

---

**Dünya Coğrafyası ve Kalkınma Perspektifi Dergisi**  
**Journal of World Geography and Development Perspectives (JWGDP)**

---

**To Cite This Article:** (2023). Softaoğlu, M. & Ustaoglu, B. (2023). İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Sürdürülebilir Göl Havzası Yönetimi için Marmara Gölü'ndeki Mekânsal Değişimin Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Analizi. *Journal of World Geography and Development Perspectives (JWGDP)*, 4, 32-45.

---

Submitted: October 11, 2023

Revised: November 12, 2023

Accepted: November 12, 2023

---

**Spatial Change Analysis Using Object Based Classification Method for Sustainable Lake Basin Management in Adaptation to Climate Change in Marmara Lake**

**İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Sürdürülebilir Göl Havzası Yönetimi için Marmara Gölü'ndeki Mekânsal Değişimin Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Analizi**

Melike SOFTAOĞLU<sup>1</sup>

Beyza USTAOĞLU<sup>2</sup>

**Öz**

Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkelerden birisidir. İklim değişikliği başta su kaynakları olmak üzere birçok doğal ve beşerî sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Bunlar içerisinde sulak alanlar sahip oldukları zengin biyolojik çeşitlilik nedeni ile dünyanın en önemli ekosistemlerinden biridir. Son yıllarda gerek kuraklık gerekse sulak alanların bilinçsiz kullanımı ve yönetimi sulak alanların yok olma sürecini hızlandırmaktadır. Bu çalışmada iklim değişikliğinin Türkiye'nin önemli sulak alanlarından birisi olan Marmara Gölü'nde mekânsal değişime etkisi 2013-2023 yılları arasında uzaktan algılama veri ve metotları kullanılarak ve arazi çalışmalarından elde edilen bulgularla analiz edilecektir. Çalışmada veri olarak Landsat 8 OLI ve Sentinel 2 uydu görüntüleri; metot olarak ise Arc GIS Pro yazılımında Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi uygulanacaktır. Çalışmanın sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda "İklim Eylemi", "Sudaki Yaşam" ve "Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar" hedeflerine uygun sürdürülebilir göl havzası yönetimine güncel ve farklı bir bakış açısı sunarak literatüre katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişikliği, Sürdürülebilirlik, Marmara Gölü, Nesne Tabanlı Sınıflandırma

---

<sup>1</sup> Tübitak 2209 projesi kapsamında desteklenen lisans mezunu öğrenci, Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Serdivan, Sakarya.

E-mail: melike.softaoglu@ogr.sakarya.edu.tr ORCID ID: 0009-0005-2995-0733

<sup>2</sup> Doç. Dr., Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Serdivan, Sakarya.

E-mail: bustaoglu@sakarya.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-9876-3027

## **Spatial Change Analysis Using Object Based Classification Method for Sustainable Lake Basin Management in Adaptation to Climate Change in Marmara Lake**

### **Abstract**

Turkey is located in the Mediterranean Basin which is one of the countries most affected by climate change due to its geographical location. Climate change negatively affects many natural and human systems, especially water resources. Among these, wetlands are one of the most important ecosystems in the world due to their rich biodiversity. In recent years, both drought and unconscious use and management of wetlands have accelerated the destruction of wetlands. In this study, the effect of climate change on spatial change in Marmara Lake, one of important wetlands in Türkiye, will be analyzed using remote sensing data and methods and findings obtained from field studies between 2013 and 2023. Landsat 8 OLI and Sentinel 2 satellite images were used as data in the study. Object-Based Classification Method will be applied in Arc GIS Pro software. The study aims to contribute to the literature by offering an updated and different perspective on sustainable lake basin management in line with the goals of "Climate Action", "Life Below Water" and "Sustainable Cities and Communities" in line with the principles of sustainable development.

**Keywords:** Climate change, Sustainability, Marmara Lake, Object-based Classification

## 1. GİRİŞ

Akdeniz Havzası'nda yer alan Türkiye coğrafi konumu itibarıyla iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkelerden birisidir (Bahşi vd., 2023; Güler ve Erlat, 2023). İklim değişikliği başta su kaynakları olmak üzere birçok doğal ve beşerî sistemi olumsuz yönde etkilemektedir (Ayva vd., 2023; Ustaoglu vd., 2023). Bunlar içerisinde sulak alanlar sahip oldukları zengin biyolojik çeşitlilik nedeni ile dünyanın en önemli ekosistemlerinden birisidir. Son yıllarda gerek kuraklık gerekse sulak alanların bilinçsiz kullanımı ve yönetimi sulak alanların yok olma sürecini hızlandırmaktadır. Ekosistemlerin devamlılığını sürdürülebilmek için su en temel kaynaklardan birisidir. Su yönetiminde sürdürülebilir bir yaklaşımın ele alınması ve bu yönetimin havza bazında, diğer doğal kaynaklarla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Sulak alanlar bulunduğu bölgenin insanlarına ekonomik açıdan başta balıkçılık olmak üzere; hayvancılık, saz üretimi, tarım ve rekreasyon faaliyetleri gibi birçok fayda sağlaması sebebiyle önemlidir. Çalışma alanı olan Marmara Gölü rezervuara dönüştürülmeden önce kapalı havza özelliğinde olup, yağmur, yeraltı su kaynakları ve küçük derelerle beslenmekteydi. DSİ tarafından 1932-1953 yılları arasında gerçekleştirilen proje ile göl rezervuara dönüştürülmüştür. Gölün mevsimlik kuruması önlenmiş olsa da göl suyu fiziksel-kimyasal olarak değişime uğramıştır. Bu durum gölün sürdürülebilir kullanımına engel olmuştur. Göl, 12 Haziran 2017'de ise "Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan" ilan edilmiştir. Sulak alanların sürdürülebilirliğini sağlamak günümüz ve gelecek nesiller için büyük önem taşımaktadır. Doğal şartlarda Marmara Gölü'nün alanı mevsimsel olarak değişim göstermektedir. Gölde su seviyesinin düşük olduğu dönemlerde ortaya çıkan ekolojik açıdan önemli olan bataklık, çamur düzlükleri çiftçiler tarafından tarım alanına çevrilmiştir. Rezervuar olarak kullanılması sebebiyle gölün su seviyesi sürekli bir değişim içerisinde. Ancak son yıllarda göl havzasında fiziki ve beşerî coğrafya faktörlerinin olumsuz etkileri sebebiyle göldeki zamansal ve mekânsal değişim göl ekosistemini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca yöre halkının balıkçılık, sazçılık gibi faaliyetleri kısıtlanmıştır.

