

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ

Emre ÖZELKAN¹ (ORCID: 0000-0002-2031-1610)*
Muhittin KARAMAN² (ORCID: 0000-0002-8971-010X)

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Geliş / Received: 29.03.2018
Kabul / Accepted: 08.05.2018

ÖZ

Meteorolojik kuraklık, sebep olduğu su eksikliği nedeniyle önce hidrolojik, sonrasında ise tarımsal ve sosyoekonomik kuraklık olarak tüm hayatı olumsuz etkiler. Bu çalışmada meteorolojik kuraklık ile hidrolojik kuraklık arasındaki ilişki, sulama ve taşkın amaçlı kullanılan Atikhisar Baraj Gölü'nde (Çanakkale), 2013 ve 2017 yılları arasında incelenmiştir. Meteorolojik kuraklık için standart yağış indisi (SPI), hidrolojik kuraklık için Meyer açık su yüzeyi buharlaşma (E) metodu, alansal değişim için Landsat-8 OLI/TIRS uydu görüntülerinden oluşturulan modifiye normalize edilmiş fark su indisi (MNDWI), hacimsel değişim için hesaplanan buharlaşma ve alan verileri kullanılmıştır. Yağışlı ve kurak dönemler için meteorolojik ve hidrolojik parametrelerin göl alanına ve hacmine olan etkileri 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler şeklinde değerlendirilmiştir. Değerlendirmede; yağışlı-kurak dönem geçişinde meydana gelen mevsimsel alan ve hacim değişiminde SPI ve E'nin 3 aylık dönemlerinin oldukça yüksek ve belirleyici etkiye sahip olduğu ve daha durağan olmasından dolayı diğer dönemlere göre yaz mevsimini içeren analizlerde daha iyi sonuçların elde edildiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, SPI, Meyer, MNDWI, göl alanı ve hacmi

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL DROUGHT ON DAM LAKE VIA MULTITEMPORAL SATELLITE IMAGES: A CASE STUDY IN ATIKHİSAR DAM LAKE (ÇANAKKALE)

ABSTRACT

Meteorological drought caused to lack of water has adverse effects on all life firstly hydrological, after then agricultural and socioeconomically. In this study, the relationship between meteorological and hydrological drought in Atikhisar Dam Lake, which is in Çanakkale Central District borders and being crucial for the region in terms of drinking, irrigation and flood, was investigated between 2013 and 2017. Standard precipitapn index (SPI) for meteorological drought, Meyer open water surface evaporation (E) method for hydrological drought, modified normalized difference water index (MNDWI) generated from Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) multispectral satellite image for area change and for volume change calculated evaporation and area data were used. For the rainy and the dry season, the meteorological and hydrological effects on the lake area-volume were evaluated in 1, 3, 6, 9 and 12 months periods. As a result, it was determined that SPI and E for 3 months periods have significant effects on the seasonal area and volume changes during the rainy and dry season transition, and since it is more stable compare to others, better results are obtained in the analyzes including summer season.

Keywords: Drought, SPI, Meyer, MNDWI, lake area and volume

*Corresponding author /Sorumlu Yazar. Tel: +90 286 218 3272; e-mail: emreozelkan@comu.edu.tr

1. GİRİŞ

İklim değişimi nedeniyle etkisi her geçen zaman daha fazla hissedilen kuraklık, belirli bir dönemdeki su eksikliğini ifade eden meteoroloji kökenli çevresel bir felakettir [1-3]. Yağışlardaki azalma nedeniyle kuraklığın etkisi su kaynaklarında daha fazla hissedilir [4]. Meteorolojik kuraklığın su kaynakları üzerine etkisi hidrolojik kuraklıktır [5]. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklıklar tarımsal kuraklığa dolaylı olarak da sosyoekonomik kuraklığa sebep olur [2, 4]. Su kaynaklarının iyi izlenmesi ve yönetilmesi tarımsal ve sosyoekonomik açıdan hayati önem taşır [6, 7]. Kuraklık zamanında doğru şekilde tespit edilmez ve gerekli önlemler alınmazsa ülkelerin ekonomisine artan gıda enflasyonu gibi son derece büyük zararlar verir [2, 8].

Kuraklığın belirlenmesinde, meteorolojik istasyonlardan yersel olarak ölçülen veriler (yağış ve sıcaklık gibi) kullanılarak oluşturulan Standart Yağış İndisi (SPI), Normalin Yüzdesi İndeksi ve PALMER Kuraklık Şiddet İndeksi gibi meteorolojik kuraklık indislerinden yararlanılır [2, 9, 10]. Hidrolojik kuraklığın incelenmesinde su alanındaki ve seviyesindeki azalmayı yerinde açık su yüzeyi rasatları ve buharlaşma havuzu ile belirlemek en temel güvenilir yöntemdir [11]. Açık yüzey su alanlarından eksilen su miktarı; Bütçe hesabı, Su Dengesi, Enerji Dengesi, Kütle Transferi gibi deterministik ve Dalton, Meyer ve Rohver gibi ampirik yöntemler ile de belirlenebilmektedir [12].

Hidrolojik kuraklığın takibinde ve su kaynakları yönetiminde, uzaktan algılama, gelişen uydu teknolojisi imkanları ile birlikte büyük kolaylık sağlar [13-18]. Uydu görüntülerinden oluşturulan su indisleri görüntüleri ile kuraklığın izlenmesi mümkündür [19]. Normalize edilmiş fark su indisi (NDWI) ve modifiye normalize edilmiş fark su indisi (MNDWI) [20, 21] gibi su indisleri ile sulak alanların mevsimsel değişiminin incelenmesi su yönetimi açısından büyük kolaylık sağlar [16]. Uydu verisi ile oluşturulan kuraklık bulgularının yersel ölçümlerden elde edilen veriler ile ilişkilendirilmesi uzaktan algılama çalışmalarını güçlendirir [2, 16]. Farklı kaynaklardan verilerin bir arada kullanılması ve veri entegrasyonu, kuraklığın ve su kaynaklarının izlenmesi ve doğru yönetimindeki başarıyı artırır [16, 17].

Bu çalışma yersel meteorolojik verileri ile uydudan uzaktan algılama verilerini bir arada kullanarak meteorolojik ve hidrolojik kuraklık arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda Çanakkale İli Merkez İlçesi sınırları içerisinde çok amaçlı (içme, sulama ve taşkın koruma vb.) kullanılan Atikhisar Baraj Gölü'nün yağışlı ve kurak dönemlerdeki alansal ve hacimsel değişimi ve bu değişime meteorolojik ve hidrolojik kuraklığın etkisi incelenmiştir. Meteorolojik kuraklık; SPI indisi, hidrolojik kuraklık; Meyer açık su yüzeyi buharlaşma metodu, alansal değişim Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) multispektral uydu görüntülerinden oluşturulan MNDWI su indisi ve hacimsel değişim ise hesaplanan buharlaşma ve alan verileri kullanılarak belirlenmiştir.

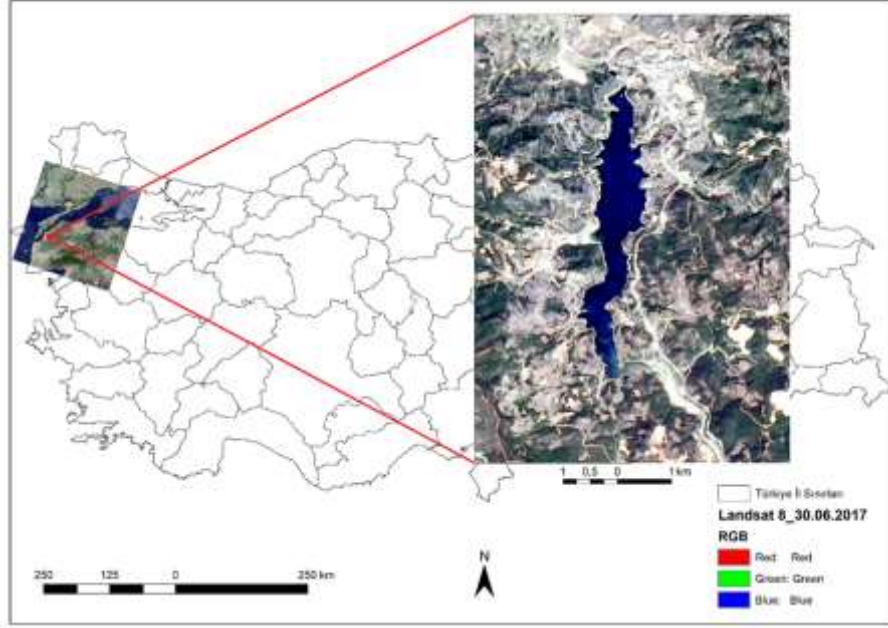
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Veri

