



**ERZURUM OVASI SULAK ALAN
SİSTEMİNDEKİ ZAMANSAL ALAN
DEĞİŞİMLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA
TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Emine Bilgen EYMİRLİ

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ
2017
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM OVASI SULAK ALAN SİSTEMİNDEKİ ZAMANSAL
ALAN DEĞİŞİMLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ
İLE BELİRLENMESİ**

Emine Bilgen EYMİRLİ

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Çevre Bilimleri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



TEZ ONAY FORMU

**ERZURUM OVASI SULAK ALAN SİSTEMİNDEKİ ZAMANSAL ALAN
DEĞİŞİMLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ**

Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ danışmanlığında, Emine Bilgen EYMİRLİ tarafından hazırlanan bu çalışma, 20/10/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞISTAN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih TOSUNOĞLU

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ

İmza

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **09.11./2017** tarih ve **44.../...14**..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM OVASI SULAK ALAN SİSTEMİNDEKİ ZAMANSAL ALAN DEĞİŞİMLERİNİN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

Emine Bilgen EYMİRLİ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ

Erzurum Ovası Sulak Alanı, sahip olduğu biyoçeşitlilik ve çevresine sunduğu sayısız değer ile ülkemizin uluslararası öneme sahip sulak alanlarından biridir. Erzurum kent merkezine çok yakın konumu ile Erzurum Ovası Sulak Alanı insan faaliyetlerinden kaynaklı pek çok tehdit ile karşı karşıyadır. Sulak alanın geleceği açısından koruma ve sürdürülebilir kullanım kararlarının acilen alınması önem arz etmektedir. Alanın uzun yıllara dayalı değişiminin ileri teknolojiler kullanılarak ekonomik ve etkin bir biçimde izlendiği çalışmalar ise bu süreçte karar alıcılar açısından yol gösterici niteliktedir. Bu çalışmada; Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda 1989-2017 yılları arasındaki yüzey alan değişimi uzaktan algılama teknikleri kullanılarak araştırılmıştır. Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak yapılan değişim analizleri sonucunda sulak alan derin su ve sıg su alanlarında genişleme olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada bu değişimin iklim değişikliği ve insan faaliyetleri ile ilişkisi değerlendirilmiş ve sonuç olarak Erzurum Ovası Sulak Alanı'nın genişlemesinde iklim faktörlerinden ziyade sulak alanın yeraltı su rezervinin artmasıyla hidrolojik yapısının değişmesinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

2017, 73 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sulak alan, Erzurum Ovası, uzaktan algılama, değişiklik analizi

ABSTRACT

MS Thesis

DETERMINATION OF SPATIOTEMPORAL CHANGES IN ERZURUM PLAIN WETLAND SYSTEM USING REMOTE SENSING TECHNIQUES

Emine Bilgen EYMİRLİ

Atatürk University
Graduate School Of Science and Technology
Department of Environmental Engineering
Department of Environmental

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Şahset İRDEMEZ

Erzurum Plain Wetland is among those of special international importance in Turkey with its biodiversity and countless benefits to its environment. Being so closed to Erzurum city center, it faces a number of threats caused by anthropogenic activities. It is vitally important to make decisions on its protection and sustainable use immediately in terms of future of the wetland. Studies to offer opportunities to monitor long term changes in the area by using advanced technology economically and effectively are expected to guide decision makers. In the present study, the changes in surface area of Erzurum Plain Wetland were investigated between 1998 and 2017 by using remote sensing techniques. As a result of the change analysis conducted using Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM and Landsat 8 OLI satellite data, it was determined that there is an expansion in deep and shallow water areas of the wetland. In the study, the effects of climate change and human activities on this surface area change was also examined and it was found as the result of the evaluation that more than climatic factors, change of hydrological structure caused by increase in underground water reserves may be effective on the expansion.

2017, 73 pages

Keywords: Wetland, Erzurum Plane, remote sensing, change detection analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın hazırlık aşamasında ilgi ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ'e, yönlendirici fikirleri ve katkıları ile çalışmaya değer katan kıymetli hocam ve arkadaşım Doç. Dr. Süleyman TOY'a, tüm çalışma boyunca yanımda olan, manevi olarak beni cesaretlendiren çok sevgili dostlarım Berna HAFIZOĞLU'na ve Müzeyyen İNCİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta anne ve babam olmak üzere tüm aileme; sonsuz sabrı ve sevgisiyle yanımda olan sevgili eşim Aydın EYMİRLİ'ye ve canım kızım Doğa EYMİRLİ'ye sonsuz şükranlarımı sunarım.

Emine Bilgen EYMİRLİ

Ekim 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Sulak Alanların Tanımı	3
2.2. Sulak Alanların İşlevi ve Önemi	5
2.3. Sulak Alanlara Yönelik Tehditler.....	7
2.4. Sulak Alan Mevzuatı	8
2.5. Türkiye'nin Sulak Alanları.....	9
2.6. Sulak Alanların Yönetimi.....	10
2.7. Sulak Alan Yönetiminde İleri Teknolojiler.....	11
2.8. Uzaktan Algılama.....	12
2.8.1. Uzaktan algılamanın çalışma prensipleri	13
2.8.2. Uzaktan algılama uyduları.....	16
2.8.3. Görüntü işleme	17
2.8.4. Görüntü sınıflandırma	18
2.9. Literatür Özeti	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller.....	27
3.1.1. Erzurum ovası sulak alanı	27
3.1.2. Kullanılan veriler ve özellikleri.....	34
3.1.3. Arazi çalışması	40
3.1.4. Kullanılan yazılımlar	41
3.2. Yöntem	41
3.2.1. Sulak alanın sınırının tespiti	42

3.2.2. Uydu verileri ön işleme	45
3.2.3. Kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma	49
3.2.4. Doğruluk analizi	52
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	54
4.1. Sınıflandırma Sonuçları.....	54
4.1.1. 1989 yılında alanın durumu.....	55
4.1.2. 2003 yılında alanın durumu.....	56
4.1.3. 2009 yılında alanın durumu.....	57
4.1.4. 2017 yılında alanın durumu.....	58
4.2. Yıllara Göre Yüzeysel Alan Değişimi.....	59
4.3. Çalışma Alanı ve Periyodu İçerisindeki Meteorolojik Verilerin Analizi.....	63
4.4. Palandöken Barajının Değişim Üzerindeki Etkisi.....	65
5. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	67
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	74

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

µm	Mikrometre
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BQA	Quality Assessment Band
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
D.S.İ.	Devlet Su İşleri
DEM	Digital Elevation Model (Sayısal Yükseklik Modeli)
DN	Digital Numbers
ETM	Enhanced Thematic Mapper
FLAASH	Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)
GDEM	Global Digital Elevation Model
GPS	Global Positioning System
ISODATA	Iterative Self Organizing Data Analysis Technique
LTP1	Level-1 Geo TIFF
MNF	Minimum Noise Fraction
MSS	Multispectral Scanner
OIF	Optimum Index Factor
OLI	Operational Land Imager
ÖBA	Önemli Bitki Alanı
ROI	Region of Interest
TIN	Triangular irregular networks
TIRS	Thermal Infrared Sensor
TM	Thematic Mapper
U.S.G.S	United States Geological Survey

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye'de yer alan Ramsar Alanları	10
Şekil 2.2. Uzaktan algılamanın çalışma prensipleri.....	13
Şekil 2.3. Farklı maddelerin spektral yansıma eğrileri	14
Şekil 2.4. Elektromanyetik spektrumda dalga boyları	15
Şekil 2.5. Uydu görüntünün dijital yapısı	15
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü.....	28
Şekil 3.2. Erzurum Ovası Sulak Alanı görünüşü	28
Şekil 3.3. Erzurum Ovası Sulak Alanı koruma ve tampon bölgeleri.....	29
Şekil 3.4. Sulak alan çevresindeki bitki örtüsü	32
Şekil 3.5. Sulak alanda görülen kuş yoğunluğunun mekânsal dağılımı	32
Şekil 3.6. Kullanılan uydu görüntüleri RGB/432 ve RGB/543	35
Şekil 3.7. Saha çalışmasında gözlenen farklı arazi özellikleri.....	41
Şekil 3.8. Araştırmada izlenen yöntem şeması	42
Şekil 3.9. Çalışma alanının üç boyutlu haritası.....	43
Şekil 3.10. Çalışma alanının yükseklik sınıflandırılması ve potansiyel sulak alan sınırı.....	44
Şekil 3.11. 2009 yılına ait Landsat 7 ETM+ kayıp satır hatalı (solda) ve düzeltilmiş görüntüsü (sağda)	45
Şekil 3.12. Kullanılan band kombinasyonları.....	48
Şekil 3.13. Arazi çalışmasında GPS okuması yapılan noktalar	49
Şekil 3.14. Kontrolsüz sınıflandırmada sınıfların birleştirilmesi.....	50
Şekil 3.15. Kontrolsüz sınıflandırmada 1989 ve 2017 yıllarına ait birleştirilmiş nihai sınıflar.....	51
Şekil 3.16. 2009 yılı görüntüsü için eğitim sınıflarının oluşturulması	52
Şekil 4.1. 1989 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	55
Şekil 4.2. 2003 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	56
Şekil 4.3. 2009 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	57
Şekil 4.4. 2017 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	58
Şekil 4.5. Sulak alan yüzey alanı değişiminin seyri	60

Şekil 4.6. Sulak alan yüzey alan değişiminin görünümü	61
Şekil 4.7. Sulak alanın yüzey alan değişiminin yıllara göre birlikte değerlendirilmesi .	62
Şekil 4.8. Uzun dönem sıcaklık verilerinin değişimi	63
Şekil 4.9. Uzun dönem yağış verilerinin değişimi	64
Şekil 4.10. Uzun dönem nisbi nem oranlarının değişimi	65



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sulak alanların ürettiği değerler	6
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri	35
Çizelge 3.2. Uydu görüntülerinin spektral özellikleri.....	36
Çizelge 3.3. Çalışma dönemindeki aylık ortalama sıcaklıklar.....	37
Çizelge 3.4. Çalışma dönemindeki aylık ortalama nisbi nem (%).....	38
Çizelge 3.5. Çalışma dönemindeki aylık ortalama yağış (mm).....	39
Çizelge 3.6. OIF hesaplamasına göre en uygun band sıralaması, RGB	47
Çizelge 3.7. Sınıflandırma doğruluk oranları ve Kappa katsayısı	53
Çizelge 4.1. Sulak alan ve çevresinin yüzey alan büyüklükleri.....	54
Çizelge 4.2. Sulak alan derin su, sığ su/sazlık ve ıslak çayır/toprak alan büyüklükleri .	59
Çizelge 4.3. Erzurum Ovası yeraltından çekilen su miktarı	66

1. GİRİŞ

Sulak alanlar yeryüzünün en üretken ve en zengin ekosistemleri olarak kabul edilmektedirler. Dünyada yer alan türlerin yaklaşık yüzde kırkını barındıran bu önemli ekosistemler pek çok bitki ve hayvan topluluğu için yaşam alanı olması yanında çevresi için sunduğu değerler ile tarih boyunca medeniyetlerin cazibe noktası olmuştur. Bulundukları havzanın su rejimini düzenleme, taşkın kontrolü, iklim değişikliğinin etkilerini azaltma, yeraltı sularını besleme gibi pek çok işlevi olan sulak alanlar, çevresinde yaşayan halk için de ekonomik ve rekreasyonel faaliyetlere imkân sağlamaktadırlar.

Giderek artan insan nüfusunun çeşitli ihtiyaçlarını bu alanlardan karşılamak amacıyla sürdürülen faaliyetler sonucunda, bu önemli ekosistemler telafisi mümkün olmayacak şekilde hasar görmektedir. Başlangıçta sıtma hastalığıyla mücadele amaçlı başlatılan çalışmalar, sonrasında tarım alanları elde etmek için kurutma çalışmalarının yaygınlaştırılması ile devam etmiş ve dünya genelinde pek çok sazlık, bataklık, taşkın ovası ve göl yok edilmiştir.

Ülkemiz sahip olduğu farklı yüksekliklerdeki topoğrafik yapısı ve iklim çeşitliliği ile sulak alanlar açısından oldukça zengindir. Ancak son kırk yılda tarım alanı açma amaçlı kurutma ve doldurma faaliyetleriyle sulak alanlarının yarısını kaybetmiştir. Tarım veya yerleşim amaçlı kurutmalar, sanayi, tarım ve yerleşim kaynaklı kirlilik, göllere yabancı balık türlerinin aşılınması, aşırı ve kaçak avlanma ve yönetime ilişkin sorunlar bugün hala ülkemizdeki sulak alanların geleceğini tehdit etmektedir.

Türkiye'nin, Ramsar kriterlerine göre uluslararası öneme sahip sulak alandan biri olan Erzurum Ovası Sulak Alanı da bu tehditler ile karşı karşıyadır. Tarım arazisi elde etmek amacıyla açılan drenaj kanallarıyla büyük bir bölümü kurutulan sulak alan bugün ilkbahar başlarında ortaya çıkan mevsimsel bir sulak alan haline getirilmiştir.

Erzurum kent yerleşiminin sulak alanın yer aldığı ovaya doğru genişlemesi alanın geleceğine yönelik önemli kararlar alınmasını gerektirmektedir. Sulak alanın korunması ve sürdürülebilir kullanımın sağlanması amacıyla geliştirilecek politikalarda sulak alan yapısı ve gelişimine yönelik bilimsel çalışmalar önem arz etmektedir.

Sulak alanların mevcut hidrolojik yapılarının, su kalitesinin, çevresindeki arazi kullanımının tespit edilmesinde, haritalandırılmasında ve planlanmasına yönelik çalışmalarda uzaktan algılama teknolojileri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle uzun yıllara dayalı dönemsel değişikliklerin izlenmesinde ekonomik ve etkin olan bu yöntemle yapılan çalışmalar sulak alanların geleceğine yönelik alınacak kararlar için yol gösterici niteliktedir.

Bu çalışma, Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda meydana gelen uzun dönemli değişimleri tüm dünyada oldukça yaygın biçimde kullanılan yeni teknik ve metotlarla izlenmek ve elde edilen sonuçlara bağlı olarak özellikle yerel ve ulusal karar vericilere tavsiyelerde bulunmak üzere yapılmıştır. Bu yönüyle çalışma, alan özelinde oldukça önemli bir eksiği kapatmaktadır. Çalışmada; Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda 1989-2017 yılları arasındaki yüzey alan değişimi uzaktan algılama teknikleri kullanılarak tespit edilmiş ve bu değişimin iklim değişikliği ve insan faaliyetleri ile ilişkisi değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Sulak Alanların Tanımı

Sulak alanlar, karmaşık hidrolojik yapılara sahip doğal ve yapay yollarla oluşturulabilen özgün ekosistemlerdir. Genel olarak durgun veya yavaş hareket eden sular olarak tanımlanan sulak alanların karasal ve sucul ekosistem özelliklerini bir arada bulunduran karmaşık yapılarından dolayı kesin ve net bir tanımı yapılamamaktadır.

Sahip oldukları fonksiyonlar ve değerler yeterince bilinmediğinden büyük tahribata uğrayan bu ekosistemlere yönelik bilimsel araştırmaların başlatılması ve uluslararası düzeyde korunmanın önem kazanmasıyla sulak alan tanımlarına ihtiyaç duyulmuştur. Sulak alanlar için farklı ihtiyaçlar doğrultusunda bilimsel, kurumsal, yasal ve ekonomik yaklaşımlarla tanımlar ve kriterler geliştirilmiştir (Anonymous 2013). Sulak alanların fonksiyonlarının ve değerlerinin tespitine yönelik bilim insanlarının geliştirdiği tanımların yanında koruma ilkelerini belirlemek için yöneticiler tarafından da sulak alan tanımları yapılmıştır (Beklioglu vd 2007).

Uluslararası düzeyde kabul gören en kapsayıcı tanım 1971 yılında Ramsar Sözleşmesince geliştirilmiştir. Ramsar Sözleşmesine göre sulak alanlar “Doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketlerinin çekilme devresinde altı metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, başta su kuşları olmak üzere canlıların yaşama ortamı olarak önem taşıyan bütün sular, bataklık, sazlık ve turbiyeler ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan kalan yerler” olarak tanımlanmıştır.

Cowardin, 1979 yılında Amerikan Balık ve Yaban Hayatı Hizmetleri ile gerçekleştirdiği Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States çalışmasında sulak alanları; “su tablasının genellikle yüzeyde veya yüzeye yakın olduğu veya yüzeyin sığ su ile kaplandığı karasal ve sucul sistemleri arasında ara geçiş alanları” olarak tarif etmektedir. Bu tanıma göre bir alanın sulak alan olarak tanımlanması için; dönemsel

olarak alanda sucul bitkilerin baskın olarak bulunması, taban malzemesinin zayıf drenajlı olması ve bitki gelişim döneminde sığ su ile ya da suya doymun toprakla kaplı olması özelliklerinden bir ya da birkaçına sahip olması gerekmektedir (Anonymous 2013).

Keddy (2010) ise sulak alanları en genel haliyle “karasal ve sucul ekosistemlerin buluştuğu ve her ikisinin de özelliklerinin görüldüğü alanlar” olarak tanımlamıştır.

Sulak alanlar sahip oldukları hidrolojik yapı, çevresinden farklı özgün toprak yapısı ve biyolojik çeşitliliği ile birbirlerinden ayırt edilirler. Sulak alanların su seviyesi ve alanı besleyen akış özellikleri her sulak alanda farklılaşmaktadır (Beklioglu vd 2007). Bu farklılık sonucunda çok farklı tipte sulak alanlar bulunmaktadır. Ramsar Sözleşmesi sulak alan sistemlerini coğrafi koşullara ve oluşum mekanizmasına göre aşağıda belirtilen üç ana başlık altında sınıflandırmaktadır:

- 1) Denizel ve kıyusal sulak alanlar (mercan kayalıkları, mangrovlar, deniz çayır yatakları ve haliçler),
- 2- Karasal sulak alanlar (bataklık, turbalık, göller, nehirler ve yer altı su habitatları),
- 3- Yapay sulak alanlar (pirinç tarlaları, barajlar, su rezervuarları ve balık gölleri).

European Community (1993) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre ise sulak alanlar; haliç ve deltalar, tatlı su bataklıkları, göller, nehir ve taşkın ovaları, turbalıklar, kıyusal sulak alanlar ve insan yapısı sulak alanlar olmak üzere yedi sınıfa ayrılmıştır. Biyolojik ve fiziksel özelliklerine göre sınıflandırıldıklarında ise 42 sulak alan tipi tanımlanmıştır (Anonim 2013).

2.2. Sulak Alanların İşlevi ve Önemi

Pek çok fonksiyona sahip ve çevresi için değer sunan yeryüzünün en zengin ekosistemleri olan sulak alanlar dünyadaki canlı türlerinin %40'ını, hayvan türlerinin ise %12'sini barındırmaktadır. Sulak alanların taşkın kontrolü, yeraltı sularını besleme, kıyı stabilizasyonu ve fırtınalardan koruma, sediment ve nutrient depolama, su arıtma ve iklim değişikliğini azaltma gibi işlevleri bulunmaktadır (Anonim 2008).

Sulak alanlar suyu doğal akış alanına doğru sürükleyerek, hız ve derinliğini azaltarak taşkınları kontrol edebilmektedir. Ayrıca yeraltı sularını besleyerek ve boşaltarak su rejimini de düzenleyebilmektedir. Bulunduğu bölgenin iklim koşullarını düzenleyen sulak alanlar tortu ve zehirli maddeleri arıtarak su kalitesini de iyileştirebilmektedir. Farklı ekosistem tiplerini barındıran sulak alanlar özel bitki ve hayvan toplulukları için yaşam alanları oluşturmaktadır (Güney 2014). Sulak alanlar güneş ışığının dibe kadar nüfuz ettiği sığ su yapısıyla su altı ve su üstü bitkilerin ve sucul hayvanların gelişmeleri için uygun ortamlar sağlamaktadır. Barındırdığı kamışlar ve sazlıklar da kuşların yuvalanmaları ve saklanmaları için gerekli yaşam alanını sunmaktadır (Anonim 2008).

Biyoçeşitlilik bakımından oldukça zengin olan bu alanlar çevresinde yaşayan halk için de ekonomik, rekreasyonel ve kültürel öneme sahiptir. İnsanlar sulak alanlardan tuz, su ürünleri, saz, kereste, içme ve kullanma suyu temini ve otlatma alanı olarak kullanma gibi ekonomik değeri olan faydalar elde etmektedirler. Sahip olduğu doğal güzellikleri ile de rekreasyon ve turizm amaçlı kullanılmaktadırlar (Beklioglu vd 2007). Sulak alanların fonksiyonları ve ürettiği değerler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sulak alanların ürettiği değerler (Dugan 1990)

	Haliçler	Mangrov	Açık Kıyılar	Taşkın Alanları	Tatlı su sazlıkları	Göller	Turbalıklar	Bataklıklar
FONKSİYONLAR								
Yeraltı suyu besleme	□	□	□	★	★	★	●	●
Yeraltı suyu boşaltma	●	●	●	●	★	●	●	★
Taşkın kontrolü	●	★	□	★	★	★	●	★
Kıyı stabilizasyonu	●	★	●	●	★	□	□	□
Sediment/Toksik madde tutma	●	★	●	★	★	★	★	★
Nütrient tutma	●	★	●	★	★	●	★	★
Biyolojik üretim	●	★	●	★	●	●	□	●
Fırtına etkisini azaltma	●	★	●	□	□	□	□	●
İklim koşullarını düzenleme	□	●	□	●	●	●	□	●
Su taşımacılığı	●	●	□	●	□	●	□	□
Turizm, rekreasyon	●	●	★	●	●	●	●	●
ÜRÜNLER								
Orman ürünleri	□	★	□	●	□	□	□	★
Yaban hayatı ürünleri	★	●	●	★	★	●	●	●
Su ürünleri	★	★	●	★	★	★	□	●
Otlatma	●	●	□	★	★	□	□	□
Tarımsal ürünler	□	□	□	★	●	●	●	□
Su temini	□	□	□	●	●	★	●	●
KATKILAR								
Biyolojik çeşitlilik	★	●	●	★	●	★	●	●
Eşsiz kültürel miras	●	●	●	●	●	●	●	●
□ Değeri yok ● Değeri var ★ Önemli değeri var								

2.3. Sulak Alanlara Yönelik Tehditler

Sulak alanlar binlerce yılda oluşmuş karmaşık ve hassas ekosistemlerdir. Bulundukları havzanın en alçak noktasında ortaya çıkan sulak alanlar havzadaki her faaliyetten etkilenirler. Sulak alanların tahribatı ve yok edilmesi tüm dünya genelinde devam etmektedir. Kurutma, hidrolojik yapısının değiştirilmesi, su kirliliği, yasa dışı avcılık, yasak tür yetiştiriciliği gibi insan aktiviteleri sulak alanları tehdit eden faaliyetlerdir.

Sulak alanların var olması ve fonksiyonlarını sürdürmesinde hidrolojik yapılarının korunması önem taşımaktadır. Çünkü bu alanların hidrolojik yapılarında meydana gelen doğal ya da yapay değişiklikler alanlardaki su miktarını, kalitesini ve seviyesini etkilemekte ve alanların varlığını tehdit etmektedir. Besleyici kaynaklar üzerine baraj yapılması, alandan aşırı su çekilmesi ve iklim değişikliği etkilerinin yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının miktar ve kalitesinde meydana getirdiği değişimler sulak alanların hidrolojik yapısını değiştirebilmektedir. Ayrıca evsel ve endüstriyel atık suların deşarj edilmesiyle sulak alanlarda su kirliliği de yaşanmaktadır. Tüm bu etkiler sulak alanların varlığını önemli derecede tehdit etmektedir (Beklioglu vd 2007).

Tarımsal alanlar ve yerleşim bölgeleri açmak amacıyla pek çok sulak alanın kurutulması ve doldurulması da diğer önemli bir tehdittir. Ülkemizde 1950 yılında sıtma hastalığı ile mücadele kapsamında sulak alanların kurutulmasına başlanmış ve tarım alanı elde etmek üzere devam edilmiştir. Bu süreçte 190.000 ha'dan fazla sulak alan drenaj kanallarıyla drene edilmiş ve Türkiye sulak alanlarının yarısına yakını yok olmuştur (Balçık 2010).

Yasa dışı kara ve su canlılarının avlanması ile ticari değeri yüksek ürünlerin sulak alanlarda yetiştirilmesi de sulak alan canlıları için tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca aşırı otlatma, su bitkilerinin sökülmesi, sazların yakılması ve kontrolsüz saz kesimi ile su kuşları, balıklar ve pek çok tür yaşama alanlarını kaybetmektedirler.

Sulak alanların karşılaştığı tüm bu sorunların temelinde bu alanların bütüncül ve etkin yönetilememesi yatmaktadır. Sulak alanların fonksiyonları ve ürettikleri değerler

toplumun tüm kesimlerince yeterince bilinmemekte, su ve arazi planlamalarında koruma ve kullanma ilkeleri dikkate alınmamaktadır.

Ülkemizde son kırk yılda 1,3 milyon ha sulak alan (%57) tarımsal faaliyetler, yerleşim alanlarının ve sanayi bölgelerinin büyümesi, yol yapımı, sıtma ile mücadele, taşkın kontrolü gibi insan faaliyetleri sonucu yok olmuştur (Yeniyurt vd 2011).

2.4. Sulak Alan Mevzuatı

Sulak alanların korunmasına yönelik ilk adımlar dünyada 1971 yılında İran'ın Ramsar kentinde imzalanan ilk çevre koruma anlaşmasında atılmıştır. “Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öne Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi” ile ülkeler ulusal sulak alan envanterlerini hazırlamayı, uluslararası öneme sahip sulak alanlarını belirlemeyi ve bu sulak alanlarının sürdürülebilir korunmasını sağlamayı kabul etmişlerdir (Anonymous 2017b.).

Türkiye Ramsar Sözleşmesine 30 Aralık 1993 yılında taraf olmuş ve sözleşme 94/5434 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 17.05.1994 tarihi ve 21937 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Ramsar Sözleşmesine taraf olmasıyla başlayan sulak alanların korunmasına yönelik çalışmalar 1991 yılında Çevre Bakanlığının kurulmasıyla hızlanmıştır. 1993 yılında Başbakanlık tarafından “Sulak Alanların Korunması Genelgesi” yayınlanmıştır. Sulak alanların kirlilik, yasa dışı avcılık, saz kesimi ve yakma ile tahrip edilmesine karşı korunma esasları belirtilen genelgenin uygulamada yetersiz kalmasıyla yeni bir mevzuat ihtiyacı doğmuştur (Güney 2014). Bu doğrultuda sulak alanların korunması, geliştirilmesi ve bu konuda görevli kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyon esaslarının belirlenmesi amacıyla hazırlanan Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği ise 30 Ocak 2002 tarih ve 24656 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Anonim 2004). Sonrasında 2872 sayılı Çevre Kanunu’nda 2006 yılında yapılan revizyon ile sulak alan tanımı ilk defa kanun kapsamında yapılmış ve sulak alanlara ilişkin hükümler getirilmiştir.

