

To Cite This Article: Çoskun, M. & Minaz, D. (2024). Suğla Gölü (Konya) alansal değişiminin (1984/2022) uzaktan algılama ve CBS teknikleriyle analizleri. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 52, 141-158. <https://doi.org/10.32003/igge.1403272>

SUĞLA GÖLÜ (KONYA) ALANSAL DEĞİŞİMİNİN (1984-2022) UZAKTAN ALGILAMA VE CBS TEKNİKLERİYLE ANALİZLERİ

Analysis of Suğla Lake (Konya) Spatial Change (1984-2022) with Remote Sensing and GIS Techniques

Mücahit COŞKUN¹, Duygu MİNAZ²

Öz

Yeryüzünde birçok canlının yaşam yeri olan sulak alanlar çeşitli nedenlerle alansal değişime uğramaktadır. Ülkemizde Konya drenaj havzasındaki üçüncü büyük tatlı su kütlesi olan Suğla Gölü XIX. yüzyıldan itibaren kurutulmaya çalışılmıştır. Bu nedenle göl bugüne kadar alansal olarak çeşitli değişikliklere uğramıştır. Hazırlanan yerel ölçekte önemli bir tatlı su kaynağı olan Suğla Gölü'nün yanlış araziden yararlanma sonucunda geçirmiş olduğu seviye değişiklikleri, Landsat uydu görüntüleri (1984-2022) kullanılarak saptanmıştır. Çalışmanın amacı Suğla Gölü'ndeki alansal değişimi Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su İndeksi (MNDWI), Su Oran İndeksi (WRI), Otomatik Su Yüzeysel Çıkarım İndeksi (AWEI) ve Normalize Fark Gölet İndeksiyle (NDPI) ortaya koymaktır. Literatürde Suğla Gölü'nün alansal değişimi konusunda UA indekslerinin detaylı olarak çalışılmamış olması, çalışmayı önemli hale getirmektedir. Çalışmada uygulanan indeksler, kappa doğruluk analiziyle değerlendirilerek doğrulukları test edilmiştir. Çalışma sonucunda 1984 yılında 89 km² olan Suğla Gölü'nün 2022 yılında 38 km²'lik bir alana kadar küçültüldüğü görülmüştür. Suğla Gölü çevresindeki tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin kontrollü bir şekilde yapılması, gölün sahip olduğu su miktarı ve buna bağlı olarak buradaki canlı çeşitliliğine olumlu bir etki oluşturacaktır.

Anahtar Kelimeler: Suğla Gölü, NDWI, MNDWI, CBS, Uzaktan Algılama

Abstract

Wetlands, which are the habitats of many living things on Earth, undergo spatial changes for various reasons. Suğla Lake, which is the third largest freshwater body in the Konya drainage basin in our country, was built in the 19th century. It has been tried to be dried since the century. For this reason, the lake has undergone various spatial changes until today. In this study, the level changes of Suğla Lake, which is an important freshwater source on a local scale, as a result of incorrect land use were determined by using Landsat satellite images (1984–2022). The study aims to reveal the areal change in Suğla Lake with Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), Water Ratio Index (WRI), Automatic Water Surface Extraction Index (AWEI) and Normalized Difference Pond Index (NDPI). The fact that RS indices have not been studied in detail regarding the area change of Suğla Lake in the literature makes the study important. The indices applied in the study were evaluated with Kappa Accuracy Analysis, and their accuracy was tested. As a result of the study, it was seen that Suğla Lake, which was 89 km² in 1984, was reduced to an area of 38 km² in 2022. Carrying out agricultural and animal husbandry activities around Suğla Lake in a controlled manner will have a positive impact on the amount of water the lake has and, accordingly, the diversity of living things there.

Keywords: Suğla Lake, NDWI, MNDWI, GIS, Remote Sensing

* **Sorumlu Yazar:** Prof. Dr., Karabük Üniversitesi, ✉ mcoskun@karabuk.edu.tr

GİRİŞ

Dünya üzerindeki tüm canlılar yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için suya gereksinim duymaktadır. Suyun varlığı yaşamın en önemli koşuludur. Her geçen gün su canlılar için daha kıymetli bir hale gelmektedir. Günümüzde, Dünyada yaşanan kuraklıklar, su döngüsünü dolayısıyla canlıları etkilemektedir. Doğal bir kaynak olan suyun tüketimini planlamak bugün zorunlu bir duruma dönüşmüştür. Sürekli nüfus artışıyla birlikte suyun önemini anlamak için su kaynaklarından sürdürülebilir şekilde yararlanma hayati önem taşımaktadır (Atalay, 2018). Böylelikle karasal suların korunması ve faydalanılmasında sürdürülebilir planlama ve su yönetimi gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakılmasını sağlayacaktır.

Anadolu'da ilk yerleşmeler göllerin seviyesinin düşmesiyle oluşan kıyı kuşağında nemli ve geniş bir alanda kurulmuştur (Atalay, 2022). Türkiye'de Burdur Gölü'nün güney kesiminde Hacılar, Suğla Gölü kenarlarındaki Süberde, Beyşehir Gölü'nün doğu kenarındaki Erbaba, Konya-Ereğli Gölü'nün güney kesimindeki Alacahöyük ve Can Hasan Neolitik dönemdeki yerleşmeler bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Atalay, 1996). Aynı zamanda göller ilk yerleşmelerin kurulduğu yerlerin geçmişe dayalı iklim özelliklerinin açıklanmasında paleoiklim çalışmaları için bir arşiv niteliği taşımaktadır (Kamar, 2022). İnsanlar tarımsal faaliyetler, içme suyu, balıkçılık, ulaşım ve rekreasyonel vb. faaliyetler için göllerden yararlanmaya devam etmektedir. Örneğin Durusu Gölü, (Terkos / Durugöl) içinde yer aldığı İstanbul ilinin bir kısmının su gereksiniminin karşılandığı bir göldür. Başka bir örnek ise Beyşehir Gölü sularının Çarşamba Suyu kanalıyla Konya Ovası'nın büyük bir kısmının tarım faaliyetlerinde kullanılmasıdır (Hoşgören, 2018). Uluslararası alan yazında göllerle ilgili farklı disiplinlerden araştırmacılar tarafından yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Alesheikh, Ghorbanali & Nouri, 2007; Amiri, Seyed Kaboli & Mahmoodi-Kohan, 2021; Beeton, 1961; De Terra & Hutchinson, 1934; He, Huang, Wei & Li, 2003; Howarth & Wickware, 1981; Jenkin, 1942; Kamran & Khorrani, 2018; Lekki, Anderson, Nguyen, Demers, Leshkevich, Flatico & Kojima, 1978; Liu, Ye, Jia, Mamat & Guan, 2022; Martin, 1968; Mason, Guzkowska, Rapley, Street & Perrott, 1994; McFeeters, 2013; Nilsson, 1940; Wan, Xiao, Feng, Li, Ma, Duan & Zhao, 2014; Wicaksono & Wicaksono, 2019). Bu çalışmalar incelendiğinde, araştırmacıların 1930'lu yılların başlarından itibaren iklim değişikliklerinin göllere olan etkileri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (De Terra & Hutchinson, 1934). Alan yazında yapılmış olan çalışmalara bakıldığında 1970'li yılların başlarından itibaren gelişen uydu teknolojilerinin, arazi örtüsü ve göl alanlarındaki alansal değişimlerin saptanmasına katkı sağladığı görülmektedir. Böylelikle göllerin belli yıllara ait görüntüleri kullanılarak geçirmiş oldukları değişimler yorumlanabilmekte ve yapılacak olan planlamalarda bu tespitler değerlendirilmektedir. Göller yöresi başta olmak üzere önemli göllere sahip olan ülkemizde de çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Aksoy, Serhat & Çabuk, 2019; Atıcı & Obalı, 2002; Bahadır, 2013; Ekercin, 2007; Eren, 1972; İzbirak, 1946; İzbirak, 1962; Kaçmaz & Döker, 2021; Karabulut, 2015; Kaya & Kaplan, 2021; Özdemir & Bahadır, 2010; Özvan, 2021; Saraçoğlu, 1990; Sümer, 1982; Yıldız & Çetiner, 2023). Bu çalışmalar arasında Karabulut (2015) ile Kaya & Kaplan (2021) çalışmalarında NDWI ve MNDWI yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Göller, insan yaşamı için önemli yerüstü su kaynaklarından biri olmasının yanı sıra flora ve fauna açısından da çeşitliliğin arttığı yerleri oluşturmaktadır. Taşıdıkları birçok öneme rağmen göller bazı dönemlerde ortadan kaldırılmaya yani kurutulmaya çalışılmıştır. Bunun nedenlerinden biri göllerin sıtma gibi hastalıklara sebebiyet verecek böcek türlerini barındırmasıdır. Zaman içinde sığ göller yararsız hatta hastalıkların yayılmasına sebebiyet verecek yerler olarak kabul edilmiştir (Korkmaz, 2008). Göllerinde olduğu sulak alanlar yüzyıllar boyunca sıtma kaynağı olarak görülmüş ve bu nedenle sürdürülebilir şekilde bu yerlerden yararlanılmamıştır (Arı & Derinöz, 2011). Göllere yapılan müdahaleler birçok çevre sorunu meydana getirmiştir. Bu sorunlara sulama problemi ve taşkın örnek verilebilir. "Sulak alanlardaki çevresel problemleri ortadan kaldırma ve sulak alanların korunmasına yönelik girişimde bulunma faaliyetleri 1960'lı yıllarda başlamış olup bu alanların korunması için uluslararası iş birliğine ihtiyaç duyulmuştur" (Arı, 2011, s.278). Dünya üzerinde birçok yerde karşılaşılan bu problemlere çözüm üretmek için 1971 yılında İran'ın Ramsar şehrinde imzalanan ve Türkiye'nin 1994 yılında taraf olduğu Ramsar Anlaşması ile sulak alanlara verilen önem artmıştır (URL 1).

