

# MARMARA GÖLÜ (MANİSA) ALANSAL DEĞİŞİMİNİN UA VE CBS İLE ANALİZİ

*Mehtap BAYRAK<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı, 34134, Laleli, İstanbul, mehtap.bayrak@istanbul.edu.tr

## ÖZET

*Ege Bölgesi Manisa il sınırları içinde yer alan Marmara Gölü oluşum bakımından alüvyal set gölüdür. Doğal yapısı ve ekonomik değeri açısından ülkemiz için önemli sulak alanlardan birisini oluşturmaktadır. Marmara Gölü doğal oluşumlu bir göl olmasına rağmen antropojenik süreçler sonucu doğal yapısı değiştirilmiş, önceleri kapalı havza konumunda olan göl rezervuar olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gölü besleyen ana akarsu kaynakları dışında göle Kum Çayı ve Gediz Nehri'nin bağlantısı sonucunda göl seviyesinde farklı değişimler meydana gelmiştir. Aynı zamanda iklim özellikleri de göl alanında meydana gelen değişim süreçlerinde etkili olmaktadır.*

*Bu çalışmada 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 edilmiştir. Çalışmada alansal değişimin zamansal değişimini ortaya koyabilmek için uydu görüntülerinden (Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM, Landsat 4-5 TM, Sentinel 2) yararlanılmıştır. Alansal değişimin belirlenmesinde etkili olan antropojenik süreçler de dikkate alınarak 1975-2018 yılları arasında 43 yıllık değişimin analizi yapılmıştır. Aynı mevsime denk gelecek şekilde elde edilen uydu görüntüleri çalışmada kullanılacak veri kaynaklarıdır. Gölde yapılan inceleme sonucunda 1975 yılından 2018 yılına kadar olan zamanda göl alanında yaklaşık toplam 19.81 km<sup>2</sup> lik bir alansal değişim mevcuttur. Göl çevresinde arazi kullanımı bakımından tarım alanları oranı 2018 yılı uydu görüntüsünden elde edilen sonuca göre 377, 96 km olarak hesaplanmıştır ve tarımsal faaliyet göl çevresinde en fazla yapılan ekonomik faaliyettir.*

**Anahtar Sözcükler:** alansal değişim, coğrafi bilgi sistemleri, Marmara Gölü, uzaktan algılama

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF MARMARA LAKE (MANİSA) SPATIAL CHANGE WITH UA AND CBS.

*The Marmara Lake, located within the borders of Manisa province of Aegean Region, is alluvial set in terms of formation. It constitutes one of the important wetlands for our country in terms of natural structure and economic value. Although Marmara Lake is a naturally occurring lake, its anthropogenic processes have changed its natural structure, and it has begun to be used as a lake reservoir with a closed basin position at the beginning. Apart from the main stream sources that feed the lake, the connection between the river Kum Creek and the Gediz River has brought about changes at the end of the lake level. At the same time, climate features are also effective in the process of change in the lake area.*

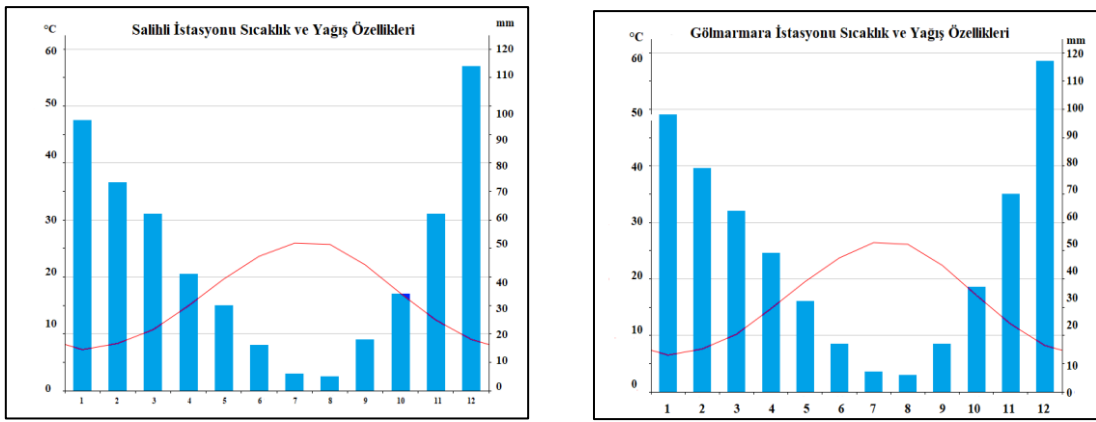
*In this study, the temporal change of the Marmara Lake area and the effect of the anthropogenic processes on the lake ecosystem are analyzed by using the technologies of Remote Sensing and Geographic Information Systems. Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM, Landsat 4-5 TM, Sentinel 2) were used in order to reveal the temporal change of spatial change in the study. Considering the anthropogenic processes that were effective in determining the spatial change, a 43-year change analysis was made between 1975-2018. The satellite images obtained in the same season are the data sources to be used in the operation. As a result of the examination at the lake, there is a total spatial variation of 19.81 km<sup>2</sup> in the lake area from 1975 to 2018. The ratio of agricultural land in terms of land use around the lake is calculated as 377, 96 km according to the result obtained from the satellite image of 2018, and agricultural activity is the most economic activity around the lake.*

**Keywords:** spatial change, geographic information systems, Marmara Lake, remote sensing



Jeolojik süreç Marmara Gölü'nde Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar devam etmektedir. Göl çevresinde Holosen öncesi temel kayalar ve bunlar üzerinde birikmiş olan güneyde neojen çökelleri, kuzey ve kuzeydoğusunda Holosen yaşlı akarsu çökelleri ve pleystosen çökelleri yayılış göstermektedir. Kuzeyde ve doğusunda Paleozoyik yaşlı Menderes masifine ait temel kayalar olan fillit, filiş ve masif kireçtaşları ve bu formasyonların üzerini kaplayan kb ve gd yönünde yayılış gösteren Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller ile örtülmüştür. Marmara Gölü'nün oluşum safhası (Hakyemez, vd. 2013), Holosenin III. evresine denk gelmektedir. Kuzeyde gölü besleyen akarsuyu Kum Çayı'nın kapması sonucu göl alanı küçülmeye başlamış ve Kum Çayı'nın getirmiş olduğu malzemeler deltaik çökeller olarak kuzeyde birikmeye devam etmektedir (Yağmurlu ve Baykal, 1989; Hakyemez, vd. 2013). Kuzeyde alüvyal malzeme Kum Çayı ile güneyde ise Gediz Nehri tarafından sağlanmaktadır (Girgin, 2000).

