık ortalama akım değerleri (Devamı)



Şekil 3.2- Güzelhisar Barajı giren ve çekilen aylık ortalama akım değerleri (Devamı)

Barajlarda çeşitli su kotlarındaki hazne hacmi ve hazne yüzey alanı değerleri, ilgili baraj için hazırlanan kot-hacim-alan eğrilerinden yararlanılarak belirlenir. Fakat bu eğrilerle yapılan okumalar, gerçek değerlerden sapma gösterebilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada; Güzelhisar Barajı için hazırlanmış kot-hacim-alan eğrilerinin hazırlanmasında kullanılan sayısal değerlerden faydalanılmıştır. Güzelhisar Barajı kot-hazne yüzey alanı ilişkisi Şekil 3.3 de, kot-hazne hacmi ilişkisi ise Şekil 3.4 de gösterilmiştir.

3.2.5- Baraj Haznesinde Aylık Sızma Kayıplarının Hesaplanması

Baraj haznesinde olan aylık sızma kayıpları su dengesi denkleminde yararlanılarak 13 yıl (1990-2002) için hesaplanmıştır.

$(X+P) - (F+E+Y) \pm \Delta S = 0$ şeklinde verilen su dengesi denklemi sızma kayıplarını verecek şekilde düzenlendiğinde; $F = X + P - E - Y - (\pm \Delta S)$ şeklini almaktadır.

Bu eşitlikte;

F = Haznedeki sızma kaybı (m^3)

X = Hazneye giren yerüstü suları (m^3)

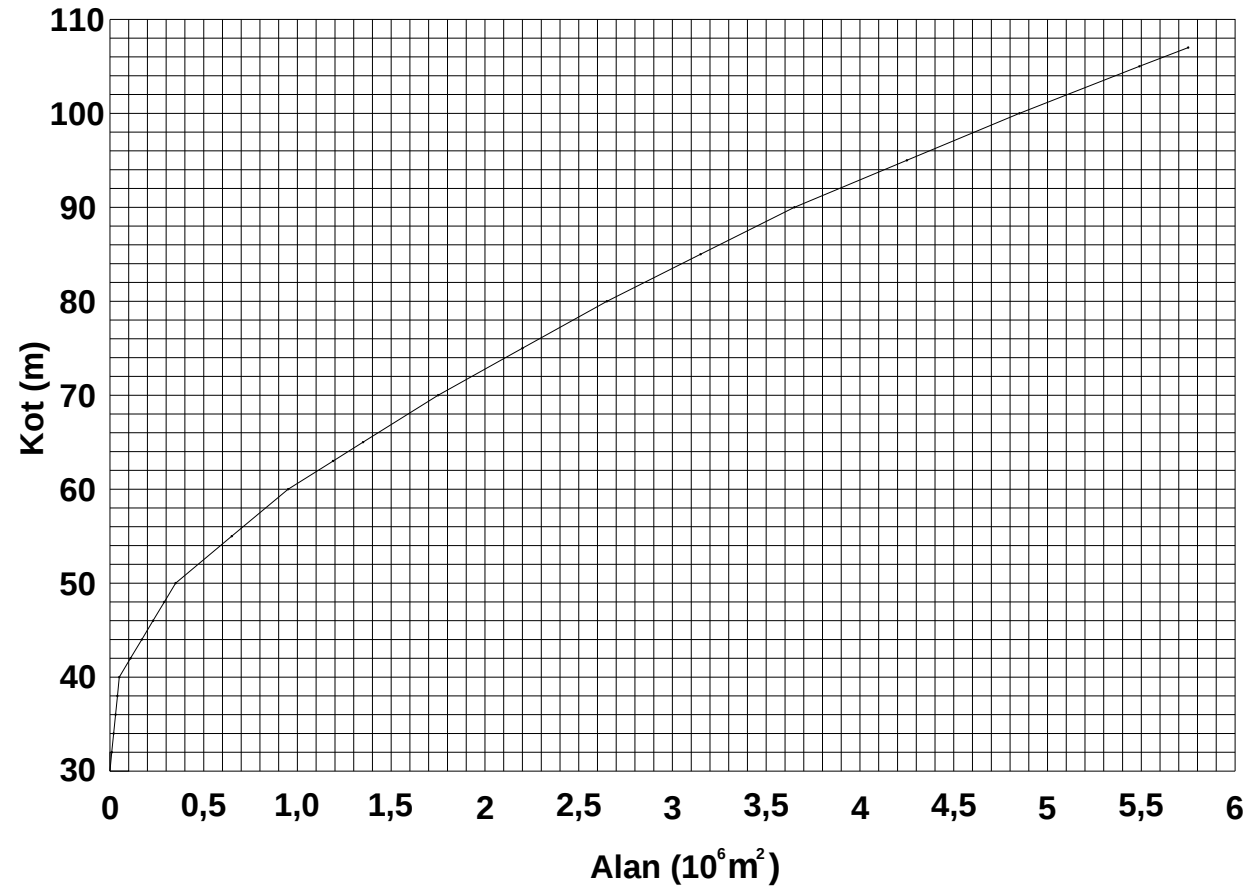
P = Hazneye düşen yağış (m^3)

E = Hazneden olan buharlaşma (m^3)

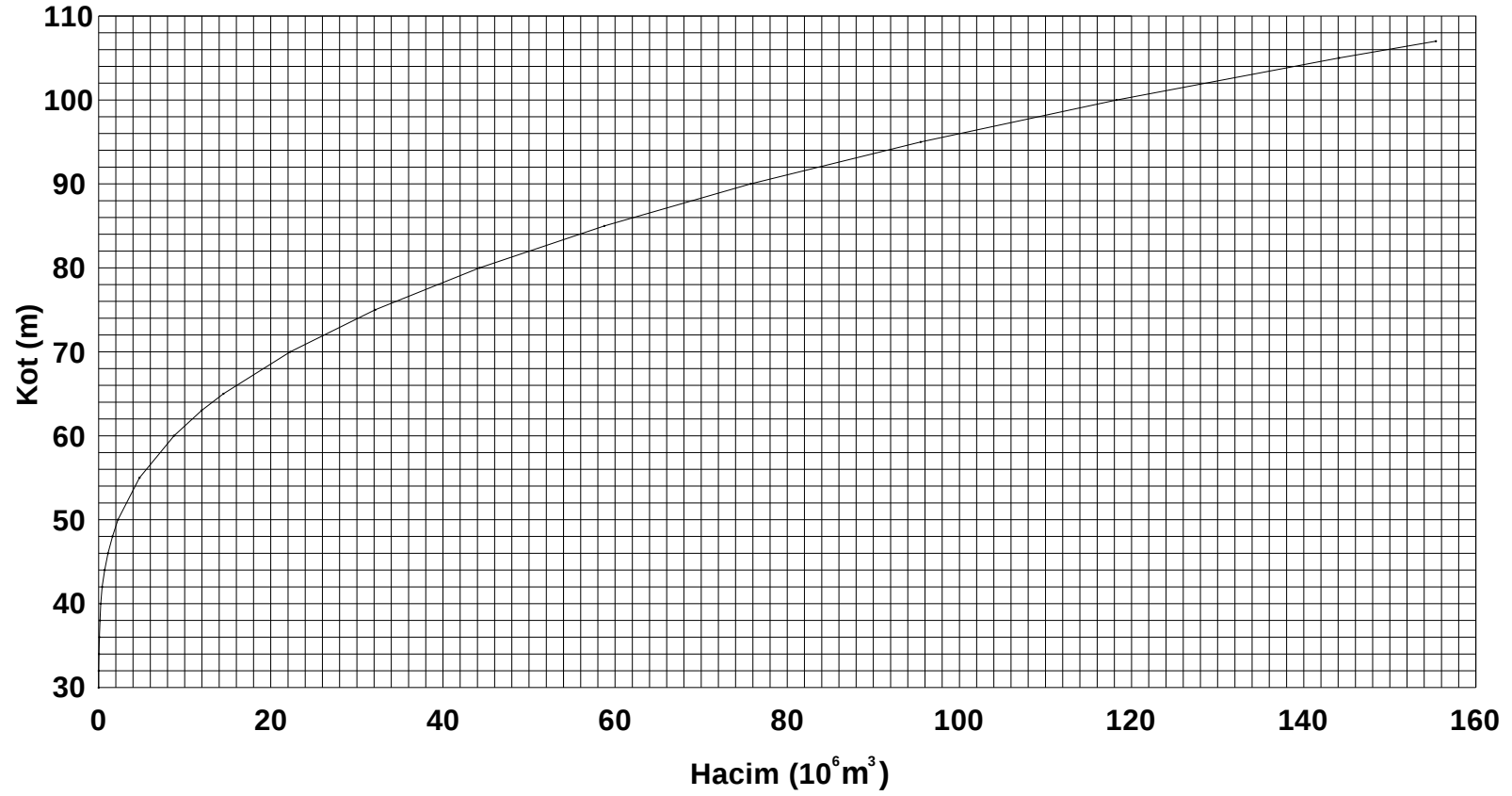
Y = Hazneden çıkan sular (m^3)

ΔS = Haznenin aylık hacim değişikliği ($\pm m^3$)

(+) Artan hacim, (-) Eksilen hacmi göstermektedir.