Günümüzde sulak alanların yönetimi çalışmaları Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. 2014 yılında sulak alan koruma bölgelerinin ve yönetim planlarının onaylanması, uygulamalarının takip edilmesi, ulusal ve uluslararası işbirliği ve koordinasyonun sağlanması amacıyla Ulusal Sulak Alan Komisyonu kurulmuştur. İlgili kurum, üniversite ve STK temsilcilerinden oluşan komisyon sulak alanlara yönelik en yetkili karar mercidir (Güney 2014).

2.5. Türkiye'nin Sulak Alanları

Türkiye sulak alanlar bakımında Avrupa ve Ortadoğu'nun en zengin ülkelerindendir. Farklı yüksekliklere sahip topoğrafik yapısı ve bu yapının oluşturduğu iklim çeşitliliği ülkemizde farklı tiplerde sulak alanların görülmesinin temel sebebidir (Anonim 2004).

Batı Paleartik bölgede yer alan iki ana kuş göç yolunun ülkemizden geçmesiyle sulak alanlarımız uluslararası öneme sahip olmakta ve nesli tehlikede olan pek çok kuş ve balık türü için çekim merkezi konumundadır. Ülkemizde Ramsar kriterlerine göre; 3 215 500 hektar alana sahip 135 adet sulak alan “Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alan” olarak belirlenmiştir (Anonim 2014).

Ramsar Sözleşmesi kapsamında; Sultansazlığı, Manyas Gölü, Seyfe Gölü, Göksu Deltası, Burdur Gölü, Kızılırmak Deltası, Uluabat Gölü, Gediz Deltası, Akyatan Lagünü, Yumurtalık Lagünleri, Meke Maarı, Kızören Obruğu, Kuyucuk Gölü ve Nemrut Kalderası olmak üzere 14 sulak alanımız Ramsar Alanı olarak ilan edilmiştir (Meriç ve Çağırankaya 2013). Türkiye'nin Ramsar Alanları Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye'de yer alan Ramsar Alanları (Özgün)

2.6. Sulak Alanların Yönetimi

Sulak alanlar içinde bulundukları havzanın en düşük kotunda yer aldıkları için havza içerisindeki her tür doğal ve insan kaynaklı etkiye açıktır. Oldukça hassas ve karmaşık bir yapıya sahip olan sulak alanların sahip oldukları farklı kullanım alanları, işlevleri ve sunduğu değerler bu alanların sürdürülebilir yönetimini gerekli kılmaktadır (Anonim 2013).

Ülkemizde sulak alanların yönetimine yönelik çalışmalar Orman ve Su İşleri Bakanlığı koordinasyonunda gerçekleştirilmektedir. Ramsar Sözleşmesinin “sulak alanların akılcı kullanımı için” üye ülkelerin yönetim planı hazırlama hükmü gereğince genel koruma kullanım ilkelerinin belirlendiği yönetim planları hazırlanmaya başlanmıştır. Bugüne kadar başta Ramsar Alanları olmak üzere doğal veya insan kaynaklı ekolojik ve hidrolojik etkilere maruz kalan 24 adet kritik sulak alan için Bakanlık koordinasyonunda sulak alan yönetim planları hazırlanarak uygulamaya başlanmıştır (Anonim 2013).

Sulak alanların korunmasına ve kullanımına yönelik yönetim stratejileri geliştirebilmek ve doğru uygulama kararları alabilmek için; sulak alanların ekolojik yapılarının, kullanım amaçlarının, karşı karşıya oldukları baskıların ve bu baskıların nedenlerinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu alanda yapılan ilk çalışma, ülke genelinde sulak alanların sayısı, büyüklüğü, yeri ve temel karakteristik özelliklerini ilk defa ele alan ve Doğa Koruma ve Mili Parklar (DKMP) Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Ulusal Sulak Alan Envanteri Projesi olmuştur. Ardından sulak alanların sadece belirlenen tampon bölgelerinde değil drenaj alanı içerisinde korunmasını ve kullanımını öngören “Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı” hazırlanarak 2 Şubat 2017 tarihinde yayınlanan Genelge ile yürürlüğe girmiştir. Eylem planında 25 havzada 303 göl ve sulak alan için envanter hazırlama, batimetri belirleme, su bütçesi tespiti, baskı ve kirletici kapasitesi belirleme, su kalitesi tespiti ve iyileştirme eylemleri yer almaktadır (Anonim 2017).

2.7. Sulak Alan Yönetiminde İleri Teknolojiler

Sulak alan yönetiminde politika geliştirme, müdahale alanlarının önceliklendirilmesi, yönetim planlarının oluşturulması, izleme ve değerlendirme amacıyla yerel, bölgesel ve uluslararası ölçekte farklı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ramsar Sözleşmesi’nde güvenilir bilgi eksikliğinden dolayı sulak alan bozulmalarının ve kayıplarının kaygı verici düzeyde olduğu belirtilmiştir (Rebelo *et al.* 2009).

Sulak alanların mekânsal dağılımı, hidrolojik özellikleri ve habitatları mevsimsel olarak hızla değişmektedir. Sulak alanların korunması ve yönetimi için değişim bilgilerinin, değişimin boyutlarının ve nedenlerinin bilinmesi gerekmektedir. Ancak sulak alanlar ile ilgili bilgi elde etmek ve değişimi izlemek zaman alıcı ve maliyetli çalışmalardır. Bu güçlükler karşısında son yıllarda sulak alanların mevcut durumunu değerlendirmek ve gelecekteki eğilimlerini tahmin etmek için ileri teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Tüm çalışma alanını kapsaması, periyodik olarak düzenli veri temin imkanı sağlaması ve çoklu zamansal karşılaştırmalara izin vermesi uzaktan algılama sistemlerinin geleneksel yöntemlere üstün özellikleridir (Cüce ve Bakan 2009).

Uzaktan algılama teknikleri; fiziki coğrafyanın hâlihazır durumun belirlenmesinde, haritalandırılmasında, planlanmasında, belirli periyotlarla takip edilmesinde, ortaya çıkan tahriplerin saptanmasında ve doğal ortamı oluşturan kaynakların yönetiminde en başarılı yöntem olarak kullanılmaktadır. Sulak alanların hidrolojik özellikleri ve çevresindeki arazi kullanımları ile ilgili bilginin yeterince olmadığı ve saha çalışmaları için yeterince bütçe ayrılamayan durumlarda uygun yöntemdir. Uzaktan algılama teknikleri ile sulak alanların taşkın süresi, vejetasyon dağılımı, su kütlesindeki değişiklikler, su kalite değişiklikleri tespit edilmekte ve zamansal değişimler izlenebilmektedir. Ayrıca alan çevresindeki arazi örtüsü, arazi kullanımı ve sulak alanlar arası bağlantılara yönelik bilgilere ulaşılabilmektedir (Ozesmi and Bauer 2002).

2.8. Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama fiziksel temas olmaksızın yeryüzündeki nesnelerden yayımlanan veya yansıyan elektromanyetik enerjinin algılayıcı cihazlarla ölçülerek kaydedilmesi ve elde edilen verilerin analiz edilmesi sonucunda yeryüzüne ait bilgi edinme tekniğidir (Short 2010).

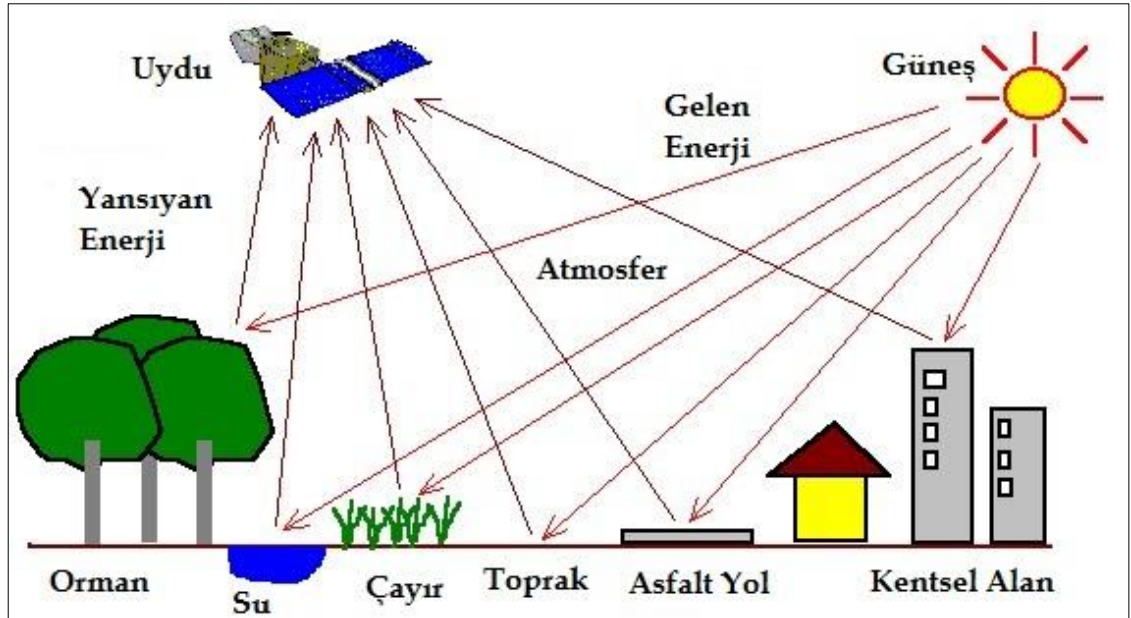
Uzaktan algılama uygulamaları veri temini ve veri işleme olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır. Veri temininde kameralar ve sensörler ile donatılmış uçaklar, insansız hava araçları ve uydular kullanılmaktadır. Güneş ya da elektromanyetik enerji kaynağından yeryüzüne gelen enerji atmosfer ortamından geçerek hedefe ulaşır ve yüzeyin ve yayımın özelliğine bağlı olarak hedeften yansır. Yansıyan elektromanyetik enerji uzaktan algılama platformlarındaki sensörler tarafından farklı dalga boylarında kaydedilerek görüntüler oluşturulur. Uzaktan algılama hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin yanında tıbbi taramaları, mikroskobik çalışmaları, sonar ve radarları da içermektedir. Elde edilen görüntüler veri işleme aşamasında görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirildikten sonra analiz edilerek hedefe yönelik nicel sonuçlara ulaşılır (Anonim 2002).

Uzaktan algılamada aktif ve pasif olmak üzere iki tip algılayıcı kullanılmaktadır. Pasif algılayıcılar, enerji kaynağı olarak güneş ışınlarını kullanırlarken aktif algılayıcılar ise, yapay bir enerji kaynağı tarafından üretilen enerjinin hedeften saçılımını algılayarak görüntü oluştururlar (Tanrıtanır 2013).

2.8.1. Uzaktan algılamanın çalışma prensipleri

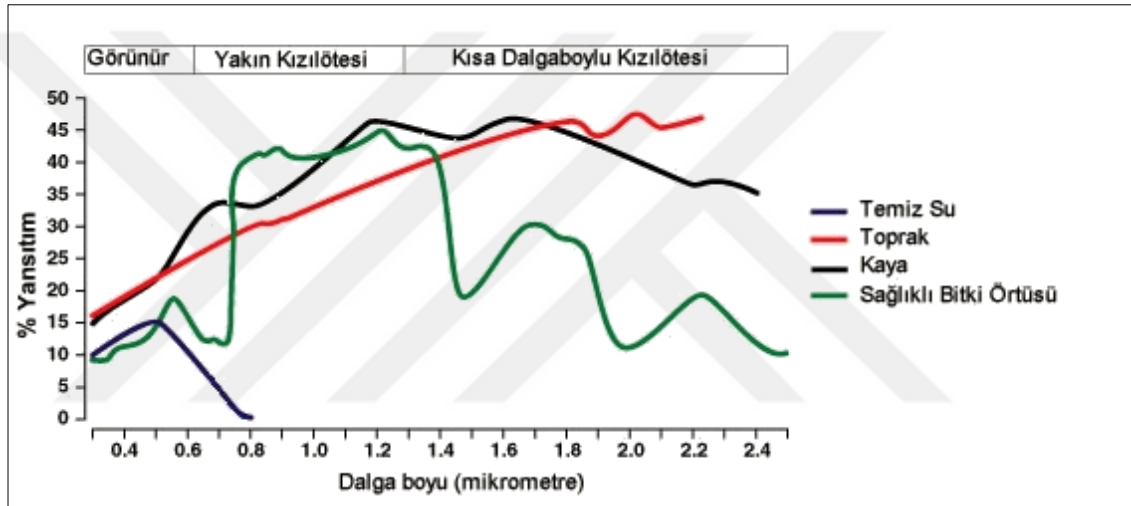
Uzaktan algılama tekniğinin temeli cisimlerin yansıttıkları veya yaydıkları elektromanyetik ışınlar ile cisimlerin özellikleri arasında ilişkinin belirlenmesine dayanmaktadır (Kavak 1998).

Yeryüzündeki her cisim elektromanyetik enerjiyi farklı oranlarda yansıtır ve soğurur. Her bir madde için yansıtılan enerji miktarı dalga boylarına göre değişmektedir. Maddelerin bu özelliği sayesinde farklı maddelerin birbirinden ayrılması ve sınıflandırılması mümkün olmaktadır (Short 2010).



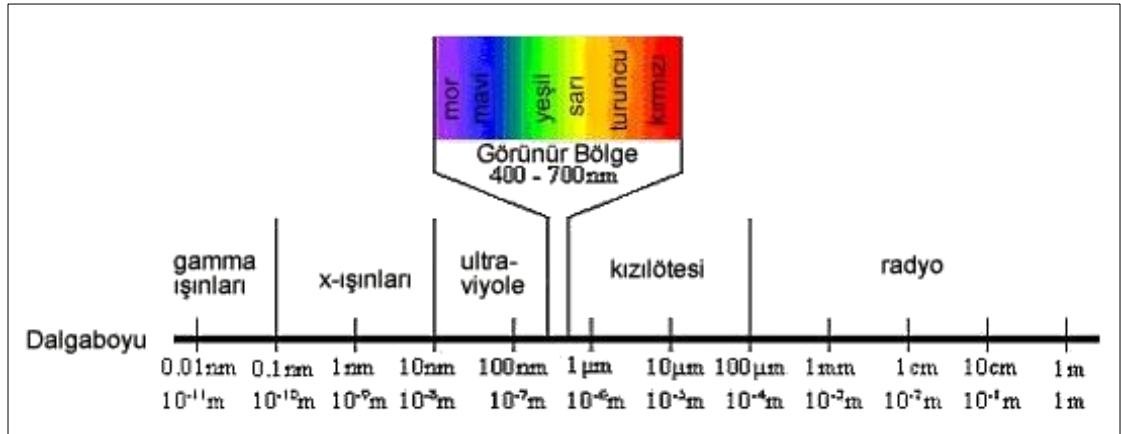
Şekil 2.2. Uzaktan algılamanın çalışma prensipleri (Peterson 2008).

Yüzeye gelen enerji genellikle soğurma, iletim ve yansımaya etkileşimleri ile karşılaşmaktadır. Bu etkileşimlerin oranı gelen enerjiye ve hedef malzemenin özelliklerine göre değişim göstermektedir (Şekil 2.2). Her cisim yansıtma özellikleri bakımından farklılık gösterir ve farklı spektral yansıtma eğrisine sahiptir. Farklı maddelere ait spektral yansıtma eğrileri Şekil 2.3’de verilmiştir. Spektral yansıtma özellikleri belirli spektral bölgelerde farklılık gösteren cisimler, bu bölgelere duyarlı uzaktan algılama görüntülerinde farklı sayısal renk değeri ile temsil edilir (Duran 2007).



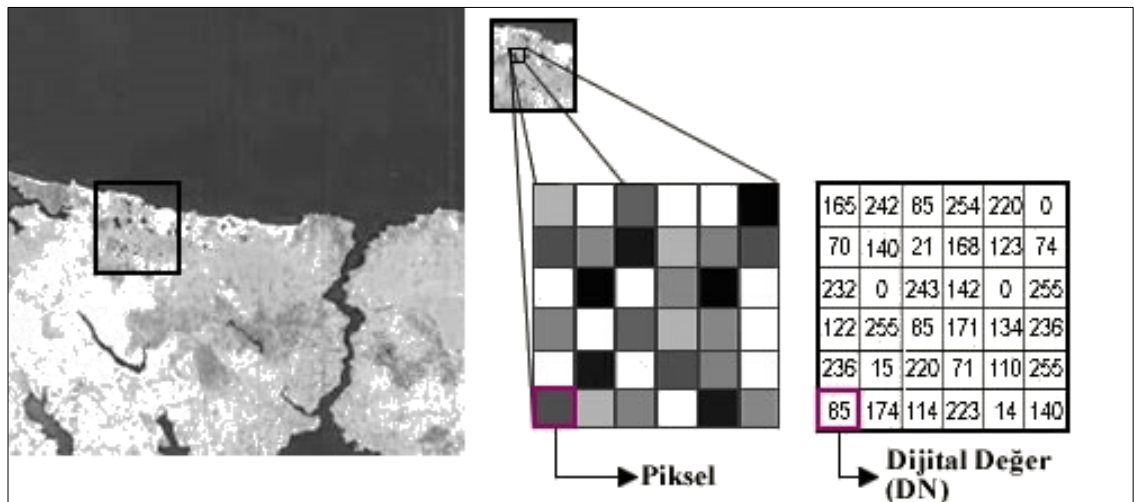
Şekil 2.3. Farklı maddelerin spektral yansıtma eğrileri (Kodak 2015)

Kameralar ve sensörler yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjiyi elektromanyetik spektrumun farklı dalga boyu aralıklarında kaydederler. Her spektral bant elektromanyetik spektrumun bir bölümünde duyarlıdır. Uzaktan algılamada dalga boyları 0,3 μm 'den 15 μm 'ya kadar uzanan görünür ve kızıl ötesi ışınımalar çok spektrumlu optik tarayıcılar ile 0,3 cm'den 300 cm'ye kadar uzanan mikrodalga ışınımalar ise radarlar tarafından algılanır (Şekil 2.4). Cisimlerin spektral yansımaları farklı spektral bantlarda farklı ton ve renkte görünmektedirler (Olgun 2012).



Şekil 2.4. Elektromanyetik spektrumda dalga boyları (Kodak 2015)

Uzaktan algılamada farklı spektral bantlarda kaydedilen görüntüler dijital formdadır. Sensörler ile kaydedilen kodlar yer istasyonlarında sayı dizilerine çevrilirler. Sıra ve sütunlardan oluşan piksel denen küçük resim elemanlarının her biri grinin tonuna denk gelecek şekilde 0-255 arasında bir sayı ile ifade edilir ve böylelikle her pikselin DN olarak ışıınım değeri belirlenir (Anonim 2002). Şekil 2.5’de bir uydu görüntüsünün piksel yapısı ve her bir pikselin sahip olduğu dijital değerler örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Uydu görüntüsünün dijital yapısı (Kodak 2015)

2.8.2. Uzaktan algılama uyduları

Yeryüzüne ait veriyi elde etmede temel araç olarak hava fotoğrafları kullanılırken 1972 yılında ABD Uzay Merkezi tarafından Landsat uydusunun uzaya gönderilmesiyle uzaktan algılama teknolojisinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Uydular yeryüzünden yansıyan ya da yayılan enerjiyi özel algılayıcıları ile kaydeden, belirli bir yörüngede hareket eden platformlardır. Sabit bir yörüngede hareket ettiğinden geniş yeryüzü alanlarına ait periyodik veri sağlamaktadırlar. Uydu verileri sayısal veriler olup cisimlerin görünür olmayan dalga boylarındaki özellikleri hakkında bilgiler içermekte ve görünürde benzer özellik gösteren cisimlerin birbirinden ayrılmasını sağlamaktadır (Guo *et al.* 2017).

Sahip oldukları bu üstünlükler ile uydu görüntüleri sulak alanların haritalanmasında, sınıflandırılmasında, uzun dönemli değişiklik analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sulak alan çalışmalarında alanın özelliklerine göre farklı uyduların görüntüleri kullanılmaktadır. Landsat, SPOT, IRS, IKONOS, ve QUICKBIRD sulak alanlar için kullanılan önemli uydu sistemleridir. Bu sistemler içinde Landsat sağladığı mekânsal ve zamansal çözünürlük avantajı yanında ücretsiz veri sunması nedeniyle pek çok sulak alan çalışmasında tercih edilmektedir.

ABD Uzay Merkezi tarafından başlatılan program ile 1972 yılında fırlatılan ilk Landsat uydusunun ardından sırasıyla Landsat 2 ve 3 uyduları uzaya gönderilmiştir. Ardından bunların yerini Landsat 4, 5, 7 ve 8 uyduları almıştır. Landsat 4 ve 5 uyduları; “Multispectral Scanner: MSS” ve “Thematic Mapper: TM”, 1999 yılında hizmete giren Landsat 7 uydusu ise yer gözetlemesine ilaveten “Enhanced Thematic Mapper: ETM” sensörlerine sahiptir. 2013 yılında Landsat 7’nin yörüngesine katılan Landsat 8 uydusu ise OLI ve TIRS olmak üzere iki sensöre sahip olup daha önceki bantların yanında kıyı/aerosol çalışmaları için derin mavi bandı, sirus bulutlarının tespiti için kısa dalga infrared bandı ve bir de kalite değerlendirme bandı içermektedir (Young *et al.* 2017).

2.8.3. Görüntü işleme

Yeryüzünde bir maddenin yansıttığı gerçek enerji, uzaktan algılama sistemiyle değişik bantlarda ölçülen enerjiden farklılık göstermektedir. Ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki bu fark veri toplama sürecinde oluşan sistematik veya sistematik olmayan hatalardan kaynaklanmaktadır. Uydu görüntülerinin içerdiği bu hatalar temel olarak geometrik hatalar ve radyometrik hatalar olarak incelenmektedir. Uydu görüntülerinin sınıflandırma ve değişiklik analizi için kullanımından önce bu hatalar görüntüye uygulanan ön işlemler ile giderilmelidir (Anonim 2001).

Radyometrik düzeltme

Radyometrik düzeltme uydu görüntüsünde hedefe ait algılanan ve gerçekte hedefi temsil etmeyen yansımaların giderilmesi amacıyla gerçekleştirilir. Bu aşamada algılayıcı kaynaklı sensör hataları giderilir. Güneş geliş açısından veya topoğrafyadan kaynaklanan gölge etkisi elimine edilir ve atmosferik şartlardan kaynaklanan etkiler giderilir (Tanrıtanır 2013). Bu aşamada ise uydu görüntülerinin içerdiği 8 ya da 16 bit’lik dijital numaraların (DN) radyans ve yüzey yansıma değerlerine dönüştürülmesi radyometrik kalibrasyon ile gerçekleştirilir.

Geometrik düzeltme

Uydu görüntüsü kaydedilirken dünyanın dönüşü, yeryüzünün eğikliği, uydu platformunun hızı, algılayıcı platformunun duruşu ve yüksekliği vb. etkilere bağlı olarak hatalar ortaya çıkmaktadır. Geometrik düzeltme görüntüdeki bu hataların giderilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları kullanılarak tanımlı bir coğrafi koordinat sistemine oturtulması işlemidir (Olgun 2012).

Görüntü zenginleştirme

Uzaktan algılama görüntülerinin daha iyi analiz edilebilmesi için görüntünün görsel niteliğinin geliştirilmesi gerekmektedir. Matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanılarak uygulanan görüntü zenginleştirme işlemi ile belli spektral aralıklarda enerji kaydeden bantların görsel özellikleri iyileştirilir ve farklı bantlarda bilgileri içeren zengin görüntüler elde edilir (Anonim 2001).

2.8.4. Görüntü sınıflandırma

Yeryüzünden yansıyan ya da yayılan enerjinin elektromanyetik spektrumun belli aralıklarında ölçülerek bantlara kaydedilmesiyle oluşturulan uydu görüntülerindeki bilgiler ham halde olup, bu görüntülerden bilgi elde etmek amacıyla çeşitli analiz ve yorumlama tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Uydu görüntülerindeki veriyi tematik bilgiye dönüştürmek amacıyla en yaygın kullanılan yöntemlerden biri sınıflandırmadır. Maddelerin yansıma değerlerini içeren piksellerin istatistiksel metotlar kullanılarak bir araya getirilmesi işlemi sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır. Sınıflandırma kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak ikiye ayrılmaktadır (Anonim 2001).

Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma otomatik bir sınıflandırma şekli olup yansıma değerlerine dayalı spektral kümelerin belirlenmesi esasına dayanır. Genellikle çalışma alanı ile ilgili bilgi sahibi olunmadığı durumlarda uygulanır. Bu tür sınıflandırmada ISODATA, K-Means, basit kümeleme, vb. istatistiksel yaklaşımlar kullanılır. Kontrolsüz sınıflandırma sonucunda elde edilen sınıfların yeryüzünde hangi tematik sınıfı temsil ettiği veya bir sınıfı gerçekten temsil edip etmediği bilinmemektedir.

Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma işleminde ise analizci görüntüye ait önceden bilgi sahibi olduğu alanları tanımlar ve bu alanlar sınıflandırma algoritmasında temel alınarak sınıflandırma gerçekleştirilir. Bu işlem çalışma alanına ait arazi örtüsü ve yüzey materyalleri ile ilgili ön bilgi gerektirir. Analizcinin sınıflandırma öncesinde arazinin kaç tematik sınıfa ayrılacağını ve bu sınıfların ne olduklarını belirlemesi; ardından her bir sınıf için örnek piksel setleri oluşturması gerekmektedir. Bu piksel setlerine eğitim seti denilmektedir. Görüntüdeki tüm pikseller incelenerek her piksel kendisine en yakın istatistiki özellikleri gösteren ve analizci tarafından oluşturulan örnek setin temsil ettiği sınıfa atanarak sınıflandırma gerçekleştirilir (Anonim 2001). Kontrollü sınıflandırmada farklı istatistiksel algoritmalar kullanılmakla birlikte en sık kullanılanlar; Ortalamalara En Kısa Mesafe (Minimum Distance to Means), Paralelkenar (Parallelepiped) ve En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) yöntemleridir.

2.9. Literatür Özeti

Bu tez çalışmasının amacı Erzurum Ovası Sulak Alanı sınırının zamansal değişiminin uzaktan algılama teknikleri kullanılarak tespiti ve değerlendirilmesi olarak belirlendiği için ulusal ve uluslararası literatürde sulak alanların ve çevrelerinin değişimini ele alan çalışmalara odaklanılmıştır. Sulak alanlarda uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar şöyledir:

Çelik *et al.* (2008), çalışmasında Sultan Sazlığı sulak alanını oluşturan göller ve sazlık alanların Landsat uydu verileri kullanarak 1980-2003 yılları arasındaki değişimini incelemiştir. Sınıflandırma sonrası değişim analizi ile 23 yıllık sürede göl yüzey alanlarının %93 sazlık alanların ise %50 oranında azaldığı tespit edildiği çalışma sonucunda değişimin yıllık yağış miktarındaki azalma yanında 1988 yılında uygulanmaya başlanan Develi Sulama Projesinin yeraltı ve yüzey suyu akışını değiştirmesinin etkili olduğu belirtilmiştir.