İnceleme alanında Akdeniz iklim özellikleri hakimdir. Kuzeyde Gölarmara ve güneyde Salihli istasyonlarına ait iklim özellikleri dikkate alındığında göl ve çevresinde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı yarıkurak-yarı nemli iklim özellikleri etkili olmaktadır. Ege kıyılarından uzaklaştıkça iklim biraz daha sertleşmektedir (Şekil 2). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre göl ve çevresinde yarıkurak, oldukça sıcak, su fazlasının çok az olduğu hafif karasal bir iklim görülmektedir. Topraktaki nem eksikliğinin en düşük olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Türkeş, 2011).



**Şekil 2.** Clime Org (2018)'den alınan iklim verilerine göre Marmara Gölü ve çevresinde yer alan istasyonlar: Salihli ve Gölarmara istasyonları sıcaklık ve yağış özellikleri.

İnceleme alanı Salihli istasyonunda en sıcak (33.4 °C) ve yağışın en az olduğu (5 mm) aylar Temmuz ve Ağustos ayları olmakla birlikte yıllık ortalama sıcaklık 16.4 °C, yıllık ortalama yağış ise 114 mm'dir. En fazla yağış Aralık ayında düşmektedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Salihli istasyonu sıcaklık ve yağış özellikleri (Clime Org, 2018).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Min. Sıcaklık (°C)	2.9	3.6	5.2	8.6	12.5	16.1	18.5	18.1	14.5	10.5	6.7	4.6
Max.Sıcaklık (°C)	11.5	13	16.2	21.3	26.8	31.2	33.4	33.3	29.8	23.8	18.2	13.4
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.2	8.3	10.7	14.9	19.6	23.6	25.9	25.7	22.1	17.1	12.4	9
Yağış (mm)	95	73	62	41	30	16	6	5	18	34	62	114

Gölarmara istasyonunda en sıcak (34.3 °C) ve yağışın en az olduğu (6 mm) aylar Temmuz ve Ağustos ayları olmakla birlikte yıllık ortalama sıcaklık 16.2 °C, yıllık ortalama yağış ise 117 mm'dir. En fazla yağış ise Aralık ayında düşmektedir (Çizelge 2).

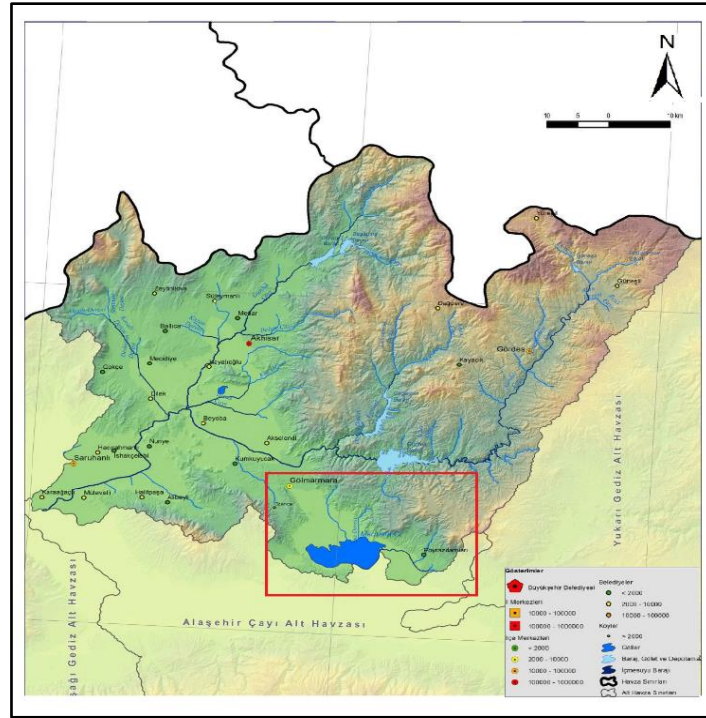
**Çizelge 2.** Gölarmara istasyonu sıcaklık ve yağış özellikleri (Clime Org, 2018).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Min. Sıcaklık (°C)	2.1	2.8	4.5	8.1	12.1	15.8	18.5	18.1	16.3	10.2	6.2	3.8
Max.Sıcaklık (°C)	10.9	12.4	15.9	21.3	26.9	31.7	34.3	34.2	30.5	24	17.8	12.6
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.5	7.6	10.2	14.7	19.5	23.7	26.4	26.1	22.4	17.1	12	8.2
Yağış (mm)	98	79	64	49	32	17	7	6	17	37	70	117

Hakim rüzgâr dağların denize dik uzanmasından dolayı Gediz havzası boyunca esen batı sektörlü rüzgârlardır. Doğudan esen rüzgârlar yükseltinin artmasına bağlı olarak soğuktur ve sıcaklığı düşürmektedir (Bulkan, 2009).