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleriyle su kaynaklarının izlenmesi, planlanması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımının sağlanması mümkündür (Çağlayan, Erel, Samur, Deniz, Mobariz & Kaplan, 2020, s.71). Uzaktan algılamayla göl alanlarında meydana gelen seviye değişiklikleri, ötrofikasyon ve göl alan değişimi uydu görüntüleri vasıtasıyla

tespit edilebilmektedir. Bu çalışmayla Konya ili Seydişehir ilçesinde bulunan Suğla Gölü'nün alansal değişimi uzaktan algılama indeksleriyle tespit edilmeye çalışılmıştır. Konya drenaj havzasındaki üçüncü büyük tatlı su kütlesi olan Suğla Gölü (Ataselim & Kazancı, 2014, s.288), Değerli (2014)'nin aktardığına göre XIX. yüzyıldan itibaren kurutulmaya çalışılmıştır. Bu nedenle göl bugüne kadar alansal olarak değişimlere uğramıştır. Suğla Gölü 1990'ların sonuna doğru tamamen kurutulmuş ve verimli göl tabanı tarım alanı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Suğla Gölü 2000'li yılların başlarında doğal göl alanından daha küçük bir alan kaplayan ve sulama kanallarıyla tarım alanlarını besleyen bir rezervuar haline getirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, Suğla Gölü'nün zaman içerisinde geçirmiş olduğu alansal değişimi uydu görüntüleri kullanarak elde edilen haritalarla saptamaktır. Bu amaç doğrultusunda 1984 ve 2022 yıllarına ait uzaktan algılamada kullanılan görüntüler; NDWI, MNDWI, AWEI, WRI ve NDPI indeksleriyle değerlendirilerek Suğla Gölü'ndeki değişim ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma, farklı indeksler kullanılarak göl alanının belirlenmesine ve yararlanılan indekslerden hangilerinin araştırma sahası için daha uygun sonuçlar vereceğinin saptanması açısından önem taşımaktadır. Yapılan bu çalışmada geçmişe yönelik kıyaslamaya imkân veren Landsat uydusundan elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Çalışmada doğruluk analizlerinden kappa doğruluk analizinden yararlanılarak indekslerin doğrulukları hesaplanmıştır. Araştırmada kullanılan indeksler karşılaştırılmış ve indeksler bir tablo ile sunulmuştur.

VERİ TOPLAMA VE YÖNTEM

Hazırlanan çalışmada Suğla Gölü'nde 1984 ve 2022 yıllarında alansal olarak meydana gelen değişimlerin analizleri uzaktan algılama ve CBS teknikleri ile ArcGIS 10.8 programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında Türkiye'de göllerle ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş, ardından çalışma alanı olarak belirlenen Suğla Gölü'nün Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen Global Surface Water Explorer adlı web sayfasından gölün geçirmiş olduğu alansal değişimlere bakılmıştır.

Suğla Gölü'nün lokasyon haritası hazırlanırken ALOS PALSAR yükselti modeli kullanılmıştır. 12*12 m çözünürlükte olan bu yükseklik verisi işlenirken Harita Genel Müdürlüğü'ne ait 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından tepe, göl, dağ, yerleşme gibi unsurların doğrulukları teyit edilmiştir. Çalışmada kullanılan 3 boyutlu saha görüntüsü için www.3d-mapper.com web sayfasından yararlanılmıştır (URL 2). Sahanın iklim özelliklerini açıklarken Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen rasat süresi uzun yıllara ait veriler kullanılmıştır. 24 Temmuz 2022 yılında yapılan arazi çalışmasıyla göl ve çevresinin fotoğrafları çekilmiş, araştırma alanı incelenmiştir. Gerçekleştirilen arazi çalışması göl alanının bulunduğu doğal ve beşerî ortamın yerinde gözlemlenmesi bakımından önem taşımaktadır.

Suğla Gölü'ne ait uydu görüntüleri USGS Earth Explorer veri kaynağından yararlanılarak; 1984 yılı için Landsat 4-5 TM uydusundan, 2022 yılına ait görüntüler için ise Landsat 8-9 OLI uydusundan temin edilmiştir. Uydu görüntülerinin tarihleri seçilirken atmosferdeki bulutluluk oranı, göldeki ötrofikasyonun yoğunluğu ve göl alanının bahar aylarında eriyen kar sularıyla beslenmesi sonucu seviye artışı gibi olası nedenler göz önünde bulundurulmuş her iki yıla ait yakın tarihlerin seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu sebeple 1984 yılı için 23 Haziran, 2022 yılı için ise 31 Mayıs tarihlerine ait uydu görüntüleri seçilmiştir. Çalışmada yer alan Şekil 5 ve Şekil 6'daki 2022 uydu görüntüsü için pan – sharped yöntemi uygulanarak görüntü zenginleştirilmiştir.

Araştırmada NDWI, MNDWI, AWEI, WRI ve NDPI su çıkarım indeksleri ile Suğla Gölü'nün alansal değişim analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bu analizler yerüstü sularının tespit edilmesinde kullanılan UA yöntemleridir. UA yöntemlerinde uydu görüntülerinden yararlanılmakta olup farklı bant kombinasyonları değişik amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Kara ve su alanlarını birbirinden ayırt etmek için geliştirilen indeksler sırasıyla açıklanacaktır.

Suğla Gölü'nün alansal değişimiyle ilgili kullanılan en eski NDWI indeksi McFeeters (1996) tarafından geliştirilmiştir. NDWI indeksinde su kütleleri çevresinde bulunan bitki örtüsü kısıtlanarak su kütlelerine dikkat çekilmektedir. NDWI indeksinde yeşil ışığı yansıtan yeşil bant ve yakın kızılötesini yansıtan NIR kullanılmaktadır. NDWI indeksi +1 ve -1 değerleri arasında değişim göstermektedir. Çalışmada kullanılan diğer bir indeks ise MNDWI'dir. MNDWI indeksi, Xu (2006) tarafından

geliştirilmiş ve NDWI' dan farklı olarak NIR yerine MIR (orta kızılötesi) bant kullanılmaktadır. MNDWI yerleşim sahaları arasındaki su kütlelerini tespit etmek için geliştirilmiştir (Rokni vd., 2014).

Çalışmada kullanılan başka bir indeks Otomatik Su Yüzeyi Çıkarım indeksidir (AWEI). Feyisa vd. (2014) tarafından geliştirilen bu indeks de en az 4 bant kullanılmakta olup, aydınlık olmayan yüzeylerin belirlenmesinde yararlanılmaktadır. AWEI, AWEInsh ve AWEIsh olarak iki farklı bölümden oluşmaktadır (Tablo 1). Bu çalışmada AWEInsh formülü uygulanmıştır. AWEI indeksi, Rokni vd. (2014)'ne göre kentsel arka plana sahip alanlarda koyu renkli yüzeyleri etkili bir şekilde ortadan kaldırmak için formüle edilmiştir.

Araştırmada kullanılan diğer bir indeks WRI'dır. Su oran indeksi olarak bilinen bu indekste 4 bant kullanılmaktadır. Shen & Li (2010) tarafından geliştirilen bu indekste değerler 1'e yaklaştıkça su kütlesi artmaktadır.

