

BURDUR GÖLÜ YÜZEY SUYU SICAKLIĞI MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN LANDSAT 8 UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Erhan ŞENER*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

-Burdur Gölü
-Landsat 8
-Göl Su Sıcaklığı
-Termal Kızılötesi Band
-Otomatik Su Yüzeysel Çıkarım İndeksi

Özet

Tektonik bir göl olan Burdur Gölü Göller bölgesinde yer almaktadır. Özellikle son yıllarda Burdur Gölü su seviyesi ile buna bağlı olarak göl yüzey alanı ve su hacminde önemli miktarlarda düşüşler gözlenmektedir. Göl ekosistemini etkileyen en önemli parametrelerden bir tanesi göl su sıcaklığıdır. Göllerde su sıcaklığı değişimleri bazı biyolojik ve kimyasal reaksiyonları etkileyerek birçok iyonun konsantrasyonunu değiştirebilmektedir. Bu çalışmada Mayıs ve Ekim (2015) aylarına ait Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak Burdur Gölü yüzey suyu sıcaklıklarının ve mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Öncelikle göl yüzey alanını belirleyebilmek için Landsat 8 uydu görüntülerine Otomatik Su Yüzeysel Çıkarım İndeksi (AWEI) uygulanmıştır. Su yüzey alanları ile maskelenen termal bandlar kullanılarak göl yüzey suyu sıcaklıkları belirlenmiştir. Buna göre göl yüzey suyu sıcaklıkları Mayıs 2015 tarihinde 19.33°C- 24.81°C arasında, Ekim 2015 tarihinde ise 16.32 °C – 21.75 °C arasında değişmektedir. Gölün yüzey suyu sıcaklıkları orta bölgelerin aksine kıyı kesimlerde nispeten artmaktadır.

DETERMINATION OF SEASONAL CHANGES IN BURDUR LAKE SURFACE WATER TEMPERATURE USING LANDSAT 8 SATELLITE IMAGES

Keywords

-Burdur Lake,
-Landsat 8,
-Lake water temperature,
-Thermal infrared band,
-Automated Water Extraction Index.

Abstract

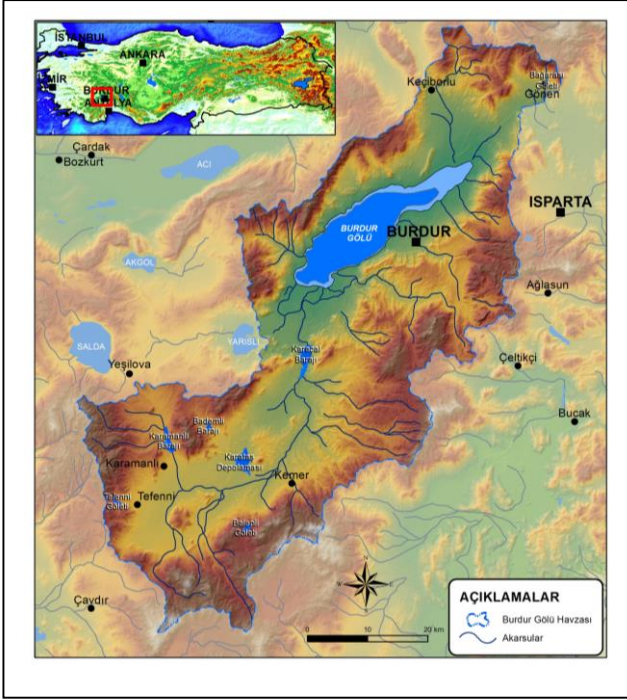
Located in Lake District, the Burdur Lake is a tectonic lake. Especially in recent year, the decrease in significant amount in the lake surface area and water volume due to drop in the Burdur Lake water level has been observed. One of the most important parameters affecting the lake ecosystem is lake water temperature. The changes in water temperature of lakes affect some biological and chemical reactions and it can change the concentration of most of the ions. In this study, determination of the seasonal changes and surface water temperatures of the Burdur Lake using Landsat 8 Satellite images belong to May and October (2015) are aimed. Firstly, in order to determine the surface area of the lake, Automated Water Extraction Index (AWEI) has been applied to Landsat 8 satellite images. Lake surface water temperatures were determined using thermal bands masked with lake water surface area. Accordingly, temperature of the lake surface water range from 19.33°C to 24.81°C and 16.32 °C to 21.75 °C in May-2015 and October-2015, respectively. The surface water temperature of the lake relatively increased in the coastal area contrary to central part of the lake.