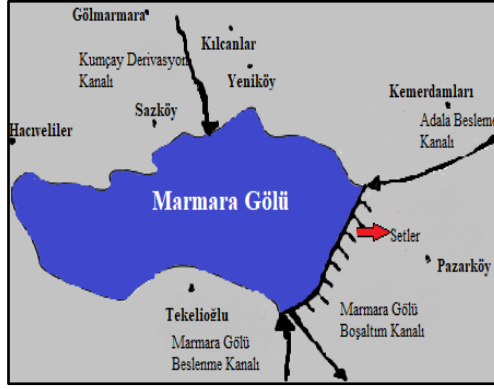
Göl ve çevresi bitki özellikleri bakımından Avrupa-Sibirya ve İran-Turan fitocoğrafyasında yer almaktadır. Akdeniz iklim özelliklerine sahip gölde bitki örtüsü yaygın maki türlerinden oluşmaktadır. Karaçam, kızılçam, kavak, söğüt, çınar, zakkum, defne, ıhlamur, kocayemiş, kuşkonmaz, zeytin, üvez, ladin, funda başlıca bitki türleridir (Bulkan, 2009).

İnceleme alanı hidrografya özellikleri incelendiğinde Gediz havzasında yer alan önemli doğal göl özelliğine sahip Marmara Gölü, günümüzde su rezervuarına dönüştürülmüştür. Bugün rezervuar hâli ile göl alanı toplam 40.33 km<sup>2</sup>, derinliği yaklaşık 3-4 metredir. ÇTÜE (2012) raporuna göre gölün minimum ve maksimum su tutma kotu 73,2–79,2 m, hacmi ise 8,5–320 hm<sup>3</sup> tür. Marmara Gölü güneyinde Alaşehir Alt Havzası, doğusunda Yukarı Gediz Alt Havzası, batısında ise Aşağı Gediz Alt Havzası yer almaktadır. Fakat inceleme alanı olan Marmara Gölü, Gördes-Gürdük Çayı Alt Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Marmara Gölü'nün içinde yer aldığı Gediz Nehri Alt Havzası olan Gördes-Gürdük Çayı Alt Havzası, TÜBİTAK, ÇTÜE 2012.

Marmara Gölü, 1932-1953 yılları arasında yapılan çalışmalar ile göl çevresinde kurulan setler ve inşa edilen kanallar yoluyla baraj gölüne dönüştürülen gölün suları tuzlu iken zamanla tatlılaşmıştır (Şekil 4). Göle su girdisi kuzeyden Kum Çayı ve güneyden Gediz Nehri'ne bağlantısı olan iletişim kanalları ile sağlanmaktadır. Yazın kuruyan derelerin tekrar akışa geçtiği zamanlarda göle gelen su fazlası, göl çevresindeki tarım alanlarının sulanması bakımından önemlidir (Girgin, 2000; Arı ve Derinöz 2011). Gölün su seviyesi mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. İklim özelliklerine bağlı olarak yazın kuruyan küçük dereler kış yağışları ile tekrar akışa geçmektedir. Göl aynı zamanda yer altı sularından da beslenmektedir (Gülersoy, 2013).



Şekil 4. Marmara Gölü (Manisa) 1932-1953 yılları arasında inşa edilen kanallar ve gölün doğusunda yer alan sedde (Karakuş ve Aydın, 2013'ten yeniden düzenlenerek hazırlanmıştır).

İnceleme alanı çevresinde nüfusun en yoğun olduğu iki ilçe Gölarmara, Ahmetli ve Salihli ilçeleridir. Bu yerleşmeler haricinde göle en yakın yerleşmeler Ahmetli, Poyrazdağları, Kemerdağları, Kılcanlar, Yeniköy, Hacıveliler, Sazköy, Pazarköy, Tekelioğlu, Beyler, Mandallı ve Çullugörece'dir. TÜİK (2017) verilerine göre, Gölarmara ilçesi 2017 nüfus miktarı 15.243, Salihli ilçesi 2017 nüfusu ise 160.810, Ahmetli ilçesi nüfusu ise 16.150'dir. 2007 yılından 2017 yılına kadar Salihli ilçesi nüfusu 5.794 artarken, Gölarmara nüfusu 844 kişi azalmıştır. Gölarmara ve Salihli ilçelerine bağlı bazı mahallelerde nüfus miktarları şöyledir: Poyrazdağları 1.6628, Kemerdağları 639, Pazarköy 379, Hacıveliler 279, Beyler 229, Kılcanlar 95. Yaklaşık olarak göl çevresinde 2017 nüfus verilerine göre 195.000 kişi yaşamaktadır. Göl ve çevresinde halkın en önemli geçim kaynağı başta tarım olmak üzere hayvancılık ve balıkçılıktır.

Marmara Gölü, 2008 yılında "Marmara Gölü Sulak Alan Koruma Bölgesi", 2017 yılında "Ulusal Öne Haiz Sulak Alan Statüsü" kazanmıştır (yenimanisa.com.tr, 2018; ormansu.gov.tr, 2016). Göl birçok kuş ve balık türüne ev sahipliği yapmaktadır. Kuşlar için önemli üreme, konaklama ve göç alanıdır. Ayrıca göl çevresinde sazlıklar, kızılçam ve meşe ormanları, çamurluk sahalar yer almaktadır. KOSKS (2017) verilerine göre, gölde 67.573 birey ve 36 tür sayısı tespit edilmiştir. Gölde yer alan bazı kuş türleri şu şekildedir: Kız kuşu, bıyıklı sumru, su tavuğu, küçükbatağan, boz ördek, elmabaş patka, tepeli pelikan (DKMPGM, 2017). Sazan, yayın, gümüşü havuz balığı, sudak, inci balığı, eğrez, tatlı su kefali, acı balık, gümüş balığı, tatlısu kaya balığı ve çizgili sazancık gölde yer alan balık türleridir. Gölde ticari balıkçılık olarak en çok avlanan tür sazan balığıdır ve göl tatlısu balığı olarak 5 endemik tür yer alması açısından korunması statüsü kazanması önemlidir (İlhan ve Sarı, 2013). Fakat göl önemli flora ve faunaya sahip olmasına rağmen Ramsar Sözleşmesi'ne dahil olan sulak alanlardan biri değildir (Şekil 5 ). Gölde mevsimsel olarak meydana gelen seviye değişimleri kuş popülasyonunun varlığını da etkilemektedir (Akarsu vd., 2015).



