

## Burdur Gölü'nde Seviye Değişimleri<sup>1</sup>

*The water level changings in Burdur Lake*

**Murat Ataol\***

*Doğa Derneği, Ankara*

**Öz:** Burdur Gölü son 20 yılda suyunun yaklaşık dörtte birini kaybetmiştir. Su seviyesindeki düşüş günümüzde de devam etmektedir. Gölün yıllık su kaybı yaklaşık olarak 40 hm<sup>3</sup>'tür. Burdur Gölü mevcut koşullarda alanı 80 km<sup>2</sup>'ye düşene kadar su kaybedecek ve bundan sonra gölün su bütçesi dengelenecektir. Sorun büyük ölçüde göl havzasındaki sulama projeleri için çok büyük miktarda suyun doğal döngüsünden çıkarılmasından kaynaklanmaktadır. Mevcut yüzeysel sulama yöntemi yerine basınçlı sulamanın kullanılması halinde tasarruf edilecek su miktarı gölün yıllık su kaybının bir buçuk katıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Burdur Gölü, su bütçesi, havza, modelleme.

**Abstract:** Burdur Lake has lost a quarter of its water during the last 20 years. The decline in the water level is still continuing. The annual water loss of the lake is approximately 40 hm<sup>3</sup>. Under the current circumstances the decline in its water level will continue until it reaches 80 km<sup>2</sup>. At this level the water budget of the lake will balance. The main problem is that a large amount of water is extracted from its natural cycle for irrigation projects at the lake basin. The amount of water to be saved is 1.5 times the annual water loss of Burdur Lake if pressurized irrigation methods were used in place of surface irrigation methods.

**Keywords:** Burdur Lake, water budget, basin, modeling.

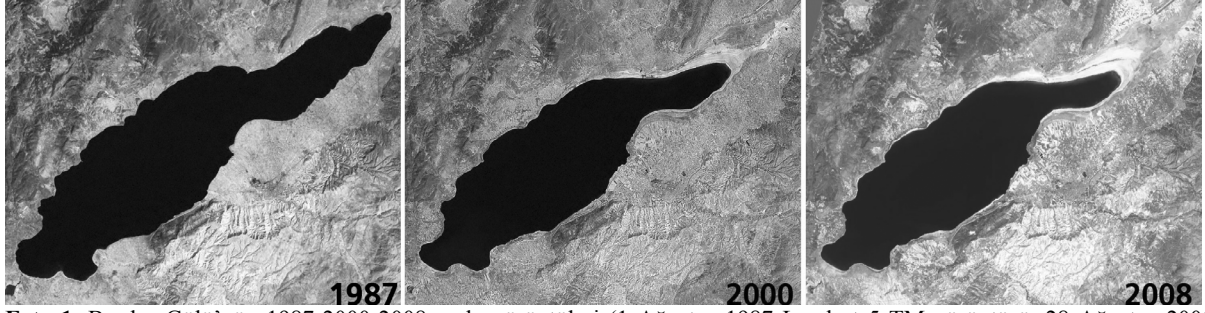
### 1. Giriş

Burdur Gölü, Göller Bölgesi'nin en büyük gölleri arasındadır. Kuşlar için önemli bir konaklama merkezi görevi gördüğü için Türkiye'nin 13 Ramsar alanından (uluslararası öneme sahip sulak alan) biri olarak tescillenmiş olup aynı zamanda Yaban Hayatı Geliştirme Sahası statüsüne sahiptir. Göl, küresel ölçekte nesli tehlike altında bir ördek türü olan dikkuyrugun (*Oxyura leucocephala*) yakın zamana kadar dünya popülasyonunun çok büyük bir kısmının kışladığı alan olup gölün tuzlu suyuna uyum sağlamış endemik balık türleri de bulunmaktadır (Arık, 2006).

Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş zonunda yer alan Burdur Gölü, 20 yıl öncesine kadar fazla dalgalanma göstermeyen bir su seviyesine sahip iken 1987 yılından itibaren sürekli su kaybetmeye başlamış, su kaybı 1987'den günümüze dek 1.65 km<sup>3</sup>'ü (hacminin yaklaşık ¼'ü) bulmuştur. Bu süreçte göl seviyesinde 9,5 metrelik alçalma meydana gelmiştir. Göl alanı 1987'de 203 km<sup>2</sup> iken günümüzde 146 km<sup>2</sup>'dir (Foto 1). Gölün maksimum derinliği 61 metreye düşmüştür.

\* İletişim: M. Ataol, e-posta: murat.ataol@dogaderneği.org

Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği kapsamında önemli sulak alanlar için koruma bölgeleri belirlenmektedir. Ancak sulak alanlar için sorunların çoğunun kaynağı bu koruma bölgelerinin içinde yer almamaktadır. Sulak alanların sorunlarını, içinde bulunduğu havzanın tamamını dikkate alarak algılamak mümkündür. Havza bazında planlama, havzadaki sorunları doğru teşhis etmemizi sağlar. Hem sorunun kaynağını hem de tüm etki sahasını gözler önüne serer.



**Foto 1.** Burdur Gölü'nün 1987-2000-2008 uydu görüntüleri (1 Ağustos 1987 Landsat 5 TM görüntüsü, 28 Ağustos 2000 Landsat 7 ETM görüntüsü, 8 Ağustos 2008 Spot 4 HRVIR görüntüsü)

## 2. Amaç

Ülkemizde barajlar inşa etmek, baraj bulunmayan bölgelerde de yeraltından çekmek suretiyle elde edilen suyun %75'i tarım arazilerinin sulanması için kullanılmaktadır (DPT, 2001). Yarıkurak iklim özelliklerine sahip bölgelerin mevcut su potansiyelleri dikkate alınmadan inşa edilen baraj ve göletler aracılığıyla havzanın suyunun büyük bir bölümü tarım alanlarına yönlendirildiğinde su kaynaklarından mahrum kalan sulak alan ekosistemleri büyük zararlar görebilmektedir. Bu çalışma ile hem Burdur Gölü hem de çevresindeki sulu tarım alanlarının su ihtiyacı üzerine veriler derlenmiş, havza bazında ekolojik ve tarımsal ihtiyaçların, mevcut tarım alanları korunarak çözümü için öneriler getirilmiştir.

## 3. Yöntem

Coğrafi bilgi sistemleri ortamında 90 metre çözünürlükte sayısal yükselti modeli kullanılarak Burdur Gölü Havzası ve alt havza sınırları oluşturulmuş, 1/100000'lik topografya haritaları yardımıyla sınırların kontrolü ve gerekli düzeltmeleri yapılmıştır.

Havzanın yağış, buharlaşma, akım verileri derlenmiştir. Havzada meteorolojik gözlemler daha önce başlamış olsa da veriler arasında uyum olması için hidrolojik ve meteorolojik verilerin aynı zaman aralığına sahip olması gerekmektedir. Devlet Su İşleri'nin bu havzadaki akım gözlem çalışmaları 1962 yılında başlamakla birlikte akarsuların göle boşalmasının gerçekleştiği noktalara yakın (dolayısıyla gölün su bütçesi hesaplamalarında kullanılmaya uygun) istasyonlar 1965 yılında kurulmuştur. Bu nedenle 1965-2008 yılları arasındaki yağış ve akım verileri kullanılmıştır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi'nin Burdur Gölü'nde seviye ölçüm çalışmaları ise 1970 yılında başlamıştır. 1970-2008 yılları arasındaki göl seviyeleri, mevsimsel farklılıkların da gösterilmesi amacıyla aylık bazda grafiğe dönüştürülmüştür. Meteoroloji istasyonlarındaki buharlaşma tavelarında suyun buharlaşması büyük su kütlelerine oranla daha fazla olduğu için buharlaşma verileri 0.75'lik tava katsayısı ile çarpılarak kullanılmıştır.

Havzanın güncel arazi örtüsü 2008 yılı Spot uydu görüntülerinden hazırlanmış ve toprak verileri derlenmiştir. Bu veriler ve günlük yağış miktarları kullanılarak eğri numarası (SCS-CN) yöntemiyle tüm alt havzaların akımları hesaplanmıştır. Burdur Gölü'nü besleyen en önemli akarsular olan Bozçay ve Suludere'nin göle karıştığı noktalara yakın konumda akım gözlem istasyonları bulunduğu için havzanın akım verilerini oluştururken bu iki akarsuyun gerçek akım değerleri, aşağı çığırlarında akım gözlem istasyonu bulunmayan diğer akarsular için eğri numarası yöntemi ile

hesaplanan değerler kullanılmıştır. Bozçay'ın gerçek akım değerleri ile eğri numarası yöntemiyle elde edilmiş akım değerleri karşılaştırılarak aradaki farkın Bozçay üzerine kurulu baraj ve göletlerden kaynaklandığı kabul edilmiş, üzerinde gölet bulunan diğer akarsuların hesaplanan akım değerlerinde de mevcut göletlerin sulama kapasitesi oranında eksiltme yoluna gidilmiştir.

