



# UZMANLIK TEZİ



## SAPANCA GÖLÜ SU BÜTÇESİ

**Ertuğrul KAHVECİ**  
**Orman ve Su İşleri Uzman Yardımcısı**

**Eylül 2015**



**1.SU**

**2.SU BÜTÇESİ**

**3.SAPANCA GÖLÜ HAVZASI**

**4.SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDA YAĞIŞLI  
DÖNEM VE KURAK DÖNEM SU BÜTÇESİ  
HESAPLAMALARI**

**5.ÇEŞİTLİ SENARYOLAR IŞIĞINDA SAPANCA  
GÖLÜ**

**6.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

**7.ÖNERİLER**

**SU**



**Dünyada ağırlıklı olarak su kaynakları yönetimi kamu tarafından gerçekleştirilmektedir.**

**Dünya genelindeki su kullanımında, tarımsal tüketim %70 pay ile başı çekmektedir. Bunu %22 ile endüstriyel tüketim, % 8 ile de evsel tüketim izlemektedir.**

**Türkiye’de ise kişi başına günlük su tüketimi ortalama 111 litredir. Bu oran İstanbul’da 125, Ankara’da ise 141 litredir.**



Su doğada çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde sıvı, katı, gaz halinde bulunur ve yer kürenin çeşitli kısımları arasında durmadan bir döngüyü gerçekleştirir. Bu döngüye “hidrolojik döngü” denilmektedir.





# SU BÜTÇESİ

# SU BÜTÇESİ

**Su arzında çeşitli mekân ve zamanlarda azalma veya artma şeklinde dalgalanmalar görülmektedir.**

**Bu bağlamda bütüncül havza yönetiminde su bütçesinin planlanması ile ilgili detaylar önem kazanmaktadır.**

**Su bütçesinin kontrolü iyi su kalitesinin korunmasında yardımcı bir unsurdur.**



**Su bütçesi denklemini aşağıdaki gibi oluşturulabilir:**

**Yağış + Yüzeysel Akış1 + Yeraltı Akışı1 -  
Buharlaşma - Yüzeysel Akış2 - Sistemden  
Kullanılan Su – Yeraltı Akışı2 =  
Rezervuardaki Değişim**



## Su Bütçesinin Bileşenleri

### Yağış

Havanın herhangi bir şekilde yükselmesi ile içindeki nemin soğuması sonucu yoğunlaşır yeryüzüne düşmesi olayına “yağış” denir. Sıvı haldeki yağışa yağmur adı verilir. Katı haldeki yağış ise kar, dolu, çığ veya kırağı şeklinde olabilir.



## Yüzeysel Akış

Yüzeysel akış, yağışın belirli kanallar yoluyla denizlere ve göllere dönmesidir. Yağışın, buharlaşmayan ve sızmayan kısmı arazi eğimi boyunca yüzey akışı olarak gerçekleşir.

Yüzeysel akışı birçok etmen denetlemekle birlikte en önemlileri;

a- Coğrafi durum

b- Topoğrafik durum

c- Jeolojik durum (jeolojik yapı)

d- Meteorolojik durum (yağış şiddeti, süresi, sıcaklık, nem)

e- Bitki örtüsü ve insan yapılarıdır. (Yolcubal, 2004)



# SU BÜTÇESİ

## Yeraltı Akışı (İnfiltrasyon )

Yağışın yeryüzeyinden yeraltına doğru hareket ettiği, akiferleri beslediği ve kurak periyotlar boyunca dahi akarsu akışlarını desteklediği sürece yeraltı akışı denilir (Yolcubal, 2004).

## Buharlaştırma

Yeryüzünde sıvı halde farklı şekil ve şartlarda bulunan suyun meteorolojik faktörlerin etkisiyle atmosfere gaz halinde dönüşüne buharlaştırma denilir.

## Sistemden Kullanılan Su

Doğrudan ya da dolaylı olarak bir rezervuardan içme, kullanma, tarımsal sulama ya da endüstriyel amaçlı olarak çekilen su miktarı sistemden kullanılan su olarak tanımlanabilir.



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI





# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



## Coğrafi Konum

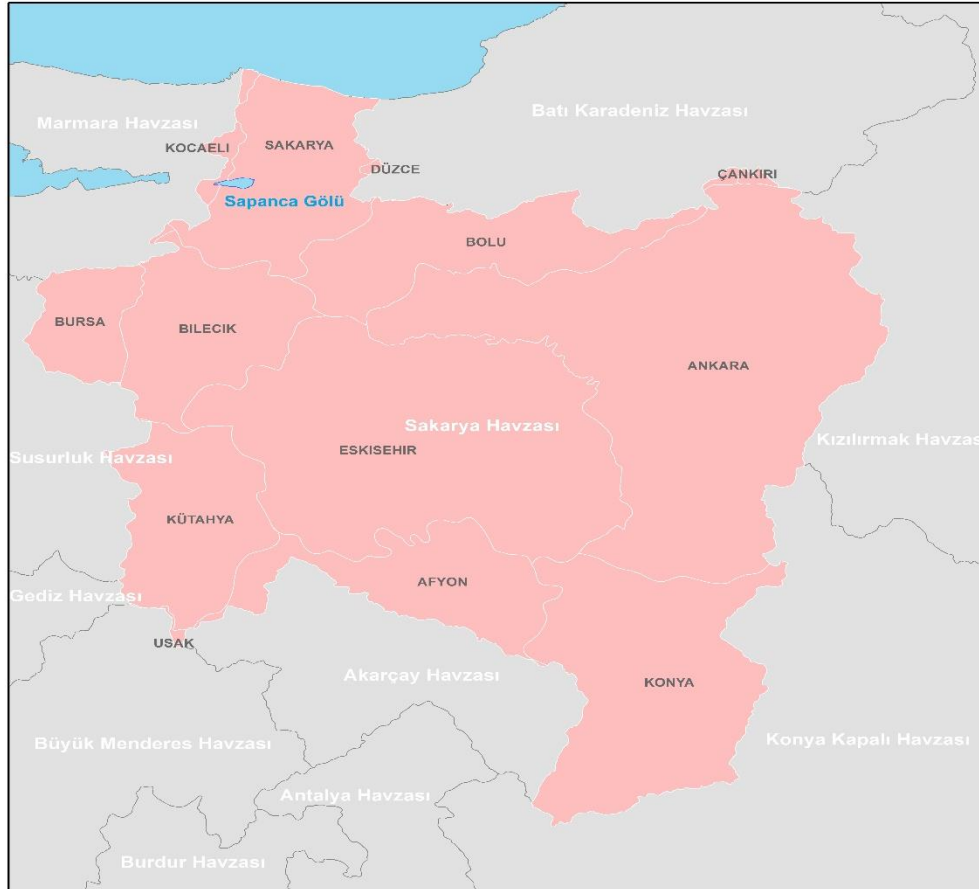
Sapanca Gölü, Sakarya havzasının Aşağı Sakarya alt havzasında bulunmaktadır.

Göl havzası idari olarak Kocaeli ve Sakarya illeri arasında bölünmüş olup, 39 km. göl kıyı şeridinin 26 km.'si Sakarya, 13 km.'lik kısmı ise Kocaeli il sınırları içerisinde kalmaktadır (Sümer 1980; Gönenç ve ark., 1994).

Gölün kuzey bölümünde D-100 karayolu, güney bölümünde ise TEM otoyolu bulunmaktadır. Yüzey alanı yaklaşık 45 km<sup>2</sup>, hacmi 1300 hm<sup>3</sup> olan gölün su toplama alanı 300 km<sup>2</sup>'dir.