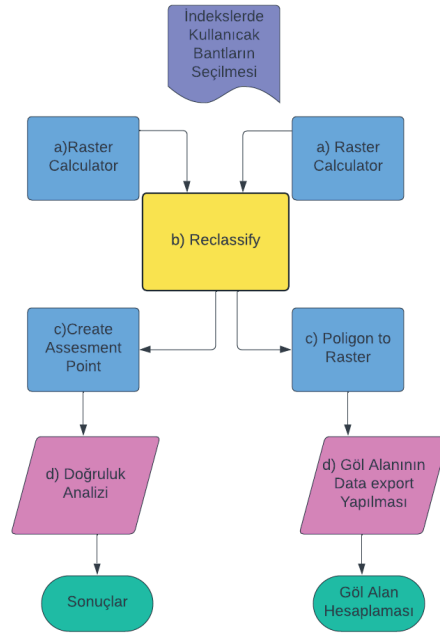
Suğla Gölü üzerinde uygulanan başka bir indeks NDPI'dır. Lacaux vd. (2006) tarafından geliştirilen bu indeks, havuz ve gölet gibi küçük ölçekli su kütlelerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Mondal & Bandyopadhyay (2014) yaptıkları çalışmada bu indeks 0,01 hektara kadar olan su kütlelerini ayırt etmenin yanı sıra, su kütlelerini çevreleyen bitki örtüsünü de tespit etmede başarılı olmuştur.

Tablo 1: Suğla Gölü'ndeki Alansal Değişimin Belirlenmesinde Kullanılan İndeksler

Su İndeksi	Kaynak	Formül
NDWI - Normalize Fark Su İndisi	McFeeters (1996)	$Yeşil (G) - Yakın Kızılötesi NIR / Yeşil (G) + Yakın Kızılötesi (NIR)$
MNDWI - Modifiye Normalize Fark Su İndisi	Xu (2006)	$Yeşil (G) - Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 1) / Yeşil (G) + Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 1)$
AWEI - Otomatik Su Yüzeyi Çıkarım İndisi	Feyisa vd. (2014)	$AWEInsh = 4x (Yeşil (G) - Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 2)) - (0.25x Yakın Kızılötesi (NIR) + 2.75x Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 1))$ $AWEIsh = Mavi (B) + 2.5 + Yeşil (G) - 1.5 x Yakın Kızılötesi (NIR) + Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 1) - 0.25 x Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 1)$
NDPI - Normalize Fark Gölet İndisi	Lacaux, Tourre, Vignolles, Ndione & Lafaye (2006)	$Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 2) - Yeşil (G) / Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 2) + Yeşil (G)$
WRI - Su Oran İndisi	Shen & Li (2010)	$Yeşil (G) - Kırmızı / Yakın Kızılötesi (NIR) + Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR 2)$

Suğla Gölü'ne uygulanan indeksler, kappa doğruluk analiziyle geçerliliği test edilmiştir. Doğruluk analizi uygulanırken saha, kara ve su alanı olarak iki örneklem alanına bölünmüş, 400 nokta her iki gruba eşit bir şekilde atılarak su yüzeyi değişiminin doğruluğu sınanmıştır. Toplamda uydu görüntüleri üzerinde 4000 kontrol noktası belirlenmiştir. Doğruluk analizinde yüzde ile ifade edilen genel doğruluk (GD) ve 0 ile 1 arasında değere sahip olan kappa katsayısı adı verilen iki farklı sonuca ulaşılmıştır. Hata matrisinde kappa katsayısına ait değer 1'e yaklaştıkça doğruluk değeri artmaktadır. Genel doğruluk ve kappa doğruluk katsayı değerleri analiz koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Özellikle kullanılan uydu görüntüsünün çözünürlüğü, üretilen kontrol nokta sayısı, arazi yüzeyi gibi farklılık oluşturan unsurlar bu doğruluklar üzerinde doğrudan etkilidir (Sakaoglu, 2021).

Sonuç haritasında kullanılan ve sahayı insan gözünün görebileceği şekilde uygulanan doğal renk bant kombinasyonu Landsat 4-5 TM görüntüsü için; bant 3,2,1; Landsat 8-9 OLI uydu görüntüsü için ise bant 4,3,2 olarak düzenlenmiştir (URL 3). Çalışmada ilk olarak uydu görüntüleri işlenmiş ve doğrulukları test edilmiş, sonrasında Suğla Gölü'nün alansal değişimi hesaplanmıştır. Bu sebeple çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışmanın Aşamaları

Çalışma Sahasının Başlıca Coğrafi Özellikleri

Suğla Gölü, İç Anadolu Bölgesi'nde Konya ili sınırları içerisinde yer almaktadır (Fotoğraf 1). Konya drenaj havzası içinde Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü'nden sonra bölgenin üçüncü büyük su kütlesidir (Şekil 2). “1090 metre kotunda olan Suğla Gölü, Seydişehir-Beyşehir çöküntüsünün güney kesiminde, Beyşehir Gölü'nün 43 km güneydoğusunda yer almaktadır” (Ataselim & Kazancı, 2014, s.288).



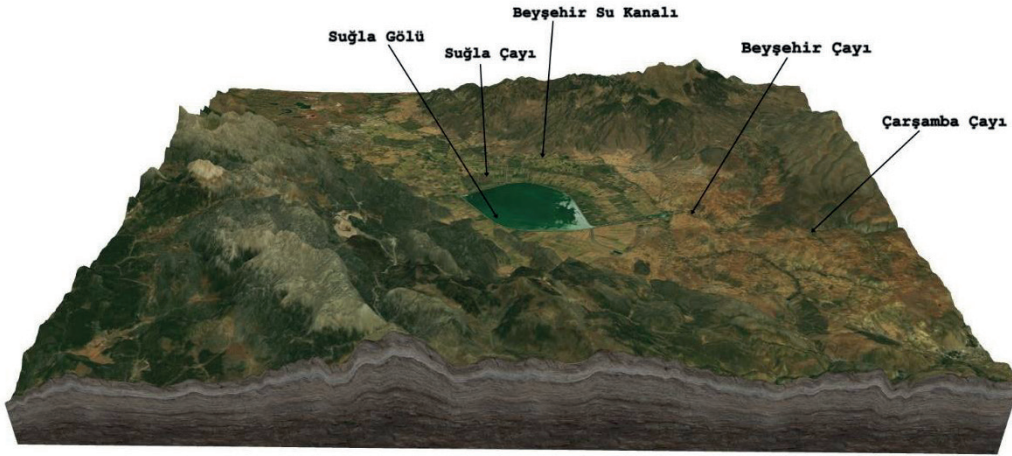
Fotoğraf 1: Suğla Gölü'nden Bir Görünüm

Suğla Gölü'nün suyu Koz Dere ile Çarşamba Suyu'na ve oradan Çumra Ovası'na ulaşmaktadır (Kantarıcı, 2008). Karstik kaynakların azaldığı yıllarda göl suları da çekilmektedir. Suğla Gölü, 1996 yılında DSİ'nin çalışmaları ile etrafı toprak seddeler ile çevrilerek depolama haline dönüştürülmüş ve Konya Ovası'nı sulamak için bir rezervuar haline getirilmiştir (KOP, 2014, s.25). Suğla depolaması 581 km², lik bir yağış alanına sahiptir. Kendi drenaj alanından ve Beyşehir gölünden BSA (Beyşehir-Suğla-Apa) kanalı vasıtasıyla gelen sularla beraber kış aylarında artan yağışla doluluk oranı artmaktadır. 66.9 km sedde ile çevrili olan depolamada biriken sular depolamada yer alan pompa istasyonu vasıtasıyla tekrar BSA kanalına aktarılarak Çumra Ovası'na aktarılmaktadır. 4000 ha göl alanına sahip depolamanın maksimum göl hacmi 258,5 hm³tür (Ariarslan, 2022, s.17). Suğla Gölü'nün eski tabanı bugün tarım arazilerine dahil edilmiş durumdadır. Geniş tarım alanlarıyla çevrelenmiş olan Suğla Gölü aynı zamanda yöre halkı tarafından balıkçılık faaliyetinin de gerçekleştirilmesi bakımından önem taşımaktadır (Fotoğraf 2). Suğla Gölü ve çevresi flora ve fauna açısından da çeşitliliğe sahiptir. Birçok su kuşunun uğrak yeri olan göl çevresi sazlık ve söğüt ağaçlarıyla kaplıdır.