Xie *et al.* (2009), yapmış olduğu çalışmada; arazi verileri, uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanarak Tianjin sulak alanının 1987-1998-2006 yılları arası dönemlerde değişimini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; 466,50 km² olan sulak alan yüzey alanının 550,5 km² olacak şekilde genişlediği, yüzey sularında mevcut bulunan kirliliğin yeraltı sularında henüz görülmediği tespitleri yapılmıştır.

Yılmaz (2009), Gediz Deltası'nın ekosistem bozulmalarını uzaktan algılama tekniklerinden yararlanarak değerlendirdiği çalışmasında; Landsat uydu görüntüleri kullanarak 2000-2007 yılları arasında araştırma alanına ait alan arazi kullanım durumunu ve ekosistem bozunmalarını belirlemiştir.

Balçık (2010), yaptığı çalışmada Terkos Havzası Sulak Alanı örneğinde arazi örtüsünde meydana gelen değişimleri incelemiş ve sulak alan bitki türlerinin belirlenmesinde kullanılan farklı uzaktan algılama yöntemlerini ele almıştır. Çalışmada farklı uzaktan algılama verileri ve bunların arazi örtüsü sınıflandırma ve arazi örtüsü değişimi tespitindeki performansları değerlendirilmiş, hangi görüntüler ile hangi yöntemlerin verimli şekilde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Bortels *et al.* (2011), çalışmasında Yunanistan'ın önemli kuş göç yolları üzerinde yer alan Amvrakikos Körfezindeki sazlık ve bataklık alanların 1989-2004 yılları arasındaki değişimini ve bu değişimin göç yolu üzerindeki kuş habitatına etkilerini incelemiştir. Landsat ve Aster uydu görüntülerinden faydalanan sınıflandırma sonrası değişiklik analizi yapılan çalışma sonucunda 15 yıllık dönemde %32 oranında sazlık ve çamur kaplı alanların azaldığını tespit etmiştir. Azalmanın yaşandığı aynı dönemde kuş rotası üzerindeki habitatta azalma gözlemlendiği de çalışmada sonuç olarak belirtilmiştir.

Göksu deltasındaki zamansal değişimi uzaktan algılama teknikleri ile inceleyen çalışmada Karakoç (2011), deltanın kıyı çizgisinde ve arazi kullanımında meydana gelen değişimleri araştırmıştır. Çalışma sonucunda deltanın doğu kıyılarında ciddi bir kıyı erozyonu olduğu ve deltanın ekolojisinde meydana gelen değişimlerin alanda yaşayan insanların kültürel etkinliklerinden doğrudan etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Akar vd (2012) çalışmasında aynı coğrafi enlemlerde yer alan Acıgöl (Türkiye) ve Urmiye Gölü (İran) sulak alanlarının 1975-2010 yılları arasındaki yüzey değişimlerini farklı dijital görüntü işleme teknikleri ve yazılımlar kullanarak incelemiştir. Manuel vektörleştirme, kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma, MATLAB yazılımı ile kod geliştirme ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerini gerçekleştirerek yaptığı değişim analizleri sonucunda her iki gölde de yüzey alanlarının sürekli olarak daralma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Kullanılan yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmaya göre yüzey alanı değişiminin tespitinde manuel dijitalleştirme yönteminin en güvenilir dijital görüntü işleme yöntemi olduğu belirtilmiştir.

Çelik vd (2013) yaptığı çalışmada; Aşağı Seyhan Ovasındaki arazi kullanım değişikliklerinin ovanın güneyinde yer alan sulak alanların su yüzeyi ve bitki alanı değişimlerine etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda, ovada yer alan sulak alanların son 20 yılda belirgin şekilde daraldığı, en önemli daralmanın Akyatan Lagünü'nde gerçekleştiği ve sulak alan çevresindeki sucul bitkilerin yayılma gösterdiğini belirlenmiştir. Sulak alanlarda meydana gelen değişikliğin ülke genelinde iklimin kuraklaşma eğilimi yanında Seyhan ve Ceyhan nehirlerinden getirilen alüvyal malzemeden kaynaklı olduğu ifade edilmiştir.

Olgun (2012), yapmış olduğu çalışmada 1980-2008 yılları arasında Göksu Deltasının kıyı çizgisi değişimini uzaktan algılama ve CBS tekniklerini kullanarak izlemiştir. Mevcut veriler ve arazi çalışmaları kullanılarak ve Göksu Deltası kıyı çizgisi sayısallaştırılarak istatistiksel değerlendirmeler yapılan çalışmanın sonucunda izlenen kıyı değişimi ve hesaplanan yıllık değişim oranlarının delta gelişimine paralel olarak belirgin bir şekilde nehirler tarafından taşınan malzeme miktarı ile orantılı olduğu tespit edilmiştir.

Nil deltasında yer alan Burullus Lagünü'nün yüzeysel alan değişimleri incelediği çalışmasında El-Asmar *et al.* (2013), 1973 ile 2011 yılları arasında altı farklı yıla ait uydu görüntüsü kullanmış ve değişimi haritalandırmıştır. Su kütlesindeki değişimin hesaplanması için farklı su indislerinin kullanıldığı analizler gerçekleştirilmiş ve çalışma

sonucunda tarımsal amaçlı doldurma ve tarımsal atık doldurma nedenlerine bağılı olarak Burullus Lagünü'ndeki açık su alanının %42,8 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Karaman vd (2013) çalışmasında; ülkemizin önemli kuş alanlarında Acı Göl'de yaşanan kıyı çizgisi ve suyla kaplı alanın mevsimsel değişimlerini incelemiştir. 2011 ve 2012 yıllarında kurak ve yağışlı döneme ait uydu görüntüleri kullanılan çalışmada Acı Göl'ün suyla kaplı alanının kurak dönemde 27,4 km² ve yağışlı dönemde 61,2 km² büyüklüğünde olduğunu hesaplamıştır. Çalışma sonucunda gölün su bütçesinin yağış, sıcaklık gibi meteorolojik parametrelerden doğrudan etkilendiği ve yıl içinde mevsimsel değişiklikler yaşadığı sonucuna varılmıştır.

Beyazıt (2014), çalışmasında Kızılırmak Deltası kıyı çizgisinin 1987 ile 2011 yılları arasındaki değişimlerini coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak incelemiş ve kıyı değişiminin sebeplerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; Kızılırmak Deltası kıyı çizgisinde 1987-2011 yılları arasında -27,38 m/yıl oranında erozyon miktarı ile maksimum değeri 655,6 m olan kara yönünde yer değiştirme tespit edilmiştir.

Ghale (2014), Urmiye Gölü ve civarındaki zamansal değişimleri uzaktan algılama teknikleri ile incelediği çalışmasında 1984-2014 yılları arasında göldeki su seviyesi ve yüzey alanının azaldığını belirlemiştir. Meteorolojik parametrelerin zamansal analizlerinin yapıldığı çalışma gölün kurumasını engellemeye yönelik bilimsel önerilere yer vermektedir.

Uzun (2014), çalışmasında Hersek deltası kıyı kullanım değişimlerini 2004, 2009 ve 2014 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerinden faydalanarak CBS ve coğrafi analiz yöntemleriyle tespit etmiştir. Üç ayrı dönemde karşılaştırmalı olarak değerlendirilen ve analizi yapılan alanda; 2004 yılında altı, 2009 yılında yedi, 2014 yılında ise sekiz kıyı kullanım türü ortaya konmuştur. Hersek deltası kıyılarında 10 yıllık dönem içerisinde, tarım alanlarında %-15,98, sulak alanlarda %-7,66 ve askeri alanlarda %-1,98 azalma tespit edilmiş buna karşın sanayi ve kamulaştırma alanlarının arttığı gözlenmiştir. Çalışma tarım alanlarında ve diğer alanlardaki kıyı kullanım türlerinin azalmasındaki

başlıca nedenleri deltanın batı kıyılarında tersane alanı ve yan sanayi alanlarının artması, yerleşim alanlarının genişlemesi ve otoyol çalışmaları olarak belirtmiştir.

Dipson *et al.* (2015), çalışmasında Güney Hindistan'da yer alan ve kentleşme baskısına maruz kalan Vembanad-Kol halicinin bir bölümünü içeren çalışma alanında 1944-2009 yılları arasındaki değişimleri CBS ve uzaktan algılama teknikleri kullanarak incelemiştir. Landsat ve IRS LISS uydu verileri kullanarak haliç alanının değişimi tespit edilmiş ve ArcGIS programı ile değişim haritaları oluşturulmuştur. Çalışma haliç alanının son 70 yıllık dönemde %16'sının kaybolduğunu ortaya koymuş ve bu azalmanın Cochin kentinin hızlı gelişmesine bağlı arazi kullanım değişikliklerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Mousazadeh *et al.* (2015), çalışmasında; İran'da Ramsar Alanı olarak ilan edilen Anzali Sulak Alanı çevresinde arazi kullanımının 1975-2013 yılları arasındaki değişimini ve çalışma alanına etkilerini araştırmıştır. Beş farklı arazi kullanım sınıfına göre değişikliklerin izlendiği çalışma sonucunda 38 yıllık dönemde %69'luk bir alanın çoraklaştığı, kentsel alanların %74, tarım alanlarının ise %6 genişlediği ortaya konmuştur.

Saygı (2015), Engir Gölü sulak alan sisteminde gerçekleşen zamansal ve mekânsal değişimleri uzaktan algılama teknikleri kullanarak belirlediği çalışmasında 1987-2011 dönemine ait Landsat TM görüntüleri kullanmış ve bu dönemde Engir Gölü'nün kapladığı alanın yaklaşık %50 azaldığını belirlemiştir.

Thomas *et al.* (2015) çalışmasında Avustralya'da bulunan ve taşkın alanı özelliğindeki Macquarie Sazlıkları sulak alanında 1989-2010 yılları arasındaki su baskınlarının haritalamasını gerçekleştirmiştir. Landsat 5 TM ve Landsat 7 ETM+ görüntüleri kullanarak oluşturduğu haritalarda su yüzeylerini, su ve bitki karışık alanları ve toprak yüzeyleri sınıflandırmıştır. Çalışma sonucunda sel baskın alanlarının sulak alanın kuzey ve güney bölgelerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir.

Cai *et al.* (2016), su seviyesinde ciddi azalmalar görülen ve kuruma tehlikesi ile karşı karşıya olan Çin'in önemli sulak alan göllerinden Hulun Gölü'nde su seviyesinin son 50 yıllık değişimini izlemiş ve su seviyesindeki azalmanın akarsu yatağını değiştirme projeleri ile ilgisini araştırmıştır. İklim verileri, hidrolojik veriler ve RADAR uydu görüntüleri kullanılan çalışmada 2000-2010 yılları arasındaki su seviyesinin düşmesinin en önemli sebebinin alanı besleyen akarsu akışının %70 oranında azalması olduğu sonucuna varılmıştır.

Feng *et al.* (2016) çalışmasında Çin'in en büyük tatlı su gölü Poyang Gölü'nde Landsat ve HJ-1A/1B uydu görüntüleri kullanarak son 40 yılda su seviyesinde ve bitki örtüsünde meydana gelen değişimi araştırmıştır. Geliştirdiği sınıflandırma algoritması ile kurak dönemde 2001-2013 yılları arasında bitki kaplı alanın göl alanının %16,6'sı kadar arttığını sulak dönemde ise 2003 yılı öncesi önemli bir değişiklik olmazken 2003-2013 yılları arasında gölün güneyinde bulunan Nanjishan sulak alan rezervinin %30'unun azaldığı ve bu alanların su bitkileri ile kaplandığı sonucuna ulaşmıştır. Göl merkezindeki bitkisel gelişim artarken göl kenarındaki susuz alanlarda azalma yaşandığı tespit edilen çalışmaya göre Poyang Gölünde meydana gelen su seviyesi düşmesinde 2003 yılında inşa edilen ThreeGorges Barajının sulak alanın rejimini etkilemesi önemli rol oynamıştır.

Kaplan vd (2016) çalışmasında uzaktan algılama teknikleri kullanarak Akşehir Gölü'nde zamana bağlı kuraklık izlenmesi yapmıştır. 1986-2016 yılları arasında farklı tarihlere ait Landsat uydu görüntülerinin kullanıldığı çalışmada analiz aşamasında su ve bitki örtüsü indeksleri hesaplanmıştır. Sonuçlar göldeki su ile kaplı alanın 1987 yılında yaklaşık 324 km² iken, 2016 yılında 100 km²'ye düştüğünü, su alanının yılda yaklaşık %4 oranında azaldığını ortaya koymaktadır.

Sönmez ve Somuncu (2016), Sultansazlığı ve yakın çevresinin arazi örtüsü ve arazi kullanımındaki değişimler ile bu değişimlerin nedenlerini araştırdığı çalışmalarında; 1977-2014 yılları arasında Landsat uydu görüntülerini kullanarak 7 farklı arazi kullanım türüne ait sınıflandırma yapmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, 1977 yılında su yüzeylerinin kapladığı alanın oranı %5 iken 2014 yılında %2'ye kadar düşmüş ve bunun

yanında sazlık ve bataklık alanlarda ise artış olduğu tespit edilmiştir. Sultansazlığı ve yakın çevresinde arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin yanı sıra göl alanındaki daralmanın en önemli nedenlerinden birinin de şiddetli kuraklık olduğu ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasında çalışma alanı olarak belirlenen ve Türkiye'nin uluslararası öneme sahip sulak alanlarından biri olan Erzurum Ovası Sulak Alanı'na yönelik uzaktan algılama teknikleri kullanılarak değişimin izlendiği çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Bununla birlikte, sulak alanın hidrolojik yapısı, flora ve fauna özellikleri, sınır tespiti gibi tez konusu ile ilgili olabilecek alanlarda yapılan çalışmalara ise aşağıda değinilmiştir.

Literatürde Erzurum Ovası Sulak Alanı ile ilgili uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı tek çalışma Yıldız vd (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. 2005 yılı Nisan ve Mayıs aylarına ait Landsat uydu görüntülerini kullanılan çalışmada mevsimsel olarak ortaya çıkan sulak alanın en geniş yayılma alanı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; sulak alanın Nisan ayı sonunda 1 393 ha ile en geniş sınırlara ulaştığı, Mayıs ayında suların çekilerek alanın küçüldüğü tespit edilmiştir.

Koday ve Kaya (2012) çalışmasında Erzurum'un içme suyu temini açısından Palandöken Barajının önemini tartışmışlardır. Çalışma doğrudan Erzurum Ovasını konu edinmemekte ancak baraj yapılmadan önce şehrin su ihtiyacının ovadaki kuyulardan karşılanması nedeniyle Erzurum Ovası yeraltı su kaynaklarına ilişkin tespitlerde bulunmaktadır. Çalışma ovada yer alan su kuyularında su kirliliği parametrelerinden nitratin artmasıyla bu kaynaklardan içme suyu kullanımının terk edildiği belirtilmiştir.

Sari (2010), "Erzurum Bataklıklarının Kuş Türleri" isimli çalışmasında çalışma alanında 2008-2009 yılları boyunca ornitolojik gözlemler gerçekleştirerek alanda yaşayan kuş türlerini tespit etmiştir. Her mevsim en az bir hafta yapılan gözlemlerde hangi kuş türünün çalışma alanına hangi zaman aralığında geldiği araştırılmıştır.

Turgut (2009), aralarında çalışma alanının da yer aldığı Erzurum'daki bazı sulak alanlara ait bitki çeşitliliğini araştırmıştır. 2006-2008 yılları arasında yürüttüğü çalışmada başta akarsular olmak üzere önemli dere, çay, geçici sulak alanlar, bataklık göller ve tabansuyu yüksek alanlarda incelemeler yapmış, 287 noktada örneklem alarak 41 familyaya ait 96 bitki türü tespit etmiştir. Bu familyalardan 29 tanesi çalışma alanının da bulunduğu Karasu lokasyonuna aittir.

Acar ve Sayiner (2008), çalışmalarında Erzurum ovasına ait kuyu rasatlarının statik seviyeleri ve yağışlar arasındaki ilişkiyi inceleyerek ovanın mevcut akiferinin rezervi ve rezerv kullanım durumunu araştırmıştır. Erzurum ovası akiferinin yağış-su seviyesi ilişki tipi belirlenerek çekim beslenme ilişkisi kurulmuş ve ovaya ait yeraltı suyu bilançosu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; Erzurum ovasında 2 272,72 hm³'lük dinamik rezerv bulunduğu, bu rezervin her yıl 23,43 hm³ azaldığı belirlenmiştir.

Kali (2008) ise Erzurum ovasında yeraltı ve yüzey sularının kalitesi ve kirlilik durumunu araştırdığı çalışmada; alandan alınan su numunelerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği kriterleri ile Piper, Schoeller, Wilcox ve ABD tuzluluk diyagramına göre su kalitesi analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizler ovadaki yeraltı ve yüzeysel sularda kirlilik parametrelerinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Kirlilik kaynaklarının da tartışıldığı çalışma sonucunda katı atık depolama sahasının, sanayi tesislerinin ve tarımsal faaliyetlerin en önemli kirlletici kaynaklar olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

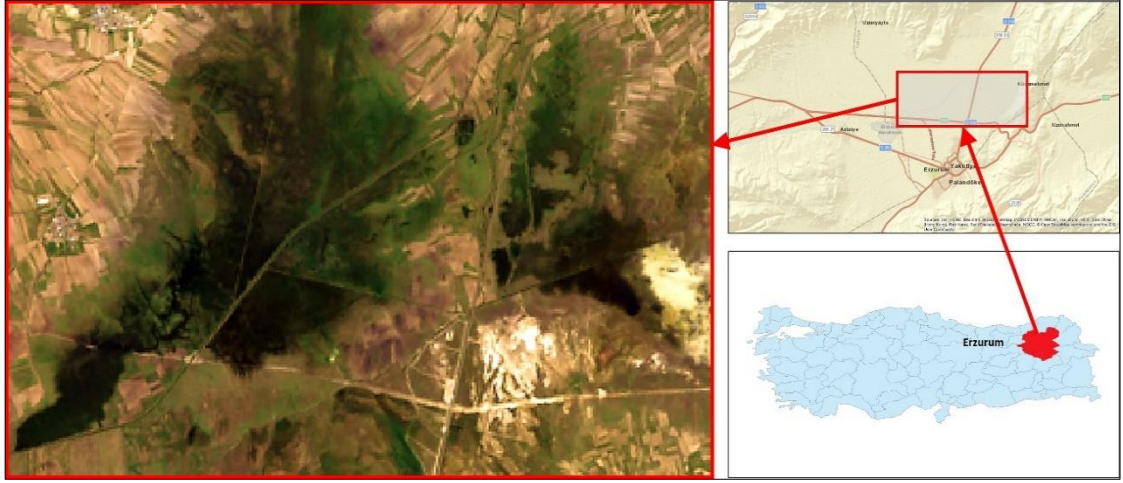
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışma; Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda 1989-2017 yılları arasındaki yüzey alan değişiminin uzaktan algılama teknikleri kullanılarak tespit etmeyi ve bu değişimin iklim değişikliği ve insan faaliyetleri ile ilişkisinin kurulmasını amaçlamaktadır. Bu kapsamda araştırmada kullanılan temel materyal Erzurum Ovası Sulak Alanı'dır. Alanda meydana gelen uzun dönemli değişimi tespit etmek için Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8 OLI uydu görüntüleri; sulak alanın sınırının ulaşabileceği en geniş alanı tahmin etmek için ise alana ait Aster DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) görüntüleri kullanılmıştır. Arazi çalışmasında ölçülen saha verileri ve değişimin izlendiği döneme ait iklim verileri de kullanılan diğer materyallerdir.

3.1.1. Erzurum ovası sulak alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Erzurum Ovası Sulak Alanı, Erzurum kent yerleşim alanının 10 km kuzeyinde $39^{\circ} 55''E$ ve $41^{\circ} 16''N$ koordinatları arasında yer almaktadır. Doğusunda Kargapazarı Dağları, kuzeyinde Allahuekber Dağları ve güneyinde de Palandöken Dağları ile çevrili alan Erzurum - Artvin karayolu ile ikiye ayrılmıştır. Doğuda kalan kısım Çayırtepe (Müdüрге) sulak alanı, batıda kalan kısım ise Karasu sulak alanı olarak adlandırılmaktadır. Çalışma alanının konumu ve genel yapısal görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir.

Önceki dönemlerde Erzurum ovasının doğusunda ve Karasu Nehri boyunca uzanan sulak alanların büyük bir kısmı bu alanların tarıma kazandırılması amacıyla 1949-1953 yılları arasında inşa edilen drenaj kanallarıyla kurutulmuştur. Bugün ovanın topoğrafik, jeolojik ve hidrolojik özellikleri nedeniyle düşük kotlarında ve Karasu vadisi boyunca ve düşük kotlarda düzenli olarak mevsimsel sulak alanlar ortaya çıkmaktadır. Yeraltı suyu ve yamaç kaynaklarıyla beslenen bu bataklık alanlar, kar erimelerinin başladığı ve yağışların arttığı ilkbahar sonu yaz başında geniş sulak alanlara dönüşmektedir (Şekil 3.2).



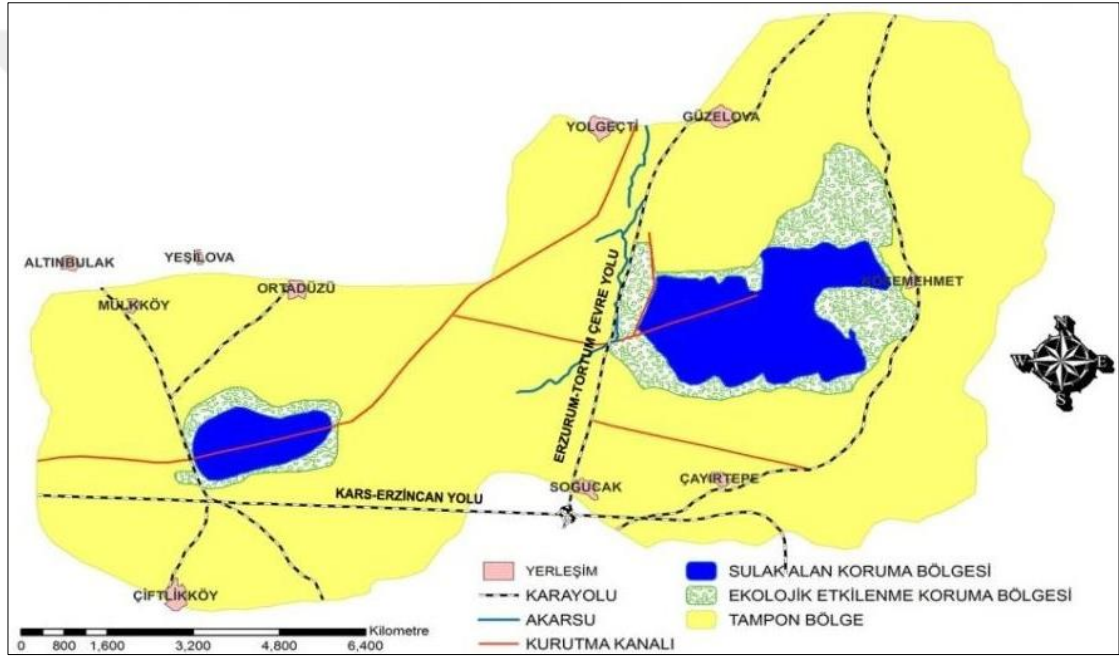
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü (Özgün)

Toplam 825 km² alana sahip Erzurum Ovası'nda oluşan küçük ve büyük tüm sulak alanların kapladığı alan 3 303,5 ha olarak tespit edilmiştir. Bu alanın 1 077 ha'lık bölümünü Karasu Sulak Alanı, 1 744 ha'lık bölümünü de Çayırtepe Sulak Alanı oluşturmaktadır. Sulak alanın en derin yeri Çayırtepe ana drenaj kanalının başladığı yer olarak ölçülmüştür (Yıldız vd 2010). Ancak yıllara göre ve mevsimsel olarak değişiklik gösteren alanın tam sınırını ve büyüklüğü tespit etmek güçtür (Anonim 2016).



Şekil 3.2. Erzurum Ovası Sulak Alanı görünüşü

Erzurum Ovası Sulak Alanı, 2004 yılında Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü tarafından belirlenen Türkiye'nin "Ramsar Sözleşmesi Su Kuşu ve Balık Özel Kriterleri"ne göre uluslararası öneme sahip 76 sulak alandan biridir. Ayrıca ülkemizin 112 önemli bitki alanından (ÖBA) biri olarak da kabul edilmektedir (Anonim 2016). Ulusal Sulak Alan Komisyonu'nun 2006 yılı I. Olağan Toplantısı'nda 26.06.2006 tarih ve 10-2006/1 nolu kararı ile Sulak Alan Koruma Bölgesi olarak ilan edilen alanın koruma ve tampon bölgeleri Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Erzurum Ovası Sulak Alanı koruma ve tampon bölgeleri

Hidrolojik yapısı

Erzurum Ovası Sulak Alanı, su kaynağı nehir ya da yeraltı suyu olan iç kesim bataklık ekosistemidir. Yağışlı mevsimlerde yeraltı su seviyesinin yüksek oluşu nedeniyle su tablası kaynakları ve yüzey suları ile beslenmektedir. Alan tabanının killi oluşu ve alüvyon bazalt sınırında sayısız kaynağı bulundurması gelen suların çöküntüde tutulmasını sağlamaktadır. İlkbahar sonu yaz başında kar erimeleri ve bu mevsimde

görülen uzun süreli yağışlar taban suyunun yükselmesine neden olmaktadır. Bu dönemde sulak alan göl niteliği taşımaktadır.

Alan, Erzurum Ovası'nı doğu-batı yönünde geçen Karasu Nehri'nin drenaj alanı içerisinde. Kandil Dağlarından gelen Köşk, Karagöbek, Dumlu ile Karacağız, Güvercin derelerinin birleşmesiyle oluşan Karasu Nehri 1 642 km² drenaj alanına sahiptir (Kali 2008).

Jeolojik yapısı

Çalışma alanının önemli bir bölümü düz ve düze yakın eğimli alüvyal topraklardan oluşmaktadır. Entisol ordosunun Fluvent alt ordosu içinde yer alan bu toprakların kimyasal ve mineralojik bileşimleri bulunduğu fizyografik üniteye göre önemli değişkenlik göstermektedir. Taban suyu etkisi ile morfolojik karakter kazanan bu toprak türü hidromorfik toprakların alt sınıfı hidromorfik alüvyal topraklar sınıfına girmektedir.

