

## Göllerde Su Bütçesi Hesaplaması: Uluabat Gölü Örneği

Saadet Hacısalihoglu<sup>1\*</sup> Feza Karaer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri ve Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği, Bursa

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): saadet.hacisalihoglu@btu.edu.tr

Geliş tarihi (Received): 31.05.2018

Kabul tarihi (Accepted): 29.08.2018

DOI: 10.21657/topraksu.460717

### Öz

Bu çalışmada ülkemizin sahip olduğu önemli sığ göllerden biri olan Uluabat Gölü'nün su bütçesinin Ağustos 2013-Temmuz 2014 dönemlerini kapsayacak şekilde hesaplanması amaçlanmıştır. Gölün su bütçesinin hesaplanmasında en büyük eksiklik düzenli ölçülmüş verilerin bulunmamasıdır. Bir gölün su bütçesi, ölçülmüş veya tespit edilmiş gölün su kayıp ve kazançları ile aynı zaman periyodu içinde göl hacmindeki değişimin kıyaslanarak hesaplanmasıdır. Uluabat Gölü'nün beslenimi özellikle yağış, yüzey suyu, drenaj suları ve yeraltı suyu akımı ile sağlanmaktadır. Gölün boşalım elemanları ise buharlaşma ve sulama için alınan sulardır. Çalışma sonucunda, 2013-2014 su yılında gölün beslenimi ile boşalımı arasındaki mutlak fark  $53.2 \text{ hm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Bağıl hata ise  $4.4 \text{ hm}^3$  bulunmuştur. Bu durum, genel anlamda gölde kaçak su çekimlerinin olduğunu veya gölün yeraltı suyunu beslediğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** uluabat gölü, su bütçesi, su seviyesi, yağış miktarı, yeraltı su seviyesi

## Calculation of Water Budget in Lakes, Example Lake Uluabat

### Abstract

In this study, it is aimed to calculate the water budget of Lake Uluabat to cover from August 2013 to July 2014, one of the important shallow lakes that Turkey has. The lack of regularly measured data is the biggest problem in calculation of water budget of the lake. A lake water budget is computed by measuring or estimating all of the lake's water gains and losses and measuring the corresponding changes in the lake volume over the same time period. Recharge of the lake is supplied from especially precipitation, drainage, surface and subsurface water inflow. The discharge components of the lake are evaporation and water intake for irrigation. The absolute difference between recharge and discharge of the lake was calculated as  $53.2 \text{ hm}^3$  for 2013-2014 water year period. The relative error was found  $4.4 \text{ hm}^3$ . In general, this situation shows that there are illegal water catches in the lake or that the lake feeds underground water.

**Key words:** lake uluabat, water budget, water level, rainfall, underground water level

## GİRİŞ

Günümüzde artan dünya nüfusu ve giderek azalan temiz su kaynakları nedeniyle mevcut su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir yönetimi büyük önem taşımaktadır (Şanlı ve Doğan 2015). Su kaynaklarının istenilen zaman, mekan, kalite ve miktarda teminine yönelik olarak yaşanan sıkıntılar, konuya ilişkin dünya çapında sürdürülebilir yönetim ilke ve kararlarının alınmasını ve uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir (Davraz ve Balın 2015). Su kaynaklarında sürdürülebilir kullanım için göllerin su bütçelerinin belirlenmesi gerekir. Göl yönetiminde başlıca problemlerden biri su bütçesi elemanlarının tespitidir. Su bütçesinin hesaplanmasında karşılaşılan en büyük problem düzenli ölçümlerin bulunmayışıdır. Bir gölün su bütçesi, gölde ölçülmüş veya tespit edilmiş su kayıp ve kazançları ile aynı zaman periyodu içinde göl hacmindeki değişimin kıyaslanarak hesaplanmasıdır (Davraz ve diğ. 2014, Sarmaşık 2012). Başka bir ifade ile su bütçesi, bir ekosistemde belirli bir süre içinde sisteme giren su ile çıkan ve depolanan suyun denge durumunda bulunması şeklinde tanımlanabilir (Şener ve Soyaslan 2006, Şorman 2008). Su bütçesini oluşturan parametreler; yağış, buharlaşma, yeraltı suyu beslemeleri, dereler ve çekilen su miktarları olarak kabul edilen girdi ve çıktılardır (Davraz ve Balın 2015). Göllerde su seviyesi, sulamada kullanılan sular, izinsiz su çekimleri ve iklim koşulları nedeniyle sürekli değişimlere maruz kalmaktadır. Bu değişimin ne kadarının iklimden kaynaklandığı ne kadarının su kullanımından kaynaklandığının belirsizliğini koruması sürekli bir tartışma konusu olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı su bütçesi gerek eksik veriler ve gerekse hassas yapılamayan ölçümler nedeniyle belirli bir hata payı ile hesaplanır (Mercan 2006).