Fotoğraf 2: Suğla Gölü'nde Yapılan Balıkçılık Faaliyeti (24 Temmuz 2022)

Suğla Gölü çevresinde sürekli akıma sahip akarsular bulunmaktadır. Sürekli akarsular Çarşamba Çayı, Suğla Çayı, Irmak Deresi ve Beyşehir Deresidir (Şekil 3). Akarsuların varlığı havzaya düşen yağış miktarıyla ilişkilidir. Seydişehir ve Seydişehir/Alacabel meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre yıllık toplam yağış ortalaması 740.78 mm.dir. Araştırma sahasındaki sıcaklık değerleri ise yıllık ortalama 11.5 C°dir. Suğla Gölü dağlık ve tepelik sahalardan arasında yer almaktadır. Bahar aylarında meydana gelen ani sağanak yağışların fazla olduğu yıllarda yağış suları gölün olduğu alandan tahliye edilememektedir. Beyşehir Çayı'nın fazla beslediği dönemlerde Suğla Gölü'ndeki sular taşarak yakın çevredeki yerleşim yerini, tarlaları ve meraları işgal etmekte, sosyo – ekonomik sorunlar, salgın hastalıklar ve yöre insanı için besin yetersizliği gibi olumsuz durumlara sebep olmaktadır (Gedik, 2021). Özellikle 1911-1912 yıllarında meydana gelen taşkınlar sahada önemli sorunlara yol açmıştır. Bu nedenle Beyşehir Çayı'nın suları kontrol altına alınarak 1908-1912 yılları arasında Beyşehir Kanalı'nın inşasıyla olası afetlerin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

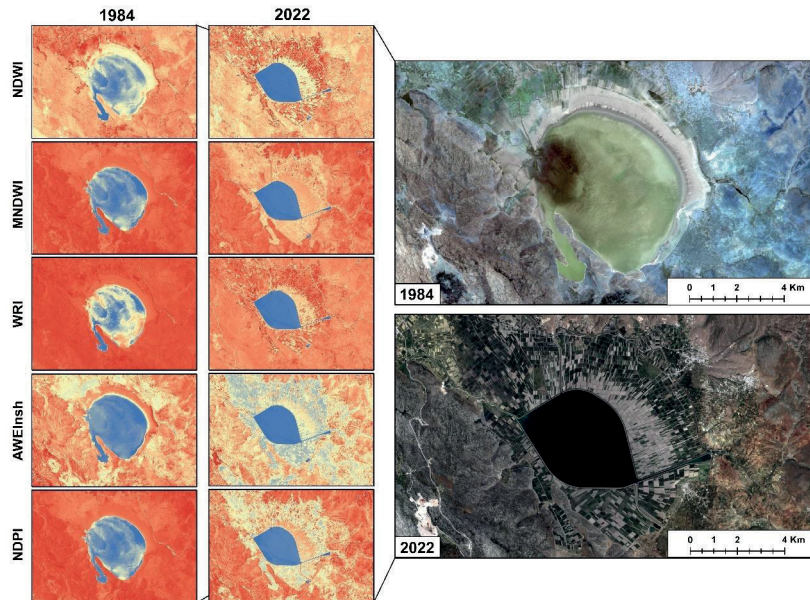


Şekil 3: Suğla Gölü ve Yakın Çevresindeki Yerüstü Suları

Suğla Gölü çevresinde yer alan yerleşmelere ait TÜİK verileri incelendiğinde toplam nüfusun gölün doğusundaki Yalhöyük'te 1067, kuzeydoğusundaki Ortakaraören'de 1221, Çukurbucak'ta 1233 olduğu görülmektedir. Suğla Gölü'nün kuzey, güney ve güneybatısında yer alan yerleşmelerde (Çatmakaya, Susuz, Kuran, Gölyüzü ve Gökhöyük) ise toplam nüfus 500'ün altındadır. Göl çevresindeki nüfusun temel geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Göl çevresinde yapılan sulamalı tarım göldeki su kütlesindeki değişimle doğrudan ilişkilidir. Sulama kanalları vasıtasıyla göl çevresindeki tarım alanlarına su ulaştırılmaktadır. Su seven tarım ürünlerinden mısırın göl çevresinde yetiştirildiği gözlemlenmiştir.

BULGULAR

Suğla Gölü üzerine uygulanan indeksler incelendiğinde göldeki alansal değişimin indekslere farklı şekillerde yansıdığı görülmektedir (Şekil 4). Her iki yıla ait indeks ve değerlendirme sonuçları sırasıyla açıklanmıştır.



Şekil 4: Suğla Gölü'nün 1984 – 2022 yıllarına ait Su İndeksleri Sonuç Haritaları

1984 yılındaki uydu görüntüsüne ait NDWI indeks sonuçlarında; NDWI değerleri 0,39759 ile – 0,618557 arasındadır. NDWI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,915 olarak sonuç vermiştir. Suğla Gölü'ne 1984 yılına ait uydu görüntüsünde uygulanan diğer bir indeks MNDWI'dir (Tablo 2). Bu indeks sonucunda gölün doğu kıyılarının pozitif değerleri yansıttığı görülmektedir. Söz konusu indekste değerler 0,710843 ile – 0,561753 arasındadır. Bu indeks ile su kütlelerinin NDWI indekse göre daha belirgin olarak karasal alandan ayırt edildiği görülmüştür. MNDWI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,985111'dir. Diğer bir indeks olan WRI da gölün büyük bir bölümü kara alanı olarak algılanmış gölün güneyindeki uzantısı ve doğu kıyıları hariç göl alanının ortaya çıkmasında bu indeks başarılı bir sonuç vermemiştir. 1984 WRI indeksinde en yüksek değer 3 en düşük değer ise 0,282353 arasındadır. WRI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,99 olarak sonuç vermiştir.

1984 yılı için AWEI indeksi gerçek göl alanına yakın sonuçlar verdiğini belirtmek mümkündür. AWEI değerleri en yüksek 298,875 ile en düşük – 451,75 arasında sonuç vermiştir. Göl alanı bu indekste büyük ölçüde belirlenmiştir. Ancak göl çevresindeki tarım alanları ve akarsular da su kütlelerine dahil edilmiştir. Bu durum sınıflandırma sonrası su kütlelerinin hesaplanmasında sonuçlar üzerinde etkisi olmuştur. AWEI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,954882 olarak bulunmuştur.

1984 yılı için son uygulanan indeks NDPI'dir. Bu indekste de göl alanı genel olarak karasal alan algılandığı anlaşılmaktadır. Suğla Gölü'nün batı kısmının 1984 yılındaki görüntüde bataklık olarak görülmesi, NDPI indeksinde de bu alanların kısmen su kütlesi olarak algılanmasına engel olmuştur. Araştırma sahasına uygulanan bu indekste en yüksek değer 0,561753 ile en düşük değer – 0,710853 arasındadır. 1984 yılına ait en yüksek kappa değeri 0,985 ile NDPI indeksinde görülmektedir.

2022 yılına ait uydu görüntüsüne uygulanan NDWI indeksinde göl alanı belirgin olarak izlenmiştir. Bu indekste göl alanı dışında yer alan sulama kanalları ve açık renkteki karasal yüzeyler de su kütlelerine dahil edilmiştir. NDWI indeksinde en yüksek değer 0,267179, en düşük değer ise – 0,578271'dir. NDWI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,959904 bulunmuştur.

2022 yılına ait uydu görüntüsü için uygulanan başka bir indeks MNDWI'dir. MNDWI indeksinde en yüksek değer 0,620009 en düşük değer ise – 0,40581 olarak sonuçlanmıştır. MNDWI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,960297'dir. Bu indeks göl alanının ortaya çıkartılmasında başarılı bir sonuç vermiştir.

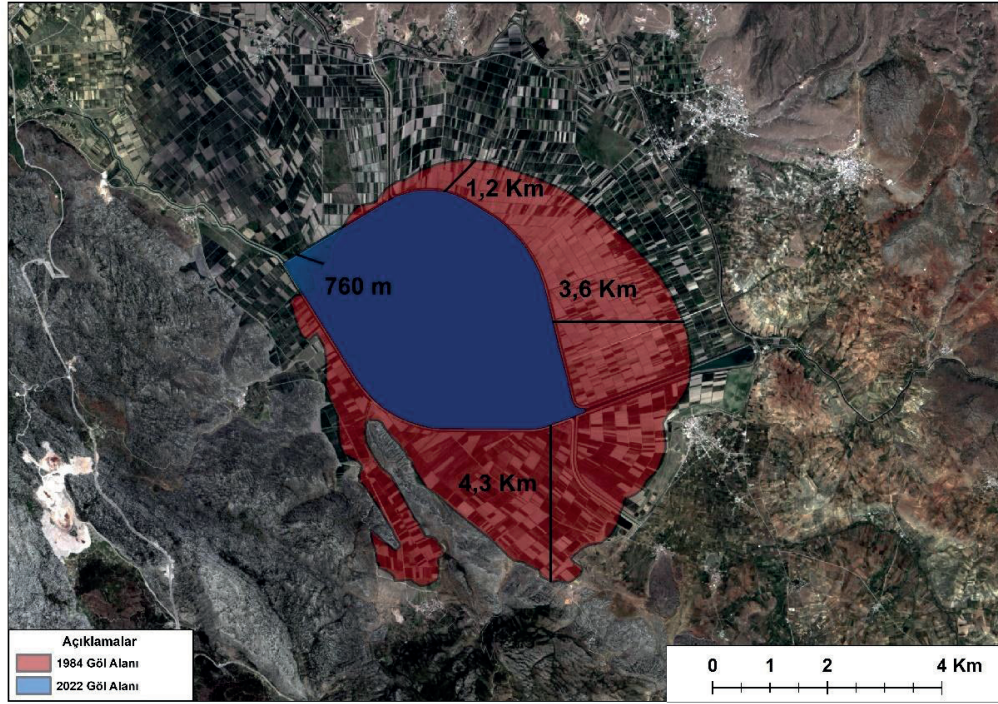
2022 yılına ait uydu görüntüsü için uygulanan WRI indeksinde su kütlelerinin belirgin olarak ortaya çıktığı görülmektedir. WRI indeksinde en yüksek değer 2,08622 en düşük değer ise 0,391845 olarak sonuçlanmıştır. WRI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,965 olarak sonuç vermiştir. 2022 yılına ait uydu görüntüsü için uygulanan başka bir indeks ise AWEI'dir. AWEI 2022 tarihli uydu görüntüsünde göl alanı net bir şekilde su kütlesi olarak sonuç verirken, göl çevresindeki tarım alanı ve birçok açık renkteki arazi parçası da su kütlesi olarak algılanmıştır. AWEI indeksinde en yüksek değer 79106,8 en düşük değer ise – 164294 olarak sonuçlanmıştır. AWEI indeksine uygulanan doğruluk değerlendirmesinde kappa doğruluk oranı 0,211887'dir. Bu sonuç indeksin kesinlikle hatalı olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Suğla Gölü Üzerinde Uygulanan Su Çıkarım İndekslerinin Doğruluk Analizi Sonuçları