Şekil 5. Marmara Gölü, Sulak Alan Koruma Bölgesi ve Ulusal Öne Haiz Sulak Alanı.

## 2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı ulusal öneme haiz sulak alan olarak ilan edilen ve Gediz havzasında Gölarmara ve Salihli ilçeleri için önemli rezervuar kaynağı olan Marmara Gölü'nde meydana gelen alansal değişimi uzun yıllar arasında (1975-2018) ortaya koymaktır. Aynı zamanda göl ve çevresine ait arazi kullanım özellikleri güncel olarak haritalandırılmıştır. Göl alanında zaman içinde meydana gelen değişim ciddi boyutlardadır. Bu değişim hem göl ekosisteminin varlığını tehlike altına sokmakta hem de göl çevresinde yaşayan nüfus için su kaynağının varlığı bakımından olumsuz özellikler ortaya koymaktadır. Halkın en önemli geçim kaynağı tarım ve balıkçılıktır. Fakat son

yıllarda göl alanında meydana gelen değişimler yapılan ekonomik faaliyetleri olumsuz yönde etkilemiştir. Çalışmada göl alanının değişimi üzerinde etkili olan antropojenik süreçler de ortaya konulmaktadır. Bu süreçler göl alanının değişiminde etkili olan faktörler hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir.

Marmara Gölü alansal değişimin ortaya konulmasında farklı yıllara ait benzer mevsimlere denk gelecek şekilde beş farklı uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. Uydu görüntülerinin aynı mevsime denk gelecek şekilde seçilmesinin nedeni gölde meydana gelen seviye değişimleri üzerinde iklim özelliklerinin de etkili olmasıdır. Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987, Landsat ETM 2000, Landsat 4-5 TM 2010 ve Sentinel 2-2018 çalışmada alansal değişimi ortaya koymak için kullanılan başlıca uydu görüntüleridir. 1975 yılına ait görüntüler 90 m. çözünürlükte, 1987 Landsat görüntüsü 30 m., Landsat ETM+ 2000 30 m, Landsat 4-5 TM 30 m., Sentinel 2018 10 m çözünürlüğe sahiptir. Alansal değişimin belirlenmesinde ArcMap 10.4.1 programından yararlanılmıştır. Her bir uydu görüntüsüne ait bantların birleştirilmesi sonucu (layer stack) farklı band kombinasyonları ile göl alanının sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Yüzde değişim 1975 yılı baz alınarak yapılmıştır. Her bir değişim bir önceki yıla göre oranlanmıştır.

Arazi kullanımı 2018 Sentinel 2 10 m çözünürlüğe sahip uydu görüntüsü üzerinde PCI GEomatica 2017 programı kullanılarak ve Object Analiz tool aracılığıyla, nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma yapılarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı 50 piksel boyutunda sınıflandırma işlemi sonucu Kappa İstatistiği %86 doğruluk sonucuna ulaşmıştır. Böylece çalışma sahası arazi kullanım sonucu kabul edilebilir hata payına sahiptir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Marmara Gölü'nde Meydana Gelen Alansal Değişimler

Marmara Gölü, 2008 yılında "Sulak Alan Koruma Bölgesi", 2017 yılında "Ulusal Öneme Haiz Sulan Alan Statüsü" kazanmıştır. Gölün sürdürülebilirliği ekolojik (flora ve fauna) bakımdan önemlidir. Fakat göl alanında 43 yıllık sürede önemli oranda bir azalma meydana gelmiştir. Alansal değişimin ortaya konulmasında 1975, 1987, 2000, 2010 ve 2018 yılı uydu görüntüleri farklı çözünürlükte en iyi görüntüyü verecek şekilde seçilerek Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı ArcMap 10.4.1 ile sayısallaştırılmış ve göl çevresinden meydana gelen seviye değişimleri tespit edilmiştir. Her yıl bir önceki yıl esas alınarak göl seviyesinde meydana gelen değişim yüzdeleri ortaya konulmuştur. Bu sonuca göre 43 yıllık süre zarfında göl alanında 1975 yılı ile 1987 yılı arasında 12 yıllık sürede 0,51 km<sup>2</sup> lik bir artış gözlemlenmiş, bu yıllar arasında göl alanındaki değişim % -0,85 oranında meydana gelmiştir. 1987 ve 2000 yılları arasındaki 13 yıllık sürede göl alanında meydana gelen alansal değişim 6,60 km<sup>2</sup> olup, göl seviyesinde bir azalma mevcuttur ve göl alanı daralmıştır. Bu yıllarda alansal değişim yüzdelik olarak 1987 yılına göre % 10,88 olmuştur. 2000 ve 2010 yılları arasında alansal değişim 10 yıllık sürede 3,41 km<sup>2</sup>, yüzde olarak değişim ise 6,31'dir. Bu yıllardan sonra göl alanında sürekli bir azalma mevcuttur. 2010 ve 2018 yılları arasındaki 8 yıllık sürede göl alansal değişiminde 10,31 km<sup>2</sup> lik bir azalma mevcuttur, yüzde olarak değişim ise 20,36'dır. Bu sonuca göre bu yıllar arasında alansal değişimde önemli ölçüde bir azalma mevcuttur ve ciddi olarak göl alanı için yönetim planlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğini zorunlu kılmaktadır (Çizelge 3, Şekil 6).