Uluabat Gölü, Türkiye'nin en önemli sığ göllerinden biri olup farklı amaçlar için kullanımından dolayı bölgenin en önemli su kaynaklarındandır. Bu çalışmada, gölün mevcut bütçe bileşenleri kullanılarak Ağustos 2013-Temmuz 2014 dönemlerini kapsayan süreçte aylık ve yıllık su bütçesi değişiminin hesaplanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

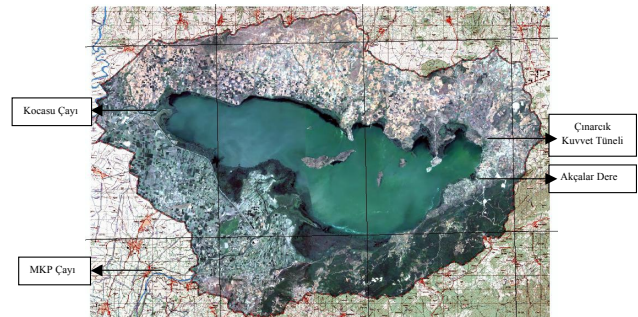
### Uluabat Gölü Genel Özellikleri

Uluabat Gölü, Marmara denizinin 15 km

güneyinde ve Bursa ilinin 30 km batısında, 40°10' kuzey enlemi 28°35' batı boylamı arasında yer almaktadır. Dođu-batı yönündeki uzunluğu yaklaşık olarak 22 km, kuzey-güney yönündeki genişliği ise 10,5 km kadardır. Alanları 0,25 ha (Heybeli Adası) ile 190 ha (Halilbey Adası) arasında değişen büyüklüklerde sekiz adayı içeren, büyük ve sığ bir tatlı su gölüdür. Gölün denizden yüksekliği yaklaşık olarak 9 m'dir (Hacısalihoğlu 2016).

Göl ortalama 2,5 m derinliğe sahiptir. Ancak bu derinlik yıldan yıla ve yaz ile kış mevsimleri arasında önemli miktarlarda değişmektedir. Öyle ki, yaz aylarında bu derinlik 0,5-1 m kadar gerilerken, kış aylarında maksimum 4,5 m derinlik ölçülmüştür. İleri (2010) çalışmasında ortalama derinliğin kurak ve yağışlı aylarda 1,5 ile 3,45 m arasında değiştiğini tespit etmiştir. Su seviyesi genellikle kış mevsiminde yüksek ve yazları (su girdisinin az oluşu, buharlaşma ve gölden yapılan tarım amaçlı su çekimlerinin etkisiyle) düşüktür. Daha önce göl ile ilgili olarak hazırlanan raporlarda ve gölü tanıtan verilerde normal su seviyesinde göl yüzey alanı 160 km<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Ancak 1998 yılında yapılan çalışmada ise Uluabat Gölü alanının 116 km<sup>2</sup>'ye gerilediği belirlenmiştir (Aksoy ve Özsoy 2002).