2.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı 26°31'2.22" - 26°33'10.30" doğu meridyenleri ve 40° 3'49.67" - 40° 7'36.31" kuzey paralelleri arasında bulunan ve Çanakkale Merkez İlçe sınırları içerisindeki Atikhisar Baraj gölüdür (Şekil 1). Atikhisar Barajı, Sarıçay üzerine toprak dolgu gövdeli olarak 1971-1975 yılları arasında inşa edilmiş, normal su kotunda alanı 3km², hacmi 40hm³ olan içme suyu, sulama ve taşkın koruma amaçlı barajdır [22, 23]. Koca [24]'nın DSİ 25. Bölge Müdürlüğüne dayandırdığı verilere göre maksimum alan ve hacim sırasıyla 3,6km² ve 52,5hm³'tür. Çanakkale şehir merkezinin Sarıçay'da meydana gelebilecek taşkınlardan korunması, Çanakkale, Kalabaklı ve Özbek Ovası'nda sulu tarım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi ve Çanakkale merkezinin içme suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla inşa edilmiştir [24]. Koca [24]'ya göre deniz seviyesinden 60m yükseklikte ve Çanakkale merkeze 11km uzaklıkta inşa edilen baraj, Çanakkale Meteoroloji İstasyonu ile benzer meteorolojik değerlere sahiptir. Bölgede Karadeniz ikliminden Akdeniz iklimine bir geçiş iklimi olan ılıman Marmara iklimi hakimdir [25, 26]. Baraj ve çevresindeki yoğun bitki örtüsü, erozyonu önlemesi nedeniyle siltlenmeyi geciktirmekte ve baraj ömrünü arttırmakta buna karşın yüzeysel akışı yavaşlatarak yeraltı su seviyesinin yükselmesine katkı sağlarken baraja ulaşan su miktarının azalmasına neden olmaktadır [24]. Geçmiş dönemlerde yaşanan bazı kuraklıkların etkisinde barajdaki doluluğun %10 seviyelerine düştüğü görülmüştür [24]. Atikhisar Barajı'nın faaliyetinden sonra bölgede sulanan tarım alanlarında ve tarımsal faaliyetlerde önemli artış gerçekleşmiştir [27].

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHISAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ



Şekil 1. Çalışma alanı (Atikhisar Barajı ve Çevresi)

2.1.2. Meteorolojik Veriler

SPI meteorolojik kuraklık indisini hesaplamak için aylık toplam yağış verileri ve buharlaşmayı (E) hesaplamak için aylık ortalama rüzgâr hızı, hava buhar basıncı ve bağıl nem (RH) verileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Üretilen E değerlerinin doğruluğunun kontrolü için MGM tarafından yayınlanan 2015 ve 2016 aylık E değerleri kullanılmıştır.

2.1.3. Uzaktan Algılama Verisi ve Ön İşlemesi

Çanakkale Atikhisar Barajı'ndaki alansal değişimlerin izlenmesinde Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumu'nun (USGS), EarthExplorer web veri dağıtım ortamından (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) temin edilmiş Landsat-8 OLI (The Operational Land Imager)/TIRS (Thermal Infrared Sensor) multispektral uydu görüntüleri kullanılmıştır. 705km'lik bir irtifadan, 180km çerçeve genişliğinde görüntü üreten algılayıcının spektral ve mekânsal özellikleri **Tablo 1**'de verilmiştir.

Tablo 1. Landsat 8 OLI/TIRS sensörlerinin spektral özellikleri [28-30]

OLI Spektral Bantları			
Bant	Bant Adı	Bant Genişliği (µm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
1	Coastal	0,433–0,453	30
2	Blue	0,450–0,515	30
3	Green	0,525–0,600	30
4	Red	0,630–0,680	30
5	NIR	0,845–0,885	30
6	SWIR1	1,560–1,660	30
7	SWIR2	2,100–2,300	30
8	Pan	0,500–0,680	15
9	Cirrus	1,360–1,390	30
10	Termal-1	10,6–11,19	100
11	Termal-2	11,50–12,51	100

E. ÖZELKAN, M. KARAMAN

Sistematiik geometrik düzeltmeyle birlikte arazi düzeltmesi (L1-T) ve radyometrik düzeltmesi yapılmış, 16 bit Landsat-8 OLI/TIRS görüntüsü [28] Atıkhisar Barajı'ndaki su alanı değişiminin izlenmesinde kullanılmıştır. Yağışlı-kurak ve kurak-yağışlı dönem geçişinde Atıkhisar Barajı'nda gerçekleşen su kaplı alan miktarlarındaki değişim 2013-2017 aralığındaki yıllar için incelenmiştir. Yağışlı dönem sonu için Haziran, kurak dönem sonu için Ağustos ayı görüntüleri seçilmiştir. Görüntülerin bulutluluk durumlarına göre yağışlı dönem sonu için Haziran ayı görüntülerinde en fazla ilk 15 gün içinde algılanmış, kurak dönem sonu için ise Ağustos sonu veya Eylül'ün ilk haftasında algılanmış görüntüler tercih edilmiştir. Uzun yıllar alansal değişim incelenmesinde tüm yıllar için Atıkhisar Barajı'nı içine alan Landsat-8 OLI/TIRS 181/032 (path/row) numaralı uydu yörüngesinde algılanmış görüntülerinden yararlanılmıştır (**Tablo 2**).

Tablo 2. Atıkhisar Barajı'ndaki alansal değişimlerin belirlenmesinde kullanılan Landsat-8 OLI/TIRS görüntülerinin algılanma tarihleri

Dönem/Yıl	2013	2014	2015	2016	2017
Yağışlı Dönem Sonu	10.06.2013	13.06.2014	16.06.2015	02.06.2016	14.06.2017
Kurak Dönem Sonu	29.08.2013	25.08.2014	28.08.2015	30.08.2016	02.09.2017

Atıkhisar Baraj alanında, su kaplı alanın belirlenmesinde piksel boyutundan kaynaklı hesaplama hataların azaltılması amacıyla mekânsal çözünürlük artırılmıştır. Görünür yakın kızıl ötesi (VNIR) bantlarının kullanıldığı su kaplı alanı belirleme işlemlerinde, Landsat-8 OLI/TIRS algılayıcısının teknik kapasitesinden kaynaklı mekânsal çözünürlüğün 30m'den 15m'ye yükseltilmesi için görüntülere füzyon yöntemi uygulanmıştır. Görüntü füzyonunda numerik yöntemlerden NNDiffuse (Nearest-neighbor diffusion-based pansharpening) yöntemi [31] kullanılmıştır. NNDiffuse yöntemi, görüntüdeki her bir piksel için, pikseli çevreleyen süper piksellerin spektrumlarını doğrusal olarak ağırlıklandırarak füzyonu gerçekleştirir [31]. Su kaplı alanı belirleme işlemlerinde kullanılan düşük mekânsal çözünürlüklü multispektral bantlara (30m), yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik bant füzyon edilerek (15m), yüksek mekânsal çözünürlüklü çok bantlı yeni görüntü elde edilmiştir.

2.2. Yöntem

Meteorolojik kuraklığın hidrolojik kuraklık ile olan ilişkisinin incelendiği bu çalışmada; öncelikle meteorolojik kuraklık ve gölde oluşan açık su yüzeyi buharlaşması hesaplanmıştır. Yağışlı ve kurak dönemlerdeki baraj gölalanı ve alansal değişim uydu görüntüleri ile belirlenmiştir. Yağışlı ve kurak dönem için elde edilen alan ve buharlaşma değerleri ile göl hacmi ve yağışlı-kurak dönem geçişinde gerçekleşen hacimsel değişim belirlenmiştir. Bulgular arasındaki ilişkiler korelasyon ve regresyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Çalışmada izlenen metot sırası ile aşağıda bölümler halinde anlatılmıştır.

2.2.1. Standard Yağış İndisi (SPI)

SPI dünya çapında yaygın olarak kullanılan ve sadece yağış verisi ile çalışan bir meteorolojik kuraklık indisidir (1) [2, 32]. SPI ilgilenilen bir zaman dilimi içerisindeki yağış toplamının o zaman diliminin uzun yıllar ortalamasından farkının yine o zaman diliminin uzun yıllar verisinden elde edilen standart sapmasına oranı ile elde edilir [2, 33].

$$SPI = \frac{(X_i - X_{ort})}{\sigma} \quad (1)$$

X_i zaman dilimi içerisindeki yağış toplamını, X_{ort} ilgilenilen zaman dilimi içerisindeki yağış toplamının uzun yıllar ortalaması ve σ ilgili zaman diliminin uzun yıllar verisinden elde edilen standart sapması şeklinde ifade edilir. SPI indisinin değerleri ve karşılık geldiği sınıflar **Tablo 3**'te verilmiştir.