Gölün batimetri eğrileri kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri ortamında göl tabanının üç boyutlu modeli hazırlanmış, su seviyesi azaldıkça göl alanındaki ve hacmindeki değişimlere ilişkin sayısal veriler ortaya çıkarılarak alan-kot-hacim grafiği oluşturulmuştur.

Oluşturulan su bütçesine göre gölün yıllık su kaybı, bu kayıplarla yıldan yıla göl alanının küçülmesi ve buna bağlı olarak göle ulaşan yağış ile göl yüzeyinden buharlaşma değerlerinin değişimi de dikkate alınarak bir modelleme yazılımı yardımıyla her yıl için ayrı ayrı hesaplanmış, gölün beslenmesiyle ilgili tüm koşulların aynı kalması durumunda 2080 yılındaki göl hacmi belirlenerek göl tabanının üç boyutlu modeli üzerindeki görünümü ortaya çıkarılmıştır.

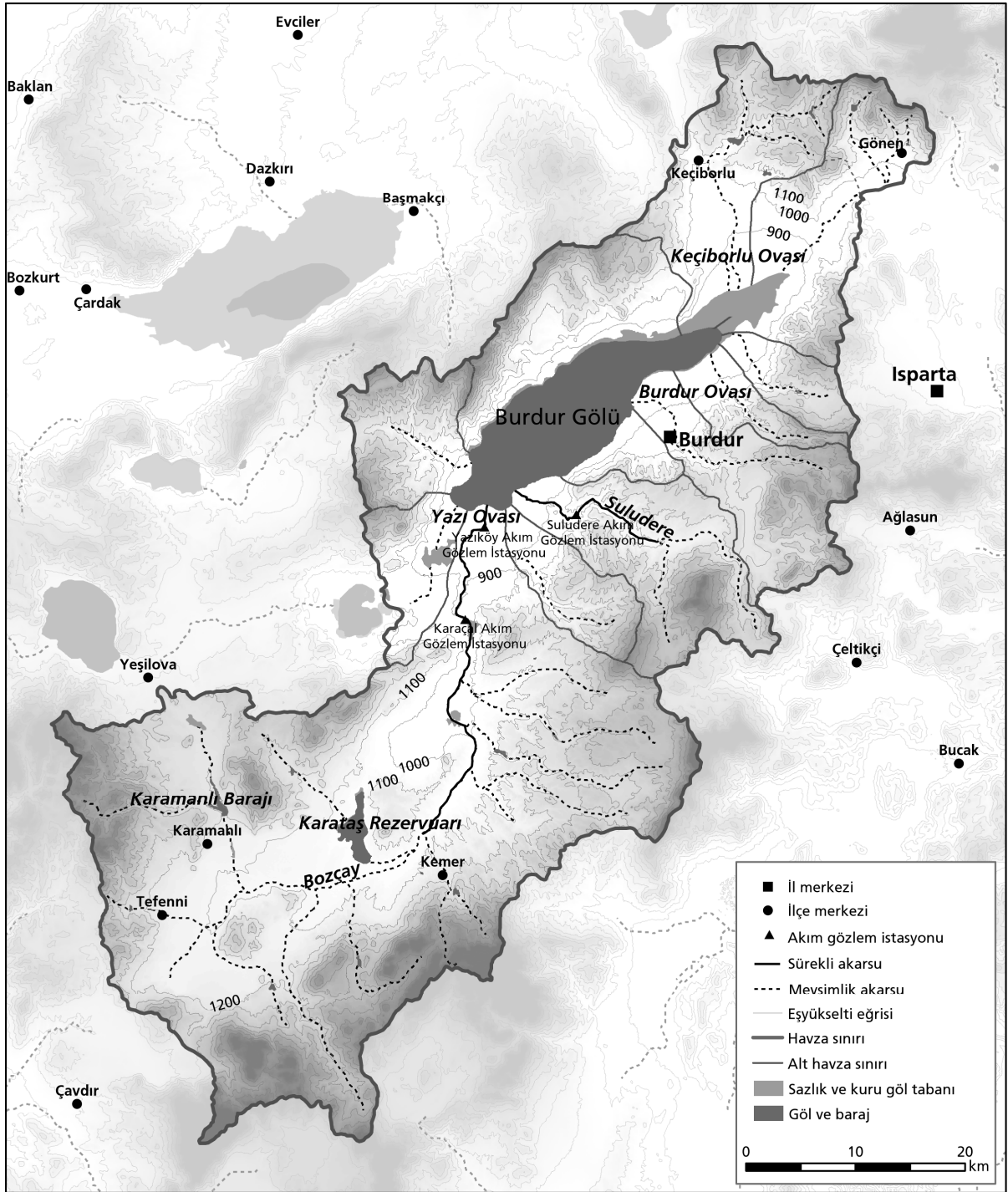
Blaney-Criddle yöntemi ile tarımda kullanılan su miktarı hesaplanmış, yağmurlama ve damla sulama yapılması halinde tasarruf edilecek miktar bulunmuştur.

#### 4. Burdur Gölü Havzası

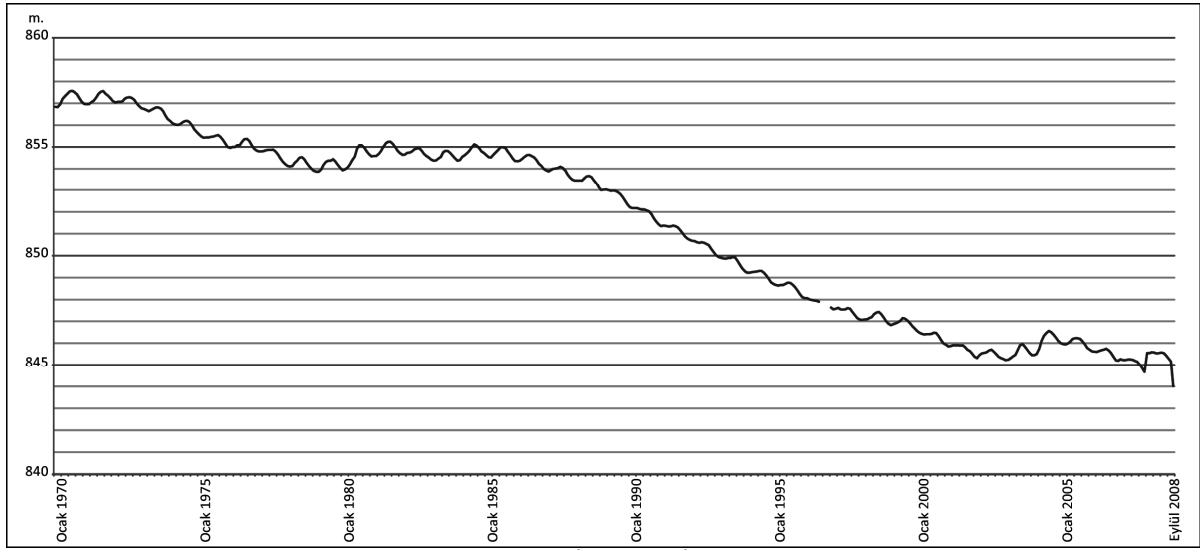
Burdur Gölü Havzası, suları denize ulaşmayan yani kapalı bir havzadır. Yağışlarla havzaya düşen su, havzanın en derin yeri olan Burdur Gölü çanağında toplanmaktadır. 3264 km<sup>2</sup> alan sahip Burdur Gölü Havzası, Burdur ve Isparta il sınırları içerisinde yer alır. Burdur Merkez, Kemer, Keçiözü ve Tefenni ilçeleri ile Isparta'nın Keçiözü ve kısmen Gönen ilçesi havza sınırları içerisinde yer almaktadır.

Burdur Gölü Havzası, genel hatlarıyla 12 alt havzadan oluşur. Bu alt havzalar içinde Bozçay'ın havzası en büyüğü olup diğer tüm alt havzaların alanlarının toplamından daha geniş alan kaplamaktadır (Şekil 1).