Düşük geçirgenlik özelliklerinden dolayı hidroalüvyal toprakların alt kısımları taban suyu düşse bile sürekli ıslaktır. Tuzluluk özelliği gösteren bu toprakların pH değerleri kurak periyotlarda ve buharlaşma etkisi ile 7.5'in üzerine çıkmaktadır. Nitekim Erzurum Ovası'nda yüksek taban suyuna bağlı olarak ortaya çıkan tuzlulaşma ve alkalileşme en önemli toprak sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Çomaklı vd 2014).

İklim özellikleri

Çalışma alanında deniz etkisinden uzak şiddetli sert karasal dağ iklimi görülmektedir. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık ortalama sıcaklığın 5,6°C olduğu sahada ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 35.6°C iken en düşük değer de -37.2°C olarak ölçülmüştür.

Yıllık ortalama yağış 403.3 mm olup en çok yağış Mayıs ayında, ilkbahar ve yaz başı ile sonbahar başlangıcında görülmektedir. Yağışlar kış mevsiminde, ilkbahar başlarında ve

sonbahar sonlarında kar şeklindedir. Mart ayından itibaren sıcaklıkların 0°C üzerine çıktığı sahada Ekim - Mayıs ayları arasında kar görülmektedir. Sahada kar örtüsü kalınlığı yıllık ortalama 110 cm civarından olup yıl boyunca ortalama kar yüksekliği 20 cm'nin altına düşmemektedir. Yıl içinde yağan kar ortalama 113,2 gün yerde kalırken, don olayının rastlandığı gün sayısı ise 172 günü bulmaktadır. Sahada buharlaşma yağışın en az görüldüğü ve sıcaklık değerlerinin yükseldiği yaz mevsiminde gerçekleşmektedir (Toy vd 2016).

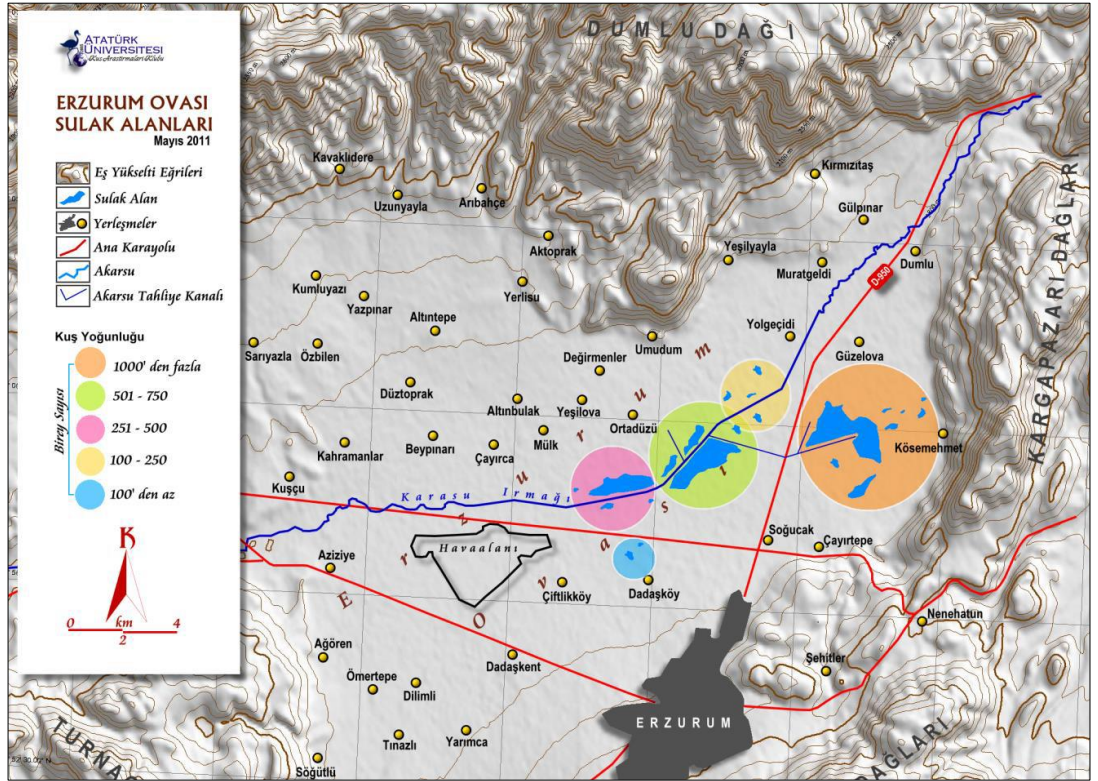
Flora ve fauna yapısı

Iran-Turan flora bölgesinde yer alan Erzurum Ovası'nda step vejetasyonu hakimdir. Ovada 20 familyaya ait 200'ü aşkın otsu bitki türü bulunmaktadır. Ovanın içinden geçen Karasu Nehri boyunca *Phragmites communis*, *Equisetum ramosissimum*, *Polygonum amphibium* ve *Lepturus filliformis* gibi bitki türleri yaygın olarak görülmektedir (Turgut 2009). Sulak alanın yer aldığı bölge düz taban suyu yüksek taban mera özelliğindedir. Alanda yüksek taban suyuna dayanıklı çayır sazı, hasır otu, ekşi çayır otu gibi değerli mera bitkileri görülmektedir. Ancak su düzeni bozukluğu, erken ve aşırı otlatma gibi etkenlerden dolayı mera bitki örtüsü zayıflamıştır (Çomaklı vd 2014). Şekil 3.4'de sulak alan çevresinde yer alan bitki örtüsü görülmektedir.

Akdeniz-Karadeniz ve Doğu Afrika-Batı Asya kuş göç yollarının kesişim koridoru üzerinde yer alan ovada 2013 itibarıyla 230 kuş türünün varlığı tespit edilmiştir (Çomaklı vd 2014). Erzurum Ovası ülkemiz üzerindeki en büyük yırtıcı göçü olan Çoruh Vadisi göç rotası ile gelen 200.000'den fazla yırtıcı kuş için barınma noktasıdır. 13. Orman Bölge Müdürlüğü tarafından alanda 224 kuş türünün varlığı tespit edilmiştir. Bunlar içinde ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmelerle koruma altına alınmış kuş türleri de bulunmaktadır. Sürmeli kızkuşu, küçük akbaba, alaca sinekkapan, Sibiryazı kazı, akkuyruklu kartal, kaya kartalı, sakallı akbaba, akkuyruklu kızkuşu ve paçalı şahin ovada düzenli olarak izlenen kuş türleridir.



Şekil 3.4. Sulak alan çevresindeki bitki örtüsü (Özgün)



Şekil 3.5. Sulak alanda görülen kuş yoğunluğunun mekânsal dağılımı (Çomaklı vd 2014)

Alanın kullanımı ve ekolojisini bozan faktörler

Sulak alan sahası çevresinde Erzurum şehir merkezi ve merkeze bağlı Çayırtepe, Kösemehmet, Güzelova, Soğucak, Yolgeçti, Çiftlik, Umudum, Ortadüzü ve Dadaşköy köyleri bulunmaktadır. Bu köylerin 6 Aralık 2012 tarihinde yayınlanan 6360 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu ile köy tüzel kişiliği kaldırılarak Yakutiye İlçe Belediyesine mahalle olarak bağlanmışlardır.

Sulak alanın içinde yer aldığı Erzurum Ovası'nda başlıca ekonomik faaliyet tarım ve hayvancılıktır. Ancak ova topraklarının tuzlu-alkali yapısından ve sert karasal iklim şartlarından dolayı verimli tarımsal faaliyetler yürütülememektedir. Mayıs ayında ekime başlanılan sahada yetiştirilen ürün çeşidi de oldukça kısıtlıdır. Sulak alan çevresinde ekonomik değeri düşük fiğ, yonca, korunga, buğday, arpa, çavdar ve bazı bölümlerde patates ekimi yapılmaktadır (Sari 2010). Yapılan tarımsal üretim ticari olmaktan çok geçimlidir. Alanda Mayıs ayı sonunda suların çekilmesiyle birlikte oluşan çayır - mera alanları hayvancılık yapan çevre yerleşimler tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Uzun yıllar süren aşırı ve erken otlatma sonucunda meralar verimsizleşmiştir.

Tarım ve hayvancılıkta kullanımının yanı sıra sulak alanın içinde bulunduğu saha Erzurum kent merkezi için önemli bir rekreasyon alanıdır. Özellikle son yıllarda kuş gözlemcisi yerli ve yabancı pek çok turisti ağırlayan alan ilin doğa turizmi açısından önemli bir role sahiptir (Çomaklı vd 2014).

Çevresi için farklı ekonomik değerler yaratan Erzurum Ovası Sulak Alanı günümüzde pek çok baskı ile karşı karşıyadır. Bunların başında çevredeki halkın bahar aylarında tahliye kanallarını açarak sulak alanı drene etmeleri ve sazlık ve bataklık alanları kurutmaları gelmektedir. Palandöken Barajının hizmete girmesiyle azalmış olsa da şehrin içme suyu ihtiyacı için ovadaki kuyulardan aşırı su çekilmesi, yanlış tarımsal sulama yöntemlerinin kullanılması da sulak alanın kurumasına neden olmaktadır (Koday ve Kaya 2012).

Erzurum Ovası'nın en düşük kotunda ortaya çıkan sulak alan drenaj alanı içerisindeki tüm su kirliliğinden etkilenmektedir. Çevre yerleşimlerin evsel ve endüstriyel atıksularının Karasu Nehrine deşarj edilmesi ve yeraltı su kaynaklarının tarımsal ilaçlar ve evsel atıklarla kirlenmesi bu kirliliğin temel sebebidir (Kali 2008).

Tarımsal faaliyetler, bilinçsiz otlatma, şehir merkezinin ovaya doğru büyümesi ve alan çevresinde yapılaşma ve kaçak avcılık sulak alan ekolojisi açısından önemli tehditler oluşturmaktadır. Erzurum Havalimanı'nın sulak alan ekolojik bölgesi içinde yer alması da hem uçuş güvenliğini hem de sulak alan kuşların yaşamlarını olumsuz etkilemektedir.

3.1.2. Kullanılan veriler ve özellikleri

Çalışmada uzun yıllara dayalı değişikliği analiz etmek amacıyla kullanılan temel veriler uydu görüntüleridir. Ayrıca sulak alanın potansiyel sınırı sayısal yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Değişimin izlendiği döneme ait meteorolojik veriler ve arazi çalışması ile elde edilen ölçüm sonuçları da kullanılan diğer verilerdir.

Uydu verileri

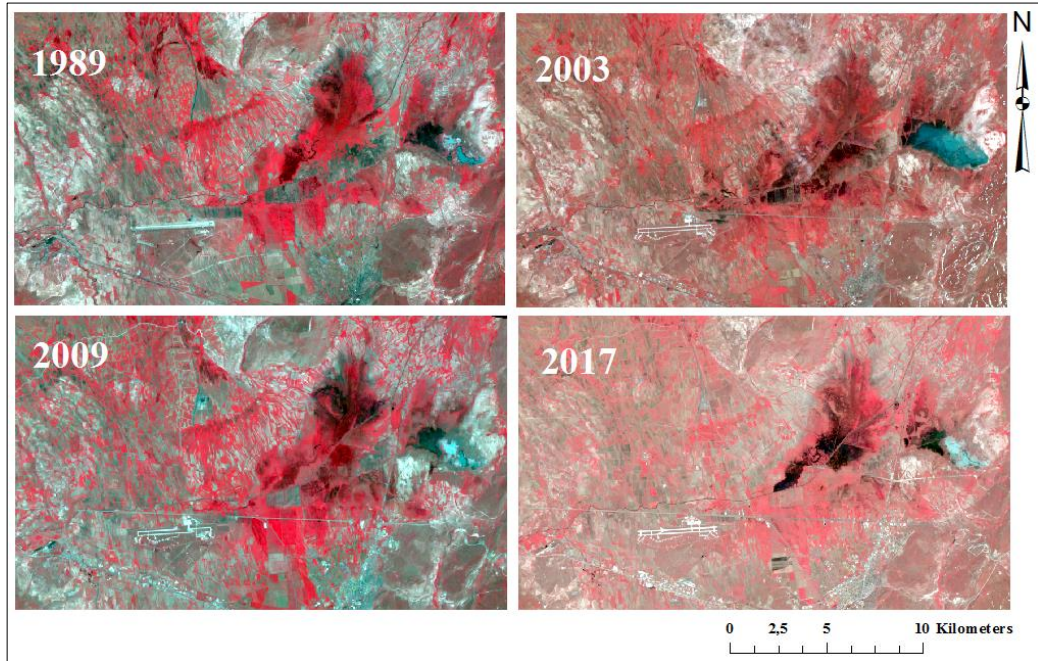
Çalışma alanına ait en uygun uydu görüntüsünün seçilmesi amacıyla sulak alanın ortaya çıktığı ve göl niteliği taşıdığı Nisan ve Mayıs ayına ait 1980 ve 2017 yılları arasındaki tüm görüntüler incelenmiştir. Alanın aylara göre değişiminin etkilerini en aza indirmek amacıyla farklı yıllara ait uydu görüntülerini seçerken birbirlerine yakın günlere ait olmasına dikkat edilmiştir. Görüntülerin bulutluluk durumu ve netliği dikkate alınarak 1989 yılına ait Landsat 5 TM, 2003 ve 2009 yılına ait Landsat 7 ETM ve 2017 yılına ait Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılacak nihai görüntüler olarak seçilmiştir. Ayrıca görüntü seçiminde sulak alanın su rejimini doğrudan etkileyen Palandöken Barajı'nın hizmete girdiği 2006 yılı da dikkate alınmıştır. Baraj hizmete girmeden önce ve girdikten sonra alanın durumunu değerlendirmek amacıyla 2003 ve 2009 yılına ait uydu görüntüleri seçilmiştir.

Seçilen uydu görüntüleri U.S.G.S. (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) resmi internet sitesinden indirilmiştir. Kullanılan uydu görüntülerinin genel özellikleri Çizelge 3.1’de, sahip oldukları bandlar ve spektral özellikler ise Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri

Uydu	Sensör Tipi	Tarih	Mekansal Çözünürlük (m)	Radyometrik Çözünürlük (bit)	Zamansal Çözünürlük (gün)
Landsat 5	TM	01/05/1989	30	8	16
Landsat 7	ETM+	30/04/2003	30	8	16
Landsat 7	ETM+	16/05/2009	30	8	16
Landsat 8	OLI	28/04/2017	30	12	16

Seçilen uydu görüntüleri Şekil 3.6’da verilmiş olup, bu görsel çalışma alanının daha belirgin olarak ayırt edilmesi amacıyla RGB/432 (Landsat 5,7) ve RGB/543 (Landsat 8) band kombinasyonları kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 3.6. Kullanılan uydu görüntüleri RGB/432 ve RGB/543

Çizelge 3.2. Uydu görüntülerinin spektral özellikleri (Anonymous 2017a)

Uydu	Band	Spektral Aralık (µm)
Landsat 5 TM	Band 1 – Mavi	0,45 – 0,52
	Band 2 – Yeşil	0,52 – 0,60
	Band 3 – Kırmızı	0,63 – 0,69
	Band 4 – Yakın kızılötesi (NIR)	0,76 – 0,90
	Band 5 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 1	1,55 – 1,75
	Band 6 – Termal	10,40 – 12,50
	Band 7 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 2	2,08 – 2,35
Landsat 7 ETM+	Band 1 – Mavi	0,45 – 0,52
	Band 2 – Yeşil	0,52 – 0,60
	Band 3 – Kırmızı	0,63 – 0,69
	Band 4 – Yakın kızılötesi (NIR)	0,77 – 0,90
	Band 5 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 1	1,55 – 1,75
	Band 6 – Termal	10,40 – 12,50
	Band 7 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 2	2,09 – 2,35
	Band 8 – Pankromatik	0,52 – 0,90
Landsat 8 OLI ve TIRS	Band 1 – Derin mavi (kıyı/aerosol)	0,435 – 0,451
	Band 2 – Blue	0,452 – 0,512
	Band 3 – Yeşil	0,533 – 0,590
	Band 4 – Kırmızı	0,636 – 0,673
	Band 5 – Yakın kızılötesi (NIR)	0,851 – 0,879
	Band 6 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 1	1,566 – 1,651
	Band 7 – Kısadalga kızılötesi (SWIR) 2	2,107 – 2,294
	Band 8 – Pankromatik	0,503 – 0,676
	Band 9 – Cirrus	1,363 – 1,384
	Band 10 – Termal kısa dalga (TIRS) 1	10,60 – 11,19
	Band 11 – Termal kısa dalga (TIRS) 2	11,50 – 12,51

Meteorolojik veriler

Sulak alan sınır değişimine etki eden en önemli faktörlerden biri de iklim parametreleridir. Değişimin izleneceği 1989-2017 yılları arasındaki 28 yıllık dönemde sıcaklık, nisbi nem ve yağış verileri alana en yakın ölçüm istasyonu olan Erzurum Havalimanı Meteoroloji İstasyonu'ndan temin edilerek değerlendirilmiştir.

Sulak alanın yüzey alan değişiminin incelenmesinde buharlaşmayı doğrudan etkileyen parametre olarak sıcaklığa ait aylık, yıllık ve dönem ortalamaları Çizelge 3.3’de verilmiştir. Çizelgeye göre çalışma dönemi sıcaklık ortalaması 5,2°C iken en yüksek ve en düşük aylık ortalamaların ortalaması ise sırasıyla 7,9 ve 2,4 °C olmuştur. Burada verilen sıcaklık değerleri uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Çizelge 3.3. Çalışma dönemindeki aylık ortalama sıcaklıklar

Yıl/Ay	Oc.	Şu.	Ma.	Ni.	May	Ha.	Te.	Ağ.	Ey.	Ek.	Ka.	Ar.	Ort.
1989	-14,5	-12,4	1,4	8,4	11,4	15,4	20,4	20,1	13,3	6,9	0,0	-10,0	5,0
1990	-15,8	-13,1	-5,4	4,0	10,2	14,2	19,2	18,4	13,8	7,0	-1,2	-4,7	3,9
1991	-9,8	-12,2	-1,8	6,8	9,3	15,3	18,6	19,7	14,4	8,7	0,5	-9,7	5,0
1992	-16,9	-15,1	-9,4	3,6	9,3	13,5	17,3	17,6	11,9	7,3	-1,2	-9,3	2,4
1993	-11,6	-10,3	-5,9	4,2	9,5	13,7	18,6	18,3	13,8	6,5	-5,6	-6,9	3,7
1994	-7,8	-9,9	-2,0	8,1	10,6	14,1	19,0	18,5	15,8	9,6	-1,0	-11,2	5,3
1995	-9,2	-8,3	-3,9	4,4	11,7	14,3	17,9	18,8	13,4	5,7	-1,4	-12,1	4,3
1996	-7,7	-9,1	-0,7	3,8	11,6	13,8	20,1	19,3	12,3	6,3	-0,4	-2,1	5,6
1997	-5,5	-9,6	-10,3	3,1	11,7	14,3	18,3	19,5	11,7	8,3	0,3	-6,7	4,6
1998	-12,5	-15,1	-3,5	5,0	10,8	16,4	19,2	19,7	13,6	7,7	3,8	-2,8	5,2
1999	-5,3	-3,2	-1,7	5,6	10,4	15,0	19,2	20,4	14,2	6,9	0,1	-6,0	6,3
2000	-9,8	-11,5	-7,6	7,4	9,8	15,5	22,3	19,6	14,4	7,0	1,2	-6,0	5,2
2001	-12,2	-5,7	4,4	7,2	9,3	15,4	20,6	20,0	14,3	6,2	-2,6	-5,1	6,0
2002	-16,1	-8,4	-1,0	4,2	9,8	14,3	18,3	16,6	13,6	8,9	1,3	-12,0	4,1
2003	-7,7	-8,2	-6,6	4,4	11,6	14,5	18,9	20,0	13,8	8,8	-0,7	-6,6	5,2
2004	-9,0	-8,7	-1,7	4,0	9,7	14,5	17,9	19,6	13,8	7,9	-1,0	-14,1	4,4
2005	-13,6	-11,3	-3,0	6,3	10,5	13,8	20,2	20,4	14,0	6,4	0,9	-3,8	5,1
2006	-11,2	-5,6	1,2	7,1	11,4	18,3	20,2	22,5	14,1	8,6	0,0	-9,8	6,4
2007	-13,5	-10,3	-2,4	1,3	12,8	14,4	18,0	18,5	15,1	8,5	-1,4	-7,3	4,5
2008	-16,8	-13,9	2,1	8,1	8,8	14,7	20,1	20,6	14,8	8,4	1,7	-10,7	4,8
2009	-12,1	-3,1	-0,7	4,3	10,0	14,7	17,2	17,1	12,4	8,7	1,8	-1,1	5,8
2010	-4,3	-1,8	3,1	5,6	10,4	15,9	19,5	20,3	17,0	9,2	1,8	-1,9	7,9
2011	-8,4	-7,7	-1,5	5,6	9,6	14,6	19,6	19,4	13,9	6,7	-5,5	-11,4	4,6
2012	-8,8	-14,6	-6,7	7,2	11,4	15,7	19,0	20,0	15,0	9,4	3,8	-5,9	5,5
2013	-9,5	-7,4	-0,8	7,2	11,6	15,0	19,4	19,5	13,6	6,0	2,3	-9,7	5,6
2014	-10,1	-7,3	2,3	7,5	11,3	15,3	20,6	21,4	14,7	8,4	0,2	-0,8	7,0
2015	-8,1	-7,4	-1,5	5,0	10,1	15,7	20,0	20,5	17,2	8,8	1,4	-9,2	6,0
2016	-9,4	-5,0	1,1	6,9	10,5	14,4	19,1	20,9	13,1	7,7	-1,8	-7,5	5,8
ORT	-10,6	-9,2	-2,2	5,6	10,5	14,9	19,2	19,5	14,0	7,7	-0,1	-7,3	5,2
MAK.	-4,3	-1,8	4,4	8,4	12,8	18,3	22,3	22,5	17,2	9,6	3,8	-0,8	7,9
MİN.	-16,9	-15,1	-10,3	1,3	8,8	13,5	17,2	16,6	11,7	5,7	-5,6	-14,1	2,4

Sulak alanda yıllara göre alan sınırı değişimine etki eden bir diğer iklim elemanı ise nisbi nemdir (%). Nisbi nem parametresi alanda buharlaşma ölçümünün sağlıklı ve yıl boyunca yapılamamasından dolayı uydu görüntülerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesi için önem arz etmektedir. Nisbi nem parametresine ait aylık ve yıllık ortalamaları Çizelge 3.4’de verilmiştir. Çizelgeye göre çalışma döneminde nisbi nem ortalaması %64,9 iken en yüksek ve en düşük aylık ortalamaların ortalaması ise sırasıyla %79,2 ve %46,4 olmuştur.