Mustafakemalpaşa (MKP) Çayı, gölü besleyen en önemli akarsudur. Çayın debisi ve su kalitesi iklimsel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. 1939 ile 1969 yılları arasında 30 yıllık ortalamaya göre taşıdığı su hacmi 500x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ile 4000x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> arasında değişim göstermiştir (Sarmaşık 2012). Ayrıca gölün doğusunda Akçalar Köyü'nde bulunan Akçalar Deresi de debisi oldukça düşük olmasına rağmen gölü besleyen yüzeysel bir su kaynağıdır. Göl havzası üzerinde yapımı 2011 yılında tamamlanan Çınarcık



Şekil 1. Uluabat Gölü Uydu Görüntüsü

Figure 1. Satellite View of Lake Uluabat

Barajı Kuvvet Tüneli ile de göle önemli miktarda havzadan toplanan sular ileilmektedir.

Gölün drenajı batıda, Uluabat Köyü yöresindeki, nihayetinde Marmara Denizi'ne dökülen Kocasu Çayı vasıtasıyladır. Uluabat Gölü tipik bir sığ göldür. Sığ göllerin tipik özelliği olarak rüzgarın etkisiyle tam karışıma uğrar, ışık erişilebilirliğinin belirlendiği litoral bölgesi geniştir (Sarmaşık 2012). Yüzeysel sularında gösterildiği Uluabat Gölü'ne ait uydu görüntüsü Şekil 1'de sunulmuştur.

### Su Bütçesinin Hazırlanması

Su ve su kaynakları ile ilgili sorunların çözümünde su bütçesinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Farklı amaçlarla su bütçesini ortaya koymak için, ele alınan havzanın ya da alanın büyüklüğüne ve elde edilecek verilere göre temelde aynı olmasına karşın içerdiği öğeler bakımından farklı birçok su bütçesi denklemi mevcuttur (Baumgartner ve Reichel 1975, Hyfield ve diğ. 2008, Lawrie ve Stretch 2011). Genel ifade ile yaygın kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

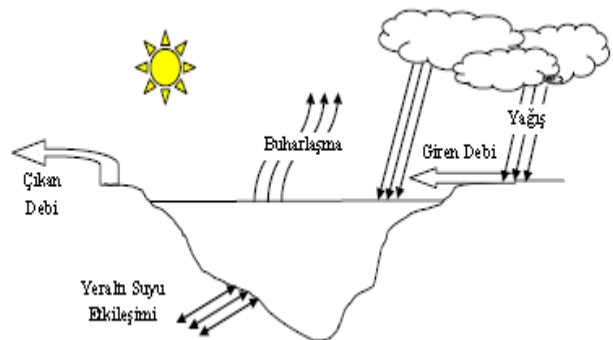
$$\frac{dV}{dt} = Q_{giren} - Q_{çıkan} \quad \text{Eşitlik (1)}$$

Su ve su kaynakları ile ilgili sorunların çözümünde su bütçesinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Farklı amaçlarla su bütçesini ortaya koymak için, ele alınan havzanın ya da alanın büyüklüğüne ve elde edilecek verilere göre temelde aynı olmasına karşın içerdiği öğeler bakımından farklı birçok su bütçesi denklemi mevcuttur (Baumgartner ve Reichel 1975, Hyfield ve diğ. 2008, Lawrie ve Stretch 2011). Genel ifade ile yaygın kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$dV/dt = Q_{dere} + Q_{yağış} - Q_{dere} - Q_{sulama} - \text{Buharlaştırma} + \text{Yeraltı suyu} \quad \text{Eşitlik (2)}$$

Yukarıdaki denklemlerde görüldüğü üzere göllerde su bütçesi genel bileşenleri Şekil 2'de de görsel olarak sunulmuştur. Uluabat Gölü'nde su bütçesinin oluşturulması aşamasında öncelikli olarak göle giren ve gölden çıkış yapan sular için çalışma dönemine ait Devlet Su İşleri 1. Bölge Müdürlüğü (DSİ)'den edinilen debi değerlerinden faydalanılmıştır. Uluabat Gölü çanağını besleyen ana akım MKP Çayı üzerinde işletilen akım gözlem istasyonuna ait günlük veriler bulunmasına karşın, gölün çıkış ayağında bulunan Kocasu Çayı'ndaki akım gözlem istasyonuna ait veriler