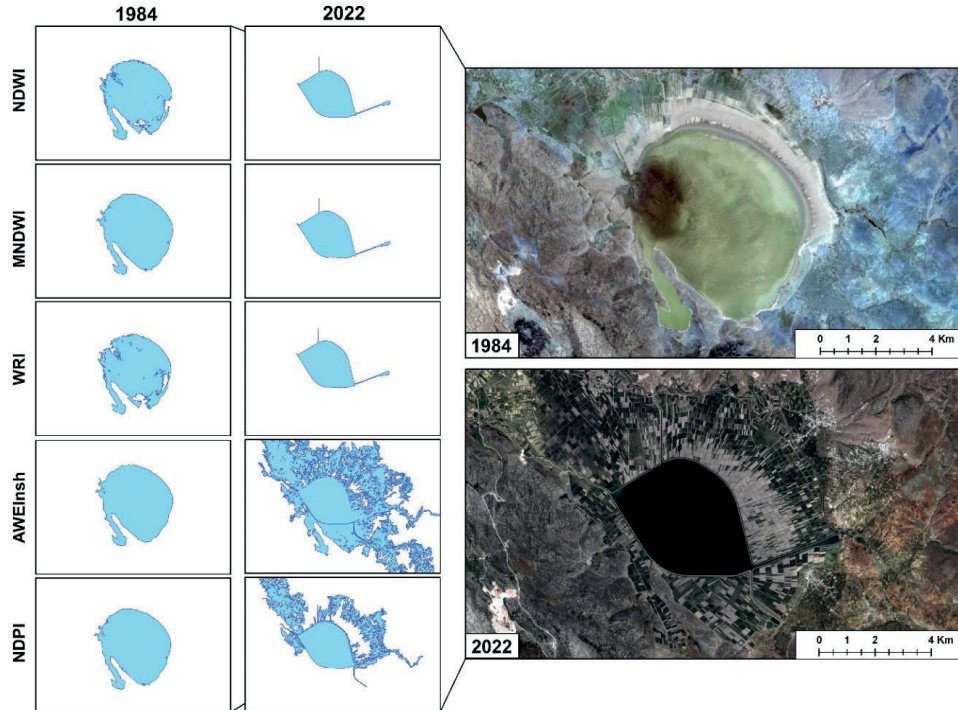
Suğla Gölü	NDWI		MNDWI		WRI		AWEI		NDPI	
	GD (%)	Kappa	GD (%)	Kappa	GD (%)	Kappa	GD (%)	Kappa	GD (%)	Kappa
1984	0,9575	0,915	0,992519	0,985111	0,995	0,99	0,977444	0,954882	0,9925	0,985
2022	0,97995	0,959904	0,98005	0,960297	0,9825	0,965	0,6075	0,211887	0,635	0,27

Suğla Gölü 1984 ve 2022 yılları arasında ciddi bir alansal değişim geçirmiştir. Bununla birlikte kullanılan indeksler farklı alansal sonuçlar vermiştir. Şekil 5-6 ve Tablo 3'teki indeks sonuçlarında görüldüğü gibi Suğla Gölü 1984-2022 yılları arası alansal değişimler gözlenmektedir. 1984 yılında 89 km² olan Suğla Gölü'nün 2022 yılında 38 km²'lik bir alana kadar küçültüldüğü

anlaşılmaktadır. Yeni yapılan rezervuarın eski göl alanının kuzeydoğusuna inşa edildiği görülmektedir. Uydu görüntülerinde inşa edilen rezervuara ait beton yapılar dikkat çekmekte ve bu yapılar göl alanına uygulanan indekslerde de fark edilmektedir.



Şekil 5: Suğla Gölü'nde 38 Yılda Meydana Gelen Alansal Değişim



Şekil 6: Suğla Gölü Üzerinde Uygulanan İndeksler ve Sonuçları

Tablo 3: Suğla Gölü'nde Uygulanan İndeks Sonuçlarına Göre Alansal Değişim

Suğla Gölü	NDWI		MNDWI		WRI		AWEI		NDPI	
	1984	2022	1984	2022	1984	2022	1984	2022	1984	2022
Su Yüzeyleri (ha)	79,9695	137,9862	278,38125	139,54059	74,0862	136,98024	298,758	1002,04524	278,38125	637,39383
Yıllar Arasındaki Değişim(%)	%26		%34		%30		%36		%40	
Karasal Yüzeyler (ha)	677,8701	2413,40712	2273,01207	2411,85273	683,7534	2414,41308	2252,63532	1549,34808	2273,01207	1913,99949
Yıllar Arasındaki Değişim(%)	%4		%2		%56		%4		%8	

SONUÇ VE TARTIŞMA

1984 ve 2022 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılarak Suğla Gölü'nün alansal değişiminin tespitini amaçlayan bu çalışmada uygulanan yöntemlerin farklı performanslara sahip olduğu analiz sonuçlarında ortaya çıkmıştır. Doğruluk analizi sonuçlarında 1984 yılı için genel doğruluk %95 üzerinde sonuç vermesine rağmen uydu görüntüsüne ait NDWI indeks sonuçları göl yüzeyindeki suyun alansal dağılımını değerlendirmede yetersiz kalmıştır. NDWI analizinde gölün güney kesiminde bulunan uzantısı pozitif değerler gösterirken gölün genel görünümü beklenen ölçüde sonuçlar vermemiştir.

2022 yılında ise uygulanan 5 indeksten 3'ünde %95 üzerinde doğru sonuç vermiştir. 2022 yılında en düşük kappa değeri AWEI indekse aitken, en yüksek ise MNDWI indekse ait olmuştur. 2022 yılında AWEI ve NDPI indekslerinin kappa doğruluk sonuçlarının düşük olduğu ve Suğla Gölü'ndeki su kütlesiyle birlikte tarım alanlarının da su olarak değerlendirildiği görülmüştür (Tablo 2). Suğla Gölü'nün batı kısmının 1984 yılındaki uydu görüntüsünde bataklık olarak görülmesi NDPI indeksinde bu alanların su kütlesi olarak algılanmasını engellemiştir. Suğla Gölü'nün çevresi bugün tarım alanlarıyla çepeçevre kuşatılmış durumdadır. Bu tarım alanlarının sulanması için onlarca kanal yapılarak söz konusu kanallar vasıtasıyla sulama sağlanmaktadır. Uydu görüntülerine uygulanan indekslerde göl alanıyla birlikte bu kanalların da su alanı olarak değerlendirildiği görülmektedir. MNDWI indeks Rokni vd. (2014) çalışmalarındaki gibi yerleşim sahalarını su kütlesinden ayırarak başarılı bir sonuç vermiştir.

Göl yüzeyinde meydana gelen bu değişimin indeks sonuçlarının farklılaşmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Araştırılan sahadaki su kütlesinin çok geniş olmaması ve uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlük değerleri çalışmada kullanılan indekslerin tam olarak doğru sonuç vermesinde bir engel oluşturmuştur. Geçmiş yıllara ait değişimleri izleyebilme ve değerlendirmeye imkânı veren Landsat uydu görüntüleri aradan geçen 38 yıl boyunca geliştirilerek daha iyi çözünürlükte görüntüler elde edilmeye olanak tanımış ve mekânın yorumlanması konusunda anlaşılır sonuçlar ortaya çıkmıştır. 1984 yılına ait uydu görüntüsünde mekânsal çözünürlük 30 m, 2022 yılına ait uydu görüntüsünde ise 15 metredir. Kaya ve Kaplan (2021), mekânsal çözünürlük arttıkça doğruluk değerlerinin de arttığını vurgulamaktadır. Bu durum uygulanan indeks sonuçlarında etkili olmuştur.