Çizelge 3.4. Çalışma dönemindeki aylık ortalama nisbi nem (%)

Yıl/Ay	Oc.	Şu.	Ma.	Ni.	May	Ha.	Te.	Ağ.	Ey.	Ek.	Ka.	Ar.	Ort
1989	79,9	77,7	74,8	67,2	61,2	59,8	58,6	53,5	59,7	78,3	79,9	85,4	69,7
1990	80,2	82,7	79,1	72,7	61,2	59,0	59,7	56,3	53,3	69,0	83,6	80,6	69,8
1991	80,7	79,1	81,7	69,9	64,7	62,4	59,3	57,8	55,4	68,4	80,6	82,2	70,2
1992	79,2	81,1	80,3	67,1	66,1	67,6	57,5	58,5	62,0	66,5	74,2	82,3	70,2
1993	76,9	81,7	76,1	71,6	70,0	61,7	54,7	52,8	46,4	51,4	77,8	84,8	67,2
1994	77,2	73,3	74,7	56,7	61,0	52,6	50,8	50,0	49,4	62,5	81,3	81,3	64,2
1995	82,1	82,2	78,4	72,2	67,0	66,7	58,8	55,9	57,5	68,5	75,9	79,6	70,4
1996	80,8	79,7	76,6	67,4	58,8	56,8	51,7	46,5	56,4	69,6	69,0	81,1	66,2
1997	69,5	77,1	75,1	68,5	56,5	54,8	47,8	43,0	52,3	71,9	69,4	80,6	63,9
1998	80,9	74,0	77,4	71,6	70,9	59,4	52,3	45,7	53,9	56,5	65,2	76,7	65,4
1999	70,5	66,5	73,9	62,1	56,1	57,6	52,9	44,6	52,9	60,5	63,2	73,3	61,2
2000	71,4	74,2	73,7	68,8	61,9	53,4	41,7	46,9	52,5	70,4	68,3	81,5	81,5
2001	81,6	74,2	68,4	69,5	64,9	54,5	50,6	48,8	47,0	65,0	72,9	80,6	80,6
2002	73,2	73,6	74,0	69,7	61,1	62,1	58,7	58,8	59,5	67,3	73,6	74,4	74,4
2003	78,3	73,3	76,9	66,0	58,5	57,3	52,4	48,1	51,9	68,2	81,0	78,1	78,1
2004	78,7	80,6	73,5	62,9	68,1	59,6	48,7	46,1	45,0	64,1	75,6	79,9	79,9
2005	79,6	76,9	79,0	73,2	73,2	70,2	57,6	58,1	61,4	72,3	78,4	80,4	80,4
2006	82,1	77,7	75,9	77,1	70,7	59,6	64,2	48,7	60,4	77,2	72,8	76,2	76,2
2007	79,1	81,8	81,9	79,0	70,4	72,3	64,7	64,2	54,3	70,2	80,1	81,2	81,2
2008	80,1	81,4	77,0	71,9	73,8	67,7	61,2	63,7	62,8	74,6	77,0	81,1	81,1
2009	82,1	84,6	74,0	64,4	60,9	64,8	60,2	50,6	59,7	62,0	78,6	84,8	84,8
2010	84,9	82,4	68,9	71,4	69,5	60,4	56,2	44,6	47,8	70,5	64,7	76,3	76,3
2011	82,5	81,5	74,8	72,3	70,0	63,6	53,5	48,4	53,8	62,3	82,2	86,0	86,0
2012	85,5	82,6	78,0	67,2	68,3	57,7	52,2	49,3	48,9	68,5	76,6	86,8	86,8
2013	84,2	90,5	75,9	64,8	63,1	57,5	50,5	45,8	49,5	59,4	73,9	81,2	81,2
2014	85,6	81,1	70,1	65,4	68,6	55,1	46,7	39,2	51,5	72,0	76,4	86,3	86,3
2015	82,7	87,0	79,2	67,7	67,1	59,0	46,3	44,9	43,5	72,6	68,8	83,6	83,6
2016	82,7	84,1	70,5	58,9	65,9	63,7	53,7	44,0	57,4	64,0	71,6	80,3	80,3
ORT	76,8	76,3	74,8	65,7	62,4	58,1	52,0	49,1	51,4	62,5	71,9	77,5	64,9
MAK.	88,0	88,7	87,4	79,6	73,3	70,7	66,1	72,4	69,4	78,3	86,6	90,2	79,2
MİN.	61,4	56,2	52,9	44,7	45,1	33,4	36,2	32,2	38,8	40,5	55,2	60,7	46,4

Sulak alan yüzey alanı değişimi üzerine etki eden en önemli parametrelerden biri de yağış miktarıdır (mm). Yağış parametresi alana doğrudan su kaynağı olarak girdi sağladığı için alanda su miktarı ve yüksekliğinin artış ve azalışında etkilidir. Bu parametre de yine uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için önem arz etmektedir. Yağış parametresine ait aylık, yıllık ve dönem ortalamaları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışma dönemindeki aylık ortalama yağış (mm)

Yıl/Ay	Oc.	Şu.	Ma.	Ni.	May	Ha.	Te.	Ağ.	Ey.	Ek.	Ka.	Ar.	Ort
1989	1,7	3,1	15,3	57,2	14,8	30,8	14,3	4,2	30,1	104,2	57,7	15,2	348,6
1990	14,2	31,3	1,2	50,5	18,0	58,3	38,7	3,8	0,9	26,2	66,7	34,0	343,8
1991	21,1	9,9	63,0	46,0	76,6	18,4	31,0	14,6	16,0	16,7	18,2	42,0	373,5
1992	12,5	34,4	15,0	24,6	95,9	57,9	17,2	14,5	33,0	42,7	35,5	40,9	424,1
1993	11,0	13,6	7,5	70,9	87,2	59,2	11,3	13,6	6,6	2,3	31,9	9,1	324,2
1994	9,3	23,6	31,6	57,5	104,7	14,7	14,0	13,9	8,6	28,8	38,3	36,8	381,8
1995	16,1	10,0	35,3	54,0	39,3	72,5	30,5	15,0	17,0	36,0	44,1	5,7	375,5
1996	16,9	13,9	18,5	30,6	39,7	17,2	24,3	16,7	32,5	77,8	2,6	52,8	343,5
1997	3,5	31,3	25,4	40,7	66,2	32,0	3,7	6,4	46,2	82,4	69,3	21,8	428,9
1998	34,0	16,3	79,3	77,1	55,1	26,4	32,7	9,5	27,0	5,1	33,9	29,6	426,0
1999	3,2	8,0	57,7	44,9	35,3	49,6	34,2	6,1	49,6	17,3	11,0	11,0	327,9
2000	37,6	43,4	122,6	69,8	84,0	19,4	8,0	9,4	81,4	84,6	3,2	47,6	611,0
2001	4,9	11,9	51,1	104,9	68,7	7,3	36,6	9,2	3,8	51,2	39,6	35,1	424,3
2002	14,0	8,9	37,4	77,1	73,1	74,0	39,1	54,6	18,1	42,9	25,6	19,7	484,5
2003	17,7	30,7	32,9	81,4	29,9	45,7	18,5	5,1	19,3	90,9	36,1	16,1	424,3
2004	14,3	90,0	33,7	36,0	121,7	40,7	2,4	1,3	6,0	27,4	43,6	8,2	425,3
2005	26,6	8,9	46,5	67,7	92,1	70,0	20,3	24,3	15,4	71,8	15,2	21,2	480,0
2006	17,8	10,9	13,4	77,4	41,6	19,2	20,7	3,5	29,2	90,1	25,3	8,3	357,4
2007	13,5	8,4	20,4	79,4	61,2	61,8	41,9	30,4	0,1	33,7	68,1	17,7	436,6
2008	16,4	10,3	18,6	45,0	58,0	41,0	11,2	16,6	22,7	39,6	14,5	23,9	317,8
2009	2,3	18,8	51,1	42,7	43,2	76,2	29,2	22,8	43,7	51,0	41,4	15,5	437,9
2010	52,2	14,8	82,2	54,2	63,6	50,5	55,5	9,0	8,8	72,2	-	12,9	475,9
2011	23,4	22,3	17,1	147,7	105,2	55,3	28,0	21,8	7,5	23,1	13,9	9,4	474,7
2012	6,7	22,2	8,4	39,8	73,0	7,0	19,8	23,0	11,0	42,3	34,2	29,4	316,8
2013	28,7	28,5	30,9	37,3	32,3	25,7	8,0	5,4	11,9	17,2	19,6	8,3	253,8
2014	11,3	1,6	35,7	31,6	88,6	21,6	27,8	3,6	42,8	45,8	13,4	19,0	342,8
2015	13,2	33,6	25,6	61,6	69,8	73,3	13,6	56,0	10,8	210,8	11,6	7,6	587,5
2016	17,8	25,0	26,4	39,4	64,4	88,6	-	-	-	-	-	9,2	270,8
ORT.	16,5	20,9	35,9	58,8	64,4	43,4	23,4	15,3	22,2	53,1	31,3	21,7	407,0
MAX.	52,2	90,0	122,6	147,7	121,7	88,6	55,5	56,0	81,4	210,8	69,3	52,8	1148,6
MIN.	1,7	1,6	1,2	24,6	14,8	7,0	2,4	1,3	0,1	2,3	2,6	5,7	65,3

Çizelgeye göre çalışma döneminde yıllık ortalama yağış toplamı 407,0 mm iken dönem içerisinde en yüksek yağış alan ayların ortalaması 1148,6 mm ve en az yağış alan ayların ortalaması ise 65,3 mmdir. Bu değerler değişimin incelendiği yıllarda görülen yağış miktarı ile kıyaslama yapılarak değişime yağış parametresinin etkisinin analizinde kullanılmıştır.

Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verileri

Bir arazi yüzeyini üç boyutlu olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilen DEM verileri çalışma alanının üç boyutlu analizinin yapılmasında ve potansiyel sulak alan sınırının tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Alana ait ASTER GDEM görüntüleri U.S. Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) resmi sitesinden indirilmiştir.

3.1.3. Arazi çalışması

Çalışmanın en önemli kısımlarından birini oluşturan yerinde gözlem ve değerlendirmeyi sağlayan görsel malzemenin toplanması amacıyla 2016 yılında Nisan ve Mayıs ayı içerisinde arazi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Arazi ölçümlerinde su, ıslak çayır, kuru toprak, sazlık alan gibi farklı özelliklerdeki alanlarda GPS el cihazı kullanılarak kot ölçümleri gerçekleştirilmiş ve fotoğraflar çekilmiştir. Sınıflandırma öncesinde kontrol sınıflarının oluşturulmasında ve doğruluk analizinde kullanılmak üzere toplam 68 noktada ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.7).



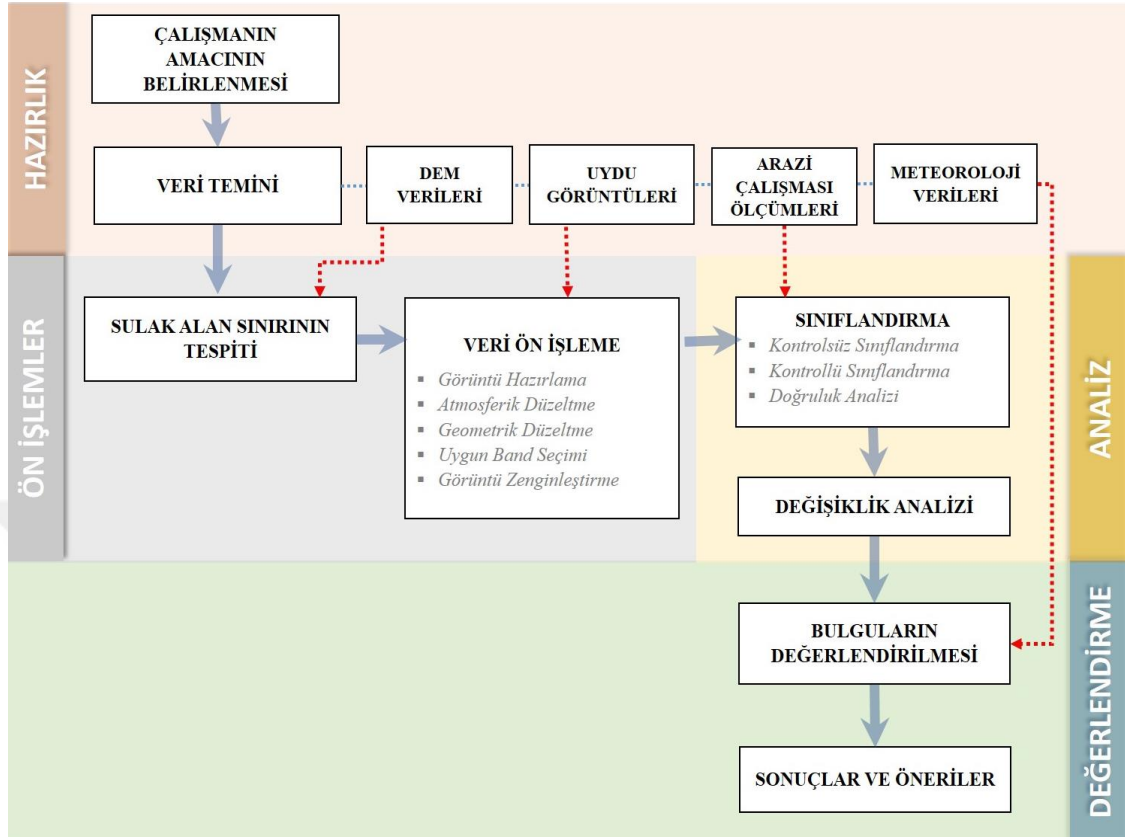
Şekil 3.7. Saha çalışmasında gözlenen farklı arazi özellikleri

3.1.4. Kullanılan yazılımlar

Uydu görüntülerinin analizinde ENVI 5.1 görüntü işleme programı, DEM verilerinden çalışma alanının üç boyutlu arazi modelinin oluşturulmasında ve yükseklik değerlerine göre sınıflandırma yapılmasında ESRI ArcMap 10.3.1 programları kullanılmıştır. Uydu görüntülerinde en uygun spektral bantların seçimi aşamasında ise ILWIS 3.3 Academic programı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

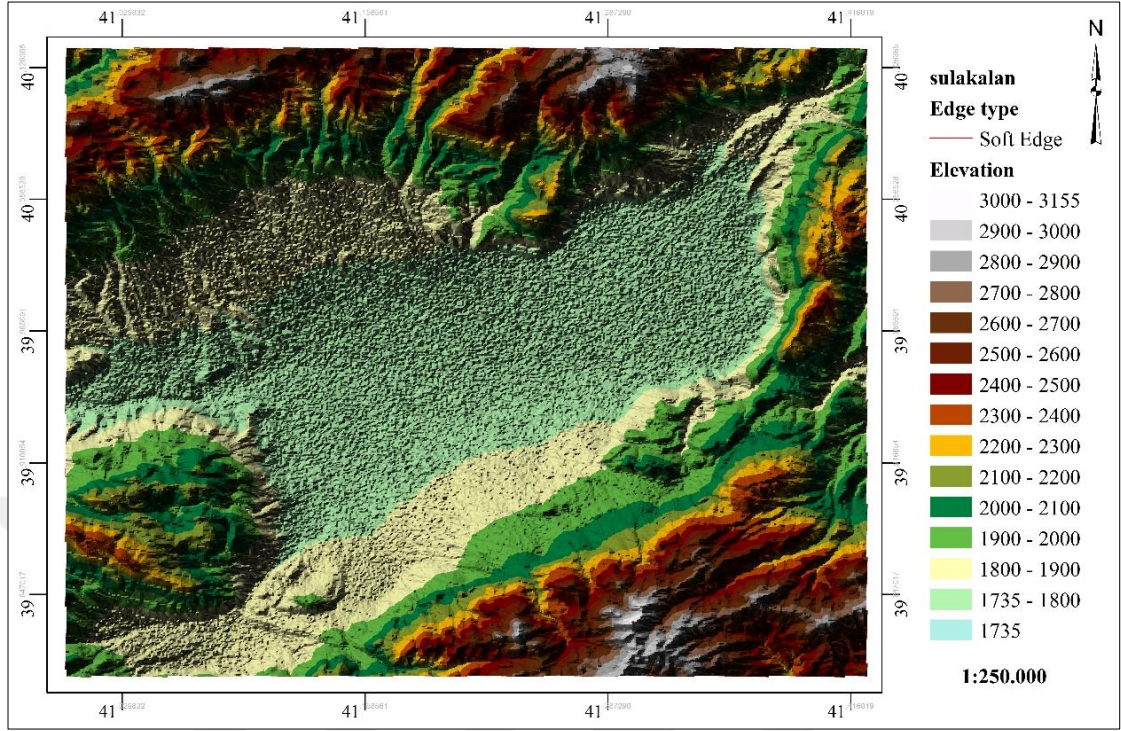
Erzurum Ovası Sulak Alanı'nın 1989-2017 yılları arasındaki yüzey alan değişiminin uzaktan algılama teknikleri kullanılarak tespit edilmesini içeren çalışmada izlenen yöntem çalışma amacına uygun verilerin temininin ardından sulak alanın potansiyel sınırının tespit edilmesi, uydu görüntülerinin ön işlemlerle analize hazır hale getirilmesi, sınıflandırma ve değişiklik analizi ile analiz sonuçlarının yorumlandığı değerlendirme aşamasından oluşmaktadır. Çalışmada uygulanan yöntem şeması Şekil 3.8'de belirtilmiştir.



Şekil 3.8. Araştırmada izlenen yöntem şeması

3.2.1. Sulak alanın sınırının tespiti

Sulak alan sınırı mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Çalışma alanının sınırını belirlemek amacıyla yükseklik verileri kullanılarak ve alanın topoğrafik yapısı incelenerek sulak alanın potansiyel sınırları tespit edilmiştir. Çalışma alanına ait Aster DEM N40E41.hgt ve N39E41.hgt verileri kullanılmıştır. Öncelikli olarak çalışma alanı her iki görüntüyü de içerdiğinden iki görüntü birleştirilmiştir. Elde edilen görüntü çok büyük olduğu için görüntüler çalışma alanı ve çevresini içerecek şekilde kesilmiştir. Elde edilen yeni görüntü “raster to TIN” komutu ile 3 boyutlu haritaya çevrilmiştir. TIN haritası üzerinde arazi yükseklikleri sınıflandırılmış ve her bir sınıf farklı renklerde gösterilmiştir.

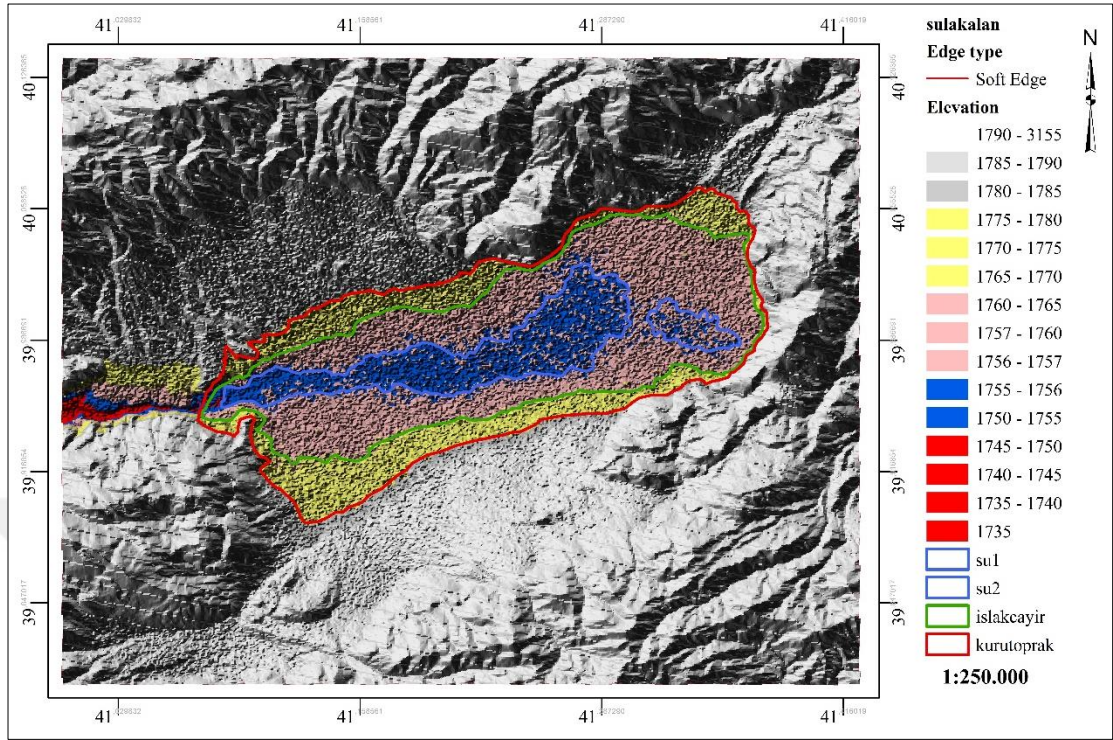


Şekil 3.9. Çalışma alanının üç boyutlu haritası

Arazideki yükseklik değişimlerini daha iyi analiz edebilmek amacıyla 1735-3155 m arasında tespit edilen 15 farklı sınıfın yer aldığı alanın üç boyutlu haritası Şekil 3.9’da görülmektedir. Bu yükseklik sınıfları analiz edilerek sulak alanın potansiyel sınırının belirlenmesinde benimsenen yaklaşım şöyledir:

Erzurum ovasında dere yatağı ve drenaj kanalı tabanı dışında 1750 m kotundan düşük kot bulunmamaktadır. Sulak alanlar havzanın en düşük kotunda ortaya çıkmakta, en düşük kotta derinlik artmaktadır. Erzurum ovasında 1750-1755 m kotları derin su alanlarının görüleceği kotlardır.

1755-1770 m kotlarında ise suya doymun toprak, ıslak çayır ve sazlık alanlar yer almaktadır. Yapılan arazi ölçümlerinde de bu durum doğrulanmıştır. 1770 m’den yüksek kotlarda kuru toprak ölçülmüştür.



Şekil 3.10. Çalışma alanının yükseklik sınıflandırılması ve potansiyel sulak alan sınırı

1750-1756 m arasındaki alanlar su, 1756-1765 m arasındaki alanlar ıslak çayır, 1765-1780 m alanlar ise kuru topraktan oluşan tampon alan olarak sınıflandırılmış ve bu alanların ArcMap programı ile sınırları çizilmiştir (Şekil 3.10).

Erzurum ovası yeraltı suyu bilançosu her yıl 23 hm^3 artmaktadır. Palandöken Barajının kullanılmaya başlanmasıyla sulak alan sınırlarının genişlemesi olasılığı oluşmuştur. Bu durumda potansiyel olarak tampon bölgenin genişlemesi anlamına gelmektedir. Yer altı su seviyesinin yükselmesi yeraltı su rezervinin basıncını göstermektedir. Yeraltı su seviyesindeki rezervin yılda 23 hm^3 artması yeraltı su seviyesini yılda 10 cm arttıracaktır.

Bu öngöründe su alanı, sazlık ve ıslak çayır alanları ve tampon bölge alanlarının sınırları belirlenirken yeraltı sularının drenaj kanalları ile boşaltılmaması durumu ele alınmıştır. Belirlenen sınırlar yıl içerisinde yağış, yeraltı suyu besleme sonucu oluşabilecek en geniş alanlardır.

3.2.2. Uydu verileri ön işleme

Bu çalışmada Landsat TM, ETM+ ve OLI verileri birlikte kullanılmıştır. Her bir uydu görüntüsü ayrı ayrı sınıflandırmaya tabi tutularak sınıflandırma sonrası değişim analizi yapılacağından farklı sensör verilerinin kullanımı sorun teşkil etmemiştir.

Görüntü hazırlık aşamasında 1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri, ENVI 5.1 programı ile bir önceki bölümde belirlenen potansiyel sulak alan sınırları göz önünde bulundurularak kesilmiştir.

Ayrıca 2009 yılına ait Landsat 7 ETM+ görüntüsünde mevcut olan sensör hatalarına bağlı kayıp satırlar, ENVI 5.1 Classic versiyonunda “gapfilling” yöntemi kullanılarak düzeltilmiştir (Şekil 3.11). Bu işlemler sonucunda tüm görüntüler radyometrik düzeltme için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.11. 2009 yılına ait Landsat 7 ETM+ kayıp satır hatalı (solda) ve düzeltilmiş görüntüsü (sağda)

Radyometrik düzeltme

Radyometrik etkilerin giderilmesi amacıyla görüntülerin metadata dosyaları kullanılarak ENVI 5.1 programında radyometrik kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemle

görüntülerin sahip olduğu tüm bandlardaki dijital numara (DN) değerleri TOA (Top of Atmosphere) otomatik olarak radyans değerlerine çevrilmiştir.

Saçılma ve soğurma gibi atmosferik etkileri minimize ederek radyans değerlerini yüzey yansımaya değerlerine çevirmek amacıyla da FLAASH (Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) yöntemi kullanılmıştır. ENVI 5.1 programı içerisinde yer alan FLAASH atmosferik düzeltme komutunda uygun model parametreleri ve uydu görüntüsü özellikleri tanımlanarak hesaplama yapılmıştır. Hesaplama sonucunda bandların spektral yansımaya eğrileri incelenerek sonuçların doğru aralıkta olduğu görülmüştür. FLAASH işlemi sonunda elde edilen yüzey yansımaya değerleri 0-10000 arasında olup Band Math işlemi gerçekleştirilerek yüzey yansımaya değerleri 0-1 aralığına dönüştürülmüştür.

Geometrik düzeltme

Kullanılan Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI görüntüleri USGS resmi sitesinden temin edilmiş LTP1 (Level-1 Geo TIFF) verileridir. Bu görüntüler yer kontrol noktaları ve yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılarak geometrik düzeltmeleri yapıldıktan ve UTM koordinat sistemine getirildikten sonra kullanıcıya sunulmaktadır. Bu nedenle çalışmada kullanılan görüntülere geometrik düzeltme yapılmamıştır.

MNF transform

Atmosferik düzeltme yapılan ve yüzey yansımaya değerlerini içeren uydu görüntülerinin sınıflandırmada kullanılması için atmosferik gürültülerden kurtulması gerekmektedir. Bu amaçla ENVI 5.1 programında Minimum Noise Fraction (MNF) dönüşümü uygulanarak görüntünün gürültü istatistikleri tahmin edilmiş ve bu istatistikler kullanılarak bandlardaki gürültüler giderilmiştir.

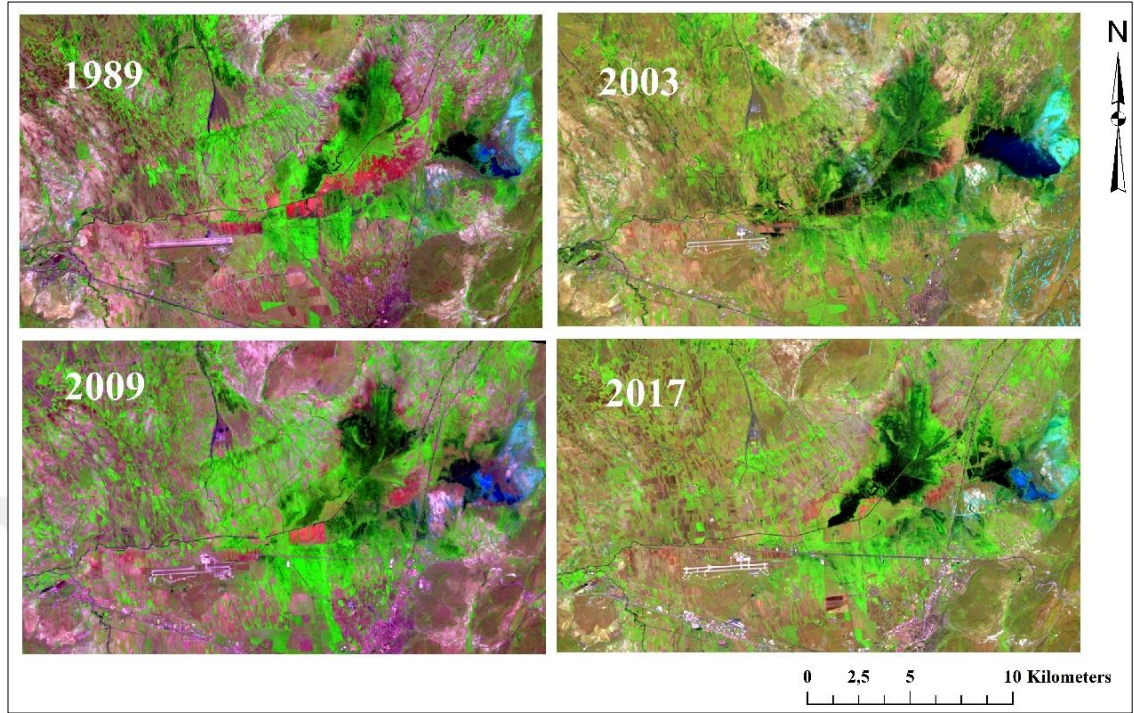
Band seçimi

Sınıflandırma öncesinde çalışma açısından en fazla bilgi elde edebilecek spektral band kombinasyonlarının seçimi için OIF (Optimum Index Factor) hesaplaması yapılmıştır. Bandların korelasyonuna ve standart sapmasına dayanan bu hesaplama için ILWIS 3.3 görüntü analiz programı kullanılmış, her görüntüdeki bandlar ayrı ayrı tif formatında kaydedilerek birleştirilmiş ve korelasyon matrisleri oluşturulmuştur. Her bir görüntü için belirlenen en iyi üç band kombinasyonu Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. OIF hesaplamasına göre en uygun band sıralaması, RGB

Sıra	1989 Landsat 5 TM	2003 Landsat 7 ETM+	2009 Landsat 7 ETM+	2017 Landsat 8 OLI
1	b7/b4/b3 (208.61)	b7/b4/b1 (98.36)	b7/b4/b3 (346.14)	b7/b5/b1 (142.97)
2	b7/b4/b1 (200.63)	b7/b4/b3 (94.92)	b7/b4/b1 (324.18)	b7/b5/b2 (141.63)
3	b7/b4/b2 (185.89)	b7/b4/b2 (94.69)	b4/b3/b1 (299.35)	b7/b5/bd4 (136.18)

Buna göre 1989 yılı için 7,4,3; 2003 ve 2009 yılları için 7,4,1 ve 2017 yılı için de 7,4,2 band kombinasyonları kullanılmıştır (Şekil 3.12). Doğala yakın bir görünüm ve birbirlerine benzer özellikler sunan bu kombinasyonlarda sağlıklı bitkiler açık ve parlak yeşil renkte görünmektedir. Çayırılık alanlar yeşil olarak öne çıkarken boş arazi veya çıplak topraklar pembe renktedir. Kuru bitkisel alanın turuncu görüldüğü bu kombinasyonda su mavi ve sulakalanlar da siyaha yakın görünmektedir. Bu band kombinasyonları su ve kara sınırlarının ayırt edilmesinde başarılı olduğundan sulakalan çalışmalarında yaygın kullanılmaktadır.