Tablo 3. SPI indisi ve sınıfları [10]

Sınıflandırma	Olaęanüstü Nemli	Aşırı Nemli	Çok Nemli	Orta Nemli	Hafif Nemli	Normal Cıvarı	Hafif Kurak	Orta Kurak	Şiddetli Kurak	Çok Şiddetli Kurak	Olaęanüstü Kurak
SPI İndisi Değerleri		1,6	1,3	0,8	0,51	0,5	-0,51	-0,8	-1,3	-1,6	>-2
	>2,00	1,99	1,59	1,29	0,79	-0,5	-0,79	-1,29	-1,59	-1,99	

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ**2.2.2. Meyer Açık Su Yüzeyi Buharlaşması**

Açık su yüzeyi üzerinden buharlaşma için kullanılan ampirik yöntemlerden biri olan Meyer Açık Yüzeyi Buharlaşması metodu (2) rüzgâr hızını, buhar basıncını ve bağıl nemi (RH) hesaba katarak hesaplamalarını gerçekleştirir [12]. Meyer metodu hidrolojik kuraklığın belirlenmesinde kullanılan önemli bir araçtır [12]. Meyer metodu, su buharı basıncından hava buharı basıncının farkı ile oluşan basınç değişimi değerinin rüzgâr hızının buharlaşmayı arttırıcı etkisini hesaba katarak buharlaşmayı hesaplar.

$$E = A(e_w - e_a) * (1 + \frac{W}{16}), \quad RH = e_a / e_w \quad (2)$$

W su yüzeyinden 8m yukarıdaki rüzgâr hızını (km/saat), e_w ve e_a su yüzeyinin ve havanın buhar basıncını (mmHg), A katsayıdır ve 11 olup küçük su kütlelerinde 15 alınır, RH bağıl nemi ifade eder ve gerektiği durumlarda e_w ve e_a değerlerinin hesaplanması için kullanılır (bu çalışmada e_w değeri hesaplanan değerdir) ve E ise aylık buharlaşma (mm/ay) miktarını ifade eder [34].

Atikhisar Barajı su yüzeyinden 8m yukarıdaki yükseklik deniz seviyesinden 68 metre olmaktadır ve rüzgâr hızının bu yüksekliğe dönüşümü Hellman Bağıntısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$W_t = W_r \times (H_t / H_r)^\alpha \quad (3)$$

W_t ve W_r tahmin edilen ve referans alınan rüzgâr hızları, H_t ve H_r tahmin edilen ve referans alınan yükseklikler ve α ise Hellman yüzey pürüzlülük katsayısıdır (α açık su yüzeyi için 0,1 alınmıştır) [35].

2.2.3. Alan ve Hacim Hesabı

Uydu görüntülerinden su kaplı alanların belirlenmesi ve değişimin izlenmesinde [20, 21] tarafından geliştirilen NDWI/MNDWI su indislerinin kullanımı yaygındır [16, 20, 21, 36]. MNDWI indisi (3), su bileşenlerinin belirlenmesinde [37] kullanıldığı gibi önemli nehirlerin dönemsel izlenmesinde [38, 39], kıyı çizgisi değişimleri izlenmesinde [40, 41], lagünlerdeki değişimin izlenmesi [42], deltalarındaki göllerin izlenmesinde [18], yağışlı-kurak hidrojeolojik dönem geçişlerinin izlenmesinde ve buharlaşmanın sulak alanlar ve göller üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde de kullanılır [16, 37, 43-45].

Suyun doğal ışığa karşı davranışı ve genel spektrumuna göre, yeşil bölgesinde ışığı yansıtma (R) özelliği ve yakın kızıl ötesi (NIR) bölgesinde ise yüksek miktardaki ışığı emme özelliği nedeniyle bu bölgeler su çalışmalarında oldukça önemlidir [20, 21, 46]. NIR bölgesine kıyasla kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) bölgesinde suyun ışığı daha fazla emmesi ve buna karşın, toprak ve bitkinin daha fazla yansımaya (R) sahip olması ve su çalışmalarında iyi sonuç üretmesi nedeniyle MNDWI indisini daha çok kullanılır [16, 21, 43].

$$MNDWI = (R_{Yeşil} - R_{SWIR}) / (R_{Yeşil} + R_{SWIR}) \quad (3)$$

MNDWI denkleminde su indisi bağıntısına göre izlenen dönem içinde Atikhisar Barajı'ndaki su kaplı alanda meydana gelen değişimler Landsat-8 OLI/TIRS uydu görüntülerinde 561,3nm ve 1609nm'ye denk gelen bantları kullanılarak oluşturulan $MNDWI = (R_{561,3nm} - R_{1609nm}) / (R_{561,3nm} + R_{1609nm})$ bağıntısı ile belirlenmiştir. MNDWI su indisi görüntüsü, su ve su olmayan alanlar olarak sınıflandırılmış ve su indisi görüntüsüne maskeleyme uygulanarak su kaplı alanlar belirlenmiştir [21, 47]. Maskeleymede su alanlarının MNDWI Piksel Değeri >0 ve bitki, toprak gibi su olmayan arazi örtüsünün MNDWI Piksel Değeri ≤0 kuralları uygulanmıştır [21, 47].

Hacim hesabında ise en temel üç boyutlu yaklaşım olan alan çarpı yükseklik formülü diğer bir deyişle $Hacim = X \times Y \times Z$ yaklaşımı kullanılmıştır (Z: yükseklik). X × Y değeri MNDWI ile belirlenen alanı ve Z değeri ise Meyer açık yüzey buharlaşma metodu ile hesaplanan buharlaşma (E) değerini ifade etmektedir. Su kütlelerinden kaybı ifade eden Hacim = $Alan_{MNDWI} \times E_{Meyer}$ şeklinde hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanındaki meteorolojik değerlendirmeler 2013-2017 yılları arasında her bir yıl için 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık dönemler halinde gerçekleştirilmiştir. Bu dönemlere ait hesaplanan SPI ve E değerleri, ilgili yılın yağışlı ve kurak dönem sonlarında MNDWI indisinden elde edilen suyla kaplı alanlara ait (Şekil 2) değerler ile

E. ÖZELKAN, M. KARAMAN

ilişkilendirilmiştir. 2013-2017 Mayıs ve Ağustos aylarındaki göl alanına ait değerleri **Tablo 4.a**'da verilmiştir. Mevsimsel olarak baraj gölünde meydana gelen hacimsel değişim, buharlaşma ve gölalanı bilgisinden üretilmiş ve hacim ile SPI arasındaki ilişki yine aynı kapsamda incelenmiştir. Meteorolojik verilerin MNDWI su indisinden elde edilen su alanı ile ilişkisi, uzun yıllar aylık toplam veya ortalamaları şeklinde her bir ay için irdelenerek, kuraklık izlemede en anlamlı dönemler belirlenmiştir.

Veriler arasındaki korelasyonlar incelenirken aşağıdaki bilgiler doğrultusunda değerlendirmeler yapılması gerekmektedir:

- Azalan kuraklıkta SPI değerleri artarken, E azalır ve SPI ile E arasında negatif korelasyon beklenir,
- SPI değerleri artarken su alanının ve su hacminin artması beklenir ve SPI ile su alanı ve su hacmi arasında pozitif korelasyon beklenir,
- Artan E ile gölalanı ve göl hacmi azalır ve E ile gölalanı ve göl hacmi arasında negatif korelasyon beklenir.
- Alan artarken hacmin de artması ile aralarında pozitif korelasyon beklenir.