Şekil 3.3- Güzelhisar Barajı'nda hazne yüzey alanı – kot ilişkisi



Şekil 3.4- Güzelhisar Barajı'nda hazne hacmi – kot ilişkisi

4- ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMASI

4.1- Hazneye Giren Su Hacmi

Hazneye giren su hacmi, baraşa giren akarsuyun akışı ile hazne üzerine düşen yağış bileşenlerinden oluşmaktadır.

1990 – 2002 yılları arasında hazneye düşen yağışlar Çizelge 4.1 de, aynı yıllar arasında hazneye dökülen akarsuyun toplam aylık giriş akım değerleri Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 in incelenmesinden anlaşılacağı gibi; araştırma süresince baraj bölgesine düşen aylık yağış toplamı 348,0 mm ile 811,5 mm arasında değişmiştir. Bölgeye yağışlar daha çok Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında düşmektedir.

Yağışlar yıllara göre incelendiğinde yıllık yağışın 1992 yılında 348,0 mm ile en düşük, 1998 yılında 811,5 mm ile en yüksek değere ulaştığı, diğer yıllarda bu iki değer arasında kaldığı görülmektedir.

Aylık akışların verildiği Çizelge 4.2 den, araştırma alanında Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları akışları yüksek değerlere ulaşırken yılın diğer aylarında daha düşük kaldığı anlaşılmaktadır.

Bu farklılığın oluşmasında yağışların etkisinin büyük olduğu söylenebilir. Nitekim araştırma yıllarında en düşük aylık akış ortalaması $0,18310^6 \text{ m}^3$ ile Ağustos ayında gözlenirken en büyük akış ortalaması $15,47310^6 \text{ m}^3$ ile Aralık ayında gözlenmiştir. Diğer yılların akış hacimleri bu değerler arasında değişmiştir.

4.2- Hazneden Çıkan Su Hacmi

Hazneden çıkan suyun üç bileşeni vardır. Bunlar;

- 1- Hazne yüzeyinden olan buharlaşma.
- 2- Hazneden çekilen sular.
- 3- Sızma kayıpları

Hazne yüzeyinden buharlaşma yolu ile oluşan kayıplar önceki bölümde belirtilen şekilde hesaplanmış ve Çizelge 4.3 de gösterilmiştir. Buna göre, araştırma yılları boyunca aylık ortalama buharlaşma hacmi en düşük değer olarak $0,13310^6 \text{ m}^3$ ile şubat ayında, en büyük

Çizelge 4.1- 1990 – 2002 su yıllarında Güzelhisar Barajı haznesine düşen yağışlar (mm)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık Toplam
1990	20,0	9,0	216,0	3,0	44,0	10,0	35,0	3,0	8,0	0,0	8,0	6,0	362,0
1991	32,0	53,0	87,0	41,0	30,0	17,0	42,0	117,0	42,0	16,0	11,0	1,0	489,0
1992	17,0	93,0	119,0	1,0	19,0	50,0	35,0	8,0	6,0	0,0	0,0	0,0	348,0
1993	32,0	71,0	98,0	75,0	145,0	82,0	44,0	16,0	0,0	0,0	0,0	6,0	569,0
1994	64,0	66,0	113,5	67,0	84,0	58,0	38,0	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	520,5
1995	4,5	108,5	88,0	199,0	27,0	170,0	44,0	5,0	0,0	11,0	44,0	24,5	725,5
1996	37,0	82,0	161,5	13,0	149,5	46,5	65,0	14,0	0,0	0,0	0,0	63,8	632,3
1997	108,0	91,0	272,0	63,0	17,5	103,0	119,5	13,0	2,0	5,0	10,0	0,0	804,0
1998	75,0	147,0	70,0	164,0	67,0	106,0	15,0	95,0	3,0	10,0	0,0	59,5	811,5
1999	50,0	94,0	99,0	94,0	243,0	95,0	39,5	0,0	0,5	2,0	0,0	1,0	718,0
2000	44,0	74,0	18,5	94,0	116,0	69,0	97,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	514,0
2001	0,0	162,0	186,0	60,0	71,5	4,0	87,0	36,5	4,0	0,0	0,0	8,0	619,0
2002	38,0	169,0	138,0	48,0	12,0	95,0	95,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,0	681,0
Top.	521,5	1219,5	1666,5	922,0	1025,5	905,5	756,0	329,0	75,5	44,0	73,0	255,8	7793,8
Ort.	40,1	93,8	128,2	70,9	81,0	69,7	58,1	25,3	5,8	3,4	5,6	19,7	601,6

Çizelge 4.2 – 1990 – 2002 su yıllarında Güzelhisar Barajı toplam aylık giriş akımları (10^6m^3)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
1990	0,65	2,47	21,6	1,45	4,38	1,11	0,88	0,65	1,42	3,31	0,63	0,00	38,57
1991	0,02	0,51	9,38	6,60	2,38	1,83	1,68	5,55	0,76	0,00	1,30	1,25	31,26
1992	0,97	0,71	1,15	0,94	0,85	2,07	1,10	1,07	1,32	0,43	0,00	0,41	11,02
1993	0,00	1,53	10,08	4,57	26,55	15,16	5,99	0,78	0,97	0,00	0,12	0,00	65,75
1994	0,07	0,66	6,52	1,97	3,68	7,91	1,56	0,74	0,00	2,25	0,36	0,06	25,78
1995	0,78	3,17	10,27	20,10	31,84	30,81	6,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103,67
1996	0,00	4,77	9,35	1,07	27,55	5,01	6,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,12
1997	0,00	0,00	3,96	13,94	0,00	6,58	17,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,39
1998	1,70	3,86	56,36	9,18	2,74	8,18	1,66	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	89,34
1999	0,35	8,15	5,18	0,97	0,00	20,17	6,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	41,64
2000	0,05	2,78	9,52	12,71	22,80	10,54	6,46	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	64,92
2001	0,00	0,72	0,00	2,22	9,13	0,13	1,08	0,80	0,36	0,00	0,00	0,00	14,44
2002	0,00	8,99	57,79	53,15	4,13	8,99	10,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	144,03
Top.	4,64	38,32	201,16	128,87	136,03	118,49	68,45	15,31	4,83	5,99	2,41	2,46	726,96
Ort.	0,36	2,95	15,47	9,91	10,46	9,12	5,27	1,18	0,37	0,46	0,18	0,19	55,92

Çizelge 4.3 – 1990 – 2002 su yıllarında Güzelhisar Barajı haznesinden olan aylık buharlaşma (10^6m^3)