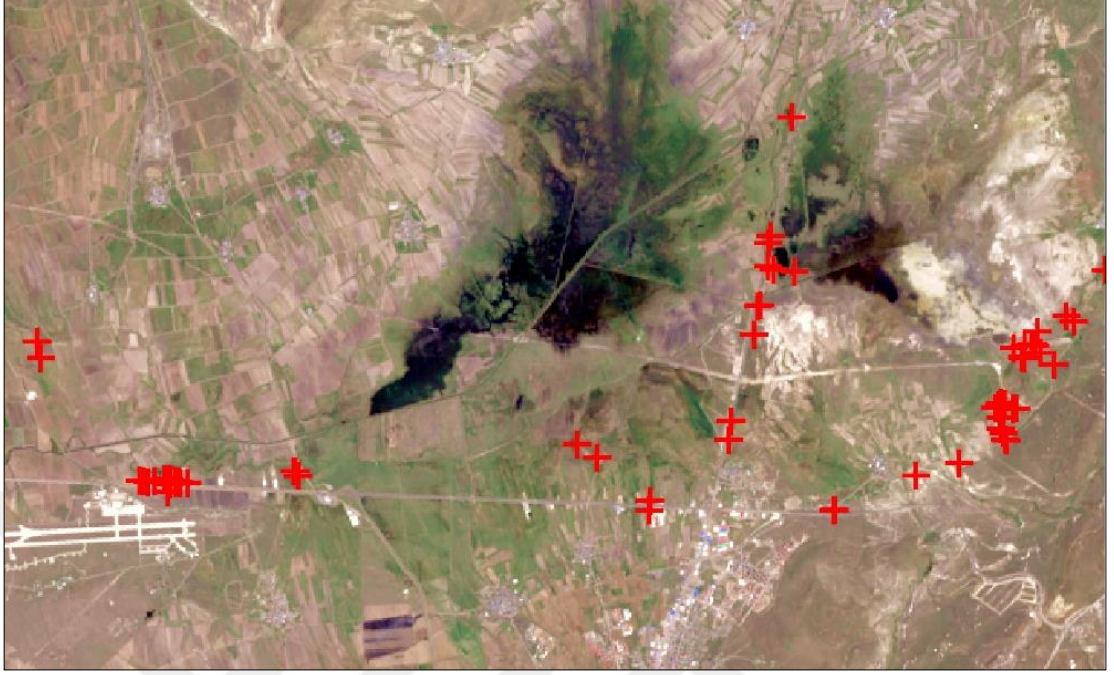


Şekil 3.12. Kullanılan band kombinasyonları

Arazi çalışmaları

İlk aşamada çalışma alanı hakkında bilgi edinme amacıyla arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. El tipi GPS cihazı kullanılarak farklı alanlara ait koordinatlar ölçülmüş, alan kullanım bilgileri not edilmiş ve bu alanlar fotoğraflanmıştır. Burada amaç sınıflandırma öncesinde arazide gözlemi yapılan maddelerin sınıflarının doğru belirlenmesidir. İkinci aşamada sınıflandırma sonrasında elde edilen sınıfların gerçek ile uyumunun kontrolü amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarında toplam 67 ayrı noktadan veri toplanmıştır. Her bir veri noktasına ait veri kayıt formu doldurulmuş ve fotoğraflar çekilmiştir. 30 Nisan ve 5 Haziran 2016 tarihlerinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarından elde edilen veriler ArcMap Programı ile sayısallaştırılmıştır (Şekil 3.13).

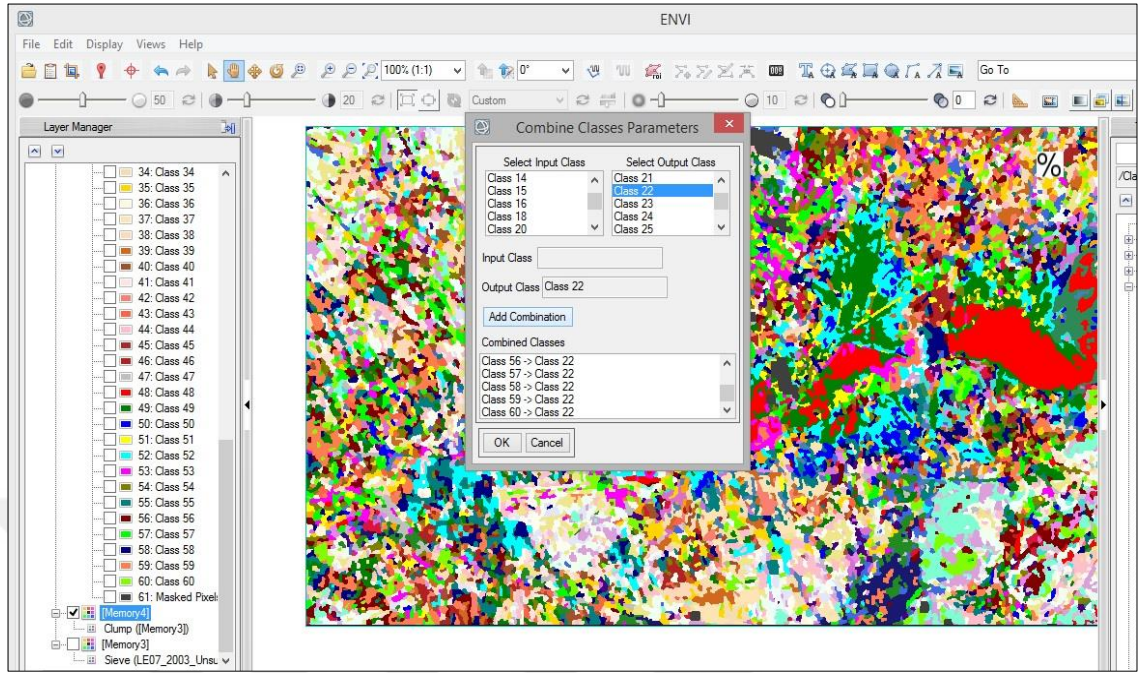


Şekil 3.13. Arazi çalışmasında GPS okuması yapılan noktalar

3.2.3. Kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma

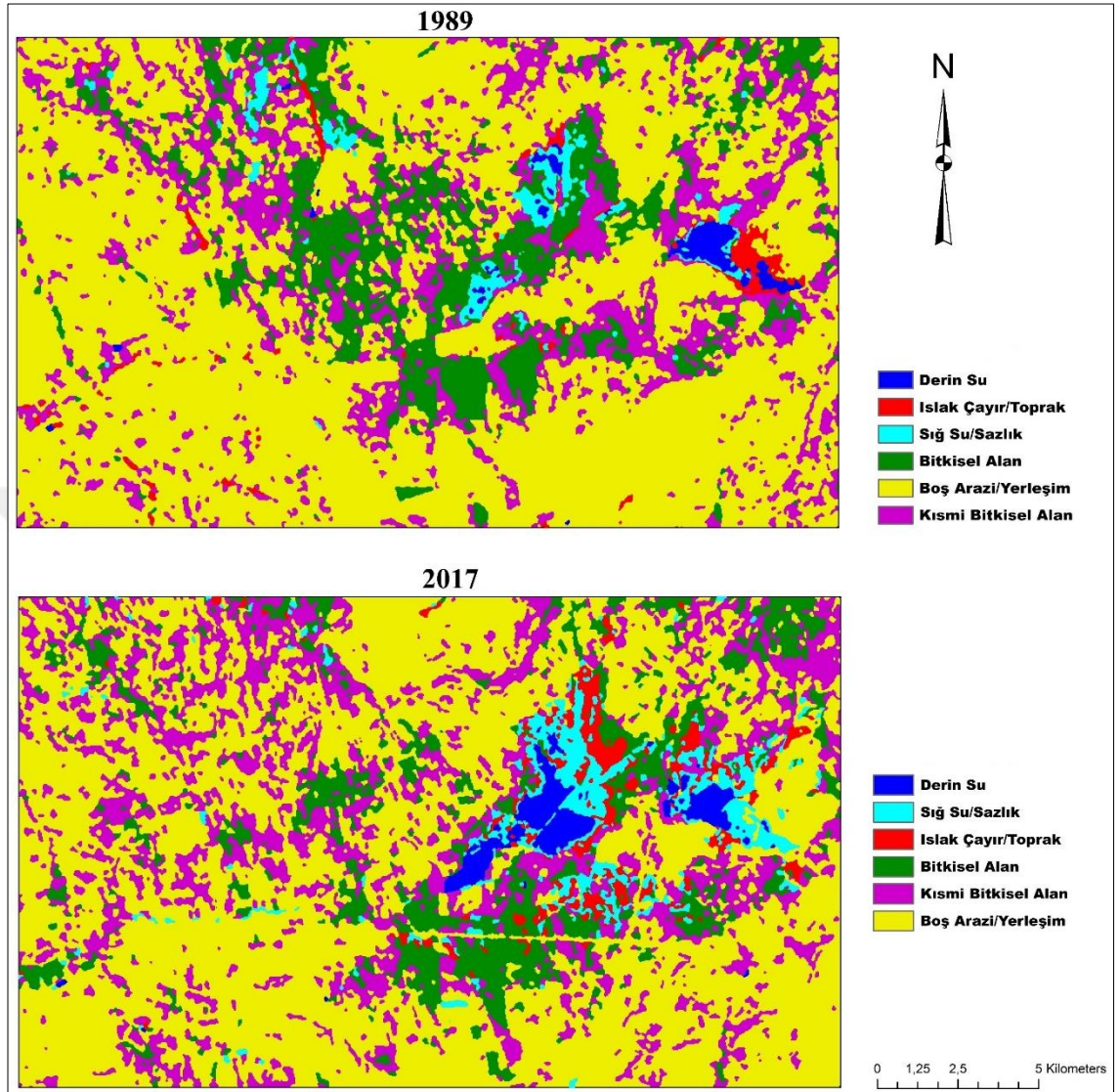
Sulak alanın yüzey olarak kapladığı alanının ve çevresinin arazi durumunun belirlenmesi amacıyla iki aşamalı sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Kontrolsüz sınıflandırma öncesinde sonuçların doğruluğunu etkilememesi amacıyla sadece 2003 yılı görüntüsünde yer alan hafif bulutluluk etkisi giderilmiştir. Bunun için Landsat görüntüsüne ait kalite değerlendirme bandı (BQA) kullanılarak bulut maskesi yapılmış ve bu alanlar sınıflandırılacak görüntüden çıkarılmıştır.

Kontrolsüz sınıflandırmada ilk olarak 1989, 2003, 2009 ve 2010 yıllarına ait görüntüler 741 ve 743 band kombinasyonlarında açılmış ve ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) algoritması kullanılarak 60 sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra hava fotoğrafları, arazi çalışması sonuçları ve Google Earth görüntüleri gibi yardımcı veriler kullanılarak benzer sınıflar birleştirilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Kontrolsüz sınıflandırmada sınıfların birleştirilmesi

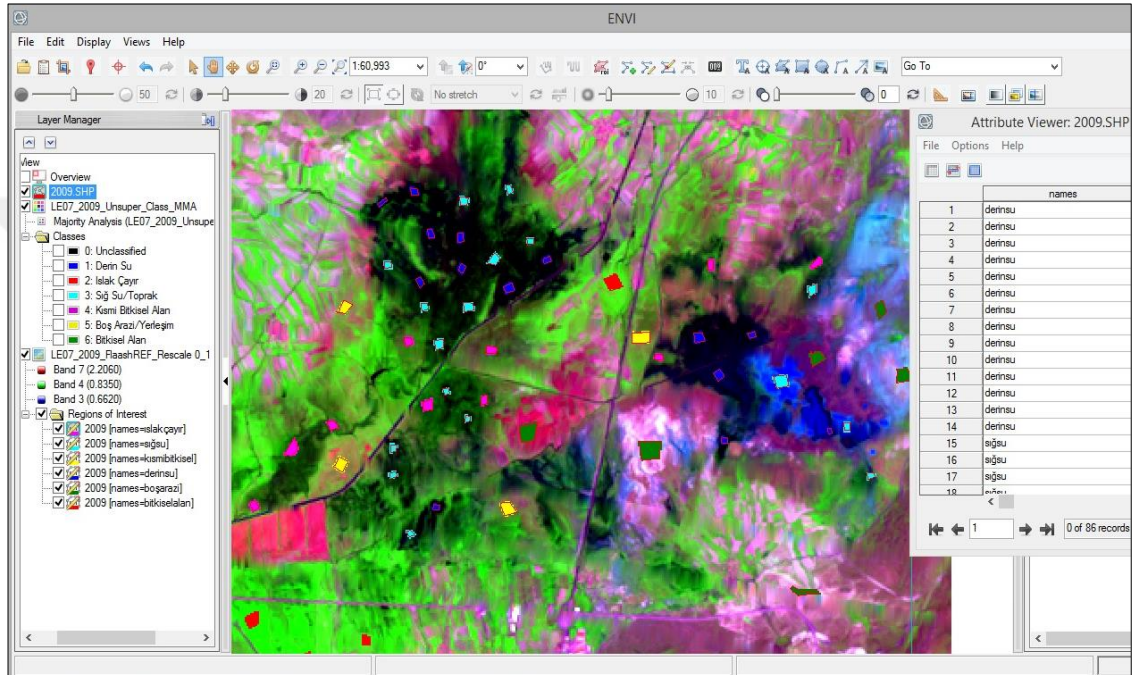
Birleştirilen benzer sınıflar “derin su, sığ su/sazlık, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan, kısmi bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim” olarak 6 ayrı kategoride tanımlanmıştır. Elde edilen bu sınıflar araziye yönelik ön bilgi edinilmesi ve eğitim sınıflarının oluşturulmasında kullanılmıştır. Çalışmada kontrolsüz sınıflandırma yapılarak elde edilen nihai sınıfların görünümü 1989 ve 2017 yılları için Şekil 3.15’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.15. Kontrolsüz sınıflandırmada 1989 ve 2017 yıllarına ait birleştirilmiş nihai sınıflar

Kontrollü sınıflandırma öncesinde kontrolsüz sınıflandırma sonucunda tanımlanan sınıflar ve arazi çalışmasında Garmin GPSMap el tipi GPS aleti ile ölçüm yapılan noktalar gözönünde bulundurularak eğitim sınıfları oluşturulmuştur. Görüntüler üzerinde “derin su, sığ su/sazlık, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan, kısmi bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim” sınıflarının her biri için en az 15 poligon tanımlanarak örnek pikseller toplanmış ve ROI (Region of Interest) aracı kullanılarak eğitim veri dosyası haline getirilmiştir. Eğitim veri dosyaları kullanılarak 1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait ön işleme tabi tutulmuş uydu görüntüleri En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) yöntemi ile kontrollü olarak

sınıflandırılmıştır. Sulak alandaki değişimin daha net algılanması açısından elde edilen sınıflardan bitkisel alan ile kısmi bitkisel alan birleştirilerek derin su, sıg su/sazlık, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim sınıfları nihai sınıflar olarak düzenlenmiştir.



Şekil 3.16. 2009 yılı görüntüsü için eğitim sınıflarının oluşturulması

3.2.4. Doğruluk analizi

Çalışmada 1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait görüntüler hem kontrolsüz ve hem de kontrollü sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırma işleminin başarısının ölçülmesi amacıyla her iki yöntem için doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizinde sınıflandırma sonucunda belirlenen sınıflara ait piksel değerleri ile arazi üzerinden belirlenen referans noktalarına ait piksel değerleri karşılaştırılır. Arazi gerçekliğini temsil edecek referans verileri alanın Google Earth görüntüsü ve arazi çalışmaları sırasında ölçüm yapılan noktalar kullanılarak belirlenmiştir. Derin su, sıg su, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan, kısmi bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim olmak üzere 6 farklı sınıf için görüntü üzerinden her bir sınıf en az 15 referans verisi içerecek şekilde toplam 140 nokta

tanımlanarak doğrulama seti oluşturulmuştur. 1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma görüntüleri doğrulama setleri kullanılarak ENVI 5.1 programında analiz edilmiştir. Her sınıf için doğruluk yüzdesi, genel doğruluk oranı ve hata derecesini belirten Kappa katsayısı hesaplanmıştır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Sınıflandırma doğruluk oranları ve Kappa katsayısı

	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı
Kontrolsüz Sınıflandırma		
1989	91,74	0,88
2003	95,78	0,94
2009	99,55	0,99
2017	96,08	0,93
Ortalama	95,79	0,94
Kontrollü Sınıflandırma		
1989	97,55	0,96
2003	98,18	0,97
2009	98,15	0,97
2017	95,63	0,93
Ortalama	97,38	0,96

Genel doğruluk oranları incelendiğinde; en düşük doğruluk oranının %91.74 ile 1989 yılına ait kontrolsüz sınıflandırmaya ait olduğu görülmektedir. Kontrollü sınıflandırmada ise en düşük doğruluk oranı %95,63 ile 2017 yılına ait sınıflandırmada görülmektedir. Sınıflandırma doğruluğunun diğer bir göstergesi Kappa katsayısı incelendiğinde ise kontrollü sınıflandırmada daha iyi sonuç alındığı görülmektedir. Her iki yöntemde de Kappa katsayısının yüksek olması sınıflandırmanın başarılı olduğunu göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Erzurum Ovası Sulak Alanı yıl içinde ovanın düşük kotlarında yağışların arttığı ve kar erimelerinin başladığı Nisan ve Mayıs aylarında ortaya çıkan ve yeraltı su kaynaklarından beslenen mevsimsel bir sulak alandır. Bu çalışmada yıl içinde yüzey alanı sürekli değişen sulak alanın 1989 ve 2017 yılları arasındaki dönemde geçirdiği değişim incelenmiş ve bu değişimin olası nedenleri araştırılmıştır. Bu dönemdeki değişimi tespit etmek amacıyla çalışmada farklı yıllara ait uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve bu sınıfların karşılaştırılması yaklaşımı izlenmiştir.

4.1. Sınıflandırma Sonuçları

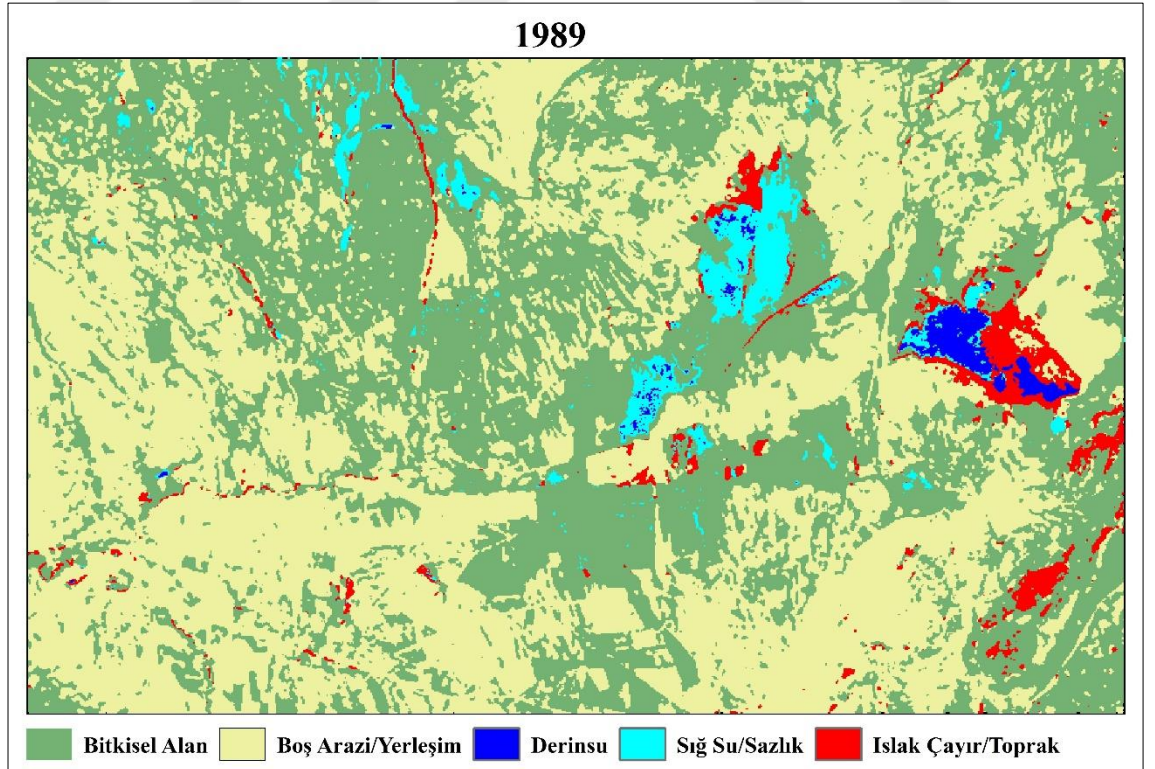
1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntülerinden kontrollü sınıflandırma yöntemi ile derin su, sığ su/sazlık, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim sınıfları elde edilmiş ve bu alanların büyüklükleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Elde edilen bu sınıflardan sulak alanın yapısını oluşturan derinsu, sığ su/sazlık suya doymuş ıslak çayır veya ıslak toprak alanlar incelendiğinde uzun dönemde önemli değişiklikler olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Sulak alan ve çevresinin yüzey alan büyüklükleri

Yıllar	Derin Su (ha)	Sığ Su /Sazlık (ha)	Islak Çayır /Toprak (ha)	Bitkisel Alan (ha)	Boş Arazi /Yerleşim (ha)
1989	292,59	1 005,03	950,76	17 233,38	19 133,10
2003	899,01	1 683,99	1 888,02	13 752,90	20 392,11
2009	448,20	952,02	2 089,08	15 552,00	19 575,45
2017	639,72	775,71	1 437,39	18 675,54	17 088,39

4.1.1. 1989 yılında alanın durumu

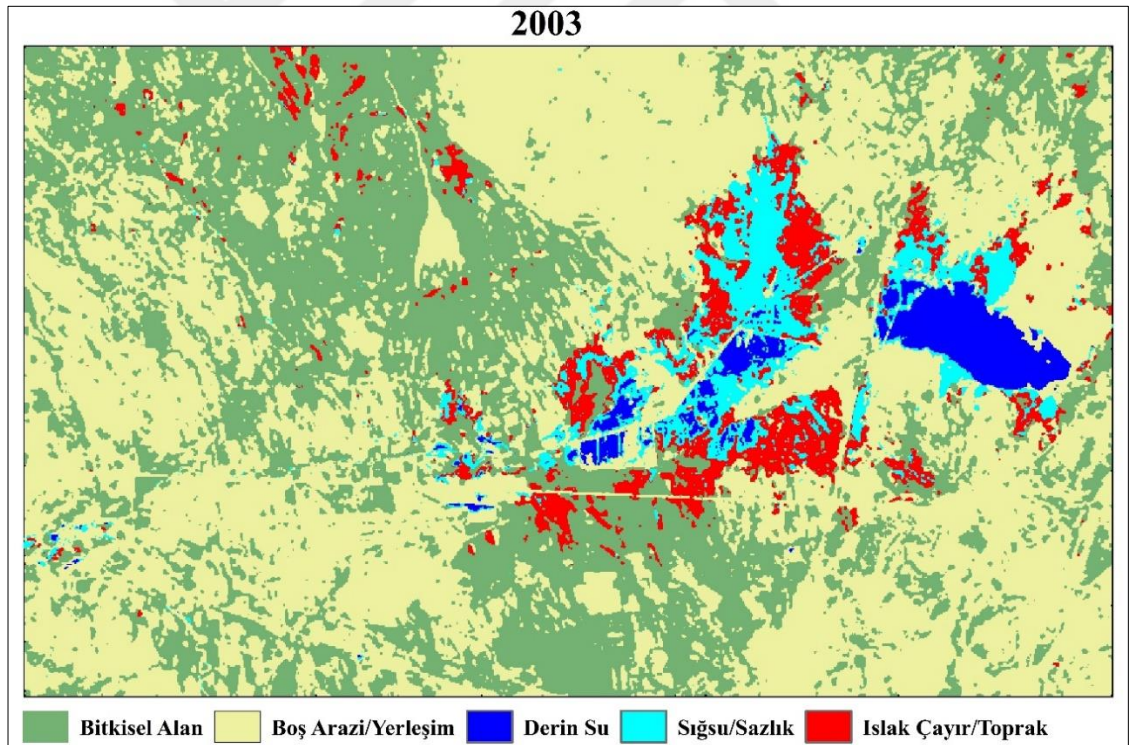
1 Mayıs 1989 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının verildiği Şekil 4.1'e ve Çizelge 4.1'e göre sulak alanın 292,59 ha'lık bölümü derin su özelliğinde olup bu alanlar ilgili şekilde koyu mavi renk ile gösterilmiştir. Artvin karayolu tarafından ikiye ayrılan sulak alanın Çayırtepe olarak adlandırılan bölümünde derin su alanları daha yoğundur. Derin su çevresinde oluşan sığ su ve sazlıklar ise 1 005,3 ha'lık bir alanı kaplamaktadır. Açık mavi renk ile gösterilen sığ su ve sazlık alanlar ayrıca kotun çevresine göre düşük olduğu çukur alanlarda ve Karasu Nehri boyunca da görülmektedir. Sulak alanın en dış bölümünde ise 950,76 ha'lık suya doymun ıslak çayır veya ıslak toprak alanlar yer almaktadır. Kırmızı renk ile gösterilen bu alanlar da yoğun olarak sulak alanın Çayırtepe bölümünde derin su çevresinde bulunmaktadır. Sulak alan çevresinde 17 233,38 ha'lık bitkisel alan yer alırken yerleşim ve boş araziden oluşan diğer alanların büyüklüğü ise 19 133,10 ha'dır.