Arazi yüzeyini kaplayan doğal ve beşerî unsurlar Anderson ve diğerleri (1976) tarafından arazi örtüsü olarak tanımlanmıştır. Arazi örtüsü ve kullanımındaki değişim, doğal ya da insan etkisi ile meydana gelmektedir. Dünya nüfusu, ormanların yok olması, seller, yiyecek sıkıntısı, kontrolsüz yapılaşma gibi sorunların birçoğu arazi örtüsü ve kullanımı değişimleri ile doğrudan ilgilidir. Bu değişimin belirlenmesinde en etkili veri olarak uydu görüntüleri kullanılmaktadır (Ustaoglu vd., 2021, Topaloğlu vd., 2022). Marmara Gölü'ndeki zamansal ve mekânsal değişimi farklı veri ve metotlarla inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Yiğit vd. (2022) Marmara Gölü kıyı değişimini 1985-2020 yılları arasında 5'er yıllık periyotlarda karşılaştırarak incelemişlerdir. Bu çalışmalarında nesne tabanlı sınıflandırma kullanarak kıyı çizgisinin değişimini belirlemişlerdir. Körbalta (2019) tarafından yapılan çalışmada göl ekosistemi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Gölde yaşanan mekânsal değişim süreci 1975-2018 analiz edilmiştir. Vardar (2018) çalışmasında Marmara gölünün ve kıyılarının Holosen boyunca değişimini incelemiştir. Bayrak (2018) tarafından yapılan araştırmada Marmara Gölü alanının zamansal değişimi ve bu değişimde etkili olan antropojenik süreçlerin göl ekosistemi üzerindeki etkisi uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinden yararlanılarak analiz etmiştir. Arı ve Derinöz (2011) göl havzasının yanlış arazi kullanımını incelemişlerdir. Kambur (2008) göl alanını kültürel ekolojiyle birlikte gözlemlemiştir. Girgin (2000) çalışmasında Marmara Gölü'nün coğrafi özelliklerini detaylı bir biçimde incelemiştir. Bu çalışmanın amacı iklim değişikliğinin Türkiye'nin önemli sulak alanlarından birisi olan Marmara Gölü'ndeki zamansal ve mekânsal değişime etkisini 2013-2023 yılları arasında uzaktan algılama veri ve metotları kullanılarak ve arazi çalışmalarından elde edilen bulgularla analiz etmektir. Bu bakımdan çalışmanın sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda "*İklim Eylemi*", "*Sudaki Yaşam*" ve "*Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar*" hedeflerine uygun sürdürülebilir göl havzası yönetimine güncel ve farklı bir bakış açısı sunarak literatüre katkı sağlaması amaçlanmaktadır.



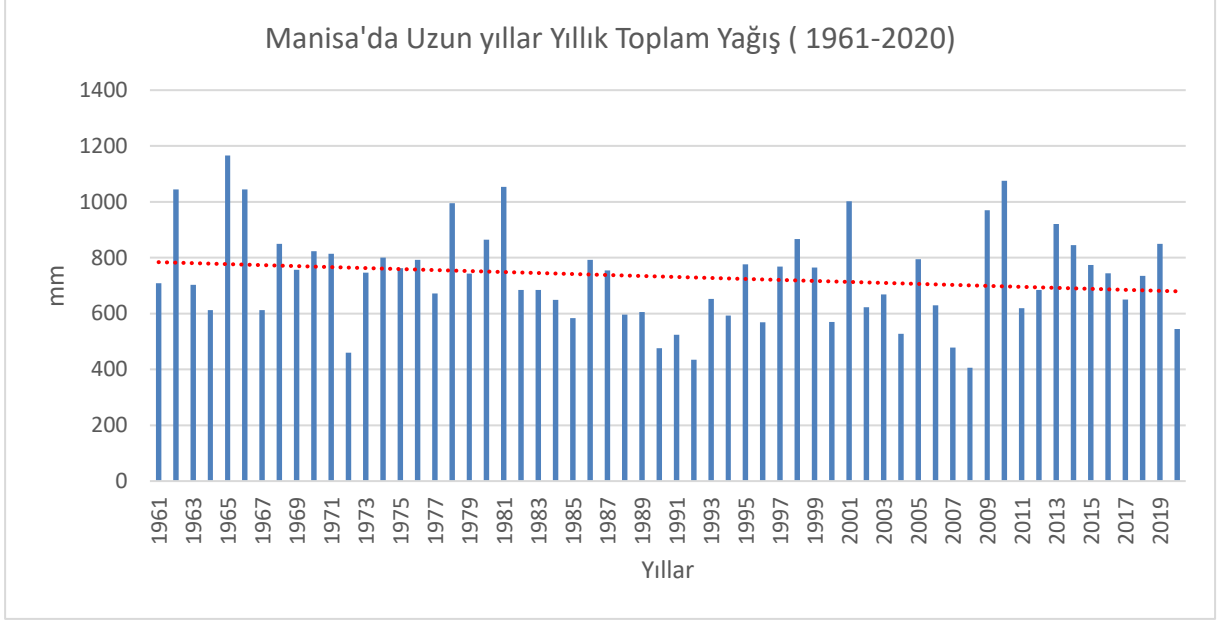
2023 uzun yıllar ortalama sıcaklık 12 °C; toplam yağış ise 391.1 mm'dir (MGM,2023). Yağış değerlerinin uzun yıllar periyodunda yıllık ve mevsimlik olarak dağılımını analiz edildiğinde (1961-2020) yağışın azalış eğiliminde olduğunu gözlemlenmektedir (Şekil 3). Özellikle yağışın mevsimlik dağılımında Akdeniz ikliminin etkilerinin görüldüğü bu sahada, kış yağışlarının azalma eğilimi ve yaz yağışlarının artış eğilimi dikkat çekicidir (Şekil 4). Alanın yakın çevresinde doğudan batıya gidildikçe toprak, iklim, topografya gibi çevre koşullarında meydana gelen değişim bitki örtüsünde değişmelere yol açmıştır. Dağ kütlelerinin deniz etkisini kesmesi, Akdeniz iklimi ve karasal iklim bitki türlerinin karışık şekilde bulunmasına neden olmuştur. Göl çevresi doğal bitki örtüsü bakımından iklim ve topoğrafik durumuna bağlı olarak çeşitli bitki topluluklarına sahiptir. Göl alanı yarıkurak – yarınemli iklim koşullarına sahiptir. Bitki örtüsü de bu duruma göre yayılım göstermiştir. Göl ve çevresi bitki türleri ve özellikleri açısından Avrupa-Sibirya ve İran-Turan fitocoğrafyasında yer almaktadır. Akdeniz iklim özelliklerine sahip gölde bitki örtüsü yaygın maki türlerinden oluşmaktadır. Karaçam (*Pinus nigra*), kızılçam (*Pinus brutia*), kavak (*Salicaceae*), söğüt (*Salix*), çınar (*Platanaceae*), zakkum (*Nerium Oleander*), defne (*Laurus*), ıhlamur (*Malvaceae*), kocayemiş (*Arbutus unedo*), kuşkonmaz (*Asparagus*), zeytin (*Olea europaea*), üvez (*Sarbus aucuparia*), ladin (*Pinaceae*), funda (*Erica*) başlıca bitki türleridir (Bayrak, 2018).