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Toplam
1990	0,56	0,22	0,13	0,11	0,02	0,44	0,44	0,71	0,92	1,19	1,00	0,99	6,73
1991	0,37	0,18	0,08	0,14	0,14	0,26	0,33	0,50	0,87	1,44	0,89	0,56	5,76
1992	0,32	0,16	0,08	0,04	0,04	0,17	0,25	0,53	0,69	0,79	0,79	0,54	4,40
1993	0,41	0,21	0,11	0,11	0,12	0,26	0,41	0,53	0,90	1,02	0,92	0,63	5,63
1994	0,30	0,16	0,10	0,11	0,12	0,29	0,42	0,60	0,98	1,02	0,91	0,63	5,64
1995	0,46	0,17	0,20	0,16	0,19	0,35	0,47	0,94	1,17	1,20	1,12	0,66	7,09
1996	0,34	0,22	0,17	0,10	0,15	0,26	0,40	0,78	1,19	1,30	1,09	0,63	6,63
1997	0,38	0,19	0,13	0,12	0,15	0,28	0,22	0,75	0,91	1,17	0,86	0,68	5,84
1998	0,33	0,23	0,15	0,22	0,20	0,30	0,41	0,43	0,99	1,46	1,80	0,68	7,20
1999	0,34	0,20	0,16	0,13	0,13	0,30	0,47	0,80	1,05	1,24	1,00	0,54	6,36
2000	0,41	0,21	0,18	0,93	0,15	0,30	0,48	0,79	1,24	1,37	1,08	0,76	7,90
2001	0,43	0,21	0,15	0,16	0,20	0,41	0,40	0,58	0,97	1,06	0,91	0,61	6,09
2002	0,45	0,22	0,18	0,12	0,13	0,32	0,32	0,81	1,13	1,16	1,00	0,69	6,53
Top.	5,10	2,58	1,86	2,45	1,74	3,94	5,02	8,75	13,01	15,42	13,37	8,6	81,84
Ort.	0,40	0,20	0,14	0,19	0,13	0,30	0,39	0,67	1,00	1,19	1,03	0,66	6,30

değer olarak $1,19310^6 \text{ m}^3$ ile Temmuz ayında görülmektedir. Bu değerlerin oluşmasında aylık hava sıcaklıklarının etkili olduğu bilinen bir gerçektir.

Barajdan çekilen su miktarı, yılların yağışlı ya da kurak olmasına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Araştırma yılları süresince, baraj haznesinden çekilen aylık ortalama su miktarı $3,88310^6 \text{ m}^3$ olurken, en az su $2,75310^6 \text{ m}^3$ ile Nisan ayında ve en çok $7,08310^6 \text{ m}^3$ ile Ocak ayında hazneden çekilmiştir. En fazla suyun Ocak ayında çekilmesinin en önemli nedeni 2002 yılının Ocak ayında meydana gelen taşkındır.

4.3- Hazneden Olan Aylık Sızma Kayıpları

Baraj haznesinden olan aylık sızma kayıpları su dengesi denkleminin aşağıdaki hale getirilmesiyle hesaplanmıştır.

$$F = X + P - E - Y - (\pm \Delta S) \quad (4.1)$$

Bu amaçla 1990 – 2002 su yılları (13 yıl) aybaşı su kotlarından yararlanarak baraj haznesinin aybaşı su hacmi okunmuştur. Birbirini izleyen iki su hacmi arasındaki fark bir aylık zaman süresi için baraj haznesi su hacmindeki değişikliği (ΔS) vermiştir.

Baraj haznesinde ölçülen aybaşı su kotu değerlerinden yararlanarak aylık ortalama su kotları hesaplanmıştır. Bu kot varlığında hacim – yüzey alanı – kot sayısal değerleri çizelgesinden hazne aylık ortalama yüzey alanı okunmuştur. Bu yüzey alanı varlığında hazneye düşen yağışın (P) ve hazneden olan aylık buharlaşmanın (E) su hacmi karşılığı hesaplanmıştır.

Sonuç olarak; ΔS , P, X ve Y değerleri kullanılarak sızma kaybı (F) hesaplanmıştır. Bu değerler araştırma yılları için Çizelge 4.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 in incelenmesinden anlaşılacağı gibi, hazne su seviyesinin yükselmesi ile sızma kayıplarının arttığı gözlenmiştir. Doğal olarak bu artış, yükselen su seviyesinin daha çok hazne yanal yüzey alanını kaplamasından kaynaklanmaktadır. Bazı aylarda ise hazne gövdesinde bulunan karstik boşluklardaki suların pınarlaşma suretiyle tekrar baraja kazanç olarak döndüğü görülmektedir. Baraj haznesine kazanç halinde dönen bu sular sızma kayıplarının belirlenmesinde kullanılmamıştır.

Araştırma yıllarına ait süre içerisinde (1990-2002) kot h (m) ile pınarlaşma yolu ile olan kazanç P_i (m^3/ay), aylık sızma kayıpları F (m^3/ay) ile kot h (m) ve birim alan sızma kaybı F ($m^3/m^2/ay$) ile kot h (m) arasındaki ilişkilerin araştırılmasında (Yılmaz,1996 ve Spiegel, 1961) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1990 su yılı sızma kayıpları

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı $F = (X+P) - (E+Y) - \Delta S$ (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1990 YILI	Ekim	94,49	95,076	4,19	20,0	0,65	0,08	2,90	0,56	-3,44	0,71
	Kasım	93,78	91,641	4,10	9,0	2,47	0,04	2,75	0,22	-2,46	2,00
	Aralık	96,24	89,179	4,39	216,0	21,62	0,95	2,71	0,13	-24,28	44,01
	Ocak	98,88	113,460	4,72	3,0	1,45	0,01	2,47	0,11	-1,13	0,01
	Şubat	98,98	112,330	4,73	44,0	4,38	0,21	2,30	0,02	2,08	0,19
	Mart	98,99	114,408	4,73	10,0	1,11	0,05	2,61	0,44	-1,94	0,05
	Nisan	98,55	112,469	4,68	35,0	0,88	0,16	2,63	0,44	-2,19	0,16
	Mayıs	98,02	110,271	4,61	3,0	0,65	0,01	2,71	0,71	-2,77	0,01
	Haziran	97,42	107,504	4,54	8,0	1,42	0,04	3,22	0,92	-2,72	0,04
	Temmuz	96,90	104,780	4,48	0,0	3,31	0,00	4,09	1,19	-1,97	0,00
	Ağustos	96,31	102,809	4,41	8,0	0,63	0,04	2,89	1,00	-3,26	0,04
	Eylül	93,79	99,548	4,11	6,0	0,00	0,02	3,48	0,99	-17,65	13,20
TOPLAM					362,0	38,57	1,61	34,76	6,73	-61,73	60,42

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1991 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1991 YILI	Ekim	91,35	81,897	3,81	32,0	0,02	0,12	2,81	0,37	-2,21	-0,83
	Kasım	90,76	79,686	3,74	53,0	0,51	0,19	2,77	0,18	-2,24	-0,01
	Aralık	92,75	77,442	3,98	87,0	9,38	0,35	2,77	0,08	-18,27	25,15
	Ocak	95,49	95,713	4,31	41,0	6,60	0,18	2,71	0,14	3,75	0,18
	Şubat	95,87	99,461	4,35	30,0	2,38	0,13	2,68	0,14	-0,44	0,13
	Mart	95,69	99,025	4,33	17,0	1,83	0,07	2,74	0,26	-1,17	0,07
	Nisan	95,40	97,856	4,29	42,0	1,68	0,18	2,69	0,33	-1,33	0,17
	Mayıs	95,52	96,523	4,31	117,0	5,55	0,50	2,67	0,50	2,37	0,51
	Haziran	95,46	98,895	4,30	42,0	0,76	0,18	2,73	0,87	-2,84	0,18
	Temmuz	94,55	96,054	4,19	16,0	0,00	0,07	3,44	1,44	-4,87	0,06
	Ağustos	93,22	91,186	4,03	11,0	1,30	0,04	6,51	0,89	-6,09	0,03
	Eylül	87,86	85,092	3,44	1,0	1,25	0,00	3,88	0,56	-31,67	28,48
TOPLAM					489,0	31,26	2,01	38,40	5,76	-65,01	54,12