Şekil 4.1. 1989 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

4.1.2. 2003 yılında alanın durumu

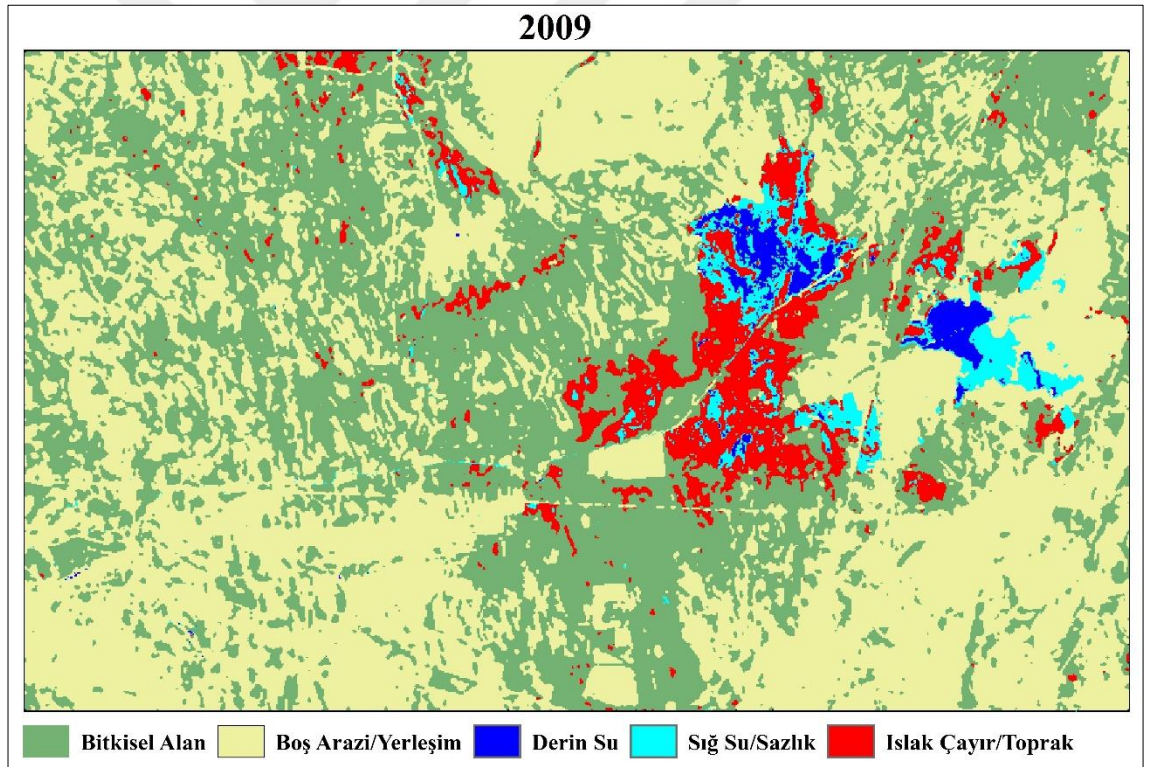
30 Nisan 2003 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen sınıflar ve bu sınıflara ait alanlar Şekil 4.2 ve Çizelge 4.1’de verilmiştir. Buna göre; sulak alanın 899,01 ha’lık bölümünü derin su oluşturmaktadır. Yoğun olarak Çayırtepe kısmında yer alan derin su alanları yolun sol kısmında da belirgin şekilde görülmektedir. 1683,99 ha büyüklüğündeki sığ su ve sazlıklar ise derin suyu çevrelemektedirler. Suya doymun ıslak çayır ve ıslak toprak alanlar 1 888,2 ha ile sulak alanın en geniş bölümünü oluşturmaktadır. Sığ su ve sazlıkların çevresinde oldukça geniş bir alana yayılmış olan ıslak çayır ve ıslak toprak alanları havaalanı yolunun alt kısmında görülmektedir. Sulak alanı çevreleyen bitkisel alanlar 13 752,90 ha iken yerleşim ve boş araziler ise 20 392,11 ha büyüklüğündedir.



Şekil 4.2. 2003 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

4.1.3. 2009 yılında alanın durumu

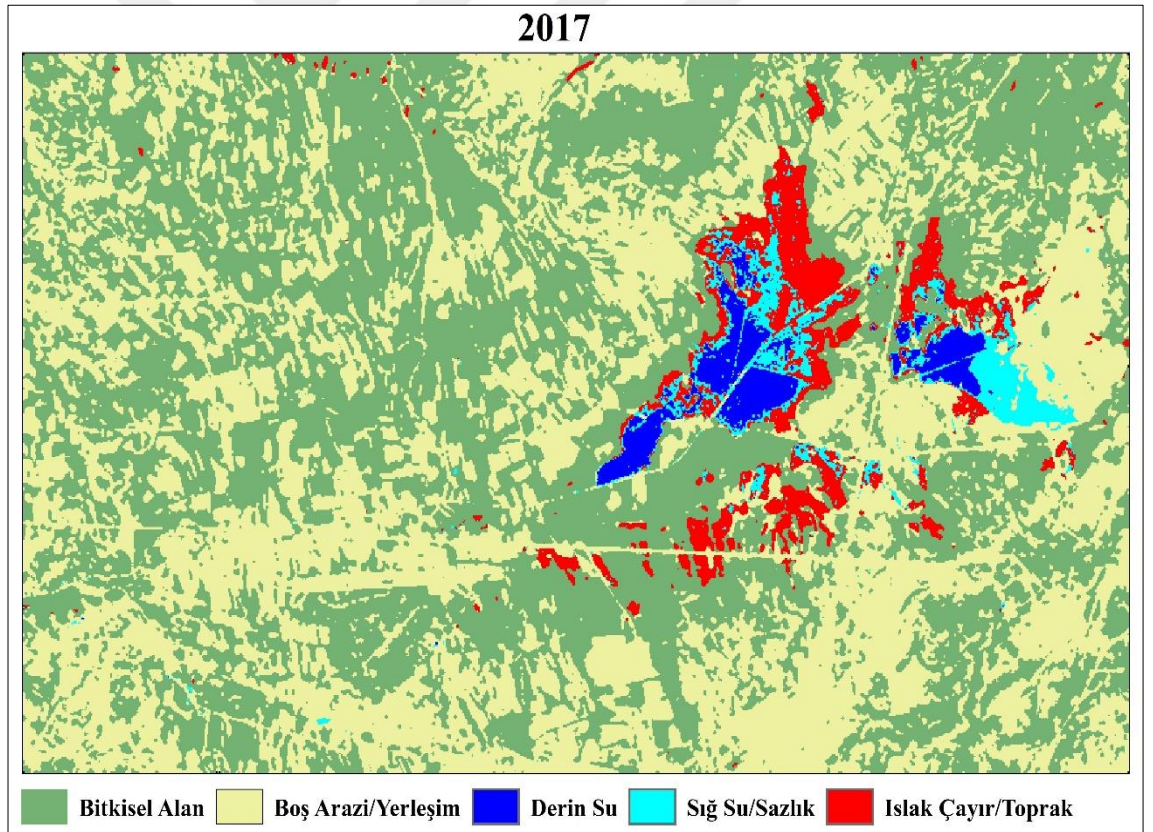
16 Mayıs 2009 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen sınıflandırma sonuçlarına ait Şekil 4.3 ve Çizelge 4.1 incelendiğinde; derin su niteliğindeki alanların Artvin karayolunun doğusunda ve batısında olmak üzere toplam 448,20 ha olduğu görülmektedir. Derin suyun çevresinde görülen sığ su ve sazlıklar ise 952,02 ha'lık bir alanı kapamaktadır. Sulak alanın en geniş kısmını 1 888,2 ha ile suya doymun ıslak çayır ve ıslak toprak alanlar oluşturmaktadır. 2009 yılı sınıflandırma sonuçlarında derin ve sığ su alanlarının sulak alanın kuzeyine doğru kayması dikkat çekicidir. Sulak alan çevresindeki bitkisel alan büyüklüğü 15 552 ha iken yerleşim ve boş arazilerin kapladığı alan 20 392,11 ha'dır.



Şekil 4.3. 2009 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

4.1.4. 2017 yılında alanın durumu

28 Nisan 2017 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen sınıflandırma sonuçları incelendiğinde Şekil 4.4 ve Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere sulak alanın %22’lik bölümü derin sudan oluşmaktadır. Toplam 639,72 ha büyüklüğündeki derin su alanlarının büyük bölümü karayolunun batısında yer almaktadır. Sığ su ve sazlık alanların kapladığı alan ise 775,71 ha olup Çayırtepe kesiminde yoğunlaşmıştır. Islak çayır ve ıslak toprak özelliğindeki alanlar ise 1 437,39 ha ile yine sulak alanın en geniş kısmını oluşturmaktadır. Sulak alan çevresindeki bitkisel alan büyüklüğü 18 675,54 ha iken yerleşim ve boş arazilerin kapladığı alan 17 088,39 ha’dır.



Şekil 4.4. 2017 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

4.2. Yıllara Göre Yüzeysel Alan Değişimi

1989, 2003, 2009 ve 2017 yıllarına ait ayrı ayrı sınıflandırılmış görüntüler karşılaştırıldığında sulak alanı oluşturan derin su, sığ su/sazlık ve ıslak çayır/toprak yapılarının birbirinden farklı olarak değişime uğradığı görülmektedir (Şekil 4.5). Çizelge 4.2’de verilen sınıf alanlarına göre sulak alanın derin su kısmı 1989 yılında en dar alana sahip iken 2003 yılında oldukça genişlemiş ve incelenen yıllar içerisindeki en geniş alana ulaşmıştır. 1989 yılında derin su niteliğindeki alanlar, Çayırtepe kısmında yoğunlaşırken, 2003 yılında hem bu bölümde hem de yolun batısında kalan Müdürge’nin güneyine doğru genişlemiştir. Yıllara göre alanın değişiminin seyri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de görülmektedir.

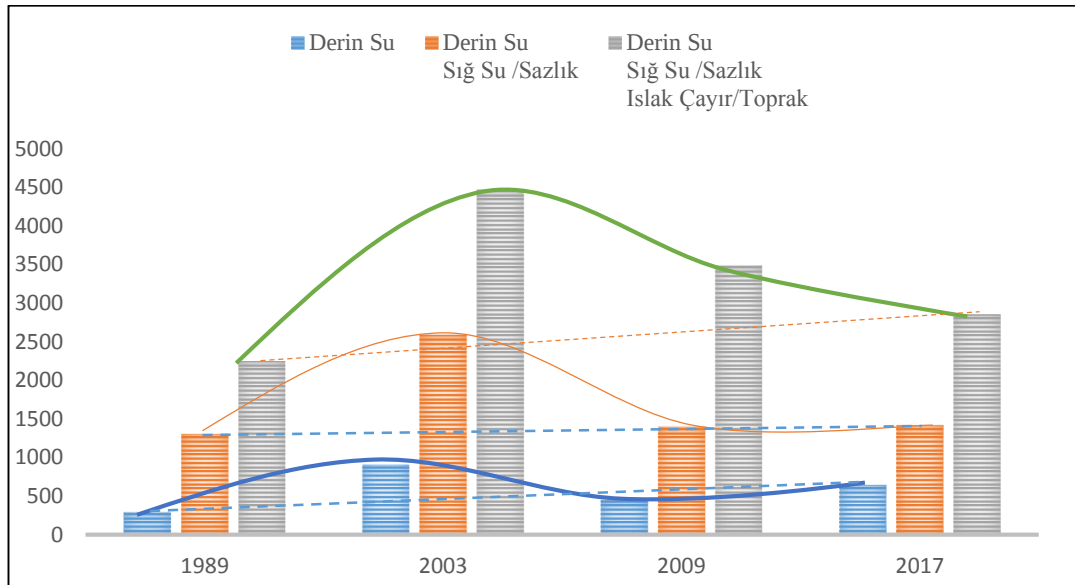
Çizelge 4.2. Sulak alan derin su, sığ su/sazlık ve ıslak çayır/toprak alan büyüklükleri

	Derin Su (ha)	Derin Su Sığ Su /Sazlık Toplamı (ha)	Derin Su Sığ Su /Sazlık Islak Çayır/Toprak Toplamı (ha)
1989	292,59	1 297,62	2 248,38
2003	899,01	2 583,00	4 471,02
2009	448,20	1 400,22	3 489,30
2017	639,72	1 415,43	2 852,82

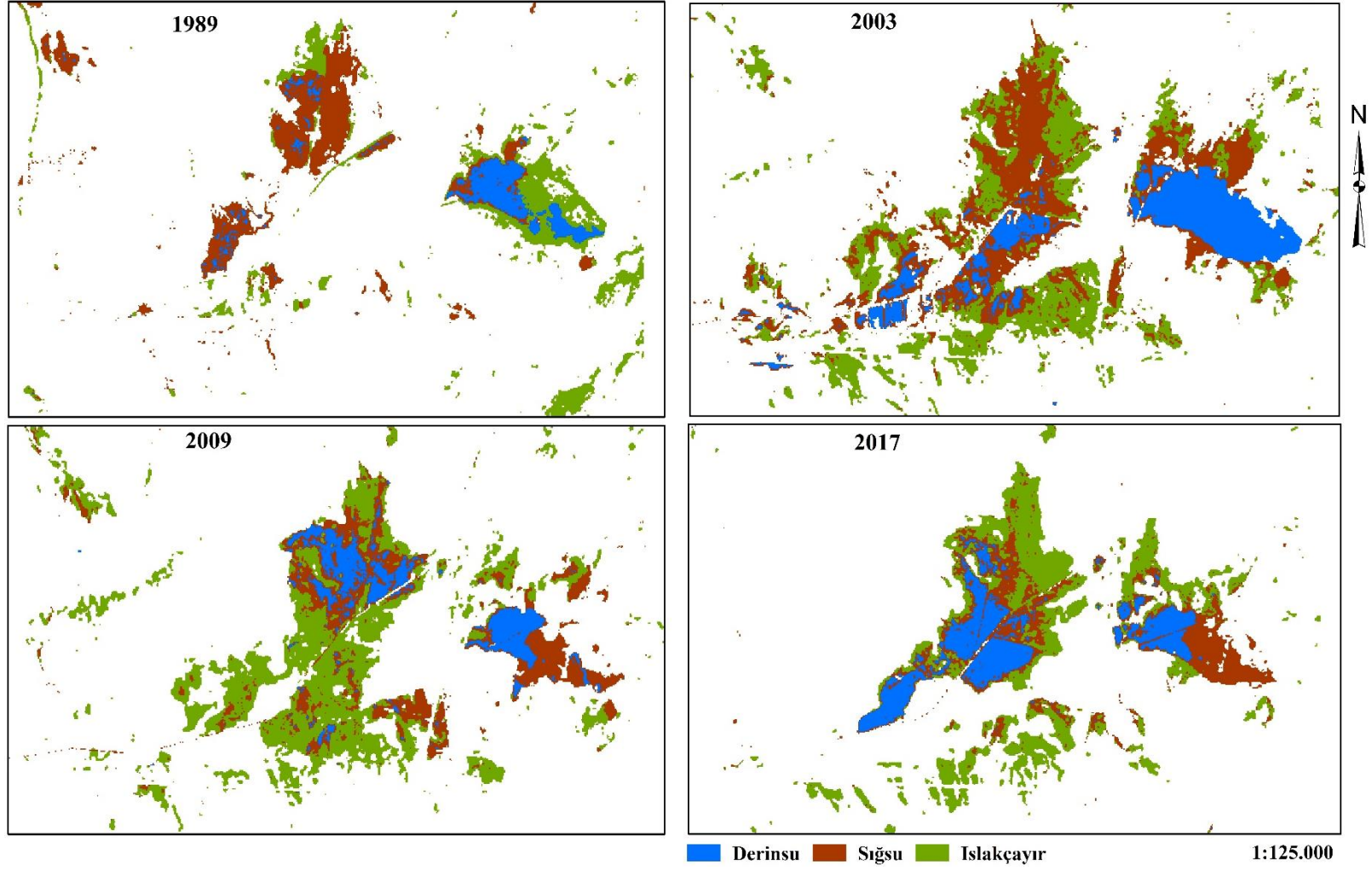
2009 yılında derin su alanlarında 1989 yılına göre %53,18’lük bir büyüme gözlenirken, benzer şekilde 2009-2017 yılları arasında da %42,73’lük artış meydana gelmiştir. 1989-2017 yılları arasındaki uzun dönem yüzey alan değişimi incelendiğinde sulak alanın derin su kısmının artış eğiliminde olduğu ve 28 yıllık dönemde %118,64 oranında genişlediği görülmektedir. Derin su alanlarındaki genişleme mekansal olarak değerlendirildiğinde; Çayırtepe sulak alanında derinsu alanlarının daraldığı, bunun yanında Müdürge sulak alanının güneyine doğru derin suyun genişlediği görülmektedir.

Sulak alanın derin su ve çevresindeki sığ su/sazlık bölümlerden oluşan yüzey alanının değişimine bakıldığında uzun dönemde kademeli bir artış olduğu görülmektedir. 2003 yılında 2 583 ha ile en yüksek değere ulaşan derin su, sığ su ve sazlıkların toplam yüzey alanı 1989-2009 ve 2009-2017 yılları arasında sırasıyla %7,91 ve %1,09 büyümüştür. Son olarak derin su, sığ su/sazlık ve ıslak çayır/topraktan oluşan sulak alanın toplam büyüklükleri yıllara göre karşılaştırıldığından 1989-2009 yılları arasında %55,19 oranında artış görülürken 2009-2017 yıllarında ise ıslak çayır/toprak alanlarındaki azalmaya bağlı olarak sulak alan toplam alanında %18,24 oranında daralma meydana gelmiştir.

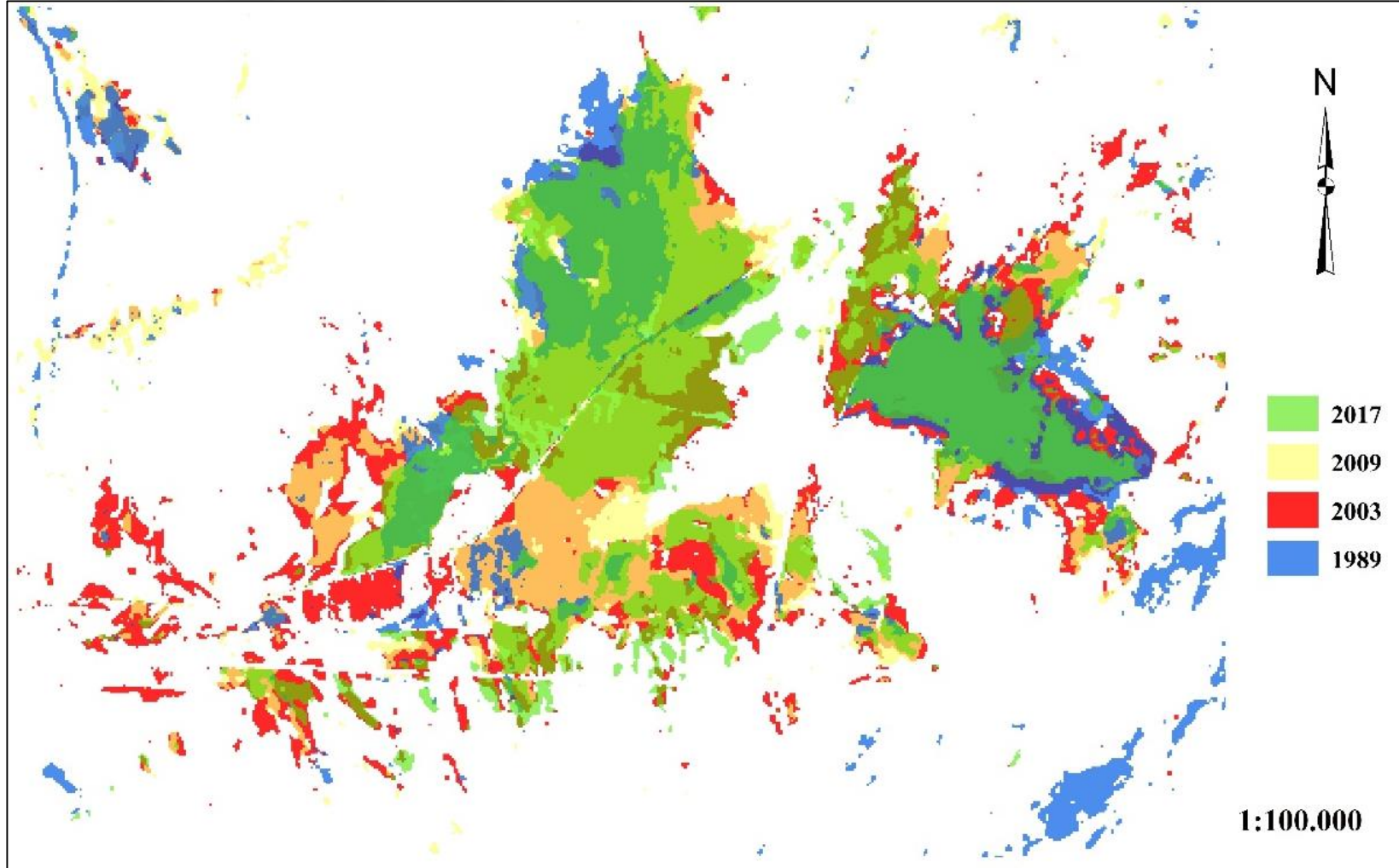
Yıl bazlı yapılan değişim analizlerine göre; 1989-2017 yıllarını kapsayan 28 yıllık dönemde toplam sulak alan yüzeyi %26,88 oranında genişlemiştir. Ancak bu genişleme yıllara göre doğrusal olarak gerçekleşmemiştir. 2003 yılında sulak alanın derin su, sığ su/sazlık, ıslak çayır/toprak kısımlarının her biri ve toplam sulak alanın yüzey alanı incelenen yıllara göre en yüksek değerlere ulaşmıştır.



Şekil 4.5. Sulak alan yüzey alanı değişiminin seyri



Şekil 4.6. Sulak alan yüzey alan değişiminin görünümü

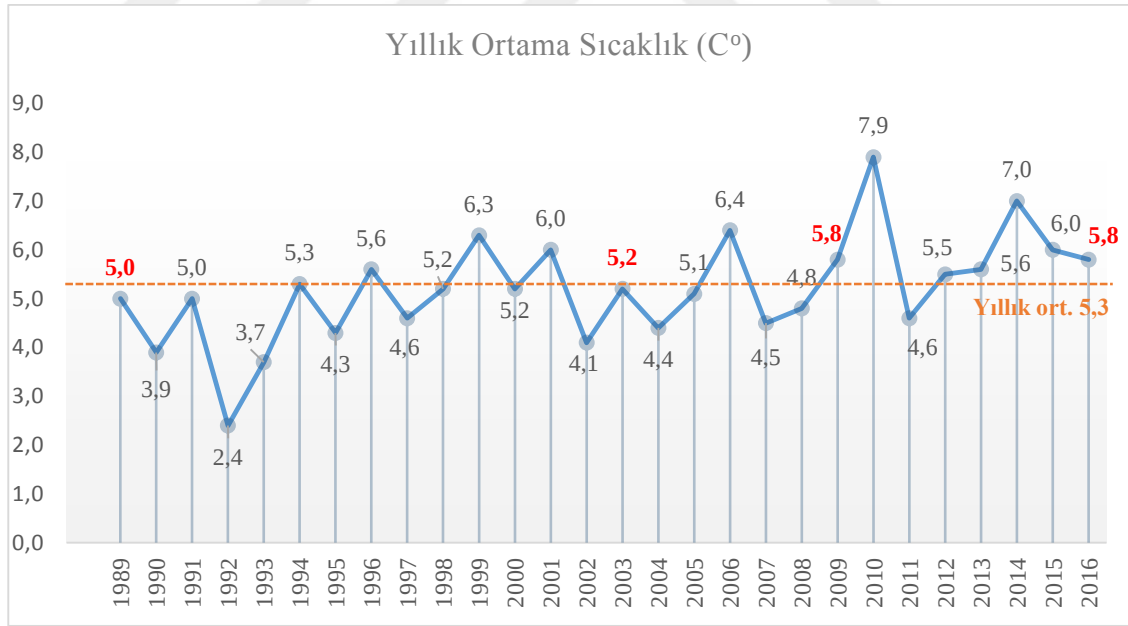


Şekil 4.7. Sulak alanın yüzey alan değişiminin yıllara göre birlikte değerlendirilmesi

4.3. Çalışma Alanı ve Periyodu İçerisindeki Meteorolojik Verilerin Analizi

Sulak alan sistemleri dinamik hidrolojik yapılar olup iklim verilerinin değişikliği mevsimsel ve yıl bazında sulak alanın su seviyesinde ve yüzey alan büyüklüğünde önemli artış ve azalmalara sebep olmaktadır. Bu doğrultuda 1980-2016 yılları arasında sıcaklık, yağış ve nisbi nem verilerindeki değişimin sulak alanın kapladığı yüzey alanına etkisinin tespiti amacıyla iklim verileri analiz edilmiştir.

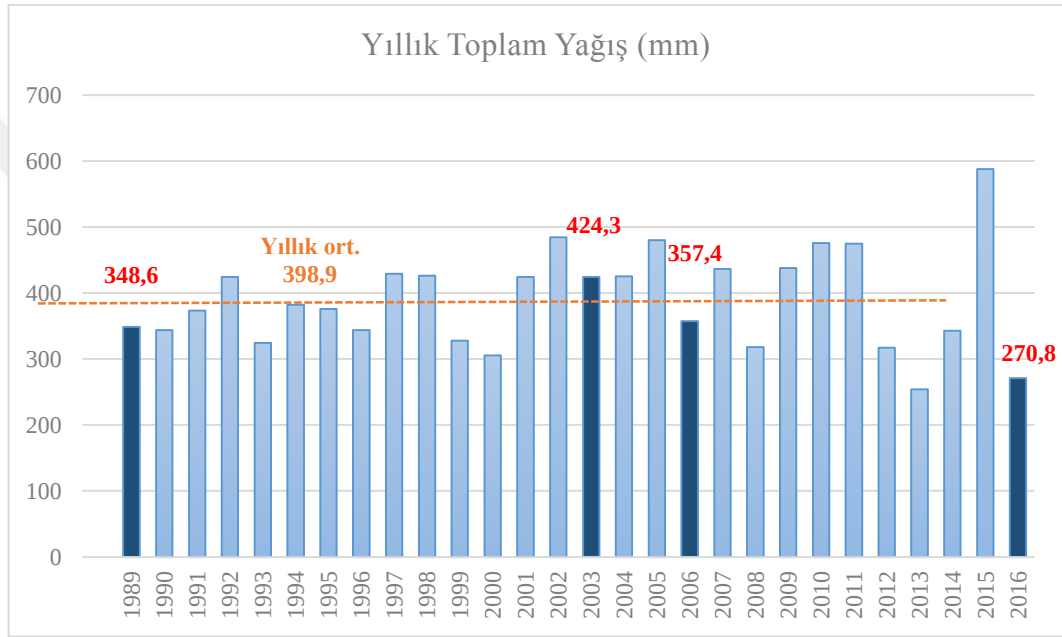
Değişimin incelendiği dönemde yıllık ortalama sıcaklık $5,3^{\circ}\text{C}$ olarak gerçekleşmiş olup inceleme yıllarındaki sıcaklık verileri incelendiğinde bu ortalama değere göre aşırı bir artış ya da düşüş yaşanmadığı görülmektedir. 1989 ve 2003 yıllarında yıllık ortalama sıcaklık tüm yılların ortalamalarına çok yakın seyrederken 2009 ve 2016 yıllarında ise ortalamanın biraz üzerinde oluşmuştur (Şekil 4.8) .