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

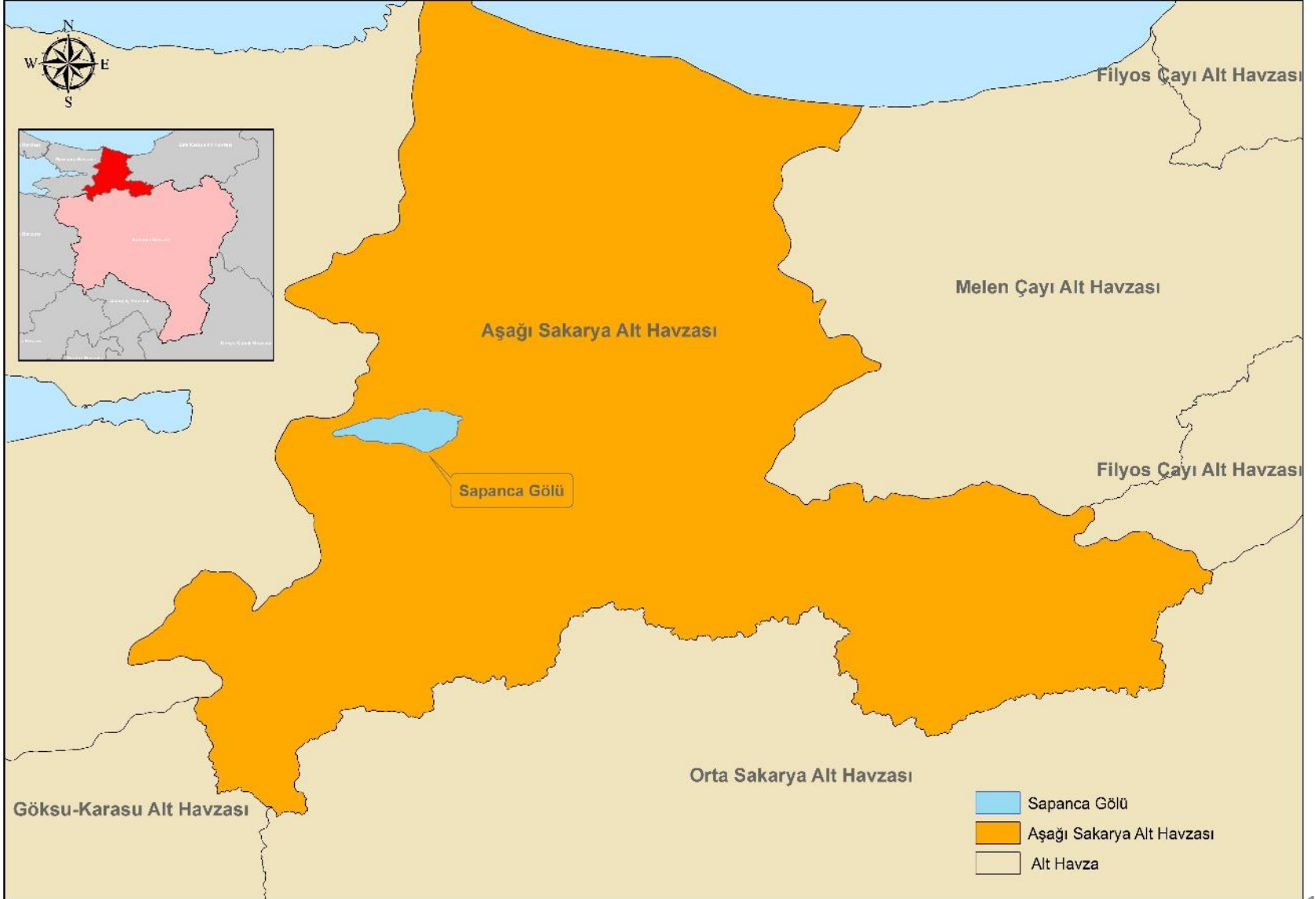


0 12.5 25 50 Kilometers

- Sapanca\_Gölü
- İl Sınırları
- Sakarya Havzası
- Havza Sınırları

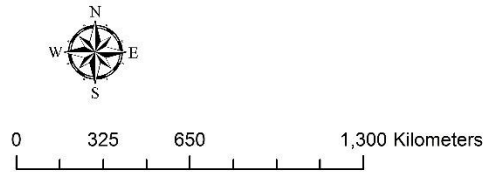


# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI





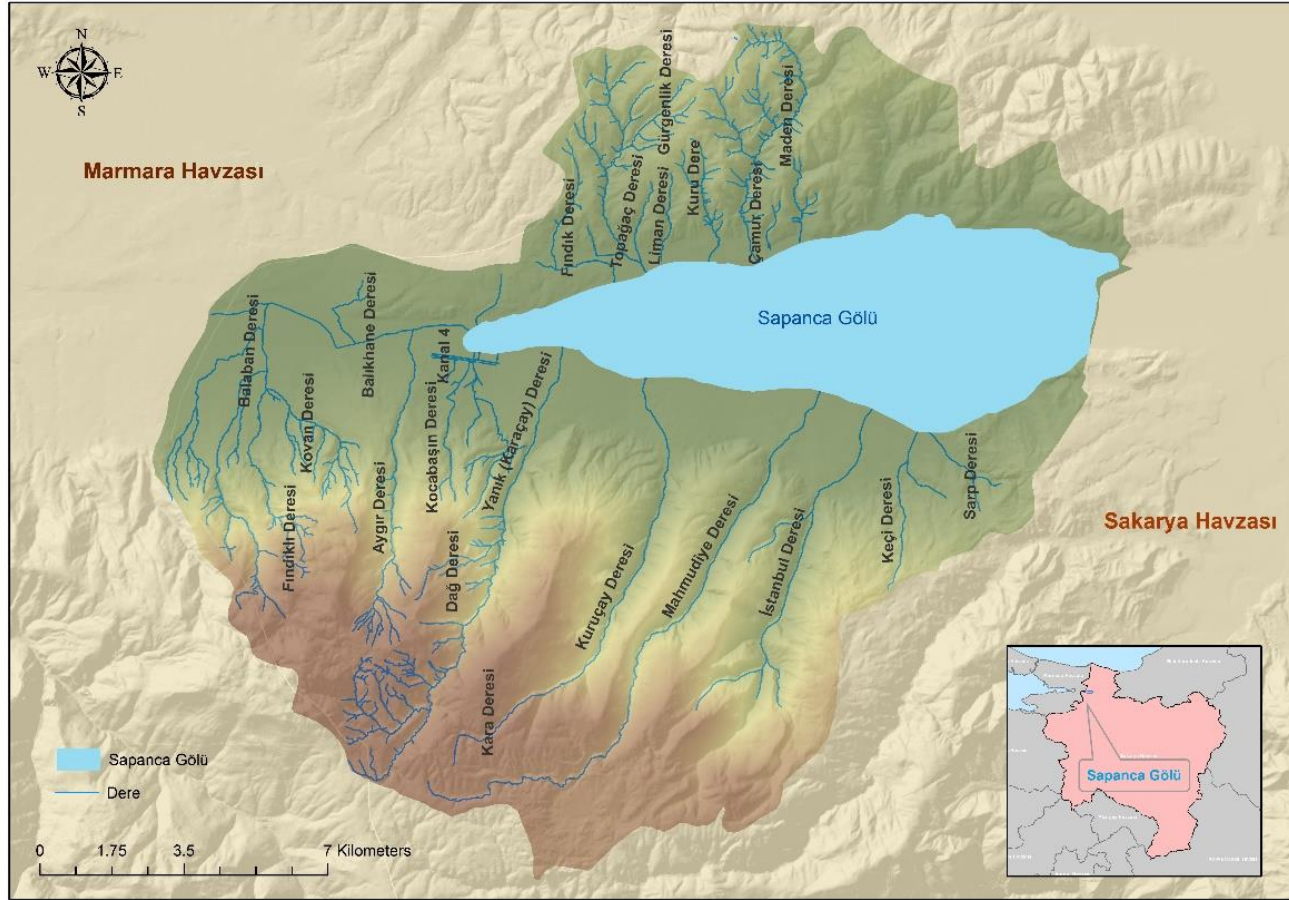
# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



- Yerleşimler
- D 100 \_ TEM Otoyolu
- Sapanca Gölü
- iller
- Sapanca Havzası



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



Dere Adı	Uzunluğu (km.)
Sarp	3
Keçi	4.3
İstanbul	12,8
Mahmudiye	12,4
Kuruçay	11,8
<b>Karaçay</b>	<b>14</b>
<b>Balıkhane</b>	<b>8,8</b>
Maden	5,2
Harmanlı	2,72
Kuru	2,28
Kasabaşın	2,07

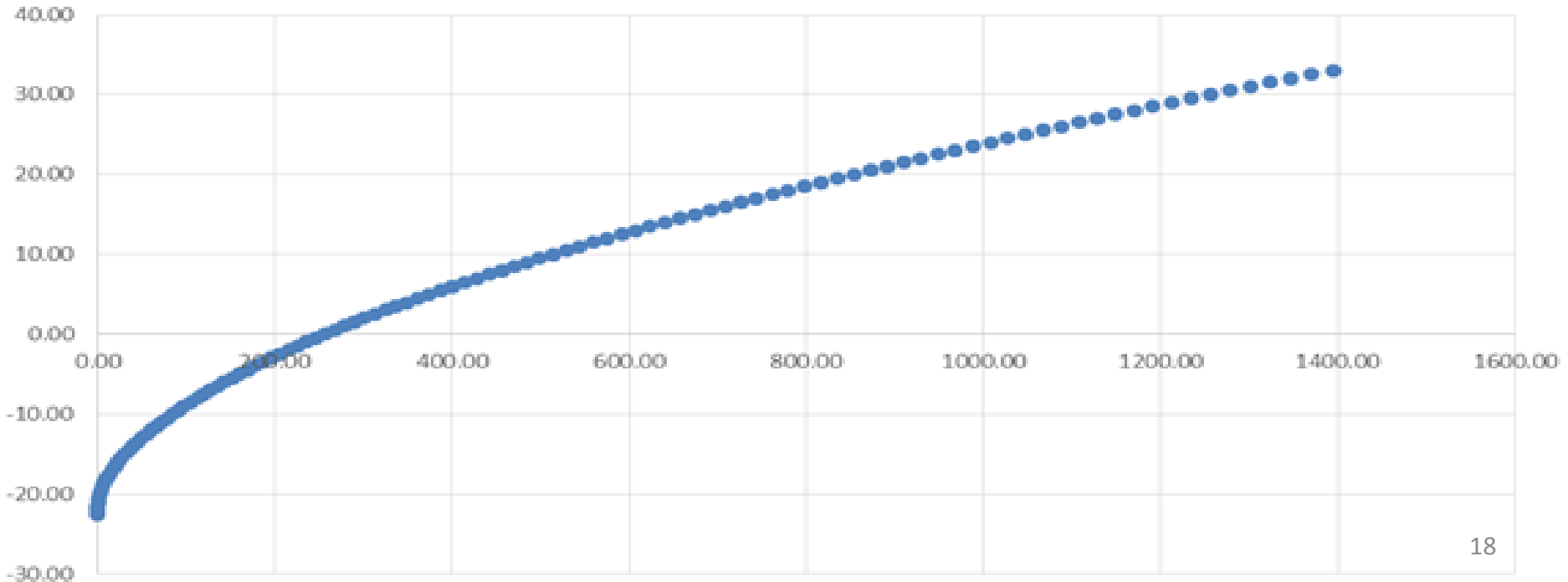
1970 yılında gölün çıkış noktası olan Çark Suyu Deresi'ne Regülatör yerleştirilmiştir.



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

<b>Yüzey Alanı</b>	45 km <sup>2</sup>
<b>Doğu – Batı Doğrultusunda Uzunluğu</b>	16 km.
<b>Kuzey – Güney Doğrultusunda Uzunluğu</b>	5 km.
<b>Ortalama Derinlik</b>	26 m.
<b>Maksimum Derinlik</b>	55 m.
<b>İşletme Kot Aralığı</b>	28 m. – 32 m.