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1992 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1992 YILI	Ekim	82,80	53,420	2,93	17,0	0,97	0,05	2,70	0,32	-2,64	0,64
	Kasım	82,18	50,785	2,87	93,0	0,71	0,27	2,23	0,16	-0,92	-0,49
	Aralık	86,01	49,864	3,25	119,0	1,15	0,39	2,49	0,08	25,89	-26,92
	Ocak	89,69	75,750	3,32	1,0	0,94	0,00	3,15	0,04	-2,24	-0,01
	Şubat	89,10	73,506	3,56	19,0	0,85	0,07	2,81	0,04	-1,99	0,06
	Mart	88,73	71,513	3,53	50,0	2,07	0,18	2,53	0,17	-0,64	0,19
	Nisan	88,45	70,878	3,49	35,0	1,10	1,22	2,18	0,25	-1,33	1,22
	Mayıs	87,96	69,550	3,45	8,0	1,07	0,03	2,61	0,53	-2,07	0,03
	Haziran	87,36	67,483	3,39	6,0	1,32	0,02	2,66	0,69	-2,03	0,02
	Temmuz	86,52	65,451	3,30	0,0	0,43	0,00	3,23	0,79	-3,60	0,01
	Ağustos	85,08	61,853	3,16	0,0	0,00	0,00	4,86	0,79	-5,65	0,00
	Eylül	87,63	56,200	3,41	0,0	0,41	0,00	2,65	0,54	23,52	-26,30
TOPLAM					348,0	11,02	2,23	34,10	4,40	26,30	-51,55

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1993 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1993 YILI	Ekim	90,66	79,724	3,73	32,0	0,00	0,12	2,74	0,41	-3,10	0,07
	Kasım	89,93	76,629	3,64	71,0	1,53	0,26	2,72	0,21	-2,26	1,12
	Aralık	87,09	74,370	3,36	98,0	10,08	0,33	2,67	0,11	-16,99	24,62
	Ocak	84,88	57,374	3,14	75,0	4,57	0,24	2,46	0,11	2,01	0,23
	Şubat	88,55	59,382	3,50	145,0	26,55	0,51	2,91	0,12	23,52	0,51
	Mart	93,44	82,902	4,06	82,0	15,16	0,33	2,39	0,26	12,51	0,33
	Nisan	95,36	95,415	4,29	44,0	5,99	0,19	2,32	0,41	3,26	0,19
	Mayıs	95,49	98,678	4,31	16,0	0,78	0,07	2,45	0,53	-2,20	0,07
	Haziran	94,80	96,481	4,23	0,0	0,97	0,00	3,70	0,90	-3,64	0,01
	Temmuz	93,81	92,846	4,11	0,0	0,00	0,00	3,59	1,02	-4,60	-0,01
	Ağustos	92,64	88,246	3,97	0,0	0,12	0,00	3,97	0,92	-4,76	-0,01
	Eylül	89,10	83,483	3,56	6,0	0,00	0,00	3,12	0,63	-20,95	17,20
TOPLAM					569,0	65,75	2,05	35,04	5,63	-17,20	44,33

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1994 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1994 YILI	Ekim	85,82	62,537	3,23	64,0	0,07	0,21	2,81	0,30	-2,33	-0,50
	Kasım	85,55	60,210	3,21	66,0	0,66	0,21	2,47	0,16	0,54	-2,30
	Aralık	88,14	60,754	3,46	113,5	6,52	0,39	2,63	0,10	17,36	-13,18
	Ocak	90,53	78,111	3,71	67,0	1,97	0,25	2,68	0,11	-0,85	0,28
	Şubat	90,55	77,294	3,72	84,0	3,68	0,31	2,59	0,12	0,97	0,31
	Mart	91,33	78,260	3,81	58,0	7,91	0,22	2,66	0,29	4,95	0,23
	Nisan	91,79	83,212	3,86	38,0	1,56	0,15	2,61	0,42	-1,47	0,15
	Mayıs	91,24	81,744	3,80	20,0	0,74	0,07	2,92	0,60	-2,77	0,06
	Haziran	90,43	78,971	3,70	10,0	0,00	0,04	4,32	0,98	-5,29	0,03
	Temmuz	89,30	73,677	3,54	0,0	2,25	0,00	4,10	1,02	-2,87	0,00
	Ağustos	87,93	70,806	3,44	0,0	0,36	0,00	4,20	0,91	-4,75	0,00
	Eylül	94,12	66,057	4,14	0,0	0,06	0,00	2,95	0,63	57,11	-60,63
TOPLAM					520,5	25,78	1,85	36,94	5,63	60,60	-75,54

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1995 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1995 YILI	Ekim	100,60	123,164	4,93	4,5	0,78	0,02	3,49	0,46	-3,94	0,79
	Kasım	100,42	119,223	4,90	108,5	3,17	0,53	2,45	0,17	2,16	-1,08
	Aralık	94,27	121,380	4,16	88,0	10,27	0,36	2,43	0,20	-53,09	61,09
	Ocak	95,96	68,291	4,37	199,0	20,10	0,87	2,59	0,16	17,36	0,87
	Şubat	95,96	85,646	4,37	27,0	31,84	0,12	2,31	0,19	29,33	0,13
	Mart	102,06	114,980	5,11	170,0	30,81	0,87	2,43	0,35	28,03	0,87
	Nisan	105,14	143,011	5,51	44,0	6,70	0,24	2,48	0,47	3,75	0,24
	Mayıs	105,12	146,759	5,51	5,0	0,00	0,03	3,03	0,94	-3,97	0,03
	Haziran	104,33	142,793	5,40	0,0	0,00	0,00	3,48	1,17	-4,65	0,00
	Temmuz	103,38	138,143	5,28	11,0	0,00	0,06	4,30	1,20	-5,49	0,05
	Ağustos	102,31	132,647	5,15	44,0	0,00	0,23	4,54	1,12	-5,66	0,23
	Eylül	100,87	126,985	4,96	25,0	0,00	0,12	3,16	0,66	-8,83	5,13
TOPLAM					726,0	103,67	3,45	36,69	7,08	-5,00	68,35

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1996 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1996 YILI	Ekim	99,49	118,153	4,79	37,0	0,00	0,18	4,36	0,34	-4,69	0,17
	Kasım	98,58	113,460	4,68	82,0	4,77	0,37	3,71	0,22	-3,93	5,14
	Aralık	100,07	109,529	4,86	161,5	9,35	0,79	3,75	0,17	18,58	-12,36
	Ocak	101,83	128,105	5,08	13,0	1,07	0,07	2,55	0,10	-1,58	0,07
	Şubat	102,84	126,528	5,21	150,0	27,55	0,78	15,24	0,15	12,15	0,79
	Mart	104,22	138,679	5,39	47,0	5,01	0,25	2,38	0,26	2,37	0,25
	Nisan	104,76	141,051	5,46	65,0	6,37	0,35	2,48	0,40	3,50	0,34
	Mayıs	104,66	144,547	5,45	14,0	0,00	0,08	3,80	0,78	-4,58	0,08
	Haziran	103,72	139,970	5,33	0,0	0,00	0,00	4,35	1,19	-5,54	0,00
	Temmuz	102,62	134,428	5,19	0,0	0,00	0,00	4,72	1,30	-6,02	0,00
	Ağustos	101,45	128,412	5,03	0,0	0,00	0,00	4,85	1,09	-5,94	0,00
	Eylül	98,94	122,469	4,72	63,8	0,00	0,30	3,68	0,63	-18,18	14,17
TOPLAM					623,3	54,12	3,17	55,87	6,63	-13,86	8,65

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1997 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı $F = (X+P) - (E+Y) - \Delta S$ (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1997 YILI	Ekim	96,73	104,285	4,46	108,0	0,00	0,48	3,95	0,38	-2,63	-1,22
	Kasım	96,45	101,656	4,42	91,0	0,00	0,40	3,67	0,19	0,00	-3,46
	Aralık	97,31	101,656	4,53	272,0	3,96	1,23	3,98	0,13	7,92	-6,84
	Ocak	99,27	109,575	4,76	63,0	13,94	0,30	3,34	0,12	10,48	0,30
	Şubat	99,98	120,053	4,85	175,0	0,00	0,08	3,67	0,15	-3,83	0,09
	Mart	99,87	116,224	4,83	103,0	6,58	0,50	3,65	0,28	2,66	0,49
	Nisan	101,52	118,879	5,04	119,5	17,91	0,60	3,82	0,22	13,87	0,60
	Mayıs	102,39	132,751	5,15	13,0	0,00	0,07	4,36	0,75	-5,11	0,07
	Haziran	101,40	127,646	5,03	2,0	0,00	0,01	4,07	0,91	-4,98	0,01
	Temmuz	100,21	122,667	4,88	5,0	0,00	0,02	5,56	1,17	-6,73	0,02
	Ağustos	98,86	115,936	4,71	10,0	0,00	0,05	5,36	0,86	-6,22	0,05
	Eylül	97,99	109,714	4,61	0,0	0,00	0,00	4,75	0,68	7,42	-12,85
TOPLAM					804,0	42,39	3,74	50,18	5,84	12,85	-22,74