Burdur Gölü normal şartlarda akarsularla, içinde bulunduğu tektonik çukurun (grabenin) güneybatı ve kuzeydoğusundaki yeraltı sularıyla ve doğrudan üzerine düşen yağışlarla beslenmekte, buharlaşma ile su kaybetmektedir. Göle gelen su miktarı ile buharlaşma sonucu kaybolan su miktarı birbirine yakın değerler taşıdığı dönemde sağlıklı bir göl ekosistemi olarak varlığını korumuştur. Bu denge son 20 yılda bozulmuş durumdadır ve bu nedenle sürekli küçülmektedir. 2003 yılında Burdur'da son 56 yılın en yüksek ikinci yağışının (594.2 mm) görülmesi göl seviyesindeki düşüşü geçici olarak bir miktar durdurursa da alçalma devam etmektedir. Göl seviyesi 2008 su yılı sonunda (Eylül 2008'de) 844 metreye inmiştir (Şekil 2). Göl seviyesindeki mevsimlik dalgalanmalar da son 20 yılda büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Bunun temel sebebi, kış döneminde görülen yüksek miktarda yağışın Burdur Gölü yerine büyük ölçüde baraj ve göletlerde depolanmasıdır.



Şekil 1. Burdur Gölü Havzası ve alt havzaları



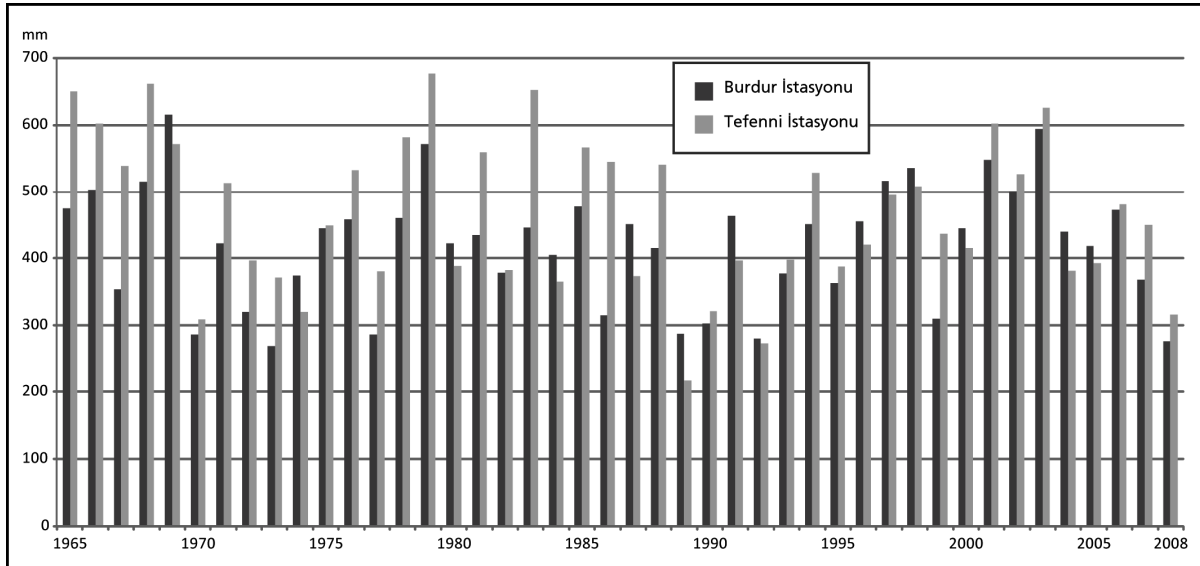
Şekil 2. Burdur Gölü seviye değişimleri (Kaynak: Elektrik İşleri Etüd İdaresi)

Not: 1996 yılının Haziran-Eylül ayları arasında ölçüm yapılmamıştır.

## 5. Gölün Su Kazancı

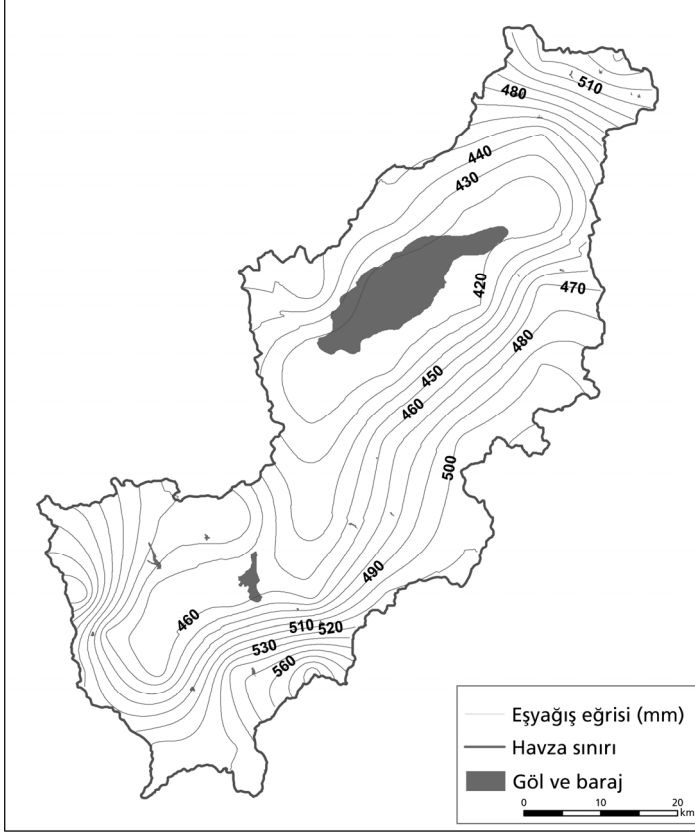
### 5.1. Yağış

Burdur Gölü Havzası'nda Devlet Meteoroloji İşleri'nin iki meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Bunlardan biri Burdur'da, diğeri Tefenni'dedir. Burdur İstasyonu'nun 1965-2008 yıllarındaki yağış ortalaması 420,7 mm'dir. Göle düşen yağış ve gölden buharlaşma ile ilgili su kaybı hesaplamalarında da bu istasyonun değerleri kullanılmıştır. Havzadaki ikinci meteoroloji istasyonu olan Tefenni Meteoroloji İstasyonu'nun verileri (aynı döneme ait yağış ortalaması 466 mm) sadece Bozçay'ın akım verilerini hesaplamak için kullanılmıştır. Bu iki istasyonun yıllık yağış verilerine bakıldığında göl seviyesindeki değişime sebep olabilecek benzer bir düşüş görülmemektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Burdur ve Tefenni'de yağışın uzun yıllık değişimi (Kaynak :Devlet Meteoroloji İşleri)

Havzaya düşen yağışın sadece göl yüzeyine düşen kısmı doğrudan gölü beslemekte, yağışın geri kalanının yüzeysel akışa geçen kısmı akarsularla göle ulaşmaktadır. Göl alanı küçüldükçe göle doğrudan düşen yağış miktarı da azalmaktadır. Günümüzde göl alanı  $146 \text{ km}^2$  olup yağıştan yılda  $61 \text{ hm}^3$  su gölü beslemektedir.