Şekil 4.8. Uzun dönem sıcaklık verilerinin değişimi

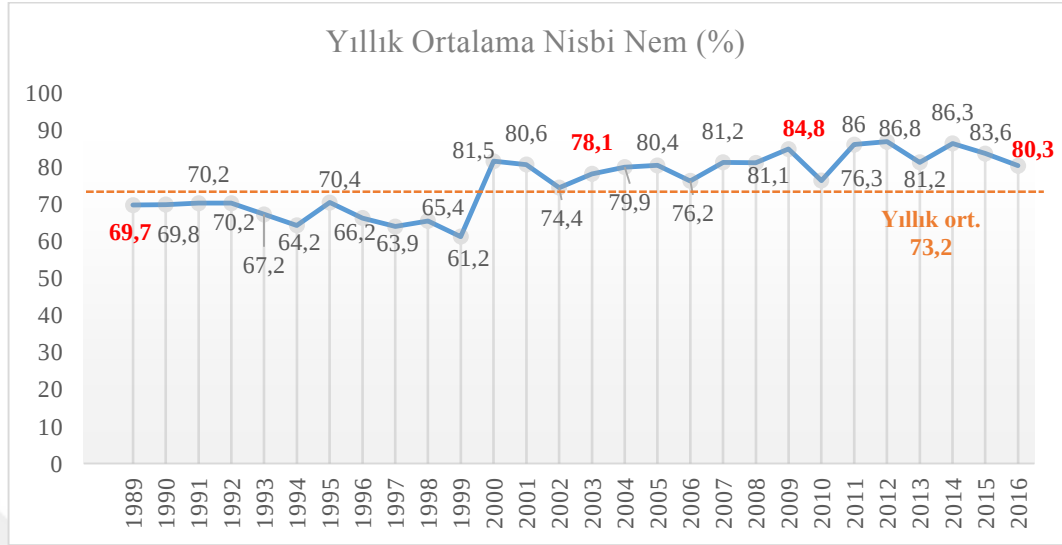
Sulak alanın su rezervini ve yüzeysel alanının büyüklüğünü etkileyen en önemli iklim elemanlarından yağış verilerinin uzun dönem değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir. 1989-2016 yılları arasında yıllık ortalama yağışın 398,9 mm olarak ölçüldüğü alanda inceleme

yılları 1989, 2009 ve 2016’da uzun dönem ortalamasının altında yağışlar görülmüştür. Sulak alan yüzey alanının en geniş sınırlara ulaştığı 2003 yılında ise ortalamanın üzerinde 424,3 mm yağış görülmektedir. İnceleme yılları içerisinde en düşük yağış ise 2016 yılında 270,8 mm değeri ile gerçekleşmiştir. Yıllara göre oldukça değişkenlik göstermekle birlikte yıllık alınan ortalama yağış değerlerinde önemli bir artış ya da azalma eğilimi görülmemektedir.



Şekil 4.9. Uzun dönem yağış verilerinin değişimi

Yüzey alanı değişimini doğrudan etkileyen buharlaşma olayı sıcaklık dışında nisbi nem oranına da bağlıdır. Alanın nisbi nem oranları incelendiğinde uzun dönemde yıllık ortalama nisbi nemin %73,2 olarak gerçekleştiği görülmektedir. 1999 yılına kadar yıllık ortalamanın altında seyreden yıllık ortalama nisbi nem, 2000 yılından sonra artış göstermiş ve uzun dönem ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir. 1989 yılında %69,7 olarak kaydedilen nisbi nem oranı 2016 yılında %80,3’e ulaşmıştır. İnceleme dönemi içinde çalışma alanında ölçülen yıllık ortalama nisbi nem %15,2 artmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Uzun dönem nisbi nem oranlarının değişimi

4.4. Palandöken Barajının Değişim Üzerindeki Etkisi

Erzurum şehir merkezinin içmesuyu ihtiyacı 2008 yılına kadar Erzurum Ovasında bulunan su kuyuları, şehir içinde ve Palandöken Dağı'nda bulunan kaynaklardan karşılanmıştır. Gerek içme suyu kaynak potansiyelinin artan nüfus karşısında yetersiz kalması gerekse yeraltı suyu kaynaklarının evsel ve sanayi kaynaklı sızıntı suları ile kirlenmesi üzerine alternatif su kaynakları arayışına gidilerek ve 1994 yılında Palandöken Barajı inşasına başlanmıştır. 2006 yılında su tutulmaya başlanan barajda 2009 yılından itibaren şehre su verilmeye başlanmıştır.

DSİ 8. Bölge Müdürlüğü'nden alınan verilerle hazırlanan Çizelge 4.3'e göre; Erzurum Ovası yeraltı suyunun toplam işletme rezervi 87,81 hm³/yıl'dır. Ovada yer alan belgeli derin kuyularla bu kaynaktan sulama, içmesuyu, evsel ve sanayi kullanımı amaçlı su çekilmektedir. Kullanım amaçlarına göre çekilen su miktarları incelendiğinde; 1980-2016 yılları arasında sulama suyu amaçlı alandan çekilen su miktarında düzenli bir artış görülmektedir. 1989 yılında 17,75 hm³/yıl sulama suyu yeraltı su rezervinden çekilirken 2016 yılında bu değer %60,39 artarak 28,47 hm³/yıl değerine ulaşmıştır.

2009 yılında Palandöken Barajının şehre su vermeye başlamasıyla birlikte Erzurum Ovası üzerinde yer alan belediye belgeli derin kuyular kapatılarak, içmesuyu amaçlı yeraltı suyu kullanımı durdurulmuştur. Bu durum 2009 yılından itibaren içmesuyu, evsel ve sanayi kullanımı amaçlı su çekimi değerlerinde yarı yarıya bir düşüşe sebep olmuştur. 2009 yılında itibaren alandan çoğunlukla sanayi kullanımı için su çekilmekte olup 2009-2016 yılları arasında bu kullanım miktarının da arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Erzurum Ovası yeraltından çekilen su miktarı

Yıllar	Sulama ($\text{hm}^3/\text{yıl}$)	İçmesuyu, Evsel ve Sanayi Kullanımı ($\text{hm}^3/\text{yıl}$)	Toplam ($\text{hm}^3/\text{yıl}$)
1980	17,75	19,30	37,05
1985	22,15	25,55	47,70
1990	25,93	27,15	53,08
1995	25,93	27,15	53,08
2000	25,93	28,10	54,03
2003	26,03	28,23	54,26
2006	26,54	28,23	54,77
2008	26,68	30,86	57,54
2009	27,42	16,17	43,59
2010	28,42	16,17	44,59
2014	28,45	18,69	47,14
2016	28,47	19,32	47,79

Erzurum Ovası yeraltı suyundan toplam çekilen su miktarı 1980-2009 yılları arasında sürekli bir artış eğilimindedir. Ancak 2009 yılında kuyulardan içmesuyu kullanımının durdurulması üzerine alandan çekilen toplam su miktarında %24,2'lik bir düşüş yaşanmıştır. Bu düşüş sulak alanın su hacmini artıran en önemli etkilerdendir. Ancak 2009-2016 yılları arasındaki dönemde sanayi ve sulama amaçlı kullanımların artmasıyla toplam çekilen su miktarında %8,8'lik bir artış söz konusudur.

5. SONUÇ ve TARTIŞMA

Erzurum Ovası Sulak Alanı; yeraltı suyu, yamaç kaynakları ve yağışlarla beslenen iç kesim bataklık ekosistemidir. İklim koşullarından ve yeraltı suyu seviyesinde yaşanan değişimden oldukça etkilenen sulak alanın büyüklüğü yıl içinde mevsimsel olarak değişkenlik göstermektedir. Özellikle kar erimesi ve artan yağışlarla ilkbaharda geniş sığ göllere dönüşmektedir.

Oldukça dinamik ve hassas bir hidrolojik yapıya sahip Erzurum Ovası Sulak Alanı'nda meydana gelen zamansal değişimlerin belirlenmesi sulak alan ekosistemine yönelik alınacak yönetim kararlarını etkileyecek önemdedir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışmada Erzurum Ovası Sulak Alanı'nın 1989-2017 yılları arasındaki yüzeysel alan değişimleri uzaktan algılama teknikleri kullanılarak belirlenmiştir.

1989, 2003, 2006 ve 2017 yıllarına ait Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırması sonucunda sulak alan ve çevresinde derin su, sığ su/sazlık, ıslak çayır/toprak, bitkisel alan ve boş arazi/yerleşim sınıfları oluşturulmuştur. Erzurum Ovası Sulak Alanı derin su, sığ su ve bu alanları çevreleyen suya doymuş ıslak çayır ve ıslak toprak alanlardan oluşmaktadır. Her görüntüye ait sınıflar birbirleriyle karşılaştırılarak uzun dönemdeki değişim tespit edilmiştir. Buna göre; derin su alanları 28 yıllık dönemde %118,64 oranında genişlemiştir. Derin su ve sığ su sazlık alanların toplamında ise bu dönemde %9,08 oranında artış görülmüştür. Suyla kaplı alanlarda görülen bu artış dikkat çekicidir. Nitekim yüzey alan değişimlerinin yönelik yapılan pek çok çalışmada derin su alanlarında daralmalar tespit edilmiştir.

Örneğin Açıkgöz (2010) tarafından Yumurtalık Sulak Alanı'nın uzun dönem değişiminin izlendiği çalışmada 1992-2000 yıllarına ait Landsat TM5 uydu görüntülerini ayrı ayrı kontrollü sınıflandırarak bu sınıflandırma sonuçlarını karşılaştırılmıştır. Yöntem olarak benzer yöntemler kullanılan fakat iki yıl dikkate alınarak değişim analizi yapılan

çalışmanın sonucunda; sulak alanın derin su ile kaplı alanlarında %3.78 ve kumul alanlarda %25.65 azalma; sığ su alanlarında ise %3.81 artış tespit etmiştir.

Bu azalmada Yumurtalık Sulak Alanı'nın kıyı sulak alanı olması ve hidrolojik yapısının Erzurum Ovası Sulak Alanından farklı özellik göstermesi rol oynamaktadır. Delta sulak alanı özelliği gösteren Yumurtalık Sulak Alanı'nın derin su bölümleri, Seyhan ve Ceyhan nehirleri tarafından taşınan kil, kum, silt taşınımı sonucunda daralmaktadır.

Benzer şekilde Çelik vd (2013), Aşağı Seyhan Ovası'nda yer alan Tuzla Lagünü, Ağyatan Lagünü, Akyatan Lagünü, Yumurtalık Lagünü, Eşemen Gölü sulak alanlarındaki değişimi belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma ve normalize fark bitki indeksi analizi yapılan çalışmada 1990, 2003 ve 2010 tarihli Landsat-5 TM uydu görüntülerini kullanılarak derin su ve sucul bitkiyle kaplı alanların gelişimi izlenmiştir. Bu çalışmada da 20 yıllık dönemde Eşemen Gölü'nde %25, Akyatan Lagünü'nde %6, Yumurtalık Lagünü'nde %6, Tuzla Lagünü'de %7 ve Ağyatan Lagünü'nde %4 daralma tespit edilmiştir. Bu daralmaların temelinde de yine taşınan alüvyal malzeme ile sulak alanların dolması etkilidir.

1989-2017 yıllarını kapsayan dönemde Erzurum Ovası Sulak Alanı'nın derin su, sığ su/sazlık ve ıslak çayır/toprak kısımlarından oluşan toplam yüzey alan büyüklüğü %26,88 oranında genişlemiştir. İnceleme yıllarına göre sulak alan yüzey alanı inişli çıkışlı bir seyir gösterse de 28 yıllık süreçte genel olarak artış eğilimdedir. 2003 yılında sulak alan inceleme yılları içerisindeki en geniş alana sahipken sonrasında yüzey alanında düşüş görülmektedir. Erzurum Ovası Sulak Alan sisteminin yağış artışlarından hızla etkilenen sığ göl tipi sulak alan olması nedeniyle bu aşırı artış görüntünün alındığı tarihte görülen yağışa bağlı olarak da oluşmuş olabilmektedir.

Sulak alanın yüzey alanında görülen artışta Erzurum şehir merkezinin su ihtiyacının 2009 yılından itibaren Palandöken Barajından karşılanması ve yeraltı su kuyularından su çekiminin azalması en etkili faktördür. Uzun dönem sıcaklık ve yağış verileri analiz sonuçları, çalışma alanında ve yakın çevresinde yıllık ortalama buharlaşmayı etkileyecek

bir sıcaklık düşüşü ya da yıllık ortalama yağış miktarında artış yaşanmadığını göstermektedir. Buharlaşmayı etkileyecek tek bulgu araştırma yılları içerisinde buharlaşma etkisini azaltacak nisbi nem miktarındaki artıştır. Erzurum Ovası Sulak Alanı'nın genişlemesinde iklim faktörlerinin yanı sıra sulak alanın hidrolojik yapısının değişmesi ve besleme kaynağındaki yeraltı su rezervinin artması etkilidir.

Sulak alanlarla ilgili yapılan değişiklik izleme çalışmalarının pek çoğunda sulak alan hidrolojisinin insan faaliyetlerine bağlı olarak değiştirildiğine dair bulgular yer almaktadır. Özellikle alanı besleyen kaynaklar üzerine baraj yapılması ve alandan aşırı su çekilmesi sulak alanların sahip olduğu su miktarını doğrudan etkilemektedir.

Örneğin Ghale (2014), İran'da bulunan Urmiye gölü ve çevresindeki zamansal değişimleri incelediği çalışmasında 1995 yılında 5982 km² olan göl yüzey alanının 2013 yılında 1852 km²'ye gerilediğini tespit etmiştir. Landsat uydu görüntülerini kullanarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile elde ettiği sınıfları karşılaştırdığı çalışmasında yağış, sıcaklık ve buharlaşma verilerini de analiz etmiştir. Göl alanında meydana gelen daralmanın iklim verilerinden ziyade göl giriş suyunun %75'lik bölümünü sağlayan akarsular üzerine barajlar yapılması ve yeraltı sularının çekilme gibi insan faaliyetlerinden kaynaklandığı görülmektedir.

Erzurum Ovası Sulak Alanı da benzer şekilde insan faaliyetleri sonucunda ciddi hasarlar almış bir ekosistemdir. 1950'li yılların başında tarım arazisi elde etmek amacıyla drenaj kanalları inşa edilerek kurutulan alandan sulama ve içmesuyu amaçlı aşırı su çekilmiştir. Drenaj kanalları bugün de çevrede bulunan köylülerin kontrolünde olup alanın suyu drene edilmektedir.

Sulak alanı besleyen yeraltı su kalitesi düşmemiş ve alandan içme kullanma amaçlı aşırı su çekimi devam etmiş olsaydı Erzurum Ovası Sulak Alanı bugün tamamen kuruma tehlikesi ile karşı karşıya olabilirdi. Bu anlamda son yıllarda özellikle derin su ve sığ su/sazlık alanlarında meydana gelen artış, sulak alan ekolojisi açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Acar, R., Sayiner, İ., 2008. Kuyu Rasatlarından ve Yağışlardan Faydalanılarak Erzurum Ovası Yersaltısuyu Bilançosunun Hesaplanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39 (1), 93-100.
- Açıkgöz, G., 2010. Yumurtalık Sulak Alan Sistemindeki Kıyı Değişimlerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Akar, İ., Maktav D., Günal, N., 2012. Göl Yüzeyi Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Dijital Görüntü İşleme Tekniklerinin Kullanılması. Havacılık ve Uzak Teknolojileri Dergisi, 5(4), 35 - 50.
- Anonim, 2001. Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Arazi Kullanım Sınıfları Tespiti Çalışması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi, Ankara.
- Anonim, 2002. Uzaktan Algılama. İşlem Şirketler Grubu. 186 sayfa.
- Anonim, 2004. Türkiye Çevre Atlası. Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı, Ankara. 472 sayfa.
- Anonim, 2008. Türkiye'deki Ramsar Alanları Değerlendirme Raporu. WWF-Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı, Ankara.
- Anonim, 2013. Sulak Alanlar. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014. Doğa Koruma Durum Raporu (2002-2013). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2016. Erzurum İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu. Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Erzurum.
- Anonim, 2017. Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı (2017-2023). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, 2013. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. Federal Geographic Data Committee and U.S. Fish and Wildlife Service Wetlands Subcommittee, Washington, DC.
- Anonymous, 2017a. What Are the Band Designations for the Landsat Satellites? USGS, <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>
- Anonymous, 2017b. <http://www.ramsar.org>
- Balçık, F.B., 2010. Mapping and Monitoring Wetland Environment by Analysis of Different Satellite Images and Field Spectroscopy. Ph.D. Thesis, İstanbul Technical University, İstanbul.
- Beklioglu, M., Ceran, Y., Erdem, O., Erdoğan, S., Hemmami, M., Koopmanschap, E., Meriç, T., Özen A., and Sarısoy, H.D., 2007. Sulakalan Yönetim Planlaması Rehberi. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Beyazıt, I., 2014. Kızılırmak Deltasının Zamansal Kıyı Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bortels, L., Chan, J.C.W., Merken R., and Koedam, N., 2011. Long-term monitoring of wetlands along the Western-Greek Bird Migration Route using Landsat and

- ASTER satellite images: Amvrakikos Gulf (Greece). *Journal for Nature Conservation*, 19(4), 215-223.
- Cai, Z., Jin, T., Li, C., Ofterdinger, U., Zhang, S., Ding A., and Li, J., 2016. Is China's Fifth-Largest Inland Lake to Dry-Up? Incorporated Hydrological and Satellite-Based Methods For Forecasting Hulun Lake Water Levels. *Advances in Water Resources*, 94, 185-199.
- Çelik, F.D., Bauer, M.E., Brezonik, P.L., and Stefan, H.G., 2008. Changes in the Sultan Marshes Ecosystem (Turkey) in Satellite Images 1980–2003. *Wetlands*, 28 (3).
- Çelik, M.A., Kızılelma, Y., Gülersoy, A.E., Denizdurduran, M., 2013. Farklı Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Aşağı Seyhan Ovası Güneyindeki Sulak Alanlarda Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi (1990-2010). *Turkish Studies (International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish)*, 8(12), 263-284.
- Çomaklı, B., Öztaş, T., Kuşlu, Y., Sevindi, C., Gümüş, İ., Çiydem M., Karasu, M., 2014. Erzurum Bataklıkları Restorasyon Olanaklarının Değerlendirilmesi Bilimsel Raporu. Erzurum Orman ve Su İşleri 13.Bölge Müdürlüğü, Erzurum.
- Cowardin, L. M., 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. U.S . Fish and Wildlife Service, 142 p, Washington.
- Cüce, H., Bakan, G., 2009. Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetimi Açısından Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Önemi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. İzmir.
- Dipson, P.T., Chithra, S.V., Amarnath, A., Smitha, S.V., Harindranathan Nair, M.V., and Shahin, A., 2015. Spatial changes of estuary in Ernakulam district, Southern India for last seven decades, using multi-temporal satellite data. *J Environ Manage*, 148, 134-142.
- Dugan, P. J., 1990. Wetland Conservation: A Review of Current Issues and Required Action. International Union for Conservation of Nature, 96 p, Gland, Switzerland.
- Duran, C., 2007. Uzaktan Algılama Teknikleri İle Bitki Örtüsü Analizi. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Dergisi*(13), 45-67.
- El-Asmar, H.M., Hereher M.E., Kafrawy, S.B.E., 2013. Surface Area Change Detection of the Burullus Lagoon, North of the Nile Delta, Egypt, Using Water Indices: A Remote Sensing Approach. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 16, 119-123.
- Feng, L., Han, X., Hu, C., Chen, X., 2016. Four decades of wetland changes of the largest freshwater lake in China: Possible linkage to the Three Gorges Dam? *Remote Sensing of Environment*, 176, 43-55.
- Ghale, Y.A.G., 2014. Multitemporal Change Detection On Urmia Lake And Its Catchment Area Using Remote Sensing and Geographical Information Systems. M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University, İstanbul.
- Güney, B., 2014. Havza Yönetim Planları İçerisinde Sulak Alanların Yeri, Kuş ve Habitat Direktifleriyle Olan İlişkisi. Ankara.
- Guo, M., Li, J., Sheng, C., Xu, J., Wu, L., 2017. A Review of Wetland Remote Sensing. *Sensors (Basel)*, 17(4).
- Kali, N., 2008. Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Erzurum.

- Kaplan, G., Avdan, U., Avdan, Z.Y., Yıldız, N.D., 2016. Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Kuraklık İzlenmesi (Akşehir Gölü Örneği). 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu. Adana.
- Karakoç, A., 2011. Göksu Deltasında (Silifke-Mersin) Meydana Gelen Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Karaman, M., Budakoğlu, M., Avcı, Z.D.U., Özelkan, E., Taşdelen, S., Bülbül, A., Civaş, M., 2013. Chris/Proba Hiperspektral Uydu Görüntüleri ile Sulak Alanların Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi: Acıgöl (Denizli). 3. Coğrafya Sempozyumu. Kemer, Antalya.
- Kavak, K.Ş., 1998. Uzaktan Algılamanın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları. Jeoloji Mühendisliği(52), 12.
- Keddy, P. A., 2010. Wetland Ecology Principles and Conservation. Cambridge University, 549 p, New York, USA.
- Kodak, E., 2015. Uzaktan Algılama(GIS). <http://www.erolkodak.com/uzaktan-algilama-gis/> (26.08.2017).
- Koday, Z., Kaya, G., 2012. Erzurum Şehrinin Su İhtiyacının Karşılmasında Palandöken Barajının Yeri ve Önemi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16(2), 285-301.
- Meriç, B.T., Çağırkaya, S.S., 2013. Türkiye'nin Önemli Sulak Alanları Ramsar Alanlarımız. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Mousazadeh, R., Ghaffarzadeh, H., Nouri, J., Gharagozlou A., Farahpour, M., 2015. Land Use Change Detection and Impact Assessment in Anzali International Coastal Wetland Using Multi-Temporal Satellite Images. Environ Monit Assess, 187(12), 776.
- Olgun, A., 2012. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemiyle Göksu Deltası Kıyı Çizgisi Değişiminin İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ozesmi, S.L. and Bauer, M.E., 2002. Satellite remote sensing of wetlands. Wetlands Ecology and Management, 10(5), 381-402.
- Peterson, M. P., 2008. Remote Sensing Lecture Notes. <http://maps.unomaha.edu/Peterson/gis/notes/RS2.htm> (12,06,2017).
- Rebelo, L. M., Finlayson C.M. and Nagabhatla, N. 2009. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. J Environ Manage, 90(7), 2144-2153.
- Sari, A., 2010. Erzurum Bataklıklarının Kuş Türleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Saygı, S., 2015. Engir Gölü (Kayseri) Ekosistemindeki Zamansal Ve Mekânsal Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Kayseri.
- Short, N.M., 2010. Dr. Nicholas Short's Remote Sensing Tutorial. NASA.
- Sönmez, M.E. and Somuncu, M., 2016. Sultansazlığı'nın alansal değişiminin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi. Türk Coğrafya Dergisi(66).
- Tanrıtanır, E., 2013. Uzaktan Algılama, Geomatik Mühendisliği Paylaşım Platformu 18.

- Thomas, R.F., Kingsford, R.T., Lu, Y., Cox, S.J., Sims, N.C., Hunter, S.J., 2015. Mapping inundation in the heterogeneous floodplain wetlands of the Macquarie Marshes, using Landsat Thematic Mapper. *Journal of Hydrology*, 524, 194-213.
- Toy, S., Us, U., Erdoğan, T., 2016. Kış Kenti Kimliği Taşıyan Erzurum'da Kış Ayları İklim Elemanlarının Uzun Yıllar Değerlendirilmesi. *Uluslararası Kış Kentleri Sempozyumu*. Erzurum.
- Turgut, H., 2009. Erzurum'daki Bazı Sulak Alan Bitkilerinin Tespiti ve Bu Bitkilerin Peyzaj Mimarlığında Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Uzun, M., 2014. Hersek Deltasındaki Kıyı Alanı Kullanımı Değişiminin Coğrafi Analizi. *Electronic Turkish Studies*, 9(5).
- Xie, Z., Xu, X. and Yan, L., 2009. Analyzing Qualitative and Quantitative Changes in Coastal Wetland Associated to the Effects of Natural and Anthropogenic Factors in a Part Of Tianjin, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86(3), 379-386.
- Yeniyurt, C., Hemmami, M., Çağırkaya S., Koopmanschap, E., 2011. Türkiye'nin Ramsar Alanlarında Sulak Alan Yönetim Planları Değerlendirme Raporu. Doğa Derneği, Ankara.
- Yıldız, N.D., Yılmaz, S., Demir, M., 2010. Sulak Alan Sınırındaki Değişimin GIS-UA ile Belirlenmesi; Erzurum Örneği. *Kırsal Çevre Yıllığı*, 23-33.
- Yılmaz, O., 2009. Gediz Havzası Bütününde Gediz Deltası'nın Uzaktan Algılama Teknikleri Uygulanarak Alan Kullanım Kararları ve Ekosistem Bozunumu İlişkileri Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Young, N.E., Anderson, R.S., Chignell, S.M., Vorster, A.G., Lawrence, R. and Evangelista, P.H., 2017. A Survival Guide to Landsat Preprocessing. *Concepts & Synthesis*, 1-13.

ÖZGEÇMİŞ

Emine Bilgen Eymirli, 1974 yılında Çorum'da dünyaya geldi. İlk ve orta öğrenimini Çorum Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 1992 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümüne başladı. Mesleki kariyerine 1996 yılında Kentkur A.Ş.'de çevre mühendisi olarak başladı ve uluslararası kredili projelerde göl ve göl çevrelerinin korunması, sulak alanlar ve katı atık yönetimi konularında çalıştı. Birim Altyapı bünyesinde kentsel altyapı konusunda pıssu, içmesuyu, yağmursuyu ve arıtma tesisi uygulama projelerinde çalıştı. İller Bankası ve Dünya Bankası kredili toplam 11 projede, proje mühendisliği ve koordinatörlüğü yaptı. 2007-2008 yıllarında Erzurum AVM Şantiyesi'nde iş güvenlik uzmanı olarak şantiye iş sağlığı ve güvenliği sisteminin kurulması ve yönetiminde görev yaptı. 2010 yılından itibaren Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı'nda bölgesel kalkınma uzmanı olarak planlama, program yönetimi, izleme ve değerlendirme birimlerinde görev yaptı ve Ajansın mali ve teknik destek programlarının hazırlanması, izleme ve değerlendirme faaliyetlerinin yürütülmesi, bölge planı hazırlanması, strateji geliştirme ve uygulanması çalışmalarında yer aldı. Ayrıca bölgesel kalkınma ile ilgili pek çok yayın, araştırma raporu ve analiz çalışması hazırladı. Halen aynı kurumda Araştırma ve Planlama Birim Başkanlığı görevini yürüten Eymirli evli ve bir kız çocuğu annesidir.