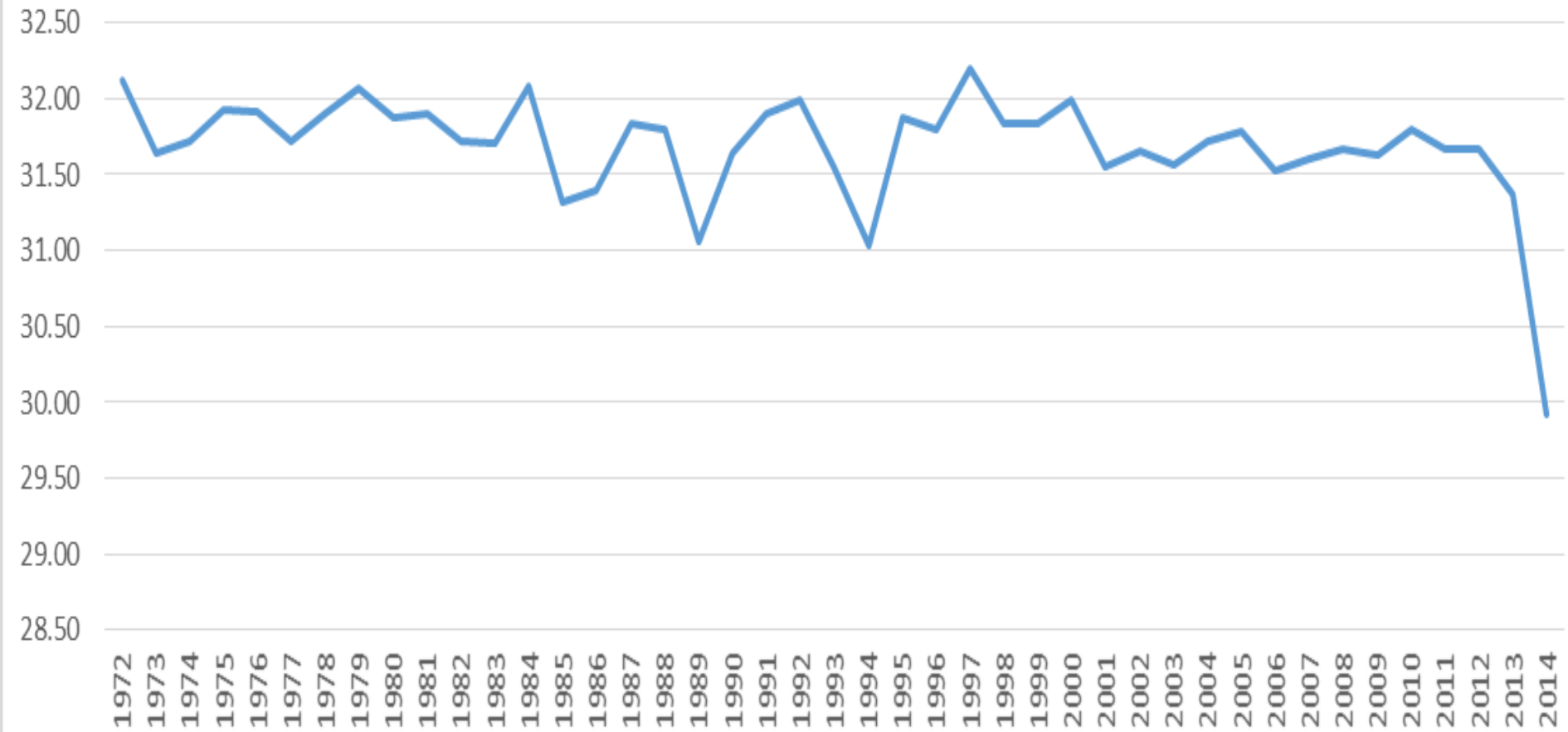
Sapanca Gölü Kot (m) - Hacim (hm<sup>3</sup>) Grafiği





# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

Sapanca Gölü Uzun Yıllar Ortalama Kot Grafiği (m)







# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



Gölden Çekilen Su Miktarı	Seviyedeki Azalma Miktarı
500 000 m <sup>3</sup>	1.1 cm
1 milyon m <sup>3</sup>	2.21 cm
2 milyon m <sup>3</sup>	4.42 cm
3 milyon m <sup>3</sup>	6.63 cm
4 milyon m <sup>3</sup>	8.84 cm
5 milyon m <sup>3</sup>	11.06 cm
6 milyon m <sup>3</sup>	13.27 cm
7 milyon m <sup>3</sup>	15.48 cm
8 milyon m <sup>3</sup>	17.69 cm
9 milyon m <sup>3</sup>	19.91 cm
10 milyon m <sup>3</sup>	22.12 cm
11 milyon m <sup>3</sup>	24.33 cm
12 milyon m <sup>3</sup>	26.54 cm
13 milyon m <sup>3</sup>	28.76 cm
14 milyon m <sup>3</sup>	30.97 cm
15 milyon m <sup>3</sup>	33.18 cm
16 milyon m <sup>3</sup>	35.39 cm
17 milyon m <sup>3</sup>	37.61 cm
18 milyon m <sup>3</sup>	39.82 cm
19 milyon m <sup>3</sup>	42.03 cm

Gölden Çekilen Su Miktarı	Seviyedeki Azalma Miktarı
20 milyon m <sup>3</sup>	44.24 cm
25 milyon m <sup>3</sup>	55.30 cm
30 milyon m <sup>3</sup>	66.37 cm
35 milyon m <sup>3</sup>	77.43 cm
40 milyon m <sup>3</sup>	88.49 cm
45 milyon m <sup>3</sup>	99.55 cm
50 milyon m <sup>3</sup>	110.61 cm
55 milyon m <sup>3</sup>	121.68 cm
60 milyon m <sup>3</sup>	132.74 cm
65 milyon m <sup>3</sup>	143.80 cm
70 milyon m <sup>3</sup>	154.86 cm
75 milyon m <sup>3</sup>	165.92 cm
80 milyon m <sup>3</sup>	176.99 cm
85 milyon m <sup>3</sup>	188.05 cm
90 milyon m <sup>3</sup>	199.11 cm
95 milyon m <sup>3</sup>	210.17 cm
100 milyon m <sup>3</sup>	221.23 cm
110 milyon m <sup>3</sup>	243.36 cm
120 milyon m <sup>3</sup>	265.48 cm
130 milyon m <sup>3</sup>	287.61 cm
140 milyon m <sup>3</sup>	309.73 cm
150 milyon m <sup>3</sup>	331.85 cm
160 milyon m <sup>3</sup>	353.98 cm





# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



DSİ Genel Müdürlüğü tarafından havzada 45 yer altı suyu kuyu ruhsatı ile toplamda 4.6 milyon m<sup>3</sup>/yıl tahsis bulunmaktadır.

DSİ Genel Müdürlüğü tarafından Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne 30 milyon m<sup>3</sup>/yıl, Sakarya Büyükşehir Belediyesine 67.32 milyon m<sup>3</sup>/yıl, tahsis yapıldığı bilinmektedir.

İl Özel İdareleri ve Belediyeler tarafından su şişeleme tesislerine yaklaşık 5 milyon m<sup>3</sup>/yıl tahsis bulunmaktadır.

Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından gölü besleyen dereler üzerinde 3 adet su ürünleri yetiştiriciliği tesisi için toplam 4.73 milyon m<sup>3</sup>/yıl su kullanım izni verilmiştir.

Milli Emlak Genel Müdürlüğü tarafından gölü besleyen çeşitli derelerden toplam 0.7 milyon m<sup>3</sup>/yıl su civar köylere ve Sapanca Belediyesi'ne tahsis edilmiştir.

TÜPRAŞ yaklaşık 10 milyon m<sup>3</sup>/yıl.

**TOPLAM: Yaklaşık 120 milyon m<sup>3</sup>/yıl**



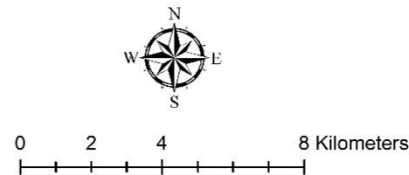
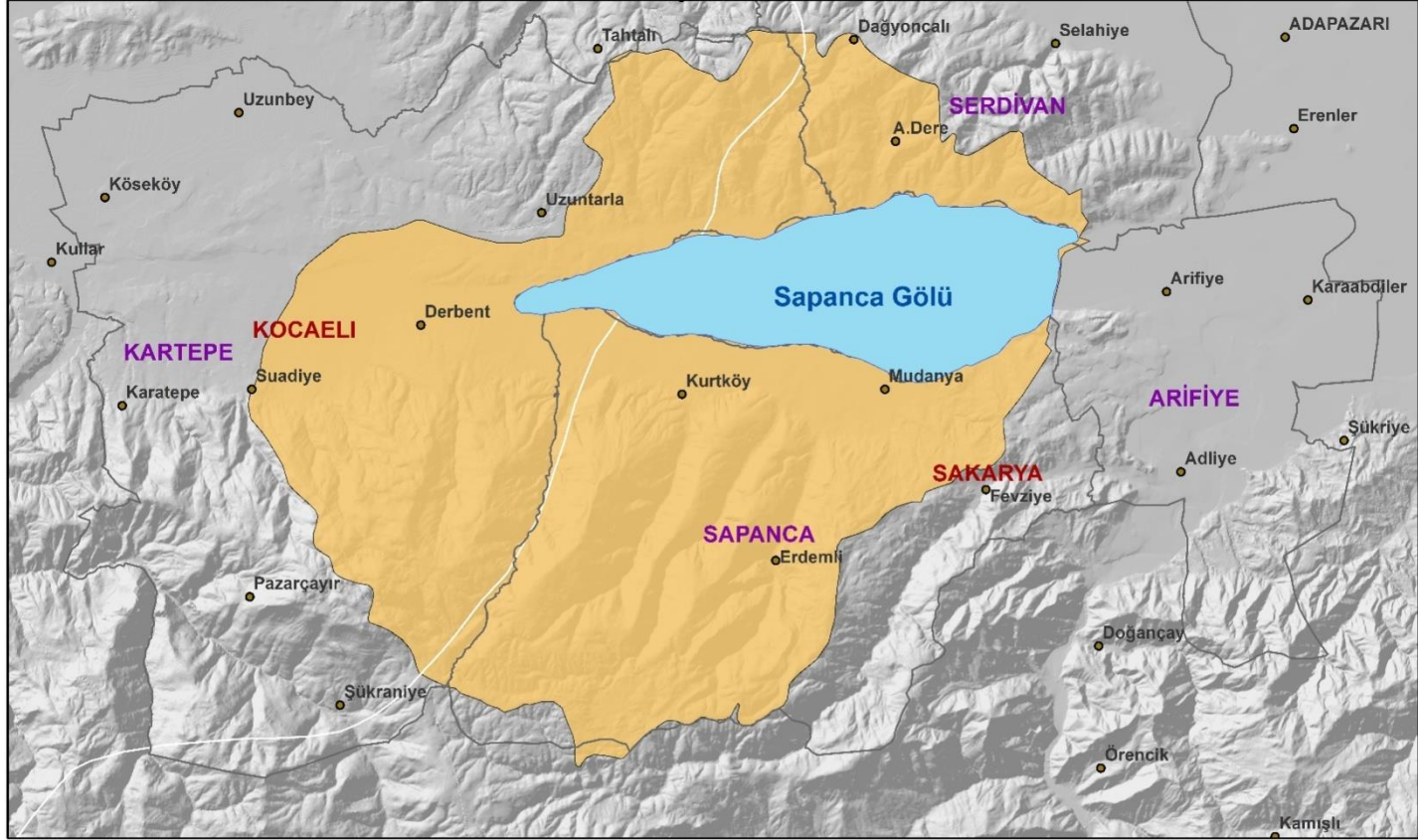
## Nüfus ve Yerleşim