1. Giriş

Göller bölgesinde bulunan Burdur Gölü kuzeydoğu güneybatı doğrultulu tektonik bir göl olup yaklaşık 150 km²'lik bir alana sahiptir (Şekil 1). Burdur Gölü kapalı bir havza özelliğindedir. Gölün beslenimi büyük

oranda yağış, mevsimlik ve sürekli akan dereler ile göl havzasında bulunan akiferlerden yeraltı suyu akımı vasıtasıyla olmaktadır. Boşalmı ise, göl alanından buharlaşma ile gerçekleşmektedir (Şener vd., 2005). Burdur Göl suları genel olarak Na-Mg-(Cl)-SO₄-HCO₃ su tipine sahiptir (Kazancı vd., 1998).

* İlgili yazar: erhansener@sdu.edu.tr



Şekil 1. Burdur Gölü ve çevresinin yerbulduru haritası

Burdur Gölü'nün 1975 yılında 210 km² olan göl yüzeY alanı, 2002 yılında 153 km²'ye kadar düşmüştür. Söz konusu tarihlerde göl su hacmi 1.68 km³ azalırken göl seviyesinde yaklaşık 10 m'lik düşüş gözlenmiştir (Şener vd., 2005). Bu düşüşe paralel olarak göl suyundaki krom, nikel, çinko vb. ağır metal konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir (Beyhan vd., 2007). Burdur Gölü'nde derinliğe bağlı olarak yapılan su kalitesi analizlerinde Mayıs ile Ekim aylarında termal tabakalaşmanın oluştuğu ve söz konusu dönemlerde epilimnion tabakası 0-14 m; metalimnion 14-18 m ve hypolimnion tabakasının ise 18 m derinlikten sonra geliştiği belirlenmiştir (Gülle vd., 2008).

Bu çalışmada Burdur Gölü yüzeY suyu sıcaklığının Mayıs ve Ekim (2015) aylarına ait Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri ile incelenerek, göl suyu sıcaklıklarının mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Elektromanyetik spektrumun termal kızılotesi bölgesinde elde edilen veriler kullanılarak yer yüzeY sıcaklığının araştırıldığı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Özellikle son yıllarda termal kızılotesi uydu görüntüleri başta volkanizma, toprak nemi, hidrolojik araştırmalar, buharlaşma, orman yangınları, jeotermal, arazi kullanım, kentleşme, litolojik haritalama ve askeri amaçlı çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadırlar (Salisbury vd., 1994;

Lo vd., 1997; Sandholt vd., 2002; Ninomiya vd., 2005; Coolbaugh vd., 2007).

Termal uzaktan algılama yöntemleri ile yer yüzeY sıcaklığının belirlenmesinde çeşitli araştırmacılar tarafından birçok algoritma geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanlar mono-window algoritması (Qin vd., 2001), single channel algoritması (Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003) ve split-window yöntemi (Sobrino vd., 1996) algoritmalarıdır.

Hook, S. J. vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada California-Nevada (ABD) sınırında bulunan Tahoe Gölü su sıcaklığının izlenmesi amacıyla thermal infrared uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu amaçla 2000-2005 yıllarını kapsayan gece gündüz görüntülerinden oluşan 69 adet ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) ve 155 adet MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) uydularına ait termal kızılotesi bandlar yardımıyla Tahoe gölü yüzeY sıcaklıklarını çok başarılı bir şekilde belirlemiştir.