bulunmamaktadır. Bu nedenle, göle ait su bütçesinin oluşturulabilmesi amacı ile Ağustos 2013-Temmuz 2014 dönemini kapsayan her ay bu su kaynağı üzerinde DSİ personeli yardımı ile debi ölçümü yapılmıştır. Benzer şekilde aynı gün içerisinde Akçalar deresinde de el tipi muline yardımı ile debi ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gölde bulunan sabit su kotu, hesaplamalarda kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Çalışmada yapılan ölçümler ile ilgili fotoğraflar Şekil 3'de sunulmuştur. Göle giriş yapan bir diğer su kaynağı Çınarcık kuvvet tüneli olup, bu tünelin işletimini yapan firma ile görüşmeler sonucu barajdan göle salınan aylık ortalama su miktarları temin edilmiştir. Su bütçesinin oluşturulması aşamasında, temel yüzeysel su kaynaklarının debilerinin belirlenmesi sonrası, göle giren ve çıkan diğer noktasal su kaynakları DSİ'den öğrenilmiş, arazide keşifler yapılmış ve bu noktadaki debi değerleri de temin edilmiştir. Buna göre gölden sulama amaçlı su çeken (Yenikaraağaç sulama) pompa istasyonlarına ait aylık çalışma saatleri, ölçülen pompa kapasiteleri (m<sup>3</sup>/saat) DSİ'den temin edilmiştir. Pompa istasyonlarının sulamaya açılış ve kapanış tarihleri de hesaba katılarak pompa istasyonlarına ait su çekimleri günlük olarak hesaplandıktan sonra aylık değerlere geçiş yapılmıştır. Göl etrafında sulamadan dönen drenaj sularının toplanıp göle iletilmesini sağlayan iki farklı pompa istasyonu daha bulunmaktadır. Bunlar, Atabay ve Karaoğlan pompa istasyonları olarak isimlendirilmiştir. Yine bu pompa istasyonlarına ait aylık çalışma saatleri, ölçülen pompa kapasiteleri (m<sup>3</sup>/saat), pompaların açılış ve kapanış tarihleri de hesaba katılarak göle deşarj ettikleri su miktarları günlük olarak hesaplandıktan sonra aylık değerlere geçiş yapılmıştır. Su bütçesini oluşturan diğer su bütçe elemanları meteorolojik olaylar ile ilgili



Şekil 2. Göllerde Genel Su Bütçesi  
Figure 2. General Water Budget in Lakes



**Şekil 3.** (a) Akçalar Deresi Debi Ölçümü, (b) Göl Su Kotu, (c) Kocasu Çayı'nda Debi Ölçümü (Uluabat Köprüsü Üzerinden), (d) Köprüden Sarkıtılan Muline

**Figure 3.** (a) Flow Measurement of Akçalar Creek, (b) Lake Water Level, (c) Flow Measurement in Kocasu Stream (From Uluabat Bridge), (d) Muline hanging from the bridge

olan buharlaşma ve yağış faktörleridir. Bu bütçe elemanlarının hesaplanması aşamasında göle en yakın meteoroloji istasyonu olan Karacabey Meteoroloji İstasyonundan buharlaşma miktarları (mm) ve göl aynasına düşen yağış yüksekliği (mm) verileri temin edilmiştir. Toplam buharlaşma hacmi ( $m^3$ ) hesaplanırken, meteoroloji istasyonu tarafından tava (kap) katsayısı olarak ifade edilen ve 0,7 olarak belirlenen sabit katsayı değeri ile buharlaşma miktarı (mm) ve göl yüzey alanı ( $m^2$ ) çarpılarak belirlenmiştir. Yine benzer şekilde toplam yağış hacmi ( $m^3$ ), yağış miktarı (mm) ve göl yüzey alanı ( $m^2$ ) çarpılarak hesaplanmıştır. Gölün yüzey alanı hesaplanırken, 2010 yılında yapılan güncel göl batimetresi kullanılmıştır. Burada hacim-alan ilişkisine dayalı, su kotu ve bu değere karşılık gelen göl yüzey alanı batimetre yardımıyla belirlenmiştir. DSİ tarafından göle ait su kotu değerleri günlük olarak kaydedilmektedir. Bu değerlerin aylık ortalaması alınarak, aylık ortalama su kotuna karşılık gelen göl hacmi ve göl yüzey alanı belirlenmiştir. Bu değerler bulgular ve tartışma kısmında