Şekil 4. Burdur Gölü Havzası ve çevresinde yağışın dağılışı

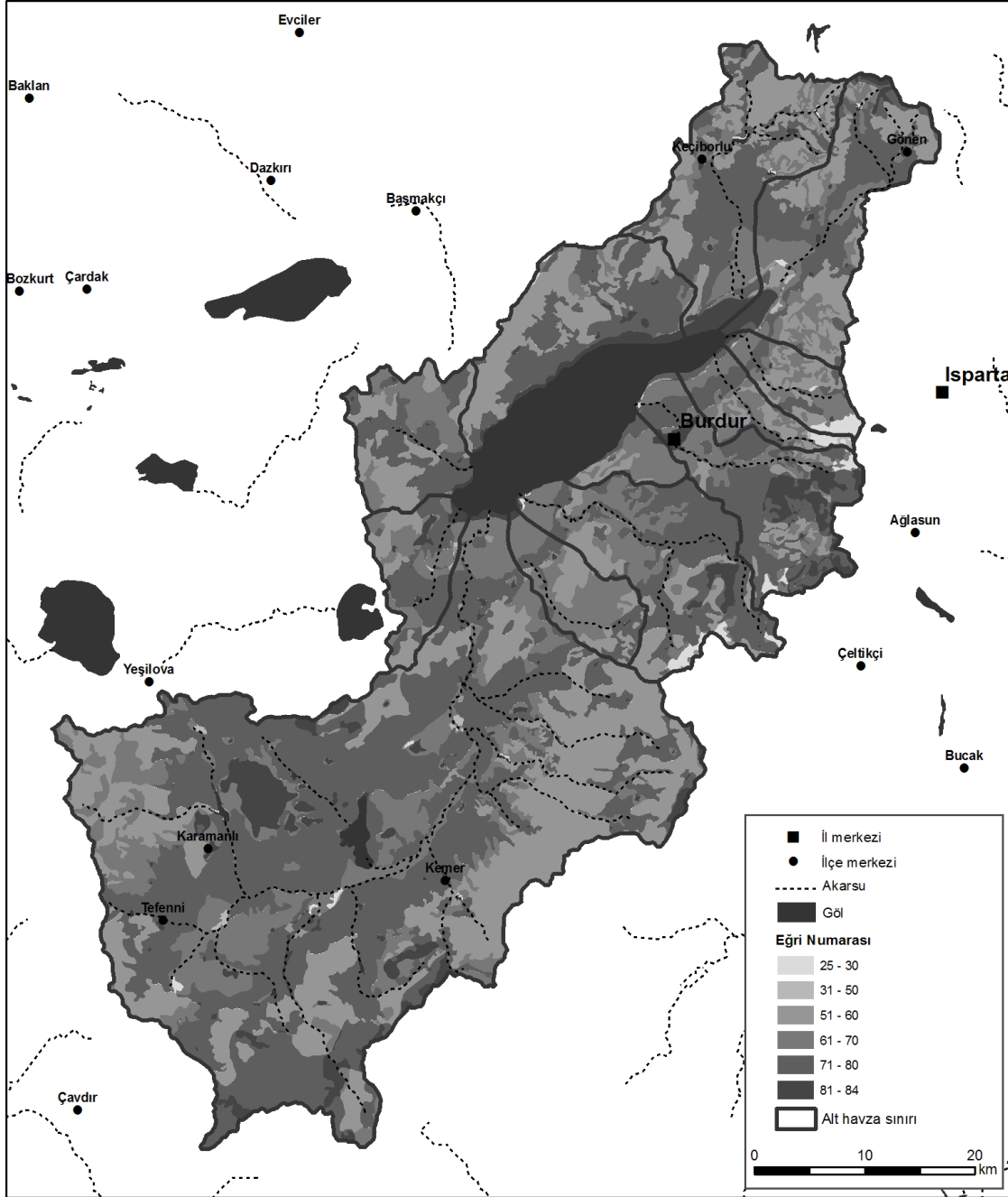
## 5.2. Akım

Akarsulardan göle ulaşan su miktarı, Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Etüd İdaresi'ne ait akım gözlem istasyonlarında ölçülmektedir. Ancak havzadaki 12 akarsudan sadece ikisinde, Bozçay ve Suludere'de faal akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Akım gözlem verisi olmayan akarsulara ait verileri elde etmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Şimdiki adı ABD Doğal Kaynakları Koruma Kurumu (NRCS) olan ABD Toprak Koruma Kurumu (SCS) tarafından geliştirilen eğri numarası (SCS-CN) yöntemi en çok kullanılanlardandır. Havzadaki eksik akım değerleri bu yöntemle elde edilmiştir.

Hidrolojik döngü içerisinde yağışın büyük bir kısmı buharlaşıp tekrar atmosfere döner, bir kısmı süzülerek yer altı sularını oluştururken bir kısmı da akışa geçer. Ancak yağışla aynı anda yüzeysel akış başlamaz. Yağışla önce toprak beslenir, yeterli doymunluğa ulaştığında akış başlar. Arazi örtüsü ve toprak gruplarının analizi sonucu her bir havzanın akış potansiyeli belirlenip ve günlük yağış verileri kullanılarak istenilen zaman aralığında akım verisi elde edilebilir.

Eğri numarası (CN) eğim, arazi örtüsü ve toprak türüne bağlı olarak 0 ile 100 arasında değişir, CN değeri arttıkça akışa geçen su miktarı da artar. Bu yöntemde toprak türleri de geçirgenlik özelliklerine göre A,B,C,D olarak dört grupta toplanır. A grubu geçirgenliği en yüksek toprak türlerini içine alır, D grubuna doğru toprakların geçirgenlikleri azalır. Havzanın toprak grupları, Özer (1990) tarafından saptanan sınıflamaya göre bu dört gruba ayrılmıştır. Çizelge 1'de yer alan eğri numaraları,

toprağın normal nem koşullarında kullanılır. Toprağın nem koşulları ise günlük yağış verileri kullanılarak belirlenir. Günlük yağışların, öncesindeki 5 günlük yağış miktarına göre toprağın hangi nem koşulunda düştüğü saptanır. Bu yöntemle göre bitkilerin gelişme dönemi dışında kalan dönemde (Ekim-Mart ayları arası) 13 mm'den az yağışlar kuru, 13-28 mm arasındaki yağışlar normal, 28 mm'den fazla yağışlar nemli koşulları içerir. Bitkilerin gelişim döneminde (Nisan-Eylül ayları arası) ise 36 mm'den az yağışlar kuru, 36-53 mm arasındaki yağışlar normal, 53 mm'den fazla yağışlar nemli koşulları içerir. Kuru ve nemli şartlardaki eğri numaraları da yine SCS tarafından belirlenmiştir (SCS, 1972).



Şekil 5. SCS-CN yöntemine göre Burdur Gölü Havzası'nın eğri numaraları grupları

**Çizelge 1.** SCS-CN yöntemine göre havzadaki arazi örtüsü ve toprak gruplarına karşılık gelen eğri numaraları

Arazi Örtüsü	A	B	C	D
Bataklık	45	66	77	83
Çayır	30	58	71	78
Çıplak kayalık	49	69	79	84
Kumul	49	69	79	84
Orman	25	55	70	77
Tarım alanı	62	71	78	81
Yerleşim	51	68	79	84

**Kaynak:** SCS, 1972

SCS-CN yönteminde akımı (Q) hesaplamak için 1 no.lu eşitlik kullanılır.

$$Q = (P-0.2 S)^2 / (P+0.8 S) \quad (1)$$

Toprakta potansiyel maksimum tutulmayı temsil eden S değeri ise 2 no.lu eşitlikle bulunur.

$$S = (25400/CN)-254 \quad (2)$$

Havzadaki meteoroloji istasyonlarının 1975 yılından 2008 yılı sonuna kadarki günlük yağış kayıtları Devlet Meteoroloji İşleri'nden elde edilmiştir. Bozçay Havzası dışındaki tüm alt havzaların akım verilerinin hesaplanması için Burdur Meteoroloji İstasyonu'nun 1965-2008 yılları arasındaki yağış ortalamasına en yakın su yılı olan 1982 su yılındaki (Ekim 1981-Eylül 1982 arası) günlük yağış verileri kullanılmıştır. Bozçay Havzası için Tefenni Meteoroloji İstasyonu'nun da 1976-2008 yılları arasındaki yağış ortalamasına en yakın su yılı olan 1982 su yılındaki günlük yağış verileri kullanılmıştır. Bozçay ve Suludere havzalarında aktif ve göle yakın noktalarda akım gözlem istasyonu bulunduğu için hesaplanan akım değerleri yerine bu istasyonların akım değerleri kullanılmıştır. Suludere'nin sularının Mayıs-Eylül ayları arasında tarım alanlarına yönlendirilmesi nedeniyle bütçe hesabında Ekim-Nisan ayları arasında gözlenen akımları kullanılmıştır.

**Çizelge 2.** Burdur Gölü alt havzalarının akım değerleri ve bu havzalar üzerindeki baraj-gölet kapasiteleri

Havza Adı	Alanı (km <sup>2</sup> )	Hesaplanan akım (hm <sup>3</sup> )	Baraj-gölet kapasitesi(hm <sup>3</sup> )	Sulamaya verilen su (hm <sup>3</sup> )	Bütçe hesabında kullanılan akım (hm <sup>3</sup> )
Bozçay	1610,896	169,140	107,984	63,105	17,057(*)
Sukavuştu Deresi	83,330	5,273			5,273
Burdur Güneyi	35,111	2,375			2,375
Asar Deresi	184,114	14,310			14,310
Değirmen Deresi	58,548	3,617	1,090	0,545	2,303(**)
Boğaz Deresi	61,387	3,311	1,193	0,596	1,874(**)
Suludere	228,776	15,404			15,260(***)
Özdere	85,323	5,761			5,761
Ulupınar Deresi	121,075	7,790			7,790
Burdur Kuzeyi	190,516	12,426			12,426
Sarıdere	223,114	14,428	3,390	1,760	10,907(**)
Keçiborlu Deresi	223,252	14,923	12,780	6,390	0,000(**)
Toplam		268,758	126,437	72,396	95,336
Toplam (Bozçay hariç)					78,279