Wloczyk (2006) yapmış olduğu çalışmada Almanya'nın Baltık Denizi kıyı bölgelerindeki farklı göllerin yüzeY suyu sıcaklıklarını Landsat ETM+ thermal verileri ile belirleyerek yerinde yapılan su sıcaklık ölçümlerinden edilen verilerle karşılaştırmıştır. Böylece, 2000 yılının Ocak ve Aralık ayları hariç diğer 10 ay boyunca alınan görüntüler ve yapılan yerinde sıcaklık ölçümleri arasında yüksek bir korelasyon ($r^2=0.989$) olduğunu tespit etmişlerdir.

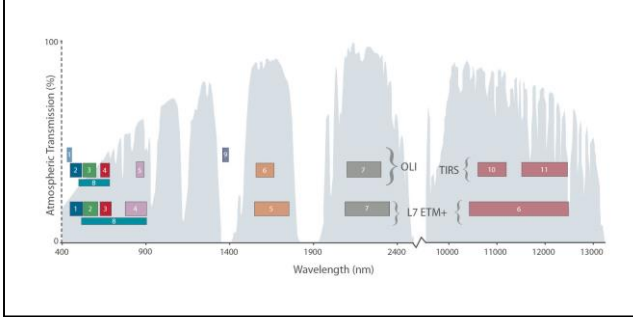
3. Materyal ve Yöntem

Landsat uydu jenerasyonun sonuncusu olan Landsat 8 uydusu konumsal çözünürlüğü sırasıyla 15m-30m-100m olan pankromatik, multispectral ve termal bandlara sahiptir. Üzerinde OLI ve TIRS adında 2 farklı algılayıcı bulunduran Landsat 8 uydusu, serinin bir önceki olan Landsat 7'de mevcut olan bandlara ek olarak kıyı/aerosol çalışmaları için Coastal Aerosol, sirrus bulutlarının tespiti için Cirrus band ve ikinci bir termal banda sahiptir (Şekil 2). Landsat-8 OLI (Operational Land Imager) algılayıcısı; 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Kıyılı/ Aerosol (0,433- 0,453 μm), Mavi (0,450-0,515 μm), Yeşil (0,525-0,600 μm), Kırmızı (0,630-0,680 μm), Yakın Kızılotesi (0,845-0,885 μm), Kısa Dalga Kızılotesi (1,560-1,660 μm), Kısa Dalga Kızılotesi (2,100-2,300 μm) ve Sirrus (1,360-1,390 μm) band ile 15m konumsal çözünürlüğe sahip pankromatik banda (0.500-0.680 μm) sahiptir. Landsat 8 TIRS (Thermal Infrared Sensor) algılayıcısında ise 100 m konumsal çözünürlüğe sahip Uzun Dalgaboyu Kızılotesi 1 ve 2 olarak adlandırılan

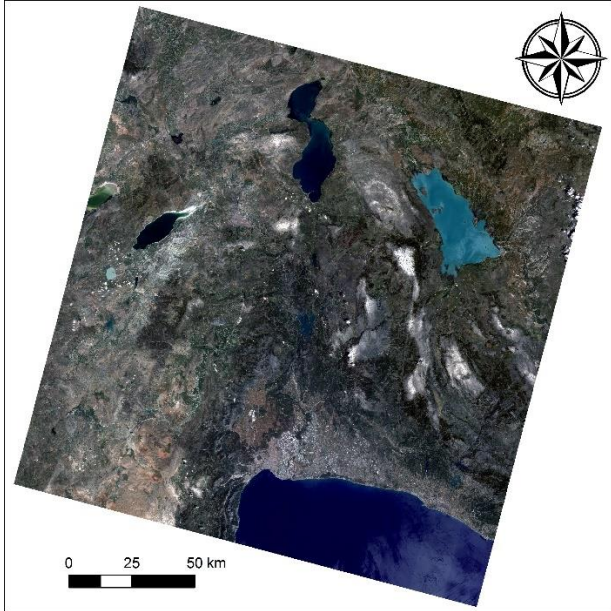
Band 10 (10.60–11.19 µm) ve Band 11 (11.5–12.51 µm) mevcuttur (USGS, 2013).