Arazi çalışması sonucunda 2022 yılı temmuz ayında Suğla Gölü yakınlarında tarım ve büyükbaş hayvancılığın yapıldığı görülmüştür. Söz konusu gölde özellikle bahar aylarında artan bitkisel ve hayvansal atıklar gölde ötrofikasyon olayına sebep olmakta, bu nedenle de göl yüzeyi bahar aylarında yeşil renge bürünmektedir. Aksoy vd. (2019) de Beyşehir Gölü'nde ve Kâtip vd. (2014) de Uluabat Gölü'nde yaptıkları çalışmalarda benzer çevresel problemlerin varlığından söz etmektedirler. Suğla Gölü'nün de yer aldığı Göller Yöresi'ndeki birçok göl tarımsal faaliyet ve bununla birlikte değişen iklim faktörleri nedeniyle yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunmaktadır. Uysal (2021) Suvla Gölü (Çanakkale) çevresindeki tarım alanlarında kullanılan tarımsal ilaç atıklarının sulak alanları tehdit etmesinin altını çizmektedir. Diğer sulak alan

örnekleriyle birlikte temas edilen Suğla Gölü'nde, kırsal kalkınma hedefleri ve sulak alanların sürdürülebilirliği konusunda yürütülecek olan çalışmaların uyum içinde yapılması önem taşımaktadır.

1984 yılında 89 km² olan Suğla Gölü'nün 2022 yılında 38 km²lik bir alana kadar küçültüldüğü görülmüştür. Suğla Gölü'nün doğal sınırının bozularak eski tabanının tarım alanlarına dâhil edilmesi ve bol yağışlı mevsimlerde yeni göl alanının yeterli olmaması göl çevresinde taşkınların meydana gelmesine ve tarım alanlarının sular altında kalmasına neden olmuştur. Suğla Gölü örneğinde görüldüğü gibi sulak alanların tahrip edilmesi doğal dengenin bozulması sonucunu doğurmuştur. Göllerin sadece insan yaşamı için değil aynı zamanda endemik ve nadir birçok kuş türünün barınması ve bu canlılar için önemli yaşam alanı olmasını belirtmek gerekmektedir. Sadece kuş türleri için de değil diğer flora ve fauna açısından çeşitlilik gösteren göl alanlarının korunması ve sürdürülebilir şekilde göllerden faydalanmanın geliştirilecek planlamalar dahilinde yapılması yararlı olacaktır.

ÖNERİLER

Suğla Gölü çevresinde yoğun olarak yapılan tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin sınırlandırılarak gölde kirliliğin ve ötrofikasyonun önüne geçilmesi ile göl içindeki balık başta olmak üzere diğer türlerin korunması sağlanabilir. Bununla birlikte artan kirlilik çevresel bir sorun olarak yerel halkı da etkilemektedir. Suğla Gölü'ne inşa edilen rezervuarın su alan kapasitesi özellikle ani sağanak yağışların olduğu dönemlerde yeterli olmamaktadır. Bu durum, göl çevresindeki tarım alanlarında taşkınlara ve bu taşkınların da tarım ürünlerine zarar vermesine sebep olmaktadır. Suğla Gölü örneğinde görüldüğü gibi göllerin doğal yataklarının bozulması, sosyo – ekonomik yönden de insanların zarara uğramasına neden olmuştur. Göllerle ilgili yapılacak olan planlamaların bu olumsuz uygulamalara bakılarak değerlendirilmesi ülkemizdeki göllerin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.

Suğla Gölü birçok canlı türünü barındırması (sudak balığı (*Sander lucioperca*), yağ balığı (*Phoxinellus Anatolicus Caralis*) balık türleriyle, flamingo (*Phoenicopterus jamesi*), karaleylek (*Ciconia nigra*), yalıçapkını (*Alcedo atthis*) ve küçük kumkuşu (*Calidris minuta*) gibi kuş türleri) bakımından önem taşımaktadır. Suğla Gölü'ne verilecek milli park statüsü buradaki canlı türlerin devamlılığı açısından önemli bir adım olacaktır. Bununla birlikte Suğla Gölü ve çevresindeki canlı türleriyle ilgili bilgilendirici levha ve panoların asılması, göl çevresinin ekoturizm açısından gelişmesine katkı sağlayacak ve insanların sulak alanlara olan bakış açılarının değişmesinde önemli bir farkındalık oluşturacaktır.

Yukarıda anlatılanlara ilaveten sulak alanlara uygulanan spektral indekslerle ilgili birçok çalışma yürütmüş olan Rokni ve arkadaşlarının bir araştırmasında (2016) NDWI formülünün farklı versiyonuna ve geliştirilen yeni yaklaşımlara yer verilmiştir (NDWI – MF/ NDWI – PCs). Su kütlelerinin belirlenmesi ve izlenmesi konusunda çalışma yapan araştırmacıların çalışmalarına bu indekslerin katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın ikinci yazarı YÖK'ün Gelecek 10 Yıl için Güçlü Nesiller Yetiştirme Projesi olan 100/2000 (Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri) öncelikli alan bursiyeridir. Katkılarından dolayı YÖK'e teşekkürlerimizi sunarız.

| EXTENDED ABSTRACT |

Analysis of Suğla Lake (Konya) Spatial Change (1984-2022) with Remote Sensing and GIS TechniquesMücahit COŞKUN*,  Duygu MİNAZ **INTRODUCTION**

Water is necessary for all life on Earth to continue its essential functions. Water is becoming more and more precious to all living beings. Water consumption planning has become essential in today's world as water is a natural resource. Knowing the value of water, which is growing with ongoing population expansion, requires sustainable use of water resources (Atalay, 2018).

Many studies on lakes by scholars from various disciplines can be found in the international literature (Alesheikh, Ghorbanali & Nouri, 2007; Amiri, Seyed Kaboli & Mahmoodi-kohan, 2021; Beeton, 1961; De Terra & Hutchinson, 1934; He, Huang, Wei & Li, 2003; Howarth & Wickware, 1981; Jenkin, 1942; Kamran & Khorrami, 2018; Lekki, Anderson, Nguyen, Demers, Leshkevich, Flatico & Kojima, 1978; Liu, Ye, Jia, Mamat & Guan, 2022; Martin, 1968; Mason, Guzkowska, Rapley, Street & Perrott, 1994; McFeeters, 2013; Nilsson, 1940; Wan, Xiao, Feng, Li, Ma, Duan & Zhao, 2014; Wicaksono & Wicaksono, 2019). Upon analysis of these studies, it becomes evident that from the early 1930s, scholars have concentrated on the implications of climate change on lakes (De Terra & Hutchinson, 1934). Numerous investigations have been conducted in our nation, which contains significant lakes, particularly in the Lake District yürütülmüştür (Aksoy, Serhat & Çabuk, 2019; Atıcı & Obalı, 2002; Bahadır, 2013; Ekercin, 2007; Eren, 1972; İzbırak, 1946; İzbırak, 1962; Kaçmaz & Döker, 2021; Karabulut, 2015; Kaya & Kaplan, 2021; Özdemir & Bahadır, 2010; Özvan, 2021; Saraçoğlu, 1990; Sümer, 1982; Yıldız & Çetiner, 2023).

Through satellite imagery, remote sensing may identify changes in lake areas, such as eutrophication, lake area changes, and level variations. The area change of Suğla Lake in the Konya province's Seydişehir district was attempted to be ascertained in this study using remote sensing indices. This work aims to map the spatial variation of Suğla Lake using satellite image-derived maps. The NDWI, MNDWI, AWEL, WRI, and NDPI indices were used to assess the remote sensing images taken between 1984 and 2022 in order to identify any changes that had occurred in Suğla Lake. The study is significant because it will help identify the lake area using various methods and will help determine which methods are more suited for the research location. The study employed the kappa accuracy method to calculate the indices' correctness.

DATA AND METHOD

This study used remote sensing, GIS, and the ArcGIS 10.8 application to analyze the spatial changes in Suğla Lake between 1984 and 2022. Suğla Lake's position map was created using the ALOS PALSAR elevation model. The General Directorate of

Mapping's 1/25.000 scale topographical maps were used to verify the correctness of the features, such as hills, lakes, mountains, and settlements, when processing the elevation data. The study's 3D field image was obtained from the www.3d-mapper.com website (URL 2). Long-term data from the General Directorate of Meteorology was utilized to explain the site's climatic features. Photographs of the lake and its environs were taken on July 24, 2022, and the research area was inspected.

We used Landsat 8-9 OLI satellite pictures for 2022 and Landsat 4-5 TM satellite images for 1984. The pan-sharpened approach was used to enhance the 2022 satellite image shown in Figures 5 and 6 of the study.

Suğla Lake area change assessments were conducted using the NDWI, MNDWI, AWEI, WRI, and NDPI water extraction indices in the study. These analyses, which were employed in the study, were done using UA techniques to identify surface waters. The Kappa accuracy analysis was utilized to verify the validity of the procedures utilized for Suğla Lake. The site was split into two sample sections for the accuracy analysis: the water and the land. The water surface change accuracy was examined by giving each group 400 full points evenly.