Sapanca Gölü havzası Kocaeli ve Sakarya illeri sınırları içinde kalmaktadır. Kocaeli iline bağlı olan Kartepe ilçesi ve Sakarya iline bağlı olan Serdivan, Arifiye ve Sapanca ilçeleri havza içerisinde yer almaktadır. Tablo'da Sapanca Gölü havzasında yer alan ilçe ve mahalleler gösterilmektedir. 2013 yılında havzanın nüfusu 88 836, 2014 yılında ise 90 385'tir.

Mahalle	İlçe	İl
Mahmudiye, Balkaya, Ünlice, Gazipaşa, Yeni, Camicedit, Güldibi, Tepebaşı, Soğuksu, Hasanpaşa, Çayıçi, Yavuz Selim, Yanık, Kurtköy Fatih, Muradiye, Dibektaş, Göl, Rüstempaşa, Uzunkum, Nailiye, İlmiye, Kuruçeşme, Memnuniye, Hacımercan, Şükriye	Sapanca	Sakarya
Fatih, Arifbey	Arifiye	Sakarya
Esentepe, Dağyoncalı, İstanbuldere, Yukarıdereköy, Aşağıdereköy	Serdivan	Sakarya
Körfez, Bağdat, Kazakburun, Kartepe, İbrikdere, Kestanelik, Uzuntarla, Hikmetiye, Marmara, Eski Eşme, Fatih Sultan Mehmet, Selçuklu, Çınarlı, Yavuz Sultan Selim, Suadiye Orta, Yeni Eşme, Emek, Soğuksu, Tepetarla, Balaban, Altıoluk, Üst, Eşme Ahmediye, Şirinsulhiye, Avluburun, Nusretiye	Kartepe	Kocaeli



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



- Sapanca Gölü
- Yerleşimler
- İlçe Sınır
- İl Sınır
- Sapanca Havzası
- Türkiye Havza Sınırları



Sapanca Gölü havzasında yer alan mahallelerin 2013 yılından önceki nüfuslarına ulaşamadığı için nüfus projeksiyonu Kocaeli ve Sakarya illerindeki nüfus artış oranlarının ortalaması alınarak yapılmıştır.

Nüfus projeksiyonunun gerçekçi olabilmesi adına Türkiye'deki doğum oranının düşüşü göz önüne alınarak söz konusu illerin 2007'den sonraki nüfusları dikkate alınmıştır.

Tablo'da Kocaeli ve Sakarya illerinin 2007 - 2014 arasındaki nüfusları gösterilmektedir. Buna göre Kocaeli ilindeki ortalama nüfus artış oranı 0.0261 ve Sakarya ilindeki ortalama nüfus artışı 0.0158 olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda Sapanca Gölü havzası için öngörülen nüfus artış oranı 0.02095'tir.

İl	Yıl	Nüfus	İl	Yıl	Nüfus
Kocaeli	2014	1 722 975	Sakarya	2014	932 706
	2013	1 676 202		2013	917 373
	2012	1 634 691		2012	902 267
	2011	1 601 720		2011	888 556
	2010	1 560 138		2010	872 872
	2009	1 522 408		2009	861 570
	2008	1 490 358		2008	851 292
	2007	1 437 926		2007	835 222



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

Yıl	Kocaeli Nüfus Projeksiyonu	Sakarya Nüfus Projeksiyonu	Sapanca Gölü Havzası Nüfus Projeksiyonu
2015	1 767 944	947 442	92 278
2020	2 011 023	1 024 693	102 358
2025	2 287 523	1 108 243	113 539
2030	2 602 040	1 198 605	125 941
2035	2 959 800	1 296 334	139 698
2040	3 366 749	1 402 032	157 957
2045	3 829 651	1 516 349	171 883
2050	4 356 199	1 639 986	190 654



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI



## İklim ve Meteoroloji

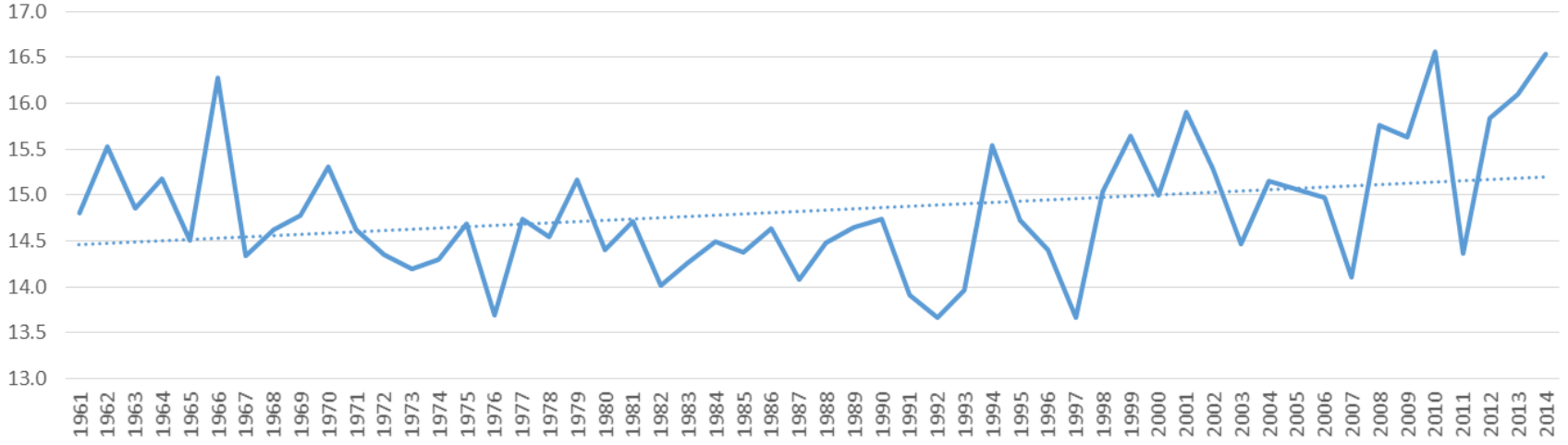
Sapanca Gölü havzasının iklimi karasal Karadeniz iklimi ve Ege ve Akdeniz kıyılarında görülen Akdeniz iklimleri arasında geçiş niteliğindedir. (Şensoy ve ark, 2008).

Havza civarında veri eksikliği en az olan, en uzun süreyle ölçümler yapılmış ve havzayı en iyi şekilde temsil ettiği düşünülen Kocaeli meteoroloji istasyonu verileri üzerinden iklim ve meteoroloji çalışılmıştır.



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

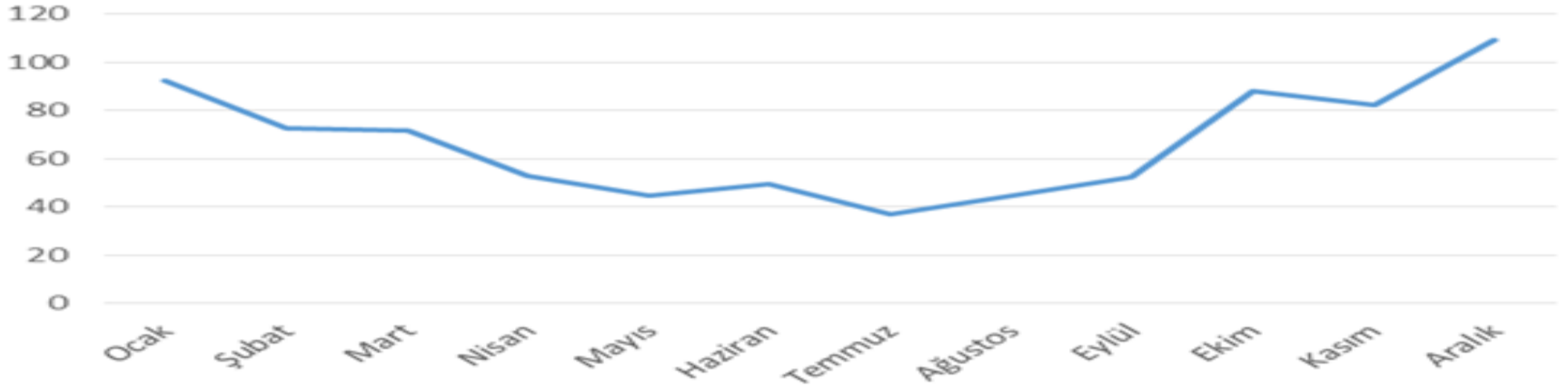
1961 - 2014 Yılları Arasında Ortalama Sıcaklık (°C)



**1961 yılından 2014'e kadar olan süreçte ölçümlerden çıkan ortalama sıcaklık grafiğinde eğilim eğrisi çizildiğinde sıcaklığın bir miktar artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum küresel iklim değişikliğinin havzaya bir yansıması olarak değerlendirilebilir.**

# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

1961 - 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama Yağış  
(mm)