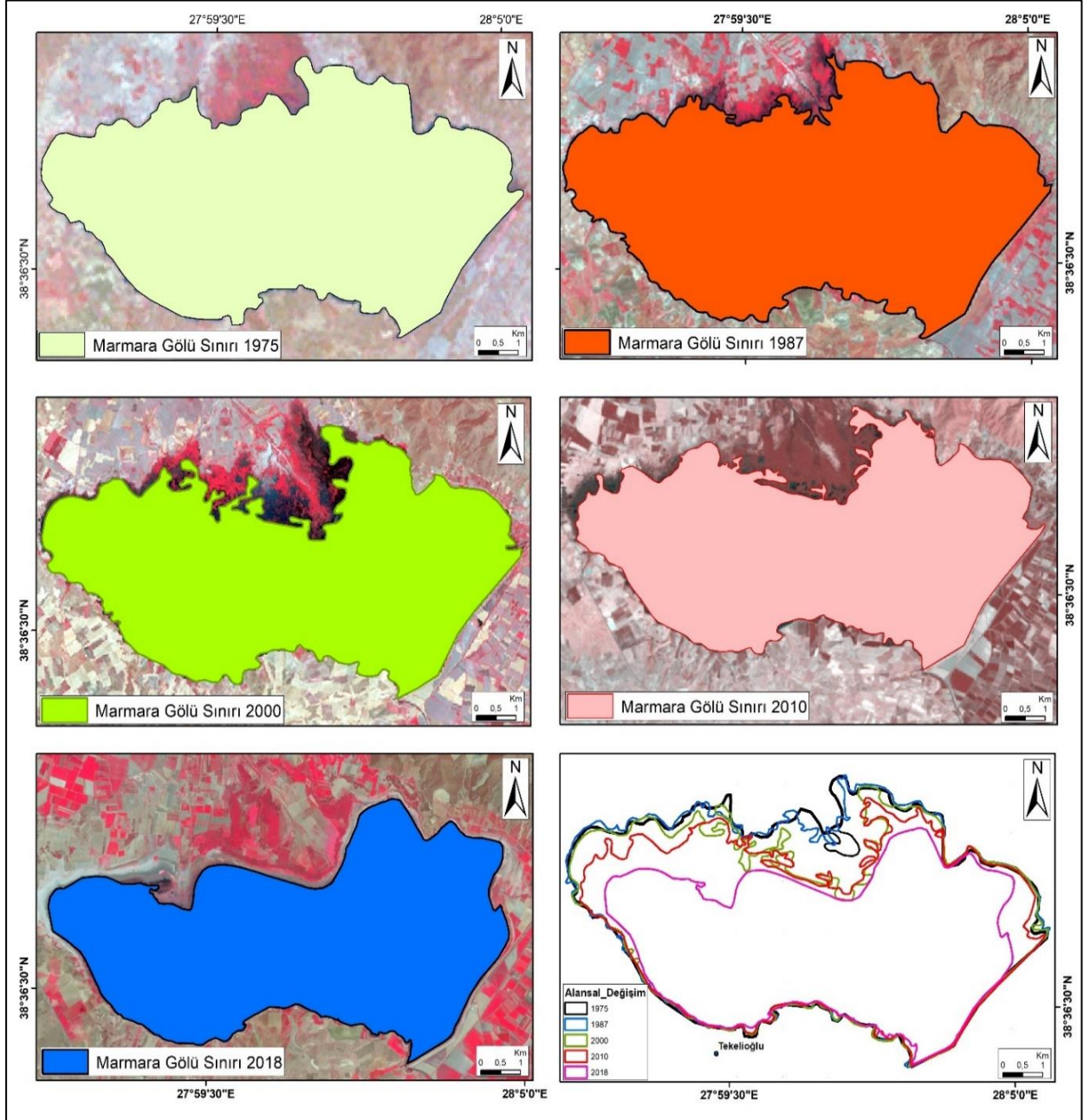
Göle gelen ve giden su miktarları iklime, beslenme kaynaklarına, sulama, taşkın, kaçak, buharlaşmaya bağlı olarak yıllara göre değişiklik göstermektedir. 1980, 1984, 1982, 1986 ve 1987 yıllarında göle giren su miktarı giden su miktarından daha fazla olmuştur. Buna bağlı olarak göl seviyesinde su hacim kapasitesi yükselmiştir. En yüksek su kapasitesi 309,2 hm<sup>3</sup> ile 1987 yılında gerçekleşmiştir (Girgin, 84). Bu nedenle 1987 yılı uydu görüntüsünden elde edilen göl alan değişikliği 1975 yılına göre % -0,85 oranla artış göstermiştir (Çizelge 3).

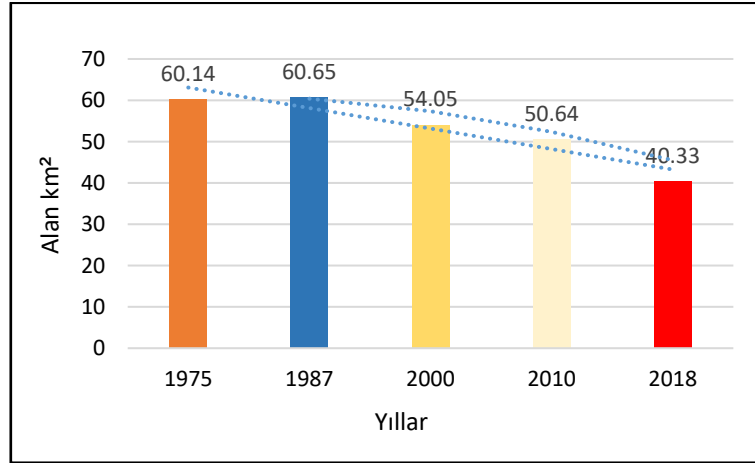
Çizelge 3. Marmara Gölü alansal değişiminin yıllara göre km<sup>2</sup> ve % olarak değişimi.

Uydu Görüntüleri	Yıllar	Alan km <sup>2</sup>	Değişim (%)
Landsat MSS	17.06.1975	60,14	-
Landsat TM 1987	05.06.1987	60,65	-0,85
Landsat ETM+2000	16.06.2000	54,05	10,88
Landsat 4-5 TM 2010	23.08.2010	50,64	6,31
Sentinel 2	22.07.2018	40,33	20,36

Göl su seviyesinde en yüksek kot 1961 yılında meydana gelmiş ve göl alanı tamamen dolmuş ve gölde kurak yer kalmamıştır. Fakat 1993 yılında yaz kuraklığına bağlı göl alanında meydana gelen kuruma ile göl seviyesi tekrar alçalmıştır. Balıkçılık ve tarımsal faaliyetler bu durumdan olumsuz etkilenmiştir (Gülersoy, 2013).