(\*) 1987-2008 akım gözlemi yapılan yıllar ortalaması

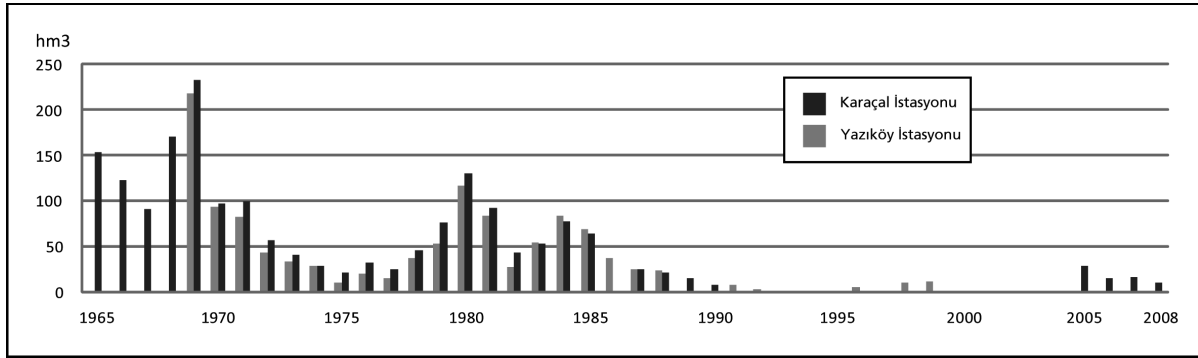
(\*\*) Sulamaya verilen suyun yol açtığı kayıplardan geriye kalan su miktarı

(\*\*\*) Ekim-Nisan ayları arası akım ortalaması



Eğri numarası yöntemiyle Burdur Gölü Havzası'nda akışa geçen su miktarı  $268,7 \text{ hm}^3$  olarak belirlenmiştir. Ancak bu rakam, havzada suyun doğal akış halinde olması durumunda gerçekleşecek değerlerden oluşmaktadır. Gerçekte durum hayli farklıdır. Örneğin göle  $169 \text{ hm}^3$  su taşınması beklenen Bozçay'ın gerçekte taşıdığı su miktarı, üzerine kurulan baraj ve göletlerin etkisindeki yaklaşık son 20 yılda (1987-2008) ölçüm yapılan yıllar ortalamasına göre  $17 \text{ hm}^3$ 'tür (Şekil 6). Bozçay Havzası'nda kurulu baraj ve göletlerin kapasitesi  $107,9 \text{ hm}^3$ 'tür ve bu rezervuarlardan her yıl  $63,1 \text{ hm}^3$  su tarım alanlarına yönlendirilmektedir. Yani havzanın su potansiyelinin %37,35'i sulamada kullanıldığında akarsu akımında %89,91'lik kayıp yaşanmaktadır. Aynı orantıyı üzerinde baraj ve gölet bulunan diğer alt havzalara, kendi sulama kapasiteleri oranında uyguladığımızda görülen kayıp Çizelge 2'de gösterilmiştir. Bu hesaplamalarda baraj-gölet kapasiteleri yerine sulamaya verilen su miktarı kullanılmıştır. Çünkü baraj-gölet haznelerinde depolanan suyun tamamı kullanılmamakta, dolayısıyla her yıl bu haznelerin kapasitesi kadar suya gereksinim olmamaktadır. Ancak sulamaya verilen su miktarı çok kurak dönemler dışında değişmemektedir.

Bir akarsuyun önüne set çekip belli bir miktar suyu başka bir alana yönlendirdiğimizde akarsuyun akım kaybı sadece yönlendirilen su miktarı kadar olmamakta, bunun çok daha üzerinde kayıplar yaşanmaktadır. Bu durum özellikle depolanan suda yaşanan buharlaşma kayıpları ve setin aşağısında kalan akarsu yatağının eksilen su nedeniyle daha fazla kurumasıyla eskiye oranla sızma kayıplarının artışından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. Bozçay'da akımın uzun yıllık değişimi (Kaynak :Yazıköy için DSİ 10-013 nolu akım gözlem istasyonu, Karaçal için DSİ 10-006 nolu ve EİE 1013 nolu akım gözlem istasyonları)

Bozçay'ın sularının büyük kısmı 1973'ten itibaren baraj ve göletlerde toplanmaya başlanmıştır. Toplanan sular tarım alanlarına yönlendirilip kuru tarım alanlarına karşı sulu tarım alanlarının oranı artırılmıştır. 1969-1973 yılları arasında Karamanlı Barajı inşa edilmiş, 1974'te Karataş Gölü seddelenerek daha fazla su tutabilen bir rezervuara dönüştürülmüş ve suyunun çok büyük kısmı tarım alanlarına yönlendirilmiştir. Bu iki rezervuar, Burdur Gölü'nden sonra havzada yer alan en büyük su kütleleridir ve  $90 \text{ hm}^3$  su tutmaktadırlar. Çoğunluğu 1980'lerde inşa edilen diğer baraj ve göletlerle bu rakam  $126 \text{ hm}^3$ 'e çıkmaktadır. Karaçal Barajı'nın da su tutmasıyla birlikte bu rakamın  $202 \text{ hm}^3$ 'e çıkması planlanmaktadır (Çizelge 3).

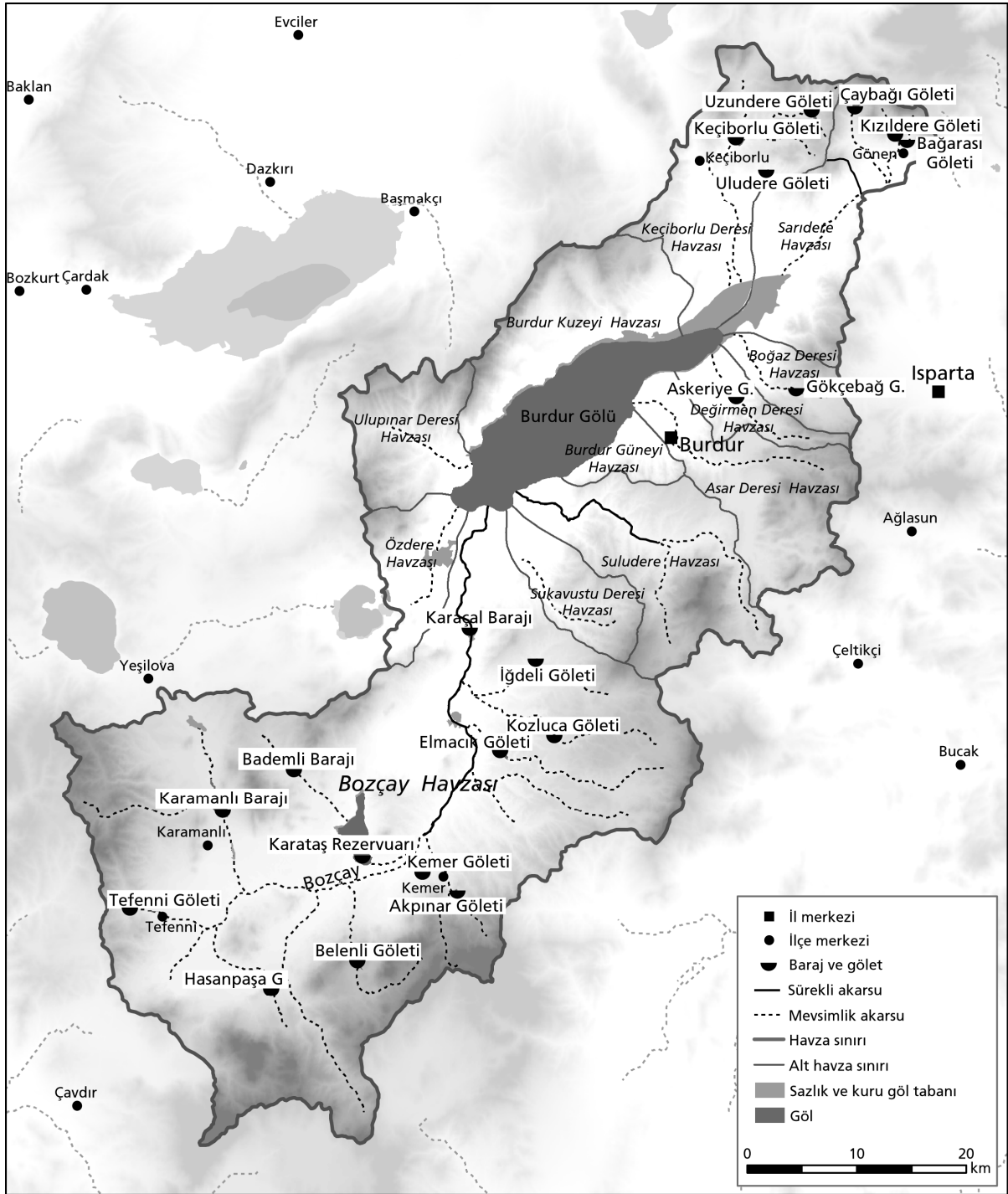
Karaçal Barajı'nın 2009 sonbaharından itibaren su tutmaya başlamasıyla Bozçay'dan Burdur Gölü'ne ulaşabilecek su kalmayacağı gibi bu baraj ile sulamaya gönderilmesi planlanan su miktarına da ulaşamayacaktır. Burdur-Bozçay-Karaçal Planlama Raporu'nda (DSİ, 1986) barajdan akarsu yatağına ne kadar su bırakılacağı belirtilmemiştir. Bozçay'dan gelen tüm akım toplansa bile (1987-2008 arası ölçüm yapılan yıllar ortalamasına göre yılda  $17 \text{ hm}^3$ ) bu baraj ile sulamaya gönderilecek su miktarına (yılda  $30,9 \text{ hm}^3$ ) ulaşamayacaktır. Bu durum Karaçal Barajı planlama aşamasındayken havzanın üst kesimlerine yapılan diğer baraj ve göletlerin Bozçay'ın akım değerlerini düşürmesinden ve buna rağmen Karaçal Barajı planlamasının revize edilmeyip 23 yıl önce planlandığı gibi yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle göl havzasının akım hesaplamalarına Bozçay havzası