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1998 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1998 YILI	Ekim	98,36	117,138	4,65	75,0	1,70	0,35	3,98	0,33	-3,96	1,70
	Kasım	99,37	113,176	4,78	147,0	3,86	0,70	3,76	0,23	4,16	-3,59
	Aralık	102,28	117,334	5,14	70,0	56,36	0,36	3,63	0,15	14,84	38,10
	Ocak	104,28	132,178	5,40	164,0	9,18	0,88	3,59	0,22	5,38	0,87
	Şubat	103,79	137,555	5,33	67,0	2,74	0,36	2,54	0,20	0,00	0,36
	Mart	104,23	137,555	5,39	106,0	8,18	0,57	3,18	0,30	4,69	0,58
	Nisan	104,45	142,247	5,42	15,0	1,66	0,08	3,53	0,41	-2,30	0,10
	Mayıs	104,40	139,970	5,41	95,0	5,66	0,51	3,56	0,43	1,68	0,50
	Haziran	104,11	141,648	5,38	3,0	0,00	0,02	3,79	0,99	-4,79	0,03
	Temmuz	102,96	136,862	5,23	10,0	0,00	0,05	5,86	1,46	-7,32	0,05
	Ağustos	101,48	129,539	5,04	0,0	0,00	0,00	6,06	1,80	-7,86	0,00
	Eylül	98,32	121,676	4,65	59,5	0,00	0,28	3,86	0,68	-22,13	17,87
TOPLAM					811,5	89,34	4,16	47,34	7,19	-17,61	56,58

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 1999 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
1999 YILI	Ekim	95,49	99,548	4,31	50,0	0,35	0,22	3,63	0,34	-3,92	0,52
	Kasım	94,95	95,628	4,24	94,0	8,15	0,40	3,30	0,20	-0,72	5,77
	Aralık	97,98	94,906	4,61	99,0	5,18	0,46	3,36	0,16	23,83	-21,71
	Ocak	98,33	118,736	4,65	94,0	0,97	0,44	3,50	0,13	-2,66	0,44
	Şubat	94,70	116,080	4,21	243,0	0,00	1,02	3,20	0,13	-3,33	1,02
	Mart	97,49	112,752	4,55	95,0	20,17	0,43	8,81	0,30	11,06	0,43
	Nisan	101,48	123,813	5,04	39,5	6,82	0,20	2,88	0,47	3,48	0,19
	Mayıs	101,31	127,290	5,02	0,0	0,00	0,00	4,31	0,80	-5,12	0,01
	Haziran	99,74	122,171	4,82	0,5	0,00	0,00	4,52	1,05	-5,56	-0,01
	Temmuz	98,54	116,608	4,67	2,0	0,00	0,00	4,73	1,24	-5,96	-0,01
	Ağustos	97,53	110,644	4,55	0,0	0,00	0,00	5,49	1,00	-6,48	-0,01
	Eylül	97,97	104,160	4,61	1,0	0,00	0,00	4,07	0,54	9,21	-13,82
TOPLAM					718,0	41,64	3,17	51,80	6,36	13,83	-27,18

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 2000 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı $F = (X+P) - (E+Y) - \Delta S$ (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
2000 YILI	Ekim	98,62	113,365	4,68	44,0	0,05	0,21	2,97	0,41	-3,72	0,60
	Kasım	98,06	109,993	4,62	74,0	2,78	0,34	2,36	0,21	-1,85	2,40
	Aralık	97,06	108,146	4,50	185,0	9,52	0,08	2,37	0,18	-7,24	14,29
	Ocak	97,19	100,906	4,51	94,0	12,71	0,42	3,30	0,93	8,48	0,42
	Şubat	100,15	109,390	4,87	116,0	22,80	0,56	3,02	0,15	19,64	0,55
	Mart	102,83	129,026	5,21	69,0	10,54	0,36	3,30	0,30	6,93	0,37
	Nisan	103,75	135,960	5,33	97,0	6,46	0,52	3,21	0,48	2,77	0,52
	Mayıs	103,63	138,732	5,31	1,5	0,06	0,00	3,32	0,79	-4,04	-0,01
	Haziran	102,76	134,689	5,20	0,0	0,00	0,00	3,86	1,24	-5,10	0,00
	Temmuz	101,67	129,591	5,06	0,0	0,00	0,00	4,19	1,37	-6,54	0,98
	Ağustos	89,96	123,051	3,55	0,0	0,00	0,00	4,50	1,08	-5,58	0,00
	Eylül	95,84	117,476	4,35	0,0	0,00	0,00	3,35	0,76	-30,88	26,77
TOPLAM					514,0	64,92	2,49	39,75	7,89	-27,13	46,90

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 2001 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
2001 YILI	Ekim	93,90	86,600	4,12	0,0	0,00	0,00	3,07	0,43	-3,50	0,00
	Kasım	94,25	83,096	4,16	162,0	0,72	0,67	2,45	0,21	6,33	-7,60
	Aralık	95,42	89,423	4,30	186,0	0,00	0,80	2,52	0,15	16,17	-18,04
	Ocak	97,28	105,592	4,52	60,0	2,22	0,27	2,30	0,16	-0,23	0,26
	Şubat	98,00	105,360	4,61	71,5	9,13	0,33	2,07	0,20	6,87	0,32
	Mart	98,44	112,234	4,66	4,0	0,13	0,02	2,51	0,41	-2,80	0,03
	Nisan	97,95	109,437	4,60	87,0	1,08	0,40	2,44	0,40	-1,75	0,39
	Mayıs	97,50	107,687	4,55	36,5	0,80	0,17	2,63	0,58	-2,41	0,17
	Haziran	96,84	105,276	4,47	4,0	0,36	0,02	2,92	0,97	-3,53	0,02
	Temmuz	95,77	101,744	4,34	0,0	0,00	0,00	4,75	1,06	-5,82	0,01
	Ağustos	94,37	95,926	4,18	0,0	0,00	0,00	4,98	0,91	-5,89	0,00
	Eylül	96,54	90,035	4,44	8,0	0,00	0,04	2,83	0,61	25,52	-28,92
TOPLAM					619,0	14,44	2,72	35,47	6,08	28,96	-53,35

Çizelge 4.4 Güzelhisar Barajı'nda 2002 su yılı sızma kayıpları (Devamı)

Aylar		Baraj Haznesi			Hazneye Düşen Yağış (mm)	Hazneye giren su hacmi (10 ⁶ m ³)		Hazneden Çıkan su hacmi (10 ⁶ m ³)		Haznede hacim değişikliği (ΔS) (10 ⁶ m ³)	Sızma kaybı F = (X+P) – (E+Y) – ΔS (10 ⁶ m ³)
		Ort. Su Kotu (m)	Aybaşı Su Hacmi (10 ⁶ m ³)	Ort. Yüzey Alanı (10 ⁶ m ²)		Yerüstü (X)	Yağış (P)	Çekilen (Y)	Buh. (E)		
2002 YILI	Ekim	99,12	115,553	4,74	38,0	0,00	0,18	2,63	0,45	-3,08	0,18
	Kasım	99,76	112,469	4,82	169,0	8,99	0,81	2,48	0,22	9,36	-2,26
	Aralık	101,68	121,825	5,07	138,0	57,79	0,70	16,36	0,18	9,54	32,41
	Ocak	102,21	131,366	5,13	48,0	53,15	0,25	57,38	0,12	-4,23	0,13
	Şubat	101,54	127,137	5,05	12,0	4,13	0,06	6,65	0,13	-2,52	-0,07
	Mart	101,90	124,613	5,09	95,0	8,99	0,48	2,51	0,32	6,16	0,48
	Nisan	103,21	130,777	5,26	95,0	10,24	0,50	2,50	0,32	7,42	0,50
	Mayıs	103,55	138,196	5,30	0,0	0,00	0,00	3,06	0,81	-3,87	0,00
	Haziran	102,75	134,323	5,20	0,0	0,00	0,00	3,40	1,13	-4,53	0,00
	Temmuz	101,74	129,797	5,07	0,0	0,00	0,00	4,62	1,16	-5,78	0,00
	Ağustos	100,59	124,013	4,93	0,0	0,00	0,00	4,71	1,00	-5,71	0,00
	Eylül	100,47	118,299	4,91	86,0	0,74	0,42	2,80	0,69	-5,22	2,89
TOPLAM					681,0	144,03	3,40	109,10	6,53	-2,46	34,26