Gölün yakın çevresinde sazlık alanları yaygındır. Bu alanda su sümbülleri cinsine ait türler yayılım gösterir. Sahada çeşitli çayır otları bulunur. Bunlar; sütleğen (*Euphorbia ssp.*), papirüs otu (*Cyperus ssp.*), gibi sıralanabilir. Sazlık türlerine ise saz (*Scirpus ssp.*), hasır sazı (*Juncus ssp.*), su kamışı (*Typhaceae*) örnek verilebilir (Kambur, 2008). Kuzey kesimlerinde yüksek tepelerin bulunması sayesinde dereler ve drenaj ağı gelişmiştir. Bölgenin kuzeybatısında bulunan bazı dereler; Kızılyer deresi, Çobanbaşan deresidir. Kuzeydoğu'da yer alanlar ise; Beşgölcük deresi, Maza deresi, Derebağ deresi, İncirli deresidir. Kanal sistemleri ile kontrol edilmekte olan Kumçay da bu göle dökülüp bir delta oluşturmaktadır. Göldeki su seviyesi 1961 yılında en yüksek haline gelmiştir. 1993 yılında bu seviye düşmüş ve çevre halkını balıkçılık, tarım alanında kötü etkilemiştir. Bu yıldan sonra gölde yaşanan kuraklık sebebiyle balık ölümleri de artmıştır. 1990'lı yıllardan sonra göl alanında sürekli bir küçülme yaşanmıştır. 2018 yılında gölalanı 3464 ha ölçülmüştür. 2022 yılına kadar göl alanı %97 oranında kurumuştur (Bulkan, 2018).

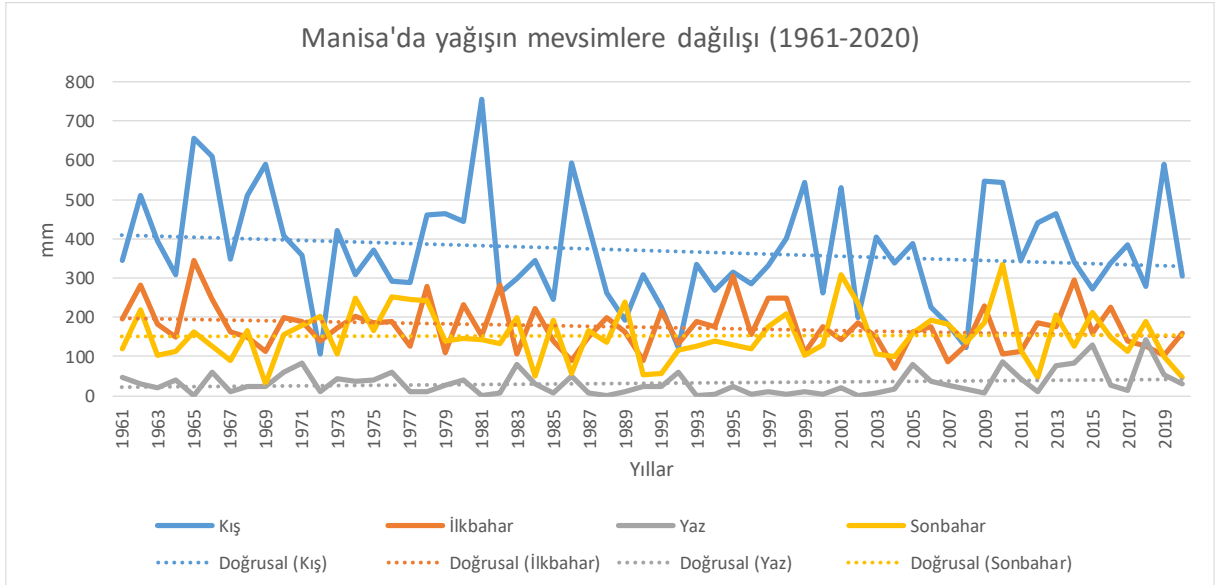
Marmara gölü 144 kuş çeşidi ve 20 farklı balık çeşidini barındırır. Sulak alanda var olan sazlık ve bataklıkların bulundurduğu plankton ve omurgasız canlılar gölün geniş bir faunaya sahip olmasını sağlamıştır. Gölde yapılan son tespitlerde; 6 ayrı alg divizyonuna ait toplam 26 tür, 2 takıma ait 6 zooplankton türü, 6 familyaya ait 11 balık türü, 4 ordo ve 19 familyadan 33 tür iki yaşamlı, 19 ordo ve 47 familyadan toplam 162 kuş türü, 6 ordo ve 13 familyadan 32 memeli türü, 95 familyaya ait, 280 cins, 355 bitki türü tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler gölün özellikle kuşlar açısından önemli bir saha olduğunu göstermiştir. Batı Anadolu üzerinden geçtiği tespit edilen tali göç rotalarının yakınında bulunan göl ve çevresini kullanan türlerin %40,12'sinin popülasyonları küresel ölçekte düşme eğiliminde olup bu durum, gölün baskı altındaki türlerce yoğun olarak kullanıldığı ve bu türler için önemli bir konaklama, beslenme veya üreme alanı olduğunu ortaya koymuştur (Körbalta, 2019). Gölde bulunan bazı kuş türlerini sıralayabiliriz: Kız kuşu (*Vanellus vanellus*), bıyıklı sumru (*Chlidonias hybridus*), su tavuğu (*Fulica atra*), küçükbatağan (*Tachybaptus ruficollis*), boz ördek (*Anas strepera*), elmabaş patka (*Aythya ferina*), tepeli pelikan (*Pelecanus crispus*) gibi kuşlar için göl alanı önemli bir yaşam alanıdır. Sazan (*Cyprinus carpio Linnaeus*), yayın (*Silurus glanis*), gümüşü havuz balığı (*Carassius gibelio*), sudak (*Sander lucioperca*), inci balığı (*Alburnus battalgilae*), eğrez (*Vimba vimba*), tatlı su kefali (*Leiciscus cephalus*), acı balık (*Rhodeus amarus*), gümüş balığı (*Atherina boyeri Risso*), tatlısu kaya balığı (*Knipowitschia mermere*) ve çizgili sazancık (*Pseudorasbora parva*), taşıyien (*Cobitis fahirae*) gölde yaşamını sürdüren balık türlerindedir. Sazan gölde ticari balıkçılık açısından en çok avlanan balık türüdür ve yaşamı açısından gölün varlığının sürdürülmesi gerekmektedir (İlhan ve Sarı, 2013).