dahil edilmemiştir. Diğer akarsulardan göle ulaşacak su miktarı, göletlerle tarım alanlarına yönlendirilen su miktarı göz önüne alındığında ortalama yağış koşullarında yaklaşık 78 hm<sup>3</sup> olacaktır (Çizelge 2). Bu durumda göle doğrudan düşen yağış (61 hm<sup>3</sup>) ile birlikte göle ulaşan toplam su miktarı 139 hm<sup>3</sup>'tür.

**Çizelge 3.** Burdur Gölü Havzası'na ait baraj ve gölet bilgileri

Baraj-Gölet Adı	Yüzey Alanı (ha)	Hacmi (hm <sup>3</sup> )	Sulamaya Verilen Su (hm <sup>3</sup> )	Sulama Sahası (ha)	
Belenli Göleti	31,5	2,025	0,905	470	
Tefenni Göleti	18,2	1,21	0,813	143	
Karamanlı Barajı	170	24,81	14,83	3248	
Bademli Barajı	67,5	6,3	2,4	507	
Karataş Rezervuarı	490	65,3	40	5486	
Merkez İğdeli	11	0,595	0,297(**)	86	
Merkez Kozluca	16,8	1,505	0,752(**)	425	
Kemer Merkez	8,6	0,431	0,215(**)	54	
Kemer Akpınar	16,6	1,572	0,786(**)	230	
Kemer Elmacık	26,4	2,511	1,255(**)	351	
Tefenni Hasanpaşa	27,9	1,7	0,85(**)	330	
Tefenni Hasanpaşa Hayvansal İçme Suyu Göleti	3,5	0,0205	0	0	
Merkez Kozluca Hayvansal İçme Suyu Göleti	2,285	0,00492	0	0	
<i>Karaçal Barajı (2009 sonbaharında su tutmaya başlayacak)</i>	<i>540</i>	<i>76</i>	<i>30,9</i>	<i>5006</i>	
Bozçay Havzası Toplamı	890,285	107,984	63,105	11330	Bozçay Havzası
Bozçay Havzası Toplamı (Karaçal Barajı ile birlikte)	1430,285	183,984	94,005	16336	
Merkez Gökçebağ	12,7	1,193	0,596(**)	168	
Merkez Askeriye	11,8	1,09	0,545(**)	139	
Keçiborlu Merkez	52,6(*)	8,96(**)	4,48(***)	1300	
Gönen Uzun dere	18,8(*)	2,52(**)	1,26(***)	208	
Gönen Uludere	13,9(*)	1,3(**)	0,65(**)	87	
Gönen Çaybağı	14,5(*)	1,44	0,72(**)	180	
Gönen Bağarası	11,3	1,35	0,74	187	
Gönen Kızıldere	5,1(*)	0,6	0,3(**)	72	
Diğer Alt Havzalar Toplamı	140,7	18,453	9,2915	2341	Diğer Alt Havzalar
Genel Toplam	1030,985	126,437	72,396	13671	
Genel Toplam (Karaçal Barajı ile birlikte)	1570,985	202,437	103,296	18677	

**Kaynak:** Burdur İl Çevre Durum Raporu, Isparta İl Tarım Müdürlüğü verileri, (\*)2008 Spot uydu görüntüsünden hesaplanan alanlar, (\*\*) Göletlerin hacminin yarısının sulamaya verildiği varsayımı ile elde edilen veriler, (\*\*\*) Şener vd, 2005'ten



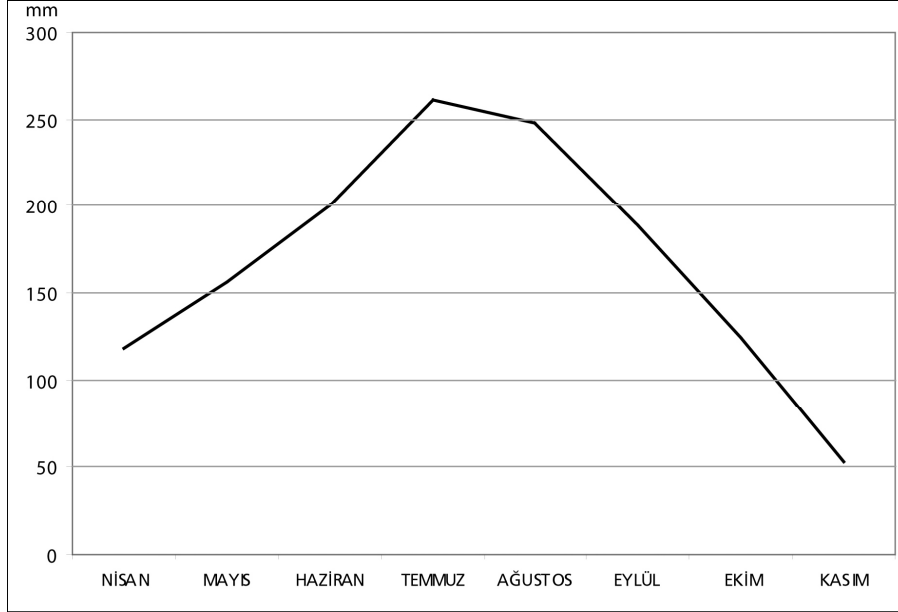
Şekil 7. Burdur Gölü Havzası'ndaki baraj ve göletler

## 6. Gölün Su Kaybı

### 6.1 Buharlaştırma

Burdur Meteoroloji İstasyonu'nda 1969-2003 yıllarında Nisan-Kasım aylarında eksiksiz ölçüm yapılmış yılların buharlaştırma toplamlarının ortalaması 1363 mm'dir. Buharlaştırma tavelarında 20 cm

derinlikte su kütlesi ile yapılan bu ölçümlerde derin su kütlelerine oranla daha yüksek buharlaşma değerlerine erişildiği için bu değerler tava katsayısı denilen bir düzeltme katsayısı ile çarpılarak kullanılır. Bu katsayının Türkiye ortalaması 0.7'dir (Usul, 2008). DSİ'nin Karaçal Barajı için hazırladığı raporda tava katsayısı olarak 0.75 kullanıldığı için bu çalışmada da bu katsayı kullanılmıştır (DSİ, 1986). Elde edilen buharlaşma değerini güncel göl alanı ile çarptığımızda buharlaşma sonucu gölden yılda 149 hm<sup>3</sup> su eksildiği sonucuna varırız. Göl alanı küçüldükçe buharlaşma ile kaybedilecek su miktarı da azalacaktır.



Şekil 8. Burdur'da 1969-2003 verilerine göre buharlaşmanın aylara dağılımı (Kaynak :Devlet Meteoroloji İşleri)

## 6.2 Yeraltı Suyu Kullanımı

Göl çevresinde, özellikle gölün güneybatı ile kuzeydoğusunda büyük alanlar kaplayan alüvyonların içinde yer alan yer altı sularının akım yönünün Burdur Gölü'ne doğru olduğu ve gölü beslediği tespit edilmiştir (Irlayıcı, 1998; Davraz vd, 2003). Burdur Gölü'nü çevreleyen Yazı, Burdur ve Keçiborlu Ovaları'ndan yılda toplam yer altı suyu işletme rezervi 30 hm<sup>3</sup> olarak kayıtlara geçmekle birlikte ruhsatsız kuyularla birlikte bu miktarın ne kadar artabileceği bilinmemektedir. Burdur Gölü su bütçesi hesaplamalarında gölün çevresindeki ovalardan yılda 30 hm<sup>3</sup> su çekildiği ve aynı miktarda suyun gölden çevresindeki akiferlere doğru süzüldüğü varsayılmıştır.