4.3.1- Baraj Haznesinde Kot – Pınarlaşıma İlişkisi

Araştırma yıllarında hazneye pınarlaşıma yolu ile dönen sular genelde Eylül ayından başlayan ve Ocak ayına kadar olan süre içerisinde görülmüştür. Pınarlaşıma yolu ile hazneye dönen sular P_i (m^3/ay) ile kot h (m) arasındaki ilişki araştırılmıştır. Bu amaçla Çizelge 4.4 den alınan $N=30$ değer çifti varlığında regresyon denklemi $P_i = -30,2 + 0,226h$, korelasyon katsayısı $r = 0,093$ olarak hesaplanmıştır. $sd=30-2=28$ için çizelgede 0,05 anlamlılık düzeyinde okunan korelasyon değeri $r_{0,05}=0,362$ ($r=0,093 < r_{0,05}=0,362$) olması iki değişken arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Şekil 4.1 incelendiğinde, istatistiksel olarak pınarlaşıma ile kot seviyesi arasında anlamlı bir ilişki olmamasına rağmen kot seviyesi arttıkça pınarlaşıma azaldığı görülmektedir..

Haznede karstik boşlukların yer yer değişiklik gösterdiği fakat özellikle 95 m ile 100 m aralığında pınarlaşımanın fazla görüldüğü ve bu aralıkta en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Benzer konularda yapılan araştırmalarda karstik boşluklardaki suların baraj seviyesinin ani düşmesi durumunda pınarlaşıma yolu ile baraja kazanç olarak geri döndüğü belirtilmiştir (Soğancı, 1987; Çınar, 1988).

4.3.2- Baraj Haznesinde Kot – Sızma Kaybı İlişkisi

Aylık sızma kaybı F (m^3/ay) ile kot h (m) arasındaki ilişkinin araştırılmasında 82,80 – 105,14 m kotları arasındaki $N=109$ adet değer çifti kullanılarak (Çizelge 4.5) iki değişken arasındaki ilişkiyi tanımlayan regresyon denklemi $F = 26,0 - 0,229h$ olarak hesaplanmıştır ve Şekil 4.2 de ilişki gösterilmiştir.

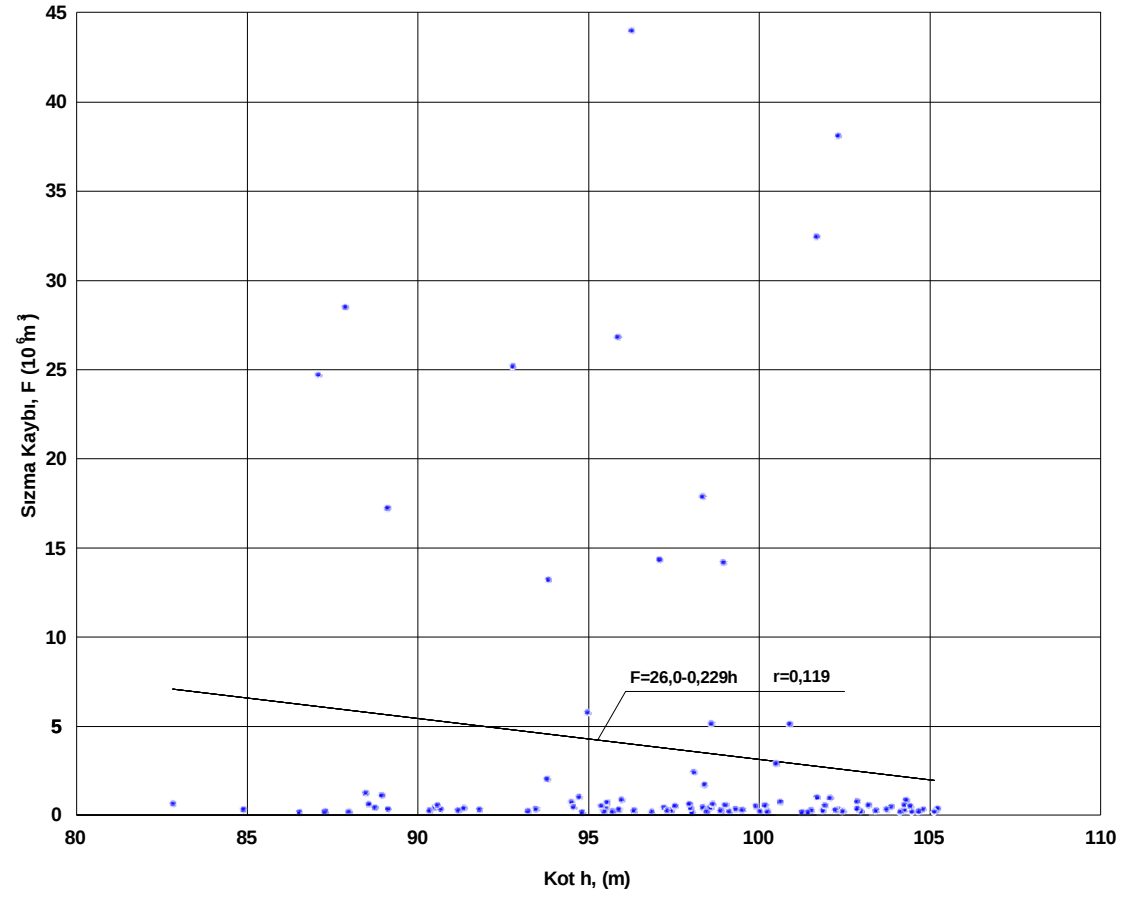
İki değişken arasındaki ilişki için korelasyon katsayısı $r=0,119$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer ilgili çizelgede $sd=109-2=107$ için verilen $r_{0,05}=0,195$ değerinden küçük olması ($r=0,119 < r_{0,05}=0,195$) iki değişken arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.5- Güzelhisar Barajı'nda kot – sızma kaybı ilişkisi

Sıra No	Kot, h(m)	Sızma Kaybı F (10 ⁶ m ³ /ay)	Sıra No	Kot, h(m)	Sızma Kaybı F (10 ⁶ m ³ /ay)
1	82,80	0,64	34	95,46	0,18
2	84,88	0,23	35	95,49	0,18
3	86,52	0,01	36	95,49	0,07
4	87,09	24,62	37	95,49	0,52
5	87,36	0,02	38	95,52	0,51
6	87,86	28,48	39	95,69	0,07
7	87,96	0,03	40	95,77	0,01
8	88,45	1,22	41	95,84	26,77
9	88,55	0,51	42	95,87	0,13
10	88,73	0,19	43	95,96	0,87
11	89,10	0,06	44	95,96	0,13
12	89,10	17,2	45	96,24	44,01
13	89,93	1,12	46	96,31	0,04
14	90,43	0,03	47	96,84	0,02
15	90,53	0,28	48	97,06	14,29
16	90,55	0,31	49	97,19	0,42
17	90,66	0,07	50	97,28	0,26
18	91,24	0,06	51	97,42	0,04
19	91,33	0,23	52	97,49	0,43
20	91,79	0,15	53	97,50	0,17
21	92,75	25,15	54	97,95	0,39
22	93,22	0,03	55	98,00	0,32
23	93,44	0,33	56	98,02	0,01
24	93,78	2,00	57	98,06	2,40
25	93,79	13,20	58	98,32	17,87
26	94,27	61,09	59	98,33	0,44
27	94,49	0,71	60	98,36	1,70
28	94,55	0,06	61	98,44	0,03
29	94,70	1,02	62	98,55	0,16
30	94,80	0,01	63	98,58	5,14
31	94,95	5,77	64	98,62	0,60
32	95,36	0,19	65	98,86	0,05
33	95,40	0,17	66	98,88	0,01