Manisa ili gerek verimli toprakları, ılıman iklim şartları ve gerekse sulama imkanları sayesinde hem tarımsal sanayi hem de bitkisel ve hayvansal üretim bakımından ülkemiz tarımında ve üretiminde önemli bir yere sahiptir. Manisa 2019 yılında 5,56 milyar TL'lik katkı sağladığı bitkisel üretim değeriyle ülke genelindeki %2,8'ini gerçekleştirmektedir. İzmir dışında çevre iller arasında bitkisel üretimde bölge birincisidir. TÜİK verilerine göre Manisa bitkisel üretimde ülke genelinde 8. sırada yer almaktadır. Burada nadasa bırakılan alanların oranı oldukça düşüktür. Ülke genelinde %17 oranındaki nadas alanlarının, Manisa ilinde ise düşük düzeyde (%2) olması üretim açısından önemlidir. Bu durum, il genelinde toprağın düzenli olarak ekilip biçildiğini göstermektedir. Türkiye genelinde %3,3'lük tarım arazisini kaplayan sebze bahçelerinde Manisa ilinin %6,5'lik payıyla ülke ortalamasının

üstünde olduğu da görülmektedir (TÜİK,2022). Toprakları verimli olan bölgede tarım önemli bir ekonomik faaliyettir. Sulama imkânının az olduğu bölgelerde sulu tarım yapılmaktadır. Gölün su seviyesinin değişim yaşadığı yıllarda çiftçiler tarafından tarım alanına çevrilmiştir. Bu havzada su seviyesi yükselene kadar yetiştirme dönemi kısa olan karpuz, kavun, pamuk ve meyve çeşitleri yetiştirilmekteydi. Çevresinde bulunan yüksek arazilerde zeytin ve üzüm, düzlüklerde ise pamuk tarımı sürdürülmektedir. Gölün güney kıyısında bulunan Tekelioğlu köyü bölgede ekolojik tarıma öncülük etmektedir. Bağcılık, meyvecilik, pamuk, susam, bakliyat ve tahılların ekildiği ekolojik tarım benimsenmiştir (Arı ve Derinöz, 2011).



Şekil 3: Manisa'da uzun yıllar yıllık toplam yağışın dağılışı (1961-2020)



Şekil 4: Manisa'da yağışın mevsimlere dağılışı (1961-2020)

### 3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve SULAK ALANLARIN ÖNEMİ

İklim değişikliği, en önde gelen küresel çevre sorunlarından biridir ve tarım da dahil olmak üzere birçok doğal ve beşeri faaliyet üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi önemlidir (Huang, 2004; Fawzy vd., 2020). 20.yüzyılda bu değişimlerle beraber yağışların mevsimlere göre dağılımında, ekstrem hava olaylarının gerçekleşme sıklığı ve şiddeti gibi iklim olayları ve bunlara bağlı olarak bitki örtüsü ve hayvan türlerinde ve birçok doğal sistemde değişimler meydana gelmiştir (Mutar ve Ustaoglu, 2022; Tübitak Mam,2023). Kritik değişimler yaşayan doğal sistemlerden biri ve hatta en önemlisi olan sulak alanlardır. İnsanlara ekonomik, doğal açılardan fayda sağlayan sulak alanlar gerçekleşen iklim değişimleri ile büyük tehlike altındadır. Dünya nüfusunun büyük kısmı bugün temiz suya ulaşımında sıkıntı çekmektedir. Bu durum sulak alanların ne kadar önemli ve değerli olduğunu göstermektedir.

Türkiye gibi Akdeniz Havzası'nda bulunan ülkelerin nüfus artış hızları, gelişmişlik seviyeleri, doğal su rezervleri, su ve arazilerinin yönetilmesi bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Su problemi, Akdeniz Havzası özellikle Doğu Akdeniz ilk sırada olmak üzere bütün dünyada, uluslararası ilişkilere yön veren bir nitelik taşımaktadır. Türkiye'nin kurak ve yarı kurak iklim özellikleri taşıması iklim tahminlerinde çölleşme ve kuraklık riskini arttırır. Sıcaklıkların artması ve yağışların azalması en çok tarım sektörünü etkilemesini beklenir. Ayrıca sulak alanlara olan etkisi de oldukça fazladır. Son yıllarda yağışın azalmasına bağlı olarak su stresi yaşayan ülkemizin belli bir süre içinde su kıtlığı yaşamaya öngörülebilir. Suyun büyük bir kısmının tarım için sulama amaçlı kullanılması ve bazı zamanlarda israf edilmesi su rezervimizi büyük tehlikeye sokmaktadır. Buna bağlı gerçekleşecek olan kuraklık ürün verimini düşürecek ve gıda güvenliğini riske sokarak çiftçilerin geleceğini büyük oranda etkileyecektir (Demirbaş ve Aydın, 2020).