Main Geographical Features of the Study Area

After Tuz Lake and Beyşehir Lake, Suğla Lake is the third-largest body of water in the Konya drainage basin. "At an elevation of 1993 meters, Suğla Lake is located in the southern part of the Seydişehir-Beyşehir depression, 43 km southeast of Beyşehir Lake" (Ataselim & Kazancı, 2014, p. 288). With the help of DSİ, Suğla Lake was surrounded by earthen dikes in 1996, turning it into a reservoir for irrigation of the Konya Plain (KOP, 2014, p. 25). The maximum lake capacity of the storage, with a 4000 ha lake area, is 258.5 hm³ (Arıarslan, 2022, p. 17). Suğla Lake's former base is now part of agricultural land. The flora and wildlife of Suğla Lake and its environs are very varied. The lake is surrounded by willow trees and reeds and is a popular destination for waterfowl.

Based on an analysis of the TUIK statistics of the settlements surrounding Suğla Lake, the total population is 1067 in Yalılıyük, which is located east of the lake, 1221 in Ortakaraören, which is located northeast, and 1233 in Çukurbucak. There are less than 500 people living in the villages of Atmakaya, Susuz, Kuran, Gölyüzü, and Gökhöyük, which are situated to the north, south, and southwest of Suğla Lake. The people who live near the lake mostly depend on agriculture and animal husbandry for their livelihood.

RESULTS

The NDWI values in the 1984 satellite image index data range from 0.39759 to - 0.618557. The kappa accuracy rate in the NDWI index accuracy measurement was 0.915. MNDWI is another index that was used for Suğla Lake in the 1984 satellite image. The eastern lakeshores are observed to have positive values as a result of this index. This index's values ranged from 0.710843 to -0.561753. When comparing this index to the NDWI index, it was observed that the water body could be separated from the terrestrial region more clearly. The kappa accuracy ratio in the accuracy assessment of the MNDWI index was 0.985111. With the exception of the lake's eastern coasts and southern extension, a significant portion of the lake was misrepresented as a land area in another index, WRI, which was unable to accurately depict the whole lake. The greatest number in the 1984 WRI index was 3, and the lowest value was 0.282353. The kappa accuracy rate in the accuracy evaluation of the WRI index was 0.99.

One could argue that, for 1984, the AWEI index produces numbers that are rather close to the real lake area. AWEI readings varied from - 451.75, the lowest, to 298.875, the highest. A significant portion of the lake area has been determined. Nonetheless, the aquatic bodies in this index also include the rivers and agricultural lands surrounding the lake. This affected the outcomes of the water body computation following classification. The kappa accuracy ratio in the accuracy assessment conducted on the AWEI index was 0.954882.

The NDPI was the final index used for 1984. It was noted in this index that most people considered the lake region to be on land. The 1984 image's perception of Suğla Lake's western portion as a swamp hindered the NDPI index's ability to partially identify these areas as water bodies. This index applied to the research area has a maximum value of 0.561753 and a minimum value of -0.710853. The NDPI index's highest kappa value was 0.98.5 in 1984.

The lake area is plainly apparent in the 2022 satellite image when the NDWI index is used. Water bodies in this index also include light-colored land surfaces outside of lake areas and irrigation canals. The NDWI index had a maximum value of 0.267179 and a minimum value of - 0.578271. The kappa accuracy ratio in the accuracy assessment of the NDWI index was 0.959904.

An additional index used for the 2022 satellite image is MNDWI. The MNDWI index had a maximum value of 0.620009 and a minimum value of - 0.40581. The kappa accuracy rate in the accuracy assessment of the MNDWI index was 0.960297. The lake area was successfully revealed using this index.

The water body is plainly apparent in the 2022 satellite image when the WRI index is applied. The WRI index had a maximum value of 2.08622 and a minimum value of 0.391845. The kappa accuracy rate in the accuracy assessment of the WRI index was 0.965. Another index used for the 2022 satellite image is AWEI. The lake area is easily distinguished as a body of water in the AWEI 2022 satellite image, although various light-colored patches of land and the lake surrounding agricultural areas are also identified as bodies of water. In the AWEI index, 79106.8 was the highest value and - 164294 was the lowest. The kappa accuracy ratio in the accuracy assessment of the AWEI index was 0.211887. This outcome demonstrates how unreliable the index is, beyond a doubt.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The analysis results of this study, which uses satellite pictures from 1984 and 2022 to calculate the spatial change of Suğla Lake, showed that the methodologies used performed differently. The general accuracy for 1984 was over 95% in the accuracy analysis results; however, this was not enough to assess the spatial distribution of water on the lake surface in the NDWI index results. The southern portion of the lake's surface displayed favorable values in the NDWI analysis, but the overall appearance of the lake did not produce the anticipated outcomes.

Three of the five indices used in 2022 had accuracy rates greater than 95%. The AWEI index had the lowest kappa value in 2022, while the MNDWI index had the greatest value. In 2022, it was noted that agricultural regions, in addition to the water body in Suğla Lake, were also regarded as water sources due to the low kappa accuracy results of the AWEI and NDPI indices. The NDPI index was unable to identify the western portion of Suğla Lake as a water body because the area was depicted in the 1984 satellite image as a wetland. Today, agricultural regions encircle Suğla Lake. Numerous canals have been built to provide irrigation for these agricultural areas, and these canals carry irrigation water. These canals, together with the lake area, are recognized as water regions in the indices applied to satellite pictures. As in Rokni et al. (2014), the MNDWI index produced a successful outcome by separating the residential regions from the water body.

Suğla Lake, which had an area of 89 km² in 1984, was decreased to 38 km² in 2022. The natural limit of Suğla Lake was disrupted, its former base was included in agricultural regions, and the new lake area was insufficient during the rainy seasons, resulting in flooding around the lake and into agricultural areas. It is crucial that research on the objectives of rural development and the sustainability of wetlands in Suğla Lake be conducted in tandem. In the plans that will be made, it will also be helpful to preserve the lake areas that exhibit diversity in terms of flora and fauna and to make sustainable use of the lakes.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Aksoy, T., Sarı, S. & Çabuk, A. (2019). Sulak alanların yönetimi kapsamında su indeksinin uzaktan algılama ile tespiti, Göller Yöresi. *GSI Journals Serie B: Advancements in Business and Economics*, 2(1), 35-48.
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A., & Nouri, N. (2007). Coastline change detection using remote sensing. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4, 61-66. <https://doi.org/10.1007/BF03325962>
- Amiri, K., Seyed Kaboli, H., & Mahmoodi-Kohan, F. (2021). Study and monitoring of wetland area changes and its impact on wetland surface temperature using NDWI, MNDWI and AWEI indices (Case Study: Hor-Alazim and Shadegan Wetlands). *Irrigation Sciences And Engineering*, 44(4), 59-74. <https://doi.org/10.22055/JISE.2020.31854.1898>
- Arı, Y. (2011). Ramsar Sözleşmesi'nin doğa koruma yaklaşımına eleştirel bir bakış. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 11(15), 275-302.
- Arı, Y., & Derinöz, B. (2011). Bir sulak alan nasıl yönetilmez? Kültürel ekolojik perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) örneği (How not to manage a wetland? the case of Lake Marmara (Manisa) with a cultural ecological perspective). *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 9(1), 41-60. https://doi.org/10.1501/Cogbil_000.000.0117
- Arıarslan, A. (2022). *Konya Çumra Ovası'nda su yönetiminin önemi*. (Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya).
- Atalay, İ. (1996). Pleistosen sonu ve holosen başlarında Anadolu'nun Paleocoğrafya şartlarına genel bir bakış. *Coğrafya Araştırmaları*, 4, 11-14.
- Atalay, İ. (2018). *Uygulamalı Hidrografya*. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. İzmir.
- Atalay, İ. (2022). Doğal ortamın arkeoloji ve eski çağ toplumlarının yerleşme ve kültürleri üzerindeki etkisine bir bakış. *Avrasya Beşeri Bilim Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-32.
- Ataselim, Z. & Kazancı, N. (2014). Suğla Gölü Havzası'nın jeolojisi, Konya, Orta Toroslar. 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı 14-18 Nisan.
- Atıcı, T., & Obalı, O. (2002). Yedigöller ve Abant Gölü (Bolu) fitoplanktonunun mevsimsel değişimi ve klorofil-A değerlerinin karşılaştırılması. *Ege Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 19(3-4), 381-389.
- Bahadır, M. (2013). Akşehir Gölü'nde alansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 246-275.
- Beeton, A. M. (1961). Environmental changes in Lake Erie. *Transactions Of The American Fisheries Society*, 90(2), 153-159.
- Çağlayan, E.B., Erel, F. Samur, E., Deniz, M., Mobariz, M.A., Kaplan, G. (2020) Uzaktan algılama teknikleri ile Akşehir Gölü'ndeki alansal değişimlerin izlenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(2), 70-76.
- De Terra, H., & Hutchinson, G. E. (1934). Evidence of recent climatic changes shown by Tibetan Highland Lakes. *The Geographical Journal*, 84(4), 311-320.
- Değerli, A (2014). Osmanlı Dönemi'nde Suğla Gölü'nün ıslah çalışmaları ve Suğla mukataası. *Tarih Okulu Dergisi (TOD)*, Sayı XVIII, ss. 319-336.
- Ekercin, S. (2007). *Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi*. (Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul).
- Eren, H. (1972). Suğla. *Türkojoloji Dergisi*.
- Feyisa, G., Meilby, H., Fensholt, R. & Proud, S. (2014). Automated water extraction index: a new technique for surface water mapping using landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 23-35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>
- Gedik, F. (2021). *Konya Kapalı Havzası'nda yeraltı suyunun değişimi ve kuraklık analizi*. (Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale).
- He, Q., Huang, Z., Wei, W., & Li, H. (2003). Analysis on the change of the water area of Ebinur, Bosten, and Aydingkol Lakes in Xinjiang, China, By Remote Sensing Climatology. *Ecosystems Dynamics, Ecosystem-Society Interactions and Remote Sensing Applications for Semi-Arid and arid land*. SPIE, 4890, 276-284..
- Hoşgören, M.Y. (2018). *Hidrografya'nın Ana Çizgileri II. Göller*. 5. Baskı. Çantay Kitabevi. İstanbul.
- Howarth, P. J., & Wickware, G. M. (1981). Procedures for change detection using Landsat digital data. *International Journal Of Remote Sensing*, 2(3), 277-291.
- İzbırak, R. (1946). Cilo ve Nemrut-Dağları'yla Hakkâri ve Van Gölü çevrelerinde coğrafya araştırmaları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 4(1), 103-112.
- İzbırak, R. (1962). *Sular Coğrafyası II. Akarsular Göller*. Doğu Matbaacılık ve Limited Ticaret Şirketi Matbaası, Ankara.
- Jenkin, P. M. (1942). Seasonal changes in the temperature of Windermere (English Lake District). *The Journal Of Animal Ecology*, 248-269.
- Kaçmaz, M. & Döker, M. F. (2021). Sapanca Gölü Havzası'nda arazi kullanımı ve mekânsal değişim. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 19 (1), 161-194. <https://doi.org/10.33688/aucbd.872216>
- Kamar, G. (2022). Göl Çökellerinde Polen Analizine Dayalı Paleoklim Rökonstrüksiyonu için Yerbilimci Bir Yaklaşım; Sorunlar ve Çözümler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 65(3). <https://doi.org/10.25288/tjb.1067964>