Şekil 2. Landsat 8 uydusunun spektral özellikleri

Bu çalışmada Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerine ait

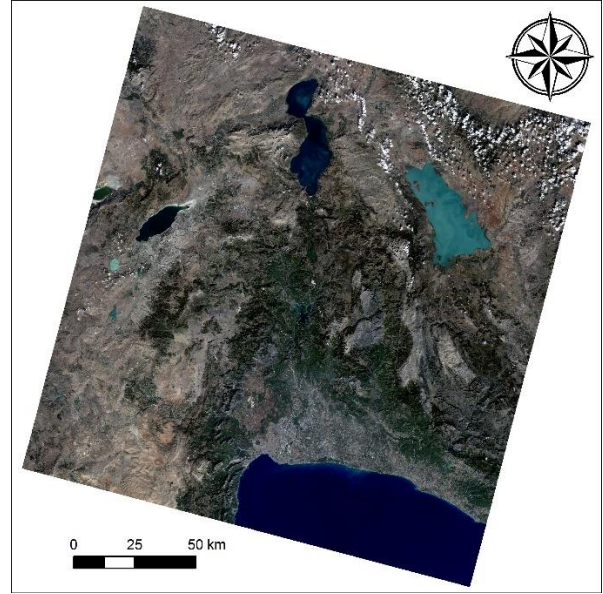


Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak Burdur Gölü yüze suyu sıcaklıkları belirlenmiştir. Söz konusu uydu görüntüleri USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) arşivlerinden taranarak temin edilmiştir (Şekil 3 ve 4). Öncelikle Otomatik Su Yüze Çıkarım İndeksi uygulanarak Burdur Gölü yüze alanı belirlenmiş ve Landsat termal bandın maskelenmesi sağlanmıştır. Termal bandın yansıma değerleri radyansa; radyans değerleri ise parlaklık sıcaklıklarına (brightness temperature) dönüştürülerek göl su sıcaklıkları belirlenmiştir.



Şekil 3. Mayıs -2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü

Yüze suyu araştırmalarında öncelikle su kütesinin kapladığı alanın belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla NDWI (Normalized Difference Water Index - Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi) yöntemi yoğun olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4. Ekim -2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü

Bu çalışmada Burdur Gölü yüze suyu sıcaklıklarının hesaplanabilmesi için öncelikle Burdur Gölü yüze alanı belirlenmiştir. Bu amaçla Landsat 8 uydu görüntüsüne Normalleştirilmiş Bitki Fark indeksi (NDWI) yöntemlerinden Otomatik Su Yüze Çıkarım indeksi (AWEI) uygulanmıştır. NDWI yönteminin değiştirilmesi ile McFeeter (1996) tarafından geliştirilen NDWI yöntemi genel olarak aşağıdaki formül ile ifade edilmekte olup kullanılacak bantlar uydu görüntülerinin özelliklerine olarak değişim gösterebilir (Eşitlik 1).

$$NDWI = (\rho_{green} - \rho_{NIR}) / (\rho_{green} + \rho_{NIR}) \quad (1)$$

Burada (Landsat 8 uydu görüntüleri için);

NDWI :Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi

ρ_{green} : Band 3 (yeşil)

ρ_{NIR} : Band 5'i (yakın kızılötesi) ifade etmektedir.

Birçok araştırmacı Normalleştirilmiş Su Fark İndeksi yöntemleri üzerinde çalışarak bunları modifiye etmişlerdir (Wilson vd., 2002; Shen ve Li., 2010; Feyisa vd., 2014). Bu çalışmada Feyisa vd. (2014) (Eşitlik 2) tarafından geliştirilen AWEI (Automated Water Extraction Index- Otomatik Su Yüze Çıkarım İndeksi) kullanılarak Burdur Gölü'nün yüzey alanı belirlenmiştir.

$$AWEI = 4x(\rho_{green} - \rho_{SWIR1}) - ((0.25x\rho_{NIR}) + (2.75x\rho_{SWIR2})) \quad (2)$$

Burada (Landsat 8 uydu görüntüleri için);

AWEI : Otomatik Su YüzeY Çıkarım İndeksi

ρ_{green} : Band 3 (yeşil)

ρ_{NIR} : Band 5 (yakın kızılötesi)

ρ_{SWIR1} : Band 6 (kısa dalga kızılötesi 1)

ρ_{SWIR2} : Band 7'yi (kısa dalga kızılötesi 2) ifade etmektedir.