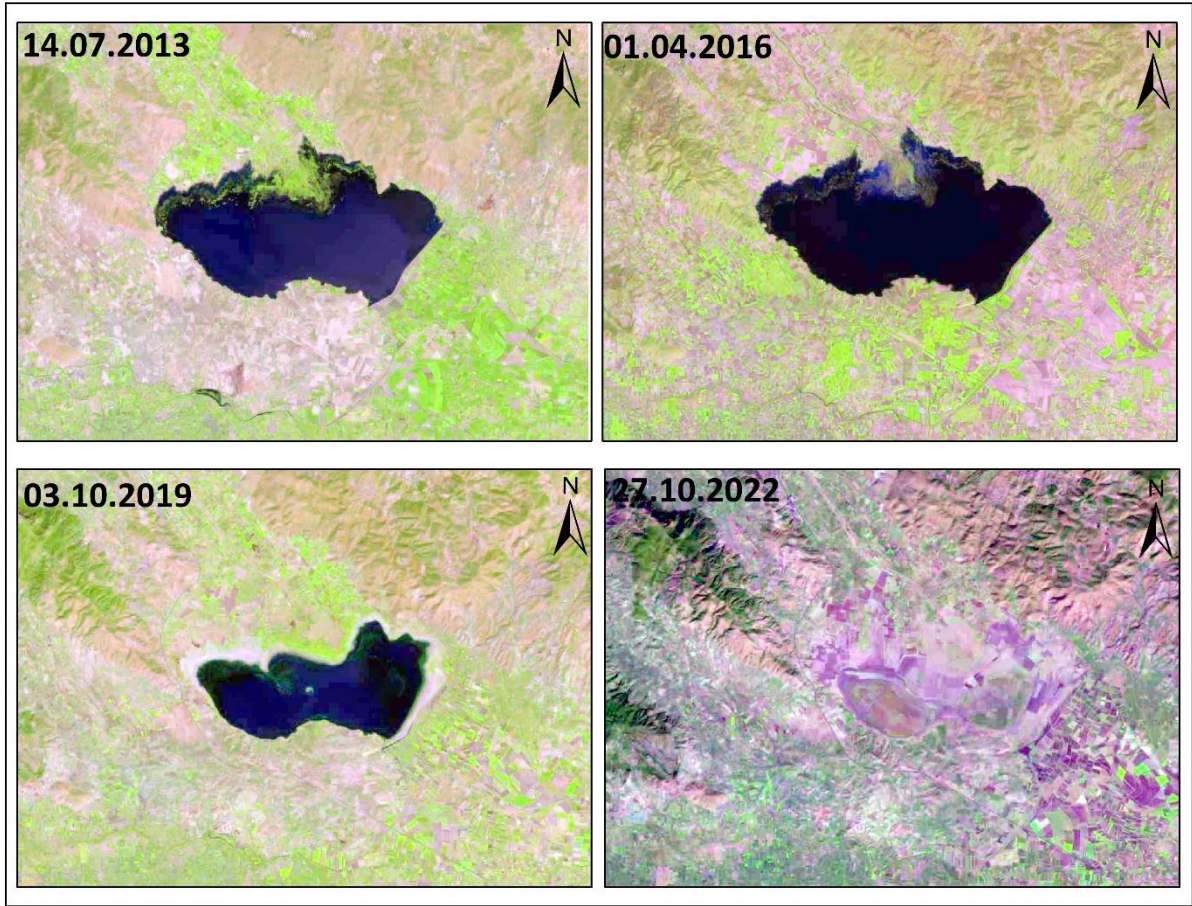
### 4. YÖNTEM

#### 4.1. Marmara Gölü'ndeki zamansal ve mekânsal değişimin Nesne Tabanlı Sınıflandırma ile Analizi

Marmara gölündeki zamansal ve mekânsal değişimi belirlemek amacıyla öncelikli olarak Landsat uydu görüntülerinden ön çalışma bulguları elde edilmiştir. Bunun için son 10 yılda (2013-2022) gölün dört farklı zamana ait uydu görüntüleri üzerinden görsel yorumlama sonucunda kurduğu bilgisine ulaşılmıştır (Şekil 5). İkinci olarak daha detaylı inceleme için, 14.07.2013 tarihli Landsat 8 OLI ve 07.08.2023 tarihli Sentinel 2 uydu görüntüleri ArcGIS Pro yazılımında Obje Tabanlı sınıflandırma ile analiz edilmiştir. Arazi örtüsü sınıfları olarak; su kütlesi, orman ve yarı doğal alan, tarım alanları, yapay alanlar olarak belirlenmiştir. Sınıflandırmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesi amacıyla 27.07.2023 tarihinde arazi çalışması yapılmıştır. Uzaktan algılamada uydu görüntüleri ile yeryüzü objelerine ilişkin bilgi çıkarımında en sık kullanılan yöntem görüntü sınıflandırmadır. Sınıflandırma işlemi, görüntü üzerindeki her bir piksele ait yansıma ve parlaklık değerleri kullanılarak piksellerin belirlenen sınıflara ayrılması işlemidir. Genel olarak sınıflandırma işleminde piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllarda piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi yerine nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bunun en önemli nedeni olarak, uydu görüntü verilerinin ve hava fotoğraflarının son yıllarda mekansal çözünürlüklerinin artması ile mevcut olan zengin bilgi içeriklerinin piksel tabanlı yaklaşımdan elde edilen ürünlerde tam olarak yansıtılamaması olarak gösterilebilir (Navulur 2007). Nesne tabanlı sınıflandırma görüntü sınıflandırması için hem spektral hem de mekansal desenleri kullanır. Bu durum görüntünün ayrı nesnelere bölünmesini ve sınıflanmasını içeren iki aşamalı bir işlemdir. Nesne tabanlı sınıflandırma, geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerinin tam tersi bir yaklaşım olup, tekil pikseller ile değil görüntü üzerindeki benzer spektral özelliklere sahip piksellerin gruplandırılarak bu pikselleri temsil eden görüntü objelerinin oluşturulması ve pikseller yerine söz konusu objelerin sınıflandırılması temeline dayanmaktadır (Blaschke 2010; Myint vd. 2011; Kavak, 2018). Bu işlem ile görüntü üzerindeki milyonlarca piksel yerine bunları temsil eden objeler sınıflandırılmaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımında, yapı, doku, spektral bilgiler ve nesnelere büyüklükleri sınıflandırma işleminde dikkate alınır ve çok sayıda ek bilgi görüntü nesnelere çıkarılabilir (Ustaoglu, 2022; Topaloğlu, 2022).