sunulmuştur. Su bütçesi hesaplamalarında kullanılan bir diğer bütçe elemanı yeraltı suyu miktarıdır. Uluabat Gölü'nün yeraltı suyu ile etkileşim içerisinde olduğu bilinmektedir. Uluabat Gölü'ne ait su bütçesi elemanları eksik veriler ve hassas yapılamayan ölçümler nedeniyle belirli bir hata payı ile hesaplanabilmiştir. Ölçüm eksikliği sebebiyle yeraltı suyuna ait veri bulunmadığından bu bütçe elemanının hata payı içerisinde yer aldığı varsayılmıştır. Buna göre su bütçesi genel denklemi;

$$\text{Hacim Değişimi} = \text{Toplam Gelen Su} - \text{Toplam Çıkan Su} \pm \text{Hata}$$

*Eşitlik (3)*

şeklinde ifade edilebilir (Mercan 2006, Sarmaşık 2012). Hata değerlerinin negatif olması gölün beslendiğini, pozitif olması ise gölden su çekiminin olduğunu ifade etmektedir (Mercan 2006).

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda dünyada yapılan çalışmalar, havza

bazlı yönetim ve sürdürülebilirlik konuları üzerinde odaklanmıştır (Davraz ve diğ. 2016, Şanlı ve Doğan 2015, Lallahem ve Mania 2003). Havza ölçeğinde su kaynaklarında gerek miktar gerekse nitelik olarak meydana gelen değişikliklerin gözlenmesi, herhangi bir olumsuz durumda gerekli önlemlerin alınması açısından da avantaj sağlamaktadır. Havzalarda su potansiyeli hidrolojik çalışmalar ile belirlenmektedir. Bu

değerlendirmenin yapılabilmesi için hidrolojik bütçe elemanlarının (yağış, akış, buharlaşma ve sızma) kütlelerin korunumu prensibine dayanan su dengesi denklemi ile hesaplanması gerekmektedir (Cook ve diğ. 2008). Bu bağlamda Uluabat Gölü'nde su dengesinin kurulması amacı ile su bütçesi elemanları belirlenmiş ve belirli hata payı ile su bütçesi oluşturulmuştur.

Uluabat Gölü su bütçesi elemanları ve

**Çizelge 1.** Uluabat Gölü Su Bütçesi Elemanları ve Aylık Değişimleri

**Table 1.** Water Budget Elements of Lake Uluabat and Monthly Changes

GÖLDEN ÇIKAN SU MİKTARI									
	Su Kotu (m)	Hacim (hm <sup>3</sup> )	Kocasu Çayı (hm <sup>3</sup> )	Sulama (hm <sup>3</sup> )	Buharlaşma (mm)	Kap Katsayısı	Göl Alanı (km <sup>2</sup> )	Toplam Buharlaşma (hm <sup>3</sup> )	Toplam Çıkan Su (hm <sup>3</sup> )
Ağu.13	2,50	132,0	33,78	3,64	162,1	0,70	129,50	14,69	52,11
Eyl.13	2,47	127,0	33,53	1,25	106,0	0,70	127,80	9,52	44,31
Eki.13	3,45	267,0	37,75	0,00	36,6	0,70	127,80	3,27	41,03
Kas.13	2,55	138,0	36,08	0,00	33,7	0,70	129,50	3,05	39,13
Ara.13	3,47	270,0	66,98	0,00	33,9	0,70	145,60	3,45	70,44
Oca.14	2,62	148,0	49,17	0,00	38,3	0,70	131,20	3,51	52,69
Şub.14	2,62	148,0	45,36	0,00	39,0	0,70	131,20	3,58	48,94
Mar.14	2,72	161,0	53,96	0,00	63,5	0,70	132,90	5,91	59,87
Nis.14	2,72	161,0	49,92	0,00	85,0	0,70	132,90	7,91	57,83
May.14	2,82	175,0	98,69	0,47	114,0	0,70	134,60	10,74	109,9
Haz.14	2,72	161,0	73,63	1,20	134,4	0,70	132,90	12,50	87,34
Tem.14	2,59	144,0	44,83	3,84	161,8	0,70	131,20	14,86	63,54