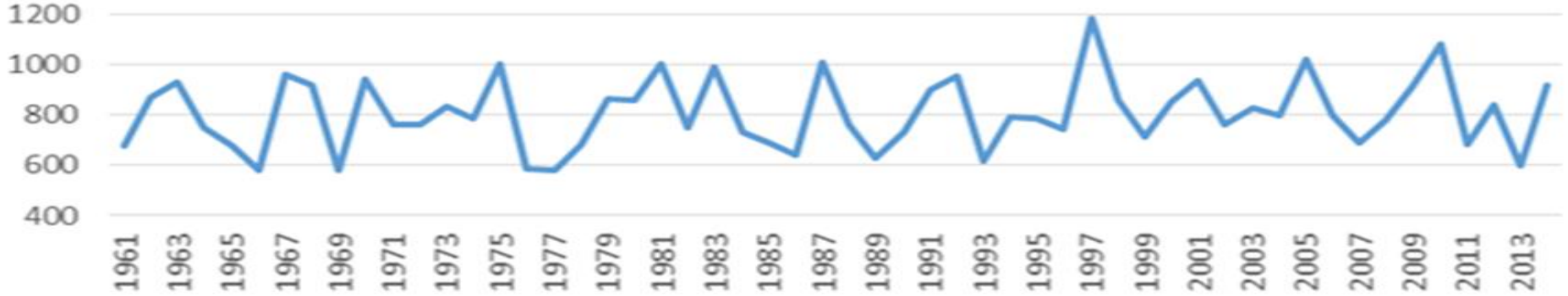


Havzada 1961 - 2014 yılları arasında gerçekleşen ortalama yağış **797.8 mm**'dir. Aylık ölçümler incelendiğinde yaz aylarında yağışların azaldığı ve kış aylarında en yüksek seviyelerine ulaştığı görülmektedir. **Türkiye yağış ortalamasının 643 mm. olduğu göz önüne alınırsa havza Türkiye ortalamasının 1.25 katı kadar yağış almaktadır.**



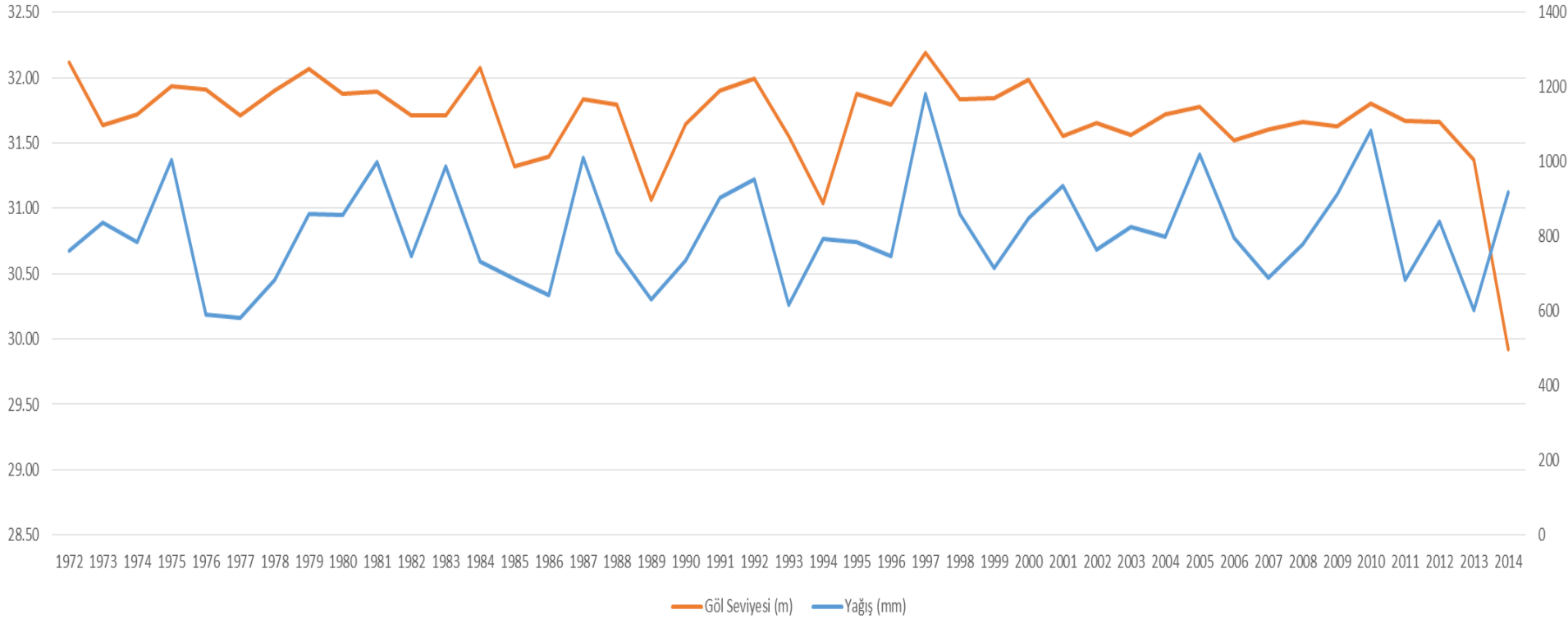
# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

1961 - 2014 Yılları Arasında Ortalama Yağış (mm)



**1961 - 2014 yılları arasındaki ortalama yağış grafiğine bakıldığında en az yağışın 1977 yılında 579.3 mm olarak düştüğü görülmektedir. Son on yıllık süreçte ise en az yağış 2013 yılında 601.1 mm. olarak gerçekleşmiştir. Havzada görülen en fazla yağış ise 1997 yılındaki 1180.8 mm.'lik yağıştır.**

Sapanca Gölü Yağış (mm) - Göl Seviyesi (m)

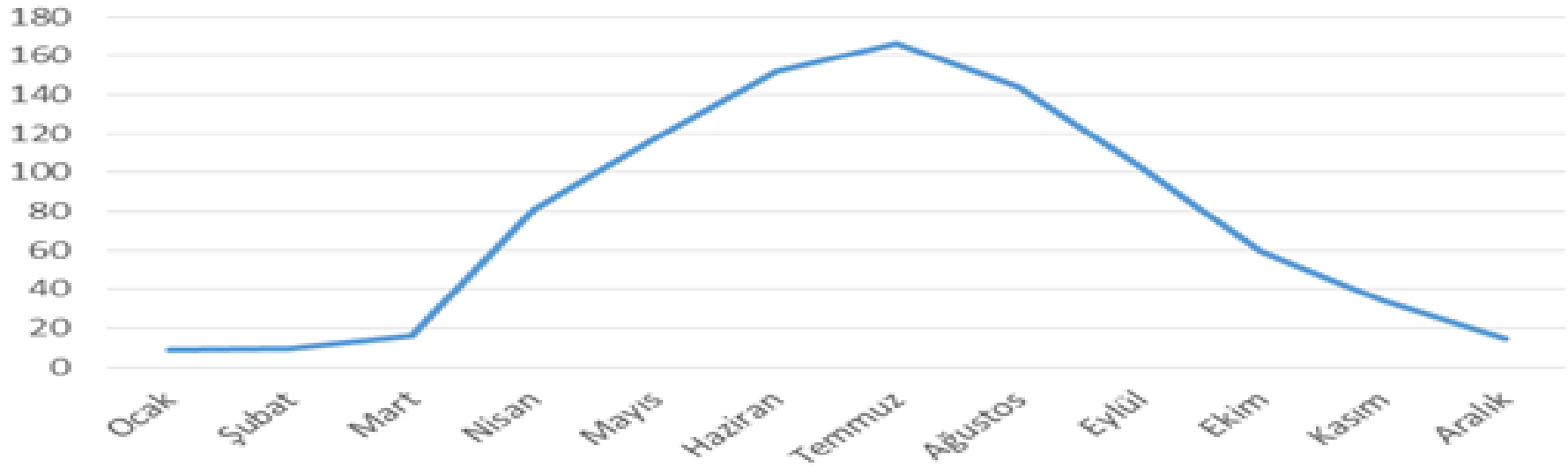


**Grafikten de anlaşılacağı üzere havzaya düşen yağış miktarı ile göl seviyesi arasında bir paralellik görülmektedir.**



# SAPANCA GÖLÜ HAVZASI

1971- 2014 Yılları Arasında Aylık Ortalama  
Buharlaşma (mm)



1971 - 2014 yılları arasında gerçekleşen yıllık ortalama buharlaşma **905.3 mm** olarak gerçekleşmiştir. Buharlaşmanın **en yüksek seviyeleri haziran - temmuz - ağustos aylarındadır.**

# SAPANCA GÖLÜ HAVZASINDA YAĞIŞLI DÖNEM VE KURAK DÖNEM SU BÜTÇESİ HESAPLAMALARI



**Meteorolojik kuraklık belirli bir zaman periyoduna ait normallerden meydana gelen sapma olarak tanımlanmaktadır.**

**1981 Mart - 1982 Şubat arasında, ve 2009 su yıllarında havzadaki ortalama yağış olan 797.8 mm.'den daha fazla yağış meydana geldiği gözlemlendiğinden dolayı söz konusu yıllar için yağışlı dönem su bütçesi hesaplanmıştır.**

**1977 su yılında ise havzadaki ortalama yağışın çok altında bir yağış gerçekleşmesi sebebiyle ve 2014 su yılında ise gölden su çekiminin maksimum seviyelerine ulaştığı görülmesiyle bu yıllar için kurak dönem su bütçesi hesaplanmıştır.**

## YAĞIŞLI DÖNEM

### 1981 Mart - 1982 Şubat Arasında Sapanca Gölü Su Bütçesi Akışlar

Dere Adı	1981 Mart - 1982 Şubat Ortalama Debi (m <sup>3</sup> /s)
Sarp Deresi	0.048
Keçi Deresi	0.111
İstanbul Deresi	0.303
Mahmudiye Deresi	0.492
Kurtköy (Kuruçay) Deresi	0.499
Yanık Deresi	0.158
<b>Balikhane Deresi</b>	<b>1.050</b>
Eşme (Maden) Deresi	0.380
Karaçay Deresi	0.550
Arifiye Deresi	0.063
<b>Toplam</b>	<b>3.654</b>