Göl alanı kuzeydeki Gördes Barajı ve doğusundaki Demirköprü Barajı tarafından beslenmektedir. Fakat bu barajlar suyun yetmediği dönemlerde İzmir içme suyunu karşılamakta bu nedenle bazı dönemlerde göle su sağlayamamaktadır. 1990'lı yıllardan sonra yaz kuraaklığına bağlı göl seviyesindeki azalma ile balık ölümleri artmıştır (Gülersoy, 2013). Göl seviyesinde en fazla değişim gölün kuzey kesiminde Kum Çayı devirasyon kanalının olduğu kesimde meydana gelmiştir. Bu kısımda göl içinde alüvyal birikim fazladır ve göl sığlaşmaya başlamıştır. Gölün iç kısmına doğru bir deltaik birikim söz konusudur. Gölün güneydoğusunda yapılan sedde bu kısımda meydana gelebilecek değişimin önüne geçmiştir. Marmara Gölü besleme ve boşaltım kanalı ile göle su girdisi ve çıktısı sağlanmaktadır.

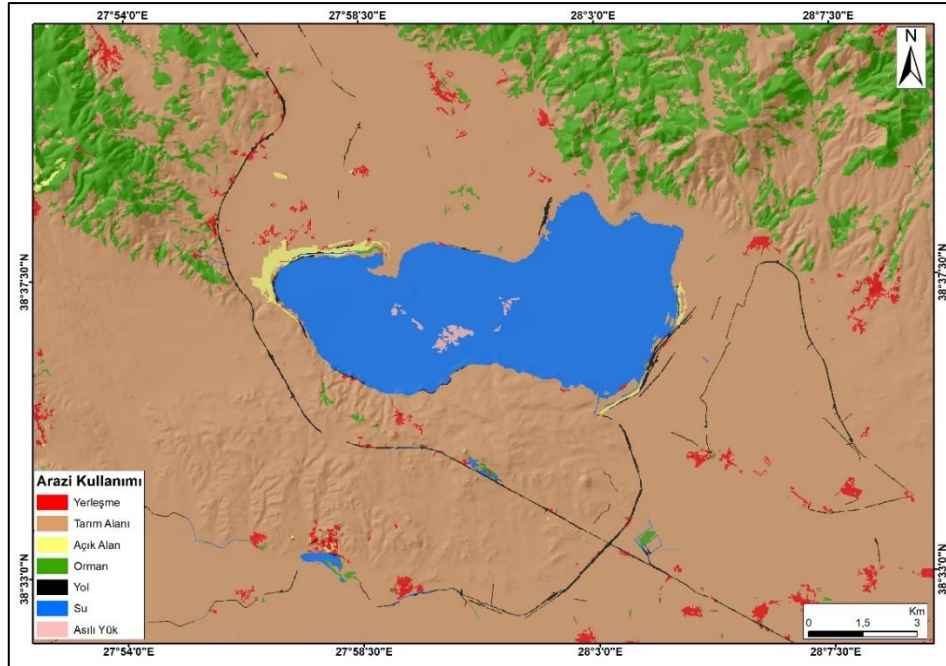




**Grafik 1.** Marmara Gölü yıllara göre alansal değişim.

### 3.2. Marmara Gölü ve Yakın Çevresi Arazi Kullanım Özellikleri

İnceleme alanı arazi kullanım özellikleri 10 metre çözünürlükteki Sentinel 2018 uydu görüntüsünden elde edilmiş olup, uydu görüntüsünün işlenmesinde PCI GEometrica 2017 programı kullanılmıştır. Nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma tekniği kullanılarak uydu görüntüsü arazi kullanım özellikleri belirlenmiştir. Object Analiz tool ile nesne tabanlı 50 piksel boyutunda sınıflandırma işlemi sonucu Marmara Gölü 2018 arazi kullanım özellikleri hata payını en aza indirgeyerek belirlenmiştir (Şekil 7).



**Şekil 7.** Marmara Gölü ve yakın çevresi 2018 yılı arazi kullanım haritası.

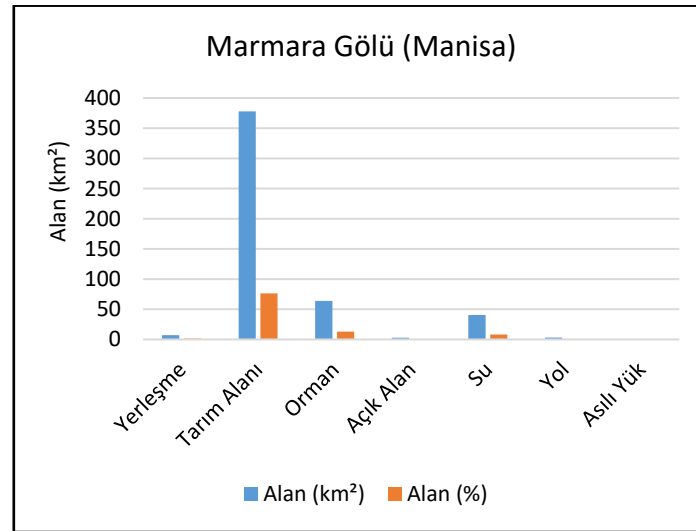
Arazi kullanım sınıflandırılması ile elde edilen analiz sonuçlarına göre, belirlenen göl ve yakın çevresinde 7 farklı sınıf ortaya çıkmıştır. En geniş alana sahip arazi örtüsü tarımsal alanlar olmakla birlikte göl çevresinde %76,24 alan kaplamaktadır. Göl doğal yapısından çıktıktan sonra göl çevresinde sulu tarım yapılmaya başlanmış ve dikilen ürün çeşidi değişmiştir. Arazi örtüsü içinde sınıflanan asılı yük göl içinde biriken sediment malzeme olarak gösterilmektedir. Bu sonuca göre göl alanının giderek sığlaştığı ve karasallaştığı sonucu öngörülebilir (Şekil). Göl çevresinde %1,41'lik alan kaplayan yerleşmelerin başlıcaları kuzeyde Gölarmara, güneyde Salihli ve güneybatıda Ahmetli ilçeleri ve bu ilçelere ait mahallelerdir. Yerleşmelerde 2007-2017 yılları arasında TÜİK (2017) raporlarına göre nüfus miktarı azalma göstermiştir. Bunun nedeni de başka şehirlere yapılan göçlerdir. Batıda eğimin arttığı sahalarda hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır.