GÖLE GELEN SU MİKTARI											
	Su Kotu (m)	Hacim (hm <sup>3</sup> )	Çınarcık Barajı (hm <sup>3</sup> )	Atabay Pİ (hm <sup>3</sup> )	Karaoğlan Pİ (hm <sup>3</sup> )	Akçalar (hm <sup>3</sup> )	MKP Çayı (hm <sup>3</sup> )	Yağış (mm)	Göl Alanı (km <sup>2</sup> )	Toplam Yağış (hm <sup>3</sup> )	Toplam Gelen Su (hm <sup>3</sup> )
Ağu.13	2,50	132,0	13,28	2,61	0,46	0,026	26,32	1,40	129,50	0,181	42,90
Eyl.13	2,47	127,0	12,31	1,75	0,47	0,038	25,73	16,6	127,80	2,121	42,43
Eki.13	3,45	267,0	26,38	0,67	0,45	0,010	29,73	763,4	127,80	97,56	154,81
Kas.13	2,55	138,0	22,75	0,41	0,36	0,012	17,98	60,8	129,50	7,873	49,41
Ara.13	3,47	270,0	24,92	1,06	0,44	0,016	15,85	38,6	145,60	5,620	47,93
Oca.14	2,62	148,0	22,63	0,93	0,45	0,053	18,75	30,8	131,20	4,040	46,86
Şub.14	2,62	148,0	15,26	0,54	0,36	0,038	17,32	20,4	131,20	2,676	36,21
Mar.14	2,72	161,0	21,32	0,55	0,41	0,042	30,80	42,0	132,90	5,581	58,71
Nis.14	2,72	161,0	20,29	0,48	0,38	0,220	17,08	112,0	132,90	14,88	53,35
May.14	2,82	175,0	41,83	1,09	0,61	0,356	49,01	96,8	134,60	13,03	105,93
Haz.14	2,72	161,0	35,35	1,55	0,49	0,285	32,92	94,4	132,90	12,54	83,14
Tem.14	2,59	144,0	22,31	1,71	0,15	0,013	33,74	4,6	131,20	0,603	58,54

bunların izleme süreci içerisinde aylık değişimleri tablolar halinde Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, gölden çıkan su miktarını belirleyen bütçe elemanları, Kocasu Çayı, tarımsal sulama amaçlı çekilen su ve buharlaşma faktörleridir. Her bir faktörün aylık değişim miktarları ve aylık toplam gölden çıkan su miktarları görülmektedir. Benzer şekilde göle gelen su miktarlarını belirleyen bütçe elemanları, Çınarcık Barajı Kuvvet Tüneli, MKP Çayı, Akçalar Deresi, Atabay ve Karaoğlan Pompa İstasyonları (Pİ), göle düşen toplam yağış miktarıdır. Her bir faktörün aylık değişim miktarları ve aylık toplam göle gelen su miktarları Çizelge 1'de görülmektedir.

Gölün su bütçesi, o göldeki su değişimini ve bu değişime etki eden parametreleri göstermesi açısından oldukça önemlidir (Ghale ve diğ. 2018). Her ne kadar bir gölün su bütçesi teorik olarak; girenlerden çıkanların farkı alınarak hacimsel değişime eşitlenmesinden ibaret olsa da, veri eksikliğinden ve ölçüm hatalarından kaynaklanan çeşitli belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir. Eksik ölçümlerden dolayı su bütçesi denkleminde bilinmeyen sayısı artmaktadır. Bu durumda hesaplar ancak belirli bir hata payı ile yapılabilmektedir (Mercan 2006). Çalışmada