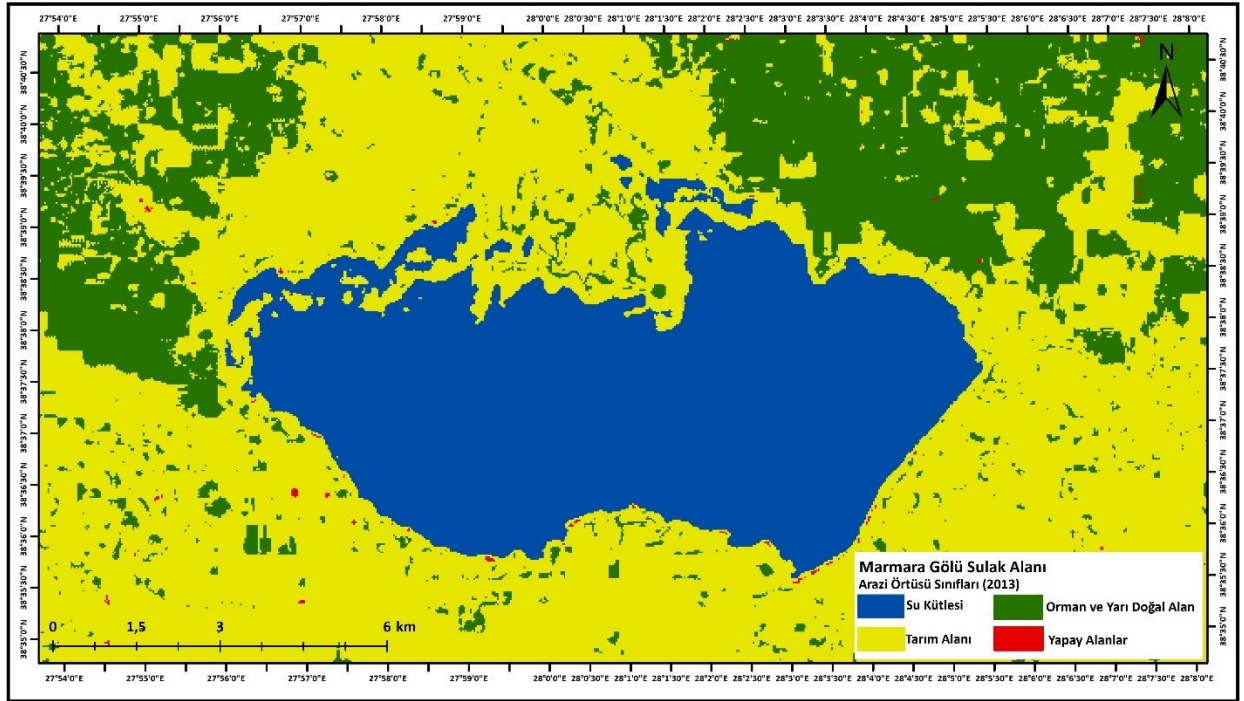
#### 4. BULGULAR

Marmara Gölü'ndeki zamansal ve mekânsal değişimi analiz etmek amacıyla Arc GIS Pro yazılımında uydu görüntüleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ve doğruluk analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgular tablo ve haritalarla sunulmuştur. Buna göre 2013-2023 yılları arasında son 11 yıllık periyotta gölün doğal ve beşerî sebeplerle kuruduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6-7). 2013 yılında Landsat 8 OLI görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen doğruluk %90 ve Kappa değeri 0.86 iken; 2023 yılında Sentinel 2 görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen doğruluk %94 ve Kappa değeri 0.90 çıkmıştır. 2013 yılı görüntülerinin arazi hesaplamalarından elde edilen bulgulara göre 5528, 8 hektar olarak ölçülen Marmara Gölü sulak alanının büyük bir bölümü 2023 yılında kurummuştur (Şekil 6-7). Gölün doğal ve beşerî sebeplerle kuruması sonucunda Manisa Valiliği, DSİ, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ile Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü arasında imzalanmış olan protokol ile göldeki 35 bin dekarlık arazi, ocak ayı ile beraber organik tarıma için kullanılmaya başlanmıştır (Dünya Haber Ajansı,2022). 27 Temmuz 2023 tarihinde proje kapsamında yapılan arazi çalışmasında gölün güneyinde tarım arazilerinin geniş yer kapladığı, üzüm bağları ve zeytinliklerin yer aldığı (Şekil 8) ve gölün tamamen kuruduğu gözlemlenmiştir (Şekil 9).