1 aylık dönem incelemesi:

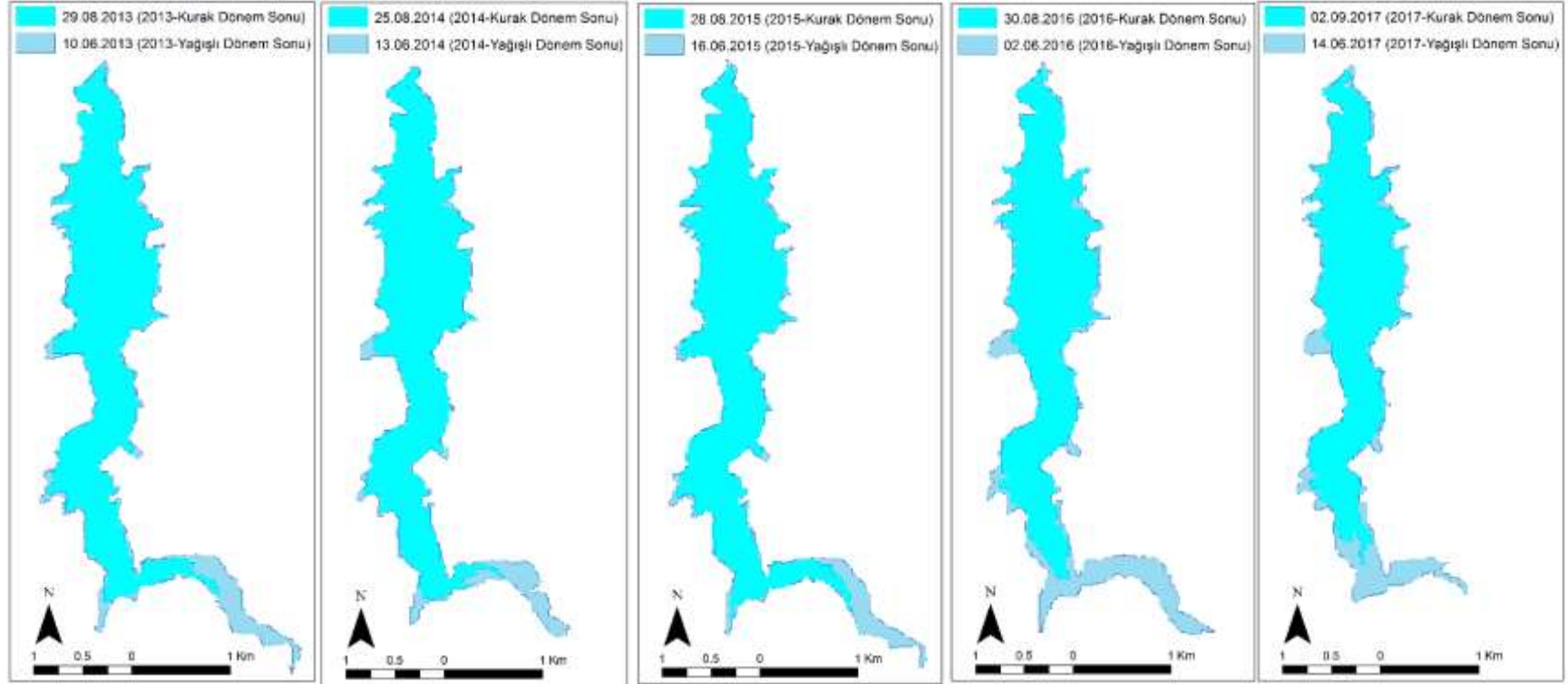
1 aylık dönem incelemesinde 2013 - 2017 yılları arasında yağışlı dönemin sonu olan Mayıs ve kurak dönemin sonu olan Ağustos aylarının SPI ve E değerleri ile aynı dönemi temsil eden su kaplı baraj alanı ve su hacmindeki değişim değerleri **Tablo 4.a**'da ve değerler arasındaki Pearson korelasyon katsayısı (r) değerleri **Tablo 4.b**'de korelasyon matrisleri halinde verilmiştir.

1 aylık dönem için genel bir meteorolojik değerlendirme yapıldığında, Mayıs ayları içerisinde en kurak yıl; -0,86 SPI (hafif kurak) değeri ile 2013 yılıdır. Ağustos ayları içerisinde ise 2013-2017 arasında normal seviyede kuraklık olmakla birlikte 2013, 2016 ve 2017 yılları için SPI, -0,46 ile negatif değerlerdedir. Mayıs aylarında en yüksek E; 2013 yılında 124,63mm olarak gerçekleşmiştir. Ağustos aylarında ise 2013 yılında 274,80mm ve 2017 yılında ise 279,10mm'dir. 2013 ve 2017 yılları Ağustos ayları aynı kuraklık değerlerinde olmasına rağmen E'deki 5,70mm'lik fark, RH değerlerinin 2017 Ağustos'unda daha düşük olmasından kaynaklanır.

Mayıs ve Ağustos aylarında SPI ile E arasında sırasıyla -0,99 ve -0,93 r değerlerinde negatif yüksek korelasyonlu ilişki gerçekleşmiştir. Yağışlı dönemden kurak döneme geçişte göl alanında meydana gelen değişim ile Mayıs ve Ağustos aylarındaki SPI ve E arasındaki ilişki incelendiğinde, Mayıs'ta herhangi bir mantıklı ilişki görülmezken Ağustos ayındaki SPI ile $r=-0,36$, E ile $r=+0,40$ korelasyon katsayılı güçlü olmayan ilişkiler söz konusudur.

Yağışlı dönemden kurak döneme geçişte, kurak dönemdeki yağış azlığı ve yüksek buharlaşma göl alanının şekillenmesinde etkili olur. SPI ile hacim ve E ile hacim arasında beklenen ilişkinin görülmemesi 1 aylık periyotlarda hacimsel değişimin doğrudan SPI ve E ile ilişkilendirilemeyeceğini gösterir. E ile alan ve hacim arasında anlamlı ve kuvvetli ilişkiler elde edilememiştir. E ile hacim arasında pozitif korelasyon elde edilmiştir ki bu sıcaklıkların artması ile karların erimesi ve gölü beslemesi nedeniyle buharlaşmadan oluşan kayıptan daha fazla kar suları ile kazanç elde edildiğinin göstergesi olabilir. Alan ile hacim arasında her iki dönemde de sırası ile yüksek ve orta şiddette yönü beklendiği gibi pozitif korelasyonlar elde edilmiştir.

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHISAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ



Şekil 1. 2013-2017 yılları arasındaki her bir yıl için yağışlı ve kurak dönem sonlarında Atıkhisar Barajı'ndaki su kaplı göl alanı

Tablo 4. a) 1 aylık dönem incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri

(a)	SPI 1 Ay		E(mm/ay)		Alan(m ²)		Hacim(m ³)	
	Mayıs	Ağustos	Mayıs	Ağustos	Mayıs	Ağustos	Mayıs	Ağustos
2013	-0,86	-0,46	124,63	274,80	3.742.090	3.140.780	466.362,16	863.074,15
2014	-0,16	0,23	93,13	199,69	3.411.230	2.974.280	317.702,65	593.920,46
2015	-0,53	-0,18	112,00	230,28	3.699.450	3.260.700	414.348,59	750.869,65
2016	-0,16	-0,46	97,50	250,44	3.510.230	2.714.630	342.233,83	679.846,28
2017	-0,41	-0,46	109,14	279,10	3.155.400	2.497.500	344.368,97	697.062,67

Tablo 4. b) 1 aylık dönem incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	Mayıs				Ağustos			
	SPI 1 Ay	E(mm/ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)	SPI 1 Ay	E(mm/ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)
SPI 1 Ay	1,00	-0,99	-0,55	-0,95	1,00	-0,93	0,36	-0,63
E(mm/ay)		1,00	0,48	0,93		1,00	-0,40	0,65
Alan (m ²)			1,00	0,77			1,00	0,43
Hacim (m ³)				1,00				1,00

3 aylık dönem incelemesi:

3 aylık dönem incelemesinde 2013 – 2017 yılları arasındaki ilkbahar (Mart, Nisan, Mayıs) ve yaz mevsimleri (Haziran, Temmuz, Ağustos) SPI ve E değerleri, yağışlı ve kurak dönem sonlarındaki su alanı ve hacimleri, yağışlı-kurak dönem alan ve hacim farkı **Tablo 5.a**'da ve bunların arasındaki r değerleri **Tablo 5.b**'e korelasyon matrisleri halinde verilmiştir. Korelasyon matrisindeki anlamlı ilişkiler koyu ve altı çizili olarak belirtilmiştir.

3 aylık dönemler için genel bir meteorolojik değerlendirme yapıldığında ilkbahar mevsimleri arasında en kurak yılın -1,69 SPI çok şiddetli kuraklık değeri ile 2017'e ait olduğu görülmektedir. Yaz mevsiminde genel olarak normal civarında kuraklık görülürken 2013 yılında hafif kurak geçen bir dönem belirlenmiştir. En fazla E her iki mevsimde de 237,87mm ve 698,92mm ile 2016 yılında gerçekleşmiştir. İlkbaharda su yüzeyindeki buhar basıncı (e_w) ile havanın buhar basıncı (e_a) arasındaki farkın, ayrıca hem ilkbahar hem de yaz döneminde de rüzgâr hızının yüksek olması bunda etkili olmuştur.