**Çizelge 4.** Marmara Gölü ve yakın çevresinde 2018 yılı arazi kullanımı alansal miktarı (km<sup>2</sup>).

Arazi Kullanımı	Alan (km <sup>2</sup> )	Alan (%)
Yerleşme	7	1,41
Tarım Alanı	377,96	76,24
Açık Alan (Boş Arazi)	2,84	0,57
Orman	63,93	12,89
Yol	3,09	0,62
Su	40,50	8,17
Asılı Yük	0,50	0,1

İnceleme alanı güneyinde yer alan Tekelioğlu mahallesinde toprakta bulunan organik madde miktarının çok yüksek olması 1989 yılında özel bir firmanın bu alanı ilk organik tarım projesi kapsamına almasını sağlamış, sonraki yıllarda bu proje kapsamına Pazarköy, Poyrazdamları ve Karayahşi mahalleleri de katılmıştır. Göl çevresindeki verimli tarım sahaları Kuvaternerden bu yana üst yüzeyde biriken akarsu çökellerinin varlığındadır. Marmara Gölü'nün bulunduğu alanın çöküntü havzası olması ve etrafında yüksek kütlelerin yer alması iklimi bakımından birçok ürünün de yetişmesine olanak sağlamaktadır.

Gölde kaçak avcılık yapılmaktadır. Göl çevresinde verimli alüvyal toprakların varlığına bağlı olarak tarım ve yerleşme alanlarında artış olmuştur. Özellikle göl kuzeyindeki çamur düzlükleri ve bataklıklar kurutulmuş tarım alanına dönüştürülmüştür. Göl batısı ve doğusundaki eğimli alanlarda hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır (Akarsu vd., 2015). Göl çevresinde gölü tehdit eden atıklar evsel kaynaklıdır. Sanayiden kaynaklı atıksal tehditin olmamasının nedeni göl çevresinde yakın mesafede herhangi bir sanayi merkezinin bulunmamasıdır. Gölde bitkisel üretimin fazla olması ve oksijenin artması gölde su seviyesi yükselmesine bağlıdır. Buna bağlı olarak göldeki balık türleri de çeşitlenmekte ve balık miktarı artmaktadır. Bu da balıkçılık faaliyetleri yapan çevre halkının geçimi için önemlidir (Girgin, 2000). Fakat gölde su seviyesi azalmalarına bağlı olarak göl tabanında sediment birikiminin artış göstermesi ve su altı sucul bitkilerinin fazlaşması göl kimyası ve ekosistemi bakımından problem arz etmektedir. Aynı zamanda gölün kurumasına bağlı olarak balık türleri özellikle de sazan balığı yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır.

**Grafik 2.** Marmara gölü ve yakın çevresinde arazi kullanımının değişimi.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Göllerin alansal değişimleri iklim, jeolojik yapı, beslenme kaynakları ve antropojenik süreçlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Marmara Gölü içinde barındırdığı flora ve fauna açısından biyoçeşitlilik olarak zengin olmakla birlikte 'Ulusal Öne Hays Sulan Alan' statüsüne sahiptir. Fakat son yıllarda göl çevresinde yapılan tarımsal faaliyetlerde açılan kanallar ile su çekilmesi ve göl çevresinde yaşayan nüfusun kuyulardan çektiği sular ve iklimde mevsimsel değişimler ve özellikle yaz kuraklığına bağlı olarak göl alanında ciddi boyutlarda küçülme mevcuttur. Bu durum göl çevresinde yaşayan halkın ekonomik faaliyetlerinde bilhassa ticaret amaçlı yapılan balıkçılık faaliyetlerini olumsuz etkilemiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama kullanılarak uydu görüntülerinden göl seviye

değişimi, kıyı değişimi analizlerinin yapılması artık daha kolay, ucuz ve uygulanabilir özelliktedir. Marmara Gölü için ArcMap 4.1. yazılımı kullanılarak göl alansal değişimi, PCI GEomatica 2017 programı kullanılarak arazi kullanım özellikleri en yakın doğruluk payını gösterecek şekilde çıkarılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

İnceleme alanında yapılan analizler sonucunda 1975 yılından 2018 yılına kadar olan 43 yıllık sürede göl alanında toplam yaklaşık 19,81 (km<sup>2</sup>) lik bir alansal değişim tespit edilmiştir. Kullanılan 1975, 1987, 2000, 2010 ve 2018 yılları uydu görüntüleri bantlarının çakıştırılması sonucu 1975 yılı ile 1987 yılında olan artış haricinde diğer yıllarda sürekli bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalmada en büyük etken gölün doğal yapısının antropojenik süreçler tarafından değiştirilmesi sonucu özellikle kuzey kesimde, sığlaşmanın artmasıdır. Göl ortasında birikim kuzeyde artmaya devam etmektedir. Özellikle yaz kuraklığına bağlı olarak meydana gelen seviye alçalmaları göl alanındaki birikmeyi gözler önüne sermektedir. 1975 yılında 60,14 (km<sup>2</sup>) lik bir alana sahip olan göl, 2018 yılında 40,33 (km<sup>2</sup>)'ye düşmüştür.