**Çizelge 2.** Ağustos 2013-Temmuz 2014 Çalışma Döneminde Uluabat Gölü Genel Su Bütçesi

**Table 2** General Water Budget of Lake Uluabat in August 2013-July 2014 Working Period

Dönem	Su Kotu (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Toplam Çıkan Su (m <sup>3</sup> )	Toplam Gelen Su (m <sup>3</sup> )	Gelen Çıkan
Ağu.13	2,50	132,0	52,11	42,90	-9,21
Eyl.13	2,47	127,0	44,31	42,43	-1,88
Eki.13	3,45	267,0	41,03	154,81	113,78
Kas.13	2,55	138,0	39,13	49,41	10,28
Ara.13	3,47	270,0	70,44	47,93	-22,51
Oca.14	2,62	148,0	52,69	46,86	-5,83
Şub.14	2,62	148,0	48,94	36,21	-12,73
Mar.14	2,72	161,0	59,87	58,71	-1,16
Nis.14	2,72	161,0	57,83	53,35	-4,48
May.14	2,82	175,0	109,9	105,93	-3,97
Haz.14	2,72	161,0	87,34	83,14	-4,2
Tem.14	2,59	144,0	63,54	58,54	-5

Uluabat Gölü su bütçesi hesaplanırken, denge denkleminde ölçüm eksikliği sebebiyle yeraltı suyunun girişinin ve çıkışının hata payı içinde yer aldığı varsayılmıştır.

Su bütçesi denkleminde sağ tarafta olan hacimsel değişim ile eşitliğin diğer tarafında olan girenlerin ve çıkanların hacimsel farkı, yeterli ölçümün olmaması ve hassas yapılamayan ölçümlerden dolayı birbirine eşit olmamaktadır. Bu fark hata olarak tanımlanmaktadır (Mercan 2006). Çizelge 2'de Uluabat Gölü su bütçesinde oluşan hatalar (kütle denkleminde gelen-çıkan farkı) gösterilmiştir. Hata, negatif olduğunda gölün beslendiğini, pozitif olduğunda ise gölden kaçak olduğunu göstermektedir (Sarmaşık 2012).

Çizelge 2 incelendiğinde, hatanın maksimum değeri Ekim 2013 tarihinde +113.781.679 m<sup>3</sup>, minimum hata değeri ise Aralık 2013 tarihinde -22.509.688 m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. Bağıl hata ise +4.423.904,75 m<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu durum, genel anlamda gölde kaçak su çekimlerinin olduğunu veya gölün yeraltı suyunu beslediğini göstermektedir.

## SONUÇLAR

Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için yapılması gereken temel çalışmalar, su havzasının hidrolojisi, hidrojeolojisi ve kirlilik araştırmalarının yapılmasıdır. Bu çalışmada, klasik su bütçesi denklemleri kullanılarak doğal bir gölün su bütçesinin nasıl bulunacağı hem teorik hem de Uluabat Gölü'ne uygulanışı olarak hesaplanmıştır. Bu tür konular üzerinde yapılan araştırmalar göstermiştir ki göl su seviyesindeki değişimler, yağış akış ve buharlaşma ile ilişkilidir. Göl su seviyesi değişiminin gölün su bütçesi ve havzasındaki meteorolojik değişkenlere bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Göl için hazırlanan su bütçesinde, önemli düzeyde hata payı bulunmaktadır. Bu durumun en önemli nedenlerinden biri gölü besleyen ve gölü boşaltan akımlarda doğru, hassas ve yeterli ölçümler yapılmamasıdır. Gölün çıkış ayağı Kocasu Çayı'nda devamlı ölçüm yapan bir akım gözlem istasyonunun bulunmaması Uluabat Gölü için önemli bir eksikliklerdir. Bu durumun önlenmesi için Kocasu Çayı üzerinde işleri bulunan bir Sürekli Akım Gözlem İstasyonu kurulmalıdır.

Uluabat Gölü su bütçesinin hesaplanmasında

en önemli eksiklik yeraltı suyu verisidir. Çalışma alanına ait herhangi bir yeraltı suyu verisi edinilememiştir. Yeraltı suyu tablasının yüksekliğinin izlenmesi ve gölü beslediği ve gölden beslendiği dönemler belirlenerek göl hidrodinamiğine katkısı gerçekçi olarak tespit edilmelidir.