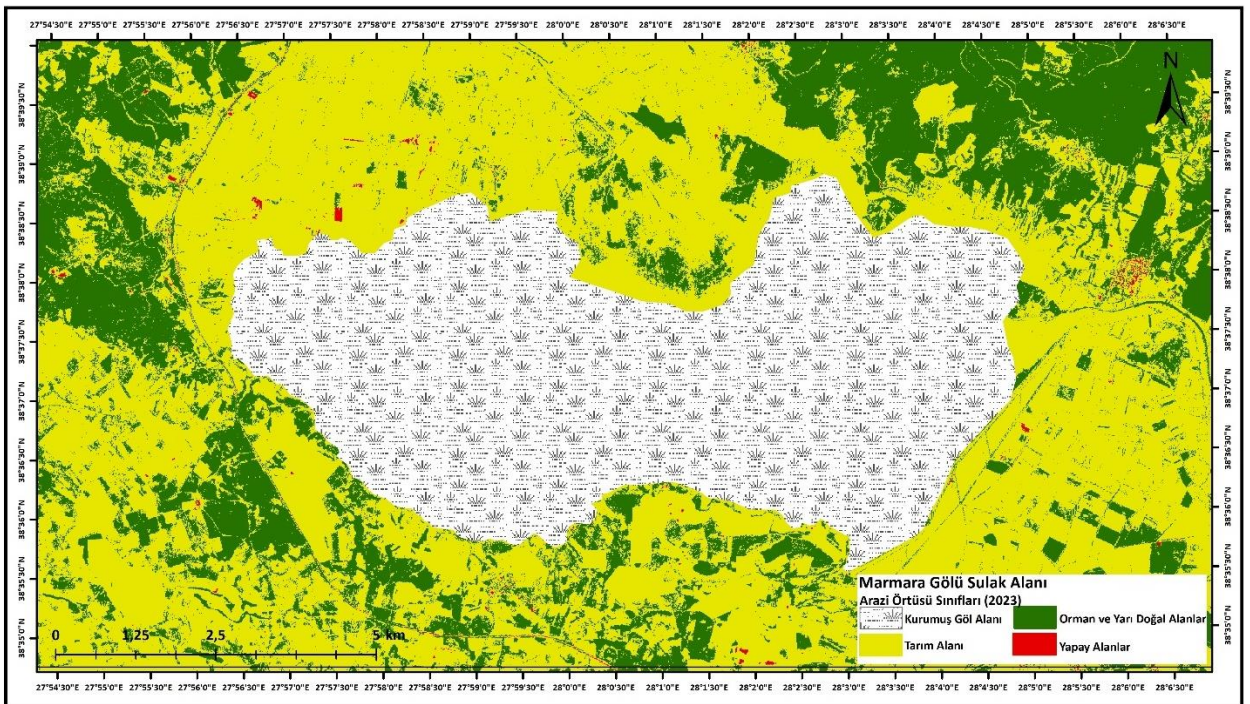


Şekil 5: 2013-2016-2019-2022 Yıllarında Alınan Landsat Uydu Görüntüleri ile Çalışma Alanındaki Mekansal Değişimin Karşılaştırılması (USGS,2023)





Şekil 6: Marmara Gölü Sulak Alanının 2013 tarihli Landsat 8 OLI uydu görüntüsüne göre Nesne Tabanlı Sınıflandırma Sonucu Arazi Örtüsü Sınıfları



Şekil 7: Marmara Gölü Sulak Alanının 2023 tarihli Sentinel 2 uydu görüntüsüne göre Nesne Tabanlı Sınıflandırma Sonucu Arazi Örtüsü Sınıfları

Tablo 1: Marmara Gölü Sulak Alanı ve Çevresinin Arazi Örtüsünün 2013 Yılı Landsat 8 OLI Uydu Görüntülerine Göre Doğruluk Analizi Sonuçları

Sınıflandırma (2013)	Su Kütlesi	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanı	Yapay Alanlar	Toplam	Kullanıcı doğruluğu (%)
Su Kütlesi	10	0	0	0	10	100
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	2	16	0	0	18	0,89
Tarım Alanı	3	0	26	2	31	0,84
Yapay Alanlar	0	0	0	10	10	100
Toplam	15	16	26	12	69	100
Üretici doğruluğu (%)	0,67	100	100	0,83	100	
<b>Sınıflandırma Doğruluğu %90 Kappa Değeri 0.86</b>						

Tablo 2: Marmara Gölü Sulak Alanı ve Çevresinin Arazi Örtüsünün 2023 Yılı Sentinel 2 Uydu Görüntülerine Göre Doğruluk Analizi Sonuçları

Sınıflandırma (2023)	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	Tarım Alanı	Yapay Alanlar	Toplam	Kullanıcı doğruluğu (%)
Orman ve Yarı Doğal Alanlar	14	0	0	14	1
Tarım Alanı	2	29	0	31	0,94
Yapay Alanlar	0	1	6	7	0,86
Toplam	16	30	6	52	100,00
Üretici doğruluğu (%)	0,88	0,97	1	100	
<b>Sınıflandırma Doğruluğu %94 Kappa Değeri 0.90</b>					



Ŗekil 8: Gölün güneyinde yer alan bađ alanları ve zeytinlikler.



Ŗekil 9: Arazi çalışmasında gölün kuruduğunu gösteren fotoğraflar (27.07.2023)