Göl ve çevresinde 2018 yılı uydu görüntüsünden çıkarılan arazi kullanımında 377,96 (km<sup>2</sup>) ile en fazla tarım alanı yer almaktadır. Tarım alanlarının arazi örtüsü içindeki payı %76, 24'tür. Bu da tarımsal alanda kullanılmak üzere önemli miktarda suyun gölden sağlanması anlamına gelmektedir. Suyun kullanılması amacıyla doğal yapısı bozulan göl 1932-1953 yılları arasında yapılan beslenme ve boşalım kanalları ile rezervuara dönüştürülmüş, gölden çekilen suyun geri sağlanamaması durumunda gölde ciddi su seviye değişikliği meydana gelmiştir. Bu nedenle göl alanında giden ve gelen suyun mevsimsel iklim değişikliğine de bağlı olarak dengede tutulması gerekmektedir. Nüfus artışına bağlı olarak küresel ısınmanın da arttığı ülkemizde su kaynaklarının korunması ve yönetilmesi önemlidir. Göl su seviyesinde meydana gelebilecek değişimler gelecekte daha büyük su kayıplarının önüne geçilmesi için kontrol altında tutulmalıdır. Göl seviye değişimlerini belirlemek amacı ile farklı proje ve yönetim metot ve teknikleri geliştirilmelidir. İnsanların bilinçsizce su kullanması sonucu suya yaptığı müdahaleler; atık sular, bilinçsizce avlanma, sazlık kesimi gölde büyük tehditler oluşturmaktadır. Marmara Gölü etrafında özellikle son zamanlarda yaşanan göçler sonucu nüfus azalmasına rağmen gölde 2010 yılından 2018 yılına kadar meydana gelen %20,36'lık değişim göl alanında yeni yasal düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Göl çevresinde yaşayan halk gölden çekilen suyun bilinçli kullanımı konusunda bilgilendirilmeli, atık su yönetim planları gözden geçirilmelidir.

Doğa Koruma ve Millî Parklar Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılı sonunda tamamlanması düşünülen 2019-2023 yıllarını kapsayacak şekilde göl alanının korunması ve amacına uygun bir şekilde dengeli olarak kullanılmasını sağlamak amacıyla hazırlanan Sulak Alan Yönetim Planı'nı, uygulama sonrasında ne kadar gölde meydana gelen sorunlara yönelik cevap verebileceği konusunda takip edilmeli, uygulamada projenin eksik yanları ortadan kaldırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

**Akarsu, F., Gül, O., Uzilday, B., 2015.** *Ege Bölgesi: Gediz Deltası*. Doğa Derneği. 1-80.

**Arı, Y., Derinöz, B., 2011.** Bir Sulak Alan Nasıl Yönetilmez? Kültürel Ekolojik Perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) Örneği, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, Sayı:9(1):41-60.

**Bahadır, M., 2013.** Akşehir Gölü'nde Alansal Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı 28:246-275.

**Bulkan, Ö., 2009.** Marmara Gölü (Manisa) Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Yörenin Kuvaternedeki Paleo-Ekolojik Evrimi. *Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Tez. 1-312.

**Climate-Data, 2018.** İklim:Salihli, <https://tr.climate-data.org/location/37515/>, [13.06.2018].

**Climate-Data, 2018.** İklim:Gölmarmara, <https://tr.climate-data.org/location/19322/>, [13.06.2018].

**DKMPGM, 2017.** *Kış Ortası Su Kuşu Sayımları 2017*. Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, s:1-38.

**Girgin, M., 2000.** Marmara Gölü. *Doğu Coğrafya Dergisi*, Sayı 3:77-103.

**Gülsoy, A. E., 2013.** Marmara Gölü Yakın Çevresindeki Arazi Kullanım Faaliyetlerinin Zamansal Değişimi (1975-2011) ve Göl Ekosistemine Etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı:61:31-44, İstanbul.

**Hakyemez, Y. H., vd., 2013.** Gediz Garabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 56, Sayı 2:1-26.

- İlhan, A., Sarı, H. M., 2013.** Marmara Gölü Balık Faunası ve Balıkçılık Faaliyetleri. *Su Ürünleri Dergisi*, Sayı:30(4):187-191, İzmir.
- Karakuş, H., Aydın, H., 2013.** Gölarmara Sulak Alanının Hidrolojisi. *III. Sulak Alanlar Kongresi*, Samsun, Poster Bildiri: 283-288.
- Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2017.** *Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023*, Ankara.
- Ölgen, M. K., Erdal, Ü., Sökmen, Ö., 2009.** Turgutlu-Salihli Arasında Organik Tarım Faaliyetlerinin Toprak Üzerindeki Etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi*, Sayı:18/(1-2):17-30.
- Savcı, T. T., 2018.** Marmara Gölü Kıyısında Yaşayanlara Yükümlülükleri Hatırlatıldı. <http://www.yenimanisa.com.tr/marmara-golu-kiyisinda-yasayanlara-yukumlulukleri-hatirlatildi>, [2018].
- Smith, L. C., Pavelsky, M. T., 2009.** Remote Sensing of Volumetric Storage Changes in Lakes. *Earth Surf. Process. Landforms*, Sayı, 34:1353–1358.
- Tarım ve Orman Bakanlığı 4. Bölge Müdürlüğü, 2016.** 2 Şubat Dünya Sulak Alanlar Günü Manisa'da Gölarmara Gölü'nde Kutlandı. <http://bolge4.ormansu.gov.tr/4bolge/anasayfa/resimlihaber>, [20.06.2018].
- Turoğlu, H., 2000.** *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*. 1. Basım, Acar Matbaacılık, Çantay Kitabevi. 1-245.
- TÜİK, 2017, Merkezi Dağıtım Sistemi (Medas), Manisa ve İlçeleri Nüfus Sayısı 2017. <https://biruni.tuik.gov.tr>, [28.06.2018].
- Türkeş, M., 2011.** Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, Sayı: 9 (1):79-99.
- ÇTÜE, 2012.** *Havza Koruma Eylem Planları-Gediz Havzası*, TÜBİTAK, s:1-498.
- Yağmurlu, F., Baykal, H., 1989.** Gördes Barajı ve Çevresinin Temel Jeolojik Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, C.32:1-7.