Bu durumda buharlaşma ve yeraltı suyu kullanımı ile gölden çıkan su miktarı 179 hm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır.

## 6.3 Burdur Gölü Havzası'nda Tarımsal Sulama

Havzada bulunan ve yapılmakta olan tüm baraj ve göletler sulama amaçlıdır. Tarımsal sulama için baraj ve göletlerde depolanan suların yanında yer altı suyu da kullanılmaktadır. Sulama kooperatifleri tarım alanlarının sulanmasında ne kadar su kullandıkları hakkında kayıt tutmadıklarından sulama suyu miktarını doğrudan belirlemek çoğu alanda mümkün olmamaktadır. Bu yüzden il tarım müdürlüklerinden elde edilen ürün deseni (hangi alanda hangi üründen ne kadar ekildiğini gösteren tablo) baz alınarak DSİ'nin de sulama projelerinde sulama suyu ihtiyacını belirlemede kullandığı Blaney-Criddle metodu kullanılmıştır. Ülkemizde bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyaçlarını hesaplamada en çok kullanılan yöntem olan Blaney-Criddle yönteminde her bir

bitkinin su tüketiminin tespiti için bitki gelişim dönemi katsayıları, bölgenin hava sıcaklığına bağlı iklim katsayıları; sulama suyu ihtiyacı içinse yağış ve zemin nem rezervi verileri kullanılır.

**Tablo 3.** Burdur Gölü Havzası'nın tarım ürünü deseni (dekar)

Ürün	Burdur-Merkez	Karamanlı	Tefenni	Kemer	Isparta-Keçiborlu	Isparta-Gönen	Ürün Toplamı
Buğday	28288	50943	24221	12696			116148
Arpa	17044	6291	5327	3754			32416
Yonca	15046	1256	2463	4225	150		23140
Mısır	6327	6065	4490	1951		400	19233
Yulaf	3652		834				4486
Haşhaş	2838	977			800	150	4765
Fasulye	2131				420	80	2631
Fiğ	1992	2032	7473	1877	700	450	14524
Karışık Sebzelik	1862				6200	440	8502
Şekerpancarı	1512	1012	846	611	860	1300	6141
Ceviz	1276						1276
Üzüm (Sofralık)	998						998
Nohut		759	3098		1600	200	5657
Anason			2394				2394
Rezene			2013				2013
Karışık Meyvelik			1039		1400	795	3234
Elma			782		4900	5170	10852
Gül					6200	3650	9850
Ayçiçeği					400		400
Patates					110		110
Korunga					450	850	1300
Diğer	9862	3609	4387	7321	13830	4745	43754
<b>Toplam</b>	<b>92828</b>	<b>72944</b>	<b>59367</b>	<b>32435</b>	<b>38020</b>	<b>18230(*)</b>	<b>313824</b>

Kaynak: Burdur İl Tarım Müdürlüğü, Isparta İl Tarım Müdürlüğü

(\*)Gönen İlçesi sulu tarım alanlarının Burdur Havzası içinde kalan kısmıdır.

Burdur Gölü Havzası'nda 31 bin hektar sulu tarım alanı olup toplam sulama suyu ihtiyacı Blaney-Criddle metoduyla  $76 \text{ hm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Ancak hem suyun tarım alanına nakli hem de sulama sırasında meydana gelen kayıplar nedeniyle kullanılan su miktarı  $187 \text{ hm}^3$ 'ü bulmaktadır. Burdur için bu konuda yapılmış çalışma bulunmadığından Isparta ili ortalaması ( $1 \text{ hm}^3$  sulama suyu ihtiyacı için  $2.45 \text{ hm}^3$  su) kullanılmıştır (Ertürk, 2007). Havzadaki sulu tarım alanlarının %28.9'unda damla sulamaya, %71.1'inde yağmurlama sulamaya uygun ürün ekimi yapılmaktadır. Damla sulamaya uygun alanlarda yüzeysel sulama yöntemiyle  $69 \text{ hm}^3$  su kullanılmaktadır. Bu alanlarda damla sulama yapılması halinde %43 oranında su tasarrufu sağlanacak (Coşkun, 2008) ve kullanılan su  $39.5 \text{ hm}^3$ 'e inecektir. Yağmurlama sulamaya uygun alanlarda yüzeysel sulama yöntemiyle  $118 \text{ hm}^3$  su kullanılmaktadır. Bu alanlarda yağmurlama sulama yapılması halinde %28 oranında su tasarrufu sağlanacak (Coşkun, 2008) ve kullanılan su  $84.9 \text{ hm}^3$ 'e inecektir. Modern sulama tekniklerinin havzadaki sulu tarım alanlarının tamamında kullanılması halinde tarımda kullanılan su  $187 \text{ hm}^3$  yerine

124.4 hm<sup>3</sup> olacaktır. Tasarruf edilebilecek miktar 62.6 hm<sup>3</sup> olup, bu su miktarı Burdur Gölü'nün günümüzdeki yıllık su kaybının yaklaşık bir buçuk katıdır.

### 9. Sonuç ve Öneriler

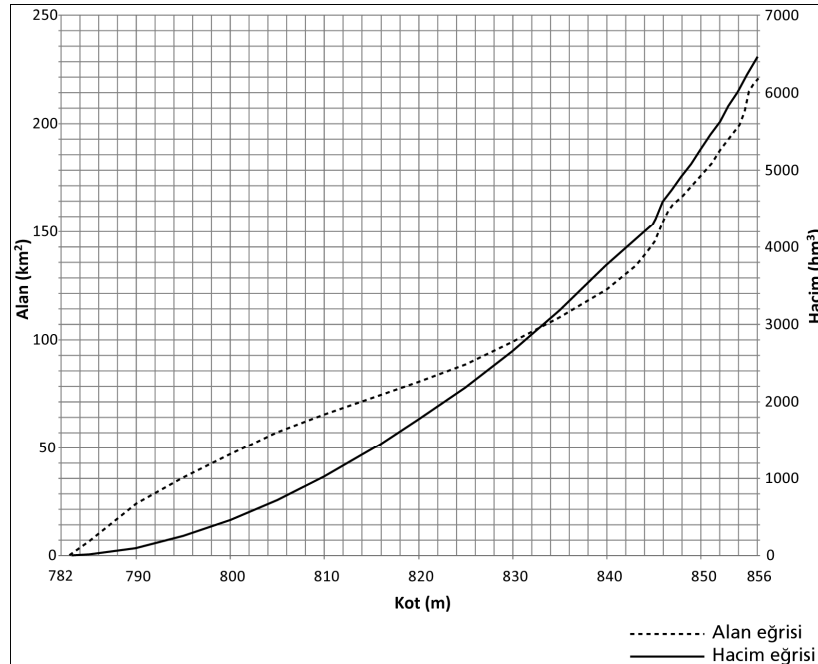
Burdur Gölü, sahip olduğu suyun 1987'den beri yaklaşık ¼'ünü kaybetmiştir. Bu süreçte göl seviyesinde 9,5 metrelik alçalma meydana gelmiştir. Gölün su bütçesini oluşturan bileşenlerde yapılan inceleme sonucunda göldeki su kaybının belirlenen temel nedeni, gölü besleyen akarsuların yıllık akımlarında görülen aşırı azalıştır. Bu azalışın temel nedeni de akarsuların taşıdığı suyun büyük kısmının baraj ve göletlerle verimsiz ve plansız bir şekilde tarım alanlarına aktarılmasıdır.

Göl küçüldükçe buharlaşma oranı azalacak, ancak gölün beslenme miktarı buharlaşma miktarını aşmadığı sürece su kaybetmeye devam edecek, 25 metre daha alçaldıktan sonra derin bir çanakta, aşırı tuzlu ve kuşlar için gerekli sızlıkların oluşumuna uygun sığ kıyılardan yoksun, 80 km<sup>2</sup>'lik alana sahip bir su kütlesi olarak varlığını sürdürecektir. Göl hacmi de 4300 hm<sup>3</sup>'ten 1700 hm<sup>3</sup>'e inecek, göldeki tuz yoğunluğu çok büyük ölçüde artacaktır. Gölde 1970-2002 yılları arasında oluşan %27'lik su kaybı hali hazırda tuz oranını yaklaşık iki kat arttırmıştır (Yiğitbaşıoğlu vd, 2005).