Öncelikle termal bandın yansıma değerleri radyansa (Eşitlik 3) ve radyans değerleri ise parlaklık sıcaklıklarına (brightness temperature) dönüştürülerek (Eşitlik 4) göl su sıcaklıkları belirlenmiştir. Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi için USGS (2013)'de verilen aşağıdaki denklem kullanılır.

$$L_{\lambda} = \frac{(L_{max\lambda} - L_{min\lambda})}{(Q_{cal_{max}} - Q_{cal_{min}})} * ((Q_{cal} - Q_{cal_{min}}) + (L_{min\lambda})) \quad (3)$$

Burada L_{λ} : spektral radyans değerleri (Watts/(m²*sr*µm),

$L_{min\lambda}$: $Q_{cal_{min}}$ 'e göre ölçeklendirilen spektral radyans değerleri

$L_{max\lambda}$: $Q_{cal_{max}}$ 'a göre ölçeklendirilen spektral radyans değerleri

Q_{cal} : Kalibre edilmiş piksel değerleri

$Q_{cal_{min}}$: Kalibre edilmiş minimum piksel değerleri

$Q_{cal_{max}}$: Kalibre edilmiş maksimum piksel değerlerini ifade etmektedir.

Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilen radyans değerlerinin parlaklık sıcaklıklarına dönüştürme işlemi esnasında USGS (2013) tarafından verilen K1 ve K2 Termal Dönüşüm Sabitleri kullanılır (Tablo 1).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

Burada; T : Parlaklık Sıcaklığı (°K)

L_{λ} : spektral radyans değerleri (Watts/(m²*sr*µm),

K_1 : Landat 8 uydusunun birinci termal dönüşüm sabitini

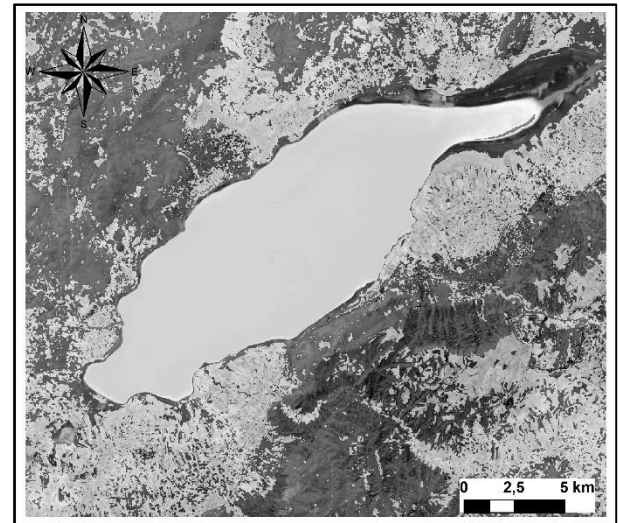
K_2 : Landat 8 uydusunun ikinci termal dönüşüm sabitini ifade etmektedir.

Tablo 1. Landat uydularının K1 ve K2 termal dönüşüm sabitleri (USGS, 2013)

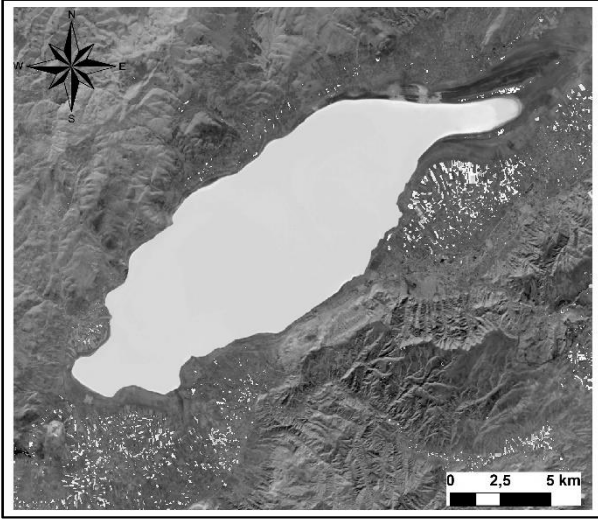
Uydu		K ₁	K ₂
Landsat 5		607,76	1260,56
Landsat 7		666,09	1282,71
Landsat 8	Band 10	774,89	1321,08
	Band 11	480,89	1201,14