İlkbaharda ve sonbaharda, SPI ile E arasında sırası ile -0,59 orta ve -0,94 yüksek şiddetli korelasyonlar vardır. İlkbaharda 3 aylık SPI ile yağışlı dönem sonundaki gölalanı arasında, göl alanını etkileyen yağışın dışında başka hidrometeorolojik bileşenlerin etkisinden kaynaklı 0,52 r değerinde orta şiddette bir ilişki elde edilmiştir. Alan ile hacim arasında her iki dönemde de sırası ile $r=0,81$ ve $r=0,45$ değerli çok yüksek ve orta şiddette pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Yaz döneminde artan buharlaşma ile birlikte yüksek hacim değişimine karşın düşük alan değişimi, baraj gölündeki kıyıların aniden derinleşmesi nedeniyle değişimin düşey yönde olmasından kaynaklanır.

3 aylık dönemlerin farkının incelemesi:

Yaz dönemine ait 3 aylık SPI ve E değerleri ile alan ve hacim mevsimsel değişim sonuçları **Tablo 6.a**'da ve değerler arasındaki r değerleri ise **Tablo 6.b**'de korelasyon matrisleri halinde verilmiştir. Buradaki amaç yağışlı dönemden kurak döneme geçişte kaybedilen suyun kuraklık ile olan ilişkisini ortaya koymaktır.

Yağışlı ve kurak dönem sonlarındaki göl alanı ve hacminde meydana gelen değişimde, yaz dönemindeki meteorolojik olaylar etkindir. Bu değişimde SPI'ye ($r=0,68$ ve $0,76$) kıyasla E'nin ($r=-0,88$ ve $-0,93$) etkisi daha fazladır. Yaz dönemine ait SPI ile E arasında gelişen -0,94 r değerindeki yüksek negatif korelasyon, yağışların azalırken aynı oranda buharlaşmanın arttığını gösterir. Alan ve hacim değişimi arasında 0,99 r değerinde çok yüksek şiddetli korelasyon elde edilmiştir.

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ

Tablo 5. a) 3 aylık dönem incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri

(a)	SPI 3 Ay		E(mm/3ay)		Alan(m ²)		Hacim(m ³)	
	İlkbahar	Yaz	İlkbahar	Yaz	İlkbahar	Yaz	İlkbahar	Yaz
2013	0,21	-0,60	222,40	670,11	3.742.090	3.140.780	832.230,04	2.104.659,60
2014	1,25	2,42	201,47	495,95	3.4112.30	2.74.280	687.269,87	1.475.079,31
2015	0,26	0,88	214,88	570,54	3.699.450	3.260.700	794.935,43	1.860.358,98
2016	-0,94	-0,02	237,87	698,92	3.510.230	2.714.630	834.976,66	1.897.302,72
2017	-1,69	0,43	216,20	632,29	3.155.400	2.497.500	682.204,62	1.579.136,06

Tablo 5. b) 3 aylık dönem incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	İlkbahar				Yaz			
	SPI 3 Ay	E(mm/3ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)	SPI 3 Ay	E(mm/3ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)
SPI 3 Ay	1,00	<u>-0,59</u>	<u>0,52</u>	0,00	1,00	<u>-0,94</u>	0,09	-0,82
E(mm/3ay)		1,00	0,22	0,75		1,00	<u>-0,33</u>	0,69
Alan (m²)			1,00	<u>0,81</u>			1,00	<u>0,45</u>
Hacim (m³)				1,00				1,00

Tablo 6. a) 3 aylık dönemlerin farkının incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri

(a)	SPI 3 Ay	E(mm/3ay) (Fark)	Alan(m ²) (Fark)	Hacim(m ³) (Fark)
	Yaz	Yaz	Yaz-İlkbahar	Yaz-İlkbahar
2013	-0,60	670,11	-601.310	-402.942,22
2014	2,42	495,95	-436.950	-216.703,17
2015	0,88	570,54	-438.750	-250.324,32
2016	-0,02	698,92	-795.600	-556.058,85
2017	0,43	632,29	-657.900	-415.981,43

Tablo 6. b) 3 aylık dönemlerin farkının incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	Yaz-İlkbahar			
	SPI 3 Ay	E(mm/3ay) (Fark)	Alan(m ²) (Fark)	Hacim(m ³) (Fark)
SPI 3 Ay	1,00	<u>-0,94</u>	<u>0,68</u>	<u>0,76</u>
E(mm/3ay)		1,00	<u>-0,88</u>	<u>-0,93</u>
Alan (m²)			1,00	<u>0,99</u>
Hacim (m³)				1,00

6 aylık dönem incelemesi:

6 aylık dönem incelemesinde 2013 – 2017 yılları arasında kış+ilkbahar (Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs) ve ilkbahar+yaz (Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos) dönemlerinin SPI ve E değerleri, yağışlı ve kurak dönem sonu göl alanı ve hacim değerleri **Tablo 7.a**'da ve bunların arasındaki r değerleri **Tablo 7.b**'de matrisler halinde verilmiştir. Korelasyon matrisindeki anlamlı ilişkiler koyu ve altı çizili olarak belirtilmiştir.

6 aylık dönemler incelendiğinde en kurak kış+ilkbahar ve ilkbahar+yaz dönemleri -1,17 ve -1,23 (orta şiddetli kurak) SPI değerleri ile sırası ile 2014 ve 2017 yıllarında yaşanmıştır. Her iki dönemde de en yüksek E, 2016 yılında gerçekleşmiştir. 2016 yılındaki 6 aylık dönemlerde rüzgâr hızının diğer yıllara göre daha yüksek olması, E miktarını arttırmıştır.

E. ÖZELKAN, M. KARAMAN

Her iki 6 aylık dönemde, SPI ile E arasında; sırası ile $r=-0,61$ ve $r=-0,87$, SPI ile gölalanı arasında; sırası ile $r=0,80$ ve $r=0,58$ olan ilişki söz konusudur. 6 aylık dönemler şeklinde yapılan değerlendirmede ilkbahar ve yaz aylarındaki buharlaşmanın göl hacmini önemli ölçüde etkilediği görülür. Aynı zamanda yağışlı-kurak dönem geçişinde göl alanındaki küçülmede kış+ilkbahar dönemindeki yağış (SPI) anomalisi $r=0.80$ ve ilkbahar+yaz döneminde ise $r=0,58$ ile etkindir. Yağışlı ve kurak dönem arasındaki hacim değişiminde 6 aylık dönemler şeklinde incelenen E etkisi, ilkbahar+yaz dönemi için $r=0,61$ ve kış+ilkbahar dönemi için $r=0,80$ korelasyonla gerçekleşir. İlkbahar+yaz sonundaki göl alanı ile kış+ilkbahar dönemindeki SPI arasındaki yüksek ilişki ($r=0,8$ ve $r=0,61$), kış ve bahar dönemindeki yağışların göl için kritik öneme sahip olduğunu ortaya koyar.

Tablo 7. a) 6 aylık dönem incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri (K=Kış, İB=İlkbahar, Y=Yaz)

(a)	SPI 6 Ay		E(mm/6ay)		Alan(m ²)		Hacim(m ³)	
	Yıl\Ay	K+İB	İB+Y	K+İB	İB+Y	Mayıs	Ağustos	K+İB
2013	2,26	-0,13	291,57	892,50	3.742.090	3.140.780	1.091.066,05	2.803.160,03
2014	-1,17	2,33	316,38	697,42	3.411.230	2.974.280	1.079.257,70	2.074.315,66
2015	0,81	0,68	337,24	785,42	3.699.450	3.260.700	1.247.617,85	2.561.016,09
2016	-1,00	-0,82	384,22	936,79	3.510.230	2.714.630	1.348.693,98	2.543.030,41
2017	-0,98	-1,23	337,75	848,49	3.155.400	2.497.500	1.065.732,65	2.119.101,20

Tablo 7. b) 6 aylık dönem incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-
altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	Kış+İlkbahar				İlkbahar+Yaz			
	SPI 6 Ay	E(mm/6ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)	SPI 6 Ay	E(mm/6ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)
SPI 6 Ay	1,00	<u>-0,61</u>	<u>0,80</u>	-0,11	1,00	<u>-0,87</u>	<u>0,58</u>	-0,28
E(mm/6ay)		1,00	<u>-0,27</u>	0,80		1,00	<u>-0,33</u>	0,61
Alan (m ²)			1,00	<u>0,35</u>			1,00	<u>0,55</u>
Hacim (m ³)				1,00				1,00

9 aylık dönemlerin farkının incelemesi:

9 aylık dönem incelemesinde 2013 – 2017 yılları arasındaki bitiş ayı Mayıs ve Ağustos ayları olmak üzere sonbahar+kış+ilkbahar ve kış+ilkbahar+yaz dönemlerinin SPI ve E değerleri, yağışlı ve kurak dönem sonlarını temsil eden Mayıs ve Ağustos alan değerleri ve E ile alanın çarpımından elde edilen kayıp su hacmi değerleri **Tablo 8.a'**da ve bunların arasındaki r değerleri **Tablo 8.b'**de korelasyon matrisleri halinde verilmiştir. Korelasyon matrisindeki anlamlı ilişkiler koyu ve altı çizili olarak belirtilmiştir.