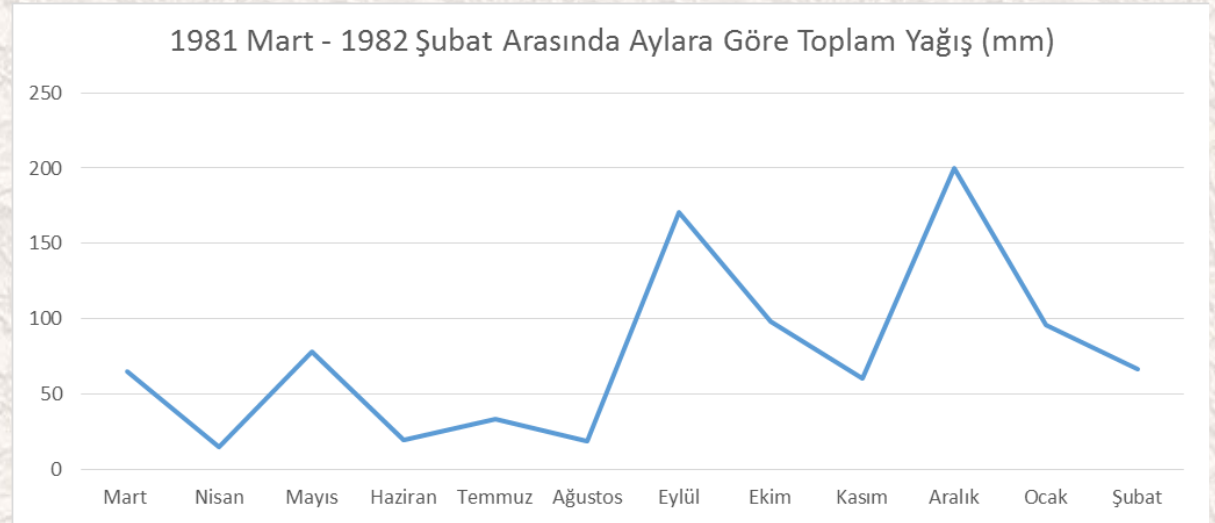
Buna göre Sapanca Gölü'nü 1981 Mart - 1982 Şubat arasında en çok besleyen dere **1.050 m<sup>3</sup>/s'lik** ortalama debisiyle Balikhane Deresi'dir. Toplam ortalama debi ise **3.645 m<sup>3</sup>/s** olarak gerçekleşmiştir. Bu ise Sapanca Gölü'ne yılda **115.23 hm<sup>3</sup> su girişi** anlamına gelmektedir.



## Yağış

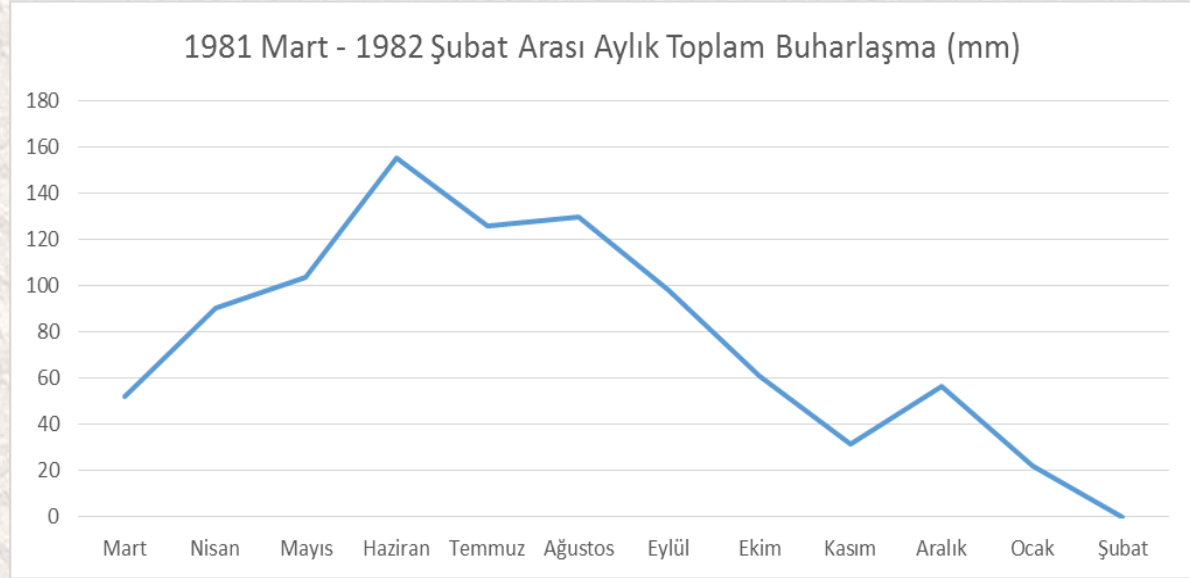
Ay	Toplam Yağış (mm)
Mart	65.4
<b>Nisan</b>	<b>14.7</b>
Mayıs	78.2
Haziran	19.5
Temmuz	33.3
Ağustos	18.8
Eylül	170.5
Ekim	98.2
Kasım	60.4
<b>Aralık</b>	<b>199.6</b>
Ocak	95.8
Şubat	66.4
<b>Toplam</b>	<b>920.8</b>

**1981 Mart - 1982 Şubat arasında havzaya düşen yağış 920.8 mm. olarak ölçülmüştür. En fazla yağış 199.6 mm. ile aralık ayında, en az yağış ise 14.7 mm. ile nisan ayında gerçekleşmiştir.**



## Buharlaşma

Ay	Toplam Buharlaşma (mm)
Mart	52.2
Nisan	90.5
Mayıs	103.8
Haziran	155.2
Temmuz	126
Ağustos	129.8
Eylül	97.9
Ekim	60.9
Kasım	31.2
Aralık	56.3
Ocak	21.9
Şubat	0
Toplam	925.7



1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaşma miktarı **925.7 mm**'dir. En yüksek buharlaşma **155.2 mm.** ile haziran ayında gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü ay **0 mm.** ile şubat ayıdır

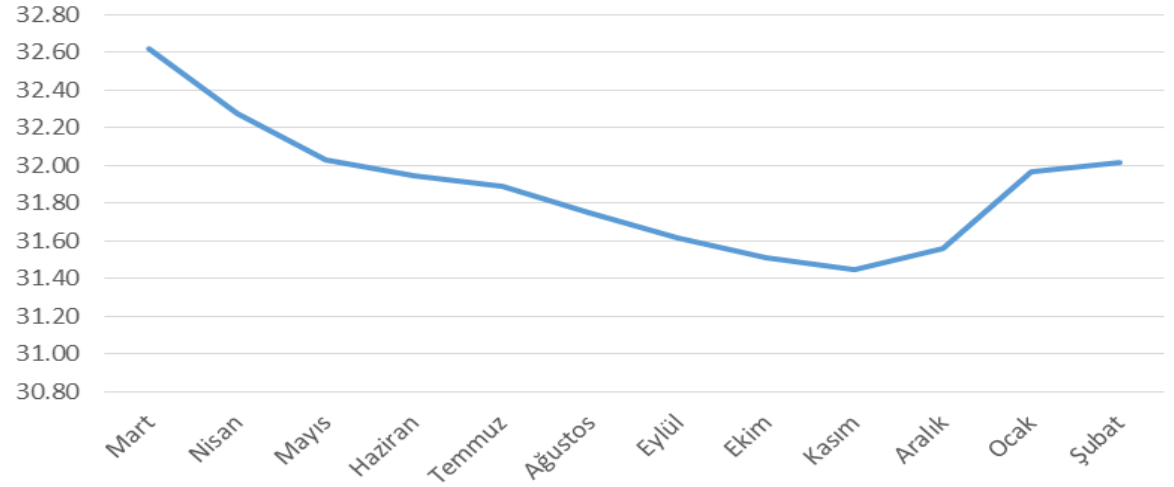


# SU BÜTÇESİ HESAPLAMALARI

## Hacim Değişimi

Ay	Seviye (m)
<b>Mart</b>	<b>32.62</b>
Nisan	32.27
Mayıs	32.03
Haziran	31.94
Temmuz	31.89
Ağustos	31.75
Eylül	31.61
Ekim	31.51
Kasım	31.44
Aralık	31.56
Ocak	31.97
Şubat	32.02
<b>Ortalama</b>	<b>31.88</b>

1981 Mart - 1982 Şubat Arası Aylık Kot Ölçümleri (m)



Başlangıç Kotu (m) – 1 Mart 1981	32.62
Bitiş Kotu (m) – 1 Mart 1982	31.92
Başlangıç Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Mart 1981	47.53
Bitiş Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Mart 1982	46.69
Başlangıç Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Mart 1981	1376.65
Bitiş Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Mart 1982	1343.56
<b>Hacim Değişimi (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>-33.09</b>
<b>Ortalama Seviye (m)</b>	<b>31.88</b>
<b>Ortalama Yüzey alanı (km<sup>2</sup>)</b>	<b>46.64</b>

## Su Bütçesi Hesabı

1981 Mart - 1982 Şubat arasında Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi;

Akışlardan Göle Gelen Su + Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su – Gölden Buharlaştıran Su – Gölden Kullanılan Su = Hacim Değişimi

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaştıranla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
1981 Mart - 1982 Şubat	Yağışlı Dönem	115.23	42.94	30.22	-33.09	-	161.04	161.04



## YAĞIŞLI DÖNEM

### 2009 Su Yılı Bütçesi

2009 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

Akışlardan Göle Gelen Su + Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su – Gölden Buharlaştan Su – Gölden Kullanılan Su – Çark Deresinden Çıkan Su = Hacim Değişimi

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaştanla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
2009 Su yılı	Yağışlı Dönem	147.62	43.70	27.38	-8.23	57.01	115.17	172.18

## KURAK DÖNEM

### 1977 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi c Katsayısı Hesabı ve Akışlar

Zaman Aralığı	Q (hm <sup>3</sup> )	i (mm)	A (km <sup>2</sup> )	c
1981 Mart - 1982 Şubat	115.23	920.8	300	0.416
2009 Su Yılı	147.62	944	300	0.521
Ortalama				0.473

Buna göre  $Q=c.i.A$  formülasyonunda ilgili değerler yerine konulduğunda 77.3 hm<sup>3</sup>'lük bir akış elde edilmiştir.