4. Araştırma Bulguları

Çalışma kapsamında, öncelikle Normalleştirilmiş Su Fark İndeksinin geliştirilmesiyle ortaya çıkan Otomatik Su YüzeY Çıkarım İndeksi Burdur Gölü'ne uygulanarak Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerindeki göl su yüzeY alanı belirlenmiştir (Şekil 5-6). Daha sonra, Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerine ait Landsat 8 Uydusunun termal bandlarının yansıma değerlerinin önce radyansa dönüştürülmesi ve sonra elde edilen radyans değerlerinin ise parlaklık sıcaklıklarına (brightness temperature) dönüştürülmesi ile Burdur Gölü su yüzeYinin sıcaklıkları belirlenmiştir (Şekil 7-8). Çalışmada kullanılan Otomatik Su YüzeY Çıkarım İndeksinin kara ve su ayrımının belirlenmesinde iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

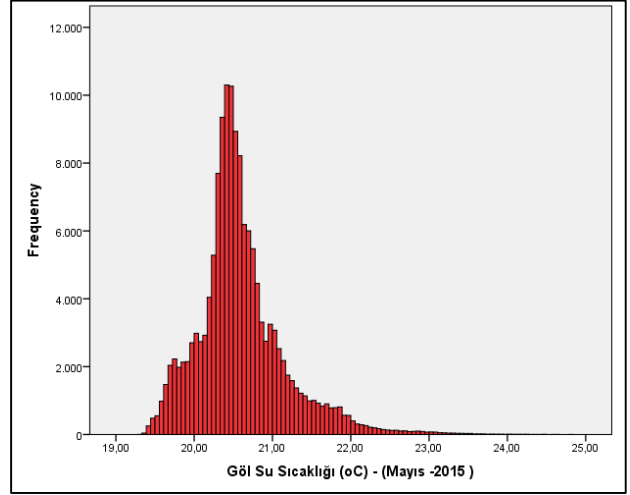


Şekil 5. Otomatik Su YüzeY Çıkarım İndeksi ile belirlenen Mayıs -2015 tarihli Burdur Gölü su yüzeYi

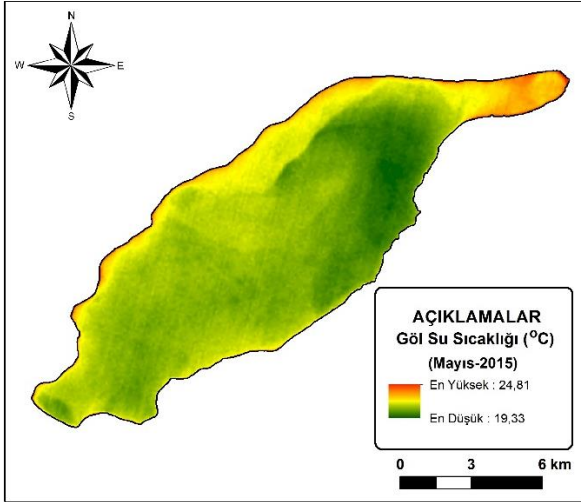


Şekil 6. Otomatik Su Yüzeı Çıkarım İndeksi ile belirlenen Ekim -2015 tarihli Burdur Gölü su yüzeı