Çizelge 4.5- Güzelhisar Barajı'nda kot – sızma kaybı ilişkisi (Devamı)

Sıra No	Kot, h(m)	Sızma Kaybı F (10 ⁶ m ³ /ay)	Sıra No	Kot, h(m)	Sızma Kaybı F (10 ⁶ m ³ /ay)
67	98,94	14,17	89	102,21	0,13
68	98,98	0,19	90	102,28	38,1
69	98,99	0,05	91	102,31	0,23
70	99,12	0,18	92	102,39	0,07
71	99,27	0,30	93	102,83	0,37
72	99,49	0,17	94	102,84	0,79
73	99,87	0,49	95	102,96	0,05
74	99,98	0,09	96	103,21	0,50
75	100,15	0,55	97	103,38	0,05
76	100,22	0,02	98	103,75	0,52
77	100,47	2,89	99	103,79	0,36
78	100,60	0,79	100	104,11	0,03
79	100,87	5,13	101	104,22	0,25
80	101,31	0,01	102	104,23	0,58
81	101,40	0,01	103	104,28	0,87
82	101,48	0,19	104	104,40	0,50
83	101,52	0,60	105	104,45	0,10
84	101,67	0,98	106	104,66	0,08
85	101,68	32,41	107	104,76	0,34
86	101,83	0,07	108	105,12	0,03
87	101,90	0,48	109	105,14	0,24
88	102,06	0,87			



Şekil 4.2- Güzelhisar Barajı'nda kot – sızma kaybı ilişkisi

4.3.3- Baraj Haznesinde Kot – Birim Yanal Alan Sızma Kaybı İlişkisi

Çizelge 4.5 de verilen sızma kayıp değerleri (m^3/ay), ilgili kot ile taban kotu arasında kalan hazne yanal yüzey alanına bölünmüş ve F' ($m^3/m^2/ay$) şeklinde ifade edilmiştir.

Hazne yanal yüzey alanının hesaplanmasında hazne için farklı modellemelere yapılmıştır. Modeller hazne hacmi ve hazne yüzey alanı için tahkik edilmiş ve yüksek oranda yaklaşıklıkla simetrik prizma modeli kabul edilmiştir. Taban kotu 63,00 m, maksimum su kotu 107 m. ve maksimum su kotunda kenar uzunlukları $2,2 \text{ km} \times 2,2 \text{ km}$ (a), taban kotu ile ilgili kot arasındaki fark $h_1(m)$, maksimum yükseklik $h(m)$ olmak üzere kabul edilen simetrik prizma modeli ile yanal alan aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$YA = 2 \times \frac{a \times h_1}{h} \times \sqrt{h_1^2 + \left(\frac{a \times h_1}{h}\right)^2} \quad (4.2)$$

Sonuç olarak, düzenli örnek şeklinde kotlar $h(m)$ olmak üzere sızma kaybı $F(m^3/ay)$, hazne yanal yüzey alanı (m^2) ve birim alan sızma kaybı F' ($m^3/m^2/ay$) değerleri Çizelge 4.6 da gösterilmiştir. Çizelge 4.6 nın düzenlenmesinde eksi sızma kayıp değerleri, pınarlaşma yolu ile hazneye kazanç şeklinde döndüğü için değerlendirmeye alınmamıştır.

4.3.4- Baraj Haznesinde Sızma Kayıplarının Analizi

Çizelge 4.6 nın incelenmesinden anlaşılabileceği gibi; 82,80 – 105,14 m kotları arasında değişen baraj haznesi su seviyeleri arasındaki sızma kayıpları 82,80 – 96,30 m kotları arasında en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu kotlar dışında kalan bölgelerde sızma kayıpları arasında büyük bir farklılık görülmemektedir.

82,80 – 96,30 m kotları arasında kalan bu bölgede yüksek değerlere ulaşan sızma kayıplarının, haznenin geriye kalan yaklaşık 9 m derinliğindeki bölgeden farklı olup olmadığını araştırmak amacı ile 3 m lik 3 bölgeye ayrılmıştır. Bu dört bölgenin sızma kayıplarının farklı olup olmadığı t istatistiği ile kontrol edilmiştir. Bu işlemlerin sonuçları özet halinde Çizelge 4.7 de belirtilmiştir.

Çizelge 4.6- Güzelhisar Barajı'nda kot – birim alan sızma kaybı değerleri

Sıra No	Kot, $h_1(m)$	Sızma F ($10^6 m^3/ay$)	Yanal Alan ($10^6 m^2$)	Sızma, $F'(m^3/m^2/ay)$
1	82,80	0,64	0,349	1,834
2	84,88	0,23	0,367	0,627
3	86,52	0,01	0,382	0,026
4	87,09	24,62	0,387	63,618
5	87,36	0,02	0,389	0,051
6	87,86	28,48	0,394	72,284
7	87,96	0,03	0,395	0,076
8	88,45	1,22	0,399	3,058
9	88,55	0,51	0,400	1,275
10	88,73	0,19	0,402	0,473
11	89,10	0,06	0,405	0,148
12	89,10	17,2	0,405	42,469
13	89,93	1,12	0,412	2,718
14	90,43	0,03	0,417	0,072
15	90,53	0,28	0,418	0,669
16	90,55	0,31	0,419	0,740
17	90,66	0,07	0,419	0,167
18	91,24	0,06	0,425	0,141
19	91,33	0,23	0,425	0,541
20	91,79	0,15	0,430	0,349
21	92,75	25,15	0,439	57,289
22	93,22	0,03	0,443	0,068
23	93,44	0,33	0,445	0,742
24	93,78	2,00	0,449	4,454
25	93,79	13,20	0,449	29,399
26	94,27	61,09	0,453	134,857
27	94,49	0,71	0,455	1,560
28	94,55	0,06	0,456	0,132
29	94,70	1,02	0,457	2,232
30	94,80	0,01	0,458	0,022
31	94,95	5,77	0,460	12,543
32	95,36	0,19	0,464	0,409
33	95,40	0,17	0,464	0,366

Çizelge 4.6- Güzelhisar Barajı'nda kot – birim alan sızma kaybı değerleri (Devamı)

Sıra No	Kot, h_1 (m)	Sızma F ($10^6\text{m}^3/\text{ay}$)	Yanal Alan (10^6m^2)	Sızma, $F'(\text{m}^3/\text{m}^2/\text{ay})$
34	95,46	0,18	0,465	0,387
35	95,49	0,18	0,465	0,387
36	95,49	0,07	0,465	0,151
37	95,49	0,52	0,465	1,118
38	95,52	0,51	0,465	1,097
39	95,69	0,07	0,467	0,150
40	95,77	0,01	0,468	0,021
41	95,84	26,77	0,468	57,201
42	95,87	0,13	0,469	0,277
43	95,96	0,87	0,470	1,851
44	95,96	0,13	0,470	0,277
45	96,24	44,01	0,472	93,242
46	96,31	0,04	0,473	0,085
47	96,84	0,02	0,478	0,042
48	97,06	14,29	0,480	29,771
49	97,19	0,42	0,482	0,871
50	97,28	0,26	0,483	0,538
51	97,42	0,04	0,484	0,083
52	97,49	0,43	0,485	0,887
53	97,50	0,17	0,485	0,351
54	97,95	0,39	0,489	0,798
55	98,00	0,32	0,490	0,653
56	98,02	0,01	0,490	0,020
57	98,06	2,40	0,490	4,898
58	98,32	17,87	0,493	36,247
59	98,33	0,44	0,493	0,892
60	98,36	1,70	0,493	3,448
61	98,44	0,03	0,494	0,061
62	98,55	0,16	0,495	0,323
63	98,58	5,14	0,496	10,363
64	98,62	0,60	0,496	1,209
65	98,86	0,05	0,498	0,100
66	98,88	0,01	0,499	0,020

Çizelge 4.6- Güzelhisar Barajı'nda kot – birim alan sızma kaybı değerleri (Devamı)