## Su Bütçesi Hesabı

1977 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

Akışlardan Göle Gelen Su + Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su – Gölden Buharlaştıran Su – Gölden Kullanılan Su – Çark Deresinden Çıkan Su = Hacim Değişimi

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaştıranla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
1977 Su Yılı	Kurak Dönem	77.3	25.38	37.17	-14.67	-	80.18	80.18

## KURAK DÖNEM

### 2014 Su Yılı Sapanca Gölü Su Bütçesi c Katsayısı Hesabı ve Akışlar

Zaman Aralığı	Q (hm <sup>3</sup> )	i (mm)	A (km <sup>2</sup> )	c
1981 Mart - 1982 Şubat	115.23	920.8	300	0.416
2009 Su Yılı	147.62	944	300	0.521
Ortalama				<b>0.473</b>

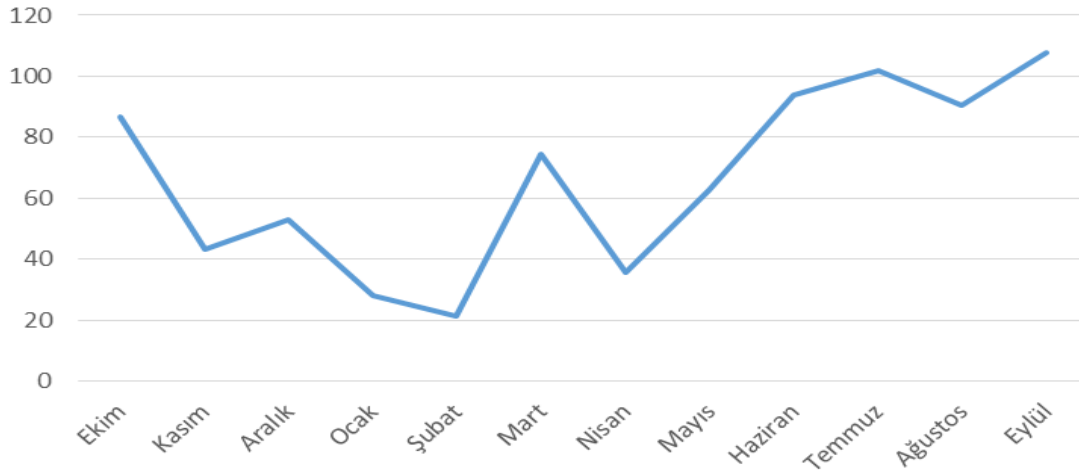
Sapanca Gölü havzasında 2014 su yılı için c katsayısı 1981 Mart - 1982 Şubat, ve 2009 su yılı için hesaplanan c katsayılarının ortalaması yani **0.473** olarak kabul edilmiştir. Buna göre  $Q=c.i.A$  formülasyonunda ilgili değerler yerine konulduğunda **113.43 hm<sup>3</sup>'lük bir akış elde edilmiştir.** Bunun yanı sıra 2014 su yılında Çark Deresi'nden herhangi bir su çıkışı gözlenmemiştir.



## Yağış

2014 su yılı içerisinde havzaya düşen yağış **799.4 mm.** olarak ölçülmüştür. **En fazla yağış 107.6 mm.** ile eylül ayında, **en az yağış ise 21.3 mm.** ile şubat ayında gerçekleşmiştir.

2014 Su Yılı Aylık Toplam Yağış (mm)

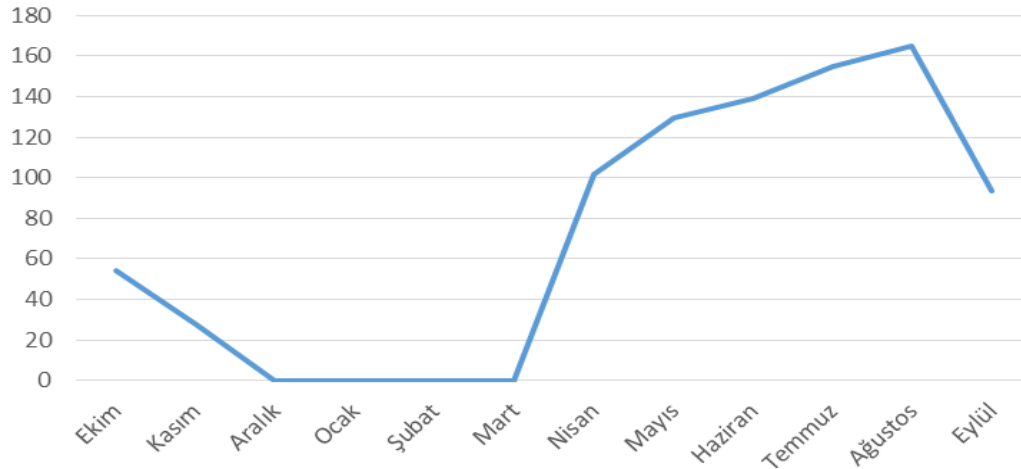


Ay	Toplam Yağış (mm)
Ekim	86.8
Kasım	43.4
Aralık	53.1
Ocak	28
Şubat	21.3
Mart	74.3
Nisan	35.8
Mayıs	62.7
Haziran	93.9
Temmuz	101.9
Ağustos	90.6
Eylül	107.6
Toplam	799.4

## Buharlaştırma

2014 su yılı için Sapanca Gölü havzasında gerçekleşen toplam buharlaştırma miktarı 865.6 mm'dir. En yüksek buharlaştırma 165.2 mm. ile ağustos ayında gerçekleşirken en az buharlaşmanın görüldüğü aylar ise 0 mm. ile aralık, ocak, şubat ve mart aylarıdır.

2014 Su Yılı Aylık Toplam Buharlaştırma (mm)

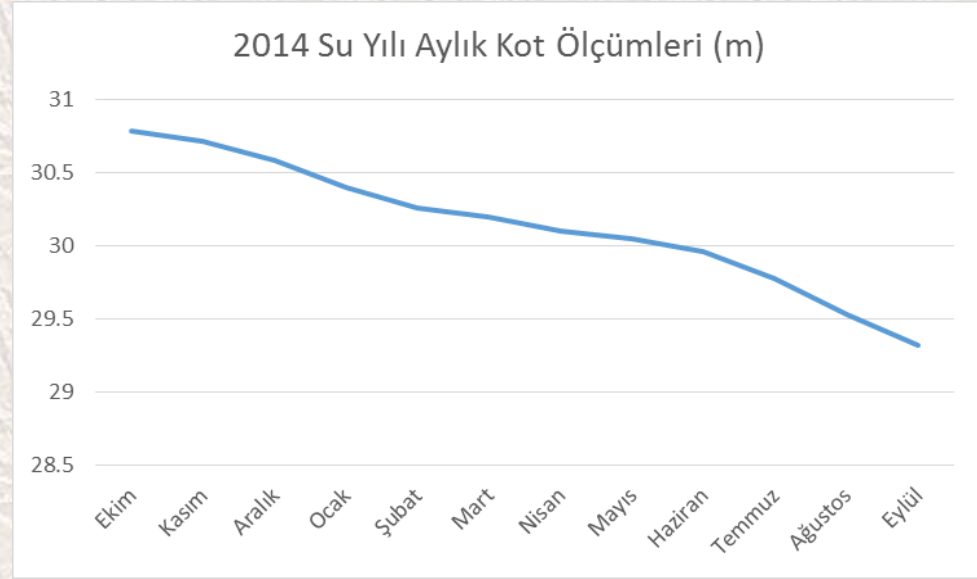


Ay	Toplam Buharlaştırma (mm)
Ekim	54.3
Kasım	27.4
Aralık	0
Ocak	0
Şubat	0
Mart	0
Nisan	101.9
Mayıs	129.4
Haziran	139.2
Temmuz	154.8
Ağustos	165.2
Eylül	93.4
Toplam	865.6



## Hacim Değişimi

Ay	Seviye (m)
Ekim	30.79
Kasım	30.72
Aralık	30.59
Ocak	30.4
Şubat	30.26
Mart	30.20
Nisan	30.10
Mayıs	30.05
Haziran	29.96
Temmuz	29.78
Ağustos	29.53
Eylül	29.32
<b>Ortalama Seviye (m)</b>	<b>30.14</b>



Başlangıç Kotu (m) – 1 Ekim 2013	30.79
Bitiş Kotu (m) – 1 Ekim 2014	29.34
Başlangıç Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2013	45.13
Bitiş Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> ) – 1 Ekim 2014	43.43
Başlangıç Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2014	1291.69
Bitiş Hacmi (hm <sup>3</sup> ) – 1 Ekim 2014	1227.48
<b>Hacim Değişimi (hm<sup>3</sup>)</b>	<b>-64.21</b>
Ortalama Seviye (m)	30.14
Ortalama Yüzey alanı (km <sup>2</sup> )	44.37

## Su Bütçesi Hesabı

2014 su yılı için Sapanca Gölü için hazırlanan su bütçesi

Akışlardan Göle Gelen Su + Yağışlardan Göl Yüzeyine Gelen Su – Gölden Buharlaştıran Su – Gölden Kullanılan Su – Çark Deresinden Çıkan Su = Hacim Değişimi

formülü kullanılarak hesaplanacaktır.

Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaştıranla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
2014 Su Yılı	Kurak Dönem	113.43	35.46	26.88	-64.21	0	186.22	186.22



# ÇEŞİTLİ SENARYOLAR IŞIĞINDA SAPANCA GÖLÜ

Senaryo	Günlük Kişi Başı Su Tüketim	İçme ve Kullanma Suyu Amacı Dışında Gölden Çekilen Su Miktarı	Kayıp Kaçak Oranı	Sapanca Gölü'nün Yıllık Verimi	Hizmet Edilebilecek Olan Nüfus
1	150 lt/gün	0	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 095 890
2	150 lt/gün	0	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 643 835
3	150 lt/gün	0	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 972 602
4	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	958 904
5	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 438 356
6	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 726 027
7	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	821 917
8	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 232 876
9	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 479 452
10	200 lt/gün	0	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	821 917
11	200 lt/gün	0	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 232 876
12	200 lt/gün	0	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 479 452
13	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	719 178
14	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 078 767
15	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 294 520
16	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	616 438
17	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	924 657
18	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	120 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 109 589



Senaryo	Günlük Kişi Başı Su Tüketim	İçme ve Kullanma Suyu Amacı Dışında Gölden Çekilen Su Miktarı	Kayıp Kaçak Oranı	Sapanca Gölü'nün Yıllık Verimi	Hizmet Edilebilecek Olan Nüfus
19	150 lt/gün	0	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 242 009
20	150 lt/gün	0	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 863 013
21	150 lt/gün	0	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	2 235 616
22	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 105 022
23	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 657 534
24	150 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 989 041
25	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	968 036
26	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 452 054
27	150 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 742 465
28	200 lt/gün	0	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	931 506
29	200 lt/gün	0	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 397 260
30	200 lt/gün	0	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 676 712
31	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	828 767
32	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 243 150
33	200 lt/gün	15 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 491 780
34	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%50	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	726 027
35	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%25	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 089 041
36	200 lt/gün	30 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	%10	136 000 000 m <sup>3</sup> /yıl	1 306 849

# SONUÇ VE DEĞERLENDİRME



Su Bütçesi Dönemi	Kurak veya Yağışlı Dönem	Akışlarla Gelen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Yağışlarla Direkt Göl Aynasına Düşen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Buharlaşıyla Direkt Göl Aynasından Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Hacim Değişimi (hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )	Gölden Çekilen Su Miktarı(hm <sup>3</sup> )	Çark Deresinden Çıkan Su Miktarı + Gölden Çekilen Su Miktarı (hm <sup>3</sup> )
1977 Su Yılı	Kurak Dönem	77.3	25.38	37.17	-14.67	-	80.18	80.18
1981 Mart - 1982 Şubat	Yağışlı Dönem	115.23	42.94	30.22	-33.09	-	161.04	161.04
2009 Su yılı	Yağışlı Dönem	147.62	43.70	27.38	-8.23	57.01	115.17	172.18
2014 Su Yılı	Kurak Dönem	113.43	35.46	26.88	-64.21	0	186.22	186.22

<b>Yıl</b>	<b>Yıllık Net Besleme – Yıllık Verim (hm<sup>3</sup>/yıl)</b>
<b>1977 Su Yılı (Kurak Dönem)</b>	<b>65.51</b>
<b>1981 Mart – 1982 Şubat (Yağışlı Dönem)</b>	<b>127.95</b>
<b>2009 Su Yılı (Yağışlı Dönem)</b>	<b>163.94</b>
<b>2014 Su Yılı (Kurak Dönem)</b>	<b>122.01</b>



**Yıllık göl veriminin yeniden ve dinamik bir şekilde yenilenmesi gerekmektedir.**

**Yapılan çalışma çerçevesinde, kullanılabilir iyi nitelikte bir kaynak olarak Sapanca Gölü'nün yersel ve zamansal bilgisine sahip olunması, belirli taleplere yönelik olarak suyun yeterli kalite ve miktarına ilişkin zamansal değişkenliğinin tasavvur edilebilmesi ihtiyacı aşikârdır. Bu nedenle gölü besleyen akım verilerinin bir ölçüm sistemi ile kayıt altına alınmaması temel sıkıntılardan biri olarak göze çarpmaktadır.**

**Sapanca Gölü havzasında ölçülen sıcaklıkların yükselme eğiliminde oldukları göz önüne alınırsa küresel iklim değişikliğinin etkilerinin havzada ilerleyen zamanlarda artarak devam edebileceği görülmektedir. Buna mukabil olarak gölün işletmesinin yapılacak olan bir modelleme çalışması ile programlanması uygun görünmektedir.**

**Sapanca Gölü'nün yeraltı suyu beslenimi ve yeraltı suyuna boşalımı hususunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu konunun aydınlığa kavuşturulması gerekmektedir.**



Yapılan nüfus projeksiyonları gölden yararlanacak olan nüfusun giderek artacağını işaret etmektedir. Bu bağlamda su verimliliği ile ilgili olarak ciddi yatırımlara ihtiyaç olduğu aşikârdır ve bu, göle alternatif kaynakların detaylı şekilde araştırılmasını elzem kılmaktadır.

Göl yüzeyinden direkt olarak buharlaşma ile çıkan su miktarı yıllık bazda 26.88 hm<sup>3</sup> ve 37.17 hm<sup>3</sup> arasında değişmekte olup buharlaşmanın azaltılmasına dair gölde ve havzada çeşitli önlemler alınması önem arz etmektedir. Zira belirtilen miktarlardaki kayıplar şebekedeki kayıplar 0 ve günlük kişi başı tüketim 150 lt. olarak varsayıldığında 490 000 kişi ile 678 000 kişinin su ihtiyacına denk düşmektedir.



**Sapanca Gölü Su Bütçesi Hesaplamaları Özet'inde görüldüğü üzere akışlarla (77.3 hm<sup>3</sup>/yıl ile 147.62 hm<sup>3</sup>/yıl aralığında) ve göl yüzeyine direkt olan düşen su miktarı (25.38 hm<sup>3</sup>/yıl ile 45.19 hm<sup>3</sup>/yıl aralığında) yıldan yıla çok büyük farklılıklar göstermektedir. Gerçekçi bir modelleme yaklaşımıyla ilgili veriler göz önüne alınarak meteorolojik tahminler çerçevesinde gölün işletmesi yeniden gözden geçirilebilir. Ayrıca Çark Deresi'nden çıkan su miktarı (0 hm<sup>3</sup>/yıl ile 79.34 hm<sup>3</sup>/yıl aralığında) da yıldan yıla büyük farklılıklar göstermektedir. Havzadaki ekolojik dengeyi sağlamak adına Çark Deresi'nden bırakılması gereken yıllık su miktarının hesaplanması önem arz etmektedir.**

**Gölden çekilen yıllık su miktarı 41.58 hm<sup>3</sup> ile 186.22 hm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bu büyük farkın oluşmasındaki faktörlerin yani yapılan tahsislerin kontrolünün titizlikle incelenmesi uygun görünmektedir. Su bütçesi hesabı yapılan 2 yağışlı dönemden 2'sinde de göldeki su miktarının azalması gölün işletmesinin bilimsel dayanaklarla, gerçekçi bir modelleme ile yeniden tespit edilmesini elzem kılmaktadır.**

# ÖNERİLER



- 1-Su bütçesinin ve su yönetiminin düzenli yapılabilmesi için derelerden gelen akımların düzenli olarak ölçülmesi uygun görülmektedir.
- 2-Veri temini hususunda problemlerle karşılaşılmaktadır. Sapanca Gölü havzası için bilgi sistemi kurulma çalışmaları yapılabilir.
- 3-Göl maksimum kotunun yükseltilmesi için çalışmalar yapıp belirlenecek olan yeni maksimum su kotunun uygulanabilirliği araştırılabilir.
- 4-Gölden veya gölü besleyen derelerden çekilen su miktarları net olarak bilinmemektedir, gerçek zamanlı izleme sistemlerinin kurulması uygun görünmektedir.
- 5-Geçmiş veriler incelendiğinde havzada 6-8 yıllık periyotlarla kuraklık meydana geldiği görülmektedir. İklim değişikliğinin etkilerini de içeren göl işletme modeli kurulması ve bu model kullanılarak göl işletme planının 3'er yıllık periyotlar için oluşturulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- 6-Bu tez kapsamında hesaplanan gölün yıllık veriminin ilgili kurum ve kuruluşlarca gözden geçirilerek bundan sonraki çalışmalarda dikkate alınması faydalı mütalaa edilmektedir.
- 7-Mevcut tahsisler ile gelecek dönemde yapılacak tahsislerin; kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.



- 8-Havzadaki yer altı suyu ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır, yıllık yer altı suyu verimi hesaplanmalı ve yer altı suyu tahsislerinin buna göre düzenlenmesi önem arz etmektedir.
- 9-Havzada akış katsayısını yükseltecek yani toprağın nem tutma kapasitesini arttıracak teraslama, uygun türde ağaçlandırma vb. önlemler alınabilir.
- 10-Sapanca Gölü'ne alternatif olabilecek içme suyu barajlarının işletmeye alınması gölün üzerindeki baskıları azaltacaktır.
- 11-Sapanca Gölü için Türkiye genelindeki diğer göllere örnek oluşturacak biçimde havzadaki üst düzey yöneticilerden oluşan ve sivil toplum kuruluşlarının da temsilcilerinin katılabileceği bir yönetim heyeti kurulabilir.
- 12-Sapanca Gölü'nden su temin eden sanayi kuruluşlarının alternatif kaynaklara yönlendirilmesi hususu değerlendirilmelidir. Bununla eş zamanlı olarak sanayi kuruluşlarının temiz üretim teknolojilerine geçmesi ve atıksuların yeniden proses suyu olarak kullanımı yönünde tedbirler alınması faydalı mütalaa edilmektedir.
- 13-Göl yüzeyinden direkt olarak gerçekleşen buharlaşma kayıplarının önlenmesi adına çeşitli önlemler alınması önem arz etmektedir. Göl aynasının uygun bölümlerinde alınabilecek önlemler aşağıda açıklanmaktadır:
  - Göl yüzeyinin yüzen cisimlerle kaplanması (köpük, plastik top veya levhalarla su yüzeyinin kaplanması).
  - Gelen güneş enerjisinin göle girmesini tamamen engelleyecek tarzda göl üzerinin örtülmesi (Göl üzerinin çatı formunda örtülmesinde kontraplak, alüminyum ve plastik levhalar kullanılmaktadır).
  - Göl çevresine rüzgâr kırıcıların yerleştirilmesi (Bu açıdan en uygun yöntem göl çevresinin ağaçlandırılmasıdır).
  - Gölde suyun öncelikle sıcaklığın nisbeten yüksek olduğu kısımlardan çekilmesi.
  - İnsan ve canlı hayata zararı olmayan çeşitli kimyasallar kullanılarak buharlaşma kayıplarının azaltılması.





**Arz Ederim...**