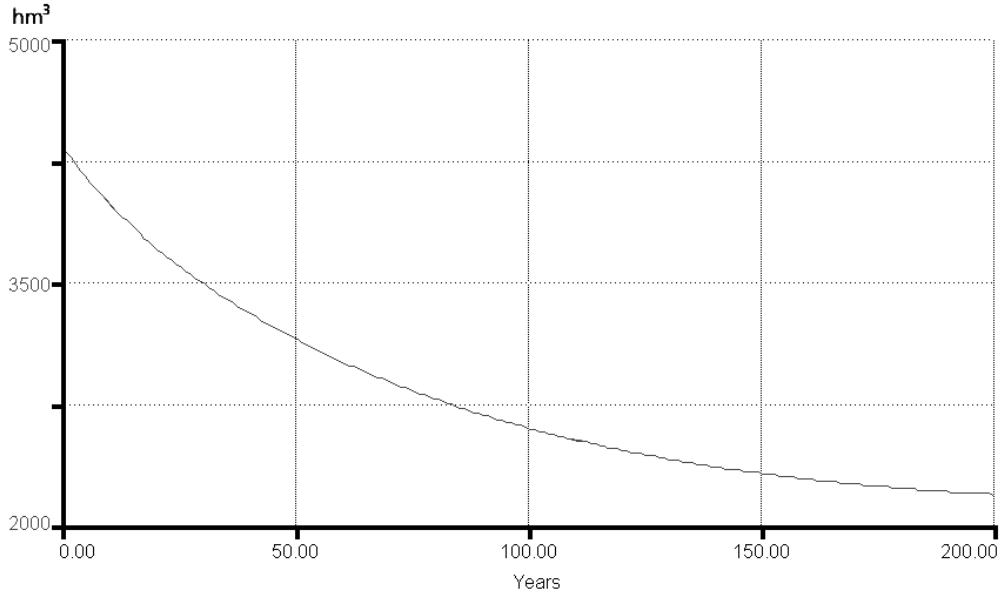
Göldeki su azaldıkça su kalitesi bozulacağı gibi göl havzasının iklim koşullarında karasallık yönünde değişim görülecek, kış mevsiminde daha da düşecek olan gece sıcaklıkları nedeniyle özellikle meyvecilik zarar görecektir. Sonuçta tarım için gölden (dolaylı olarak) alınan su nedeniyle uzun vadede zarar görecektir olan yine tarım olacaktır.

Gölün batimetri eğrileri kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri ortamında göl tabanının üç boyutlu modeli hazırlanmış, su seviyesi azaldıkça göl alanındaki ve hacmindeki değişimlere ilişkin sayısal veriler ortaya çıkarılarak alan-kot-hacim grafiği oluşturulmuştur (Şekil 9).

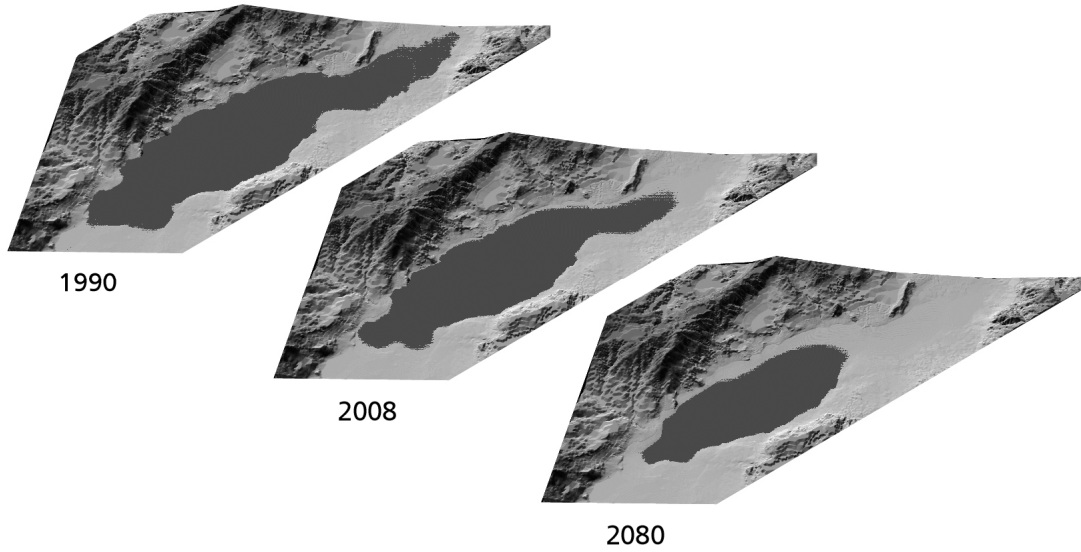
Oluşturulan su bütçesine göre gölün yıllık su kaybı, bu kayıplarla yıldan yıla göl alanının küçülmesi ve buna bağlı olarak göle ulaşan yağış ile göl yüzeyinden buharlaşma değerlerinin değişimi de dikkate alınarak bir modelleme yazılımı (Stella 9.1) yardımıyla her yıl için ayrı ayrı hesaplanmış (Şekil 10), gölün beslenmesiyle ilgili tüm koşulların aynı kalması durumunda 2080 yılındaki göl hacmi belirlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri ortamında göl tabanının üç boyutlu modeli üzerine belirlenen su miktarı doldurularak Şekil 11'deki görüntü ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 9. Burdur Gölü'nün alan-kot-hacim grafiği



Şekil 10. Gelecek 200 yılda Burdur Gölü'nün hacminde beklenen değişim



Şekil 11. Burdur Gölü'nün 1990 ve 2008 görünümü ile 2080 yılındaki muhtemel görünümü

Havza bazında planlama yapılmadan inşa edilen baraj ve göletler bir yandan doğal göllere büyük zararlar verebilirken bir yandan da aynı havzada yeni yapılan barajları da verimsiz hale getirmektedir. Sulama için doğal döngüsünden çıkarılan suyun büyük kısmı ilkel sulama yöntemleriyle heba edilmektedir. Sulu tarım alanlarını genişletmeden sulama sistemi olarak yüzeysel sulamaya göre çok daha tasarruflu bir sulama yöntemi olan basınçlı (damla ve yağmurlama) sulamanın teşviklerle yaygınlaştırılması gerekmektedir. Böylece baraj ve göletlerin de daha az su tutmaları yeterli olacaktır.

Bu sayede göl havzasında tasarruf edilebilecek su miktarı Burdur Gölü'nün yıllık su kaybının bir buçuk katını bulacak, gölün su seviyesi yeniden yükselebilecektir.

### Notlar

1. Bu makale doktora tezi çalışmasından üretilmiştir.

### Referanslar

- Arık, B.M. (2006) "Burdur Gölü", Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları, Doğa Derneği, Ankara, 304-305
- Coşkun, Z. (2008) *Basınçlı Sulama Yöntemleri ve Su Tasarrufu*, Sulama-Drenaj Konferansı, DSİ, Adana
- Davraz, A.; Karagüzel, R.; Soyaslan, İ.İ. (2003) "Importance of hydrogeological and hydrological investigations in the residential area in Burdur, Turkey", *Environmental Geology*, Springer Verlag, 44/7, 852-861, Berlin.
- DPT. (2001) *Su Havzaları Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Raporu*, DPT: 2555, ÖİK: 571, Ankara
- DSİ. (1986) *Burdur-Bozcay-Karaçal Planlama Raporu*, DSİ 18. Bölge Müd., Isparta
- Ertürk, O. (2007) "Gelecek Nesillerin Kusur İstemeyen Mirası: Su", *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007*, İstanbul
- İrlyayıcı, A. (1998) *Eğirdir – Burdur Gölleri Arasının Hidrojeoloji İncelemesi*, Basılmamış Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enst., Isparta.
- Özer, Z. (1990) *Su yapılarının projelendirilmesinde hidrolojik ve hidroljik esaslar*, KHGM Havza Islahı ve Göletler Dairesi Başkanlığı, Ankara
- SCS. (1972) *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology, U.S. Department of Agriculture
- Şener, E.; Davraz, A.; İsmailov, T. (2005). *Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İzlenmesi*, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-V, İstanbul
- Uşul, N. (2008) *Mühendislik Hidrolojisi*, ODTÜ Yayıncılık, Ankara
- Yiğitbaşıoğlu, H.; Uğur, A. (2005). *Burdur Gölü'nün Jeoekolojik Özellikleri ve Sorunları*, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu-V, İstanbul