- Kantarci M.D. (2008) Isınma – kuraklaşma sürecinin Göller Bölgesi'ndeki durumu ve etkileri üzerine ekolojik bir değerlendirme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A Serisi,2, 1-34.
- Karabulut, M. (2015). Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak Göksu Deltası göllerinde zamansal değişimlerin incelenmesi. *Journal Of International Social Research*, 8(37). <https://doi.org/10.17719/jisr.201.537.10608>
- Katip, A., Özengin, N., İleri, S., Elmacı, A. & Karaer, F. (2014). Uluabat Gölü'nde sudaki iz element kirliliğinin zamansal değişiminin (2003-2004 ve 2008-2009) izlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19(2), 85-95.
- Kaya, Ö. A., & Kaplan, G. (2021). Uzaktan algılama yöntemleri ile Burdur Gölü'ndeki alansal değişiminin belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.21324/dacd.760805>
- KOP (2014). KOP Bölgesi Gölleri, depolamaları ve sulak alanları. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projeleri Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Raporu, Konya. s.32.
- Korkmaz, H. (2008). Antakya-Kahramanmaraş graben alanında kurutulmuş sulak alanların (Amik Gölü, Emen Gölü ve Gâvur Gölü Bataklığı) modellerinin oluşturulması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9), 19-37.
- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M. (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote sensing of environment*, 106(1), 66-74.
- Lekki, J., Anderson, R., Nguyen, Q. V., Demers, J., Leshkevich, G., Flatico, J., & Kojima, J. (1978). Development of hyperspectral remote sensing capability for the early detection and monitoring of harmful algal blooms (Habs) in the Great Lakes. *Aerospace Conference and AIAA Unmanned*.
- Liu, Y., Ye, Z., Jia, Q., Mamat, A., & Guan, H. (2022). Multi-source remote sensing data for lake change detection in Xinjiang, China. *Atmosphere*, 13(5), 713.
- Martin, A. R. H. (1968). Pollen analysis of Groenvlei Lake sediments, Knysna (South Africa). *Review Of Palaeobotany and Palynology*, 7(2), 107-144.
- Mason, I. M., Guzkowska, M. A. J., Ropley, C. G. & Street-Perrott, F. A. (1994). The response of lake levels and areas to climatic change. *Climatic Change*, 27, 161-197.
- McFeeters, S. K. (1996). 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.
- Mcfeeters, S. K. (2013). Using The Normalized Difference Water Index (NDWI) within a geographic information system to detect swimming pools for mosquito abatement: a practical approach. *Remote Sensing*, 5(7), 3544-3561.
- Mondal, I., & Bandyopadhyay, J. (2014). Coastal wetland modeling using geoinformatics technology of Namkhana Island, South 24 Parganas, WB, India. *Open Access Library Journal*, 975, 1-17.
- Nilsson, E. (1940). Ancient changes of climate in British East Africa and Abyssinia: a study of ancient lakes and glaciers. *Geografiska Annaler*, 22(1-2), 1-79.
- Özdemir, M. A., & Bahadır, M. (2010). Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası'nda arazi kullanımının zamansal değişim analizi (1975-2005). *Journal Of International Social Research*, 3(12).
- Özvan, H. (2021). Uzaktan algılama yöntemleri uygulanarak Namak Gölü'nün su yüzeyindeki değişimin su indeksleri (AWEI, MNDWI, NDWI VE WRI) aracılığıyla belirlenmesi. *Ecological Perspective*, 1(1), 37-45. <https://doi.org/10.53463/ecopers.20210073>
- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., & Hazini, S. (2014). Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery. *Remote sensing*, 6(5), 4173-4189.
- Rokni, K., Ahmad, A., Solaimani, K., & Hazini, S. (2016). A new approach for detection of surface water changes based on principal component analysis of multitemporal normalized difference water index. *Journal of Coastal Research*, 32(2), 443-451.
- Sakaoğlu, E. (2021). *Türkiye'nin Ramsar sahalarından olan tektonik göllerin yüzey alanlarındaki zamansal değişimin analizi*. (Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük).
- Saraçoğlu, H. (1990). Bitki Örtüsü: Akarsular ve Göller. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Shen, L. & Li, C. (2010). Water body extraction from Landsat ETM+ imagery using adaboost algorithm. *18th International Conference on Geoinformatics*, (28), 246-275.
- Sümer, B. (1982). Sapanca Gölü'ne ve Çark Deresi'ne dökülen kullanılmış suların bu su ortamlarının ekolojisine tesiri.
- Turan A., (2010). Alakova-Kavak (Konya Güneyi) arasının Tektono-Stratigrafisi. Selçuk Üniversitesi. *Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 25-40.
- URL 1. 2 Temmuz 2023 tarihinde https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/original_1971_convention adresinden edinilmiştir.
- URL 2. 5 Nisan 2023 tarihinde <https://3d-mapper.com> adresinden edinilmiştir.
- URL 3. 22 Nisan 2023 tarihinde <https://gisgeography.com/landsat-8-bands-combinations> adresinden edinilmiştir.

- Uysal, İ. (2021). Suvla Tuz Gölü (Çanakkale/Türkiye)'nün Ornithofaunası ve Su Kuşları Çeşitlilik Göstergeleri'nin Aylık Değişimi. *Environmental Toxicology and Ecology*, 1(1), 14-26.
- Valizadeh Kamran, K., & Khorrami, B. (2018). Change detection and prediction of Urmia Lake and its surrounding environment during the past 60 years applying geobased remote sensing analysis. *The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences*, 42, 519-525.
- Wan, W., Xiao, P., Feng, X., Li, H., Ma, R., Duan, H., & Zhao, L. (2014). Monitoring lake changes of Qinghai-Tibetan Plateau over the past 30 years using satellite remote sensing data. *Chinese Science Bulletin*, 59, 1021-1035.
- Wicaksono, A., & Wicaksono, P. (2019). Geometric accuracy assessment for shoreline derived from NDWI, MNDWI, And AWEI transformation on various coastal physical typology in Jepara Regency using Landsat 8 OLI Imagery in 2018. *Geoplanning Journal of Geomatics and Planning*, 6, 55-72.
- Xu, H. (2006). 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.
- Yıldız, N. E., & Çetiner, Z. (2023). Determining the temporal change in Tuz Gölü between 2000-2020 by remote sensing. *Turkish Journal Of Agriculture-Food Science And Technology*, 11(2), 179-184.