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma Marmara Gölü Sulak Alanındaki zamansal ve mekânsal değişimin uzaktan algılama görüntüleriyle izlendiği ve iklim değişikliğinin ve beşerî etkilerin doğrudan tespit edilebildiği, sürdürülebilir göl havzası yönetiminin gerekliliğine dikkat çeken örnek bir çalışma olmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre yağışların azalma eğiliminde olduğu ve su krizlerinin yaşandığı günümüzde sulak alanın yönetimi ve sürdürülebilirliği önemlidir. Sulak alanlar için doğru planlamalar yapılarak bu havzalarda gerçekleştirilecek kayıpların en aza indirgenmesi gerekmektedir. Sulak alanların yönetimi için yapılan planlamalar bu alanların bilinçli kullanımını sürdürmek amacıyla olmalıdır (Altunbaş, 2008). Göl ve çevresi uzun yıllar boyunca yöre halkına balıkçılık ve sazlılık faaliyetleri ile tarım alanlarını sulama amacıyla sosyo ekonomik açıdan önemli bir kaynak olup katkı sağlamıştır. İnsanlara sağladığı faydanın yanı sıra göl ortamı zengin bir ekosistemi barındırmaktadır. Gölün kuruması sosyo ekonomik faaliyetler kadar göldeki balıklar, kuşlar, bitkiler vb canlıları da etkilemiştir. Göçmen kuşların uğrayabileceği bir sulak alan yok olmuştur ve kuşlar başka sulak alanlara yönelmişlerdir. Sonuç olarak son 10 yılda mekansal olarak değişime uğrayıp kuruyan göl büyük bir ekosistemin yok olmasına sebep olmuştur. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda Türkiye’de bulunan diğer sulak alanların da varlığının devamı için iklim değişikliğine uyum politikaları çerçevesinde yönetilmesi gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu yayın, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu), BİDEB (Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı) tarafından 2209-A programı kapsamında “1919B012218135 nolu proje” ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı TÜBİTAK-BİDEB’e ve çalışmada kullandığımız iklim verileri için MGM’ye teşekkür ederiz. Verilerin analizi aşamasında katkı sağlayan yüksek lisans öğrencisi Ümran Ataç’a; ayrıca makalenin değerlendirme sürecindeki görüş ve önerileri için sayın editöre ve değerli hakemlere teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Altunbaş, S. (2008). Sulak alan yönetim planlarında katılımcı yaklaşımın sağlanması. VIII. *Ulusal Ekoloji ve evre Kongresi*.
- Anderson, James R., Hardy, Ernest E., Roach, John T., Witmer, Richard E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *Geological Survey Professional Paper 964, United States Government Printing Office*.
- Arı, Y., Derinöz, B. (2011). Bir sulak alan nasıl yönetilmez? Kültürel ekolojik perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) rneđi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 9(1), 41-60.
- Bahřı, K., Ustaogđlu, B., Aksoy, S., & Sertel, E. (2023). Estimation of emissions from crop residue burning in Türkiye using remotely sensed data and the Google Earth Engine platform. *Geocarto International*, 38(1), 2157052.
- Bayrak, M. (2018). Marmara gl (Manisa) alansal deđiřiminin UA ve CBS ile analizi. VII. *UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2018)*. Doi: <https://doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6191>
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.
- Bulkan, ., Yałçın, M. N., & Wilkes, H. (2018). Geochemistry of Marmara Lake sediments-implications for Holocene environmental changes in Western Turkey. *Quaternary International*, 486, 199-214.
- Çeřmeci, H. (2010). *İklim değişikliğinin Seyfe gölü sulakalanına, iklimine, ekolojisine ve yöre halkının yaşamına etkileri* (Master's thesis, Çanakale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Demirbaş, M., & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179.
- Dünya Haber Merkezi. (2022) *Marmara Gölü Tigem'e Tahsis Edildi*. Erişim Adresi <https://www.sozcu.com.tr/2022/gunun-icinden/marmara-golu-tigeme-tahsis-edildi-7298292/>
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 2069-2094.
- Girgin, M. (2000). Marmara Gölü.Doğu Coğrafya Dergisi 6 (3), 77-102.
- Güler, H., Erlat, E. (2023). Türkiye'de 1950-2022 dneminde ortalama hava sıcaklıklarında gzlenen değişim ve eğilimler. *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 1-17.
- Kılıç, N., Dađdeviren, R., Fural, ř., Kkrer, S., & Makarođlu, . (2023, July). Vegetation History of Lake Marmara (W. Türkiye) and Surrounding Area during the Last 700 Years. In *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences* (Vol. 76, No. 7, pp. 1028-1037).
- Huang, S. (2004). Global trade patterns in fruits and vegetables. *USDA-ERS Agriculture and Trade Report No. WRS-04-06*.
- İlhan, A., & Sarı, H. M. Marmara gl balık faunası ve balıkçılık faaliyetleri Fish fauna and fisheries activities in Lake Marmara. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 187.
- Kambur, B. (2008). *Marmara Gl Sulak Alanı'nın kltrel ekolojisi* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Lillesand, T. M., Keifer, R. W., & Chipman, J. W. (2018). Uzaktan algılama ve görüntü yorumlama. K. ř Kavak, ev.). *Ankara: Palme Yayınevi*.
- Körbalta, H. (2019). Marmara Gölü Neden Kuruyor? *Kent Akademisi*, 12(3), 441-459.
- MGM. (2023) *İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri*. Erişim Adresi <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A/>

Mutar Ş, Ustaoglu B., (2022). *Türkiye’de Yağış Rejimindeki Dönemsel Değişkenliğin (1961-1990 / 1991- 2020) Faktör Analizi ile Belirlenmesi) Kuramdan Uygulamaya Ekonomi ve Sosyal Bilimlerde Akademik Araştırmalar-1*, Hiperlink Egt İlet. Yay. Gıda San. Ve Paz. Tic. Ltd. Sti, Editör: Prof. Dr. Turhan Çetin, Prof. Dr. Hasan Kara, Prof. Dr. Hasim Özudogru, Basım Sayısı:1, Sayfa Sayısı 36, İsn:978-625-8244-63-2, Türkçe (Bilimsel Kitap).

Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote sensing of environment*, 115(5), 1145-1161.

Navulur, K. (2006). *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm*. CRC press.

Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9), 967.

Topaloglu, R. H. (2022). Investigation of Land Use/Land Cover change in Mersin using geographical object-based image analysis (GEOBIA). *Advanced Remote Sensing*, 2(2), 40-46.

Topaloğlu, R. H., Aksu, G. A., Ghale, Y. A. G., & Sertel, E. (2022). High-resolution land use and land cover change analysis using GEOBIA and landscape metrics: A case of Istanbul, Turkey. *Geocarto International*, 37(25), 9071-9097.

TÜBİTAK. (2023) *İklim Değişikliği ve Sürdürülebilirlik*. Erişim Adresi <https://iklim.mam.tubitak.gov.tr/>

TÜİK. (2022) *2022 Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Erişim Adresi <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Ustaoglu, B., İkiel, C., Atalay Dutucu, A., & Koç, D. E. (2021). Datça ve Bozburun Yarımadaalarında Erozyon Duyarlılık Analizi, Türkiye. *İran Bilim ve Teknoloji Dergisi, İşlemler A: Bilim*, 45(2), 557-570.

Ustaoglu, B. (2022). Land cover change analysis between 1990 and 2021 using Landsat images and object-based classification: A case study in Bodrum peninsula, Aegean Region, Turkey. *Ege Coğrafya Dergisi*, 31(1), 101-119.

Ustaoglu, B., Tunçat, K. A., & Koç, D. E. (2023). Impacts of Climate Change on Precipitation and Temperature Climatology in Türkiye from Present to Future Perspective. In *Urban Commons, Future Smart Cities and Sustainability* (pp. 403-426). Cham: Springer International Publishing.

Yiğit, A. Y., Şenol, H. İ., & Yunus, K. A. Y. A. (2022). Çok zamanlı multispektral uydu verilerinin Marmara Gölü kıyı değişimi analizinde kullanılması. *Geomatik*, 7(3), 253-260.