Gölün hidrolojik bilançosunun hesaplanmasında karşılaşılan en büyük sorun düzenli ölçülmüş verilerin bulunmamasıdır. Gölün sürdürülebilir kullanımı açısından göle özgü meteorolojik ve akım gözlem istasyonu sayısının artırılması ile gölden çekilen su miktarı değerlerinin en doğru verilerle ölçülebilmesi için gerekli hassasiyetin gösterilmesi ve bu konuda göl çevresinde yerleşim yerlerinde bulunan halkın da bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

OUAP(M)-2013/6 nolu orta ölçekli bilimsel araştırma projemize destek vererek bu çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Aksoy, E. ve Özsoy, G. (2002) Investigation of Multi-Temporal Land Use /Cover and Shoreline Changes of the Uluabat Lake RAMSAR Site Using RS and GIS. Uluslar arası sürdürülebilir Arazi Kullanımı ve Yönetimi Konferansı, 10-13 Haziran 2002, Çanakkale, Türkiye.

Baumgartner, A. ve Reichel, E. (1975) The World Water Balance. Münih: Elsevier. p:25-38.

Cook, P.G., Wood, C. ve Brunner, P. (2008). Groundwater Inflow to a Shallow, Poorly-mixed Wetland Estimated From a Mass Balance of Radon. Journal of Hydrology, 354, 213-226.

Davraz, A. ve Balın, D. (2015) Çöl (Haydarlı/Afyon) Ovasının Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering, 10, 1-22.

Davraz, A., Şener, E., Şener, Ş. ve Varol, S. (2014) Water Balance of the Eğirdir Lake and the Influence of Budget Components, Isparta, Turkey. Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science 18(2), 27-36.

Davraz, A., Şener, Ş. ve Şener, E. (2016) Su Kaynaklarının Kullanma ve Koruma Metodolojisinin Geliştirilmesi: Eğirdir Gölü Havzası Örneği. Journal of Engineering Sciences and Design, 4(3), 227-238. DOI: 10.21923/jesd.71639.

Ghale, Y. A. G., A. Altunkaynak, A. Unal (2018). Investigation Anthropogenic Impacts and Climate Factors on Drying up of Urmia Lake using Water Budget and Drought Analysis. Water Resources Management January 2018, Volume 32, Issue 1, pp 325–337.

Hacısalıhoğlu, S. (2016) Uluabat Gölü Su Kalitesinin Modellenmesinde Krom ve Nikel Metallerinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Bursa.

Hyfield, E.C.G., Day, J.W., Cable, J.E. ve Justic, D. (2008) The Impacts of Re-Introducing Mississippi River Water on the Hydrologic Budget and Nutrient Inputs of a Deltaic Estuary. Ecological Engineering, 32: 347-359.

İleri, S., 2010. Uluabat Gölü Su ve Sediment Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Parametreler Açısından Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Lallahem, S. ve Mania, J. (2003) Evaluation and forecasting of daily groundwater outflow in a small chalky watershed. Hydrol Process, 17 (8), 1561–77.

Lawrie, R.A. ve Stretch, D.D. (2011) Anthropogenic impacts on the Water and Salt Budget of St Lucia Estuarine Lake in South Africa. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 93: 58-67.

Mercan, D.E. (2006) Beyşehir Gölü'nün Hidrodinamik Modellemesi. Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Sarmaşık, S. (2012) Uluabat Gölü Hidrodinamik Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Bursa.

Şanlı, A.S. ve Doğan, A. (2015) Development of optimum dynamic management model of Beyşehir Lake. Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma 33, 144-156.

Şener, E. ve Soyaslan, I.I. (2006) Evaluation of Karstic Discharges in the East of Eğirdir Lake (Turkey) Using Satellite Images. In: The III International Scientific and Practical Conference (Use of the Water Resources and its Integretional Management in Globalization processes), Bakü , 6–7, July 2006, 70–72.

Şorman, Ü. (2008). Van Gölü su bütçesinin uzaktan algılama tekniklerinin kullanımıyla bulunması. Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008.