9 aylık dönemlerin genel bir meteorolojik değerlendirilmesi yapıldığında en kurak zamanın her iki dönemde de 2016 yılında -1,77 SPI ile yüksek şiddette ve -1,05 SPI ile orta şiddette yaşandığı görülmektedir. 2017 yılı değerleri de 2016 yılına çok yakındır. 9 aylık E değerleri de SPI ile paralellik göstermektedir. En çok E 2016 ve 2017 yıllarında belirlenmiştir. 2017 yılının ilk dönemindeki 674,31mm ve 2016 yılının ikinci dönemindeki 1083,14mm en çok E'nin olduğu dönemlerdir ki yine bunun en büyük sebebi rüzgâr hızının bu dönem içerisinde daha yüksek olması olarak açıklanabilir.

SPI ile E arasında olması gerektiği gibi negatif korelasyonlar belirlense de şiddetleri orta ve çok zayıf şiddettedir. SPI ile alan arasında sırası ile 0,78 ve 0,80 r değerlerinde yüksek şiddetli ilişkiler belirlenmiştir. SPI ile hacim arasında önceki analizlerde olduğu gibi yine yaz mevsiminin etkisi ile ikinci dönemde 0,64 r değerli yüksek korelasyon belirlenmiştir. Yaz döneminin diğer mevsimlere göre özellikle yağış ve buharlaşma açısından daha düzenli ve durağan geçmesi ve sulak alan üzerine düzenli negatif etkisi bunun gerekçesi olarak ifade edilebilir. E ile alan arasında ikinci 9 aylık dönemde orta şiddetli -0,45 r değeri elde edilmiştir ki burada yine yaz mevsiminin katkısından dolayıdır. E ile hacim arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Alan ile hacim arasında ise yine yaz mevsiminin olumlu katkısından dolayı ikinci 9 aylık dönemde daha yüksek olmak üzere her iki dönemde de orta şiddetli korelasyonlar elde edilmiştir.

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ

Tablo 8. a) 9 aylık dönem incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri (SB=Sonbahar, K=Kış, İB=İlkbahar)

(a)	SPI 9 Ay		E(mm/9ay)		Alan(m ²)		Hacim(m ³)	
	Yıl\Ay	SB+K+İB	K+İB+Yaz	SB+K+İB	K+İB+Yaz	SB+K+İB	K+İB+Yaz	SB+K+İB
2013	1,81	2,22	491,79	961,67	3.742.090	3.140.780	1.840.307,37	3.020.404,12
2014	-1,36	-0,56	591,20	812,33	3.411.230	2.974.280	2.016.715,87	2.416.093,14
2015	0,00	1,09	570,68	907,78	3.699.450	3.260.700	2.111.189,93	2.960.010,96
2016	-1,77	-1,05	650,91	1083,14	3.510.230	2.714.630	2.284.847,77	2.940.312,76
2017	-1,65	-0,92	674,31	970,04	3.155.400	2.497.500	2.127.715,97	2.422.663,75

Tablo 8. b) 9 aylık dönem incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-
altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	Sonbahar+Kış+İlkbahar				Kış+İlkbahar+Yaz			
	SPI 9 Ay	E(mm/9ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)	SPI 9 Ay	E(mm/9ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)
SPI 9 Ay	1,00	<u>-0,94</u>	<u>0,78</u>	-0,81	1,00	<u>-0,17</u>	<u>0,80</u>	<u>0,64</u>
E(mm/9ay)		1,00	<u>-0,83</u>	0,84		1,00	<u>-0,45</u>	0,49
Alan (m ²)			1,00	<u>-0,39</u>			1,00	<u>0,56</u>
Hacim (m ³)				1,00				1,00

12 aylık dönemlerin farkının incelemesi:

12 aylık dönem incelemesinde 2013 – 2017 yılları arasındaki bitiş ayı Mayıs ve Ağustos ayları olmak üzere yaz+sonbahar+kış+ilkbahar ve sonbahar+kış+ilkbahar+yaz dönemlerinin SPI ve E değerleri, yağışlı ve kurak dönem sonlarını temsil eden Mayıs ve Ağustos alan değerleri ve E ile alanın çarpımından elde edilen kayıp su hacmi değerleri **Tablo 9.a**'da ve bunların arasındaki r değerleri **Tablo 9.b**'de korelasyon matrisleri halinde verilmiştir. Korelasyon matrisindeki anlamlı ilişkiler koyu ve altı çizili olarak belirtilmiştir.

12 aylık dönemlerin genel bir meteorolojik değerlendirilmesi yapıldığında genel olarak 2014'nin en kurak yıl olduğu görülmektedir. Her iki dönemde de 2014 yılında SPI'ye göre sırası ile -1,23 ve -0,54 ile orta ve hafif kurak şiddette kuraklık geçtiği belirlenmiştir. Bununla beraber en çok E, 2017 ilk inceleme döneminde 1373,23mm olarak belirlenmiştir. İkinci inceleme döneminde ise en çok E 2016 yılında 1349,83mm ile görülmüştür. 2016 ikinci döneminde 2017 yılından daha fazla E olmasının sebebi 2016 ortalama rüzgâr hızının daha yüksek olmasıdır.

Tablo 9. a) 12 aylık dönem incelemesi için hesaplanan SPI, E, Alan ve Hacim verileri (İB=İlkbahar, Y=Yaz, SB=Sonbahar, K=Kış)

(a)	SPI 12 Ay		E(mm/12ay)		Alan(m ²)		Hacim(m ³)	
	Yıl\Ay	Y+SB+K+İB	SB+K+İB+Y	Y+SB+K+İB	SB+K+İB+Y	Y+SB+K+İB	SB+K+İB+Y	Y+SB+K+İB
2013	1,89	1,67	1.108,13	1.161,89	3.742.090	3.140.780	4.146.704,91	3.649.251,14
2014	-1,23	-0,54	1.261,31	1.087,14	3.411.230	2.974.280	4.302.605,99	3.233.470,77
2015	1,66	1,31	1.066,62	1.141,22	3.699.450	3.260.700	3.945.913,68	3.721.164,50
2016	-0,24	-0,45	1.221,45	1.349,83	3.510.230	2.714.630	4.287.573,54	3.664.285,60
2017	-0,46	-0,36	1.373,23	1.306,60	3.155.400	2.497.500	4.333.080,61	3.263.223,85

SPI ile E arasında olması gerektiği gibi negatif korelasyonlar belirlenmiştir ve şiddetleri çok yüksek ve orta şiddettedir. SPI ile alan arasında sırası ile 0,80 ve 0,77 r değerlerinde yüksek şiddetli ilişkiler belirlenmiştir. SPI ile hacim arasında önceki analizlerde olduğu gibi yine yaz mevsiminin etkisi ile ikinci 12 aylık inceleme döneminde 0,67 r değerli yüksek korelasyon belirlenmiştir. E ile alan arasında -0,98 ve -0,78 r değerleri ile çok yüksek ve yüksek şiddetli negatif korelasyonlar belirlenmiştir. E ile hacim arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Alan ile hacim arasında ise yine yaz mevsiminin olumlu katkısından dolayı ikinci 12 aylık dönemde 0,54 r değerli orta şiddetli korelasyon elde edilmiştir.

Tablo 9. b) 12 aylık dönem incelemesi için hesaplanan verilerin korelasyonları (r) (yön olarak anlamlı r'ler koyu-altı çizili olarak belirtilmiştir)

(b)	Yaz+Sonbahar+Kış+İlkbahar				Sonbahar+Kış+İlkbahar+Yaz			
	SPI 12 Ay	E(mm/12ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)	SPI 12 Ay	E(mm/12ay)	Alan(m ²)	Hacim(m ³)
SPI 12 Ay	1,00	<u>-0,84</u>	<u>0,80</u>	-0,83	1,00	<u>-0,41</u>	<u>0,77</u>	<u>0,67</u>
E(mm/ay)		1,00	<u>-0,98</u>	0,89		1,00	<u>-0,78</u>	0,10
Alan (m ²)			1,00	-0,77			1,00	<u>0,54</u>
Hacim (m ³)				1,00				1,00

Genel bir değerlendirme yapıldığında 1, 3, 3 fark, 6, 9 ve 12 aylık dönem incelemeleri için SPI ile E arasında her dönemde beklendiği gibi negatif korelasyon, SPI ile alan arasında 1 ve 3 aylık incelemeler dışındaki tüm incelemelerde beklendiği gibi pozitif korelasyon elde edilmiştir. SPI ile hacim arasında genel olarak en iyi sonuçlar, 3 fark (ilkbahardan yazın oluşan değişim) incelemesinde ve kış, ilkbahar ve yazın bir arada değerlendirildiği 9 ve 12 aylık incelemelerde tespit edilmiştir. E ile alan arasındaki ilişki tüm dönemlerde iyi korelasyonlar verirken sadece Mayıs ve İlkbahar değerlendirilmesinin olduğu 1 ve 3 aylık incelemelerde istenilen sonuca varılamamıştır. Bu durum ilkbaharın diğer dönemlere göre daha değişken bir yapıda olması şeklinde yorumlanabilir. E ile hacim arasında sadece 3 fark incelemesi iyi sonuç vermiştir. Alan ile hacim arasında ise genel olarak iyi sonuçlar elde edilse de çalışma dönemi uzadıkça 9 ve 12 aylık incelemelerin ilk döneminde istenilen sonuçlar elde edilememiştir.