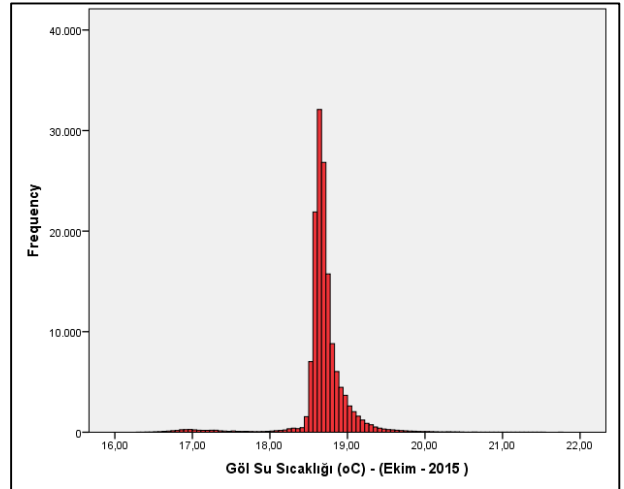
Buna göre Mayıs 2015 ayında ortalama göl suyu yüzeı sıcaklığı 20,60 °C iken Ekim 2015 ayında ise 18,69°C olarak belirlenmiştir. Burdur Gölü Su Yüzeı Sıcaklıklarının Mayıs ayında en düşük 19,33 °C ve en yüksek 24,81 °C olduğu, Ekim ayında ise en düşük 16,32 °C ve en yüksek 21,75 °C olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9-10 ve Tablo 2).



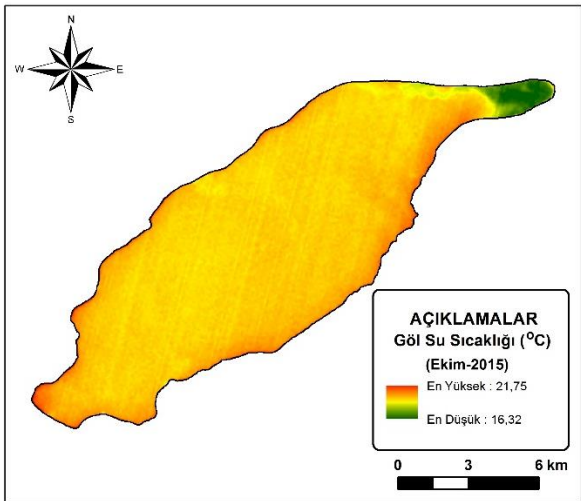
Şekil 9. Mayıs -2015 tarihine Burdur Gölü Su Yüzeı sıcaklıklarının dağılım grafiği



Şekil 7. Mayıs -2015 tarihine Burdur Gölü Su Yüzeı sıcaklıkları



Şekil 10. Ekim -2015 tarihine Burdur Gölü Su Yüzeı sıcaklıklarının dağılım grafiği



Şekil 8. Ekim -2015 tarihine Burdur Gölü Su Yüzeı sıcaklıkları

Tablo 2. Mayıs ve Ekim 2015 tarihlerindeki Burdur Gölü Su Yüzeysel Sıcaklıklarının İstatistiksel Değerleri

Tarih	Burdur Gölü Su Yüzeysel Sıcaklığı			
	En Düşük (°C)	En Yüksek (°C)	Ortalama (°C)	Standart Sapma
Mayıs - 2015	19,33	24,81	20,60	0,57
Ekim - 2015	16,32	21,75	18,69	0,33

5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerine ait Landsat 8 uydu görüntüsüne otomatik su yüzeysel çıkarım indeksi uygulanarak Burdur Gölü'nün yüzeysel alanı belirlenmiştir. Daha sonra yine Landsat 8 uydusunun termal kızılötesi bandları kullanılarak Burdur Gölü yüzeysel suyu sıcaklıkları belirlenmiştir. Buna göre Mayıs (2015) ayında ortalama göl suyu yüzeysel sıcaklığı 20,60 °C iken Ekim (2015) ayında 18,69°C olarak belirlenmiştir. Ortalama göl suyu yüzeysel sıcaklıklarındaki değişimler yaklaşık 2 °C civarında iken Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerindeki en düşük ve en yüksek su sıcaklıklarında yaklaşık 3 °C' lik değişimler gözlenmiştir. Mayıs ve Ekim (2015) tarihlerinde göl suyu yüzeysel sıcaklık değişimleri incelendiğinde özellikle kıyı kesimlerde su sıcaklığının nispeten daha çok arttığı, gölün derin kısımlarında ise nispeten daha azaldığı görülmektedir. Özellikle Burdur Gölü'nün kuzey kısmı Mayıs ayında gölün en sıcak kesimlerini oluştururken Ekim ayında ise gölün en soğuk alanları olarak göze çarpmaktadır. Bunun sebebi Burdur Gölü'nün en sığ kesimi olan bu bölgede genellikle mevsimsel su seviyesi çok hızlı bir şekilde azalır artmaktadır. Dolayısıyla gölün en sığ kesimleri olan bu bölgenin hava sıcaklığı değişimlerinden en hızlı ve en fazla etkilendiği düşünülmektedir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