Sıra No	Kot, h_1 (m)	Sızma F ($10^6\text{m}^3/\text{ay}$)	Yanal Alan (10^6m^2)	Sızma, $F'(\text{m}^3/\text{m}^2/\text{ay})$
67	98,94	14,17	0,499	28,397
68	98,98	0,19	0,500	0,380
69	98,99	0,05	0,500	0,100
70	99,12	0,18	0,501	0,359
71	99,27	0,30	0,502	0,598
72	99,49	0,17	0,505	0,337
73	99,87	0,49	0,509	0,963
74	99,98	0,09	0,510	0,176
75	100,15	0,55	0,511	1,076
76	100,22	0,02	0,512	0,039
77	100,47	2,89	0,515	5,612
78	100,60	0,79	0,516	1,531
79	100,87	5,13	0,519	9,884
80	101,31	0,01	0,523	0,019
81	101,40	0,01	0,524	0,019
82	101,48	0,19	0,525	0,362
83	101,52	0,60	0,526	1,141
84	101,67	0,98	0,527	1,859
85	101,68	32,41	0,527	61,499
86	101,83	0,07	0,529	0,132
87	101,90	0,48	0,530	0,906
88	102,06	0,87	0,531	1,638
89	102,21	0,13	0,533	0,244
90	102,28	38,1	0,534	71,348
91	102,31	0,23	0,534	0,431
92	102,39	0,07	0,535	0,131
93	102,83	0,37	0,539	0,686
94	102,84	0,79	0,539	1,466
95	102,96	0,05	0,541	0,092
96	103,21	0,50	0,543	0,921
97	103,38	0,05	0,545	0,092
98	103,75	0,52	0,549	0,947
99	103,79	0,36	0,549	0,656

Çizelge 4.6- Güzelhisar Barajı'nda kot – birim alan sızma kaybı değerleri (Devamı)

Sıra No	Kot, h_1 (m)	Sızma F ($10^6\text{m}^3/\text{ay}$)	Yanal Alan (10^6m^2)	Sızma, F' ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{ay}$)
100	104,11	0,03	0,553	0,054
101	104,22	0,25	0,554	0,451
102	104,23	0,58	0,554	1,047
103	104,28	0,87	0,555	1,568
104	104,40	0,50	0,556	0,899
105	104,45	0,10	0,556	0,179
106	104,66	0,08	0,559	0,143
107	104,76	0,34	0,560	0,607
108	105,12	0,03	0,564	0,053
109	105,14	0,24	0,564	0,425

Çizelge 4.7- Bölge özellikleri ve t istatistiği

Bölge No	Bölge Kotları (m)	Sızma Kaybı Ortalaması (m ³ /m ² /ay)	Gözlem Sayısı	Hesaplanan t istatistiği	Çizelge t istatistiği		P istatistiği
					0,05	0,01	
1	82.80 – 96,30	13,143	45	$t_{1-2}=1,76$	1,997	2,653	0,083
2	96,30 – 99,30	4,673	26	$t_{1-3}=0,74$	1,999	2,659	0,460
3	99,30– 102,30	8,357	19	$t_{1-4}=2,88$	1,999	2,659	0,006
4	102,30 – 105,15	0,571	19	$t_{2-3}=0,72$	2,019	2,699	0,480
Toplam			109	$t_{2-4}=2,05$	2,019	2,699	0,051
				$t_{3-4}=1,64$	2,029	2,722	0,120

Çizelge 4.7 deki işlem sonuçlarına göre; t_{1-4} değeri 0,01 anlamlılık derecesindeki t istatistiği kritik değerinden daha büyüktür. Başka bir deyişle birinci bölgenin sızma kayıplarının dördüncü bölgenin sızma kayıplarından %99 güven düzeyinde yüksek ya da farklı olduğu sonucuna varılır. Maksimum sızma değerlerinin ve yüksek sızma değerlerinin birinci bölgede yer almasına rağmen, ikinci ve üçüncü bölgelerde yer alan az sayıdaki yüksek sızma değerlerinden ötürü aralarında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır.

Birinci ve dördüncü bölge arasındaki farklılık, hesaplanan P istatistiği değeri ile de görülebilmektedir. Hesaplanan P istatistiği değeri, 0,01 değerinden küçük olduğu için ($0,006 < 0,01$), birinci bölge sızma kayıp değerleri ile dördüncü bölge sızma değerlerinden %99 güven düzeyinde yüksek ya da farklı olduğu sonucuna varılır.

5- SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, araştırma yıllarında baraj haznesi su kotu 88,20 m ile 105,14 m arasında değişmiştir. Bu kotlar arasında hazne yanal yüzey alanından olan sızma kaybı ortalama 6,686 m³/m²/ay olarak hesaplanmıştır.

Minimum hazne kotu ile 82,80 – 93,24 m kotları arasında sızma kaybı 0,021 – 134,146 m³/m²/ay arasında değişmiş ve ortalaması 13,146 m³/m²/ay olarak hesaplanmıştır. 96,24 m ile 105,14 arasında kalan yaklaşık 9 m'lik bölge 3 m'lik 3 ayrı bölgeye (96,31 m – 99,27 m, 99,49 m – 102,28 m, 102,31 m – 105,14 m) ayrılarak bu bölgelerdeki sızma kaybı ortalamaları sırası ile 4,673 m³/m²/ay, 8,357 m³/m²/ay, 0,571 m³/m²/ay olarak hesaplanmıştır.

Bu bilgiler ışığında barajdan olan sızma kayıplarını azaltmak için genelde önerilen iki yöntemden ilk aşamada sadece birinin uygulanması mümkündür. Bunlardan uygulanması mümkün görülmeyen yöntem işletme yönünden alınabilecek önlemlerdir. Nitekim Güzelhisar Barajı'nda maksimum su kotu 107 m olup sızma kayıpları daha çok 82,80 m – 93,24 m arasındaki hazne yüzey alanında oluşmaktadır. Bu kayıplar maksimum su seviyesine yakın kotlarda görülmüş olsaydı işletme kotu bir miktar düşürülerek sızma kayıpları azaltılabilirdi.

Baraj haznesinden olan sızma kayıplarını azaltmada uygulanan ikinci yöntem, kayıpların fazla olduğu bölgelerde detaylı jeolojik etütler yapılarak, yerleri belirlenen çatlak ve düdenlerin kapatılmasıdır. Güzelhisar Barajı için bu ikinci yöntem uygulanabilirlik olarak önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bayazıt, M., Hidroloji. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1995.
2. Bayazıt, M., Avcı ve İ., Şen, Z., Hidroloji Uygulamaları. İTÜ Yayınları, No:1240. İstanbul, 1982.
3. Çınar, S., Konya Altınapa Barajında sızma kayıplarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Konya, 1988.
4. DSİ., Demirköprü Barajı ve HES. Türkiye'deki Barajlar. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara, 1991.
5. DSİ., Araştırma Raporları. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara, 1969.
6. DSİ., Araştırma Raporları. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara, 1974.
7. DSİ., Araştırma Raporları. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara, 1992.
8. DSİ., Türkiye akarsu havzaları maksimum akımlar frekans analizi. DSİ Genel Müdürlüğü. Ankara, 1994.
9. EİE., 1985 su yılı akım değerleri. Yayın no: 88-42. Ankara, 1988.
10. Erguvanlı, K., Mühendislik Jeolojisi. Seç Yayın Dağıtım. İstanbul, 1995.
11. Spiegel, R.M., Theory and problems of statistics. Schaum Publishing Company. New York, 1961.
12. Soğancı, M., Konya Apa Barajında sızma kayıplarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Konya, 1987.
13. Ulugör, M., Su Mühendisliği. Çağlayan Kitabevi. İstanbul, 1982.
14. Yılmaz, B., Demirköprü Barajında sızma kayıplarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Manisa, 1999.
15. Yılmaz, T., Uygulamalı istatistik ders notları. CBÜ Müh. Fak. Manisa, 1996.
16. Yılmaz, T., Konya ovası sulama proje alanında yüksek taban suyunun beraberinde getirdiği sorunlar ve çözüm yolları. Planlı dönemde Türkiye'de şehirleşme ve Konya örneği sempozyumu. Konya, 26-27 Mayıs, 1988.