4. SONUÇLAR

Yağışlı dönemden kurak döneme geçişte göllerde su miktarı azalırken, kurak dönemden yağışlı döneme geçişte arttığı görülmektedir. Yağışlı-kurak dönem geçişinde göl alanında meydana gelen değişimde başlangıcı Mart ve sonu Ağustos olan bir hidrolojik zaman periyodu içinde gerçekleşen yağış ve buharlaşma olaylarının etken olduğu belirlenmiştir. Yağış göldeki su miktarını dolayısıyla göl alanını artırırken, buharlaşma ise göldeki su miktarını azaltmaktadır. Yağışlı-kurak dönem geçişinde yağış miktarındaki düşüşe karşın, buharlaşma miktarındaki artış, baraj alanının küçülmesine neden olmaktadır. İzlenen periyotta artan yağış-buharlaşma farkı su fazlalığı oluştururken, artan buharlaşma-yağış farkı su noksanlığı oluşturmaktadır. Atıkhisar Baraj Gölü'nde yağışlı-kurak dönem geçişinde buharlaşma-yağış fazlalığı su noksanlığına ve göl alanının küçülmesine, kurak-yağışlı dönem geçişinde yağış-buharlaşma fazlalığı, su fazlalığına ve göl alanının büyümesine neden olmaktadır.

Yaz dönemini içine alan analizlerde genel olarak daha yüksek korelasyonlu ilişkiler elde edilmiştir. Bunun gerekçesi yaz döneminin diğer mevsimlere göre özellikle yağış ve buharlaşma açısından daha düzenli-istikrarlı ve durağan geçmesi ve sulak alan üzerine düzenli negatif etkisi olarak ifade edilebilir. İlkbahar aylarındaki (özellikle Mart ve Nisan) meteorolojik koşulların daha değişken olmasından dolayı, diğer mevsimlere göre ilkbaharı içeren analizlerde kuraklık ile buharlaşma ilişkisi zayıflamaktadır. SPI ile E arasındaki ilişkinin zayıf olduğu dönemde, E'yi etkileyen diğer meteorolojik (sıcaklık, kar suyu erimesi vb.) ve coğrafik (topografik ve bitkisel özellikler) etkenler devreye girmektedir. Genel bir sonuca varıldığında, 3 aylık dönemlerin farkından çıkarılan mevsimsel değişim ile inceleme, yağışlı-kurak dönem geçişinde göl alanı ve hacminde meydana gelen değişimi en iyi şekilde yansıtmaktadır.

Karasal alanlarda, havzalarda etkili olan kuraklığın izlenmesinde, sulak alanlar, baraj göletleri vb. su kütlelerinde meydana gelen mevsimsel değişim önemli ve belirleyici bir parametre olarak kullanılabilir. Bu da Landsat uydu görüntülerinden elde edilen baraj alanının gerçek verilerle yüksek uyumu, 15m çözünürlüklü multispektral görüntülerin kıta içi küçük su alanlarının belirlenmesi ve izlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektedir. Landsat görüntülerinin nadirden alınması göl alanı ve topografyasındaki bozulmaları minimize etmektedir. Çok zamanlı olarak elde edilen ve uygun bir zamansal çözünürlüğe sahip olan Landsat 8 görüntüleri ile zamansal değişim analizinde başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu çalışma göstermektedir ki göl alanının morfolojisi ve kıyı sahil şeridinin yapısı, meteorolojik ve hidrolojik kuraklığın etkilerinin uydu görüntülerinden belirlenmesinde oldukça önemlidir. Ayrıca, kıyıda aniden derinleşen baraj alanlarında göl alanı ve değişimlerini uydu görüntülerinden belirlemek zorlaşır ve buharlaşmanın etkisi alanda her zaman belirgin olmayabilir. Diğer taraftan bu çalışma, göl alanında meydana gelen değişimde, hidrolojik bileşenlerin çeşitliliğinin de oldukça önemli olduğunu göstermektedir.

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ

Meteorolojik olayların dışında tarımsal sulama ve içme suyu gibi farklı insani kullanımlar da sulak alanlardaki ve baraj göllerindeki su hacmindeki değişimde büyük etkidir. İçme ve sulama amaçlı kullanılan bu tür baraj göllerinde, sulama ve içme amaçlı su tüketimi, göl yüzeyinde gerçekleşen buharlaşmadan daha fazla olabilir. Aynı etki, giren hidrolojik bileşenlerin çeşitliliğinde de görülür. Sürekli nehir beslenimi ve beslenimdeki değişimler, yeraltı suyu beslenimi ve değişimi, yanıl havzalardan su girişleri, eriyen kar suları, buna bağlı olarak yağın kar miktarı gibi bileşenler, yağmur dışında beslenimi oluşturan diğer girdilerdir. Diğer bir deyişle kar suyunun girmesi ile meteorolojik açıdan kurak dönemlerde su seviyesi ve alanı kuraklık ile eş zamanlı ve orantılı olarak azalmayabilir. Bu çalışma, sıraladığımız bu hidrolojik girdilerin etkisinde, meteorolojik açıdan kurak dönemlerde, su seviyesinin ve alanının kuraklık ile orantılı olarak azalmayabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma su ve sulak alan yönetiminde uydu görüntülerinden oluşturulacak uzaktan algılama verileri ile yersel ölçümlerden oluşturulacak hidrometeorolojik verilerin bir arada kullanıldığı bir yöntemin çok zamanlı görüntülemelerde ve incelemelerde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle iklim değişimine bağlı olarak oluşan uç meteorolojik olaylardan biri olan kuraklık afetinin meteorolojik ve hidrolojik ilişkisinin ve boyutunun incelenmesinde bu çalışmada tavsiye edilen yöntem kullanılabilir. Unutulmamalıdır ki kuraklığın meteorolojik ve hidrolojik boyutunun yanı sıra tarımsal ve sosyoekonomik kuraklık boyutu da vardır ki bunlarla ancak doğru su kaynakları yönetimi ile baş edilebilir. Sonuç olarak bu çalışmada izlenen süreç ile su kaynakları yönetiminde daha sürdürülebilir, faal, somut ve gerçekçi bir yol izlenebilir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar meteorolojik verilerin paylaşımından dolayı Türkiye Cumhuriyeti Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, Landsat uydu görüntülerinin paylaşımından dolayı Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu'na (USGS) teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] MU, Q., ZHAO, M., KIMBALL, J.S., MCDOWELL, N.G., ve RUNNING, S.W., "A remotely sensed global terrestrial drought severity index", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94(1), 83-98, 2013.
- [2] OZELKAN, E., CHEN, G., ve USTUNDAG, B.B., "Multiscale object-based drought monitoring and comparison in rainfed and irrigated agriculture from Landsat 8 OLI imagery", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 44, 159-170, 2016.
- [3] VYAS, S.S., BHATTACHARYA, B.K., NIGAM, R., GUHATHAKURTA, P., GHOSH, K., CHATTOPADHYAY, N., ve GAIROLA, R.M., "A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, 28-39, 2015.
- [4] KAPLUHAN, E., "Türkiye'de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi", *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 487-510, 2013.
- [5] MISHRA, A.K. ve SINGH, V.P., "A review of drought concepts", *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 204-216, 2010.
- [6] KOC, T. "Sustainable Usage Problems of Atikhisar Dam Basin (Canakkale)", *International Congress on River Basin Management*, Antalya, 2007.
- [7] NAMDARI, F. ve BAKHSHI, S., "Water resources management in drought conditions", *Journal of Middle East Applied Science and Technology (JMEAST)*, (10), 401-404, 2014.
- [8] BASKAYA, Y.S., GURGUR, T., ve OGUNC, F., *İslenmiş Gıda Fiyatlarını Belirleyen Faktörler*, 2008.
- [9] ARSLAN, O., BILGİL, A., ve VESKE, O., "Standart Yağış İndisi Yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi", *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 188-194, 2016.
- [10] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif>, (Erişim Tarihi: 01.02.2018)
- [11] YILDIZ, M.Z. ve DENİZ, O., "Kapalı Havza Göllerinde Seviye Değişimlerinin Kıyı Yerleşmelerine Etkisi: Van Gölü Örneği", *Journal of Social Science*, 15, 2005.
- [12] GORJIZADE, A., AKHONDALI, A.M., ZAREI, H., ve SEYYED KABOLI, H., "Evaluation of Eight Evaporation Estimation Methods in a Semi-arid Region (Dez reservoir, Iran)", *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(5), 1823-1836, 2014.