- Beyhan, M., Şahin, Ş., Keskin, M. E., Harman, B. İ., 2007. Burdur Gölü Uzun Periyotlu Seviye Değişiminin Su Kalitesi ve Ağır Metaller Üzerindeki Etkisi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2).
- Coolbaugh, M. F., Kratt, C., Fallacaro, A., Calvin, W. M., Taranik, J. V., 2007. Detection of geothermal anomalies using advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) thermal infrared images at Bradys Hot Springs, Nevada, USA. Remote Sensing of Environment, 106(3), 350-359.
- Feyisa, G.L., Meilby, H., Fensholt, R., Proud, S.R., 2014. Automated water extraction index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. Remote Sens. Environ. 140, 23-35.
- Gülle, İ., Turna, İ.İ., Güçlü, S.Z., Küçük, Fahrettin., Gülle, P., Güçlü, Z., 2008. Burdur Gölü'ndeki Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen, pH ve Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Dikey Yönde Değişimi. Su Ürünleri Dergisi, 25(4).
- Hook, S. J., Vaughan, R. G., Tonooka, H., Schladow, S. G., 2007. Absolute radiometric in-flight validation of mid infrared and thermal infrared data from ASTER and MODIS on the Terra spacecraft using the Lake Tahoe, CA/NV, USA, automated validation site. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(6), 1798.
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., 2003. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 108(D22).
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D., 1998. Researches on Inland Waters of Turkey III: Limnology, Environmental Quality and Biodiversity of Burdur and Acı Lakes. İmaj Press, Ankara.
- Lo, C. P., Quattrochi, D. A., Luvall, J. C., 1997. Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. International Journal of Remote Sensing, 18(2), 287-304.
- Ninomiya, Y., Fu, B., Cudahy, T. J., 2005. Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared "radiance-at-sensor" data. Remote Sensing of Environment, 99(1), 127-139.
- Qin, Z., Karnieli, A., Berliner, P., 2001. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. International Journal of Remote Sensing, 22(18), 3719-3746.

- Salisbury, J. W., Wald, A., D'Aria, D. M., 1994. Thermal-infrared remote sensing and Kirchhoff's law: 1. Laboratory measurements. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 99(B6), 11897-11911.
- Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J., 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of environment*, 79(2), 213-224.
- Şener, E., Davraz, A., Şener, Ş., 2010. Investigation of Akşehir and Eber Lakes (SW Turkey) coastline change with multitemporal satellite images. *Water resources management*, 24(4), 727-745.
- Şener, E., Davraz, A., İsmailov, T., 2005. Burdur Gölü Seviye Değişimlerinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle İzlenmesi. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu Turqua-V, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, 2-5.
- Shen, L., Li, C., 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In *Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics*, 18–20 June 2010, Beijing, China,
- Sobrino, J. A., Li, Z. L., Stoll, M. P., Becker, F., 1996. Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *International Journal of Remote Sensing*, 17(11), 2089-2114.
- USGS., 2013. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0. Available online: <http://landsat.usgs.gov/l8handbook.php>
- Wilson, E.H., Sader, S.A., 2002. Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery. *Remote Sens. Environ.* 2002, 80, 385–396. pp. 1–4.
- Wloczyk, C., Richter, R., Borg, E., Neubert, W., 2006. Sea and lake surface temperature retrieval from Landsat thermal data in Northern Germany. *International Journal of Remote Sensing*, 27(12), 2489-2502.