E. ÖZELKAN, M. KARAMAN

- [13] AKAR, R., MAKTAV, D., ve GÜNAL, N., "Göl Yüzeyi Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Dijital Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanılması", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5(4), 35-51, 2012.
- [14] RANGO, A., "Application of Remote-Sensing Methods to Hydrology and Water-Resources", *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 39(4), 309-320, 1994.
- [15] UCA AVCI, Z.D., KARAMAN, M., OZELKAN, E., KUMRAL, M., ve BUDAKOGLU, M., "OBIA based hierarchical image classification for industrial lake water", *Science of The Total Environment*, 487, 565-573, 2014.
- [16] KARAMAN, M., BUDAKOGLU, M., AVCI, Z.D.U., OZELKAN, E., BULBUL, A., CIVAS, M., ve TASDELEN, S., "Determination of seasonal changes in wetlands using CHRIS/Proba Hyperspectral satellite images: A case study from Acigöl (Denizli), Turkey", *Journal of environmental biology*, 36(1), 73, 2015.
- [17] OZELKAN, E., AVCI, Z.D.U., ve KARAMAN, M. "Investigation on Draining of the Lake Amik and the Related Environmental Changes, by Using Remote Sensing Technology", *Remote Sensing and Geoinformation not only for Scientific Cooperation. Proceedings of the 31st EARSeL Symposium Prague, 30 May–2 June 2011*, 2011.
- [18] KARABULUT, M., "Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Göksu Deltası Göllerinde Zamansal Değişimlerin İncelenmesi", *Journal of International Social Research*, 8(37), 2015.
- [19] SCHULTZ, G.A. ve ENGMAN, E.T., *Remote sensing in hydrology and water management*, Springer Science & Business Media, 2012.
- [20] MCFEETERS, S.K., "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features", *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432, 1996.
- [21] XU, H., "Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery", *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033, 2006.
- [22] AKBULUT, M., ODABASI, D.A., KAYA, H., CELIK, E.S., YILDIRIM, M.Z., ODABASI, S., ve SELVI, K., "Changing of Mollusca Fauna In Comparison With Water Quality: Saricay Creek and Atikhisar Reservoir Models (Canakkale-Turkey)", *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(12), 2699-2707, 2009.
- [23] <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=23>, (Erişim Tarihi: 15.03.2018)
- [24] KOCA, N., "Atikhisar Barajı'nın (Çanakkale) Çevresel ve Ekonomik Etkileri", *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10(14), 2005.
- [25] KOÇMAN, A., *Türkiye iklimi*, 72, Ege Üniversitesi, 1993.
- [26] SENSOY, S., DEMIRCAN, M., ULUPINAR, U., ve BALTA, İ., "Türkiye iklimi", *Turkish State Meteorological Service (DMI)*, Ankara, 2008.
- [27] AKBULAK, C., ERGINAL, A., GÖNÜZ, A., ÖZTÜRK, B., ve ÇAVUŞ, C., "Investigation of land use and coastline changes on the Kepez delta using remote sensing", *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 14(2), 2008.
- [28] ROY, D.P., WULDER, M., LOVELAND, T.R., WOODCOCK, C., ALLEN, R., ANDERSON, M., HELDER, D., IRONS, J., JOHNSON, D., ve KENNEDY, R., "Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research", *Remote sensing of Environment*, 145, 154-172, 2014.
- [29] IRONS, J.R., DWYER, J.L., ve BARSİ, J.A., "The next Landsat satellite: The Landsat data continuity mission", *Remote Sensing of Environment*, 122, 11-21, 2012.
- [30] MORFITT, R., BARSİ, J., LEVY, R., MARKHAM, B., MICIJEVIC, E., ONG, L., SCARAMUZZA, P., ve VANDERWERFF, K., "Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) radiometric performance on-orbit", *Remote Sensing*, 7(2), 2208-2237, 2015.
- [31] SUN, W., CHEN, B., ve MESSINGER, D., "Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images", *Optical Engineering*, 53(1), 013107, 2014.
- [32] MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., ve KLEIST, J. "The relationship of drought frequency and duration to time scales", *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology: American Meteorological Society Boston, MA*, 1993.
- [33] DHAKAR, R., SEHGAL, V.K., ve PRADHAN, S., "Study on inter-seasonal and intra-seasonal relationships of meteorological and agricultural drought indices in the Rajasthan State of India", *Journal of Arid Environments*, 97, 108-119, 2013.
- [34] OKKAN, U., SERBEŞ, Z.A., ve DALKILIÇ, H.Y., "Yapay Sinir Ağları ve Ampirik Yöntemler ile Aylık Tava Buharlaşmalarının Tahmini", *DSİ Teknik Bülteni*, 111, 7-12, 2011.
- [35] OZELKAN, E., CHEN, G., ve USTUNDAG, B.B., "Spatial estimation of wind speed: a new integrative model using inverse distance weighting and power law", *International Journal of Digital Earth*, 9(8), 733-747, 2016.

BARAJ GÖLLERİNDEKİ METEOROLOJİK VE HİDROLOJİK KURAKLIĞIN ETKİSİNİN ÇOK ZAMANLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: ATIKHİSAR BARAJI (ÇANAKKALE) ÖRNEĞİ

- [36] CAMPOS, J.C., SILLERO, N., ve BRITO, J.C., "Normalized difference water indexes have dissimilar performances in detecting seasonal and permanent water in the Sahara–Sahel transition zone", *Journal of Hydrology*, 464, 438-446, 2012.
- [37] KARAMAN, M., UÇA AVCı, Z.D., BUDAKOĞLU, M., TAŞDELEN, S., ÖZELKAN, E., ve PAPILA, İ. "Acıgöl'ün (Denizli) Uzaktan Algılama Yöntemleri ve CBS Kullanılarak Rezervinin Hesaplanması", II. TÜRKİYE SULAK ALANLAR KONGRESİ, Kırşehir, 2011.
- [38] KARAMAN, M., ÖZELKAN, E., ve TAŞDELEN, S., "Dar Nehirlerin Sentinel2-A Uydu Görüntüleri ile Belirlenebilirliğinde Havza Hidrojeolojisinin Etkisi: Karamenderes (Çanakkale) Örneği", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2), 140-155, 2018.
- [39] OZTURK, D. ve SESLI, F.A., "Determination of Temporal Changes in the Sinuosity and Braiding Characteristics of the Kizilirmak River, Turkey", *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(5), 2015.
- [40] DURU, U., "Shoreline change assessment using multi-temporal satellite images: a case study of Lake Sapanca, NW Turkey", *Environmental monitoring and assessment*, 189(8), 385, 2017.
- [41] GÜNEROĞLU, A., "Coastal changes and land use alteration on Northeastern part of Turkey", *Ocean & Coastal Management*, 118, 225-233, 2015.
- [42] OZTURK, D. ve SESLI, F.A., "Shoreline change analysis of the Kizilirmak Lagoon Series", *Ocean & Coastal Management*, 118, 290-308, 2015.
- [43] KARAMAN, M., Hipersalin Acıgöl'ün (Denizli) hidrojeokimyasal özellikleri ve uzaktan algılama yöntemleri ile değerlendirilmesi, Jeoloji Mühendisliği ABD., Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 850, 2017.
- [44] KARAMAN, M., UÇA AVCı, Z.D., PAPILA, İ., ve ÖZELKAN, E. "The analysis of destruction in flamingos habitat of Acıgöl Wetland", 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE), 2011.
- [45] SARP, G. ve OZCELIK, M., "Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey", *Journal of Taibah University for Science*, 11(3), 381-391, 2017.
- [46] VERDIN, J., "Remote sensing of ephemeral water bodies in western Niger", *International Journal of Remote Sensing*, 17(4), 733-748, 1996.
- [47] KARAMAN, M., UÇA AVCı, Z.D., BUDAKOĞLU, M., TAŞDELEN, S., ÖZELKAN, E., ve PAPILA, İ. "Flamingoların Beslenme Alanlarındaki Tahribatın Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Değerlendirilmesi: Acıgöl (Denizli) Örneği: II", II. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Kırşehir, Türkiye, 2011.